

Mecánica para motores Diesel

Teoría, mantenimiento y reparación

629.331

pl 466m

Mecánica para motores Diesel

Teoría, mantenimiento y reparación

Ed May

TOMO I

Traducción:

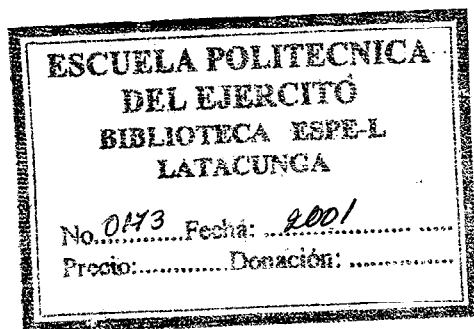
Francisco G. Noriega

Contador Público
Perito Traductor

Revisión técnica:

Enrique Toledo Corro

Ingeniero Mecánico
ESIME, IPN



McGRAW-HILL

MÉXICO • BUENOS AIRES • CARACAS • GUATEMALA
LISBOA • MADRID • NUEVA YORK • PANAMÁ • SAN JUAN
SANTAFÉ DE BOGOTÁ • SANTIAGO • SÃO PAULO
AUCKLAND • HAMBURGO • LONDRES • MILÁN • MONTREAL
NUEVA DELHI • PARÍS • SAN FRANCISCO • SINGAPUR
ST. LOUIS • SIDNEY • TOKIO • TORONTO

MECÁNICA PARA MOTORES DIESEL
Teoría, mantenimiento y reparación

**Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra,
por cualquier medio, sin autorización escrita del editor.**

**DERECHOS RESERVADOS © 1988, respecto a la primera edición en español por
McGraw-Hill/INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

Atlacomulco 499-501, Fracc. Industrial San Andrés Atoto

53500 Naucalpan de Juárez, Edo. de México

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial, Reg. Núm. 1890

ISBN 968-422-231-9 obra completa

ISBN 968-422-247-5 tomo I

**Traducido de la primera edición en inglés de
DIESEL MECHANICS**

**Copyright © MCMLXXXIII, by McGraw-Hill, Inc., U. S. A.
McGraw-Hill Book Company Australia, Pty. Ltd.**

ISBN 0-07-4510126

7890123456 BARSA-87 9086543217

Impreso en México

Printed in Mexico

**Esta obra se terminó de
imprimir en Enero de 1997 en
Impresora Publi-Mex, S.A. de C.V.
Calz. San Lorenzo 279-32
Delegación Iztapalapa
C.P. 09850 México, D.F.**

Se tiraron 1300 ejemplares

Contenido

Lista de ilustraciones de motores, vi

Prefacio, vii

Capítulo 1 El motor Diesel, 1

Capítulo 2 Cómo funciona el motor Diesel, 11

Capítulo 3 Clasificación de potencias nominales y rendimiento del motor, 23

Capítulo 4 Cámaras de combustión, 29

Capítulo 5 Culata (cabeza) de cilindros y válvulas, 36

Capítulo 6 Servicio a la culata (cabeza) de cilindros y válvulas, 51

Capítulo 7 Bloque de cilindros, 72

Capítulo 8 Servicio al bloque de cilindros, 82

Capítulo 9 Cigüeñal, cojinetes y (balanceo), (equilibrio), 94

Capítulo 10 Servicio al cigüeñal y cojinetes, 105

Capítulo 11 Bielas, pistones y anillos, 116

Capítulo 12 Servicio a pistones y bielas, 129

Capítulo 13 Para desarmar y armar el motor, 139

Capítulo 14 Sistema de lubricación, 158

Capítulo 15 Sistema de enfriamiento, 173

Capítulo 16 Servicio al sistema de enfriamiento comprobaciones del sistema de enfriamiento, 189

Índice, 195

Lista de ilustraciones de motores

- Fig. 1.14* Motor Perkins de 4 cilindros, **10**
Fig. 2.15 Motor Mazda, **20**
Fig. 2.16 Corte transversal de un motor Bedford, **21**
Fig. 2.17 Vista externa del motor M.A.N. V-10, **22**
Fig. 5.25 Corte transversal de motor para automóvil Mercedes de 5 cilindros **48**
Fig. 5-26 Motor Diesel para Volkswagen Golf, **50**
Fig. 6-38 Motor Cummins de 6 cilindros, características internas, **71**
Fig. 7.12 Motor Mercedes para camión, corte longitudinal, **80**
Fig. 7.13 Motor Diesel Gardner, **81**
Fig. 8.15 Corte transversal de motor M.A.N. en línea **92**
Fig. 9.18 Motor Mercedes para camión, corte transversal, **104**

- Fig. 13.7* Motor Isuzu, vehículos con volante a la derecha, **145**
Fig. 13.8 Motor Isuzu, vehículos con volante a la izquierda, **146**
Fig. 14.20 Corte seccional de motor Cummins en línea **172**
Fig. 15.24 Corte seccional de motor Deutz V-8 enfriado por aire, **186**
Fig. 15.26 Motor Caterpillar marino, **188**
Fig. 16.12 Motor Detroit Diesel marino, **195**

Las ilustraciones de los motores permiten relacionar las características y componentes de los diversos motores citados en el texto con el motor completo y las características externas e internas que se van a identificar. Estos motores representan sólo una pequeña parte de la gama de motores Diesel.

Las características pueden variar de un modelo a otro. Algunas características son exclusivas de una serie particular de motor; otras son comunes a muchos motores sin que importe su marca, aunque puedan diferir los detalles de diseño.

Prefacio

El contenido de este libro se relaciona con los motores Diesel, que tienen muchas aplicaciones diferentes: en automóviles, vehículos pesados, transportes públicos, equipo para construcción, equipo industrial e instalaciones marinas.

Mecánica para motores Diesel ofrece el tipo de información acerca de motores Diesel y sus sistemas de combustible, adecuada para cursos en las escuelas técnicas, sean generales o para mecánicos. El contenido del libro es apropiado para quienes se esfuerzan por obtener mayores conocimientos acerca de los motores Diesel.

La utilidad de este libro no está confinada a los cursos. Es una valiosa obra para consulta general que incluye los principios básicos, construcción y operación de motores Diesel y sus diversos sistemas, así como los requisitos y características para servicio. En este aspecto este libro se relaciona con los métodos generales para servicio y reparación e incluye ejemplos de procedimientos y prácticas estándar. No sustituye a los manuales de taller, que se deben consultar para los procedimientos detallados en motores determinados, pero sí es un invaluable recurso para complementarlos.

Será apropiado cuando se requiera un texto acerca de motores Diesel para estudios normales, repaso o para referencia. Tiene numerosas ilustraciones y contiene información extensa en una amplia gama de temas relacionados con los motores diesel, lo cual no es fácil encontrar en otro volumen.

Deseo agradecer la valiosa ayuda otorgada en diversas formas por muchas personas durante la preparación del manuscrito y su publicación, quienes expresaron un gran interés y me brindaron su estímulo.

Estoy muy agradecido a las empresas enumeradas a continuación por su ayuda en diversas formas: suministro de información, suministro de ilustraciones y el permiso para reproducirlas. También aprecio mucho los esfuerzos personales de miembros de estas empresas que tan gustosamente brindaron su ayuda:

Robert Bosch (Australia) Pty. Ltd., Clae Detroit Diesel Allison, Cummins Diesel Australia, Caterpillar of Australia Ltd., Deutz Australia Pty. Ltd., Diesel Kiki Co. Ltd., Ford Sales Company of Australia Ltd., L. Gardner & Sons Ltd., General Motors-Holden's Limited (Bedford, Detroit Diesel e Isuzu), Hastings Deering (Queensland) Pty Ltd., Hawker Siddeley Engineering, Leyland Australia, Lucas Industries Australia Limited (CAV), M.A.N. Automotive (Australia) Pty. Limited, Mercedes-Benz (Australia) Pty. Ltd., Mount Isa Mines Limited, Mitsubishi Australia Ltd., Perkins Engines Australia Pty. Ltd., Pacific Industrial and Marine Engine Company, Repco Limited, Toyo Kogyo Co. Ltd (Mazda), Volkswagen Australia Pty. Limited, Westco Motors (Qld) (Mazda), Woodward Governor Company.

Por su ayuda e interés personal en mi proyecto, mis sinceros agradecimientos a Stuart Laurence, Robin Mexter, Ross Mursell, Ray Orr, Jim Pirie, Peter Talty y Keith Wilson.

Los créditos de las ilustraciones aparecen al final, al pie de las mismas.

ED MAY

El motor Diesel

El motor Diesel, llamado también motor de ignición por compresión recibe su nombre por el doctor Rudolf Diesel quien patentó un motor del tipo de ignición por compresión en Alemania en 1893. Es un motor de combustión interna, es decir, la combustión tiene lugar dentro del motor. En sus aspectos básicos es similar en diseño y construcción a un motor de gasolina, que también es de combustión interna. Sin embargo, en el motor Diesel hay diferencias en el método de hacer llegar el combustible a los cilindros del motor y en la forma en que ocurre la combustión.

En el motor de gasolina el combustible entra a los cilindros como una mezcla de aire y combustible y la inflamación o ignición de la mezcla se produce por una chispa eléctrica en las bujías. En el caso del Diesel, el combustible se inyecta en el cilindro en forma de chorro de rocío atomizado (se llamará atomización) y la ignición ocurre debido a la elevada temperatura del aire que hay dentro del cilindro en el cual se inyecta el combustible.

El nombre de ignición por compresión se relaciona con el modo de funcionamiento del motor. Los motores Diesel se diseñan con relaciones de compresión muy altas, que producen presiones elevadas y por tanto, temperaturas muy altas en el aire que se comprime en las cámaras de combustión del motor. Estas temperaturas son lo bastante altas para hacer que se inflame el combustible que en forma de chorro de rocío es atomizado en la cámara de combustión. Por ello, se verá que la compresión ocasiona la ignición y por tanto a estos motores se les conoce como de ignición por compresión. Sin embargo, se ha utilizado el nombre de Diesel para los motores de ignición por compresión desde hace tantos años y es de uso tan generalizado que en este libro se utilizará la designación Diesel en vez de ignición por compresión.

Aplicaciones de los Diesel

Los motores Diesel de aplicación automotriz se utilizan en una serie de vehículos que van desde automó-

viles pequeños, en los cuales pueden ser como opción del motor de gasolina, hasta camiones pesados y equipo para movimiento de tierras. Para equipo pesado, los motores Diesel son de construcción robusta y producen toda la gran potencia que se necesita. En los automóviles, ofrecen economía de funcionamiento y menor contaminación atmosférica que un motor similar de gasolina, aunque el costo inicial de un Diesel es más alto.

En la figura 2.15 se ilustra un motor Diesel pequeño del tipo que se emplea en vehículos comerciales ligeros y en automóviles. Los motores Diesel suelen ser más ruidosos y funcionan a velocidades más bajas que los motores de gasolina; pero, en los motores pequeños, se ha aumentado la velocidad del motor y se ha disminuido el ruido del motor a intensidades aceptables para los conductores que están acostumbrados a los motores de gasolina. Esto se ha logrado con el diseño del motor y aislamiento en la carrocería del vehículo contra el ruido del motor. El motor ilustrado en la figura 2.15 es de tamaño similar a un motor equivalente de gasolina, pero sus componentes son más fuertes y gruesos. Cuando se observa un motor, el motor Diesel pequeño se puede identificar por su sistema de combustible, que incluye los filtros, una bomba de inyección, tubos para los inyectores e inyectores. Además, se nota de inmediato la falta del carburador, distribuidor y bujías.

Los motores Diesel en vehículos comerciales pequeños son similares a los de los automóviles. En los camiones pesados se utilizan motores mucho más grandes y potentes. Su diseño produce velocidad del motor mucho más bajas que en los motores de gasolina y algo más bajas que los Diesel instalados en automóviles. El diseño de los motores para camiones también produce una elevada torsión (par) a velocidades más o menos bajas. Todos los motores Diesel se construyen con componentes más fuertes que los motores de gasolina y son necesarios para soportar las fuerzas centrífugas y de inercia que son mayores en un Diesel. Los motores Diesel, por su diseño, cuando reciben mantenimiento nor-

mal, trabajarán durante largos periodos entre cada reparación mayor.

En la figura 2.17 se ilustra un motor para un camión grande. Es un motor de 10 cilindros con una potencia de alrededor de siete veces más que la de un motor para automóvil. La mayor parte de los motores para camiones son de 6 o de 8 cilindros.

El equipo para construcción, tal como las unidades pesadas utilizadas en la construcción de caminos o presas y en la minería, tiene motor Diesel, de tipo automotriz, pero suele ser mucho más grande que el utilizado en vehículos para trabajo normal en camino. Estos motores grandes pueden tener 8, 12 o más cilindros.

En los tractores agrícolas y en los tractores y máquinas similares utilizadas en trabajo de construcción se emplea motor Diesel. Estos mo-

tores pueden ser desde 4 cilindros en un tractor agrícola pequeño hasta 12 o 16 cilindros en equipos grandes.

El motor Diesel en una máquina para movimiento de tierras no sólo sirve para impulsar el vehículo, sino que también se utiliza a menudo para accionar mecanismos hidráulicos que son parte de la máquina, como la hoja de un *bulldozer* (topadora, niveladora). Los motores Diesel se emplean también en las unidades motrices. Estas son la fuente de potencia y pueden ser vehículos sobre ruedas u orugas que se utilizan para mover (por lo general arrastrar) otras unidades como una escarpa (traílla) que se emplea para desprender y mover grandes cantidades de tierra. La unidad motriz tiene un motor Diesel lo suficientemente grande para producir la potencia necesaria para moverse por un camino y también accionar una bomba hidráulica; ésta a su

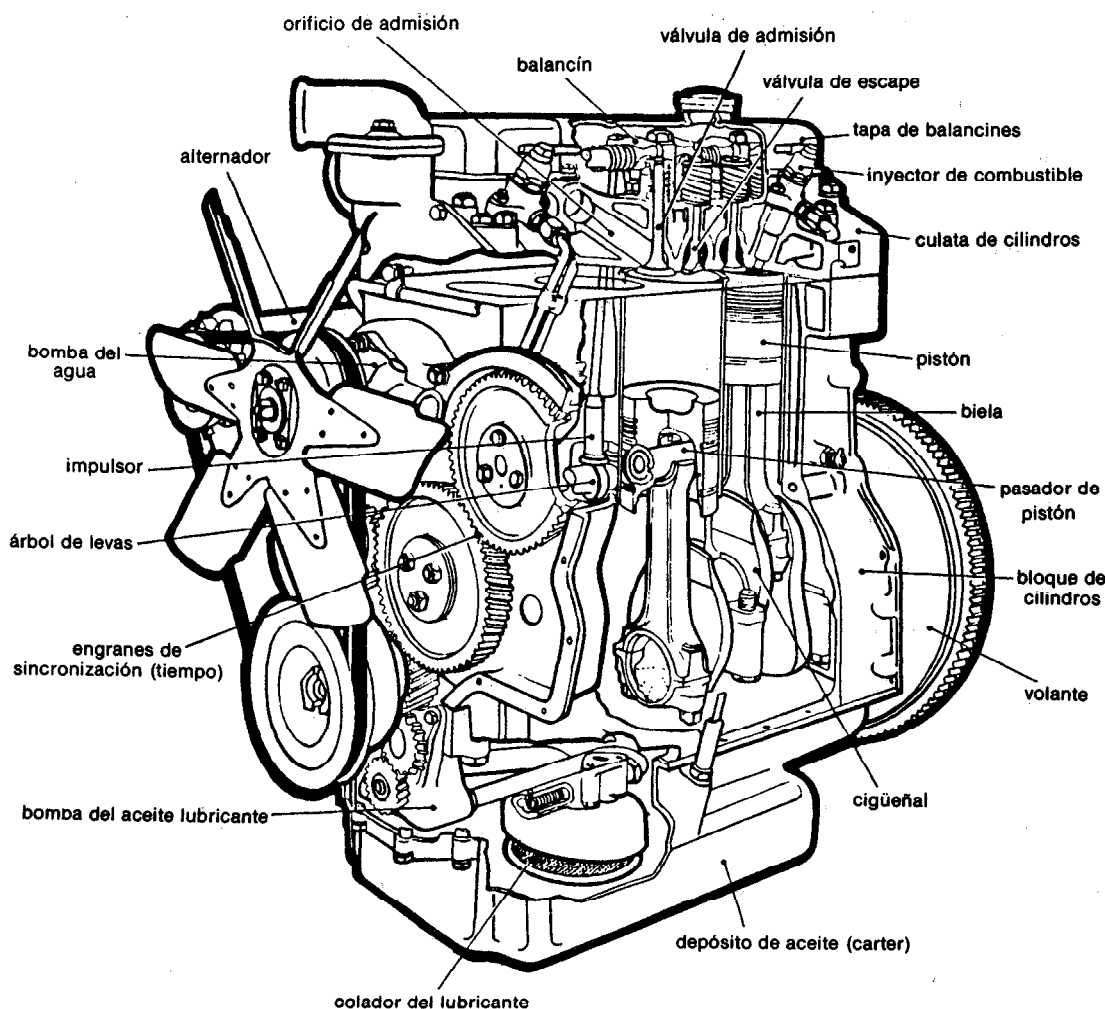


Fig. 1.1 Motor Diesel básico. Se han cortado secciones para mostrar las piezas internas

PERKINS

vez, envía líquido a presión para accionar arietes y otros aparatos hidráulicos de la máquina con la cual está acoplada.

En los autobuses para servicio urbano se utilizan motores Diesel. En este tipo de servicio, el motor quizá trabajará durante periodos largos cada día. Los autobuses urbanos se detienen en forma continua para el ascenso o descenso de los pasajeros, por lo cual el motor Diesel funcionará durante largo tiempo en condiciones que van desde baja velocidad (marcha mínima o "ralentí") hasta velocidades altas. Los autobuses para servicio foráneo también tienen motor Diesel y trabajan en condiciones muy diferentes porque viajan a alta velocidad en las carreteras. El motor en estos tipos de vehículos suele estar en la parte posterior. Con esto no sólo se tiene más espacio para el conductor y los pasajeros, sino que el motor, la transmisión y el eje propulsor forman una unidad mucho más compacta en la parte posterior del vehículo.

Además de su empleo en vehículos automotrices, el motor Diesel tiene muchas otras aplicaciones. Se utilizan motores estacionarios para impulsar alternadores y producir electricidad o se acoplan con bombas para bombear agua.

Para el trabajo marino, los motores Diesel se construyen en una gran variedad de tamaños, para impulsar embarcaciones pequeñas o buques grandes. En este libro, nos concretaremos al Diesel tipo automotriz, aunque sus principios se aplican en la mayor parte de los motores Diesel.

El conjunto del motor Diesel

El conjunto del motor Diesel, es decir el motor en sí y el equipo auxiliar y accesorios para su funcionamiento, se puede considerar que consta de lo siguiente:

1. El motor en sí.
2. El sistema de arranque.
3. El sistema de combustible.
4. El sistema de enfriamiento.
5. El sistema de lubricación.
6. El sistema de admisión de aire.
7. El sistema de escape.

Estos sistemas, en combinación, permiten poner en marcha el motor y que siga funcionando. El sistema de arranque pone en marcha el motor; el sistema de combustible suministra el combustible para el arranque y marcha normal; el sistema de enfriamiento controla la temperatura del motor; el sistema de lubricación circula aceite por todo el motor para reducir la fricción y prevenir el desgaste; el motor forma aire a través del sistema de admisión de aire y los gases quemados se descargan a través del sistema de escape.

Algunas partes de los sistemas antes citados son integrales con el motor. Otras, se instalan en el exterior del motor o en algún lugar en el bastidor o

en la carrocería adyacente al compartimiento del motor del vehículo. En este capítulo se describirán las partes principales del motor y de sus accesorios y se comentarán con más detalle en capítulos posteriores.

Componentes del motor

El motor consta de cierto número de componentes que se ensamblan en la fábrica. Estos componentes se sujetan entre sí con diversos tornillos (pernos), tuercas y otros sujetadores.

En la figura 1.1 se ilustran las partes de un motor básico. Las partes externas están cortadas para poder ver las internas. En algunas partes inter-

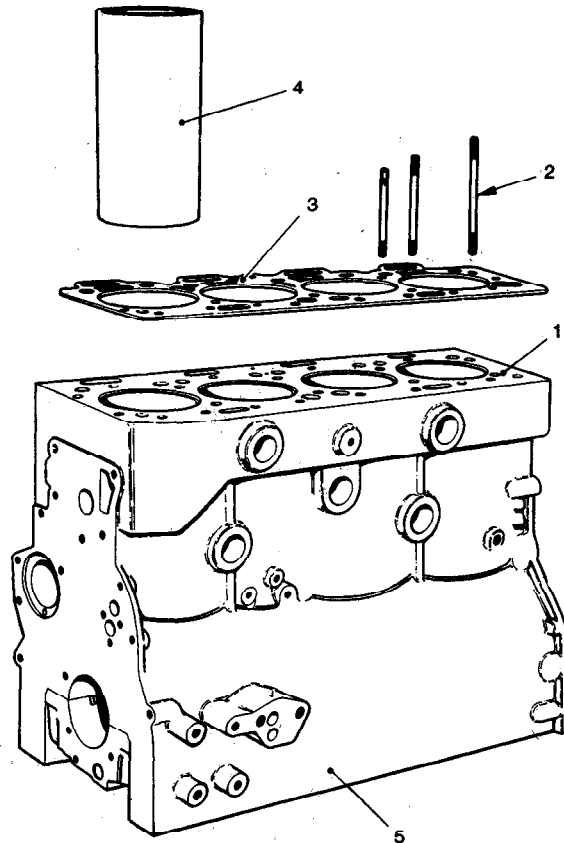


Fig. 1.2 Bloque de cilindros: 1 parte superior del bloque en donde se atornilla la culata de cilindros, 2 espárragos (birlos) para la culata 3 junta de la culata, 4 camisa de cilindro, 5 parte inferior del bloque

PERKINS

nas se han hecho cortes seccionales; esto permite identificar su colocación correcta en el motor. A continuación se describen las partes principales del motor y se pueden localizar en la figura que se cita.

Bloque de cilindros (monoblock)

El bloque de cilindros (Fig. 1.2) es la parte más grande del motor. Las otras piezas se instalan o se colocan en el bloque. El bloque de cilindros es una

sola pieza de hierro fundido con agujeros cilíndricos o cilindros. Los pistones se instalan en los cilindros.

Culata (cabeza) de cilindros

La culata (cabeza) de cilindros (Fig. 1.3) se atornilla en la parte superior del bloque de cilindros para cubrir la parte superior de los cilindros y forma parte de las cámaras de combustión que se forman encima de los pistones y en las cuales se quema la mezcla de aire y combustible. Las válvulas en la culata de cilindros dejan entrar aire a los cilindros y permiten la salida de los gases de escape provenientes de la combustión del combustible.

Cigüeñal

El cigüeñal (Fig. 1.4) está montado en cojinetes en la parte inferior del bloque de cilindros, llamada a veces caja del cigüeñal. Los pistones, que se instalan en los cilindros en el bloque, se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas. El cigüeñal gira por la fuerza que ejercen los pistones cuando el motor está en marcha. Los pistones tienen un movimiento hacia arriba y hacia abajo o recíprocante,

que se convierte en movimiento rotatorio en el cigüeñal.

Depósito de aceite (carter)

El depósito de aceite (Fig. 1.5) se atornilla a la parte más baja del bloque de cilindros para cubrir esa parte del bloque y el cigüeñal. En casi todos los motores, contiene el aceite lubricante.

Pistones y bielas

Los pistones se instalan y se mueven en los cilindros. Tienen anillos de pistón que actúan como sellos entre el pistón y la pared del cilindro (Fig. 1.6). Los pistones se conectan con el cigüeñal por medio de las bielas. La biela tiene una tapa y un cojinete en su parte inferior que se conecta con el cigüeñal. También se puede mover en el pasador (perno) de pistón en su parte superior u ojo en donde se sujeta en el pistón.

La fuerza de los gases de la combustión que actúa contra la parte superior del pistón, lo obliga a bajar dentro del cilindro. Este movimiento se transmite, mediante la biela, al cigüeñal para hacerlo girar.

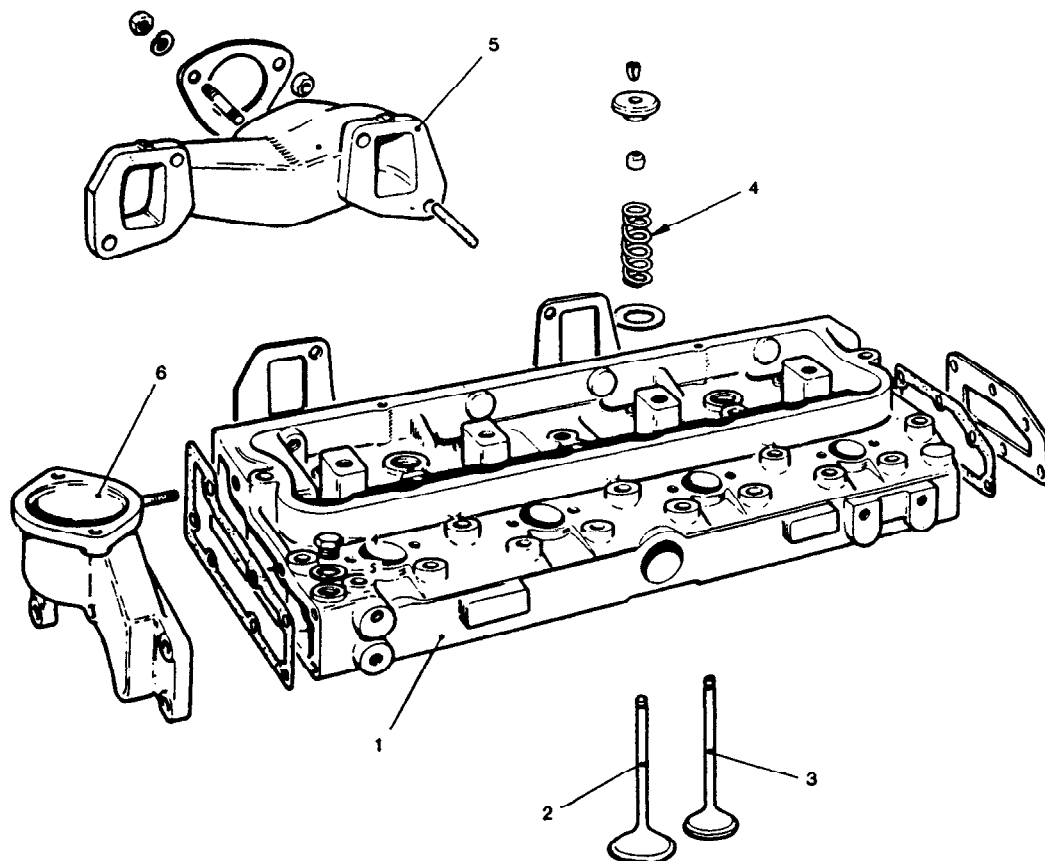


Fig. 1.3 Culata (cabeza) de cilindros: 1 culata, 2 válvula de admisión, 3 válvula de escape, 4 resorte de válvula, 5 múltiple de escape, 6 salida de agua

PERKINS

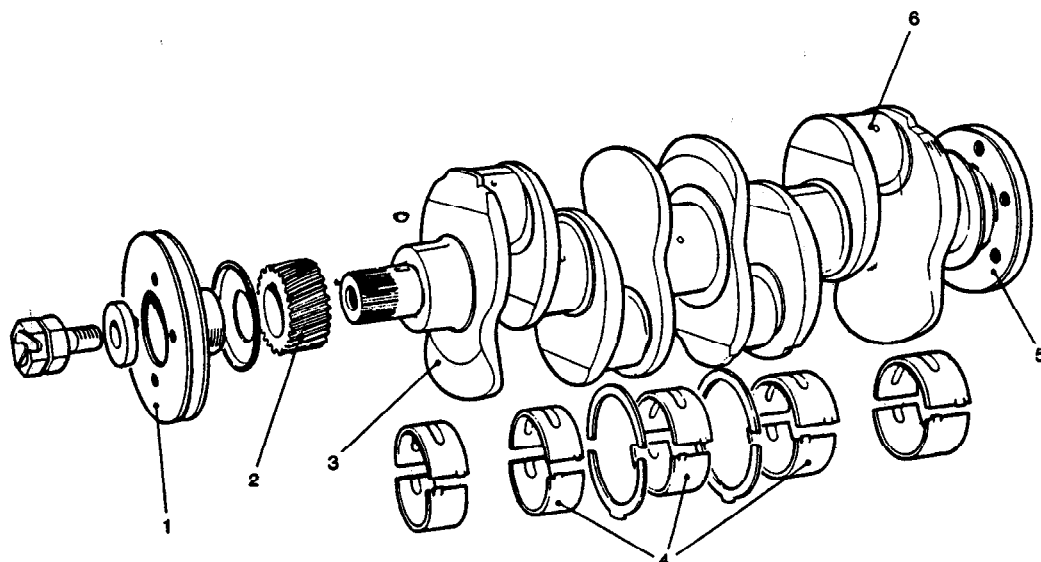


Fig. 1.4 Cigüeñal y cojinetes: 1 polea, 2 engrane, 3 contrapeso, 4 cojinetes principales, 5 brida para el volante, 6 muñón de biela

PERKINS

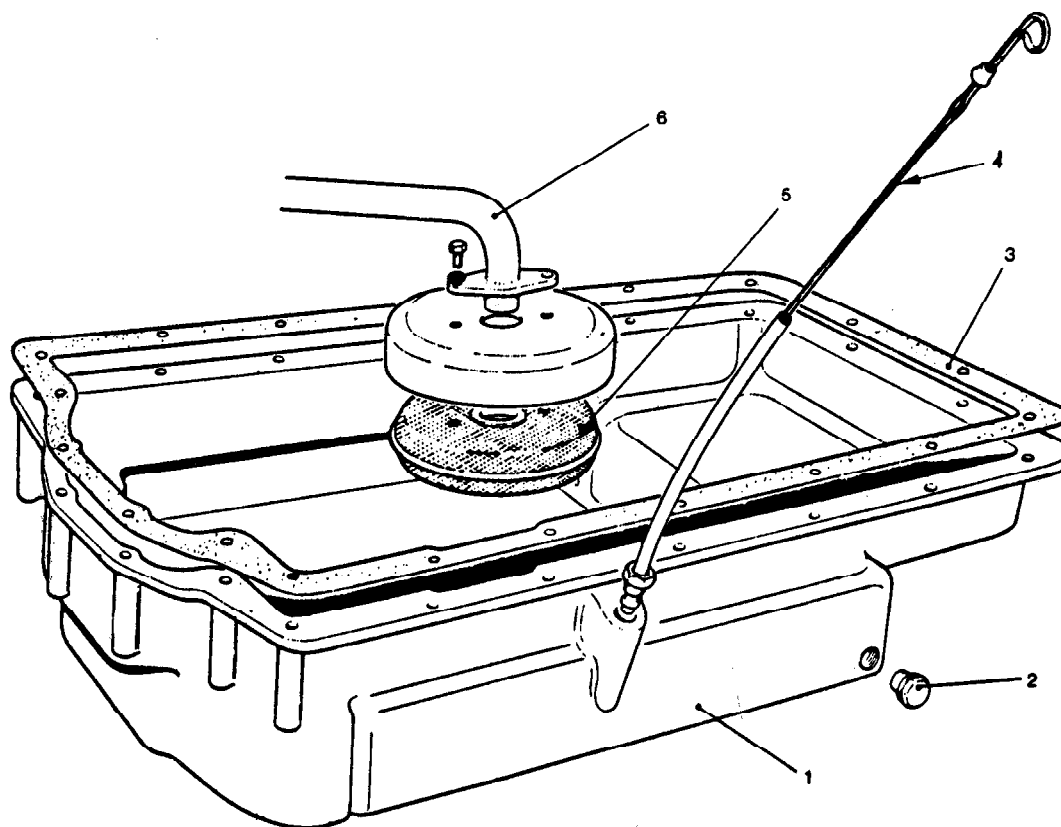


Fig. 1.5 Depósito de aceite (carter): 1 depósito, 2 tapón de vaciar, 3 junta, 4 varilla de nivel (bayoneta), 5 colador, 6 tubo de succión de la bomba

PERKINS

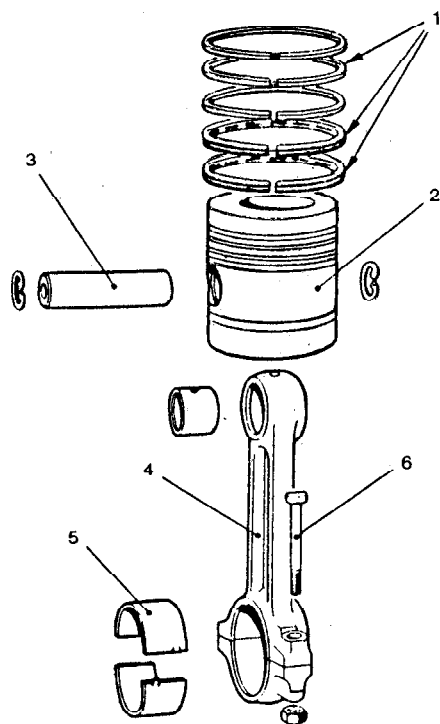


Fig. 1.6 Conjunto de pistón: 1 anillos de pistón, 2 pistón, 3 pasador (perno) de pistón, 4 biela, 5 cojinete, 6 tornillo

PERKINS

Árbol de levas y válvulas

El árbol de levas (Fig. 1.7) acciona el mecanismo de válvulas para abrir y cerrar las válvulas en la culata de cilindros. Esto permite la entrada de aire al cilindro por la válvula de admisión y la salida de los gases de combustión por la válvula de escape. En la figura 1.3 se ilustran una válvula de admisión y una de escape debajo de la culata de cilindros.

En algunos motores del tipo de 2 tiempos, se emplean lumbreras u orificios en lugar de las válvulas de admisión. Las lumbreras en la pared del cilindro quedan descubiertas cuando el pistón se mueve hacia la parte inferior del cilindro; esto permite la entrada de aire al cilindro. Cuando el pistón se mueve hacia arriba, cierra las lumbreras.

Tapa de balancines

Está instalada en la parte superior de la culata de cilindros para cubrir el mecanismo de válvulas. En la figura 1.8 se ilustran, desmontados, la tapa y balancines de válvulas. El árbol de levas mueve al impulsor o levantador; éste a su vez empuja la varilla hacia arriba para que mueva el balancín y abra la válvula en la culata de cilindros.

Engranajes de sincronización (tiempo)

Los engranes de sincronización (tiempo) (Fig. 1.9) están en el frente del motor cubiertos por la tapa de engranes. El tren de engranes, con el movimiento

del cigüeñal hacen girar el árbol de levas y también impulsan la bomba de inyección de combustible y otros accesorios.

Volante del motor

El volante (Fig. 1.10) es una rueda gruesa y pesada, montada en la parte trasera del cigüeñal. Su función básica es reducir las vibraciones porque suaviza los impulsos de potencia de los pistones. Absorbe energía durante la carrera de potencia y cede esa energía durante las otras carreras del pistón para que el cigüeñal siga girando con suavidad. En el volante se instala una cremallera que acopla con el piñón del impulsor del motor de arranque para poner en marcha el motor Diesel.

Juntas y sellos

Se utilizan diversos tipos y formas de juntas y sellos entre las superficies de las partes del motor que están unidos con pernos. También se utilizan sellos en los ejes giratorios. Las juntas y sellos se emplean para sellar entre sí las piezas del motor e impedir fugas. En la figura 1.2 se ilustra la junta para la culata de cilindros y en la figura 1.5 la junta para el depósito de aceite.

Sistema de combustible

El sistema de combustible incluye el tanque de combustible, los filtros, la bomba elevadora o de transferencia, la bomba de inyección, los inyectores y los tubos para conexión. En la figura 1.11 se ilustra un sistema básico de combustible. La bomba elevadora toma el combustible del tanque, que pasa por uno o más filtros y llega a la bomba de inyección.

La bomba de inyección suministra una cantidad exacta de combustible a alta presión en cada inyec-

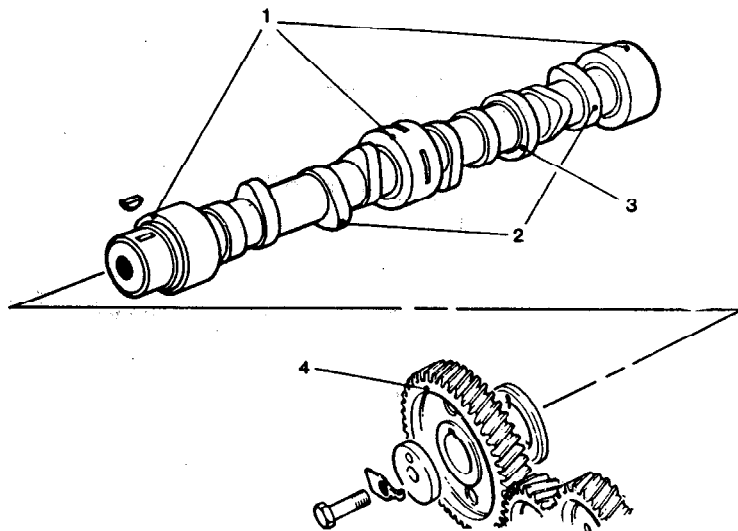


Fig. 1.7 Árbol de levas: 1 muñones para cojinete, 2 levas de accionamiento de válvulas (dos por cilindro), 3 leva para bomba elevadora de combustible, 4 engrane del árbol de levas.

PERKINS

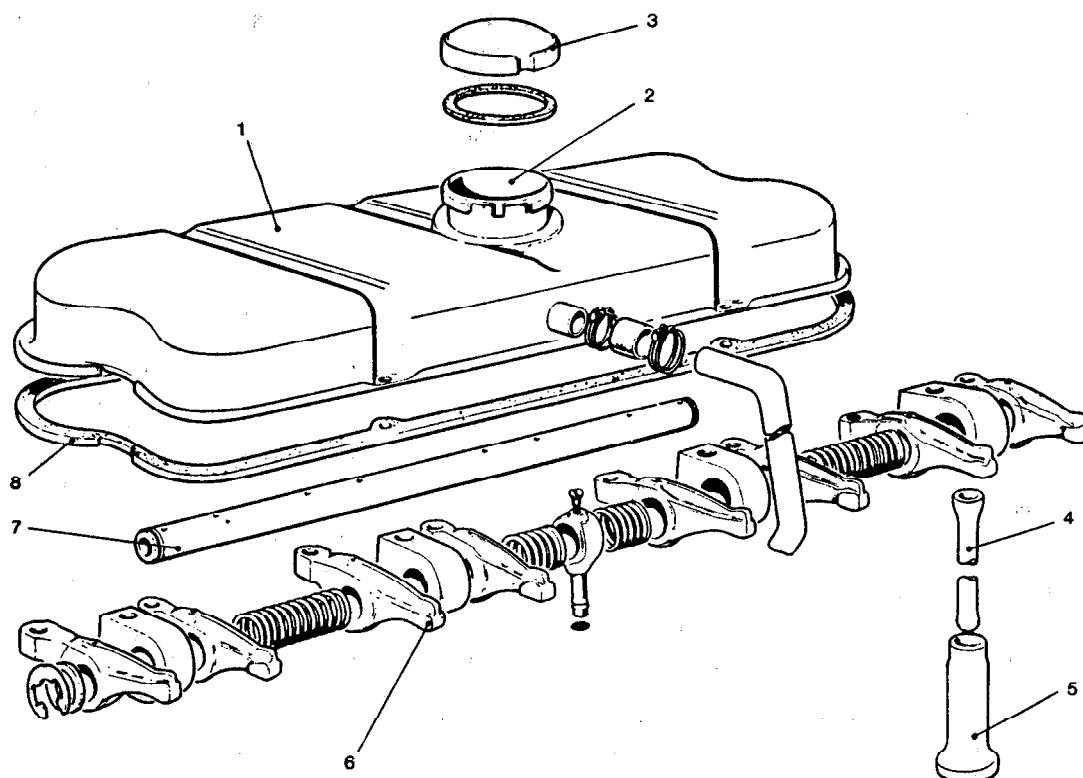


Fig. 1.8 Tapa de balancines y balancines: 1 tapa de balancines, 2 llenador de aceite, 3 tapón del llenador de aceite, 4 varilla de empuje, 5 impulsor (levantador), 6 balancín, 7 eje de balancines, 8 junta PERKINS

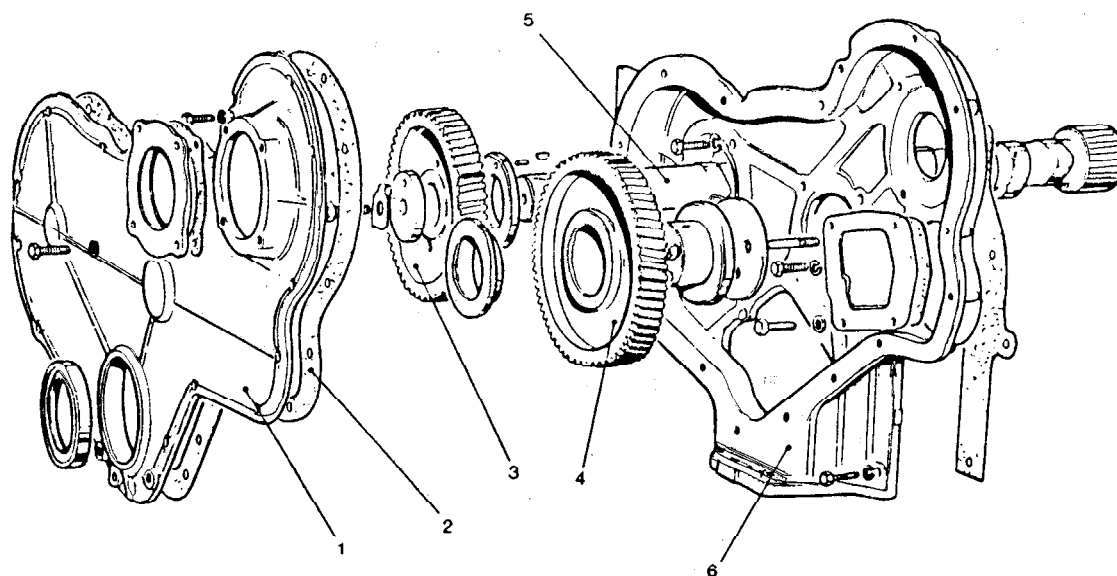


Fig. 1.9 Caja y tapa de engranes de sincronización: 1 tapa, 2 junta, 3 engrane de sincronización, 4 engrane de mando de auxiliares, 5 árbol de levas, 6 caja PERKINS

tor en su orden de inyección. Los inyectores, uno en cada cilindro, inyectan como un chorro finamente atomizado el combustible en las cámaras de combustión en donde se mezcla con el aire y se inflama.

La bomba de inyección y los inyectores tienen holguras y tolerancias muy precisas entre sus piezas; por ello, el combustible debe estar muy limpio. Para ello se utilizan filtros en el sistema.

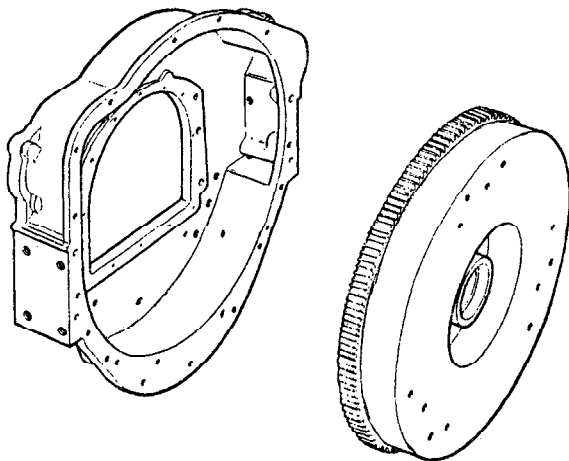


Fig. 1.10 Volante y cubierta del volante

PERKINS

Sistema de enfriamiento

El quemado del combustible en las cámaras de combustión del motor produce una gran cantidad de calor. Una parte de este calor es sacado en los gases de escape, pero la culata y bloque de cilindros absorben también una gran parte. El motor necesita funcionar a una temperatura relativa alta, pero si es excesiva se pueden dañar los componentes del motor. El sistema de enfriamiento elimina el exceso de calor.

En la figura 1.12 se ilustra un sistema de enfriamiento simplificado. El bloque y la culata de cilindros tienen camisas o conductos para agua integrales de fundición, las cuales son espacios que rodean los cilindros y las cámaras de combustión y

que se llenan con agua o con un líquido enfriador llamado también solución enfriadora. El calor del metal del bloque y la culata de cilindros se transfiere al líquido enfriador en la camisa de agua en donde circula mediante la bomba del agua. El líquido enfriador caliente se envía a la parte superior del radiador, baja por el panel del radiador hasta el tanque inferior y retorna a la bomba y las camisas para agua.

El radiador tiene dos grupos de conductos. El líquido enfriador que viene desde la culata baja por los tubos para agua en el panel del radiador; mientras, el aire pasa por el radiador a través de aletas fijas en los tubos. Cuando el líquido enfriador pasa por el panel, su calor se transfiere al aire, con lo cual el líquido que vuelve a entrar al motor está bastante más frío que cuando salió de la culata de cilindros.

Sistema de lubricación

El sistema de lubricación envía el aceite a todas las piezas móviles del motor. El aceite está contenido en el depósito de aceite o carter y la bomba del aceite lo circula en todo el sistema. El motor tiene conductos o galerías para que el aceite pueda llegar a todas las piezas móviles.

La lubricación adecuada es necesaria para prevenir el desgaste y reducir la fricción y el ruido. Si no hay suficiente lubricación, ocurriría contacto de metal con metal, lo cual produciría daños a los cojinetes, pegadura de pistones y otros daños en el motor.

Sistema de admisión de aire

Los motores Diesel requieren grandes cantidades de aire limpio para llenar los cilindros. Se suminis-

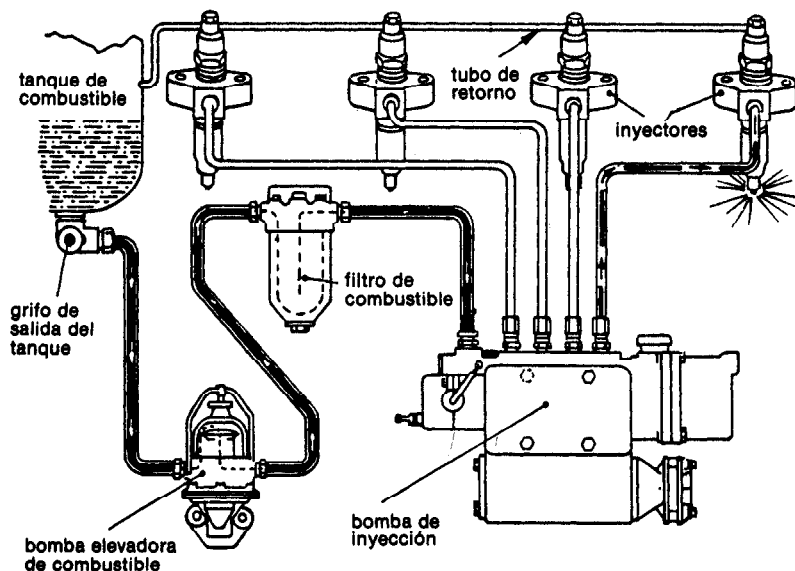


Fig. 1.11 Sistema básico de combustible con bomba de inyección en línea

FORD

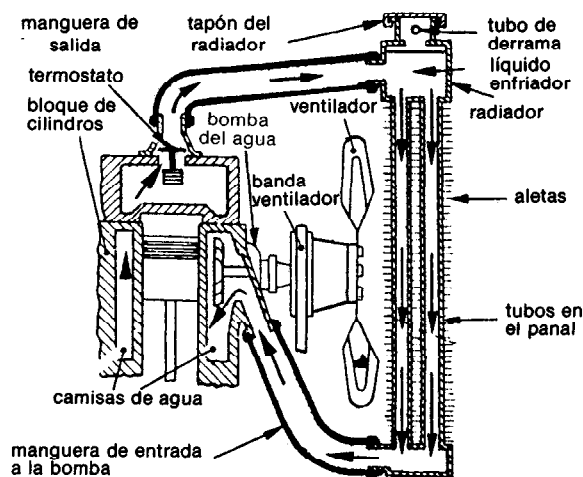


Fig. 1.12 Sistema de enfriamiento simplificado

tra a través del múltiple de admisión o múltiple de aire, que es de una pieza o una serie de tubos conectados con la culata de cilindros. El aire exterior penetra al múltiple a través de un filtro de aire que retiene las partículas de polvo o impurezas del aire antes de que entren al múltiple.

En la figura 1.13 se ilustra un múltiple de admisión de aire; sus ramas o brazos se conectan con la culata de cilindros a fin de que el aire exterior pueda pasar por las lumbreras y válvulas de admisión hasta los cilindros.

Los motores Diesel de 2 tiempos están equipados con sopladores que envían aire por el sistema de admisión hasta los cilindros del motor. Algunos motores tienen supercargadores o turbocargadores que envían más cantidad de aire a una presión un poco alta hasta los cilindros.

Sistema de escape

El sistema de escape consta del múltiple de escape que tiene sus ramas conectadas en las lumbreras de

escape en la culata de cilindros; los tubos de escape y el silenciador. Los gases quemados salen del motor por las válvulas de escape y llegan al múltiple de escape. El tubo de escape, conectado a la salida del múltiple conduce estos gases hasta el silenciador en donde se reduce el ruido. Después, los gases se descargan por el tubo de salida en la parte posterior de un automóvil o, en los camiones y autobuses, hacia un lado o encima de la cabina o la carrocería.

Sistema de arranque

A fin de que el motor pueda arrancar, hay que hacer girar el cigüeñal con algún mecanismo externo. En casi todos los casos, se emplea un motor de arranque eléctrico (marcha) que tiene un mecanismo para acoplar un piñón del impulsor con la cremallera del volante. Casi todos los motores tienen motor de arranque eléctrico, pero los sistemas de arranque de los motores Diesel pueden ser eléctricos, de aire y en ciertos casos, hidráulicos. En el sistema de arranque eléctrico se utiliza un motor eléctrico para hacer girar el cigüeñal. En el sistema neumático se emplea un motor que funciona con aire comprimido; en el sistema hidráulico se utiliza líquido a presión para hacer funcionar el motor de arranque.

Para ayudar al arranque en tiempo de frío, en casi todos los motores se emplean dispositivos auxiliares para arranque, que calientan el aire en el múltiple de admisión o en las cámaras de combustión para facilitar el arranque.

Sistema eléctrico

Los motores, además del motor de arranque eléctrico tendrán un alternador y un regulador de voltaje. El alternador se impulsa con una o más bandas desde una polea en el frente del cigüeñal. El sistema eléctrico también incluye uno o más acumuladores y también instrumentos e indicadores eléctricos junto con los interruptores y alambrado necesarios para completar los circuitos eléctricos.

Equipo auxiliar

El motor puede tener equipo auxiliar, como un compresor de aire, una bomba de vacío o un compresor para el aire acondicionado. Su impulsión puede ser con bandas desde la polea del cigüeñal o con engranes en la parte delantera o trasera del cigüeñal. El aire comprimido se utiliza para accionar los frenos en vehículos grandes y, en algunos casos, para el sistema de arranque. Para los frenos hidráulicos auxiliados por vacío (llamados a veces frenos "de potencia") se requiere una bomba de vacío impulsada por el motor. En los motores de gasolina se utiliza el vacío producido en el múltiple de admisión para los frenos; en los Diesel no se produce vacío y por ello se necesita la bomba de vacío.

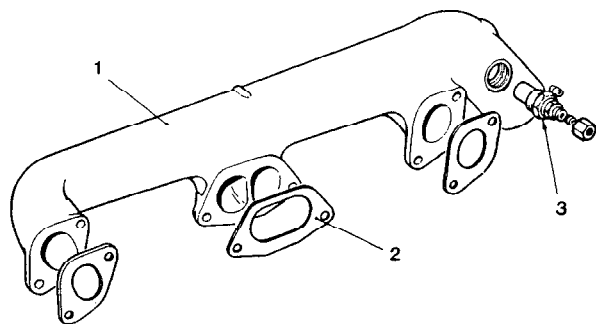


Fig. 1.13 Múltiple de admisión: 1 múltiple, 2 junta, 3 calentador para arranque en frío PERKINS

Preguntas para repaso

1. ¿Dónde tuvo su origen el nombre Diesel?
2. ¿Por qué a los motores Diesel se les llama también motores de ignición por compresión?
3. ¿Qué es un motor de combustión interna?
4. Identifíquense las partes del sistema de combustible de la figura 1.11 y describáse su función con brevedad.
5. Menciónense las partes estacionarias principales de un motor.
6. Menciónense las partes móviles principales de un motor.
7. Describáse la finalidad de esas partes.
8. Menciónense los diversos sistemas del motor.
9. Enumérense las partes básicas de un sistema de combustible Diesel.
10. Enumérense las partes del sistema de enfriamiento.
11. ¿Cuál es la finalidad del sistema de admisión de aire?
12. ¿Cuál es la finalidad del sistema de lubricación?
13. ¿Cómo se pone en marcha un motor Diesel?
14. Menciónense algunas de las diferencias entre un motor Diesel grande y uno pequeño. Utilice dos de los motores ilustrados para ello.
15. Menciónense las diversas aplicaciones en que se utilizan los motores Diesel.

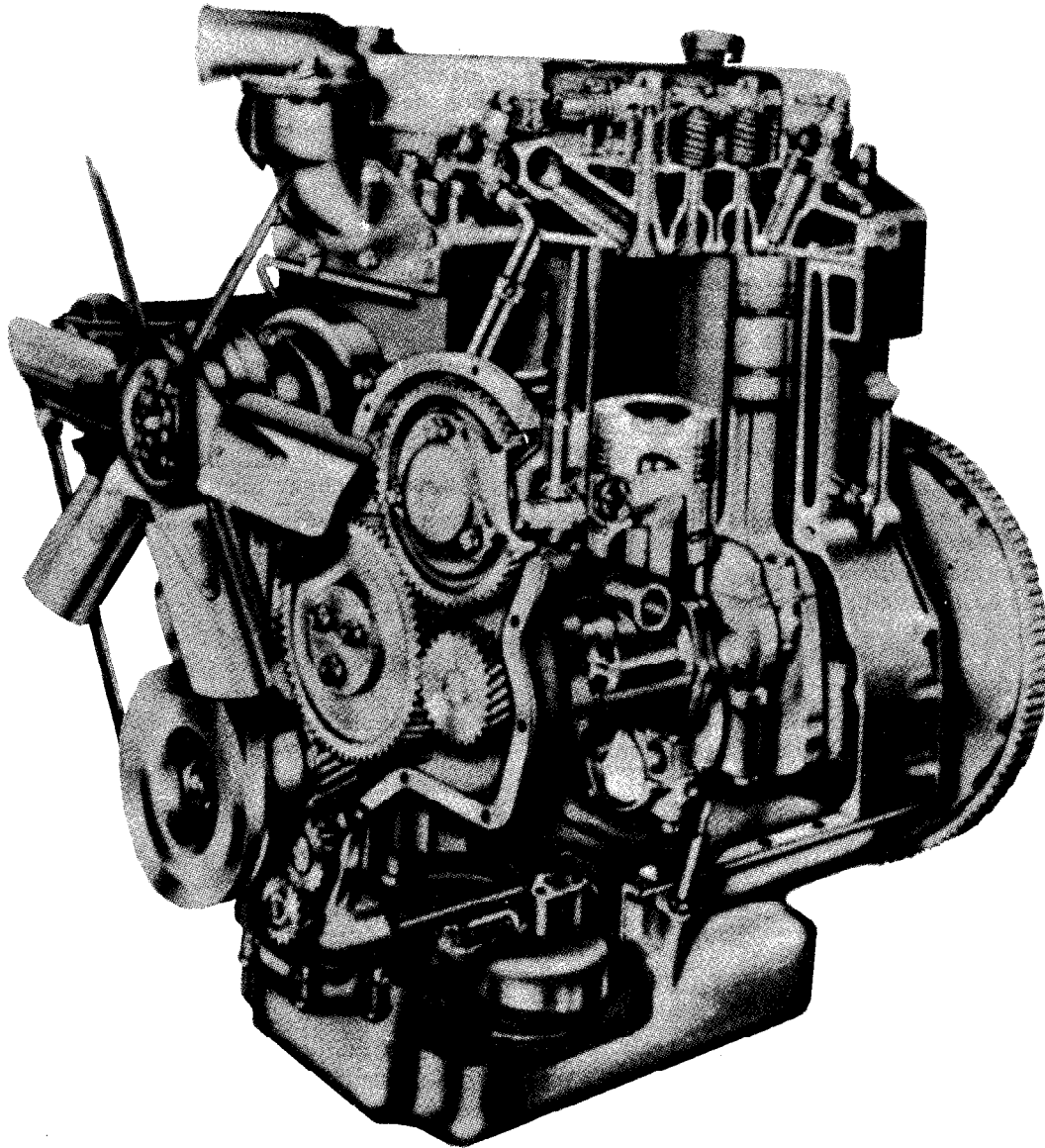


Fig. 1.14 Motor Perkins 4.236. Este motor de 4 cilindros y 4 tiempos tiene cámaras de combustión toroidales en la cabeza de los pistones para inyección directa. Los cilindros tienen un diámetro de 98.4 mm, carrera de pistones de 127 mm, cilindrada de 3.86 litros y velocidad máxima gobernada de 2800 rpm . PERKINS

Cómo funciona el motor Diesel

2

El motor Diesel es un sistema mecánico que convierte la energía química del combustible en energía mecánica dentro de sus cilindros. La energía química del combustible se libera en forma de calor cuando se quema el combustible en la cámara de combustión del motor. Los gases resultantes de la combustión son muy calientes y alcanzan una presión muy alta; esta presión es la que empuja al pistón en el cilindro para que funcione el motor.

Lo que ocurre en un cilindro

Los motores Diesel pueden ser de un solo cilindro o cilindros múltiples. Para uso automotriz se utilizan motores desde tres hasta doce cilindros; por lo gene-

ral son de cuatro, seis u ocho cilindros. En todos los cilindros ocurren las mismas acciones por lo cual se describirán las de un solo cilindro para estudiar el funcionamiento del motor. Para esta descripción, se puede considerar que el cilindro de un motor es un tubo o cilindro de hierro fundido cerrado en la parte superior. El pistón, que se inserta en el cilindro, también es cilíndrico, hueco y tiene un ajuste preciso en el cilindro, pero con suficiente holgura para que se pueda mover hacia arriba y hacia abajo. Los anillos del pistón actúan como sellos entre el pistón y la pared del cilindro.

En la figura 2.1 se ilustran las acciones básicas de un pistón dentro de un cilindro. El cilindro se ilustra como si fuera transparente para poder ob-

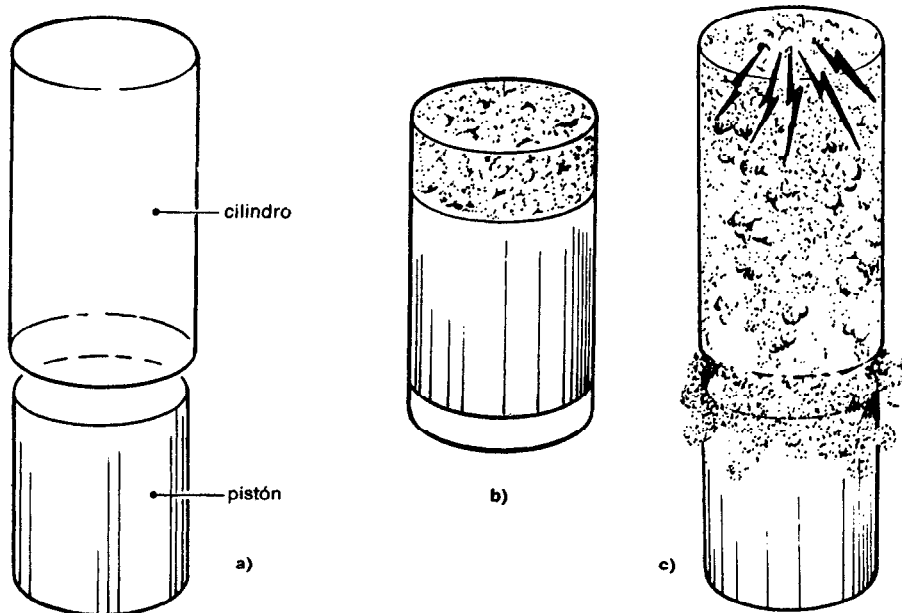


Fig. 2.1 Las acciones de un pistón en un cilindro: a) El pistón ajusta en el cilindro; b) Cuando se empuja al pistón hacia arriba en el cilindro, se atrapa y comprime el aire; c) La presión aumenta cuando arde la mezcla de combustible y aire, la cual empuja al pistón hacia abajo en el cilindro

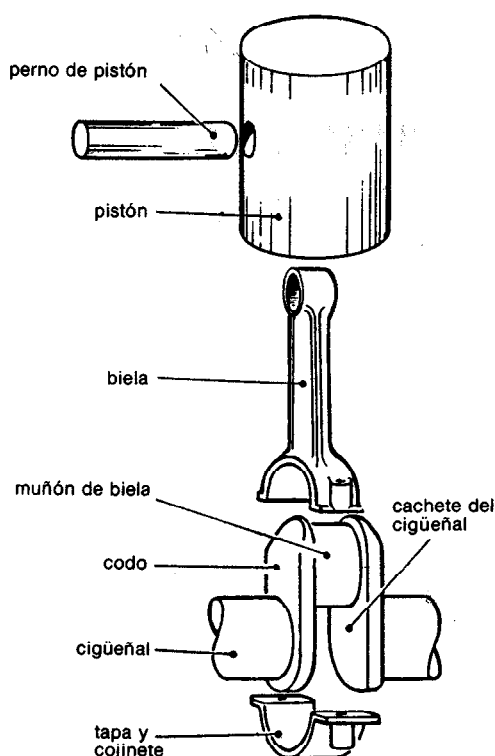


Fig. 2.2 Componentes del pistón y la biela

servar lo que ocurre dentro del mismo. En *a*) el pistón está debajo del cilindro. En *b*) se muestra el pistón empujado hacia arriba en el cilindro; el aire que hay en el cilindro se comprime porque ocupa un espacio más pequeño encima del pistón. Si ahora se inyecta una pequeña cantidad de combustible en el aire comprimido y se inflama, entonces se producirá una presión mucho más alta que obligará al pistón a bajar dentro del cilindro como se ilustra en *c*). La energía química del combustible se ha convertido en energía mecánica en el pistón. Esta acción que se repite muchas veces por minuto, hace que funcione el motor, aunque se necesitan muchas más piezas para formar un motor completo.

Movimiento recíprocante a rotatorio

El pistón se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro del cilindro y este movimiento se llama recíprocante. El movimiento del pistón es en una línea recta y se debe convertir en movimiento rotatorio o de rotación. Para ello, utiliza el cigüeñal y la biela. En la figura 2.2 se ilustran los componentes de un pistón, una biela y una parte del cigüeñal.

El muñón o codo del cigüeñal es la parte descentrada del mismo que gira en un círculo cuando gira el cigüeñal. La biela sirve para conectar el pistón con el muñón del cigüeñal; la biela se sujeta en el pistón con el perno (pasador) de pistón y en el muñón del cigüeñal por medio de la tapa del cojinete y tornillos. En la figura 2.3 se ilustran la biela y el

pistón armados, con el pistón en corte parcial para mostrar la parte superior de la biela. La biela se puede mover libremente en el perno del pistón con un movimiento oscilante mientras que el muñón del cigüeñal puede girar libre en sus cojinetes en la parte inferior de la biela.

Las piezas ilustradas, junto con un cilindro, los cojinetes de soporte en los cuales gira el cigüeñal y un volante son las piezas esenciales de un motor básico rudimentario.

Carreras de pistones

Las acciones que ocurren dentro del cilindro de un motor se pueden dividir en carreras. Una carrera es el movimiento del pistón y ocurre cuando el pistón se mueve desde un límite de su carrera hasta el otro. El límite superior o sea la parte más alta de la carrera del pistón se llama punto muerto superior (PMS) y el límite inferior de la carrera se llama punto muerto inferior (PMI). Por tanto, una carrera es un movimiento desde PMS hasta PMI o viceversa.

El cigüeñal, debido al arreglo geométrico de la biela y el pistón, da una revolución completa por cada dos carreras del pistón, una descendente y una ascendente.

Ciclos de funcionamiento del motor

Dentro del motor ocurren ciertos eventos que lo hacen funcionar. Estos se repiten para formar un ciclo. Un motor se puede diseñar para que su ciclo completo ocurra con cuatro o con dos carreras del pistón. La mayor parte de los motores Diesel funcionan con el ciclo de cuatro tiempos; los otros, con el ciclo de dos tiempos.

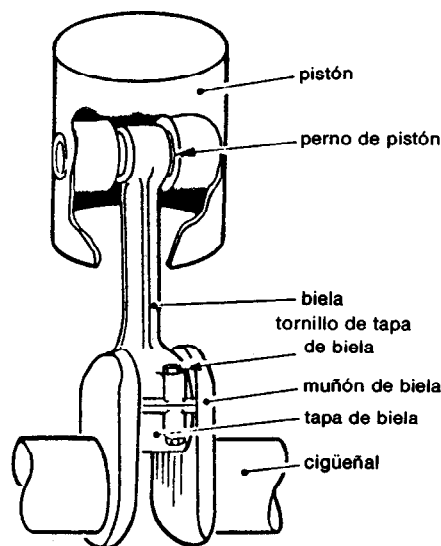


Fig. 2.3 Pistón y biela montados en el muñón de biela en el cigüeñal. No se ilustran los anillos de pistón. El pistón está cortado para mostrar cómo se conecta con la biela

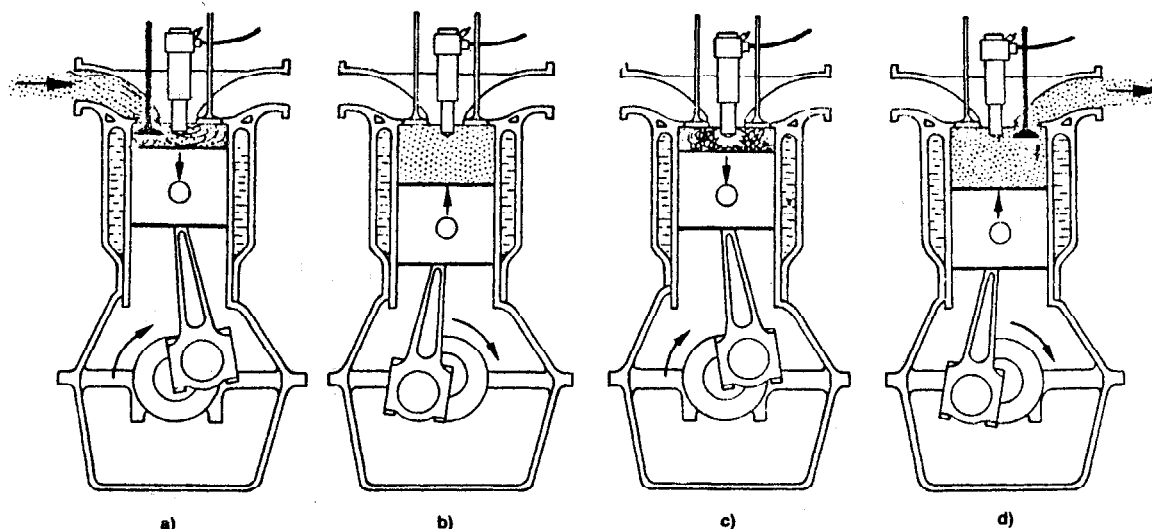


Fig. 2.4 Ciclo del Diesel de cuatro tiempos: a) admisión, b) compresión, c) potencia, d) escape

FORD

El ciclo completo del motor Diesel, sea con dos o con cuatro carreras del pistón, requiere comprimir el aire en el cilindro, inyectar el combustible, que ocurra la combustión, que se expandan los gases y produzcan presión contra el pistón y finalmente la expulsión de los gases quemados del cilindro. En los motores de cuatro tiempos, el aire entra al cilindro y los gases quemados salen de él mediante válvulas en la culata de cilindros. En los motores Diesel de dos tiempos se utilizan lumbreras en la pared del cilindro para hacer entrar aire al mismo. Las lumbreras quedan descubiertas y cubiertas por el movimiento ascendente y descendente del pistón para introducir aire en el cilindro. Los gases de escape salen del cilindro mediante válvulas igual que en los motores de cuatro tiempos.

Ciclo de cuatro tiempos

El motor Diesel de cuatro tiempos funciona con cuatro carreras de los pistones: admisión de aire, compresión, potencia y escape, que se ilustran en la figura 2.4. Las válvulas de admisión y de escape abren y cierran en momentos exactos en relación con el pistón. El árbol de levas, impulsado desde el cigüeñal abre y cierra las válvulas.

Por razón de sencillez, en los siguientes párrafos se considerará que las válvulas abren o cierran en PMS o en PMI. En realidad, no están sincronizadas para abrir y cerrar en esos puntos exactos sino que abren antes o después de PMS o PMI para permitir la entrada de aire del exterior al cilindro y para el escape de los gases de combustión con la mayor eficacia posible.

En la figura 2.4 se ilustra la secuencia de los cuatro tiempos de un motor Diesel que es como sigue:

a) *Admisión de aire (carrera descendente)* En la carrera de admisión de aire (o simplemente de ad-

misión), la válvula de admisión está abierta y el pistón se mueve hacia abajo. El aire entra al cilindro por el orificio de la válvula de admisión.

En PMI el cilindro estará lleno de aire.

b) *Compresión (carrera ascendente)* Después de que el pistón llega al PMI empieza a moverse hacia arriba. Cuando ocurre así, se cierra la válvula de admisión. La válvula de escape también está cerrada con lo cual el cilindro está hermético. Cuando el cigüeñal en rotación y la biela empujan el pistón hacia arriba, se comprime el aire. Para el momento en que el pistón llega al PMS, el aire ha sido comprimido a alrededor de 1/16 parte de su volumen original o quizá más todavía.

La compresión del aire en el cilindro no sólo le aumenta su presión sino también su temperatura. El aire que hay en el pequeño espacio encima del pistón o sea la cámara de combustión, está lo bastante caliente para inflamar el combustible Diesel que se inyectará en él.

c) *Potencia (carrera descendente)* Justo antes del PMS se atomiza una pequeña cantidad de combustible desde el inyector hacia la cámara de combustión en el cilindro. El aire caliente en la cámara no sólo forma una mezcla combustible con la atomización, sino que además la inflama. La combustión o el quemado ocurre con rapidez y aumenta la presión dentro del cilindro. Los gases calientes hacen presión contra el cilindro y el pistón, y proporcionan la fuerza que obliga al pistón a bajar en el cilindro. Este movimiento se transfiere por medio de la biela al cigüeñal para hacerlo girar y que funcione el motor. Las dos válvulas permanecen cerradas durante la carrera de potencia, pero casi al final de ella se abre la válvula de escape.

d) *Escape (carrera ascendente)* Con la válvula de escape abierta y la válvula de admisión cerrada,

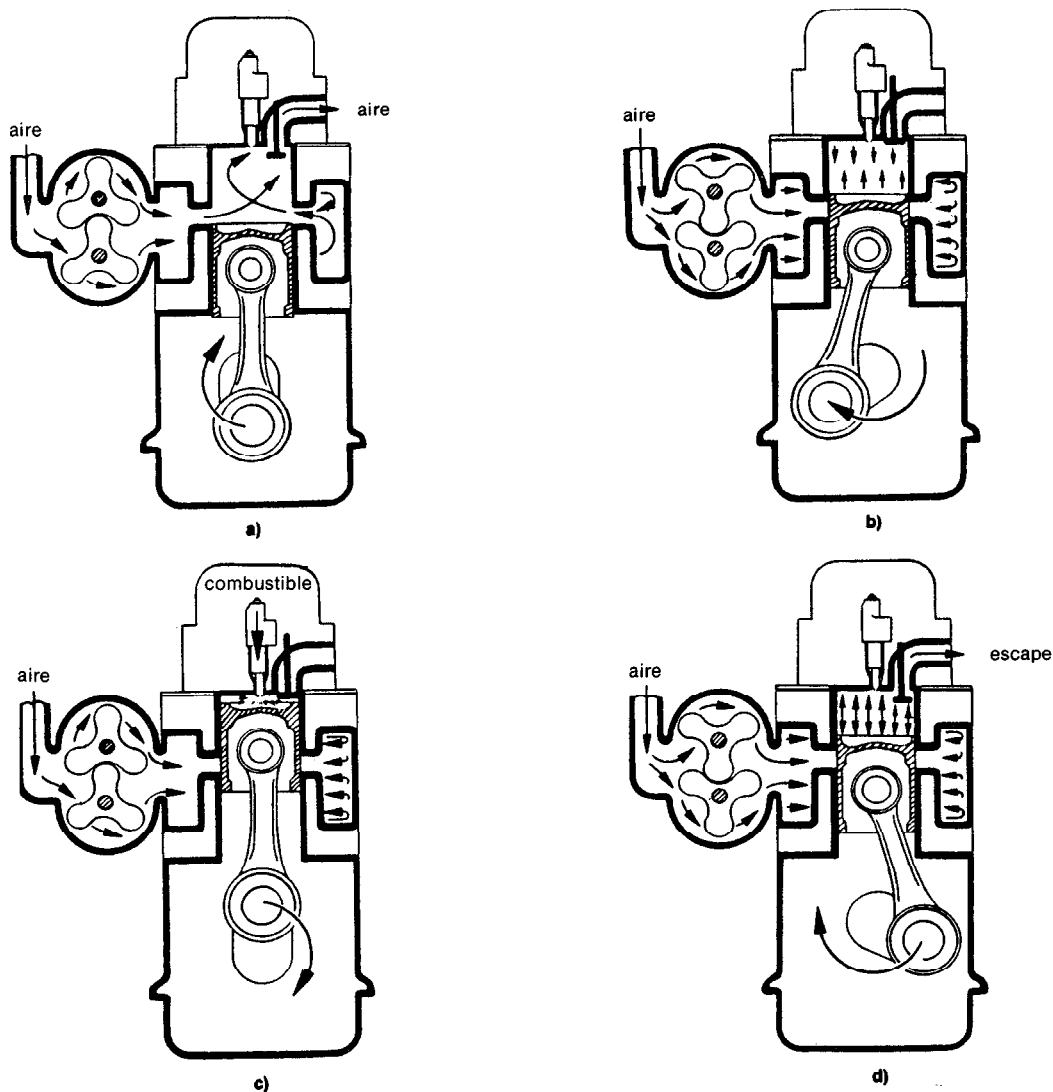


Fig. 2.5 Ciclo del Diesel de dos tiempos: a) barrido, b) compresión, c) potencia, d) escape

DETROIT DIESEL

el pistón se mueve hacia arriba en la carrera de escape para expulsar los gases quemados del cilindro por el orificio de la válvula de escape. Cuando el pistón llega al PMS, se cierra la válvula de escape.

Con esto concluyen los cuatro tiempos o carreras del ciclo. Cuando el motor sigue en marcha, se vuelve a abrir la válvula de admisión, lo cual permite la entrada de aire exterior al cilindro cuando el pistón inicia la carrera descendente para volver a empezar el ciclo. La válvula de admisión abre ligeramente antes de que la válvula de escape cierre por completo; esto se llama traslape de válvulas y ayuda a expulsar o barrer los gases quemados del cilindro.

Como se mencionó, los motores Diesel son de ignición por compresión y usan relaciones de compresión muy elevadas para producir altas presiones

de compresión en las cámaras de combustión y altas temperaturas, que producen la ignición o inflamación. Una de las leyes básicas de la ciencia (la ley de los gases) se relaciona con ello. En pocas palabras, la ley expresa que cualquier aumento en la presión en un cilindro ocasiona un aumento correspondiente en la temperatura. Una teoría sencilla para explicarlo es que el aire consiste de cierto número de moléculas o partículas diminutas que siempre están en movimiento. Cuando el pistón comprime el aire, las moléculas se acumulan en un espacio más pequeño; su movimiento continúa pero ahora chocan entre sí y contra las superficies metálicas de la cámara de combustión. La energía de estas moléculas en movimiento genera calor, con lo que aumenta la temperatura del aire hasta el grado que estará lo suficientemente caliente para inflamar el combustible.

Ciclo de dos tiempos

En el motor de dos tiempos, se efectúa el ciclo completo de funcionamiento con dos carreras del pistón: una ascendente y una descendente. Los motores básicos de dos tiempos tienen lumbreras en las paredes del cilindro las cuales descubre y cubre el pistón durante su movimiento hacia abajo y hacia arriba en el cilindro. Estas lumbreras son de admisión y de escape. En los motores Diesel, por lo general, se utilizan tanto las lumbreras y válvulas: las lumbreras para introducir aire en el cilindro y las válvulas de escape para descargar los gases quemados dentro del cilindro.

El motor está equipado con una bomba de aire o soplador que suministra aire a una presión un poco más alta que la presión de los gases de escape. Esto, además de llenar el cilindro con aire limpio, ayuda a expulsar los gases de escape. Esta acción se denomina barrido.

En la figura 2.5 se ilustra el funcionamiento de un cilindro de un motor Diesel de dos tiempos, en el cual se utiliza un soplador para introducir aire en el cilindro mediante las lumbreras de admisión (llamadas también lumbreras de barrido) y una válvula de escape por la cual se descargan los gases quemados del cilindro. El funcionamiento es como sigue:

- El pistón está en PMI. El soplador introduce el aire por las lumbreras de admisión en la pared del cilindro. Esto llena el cilindro con aire exterior y expulsa los gases quemados por las válvulas de escape que está en la culata de cilindros.
- El pistón se mueve hacia arriba y ha cubierto las lumbreras de admisión para cortar el paso de aire desde el soplador. El pistón sigue su movimiento ascendente para comprimir el aire en el cilindro a alrededor de 1/16 parte de su volumen original. Esto eleva la temperatura del aire comprimido.
- El pistón casi ha llegado al PMS en la carrera de compresión. El combustible atomizado por el inyector en la cámara de combustión se inflama con la alta temperatura del aire comprimido. La presión resultante empuja el pistón hacia abajo en el cilindro en la carrera de potencia.
- El pistón casi ha llegado al PMI en la carrera de potencia. La válvula de escape está sincronizada para que abra justo antes del PMI y deje salir los gases quemados del cilindro. Conforme continúa la rotación del cigüeñal, el pistón llegará al PMI y descubrirá las lumbreras de admisión para que penetre el aire del soplador (Fig. 2.5 a)) y el ciclo continúa igual que antes. Todo el ciclo ocurre con una sola revolución del cigüeñal.

Barrido

La acción de sacar los gases de escape del cilindro se llama barrido. La acción del aire de admisión ayuda

a expulsar los gases de escape del cilindro y ayuda en el barrido.

En el motor de cuatro tiempos, lo anterior se logra mediante el traslape de válvulas, es decir, que las válvulas de admisión y de escape abren a la vez durante un tiempo corto y también con el diseño de la cámara de combustión.

En el motor de dos tiempos, el barrido ocurre cuando el aire del soplador penetra en el cilindro por las lumbreras de admisión, llamadas a veces lumbreras de barrido; al aire del soplador también se le conoce como aire para barrido. Este aire barre o expulsa los gases de escape del cilindro.

Barrido en motor de dos tiempos

En la figura 2.6 se ilustran los cuatro acontecimientos que ocurren en un motor de dos tiempos y se muestran en forma diagramática dos cilindros de un motor en "V". El soplador que es una forma de bomba de aire capaz de proporcionar grandes cantidades de aire a baja presión, está montado en la "V" encima y en medio de los dos cilindros. Cuando funciona el motor, el aire del soplador penetra al cilindro tan pronto como el pistón descubre las lumbreras de admisión.

El barrido se ilustra en a) cuando la válvula de escape en el cilindro del lado derecho está abierta y

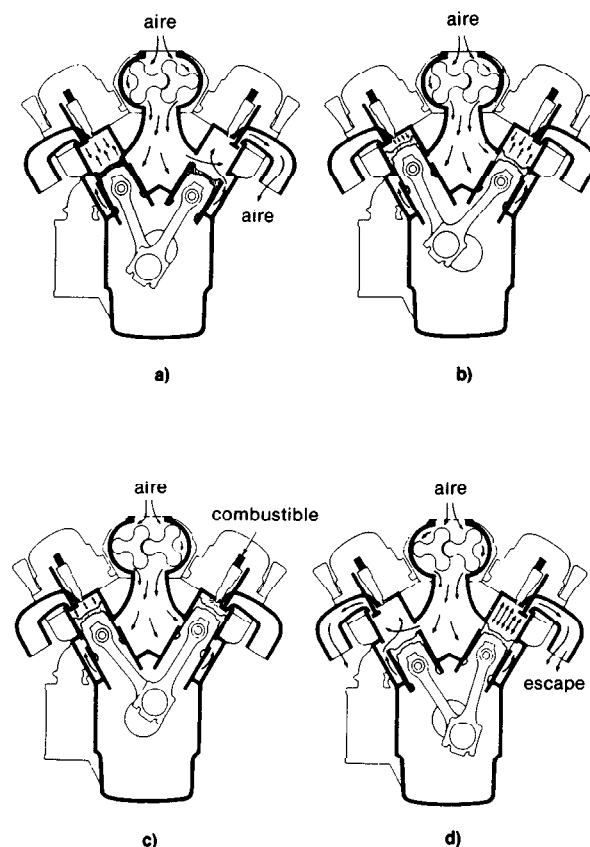


Fig. 2.6 Ciclo de dos tiempos, motor en V: a) barrido, b) compresión, c) potencia, d) escape

DETROIT DIESEL

el pistón ha descubierto las lumbreras de admisión. Hay cierto número de lumbreras alrededor del cilindro, en su pared, que dejan pasar sin restricción el aire que viene del soplador. El soplador descarga el aire en una caja de aire que rodea al cilindro y las lumbreras. En la ilustración se puede seguir el ciclo del cilindro durante *a)* barrido, *b)* compresión, *c)* potencia y *d)* escape cuando se ha abierto de nuevo la válvula de escape para que salgan los gases quemados. El pistón está casi en la parte más baja de su carrera y a punto de descubrir las lumbreras de admisión para dejar entrar más aire del soplador. Esto barrerá el cilindro y lo dejará lleno de aire limpio según continúa el ciclo.

El flujo o circulación del aire es unidireccional, es decir, fluye en un solo sentido desde la parte inferior del cilindro hasta las válvulas de escape en la parte superior del mismo.

Soplador

El soplador que se ilustra en la figura 2.6 se impulsa con engranes auxiliares en el motor. Consiste en dos rotores con lóbulos que giran en sentido opuesto dentro de una cubierta. La rotación de los lóbulos ocasiona que se succione aire en un lado del soplador y se descargue en el otro. El lado de salida está conectado con las lumbreras de admisión de los cilindros por medio de un múltiple o de una caja de aire. Como se mencionó, el soplador se emplea para tener un suministro continuo de aire exterior para los cilindros.

Métodos para barrido

Se utilizan diversas disposiciones de lumbreras en combinación con el soplador para el barrido de los cilindros en un motor Diesel de dos tiempos.

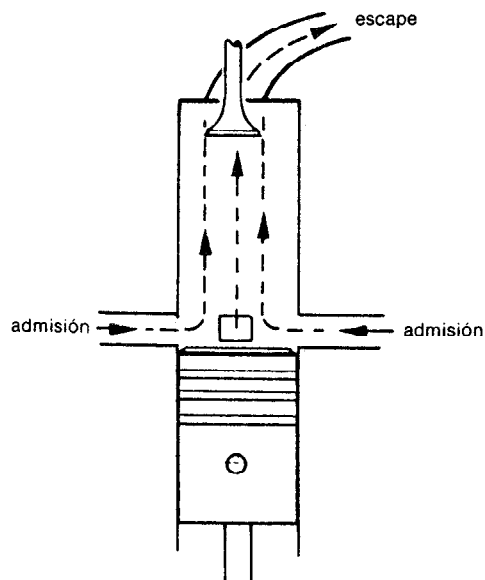


Fig. 2.7 Barrido unidireccional (*Uniflow*)

Barrido unidireccional (*Uniflow*)

El sistema de barrido que se ilustra en figuras anteriores y que se muestra en el diagrama de la figura 2.7 se conoce como sistema unidireccional (*Uniflow*) porque el aire circula en un sentido uniforme, desde la parte inferior hasta la superior del cilindro. Las lumbreras para admisión o barrido pueden estar inclinadas a fin de dirigir el aire hacia arriba y ayudar en la acción de barrido. Las lumbreras también pueden estar en ángulo para que el aire tenga un efecto de remolino o turbulencia cuando entra al cilindro.

Barrido de flujo transversal

En este sistema, el aire penetra por las lumbreras de admisión en un lado del cilindro y los gases quemados se descargan por las lumbreras de escape en el lado opuesto; por tanto, el flujo es transversal en el cilindro; no se usan válvulas. En la figura 2.8 se ilustra cómo entra el aire de barrido por una lumbrera y se lo envía hacia arriba para ayudar a barrer los gases de escape en la parte superior del cilindro. Se puede utilizar un desviador o deflector en la cabeza del pistón para este fin. Las lumbreras de escape están hechas de modo que abran antes que las lumbreras de admisión.

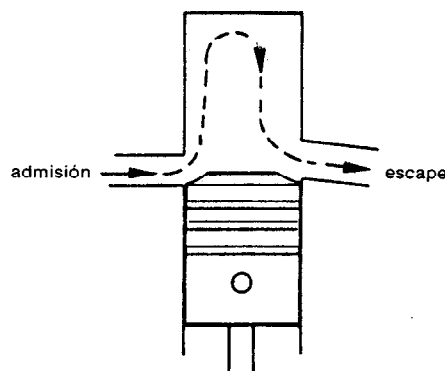


Fig. 2.8 Barrido por flujo transversal

Barrido en espiral

En la figura 2.9 se ilustra el principio en el cual se basa este sistema. El aire para barrido entra al cilindro sobre la cabeza del pistón y fluye hacia arriba en espiral antes de avanzar en dirección a la lumbrera de escape.

Flujo de aire para barrido

Se pueden lograr variaciones en los tres sistemas básicos para barrido mediante la ubicación, forma y tamaño de las lumbreras de admisión y escape. Por ejemplo, se pueden utilizar lumbreras inclinadas para dirigir el aire de entrada hacia arriba y se pueden emplear lumbreras en ángulo (lumbreras tangenciales) para crear turbulencia. Las lumbreras de escape pueden estar entre las lumbreras de

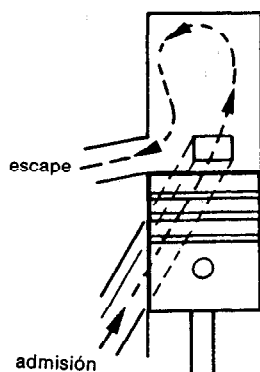


Fig. 2.9 Barrido en espiral

admisión y se pueden emplear cabezas de pistón configuradas para dirigir el flujo de aire y de gases de escape en el cilindro. La finalidad principal de estas características de diseño es tener la seguridad de que se expulsan los gases de escape del cilindro antes de que la mayor parte del aire de admisión pueda llegar a la lumbrera de escape. Puede haber escape de una pequeña cantidad de aire por la lumbrera de escape, pero como no contiene combustible, no tiene importancia.

Cilindros opuestos, dos tiempos

Se han utilizado motores con pistones opuestos, diseñados con dos pistones en un solo cilindro largo. En el diseño Rootes, las bielas de los pistones se conectan con balancines que, a su vez, tienen bielas conectadas con el cigüeñal. En algunos motores muy grandes para servicio estacionario o marino, se pueden utilizar dos cigüeñales. En la figura 2.10 se ilustra el principio de funcionamiento con pistones opuestos. Se trata de un sistema unidireccional, en el cual la lumbrera para admisión se controla con un pistón y la lumbrera de escape con el otro. Los pistones están sincronizados para que uno funcione antes que el otro; por tanto, se abre la lumbrera de escape antes que la lumbrera de admisión. Ambas lumbreras permanecen abiertas durante cierto tiempo y después se cierra la lumbrera de escape antes que la de admisión. En el punto muerto interno, cuando ambos pistones están en el centro, se produce la inyección.

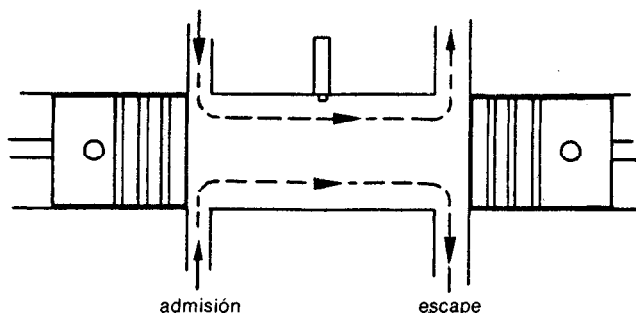


Fig. 2.10 Pistones opuestos

Funcionamiento de las válvulas

Los resortes de las válvulas las mantienen normalmente cerradas. Durante el funcionamiento del motor abren y cierran en el momento correcto por la acción del mecanismo de válvulas. En la figura 2.11 se ilustra un mecanismo de válvulas simplificado para un motor de cuatro tiempos. Incluye una válvula de admisión y una de escape. El árbol de levas se impulsa desde el cigüeñal a la mitad de las revoluciones del motor por medio de catarinas y una cadena. Las levas del árbol de levas empujan al levantador de válvulas que mueve hacia arriba la varilla de empuje. Esto, a su vez, hace que el balancín se incline en el eje de balancines para que su cara de contacto se mueva hacia abajo y abra la válvula. Cuando continúa la rotación del árbol de levas, las válvulas abren y cierran para dejar entrar aire al cilindro por el orificio de la válvula de admisión y para que salgan los gases de escape por el orificio de la válvula de escape. En el motor de cuatro tiempos, cada válvula abre una vez cada dos revoluciones del cigüeñal.

En los motores de dos tiempos, que sólo tienen válvulas de escape, tienen que abrir una vez durante cada revolución del cigüeñal. Se utiliza un mecanismo similar al del motor de cuatro tiempos, excepto que el árbol de levas gira a las mismas revoluciones que el cigüeñal.

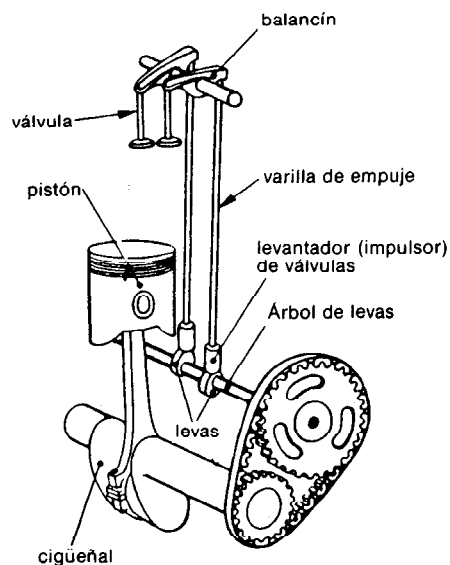


Fig. 2.11 Diagrama del mecanismo de accionamiento de válvulas en un solo cilindro

Motores de cilindros múltiples

Un motor de un cilindro, de cuatro tiempos, sólo produce un impulso de potencia por cada dos revoluciones del cigüeñal y sólo produce potencia durante la cuarta parte del tiempo. Un motor similar, de dos tiempos, tiene una carrera de potencia cada



revolución y, por tanto, produce potencia durante la mitad del tiempo. Además, se produce la máxima potencia al comienzo de la carrera de potencia y disminuye hacia el final de ella.

Para tener una potencia más uniforme, los motores se construyen con más de un cilindro. Las carreras de potencia pueden ocurrir en forma consecutiva y en los motores de seis o más cilindros, hay más de una carrera de potencia a la vez.

En la figura 2.12 se ilustra el efecto de las carreras de potencia en motores de cuatro, seis y ocho cilindros, con ciclo de cuatro tiempos y se muestra su traslape en motores de seis y de ocho cilindros. Cada diagrama representa dos revoluciones del cigüeñal o sea una rotación de 720° . Se verá que la carrera de potencia en el motor de cuatro cilindros ocurre cada 180° ; en el de seis cilindros cada 120° y en el de ocho cilindros cada 90° de rotación del cigüeñal.

El volante del motor, montado en la parte trasera del cigüeñal ayuda a que el motor funcione con suavidad porque absorbe energía durante las carreras las carreras de potencia y la regresa durante las otras carreras para que continúe la rotación del cigüeñal.

Los motores automotrices se describen de acuerdo con sus características de diseño y algunas de ellas son:

1. Número de cilindros.
2. Disposición de los cilindros.
3. Cilindrada total o volumen de los cilindros.
4. Ubicación del mecanismo de válvulas.
5. Tipo de enfriamiento.
6. Ciclo de funcionamiento.
7. Tipo de combustible utilizado.

Un ejemplo de especificaciones de un motor podría ser: seis cilindros, en línea, 5.8 litros, válvulas en la culata enfriado por líquido, diésel de cuatro tiempos.

Número de cilindros

En los motores Diesel varían mucho el tamaño y el número de cilindros. Puede ser desde un motor pequeño de un cilindro hasta motores grandes de 12

o más cilindros. En la mayor parte de las aplicaciones automotrices se emplean motores de 4, 5, 6 u 8 cilindros. Los motores de 4 y 5 cilindros se emplean en automóviles y en vehículos comerciales ligeros; los de 6 y 8 cilindros suelen ser para vehículos comerciales pesados. Los motores para equipo pesado de construcción pueden ser de 12 o 16 cilindros.

Disposición de los cilindros

Los motores Diesel se pueden construir con los cilindros dispuestos en línea, en ángulo (en V) u opuestos. Muchos motores de 4 y de 6 cilindros son del tipo en línea; hay otros que son en V. Casi todos los motores de 8 o más cilindros son del tipo en V.

Para describir la posición de los cilindros del motor se utiliza el término "configuración del motor", o sea su forma. La posición de los cilindros es la que determina la configuración.

La mayor parte de los motores en línea tienen los cilindros verticales; pero, a fin de reducir la altura de los motores que se montan debajo de la cabina o del piso del vehículo, hay motores que tienen los cilindros inclinados. Otros motores son del tipo con cilindros horizontales o sea que el motor está "acostado". Sin embargo, todos funcionan del mismo modo sin que importe la disposición de los cilindros.

Numeración de los cilindros

Los cilindros de los motores están numerados para su identificación. En los motores en línea la numeración suele ser consecutiva del frente hacia atrás.

En los motores en V se utilizan distintas numeraciones y cada fabricante tiene su método para numerarlos. En el motor V-8 ilustrado en la figura 2.13 el orden de numeración es alternado en un cilindro de cada banco, con los números nones en el banco izquierdo y los números pares en el lado derecho. Se debe tener en cuenta que el lado izquierdo o derecho del motor se entiende al verlo desde su parte posterior o sea el lado del volante.

En la figura 2.14 se ilustra otro motor V-8 en que cada banco de cilindros tiene numeración consecutiva. Los cilindros 1 a 4 están en el banco derecho y

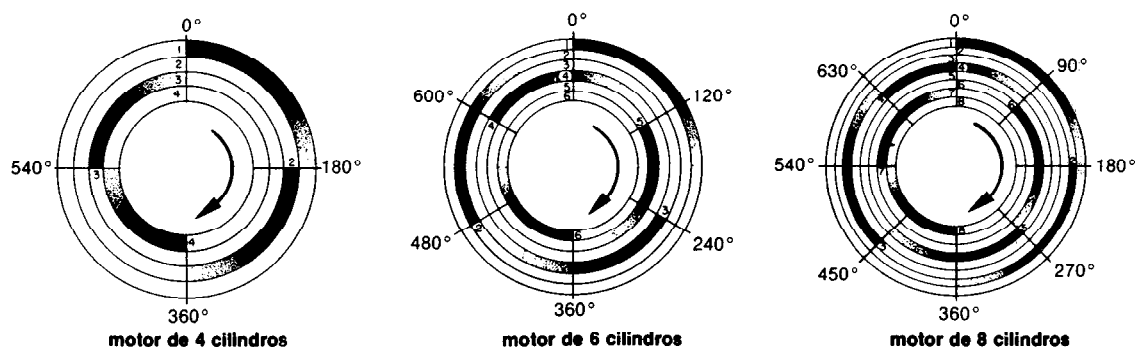


Fig. 2.12 Impulsos de potencia durante dos revoluciones del cigüeñal. El círculo completo representa 720° . Se produce menos potencia hacia el final de la carrera de potencia como se muestra con las zonas sombreadas. Las carreras de potencia se traslapan en los motores de 6 y de 8 cilindros

los cilindros 5 a 8 en el banco izquierdo, pero en otros motores se puede invertir este orden.

En otros motores en V, se emplea numeración separada en cada banco de cilindros. En este caso hay que mencionar si el cilindro es derecho o izquierdo, después de su número, por ejemplo, 3D y 3I para que no haya confusión.

Orden de encendido

El orden de encendido, o sea el orden en que los pistones producen sus carreras de potencia, es parte del diseño del motor. Se determina con factores tales como la configuración del cigüeñal, la disposición de las levas en el árbol de levas para accionar las válvulas en el momento correcto y el arreglo de inyección de combustible para atomizarlo en un cilindro determinado en el momento preciso.

El orden en que ocurren las carreras de potencia se denomina "orden de encendido", que también es el orden de inyección. En un motor de 4 cilindros en línea, numerados del frente hacia atrás hay dos posibles órdenes de encendido: 1-3-4-2 o 1-2-4-3.

En el motor de tres cilindros el orden es 1-2-3; en el de cinco cilindros, 1-2-4-5-3 y en el de seis cilindros en línea suele ser 1-5-3-6-2-4. Se debe tener en cuenta que, excepto en el motor de tres cilindros en el cual no hay opciones, el orden de encendido de los cilindros está alternado. Si se cambia el orden de encendido del motor de tres cilindros a 1-3-2 no se altera la secuencia, porque habrá encendido consecutivo en los cilindros 3-2-1.

El orden de encendido de un motor V-8 se ilustra en la figura 2.14 y se emplean líneas discontinuas para indicar el orden, que es de 1-5-4-8-6-3-7-2 y debe corresponder al sistema particular de numeración de cilindros en un motor.

El motor de la figura 2.13 tiene un orden de encendido y método de numeración de cilindros totalmente distintos. El orden de encendido es 1-8-4-3-6-5-7-2.

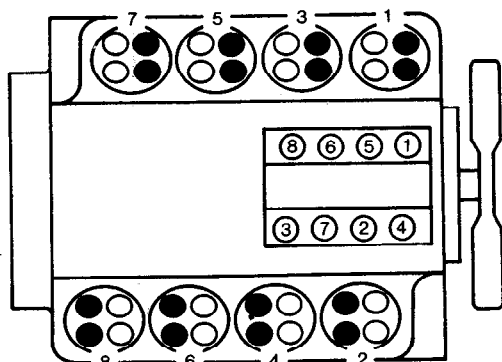


Fig. 2.13 Un método de numeración de cilindros en un motor Diesel V-8. Los elementos de la bomba de inyección, colocada entre los dos bancos de cilindros también están numerados para que correspondan al cilindro que alimentan. También se indica la disposición de las válvulas. Las de escape se muestran con negro y las de admisión con blanco. CATERPILLAR

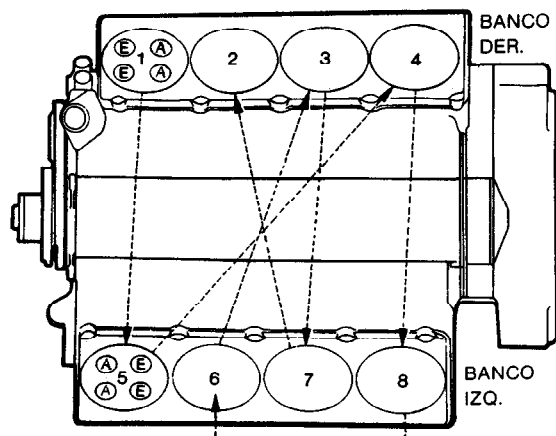


Fig. 2.14 Numeración de cilindros y orden de encendido en un motor V-8. También se indica la disposición de las válvulas CUMMINS

Sentido de rotación del cigüeñal

El sentido normal o el más usual de rotación del cigüeñal es en el sentido de las manecillas del reloj cuando se ve el motor de frente o en sentido contrario de las manecillas del reloj cuando se ve desde la parte posterior o lado del volante. Los términos rotación derecha y rotación izquierda también se usan para algunos motores. La rotación derecha significa en el sentido de las manecillas del reloj y rotación izquierda en sentido contrario a las manecillas del reloj, cuando se ve desde el frente del motor.

Casi todos los motores tienen rotación izquierda (vista desde el lado del volante), que se considera dirección de rotación estándar, pero hay algunos para aplicaciones especiales que tienen rotación derecha al verlos desde el mismo sitio.

Cilindrada (capacidad cúbica)

En términos generales, es el tamaño del motor. La cilindrada es el volumen total de todos los cilindros, expresado en litros. Un motor Diesel pequeño para un automóvil o un vehículo comercial ligero podría ser de 2 litros; un camión grande tendría un motor de 8 litros. A veces, se emplea también el término desplazamiento, o sea el volumen desplazado por los pistones cuando se mueven desde el PMS hasta el PMI (conocido también como el volumen de barrido).

Ubicación de las válvulas

Las válvulas de casi todos los motores Diesel están ubicadas en la culata (cabeza) y las acciona el árbol de levas instalado en el bloque de cilindros por medio de varillas de empuje y balancines. Esta disposición simplificada se ilustra en la figura 2.11. Esta ubicación se llama de válvulas en la culata o cabeza (OIV por sus siglas en inglés). Esta denominación se empezó a utilizar porque los motores antiguos tenían las válvulas en el bloque y había que

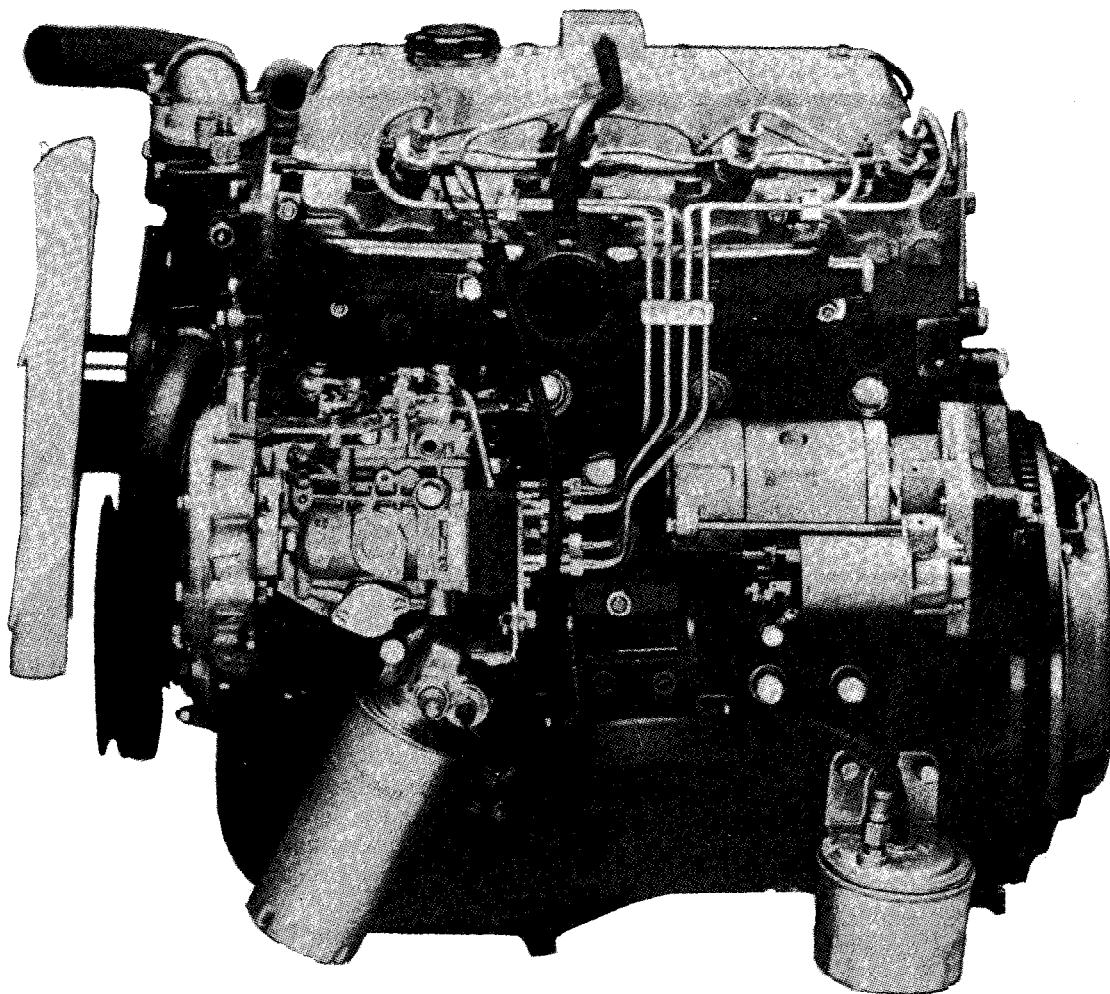


Fig. 2.15 Motor Mazda. Vista lateral de un motor Diesel pequeño. Es un motor de 4 cilindros con válvulas en la culata y una relación de compresión de 21:1. Tiene inyección indirecta y cámaras de precombustión. La bomba de distribuidor VE se monta con brida en la parte trasera de la tapa de engranes de sincronización; la sección de distribuidor de la bomba está en la parte trasera de la misma. También se pueden ver los tubos que la conectan con los inyectores. El filtro del aceite está a la izquierda y el filtro de combustible a la derecha en la ilustración. También se ilustran el motor de arranque y la cremallera del volante. Este motor se utiliza en vehículos comerciales ligeros

MAZDA

distinguir entre los dos tipos. Algunos motores Diesel tienen el árbol de levas montado en la culata (OHC por sus siglas en inglés).

Tipo de enfriamiento

Los motores pueden tener enfriamiento por líquido o enfriamiento por aire. Casi todos los Diesel son de enfriamiento por líquido, mediante camisas de agua en el bloque y culata de cilindros. Se hace circular agua o, agua con aditivos por las camisas para absorber el calor. Después pasa por el radiador en donde se enfría antes de recircularla en el motor.¹

En los motores enfriados por aire se utilizan aletas en los cilindros y culatas. Se utiliza un venti-

lador para producir una corriente de aire que pasa sobre y entre las aletas, para absorber el calor de las aletas y disiparlo a la atmósfera.

Ciclos de funcionamiento

Los motores se pueden clasificar, según su ciclo de funcionamiento, en dos tiempos o cuatro tiempos. Como se mencionó, en el motor de dos tiempos se efectúa el ciclo con dos carreras del pistón; en el de cuatro tiempos, con cuatro carreras del pistón.

Tipo de combustible utilizado

Los motores se diseñan para trabajar con un combustible determinado, que puede ser gasolina, desti-

¹N. DEL T: Los fabricantes de motores Diesel recomiendan emplear siempre un producto químico, que suele ser anticorrosivo y anticongelante, mezclado en cierta proporción con el agua, denominado así líquido enfriador.

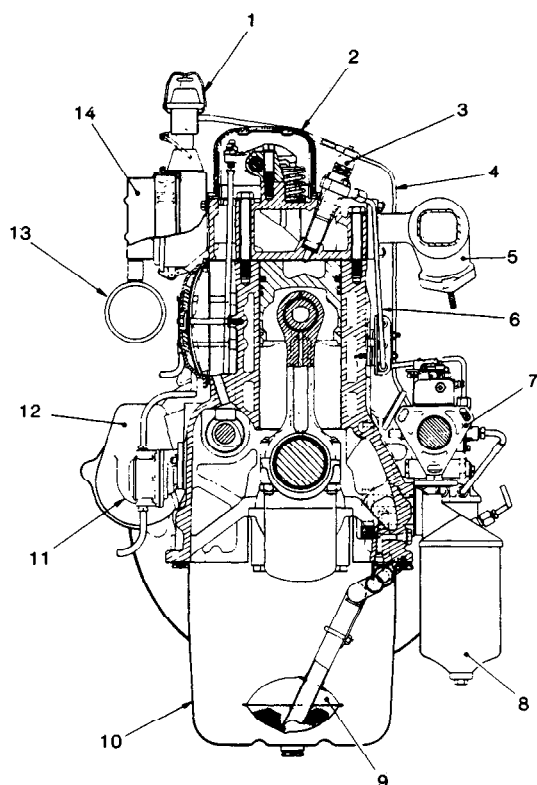


Fig. 2.16 Corte transversal de un motor Bedford. Se muestran el cilindro, culata y pistón en sección y la biela en corte parcial. Este motor es del tipo de inyección directa con bomba de inyección del tipo de distribuidor: 1 combustible para arranque en frío, 2 tapa de balancines, 3 inyector, 4 tubo de retorno de combustible al tanque, 5 múltiple de escape, 6 tubo para inyector, 7 bomba de inyección tipo distribuidor con montaje de brida, 8 filtro de aceite, 9 colador de succión de bomba del aceite, 10 depósito de aceite o carter, 11 bomba elevadora de combustible, 12 motor de arranque, 13 admisión de aire, 14 filtro de aire
BEDFORD

lado (gas-oil), combustible Diesel o gas licuado de petróleo (LPG). Todos estos combustibles son de petróleo crudo refinado o destilado.

Por qué se utilizan los motores Diesel

La aplicación más importante de los motores Diesel es en vehículos grandes debido a su tamaño, potencia, economía de funcionamiento y larga duración. Los motores de gasolina se utilizan en los automóviles porque son menos pesados, más pequeños y menos costosos para fabricarlos que un Diesel. Anteriormente, los Diesel eran para aplicaciones comerciales e industriales, pero se han perfeccionado motores pequeños para automóviles. Se instalan como opción debido principalmente por su economía en términos de menor consumo de combusti-

ble, aunque su costo inicial sea mayor que uno de gasolina de tamaño similar.

Comparación de los motores de gasolina y Diesel

A continuación se presentan algunas comparaciones y diferencias generales entre los motores de gasolina y Diesel.

1. Ambos motores son de combustión interna, pues ésta ocurre dentro de las cámaras de combustión en los cilindros.
2. Los motores son de construcción similar. Tienen bloque de cilindros, cigüeñal, pistones, culata de cilindros y otras piezas mayores de construcción similar. Sin embargo, hay diferencias en los detalles y las piezas del motor Diesel son más fuertes que las de un motor de gasolina.
3. El Diesel funciona a velocidades más bajas.
4. El combustible en los motores de gasolina entra a los cilindros como una mezcla de aire y combustible; después, se inflama con una chispa eléctrica para producir la combustión. El combustible para un Diesel se inyecta dentro de la cámara de combustión dentro de aire que ya ha sido comprimido. El aire comprimido está a una alta temperatura para inflamar el combustible e iniciar la combustión.
5. En el motor de gasolina se utilizan acumulador, bobina, distribuidor y bujías para producir el encendido; en el Diesel, se utiliza el calor de la compresión.
6. En el motor de gasolina se emplea un carburador para mezclar el aire y el combustible en la relación correcta. En el Diesel se emplean una bomba e inyectores para inyectar la cantidad requerida de combustible en los cilindros.
7. En los motores Diesel se emplea un combustible diferente de la gasolina. En muchos motores Diesel se emplea el destilado (gas-oil), pero en algunos se puede utilizar un combustible algo más pesado.
8. El combustible Diesel debe estar absolutamente limpio; de lo contrario ocurrirán serios daños en todo el sistema de combustible. La gasolina para motores que la usan debe estar limpia para tener funcionamiento satisfactorio; si está sucia, no dañará, en general, el sistema y con limpieza quedará listo.
9. Los Diesel tienen presión de compresión mucho más alta.
10. Los Diesel producen menos emisiones contaminantes, sin dispositivos auxiliares, que los motores de gasolina.
11. Los motores Diesel son más ruidosos que los de gasolina. Además del ruido que producen los motores grandes tienen un ruido muy particular que a veces se llama "cascabeleo".

Preguntas para repaso

1. ¿Qué significa compresión?
2. ¿Qué significan reciprocante y rotatorio?
3. ¿Qué es una carrera del motor?
4. ¿Qué significan PMS y PMI?
5. ¿Cómo ocurre un ciclo en el motor?
6. Describese el ciclo básico de un motor de cuatro tiempos.
7. Describese la diferencia básica entre un motor de dos tiempos y uno de cuatro tiempos.
8. ¿Qué significa barrido?
9. Enumérense algunos de los diferentes métodos para barrido.
10. ¿Se utilizan válvulas en los motores de dos tiempos? ¿Con qué finalidad?
11. ¿Qué es un motor de cilindros múltiples?
12. Coméntense las diversas características de diseño de un motor.
13. ¿Qué es un motor en línea?
14. Menciónense los diversos métodos para numerar los cilindros de un motor.
15. ¿Qué es el orden de encendido?
16. Localícese, de acuerdo con el texto, el orden de encendido de un motor de 5 cilindros y de un V-8. ¿Son la misma cosa el orden de encendido y el orden de inyección? Razone su respuesta.
17. ¿Gira el cigüeñal en el mismo sentido en todos los motores?
18. ¿Por qué se prefieren los motores Diesel a los que utilizan otros combustibles?
19. Compárense los motores de gasolina y Diesel.
20. ¿Por qué es importante que el combustible Diesel esté limpio?

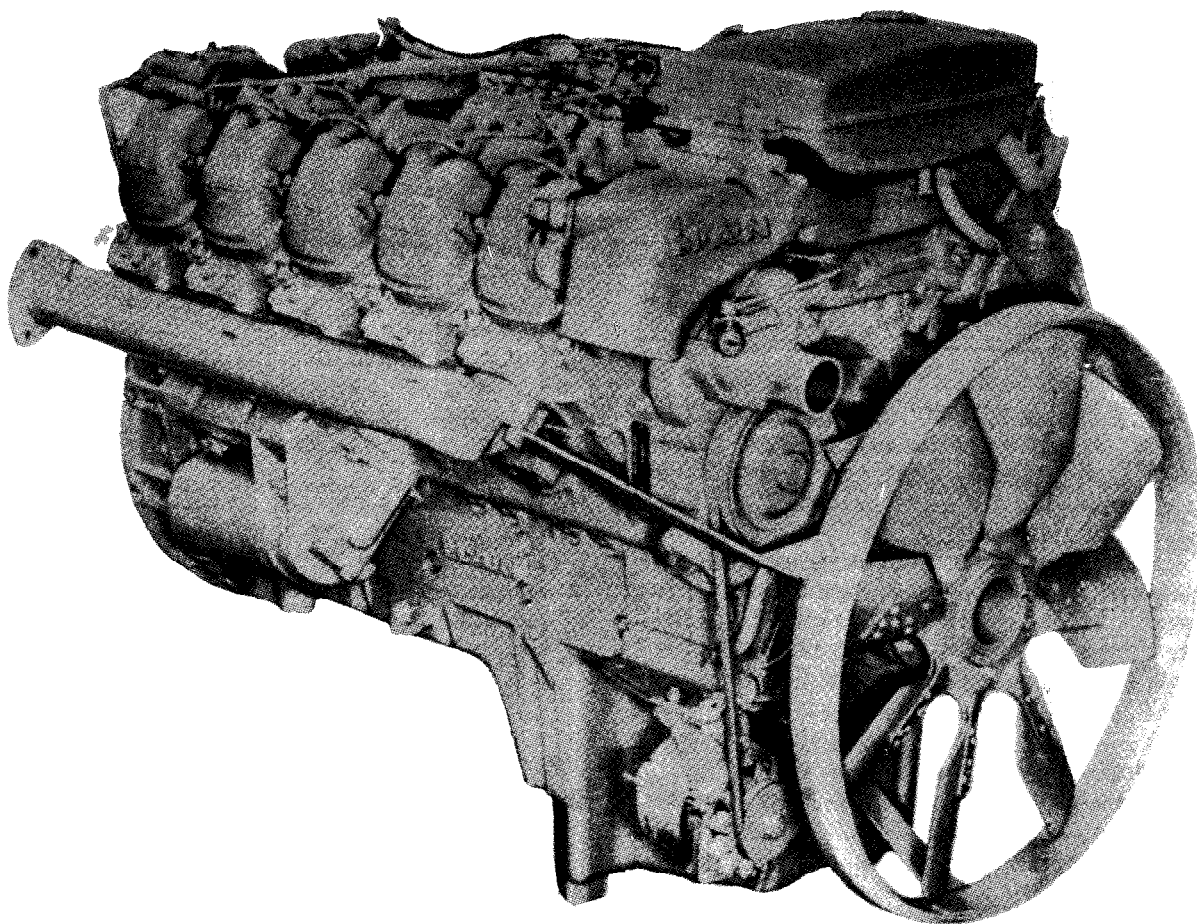


Fig. 2.17 Vista externa de un motor M.A.N. V-10. El ventilador se impulsa desde el cigüeñal y va rodeado de una tolva. La bomba del agua y el alternador se impulsan con bandas. Este motor tiene una culata para cada cilindro. El modelo ilustrado es de aspiración natural, es decir no tiene turbocargador

M.A.N.

Clasificación de potencias nominales y rendimiento del motor

3

Los fabricantes publican especificaciones del tamaño y rendimiento de sus motores. Incluyen dimensiones de los cilindros, potencia, torsión (par o fuerza torsional), consumo de combustible y otras especificaciones. Esa información puede ser en forma de tablas o de gráficas. Gran parte de esta información sólo se puede obtener después de una serie de pruebas durante las cuales se hacen diversas mediciones.

Para entender los diversos términos utilizados para los motores hay ciertas definiciones mecánicas básicas que se deben conocer primero. Cada una se refleja en la otra, por lo cual se empezará por considerar la fuerza y luego, su significado, se puede emplear para entender el significado de trabajo, etc.

Fuerza

Existe una fuerza siempre que ocurre o tiende a ocurrir un movimiento. También existe una fuerza cuando ocurre cualquier cambio en el sentido o en la velocidad de un movimiento. Por tanto, los términos comunes, tracción y empuje, son en realidad fuerza de empuje o fuerza de tracción o arrastre.

Una breve definición de fuerza es: lo que cambia o tiende a cambiar el estado de movimiento de un objeto. Es decir, una fuerza puede tratar de iniciar el movimiento de un objeto o hacer que se mueva. También puede detener un objeto u ocasionar un cambio en su velocidad o dirección. La fuerza se expresa en newtons (N).

Trabajo

Siempre que la fuerza se aplica a un objeto y hace que se mueva, se efectúa un trabajo. Por tanto, el trabajo es una combinación de la fuerza y de la distancia recorrida, es decir, newtons (fuerza) multiplicados por metros (distancia recorrida) para dar el resultado de newton metro (N·m). Un newton metro de trabajo se denomina un joule (J). Por tanto, la cantidad de trabajo se puede expresar en joules.

Potencia

La potencia es la velocidad a la cual se efectúa el trabajo. Esto agrega la unidad de tiempo además de la unidad de trabajo (joule). La potencia se expresa en watts (W). Un watt es un joule (de trabajo) en un segundo. Si se relaciona esto con las unidades ya descritas, entonces un watt es igual a la fuerza de un newton movido una distancia de un metro en un segundo. Una unidad más grande para la potencia es el kilowatt (kW). La potencia de los motores se expresa en kilowatts.

Caballaje

Una unidad más grande de potencia que antes se utilizaba para indicar la potencia de los motores es el caballo de fuerza inglés (*horsepower*), que equivale a 746 watts (unidades de potencia). Su nombre se deriva de la fuerza de un caballo y se originó cuando se hicieron comparaciones entre la cantidad de trabajo que podían efectuar las máquinas recién perfeccionadas en esos días y los caballos, que eran la fuente normal de potencia.

Energía

Es la capacidad o habilidad para efectuar trabajo. La energía se expresa con las mismas unidades que el trabajo, es decir joules, pues se puede considerar como trabajo almacenado.

Torsión (par)

La torsión (par) es una fuerza de torsión o rotación, que es igual a la fuerza multiplicada por la distancia perpendicular hasta el punto de rotación. Se expresa en newton metro (N·m). La torsión de un motor es el esfuerzo o fuerza de torsión que puede producir el motor.

Diámetro y carrera

El tamaño del cilindro de un motor se expresa como *diámetro* del cilindro y la *carrera* del pistón, la cual es la distancia que recorre el pistón desde el PMS

(punto muerto superior) hasta el PMI (punto muerto inferior, figura 3.1). Por lo general, siempre se cita primero el diámetro. Por ejemplo, un cilindro puede tener un diámetro de 100 mm y una carrera de 125 mm. Estas dimensiones se utilizan para determinar el desplazamiento del pistón o cilindrada.

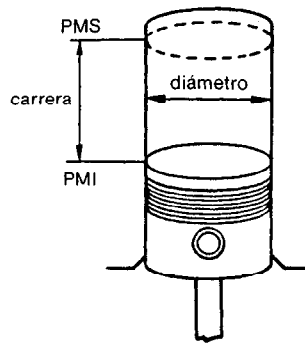


Fig. 3.1 El diámetro y la carrera de un cilindro de un motor

Desplazamiento del pistón (cilindrada)

El desplazamiento del pistón o cilindrada es el volumen que desplaza el pistón cuando se mueve desde el PMI hasta el PMS. La cilindrada del cilindro de la figura 3.1, por ejemplo, sería el volumen de un cilindro de 100 mm de diámetro y de 125 mm de longitud, o sea:

$$\begin{aligned}\pi r^2 \times l &= 3.142 \times 50 \times 50 \times 125 \\ &= 981\,875 \text{ mm}^3 \\ &\text{o } 982 \text{ cm}^3 \text{ (aprox.)}\end{aligned}$$

Si ese motor tiene seis cilindros, el desplazamiento o cilindrada total sería 6×982 centímetros cúbicos o sea 5 892 centímetros cúbicos.

Capacidad del motor

La cilindrada total o desplazamiento total del pistón también se denomina capacidad del motor. Cuando el diámetro y la carrera se expresan en milímetros, la capacidad del motor se expresa en litros. Por ejemplo, el motor de seis cilindros citado tiene una capacidad total de aproximadamente 5.9 litros.

Nota: Un mililitro ocupa un volumen de un centímetro cúbico y un litro tiene 1 000 mililitros. En el sistema métrico se utilizan los mililitros y los litros para la capacidad del motor, porque estas unidades se emplean para la medición de todos los fluidos (líquidos y gases), y son la capacidad de gas en el cilindro de que se trata. Antes de la adopción del sistema métrico, la capacidad del motor se expresaba en pulgadas cúbicas o en centímetros cúbicos.

Relación de compresión

La relación de compresión de un motor Diesel es la medición de cuánto se comprime el aire dentro de los cilindros. Para calcularla, se divide el volumen

total de aire en un cilindro (y su cámara de combustión) con el pistón en PMI entre el volumen de aire con el pistón en PMS (Fig. 3.2).

Nota: El volumen del aire con el pistón en PMS se llama *volumen de despejo* o *libre*, porque es el espacio libre que queda encima del pistón cuando está en el PMS.

Por ejemplo, un cilindro y su cámara de combustión tienen un volumen total de 600 cm^3 en PMI (A, Fig. 3.2). Tiene un volumen libre de 40 cm^3 (B, Fig. 3.2). Por tanto, la relación de compresión es 600 divididos entre 40, es decir, 15:1. En otras palabras, durante la carrera de compresión se comprime el aire desde un volumen de 600 cm^3 hasta 40 cm^3 o sea 1/15 parte de su volumen original.

El volumen de desplazamiento real del pistón es el volumen del aire desplazado o barrido dentro del cilindro por la acción del pistón cuando se mueve en su carrera descendente. Entonces, el volumen total en el cilindro es igual al volumen de desplazamiento o barrido más el volumen de despejo o libre.

La relación de compresión se puede expresar como:

$$\frac{\text{volumen desplazado} + \text{volumen libre}}{\text{volumen libre}}$$

Esto es lo mismo que:

$$\frac{\text{volumen total}}{\text{volumen libre}}$$

Potencia del motor

La potencia que produce un motor se mide en kilowatts (kW). Si un motor está clasificado en 100 kW, significa que puede producir esa potencia a determinadas rpm con el acelerador totalmente abierto. Los fabricantes clasifican sus motores a los kW máximos que pueden producir.

La potencia de un motor también se puede expresar en caballos de fuerza ingleses (hp) o en caballos de fuerza al freno ingleses (bhp). Originalmente, se utilizaba en motores de baja velocidad un freno especial para aplicar carga al motor durante las pruebas; de ahí el término "al freno".

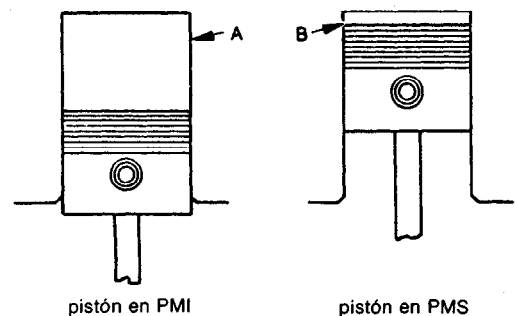


Fig. 3.2 La relación de compresión es el volumen en un cilindro con el pistón en PMI dividido entre el volumen con el pistón en PMS, o sea A dividida entre B

Dinamómetro

Los motores se conectan a un dinamómetro para probarlos. Puede ser un dinamómetro de agua, que es un tipo de bomba de agua que se puede ajustar para aplicar diversas cargas al motor o también un dinamómetro eléctrico, que es una dinamo grande para aplicar carga al motor. Cualquiera que sea el tipo utilizado, se utilizan instrumentos para medir las rpm y la carga en el motor en las condiciones de prueba, de manera que se pueda determinar la potencia producida en kW o en bhp. También se puede medir el consumo específico de combustible con instrumentos adicionales.

Torsión (par) del motor

La torsión (par) es el esfuerzo de rotación. Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de potencia, aplica torsión al cigüeñal por medio de la biela. Cuando mayor sea la fuerza contra el pistón, mayor será la torsión aplicada. Entonces, cuando más altas sean las presiones de combustión, mayor será la cantidad de torsión (Fig. 3.3).

Se suele utilizar el dinamómetro para determinar la torsión, junto con la potencia del motor.

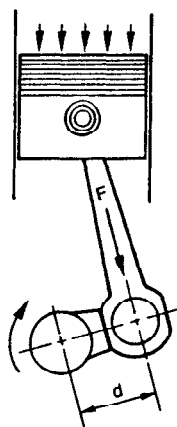


Fig. 3.3 La torsión (par) del motor es la fuerza F multiplicada por la distancia perpendicular d

Relación peso-potencia

Es la relación entre la masa del motor y la potencia que produce. Por ejemplo si un motor tiene una masa de 450 kg y su potencia máxima nominal es de 75 kW, entonces la relación peso-potencia es de $450:75 = 6.1$, que representa 6 kg por kW.

Fricción

La fricción en un motor queda referida en términos de pérdida de potencia por fricción. Esta expresión significa la cantidad de potencia que se utiliza en el motor para vencer la fricción.

Potencia indicada

El motor también se puede evaluar en términos de la potencia indicada; ésta se basa en la potencia real

producida en los cilindros del motor por el proceso de combustión y es la salida de potencia del motor. Se requiere un osciloscopio, que es un indicador especial. Se utiliza en el laboratorio y sirve para medir la presión en forma continua en las cuatro carreras del pistón (admisión, compresión, potencia y escape).

Parte de la potencia producida en los cilindros del motor se pierde para vencer la fricción interna. Por tanto, la potencia indicada siempre es mayor que la potencia nominal o real que da el motor.

Relaciones de la potencia del motor

La potencia de salida es la que entrega el motor en el volante; la potencia indicada es la que se produce en el motor y la pérdida de potencia por fricción es la potencia que se usa en el motor para vencer la fricción. La relación entre las tres es: potencia de salida = potencia indicada — pérdidas por fricción. Es decir, la potencia de salida o entregada por el motor es igual a la potencia producida menos la potencia perdida por la fricción.

Eficiencia del motor

El término eficiencia significa la relación entre el esfuerzo ejercido y los resultados obtenidos. La eficiencia, aplicada a los motores, es la relación entre la potencia de salida o entregada y la que se podría lograr si el motor funcionase sin ninguna pérdida de potencia. La eficiencia del motor se puede calcular en dos formas: como eficiencia *mecánica* y como eficiencia *térmica*.

Eficiencia mecánica

Es la relación entre la potencia de salida y la potencia indicada:

$$\text{eficiencia mecánica} = \frac{\text{potencia de salida}}{\text{potencia indicada}} \times 100\%$$

Ejemplo: a una cierta velocidad, la potencia de salida de un motor es de 105 kW y la potencia indicada (llamada a veces potencia de entrada) es de 125 kW. Entonces, la eficiencia mecánica es de $105/125 \times 100 = 84\%$. Es decir, que el motor da salida al 84% de la potencia producida en los cilindros. El 16% restante, o sean 20 kW se pierden para vencer la fricción dentro del motor.

Eficiencia térmica

La eficiencia térmica del motor es la relación entre la potencia de salida y la energía del combustible quemado para producir esa salida.

Parte del calor producido en el proceso de combustión se disipa en el sistema de enfriamiento. También se pierde algo en los gases de escape porque todavía están muy calientes cuando salen del cilindro. Éstas son pérdidas térmicas (de calor) que reducen la eficiencia térmica del motor y no le aumentan su potencia de salida. El resto del calor,

hace que los gases se expandan y produzcan alta presión, empujan al pistón para que se mueva a fin de producir potencia en el motor.

Eficiencia total

El combustible que entra al motor tiene cierto contenido de energía, es decir cierta capacidad para producir trabajo. En cada paso en el proceso, desde quemar el combustible en los cilindros hasta impulsar un vehículo a lo largo del camino o para otro trabajo útil, se pierde energía. En la figura 3.4 se ilustran estas pérdidas. En el ejemplo presentado, sólo el 25% de la energía del combustible que entra al motor está disponible como energía utilizable. Esta energía se emplea para vencer la fricción en el tren propulsor, la resistencia a la rotación y la resistencia del aire cuando se impulsa al vehículo.

Eficiencia volumétrica

La eficiencia volumétrica se relaciona con la cantidad de aire que entra al cilindro durante la carrera de admisión del pistón. Para tener 100% de eficiencia volumétrica, habría que llenar por completo el cilindro con aire a presión atmosférica, cosa que no ocurre en la práctica. Siempre hay algo de restricción en el sistema de admisión de aire que reduce la eficiencia volumétrica. A altas velocidades del motor se reduce el tiempo disponible para que los cilindros se llenen con aire y disminuye la eficiencia volumétrica.

En un motor de aspiración natural, que depende de la acción de bombeo de los pistones para llenar los cilindros con aire, su eficiencia volumétrica es mucho menor que en un motor con soplador o con turbocargador; estos hacen entrar más aire a cierta presión a los cilindros para aumentar la eficiencia volumétrica del motor.

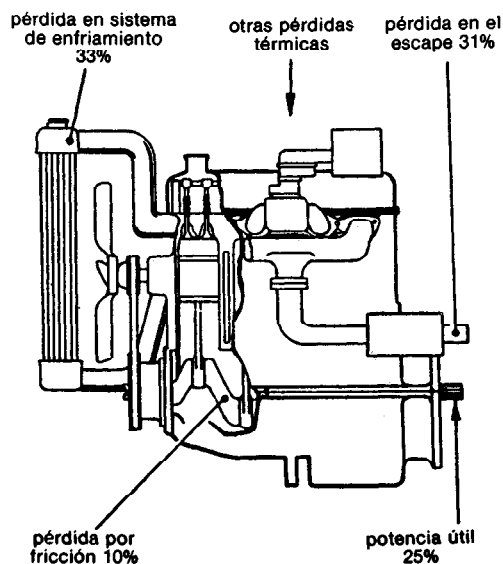


Fig. 3.4 Porcentajes aproximados de pérdidas en un motor Diesel

FORD

Clasificaciones de potencia

El método para clasificar la potencia de los motores varía en diferentes países. En los países de habla inglesa se ha utilizado un grupo estándar de condiciones para prueba, establecidas por la Society of Automotive Engineers (SAE) y se denominan clasificaciones SAE.

En Gran Bretaña se especifican condiciones estándar de prueba para los motores, que se conocen como British Standards. Las pruebas dan clasificaciones BS. Los motores de origen alemán se clasifican de acuerdo con las condiciones establecidas en Deutsche Industrie Normen (Normas Industriales Alemanas) o DIN. La potencia de esos motores se expresa en valores DIN.

En la práctica, los resultados de las pruebas en diferentes países pueden variar pues todavía no hay un grupo de condiciones estándar para prueba de empleo universal. En algunas pruebas, hay que instalar todos los accesorios del motor; en otras pruebas sólo se instalan algunos accesorios. Por ello, es difícil establecer una comparación exacta entre las pruebas efectuadas en diferentes países.

En Gran Bretaña y Estados Unidos, en que todavía emplean medidas inglesas, la potencia de un motor se clasifica en caballos de fuerza (horsepower o hp) y la torsión en libras fuerza por pie (lbf-ft).

En otros países, incluso Australia, se utilizan las mediciones en el SI. En este sistema la potencia del motor se expresa en kilowatts (kW) y la torsión (par) en newton por metro (N·m).

Los motores probados de acuerdo con las normas DIN se pueden clasificar en unidades SI o se les clasifica su potencia en PS (abreviatura de Pferdestärke, que significa caballo de fuerza) y que no es unidad del SI, sino que está basada en el kilopond. Un PS es igual a 0.736 kW. La torsión, a veces, se expresa en kilogramos fuerza por metro (kgf-m).

Curvas de rendimiento del motor

En la figura 3.5 aparecen las curvas de potencia y torsión de un motor. Muchos fabricantes publican estas gráficas para sus motores. La curva ilustrada se aplicaría a un solo motor, pues los diferentes motores tienen curvas distintas. Los picos pueden ser a velocidades (rpm) más altas o más bajas y la relación quizá no sea la indicada.

Curva de torsión (par)

La curva de torsión tiene escalas para newtons por metro y libras fuerza por pie. Se puede ver que la torsión varía según la velocidad del motor. De acuerdo con la gráfica la torsión máxima que produce este motor es de 408 N·m a 1 600 rpm y es el punto en que el motor produce su máximo esfuerzo de rotación y sería la velocidad más económica a la que funcionaría el motor. Sin embargo, hay poca variación en la torsión entre 1 400 rpm y 1 800 rpm, lo

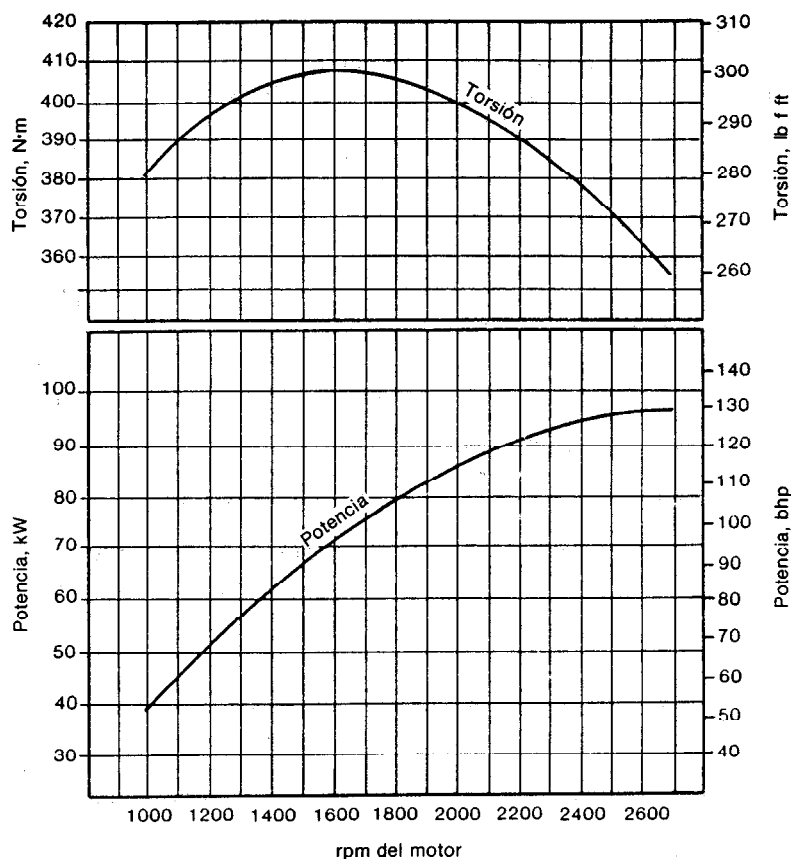


Fig. 3.5 Ejemplos de curvas de potencia y torsión (par) del motor

cual sería el intervalo más económico para funcionamiento.

La forma de la curva de torsión se determina por el diseño del motor. Hasta determinada velocidad, aumenta la torsión, pero luego se reduce a velocidades más altas y cae la eficiencia volumétrica. La forma de la curva está relacionada con una serie de factores que incluyen la cantidad de combustible suministrada a los inyectores, la respiración del motor y la turboalimentación.

Aumento de la torsión

El aumento de la torsión es la subida de su curva que ocurre cuando el motor está sometido a carga y la velocidad cae a menos de las rpm nominales o gobernadas, con todo el acelerador abierto. En pocas palabras, es la diferencia entre la torsión máxima y la torsión producida a las rpm nominales o gobernadas (rpm máximas permisibles para ese motor particular).

La torsión máxima ocurre a alrededor de 60 a 75% de las rpm nominales o gobernadas.

Curva de potencia

La curva de potencia de un motor aumenta en forma continua con la velocidad hasta que se llega a una velocidad alta y entonces tiende a aplanarse. Las velocidades más altas que las ilustradas harán

que caiga la curva, lo cual se debe a una torsión reducida a velocidades altas.

En la curva de potencia se muestra que el motor produce 97 kW a 2 700 rpm, que serían la potencia nominal y velocidad máximas del motor. En la escala de caballaje se leerían 130 bhp. A velocidades más bajas se produciría menos potencia, por ejemplo, a 1 600 rpm la potencia es 70 kW.

Velocidad nominal (gobernada)

También se denomina velocidad máxima del motor y es el límite que permite el fabricante del motor. El gobernador (regulador) del motor se ajusta para no exceder de esa velocidad en condiciones normales.

Se pueden especificar diferentes velocidades nominales o gobernadas para distintas aplicaciones del motor. Por ejemplo, la velocidad continua, cuando el motor trabaja con carga constante, sería menor que en un vehículo en el cual las cargas son variables. Al reducir la velocidad nominal disminuye la potencia máxima del motor y, por tanto, las cargas en diversas piezas del motor que, si estuvieran aplicadas en forma continua, disminuirían su duración.

Despotenciación por altitud

Cuando los motores de aspiración natural trabajan a grandes altitudes, se reduce la entrega máxima de



combustible a fin de despotenciarlos. El aire a grandes altitudes es menos denso que al nivel del mar y no tiene suficiente oxígeno para la combustión completa del combustible inyectado en los cilindros. Al despotenciar, se reduce la potencia máxima pero se evitan el humo negro en el escape y la formación de carbón en las cámaras de combustión.

Fuerza de arrastre

Muchos fabricantes de tractores especifican su fuerza de arrastre. Esto es importante cuando se van a arrastrar implementos; la fuerza de arrastre del tractor es una información interesante para el posible comprador. Esta fuerza se expresa en newtons o en kilonewtons. Un tractor típico puede tener una fuerza de, por ejemplo, 16 000 newtons o 16 kilonewtons (kN). No incluye unidades de tiempo o distancia, sino sólo la fuerza máxima de arrastre que puede ejercer el tractor. En unidades inglesas, la fuerza se indica en libras fuerza.

Potencia en la barra de tiro

Es la potencia del tractor medida en la barra de tiro en la cual se enganchan los implementos que va a arrastrar. No incluye la potencia para impulsar el tractor, por lo cual la potencia en la barra de tiro es la disponible para trabajo en la parte trasera del tractor.

La potencia en la barra de tiro y la potencia del motor de un tractor determinado serán diferentes; esto se debe a la potencia que se emplea en la transmisión y otras piezas entre el volante del motor y las ruedas traseras. La resistencia a la rotación de los neumáticos (llantas) contra el piso también consume algo de potencia. La potencia en la barra de tiro se puede encontrar si se conocen la fuerza de arrastre y la velocidad del tractor.

Si el tractor tiene una fuerza de arrastre de 16 000 newtons (o 16 kilonewtons) y una velocidad

de avance de 7.2 kilómetros por hora (km/h^{-1} o km/h), entonces la potencia en la barra de tiro sería como sigue:

$$\begin{aligned} \text{fuerza} &= 16\,000 \text{ newtons (N)} \\ \text{distancia por hora} &= 7.2 \text{ kilómetros} \\ &= 7\,200 \text{ metros} \\ \text{trabajo (joules)} \\ \text{efectuado por hora} &= \text{fuerza} \times \text{distancia por hora} \\ &= 16\,000 \times 7\,200 \\ \text{potencia (watts)} &= \text{joules por segundo} \\ &= \frac{16\,000 \times 7\,200}{3\,600} \\ &= 32\,000 \text{ watts (W)} \\ &\text{o } 32 \text{ kilowatts (kW)} \end{aligned}$$

Esta es la potencia de un tractor que trabaje en esas condiciones.

Especificaciones del motor

El tipo de datos técnicos básicos que suministra el fabricante de motores es similar al ejemplo siguiente:

Diámetro	101 mm
Carrera	127 mm
Desplazamiento	6.10 l
No. de cilindros	6
Disposición de cilindros	Verticales, en línea
Ciclo	4 tiempos
Relación de compresión	16:1
Sistema de combustión	Inyección directa
Orden de encendido	1-5-3-6-2-4
Potencia clasificada (kW)	92 a 2 500 rpm
Rotación	Derecha, vista de frente
Forma básica de roscas	Unificada
Peso en seco	523 kg
Dimensiones totales:	
altura	800 mm
longitud	937 mm
anchura	630 mm

Preguntas para repaso

1. Defínase la fuerza en términos generales.
2. ¿Qué es potencia?
3. ¿Qué significa torsión (par)?
4. ¿Qué significa desplazamiento de los pistones?
5. ¿Por qué es importante la relación de compresión en un motor Diesel?
6. ¿Cómo se produce la torsión dentro del motor?
7. ¿Qué significa eficiencia del motor?
8. ¿Cuál es la unidad de potencia en el sistema internacional (SI)?
¿En el sistema de medidas inglesas?
9. ¿Qué es una curva de torsión?
10. ¿Qué es la velocidad nominal o gobernada de un motor y por qué no se debe exceder?

Cámaras de combustión

Las cámaras de combustión desempeñan una función crítica en el funcionamiento de un motor Diesel y por esa razón se han efectuado muchas investigaciones para ayudar al perfeccionamiento de cámaras de combustión más eficientes. El resultado ha sido una gran variedad de diseños de cámaras de combustión.

La cámara de combustión en un motor Diesel es el espacio dentro del cual el inyector atomiza el combustible. Incluye un espacio formado por la corona del pistón o dentro de ella así como parte de la culata de cilindros. Para tener la certeza de que se quema todo el combustible atomizado, se emplean distintos tipos de cámaras de combustión en diferentes motores. Cualquiera que sea el sistema, la cámara debe ser adecuada para:

1. producir las elevadas presiones de compresión requeridas para ocasionar las altas temperaturas necesarias para la inflamación o ignición;
2. hacer que el combustible inyectado se mezcle por completo con el aire en la cámara de combustión para obtener combustión completa y máxima potencia del combustible.

Hay dos tipos básicos de cámaras de combustión: las de inyección directa y las de inyección indirecta. La diferencia básica entre estas cámaras de combustión se puede ver en la figura 4.1. La cámara para inyección directa, *a*), tiene culata de cilindros con superficie plana y la cámara está formada por una cavidad en la parte superior del pistón. La cámara para inyección indirecta *b*), puede ser con un pistón casi plano o un pistón con una cavidad de poco fondo. La cámara principal de combustión está formada entre la parte superior del pistón y la culata de cilindros, pero también hay una cámara separada más pequeña, en la culata, en la cual se inyecta el combustible.

La inyección directa se utiliza en los motores grandes de dos y de cuatro tiempos; la inyección indirecta se suele emplear en motores pequeños de cuatro tiempos.

Inyección directa

El combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión, la cual es una cavidad en la cabeza del pistón. Hay muy poca holgura entre la parte superior del pistón y la cabeza del pistón en el

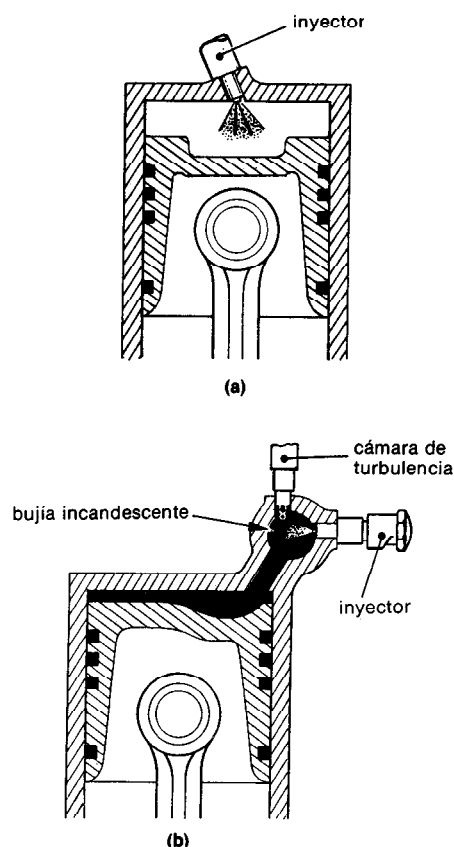


Fig. 4.1 Cámaras de combustión: *a*) cámara abierta para inyección directa; *b*) cámara de turbulencia para inyección indirecta. Se utiliza una bujía incandescente para ayudar al arranque en frío

FORD

PMS, con lo que el aire que se comprime en el cilindro se desvía de la superficie externa de la cabeza del pistón hacia la cámara de combustión en el centro del pistón. Esto aumenta la turbulencia y mejora la mezcla del aire con las partículas de combustible atomizado por el inyector.

Los sistemas de inyección directa también se llaman de cámara abierta. La cámara de combustión en la cabeza del pistón puede ser cilíndrica (Fig. 4.1 (a)) o hemisférica, cóncava o toroidal (Fig. 4.2). (La cámara toroidal es anular y de sección circular). Los inyectores tienen diferentes patrones de atomización según sea la cámara de combustión con la cual se utilicen.

Para mejorar la turbulencia del aire de admisión, los orificios de admisión en un motor de cuatro tiempos pueden estar "apuntados" de modo que produzcan turbulencia. La válvula de admisión también puede tener un desviador o tolva en un lado de la cabeza para dirigir el aire de entrada. Para que el desviador esté siempre en su lugar, la válvula no puede girar. Esta disposición se ilustra en la figura 4.3.

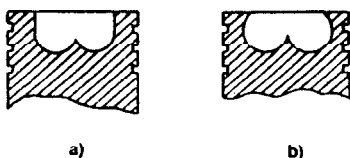


Fig. 4.2 Formas de las cabezas de pistones para inyección directa: a) cilíndrica, b) toroidal

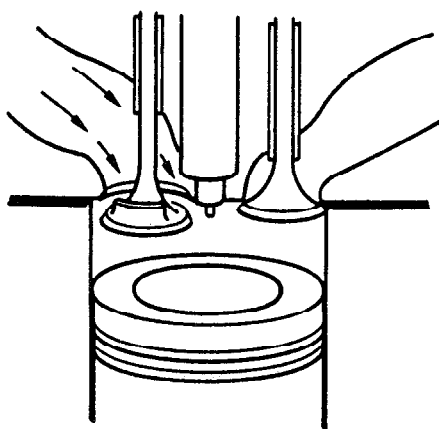


Fig. 4.3 La válvula de admisión con desviador dirige el aire de entrada

Inyección indirecta

En este sistema la inyección de combustible atomizado no es directamente en la cámara principal de combustión. En su lugar, el combustible se inyecta en una pequeña cámara separada en la cual ocurre la inflamación o ignición. La cámara pequeña está conectada con la cámara principal de modo que una vez que se inicia la combustión en la cámara pequeña, avanza de inmediato a la cámara principal.

La finalidad de la cámara separada es el iniciar y mejorar la combustión en la cámara principal.

Se utilizan diversos diseños de cámaras de combustión, que se llaman cámaras de turbulencia, cel-das de aire y cámaras de precombustión. Cualquiera que sea su nombre particular, todas tienen la misma función: crear turbulencia dentro de la cámara de combustión para asegurar la combustión completa de todo el combustible que se inyecta en la cámara.

Cámara de turbulencia

En la figura 4.1 b) se ilustra una cámara de turbulencia colocada en la culata de cilindros. Esta cámara de forma esférica está conectada con la cámara principal por un conducto tangencial. El aire comprimido durante la carrera de compresión penetra a la cámara de turbulencia y la configuración esférica induce a una turbulencia rápida del aire.

Cuando se atomiza el combustible en la cámara de turbulencia, ocurre la combustión, la cual ocasiona una expansión muy rápida que obliga a los gases a pasar por el conducto tangencial hasta la cámara principal en donde continúa la combustión. La cabeza del pistón puede estar configurada para ayudar en la acción de turbulencia, cuya finalidad es asegurar que todas las gotitas de combustible hagan contacto con el aire y reciban el oxígeno necesario para la combustión. Se requiere la mezcla correcta de aire-combustible para lograr combustión completa.

La bujía incandescente o bujía de calentamiento se utiliza para precalentar el aire en la cámara de turbulencia y ayudar a poner en marcha (arrancar) el motor cuando hace mucho frío. Las bujías incandescentes se utilizan en los motores de inyección indirecta para compensar la pérdida de calor del aire comprimido en el cilindro hacia las partes metálicas frías de la cámara de combustión durante el arranque (véase también Fig. 4.5).

Diseño de la cámara de turbulencia

En la figura 4.4 se ilustra una parte de la culata de cilindros de un motor Volkswagen Diesel. En a) se muestra la disposición de la cámara de turbulencia, el inyector y el tapón incandescente. La cámara de turbulencia está introducida en la culata y se impide su rotación mediante un balín en una ranura. El inyector y el tapón incandescente se atornillan en la culata.

La acción de la cámara de turbulencia se ilustra en b). Durante la carrera de compresión se produce turbulencia en el aire, como se ilustra, originada por la forma de la cámara de turbulencia y la ubicación del orificio para inflamación. Los rebajos en la cabeza del pistón son para ayudar al flujo y a la turbulencia del aire.

En la figura 5.21 se ilustra la disposición de las válvulas en este motor.

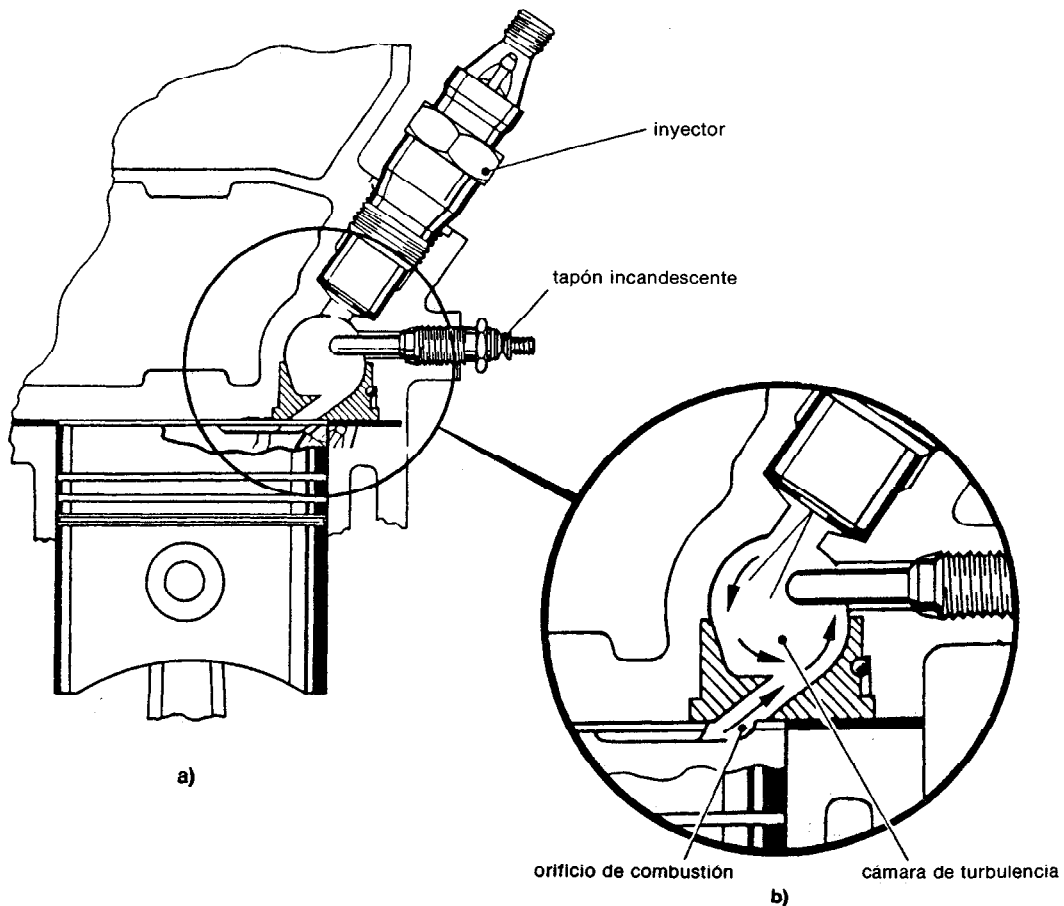


Fig. 4.4 a) Sección de un motor con cámara de turbulencia; se ilustran el inyector y la bujía incandescente.
b) Vista en acercamiento de la disposición de la cámara de turbulencia

VOLKSWAGEN

Celda de aire

En la figura 4.5 se ilustra una celda de aire. La cámara de combustión está dividida en una cámara principal y una celda de aire que están conectadas por una garganta o Venturi. Durante la carrera de compresión se comprime el aire en la celda de aire. El inyector está instalado en la garganta.

Cuando empieza la inyección, la presión de la combustión obliga al aire a salir de la celda de aire

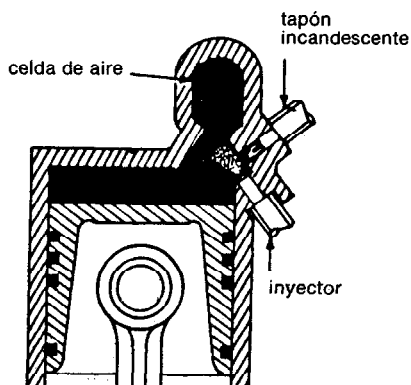


Fig. 4.5 Celda de aire

en donde se mezcla con el combustible atomizado por el inyector. El movimiento rápido del aire desde la celda produce un movimiento rotatorio de los gases en la cámara principal, que ayuda a una combustión eficiente.

Cámara de precombustión

En la cabeza del pistón de la figura 4.6 hay una cámara de precombustión atornillada en la culata de cilindros. El inyector está montado en el extremo superior de la cámara de precombustión.

La inyección ocurre casi al final de la carrera de compresión. Debido a la cantidad limitada de aire en la cámara de precombustión, sólo se inflama una parte del combustible, pero el gran aumento en la presión obliga al combustible inflamado a moverse hacia la cámara principal en donde continúa la combustión. El movimiento rápido de los gases hace que el combustible y el aire se mezclen y produzcan mejor combustión.

Diseño de la cámara de precombustión

En la figura 4.7 se ilustra una cámara de precombustión del tipo utilizado en los automóviles Mercedes. La cámara incluye una bola o esfera difusora

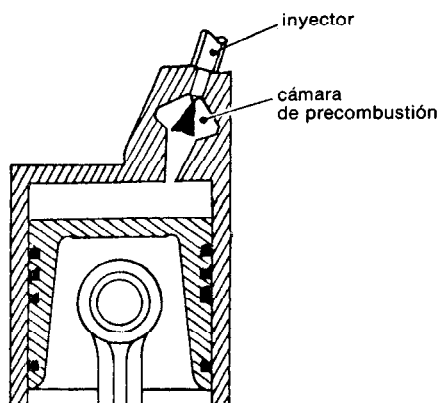


Fig. 4.6 Cámara de precombustión

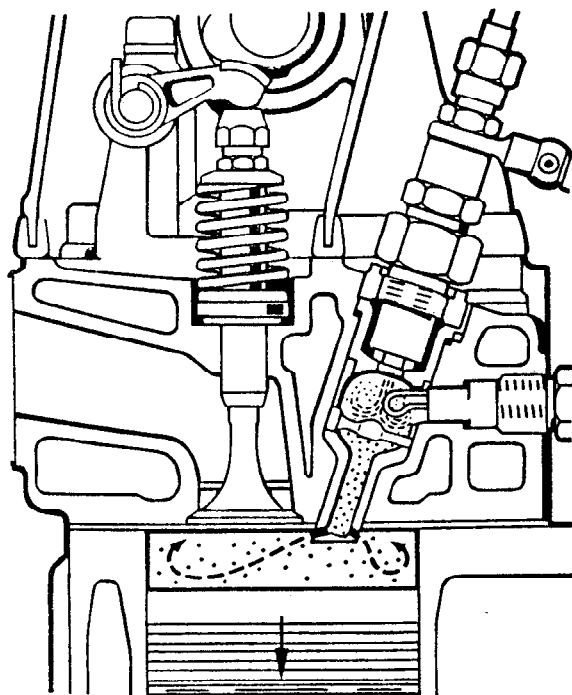


Fig. 4.7 Cámara de precombustión. El inyector atomiza en una cámara pequeña de combustión, en la culata de cilindros, en la cual hay una bujía incandescente para arranque en frío. Las válvulas se accionan con el árbol de levas en la culata

MERCEDES

en la parte superior de ella y agujeros para combustión en el extremo de la cámara que sobresale en la cámara principal de combustión.

Cuando se inyecta el combustible en la cámara de precombustión, se lo dirige hacia la bola difusora (Fig. 4.8). Con esto se dispersa más el combustible y se vuelve una nebulización muy fina que mejora el proceso de combustión: la combustión avanza por los agujeros para combustión hacia la cámara principal y allí continúa.

La corona del pistón tiene una cavidad para dejar espacio para el extremo de la cámara de pre-

combustión. También tiene rebajos para obligar a los gases a formar turbulencia en la cámara principal de combustión.

En la figura 4.9 se ilustra una cámara de precombustión para un motor Caterpillar y las piezas correlativas. La base de la cámara está roscada para poder atornillarla en la culata de cilindros. El combustible atomizado por el inyector entra a presión en la cámara de precombustión en donde se inflama. Los gases de combustión, todavía con alto contenido de combustible, pasan a presión por la abertura estrecha en la base de la cámara de precombustión hacia la cámara principal en donde concluye la combustión.

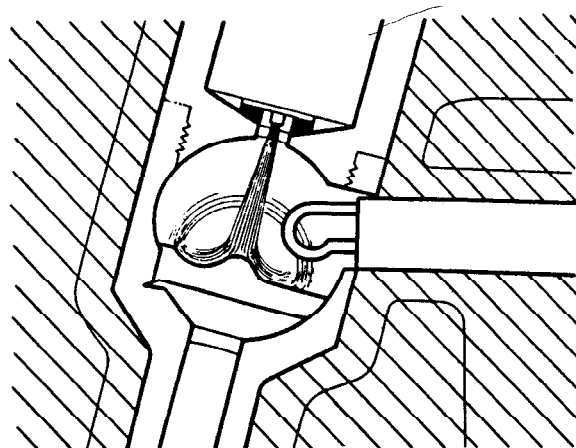


Fig. 4.8 Inyección del combustible en la cámara de precombustión

MERCEDES

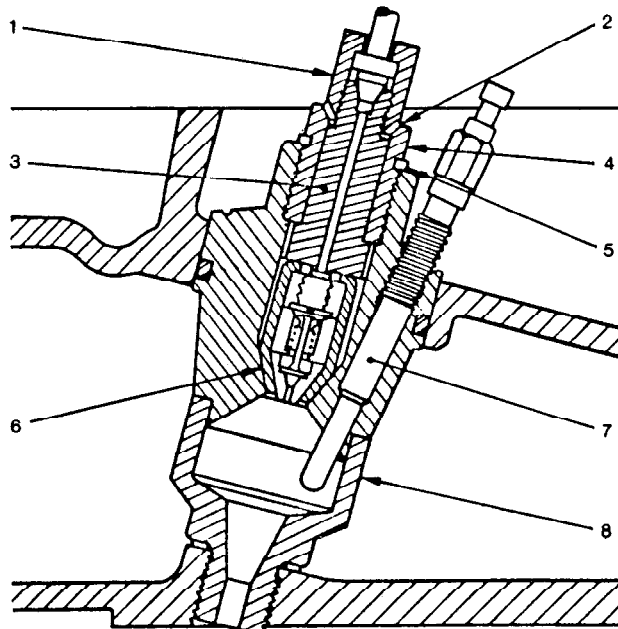


Fig. 4.9 Cámara de precombustión y piezas correlativas: 1 conexión para tubo de inyector, 2 asiento, 3 cuerpo, 4 tuerca, 5 sello, 6 tobera de inyector, 7 bujía incandescente, 8 cámara de precombustión

CATERPILLAR

Combustión en dos etapas

En la figura 4.10 se ilustra la acción de una cámara de precombustión o de turbulencia utilizada en algunos motores Deutz; esta acción se llama combustión en dos etapas. El sistema consta de una cámara de turbulencia en la culata de cilindros y espacios gemelos para combustión con turbulencia en la corona del pistón.

El combustible se inyecta en la cámara de turbulencia que está caliente y contiene sólo alrededor del 50% del aire disponible; por tanto, la precombustión ocurre en condiciones de escasez de aire. La presión en la cámara de precombustión obliga a los gases quemados en forma parcial a pasar a los espacios gemelos para combustión por turbulencia en la corona del pistón y la combustión continúa, ahora con un exceso de aire, hasta que se quema todo el combustible.

El proceso de dos etapas prolonga el tiempo de combustión. Esto, combinado con la mezcla intensa de aire y combustible por la turbulencia creada en los espacios para combustión, sirve para mejorarla. El resultado es una combustión más completa del combustible, que produce menos carbón y menos emisiones en el escape.

En la figura 4-11 b) se pueden ver la cámara de turbulencia en la culata de cilindros y los espacios para combustión en la corona del pistón. En la figura se ilustran dos cámaras de combustión de un motor enfriado por aire. Una de ellas es para inyección directa y la otra para inyección indirecta.

Bujía incandescente

En la figura 4.12 se ilustra una bujía incandescente (bujía de calor o "cigarro") en la cámara de combustión en la cabeza del pistón. Es un tapón de acero de aleación atornillado en la parte superior de la cabeza del pistón; se emplea con inyección indirecta y protege la corona del pistón, hecho de aleación de aluminio, contra la erosión de los gases calientes.

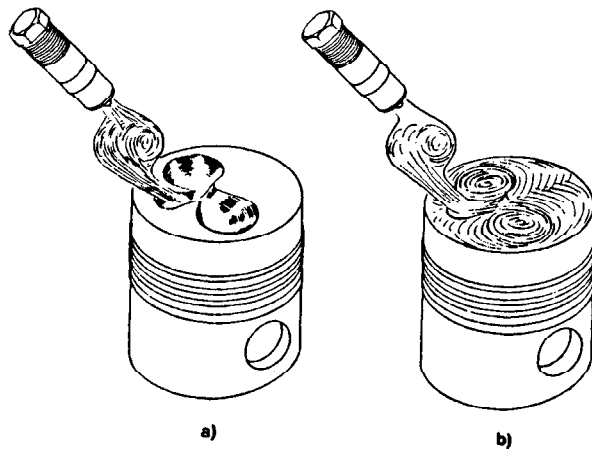


Fig. 4.10 Combustión en dos etapas: a) primera etapa, b) segunda etapa

DEUTZ

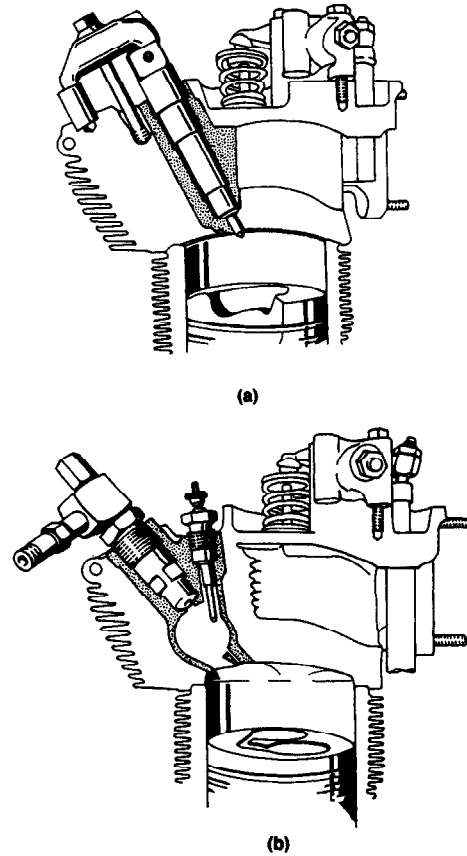


Fig. 4.11 Cámaras de combustión en la culata de cilindros de un motor enfriado por aire: a) inyección directa, b) inyección indirecta DEUTZ

Los gases calientes que salen de la cámara de precombustión se dirigen contra el tapón incandescente y no directamente contra la corona del pistón.

Cámara de combustión para inyección directa

Como se mencionó, hay diversas configuraciones de cámaras de combustión formadas en las coronas de los pistones en los motores con inyección directa. El objetivo de todas es crear la mayor turbulencia posible para la mezcla completa del combustible y el aire a fin de lograr máxima combustión. Con ello no sólo se logra la máxima energía del combustible sino que se tiene un escape más limpio con menos emisiones de contaminantes.

La holgura o espacio entre la parte superior del pistón y la cara o parte inferior de la culata es muy pequeña por lo que, en algunos casos, se forman rebajos de poco fondo en la corona del pistón a fin de tener espacio libre para las cabezas de las válvulas. Los rebajos están junto a las cámaras de combustión y son una variante de las formas de ellas en diferentes motores (Fig. 4.12). Algunos se pueden ver en los pistones ilustrados en el capítulo 11 y en otras ilustraciones de los motores. A continuación se describe un ejemplo de un diseño.

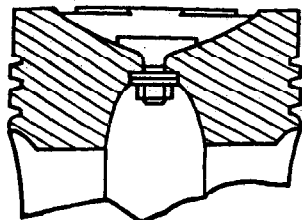


Fig. 4.12 Cabeza de pistón con bujía térmica atornillada

CATERPILLAR

Cámara de combustión esférica

En la figura 4.13 aparecen dos vistas de un pistón de un motor M.A.N. en el cual se emplea el sistema de combustión en "M". Sus características principales son una cámara de combustión esférica en la corona del pistón y la configuración especial del conducto para entrada de aire. La cámara de combustión tiene una pestaña en su borde superior en el lado en que está el inyector. En cada lado de la cámara hemisférica hay rebajos para el movimiento de las cabezas de las válvulas.

El combustible se atomiza contra la pared de la cámara de combustión en donde se vaporiza, se mezcla con aire con turbulencia de alta velocidad y se quema. Tanto el aire de admisión como el diseño de la cámara esférica de combustión crean turbulencia y mejoran la combustión, con lo cual se reducen las emisiones.

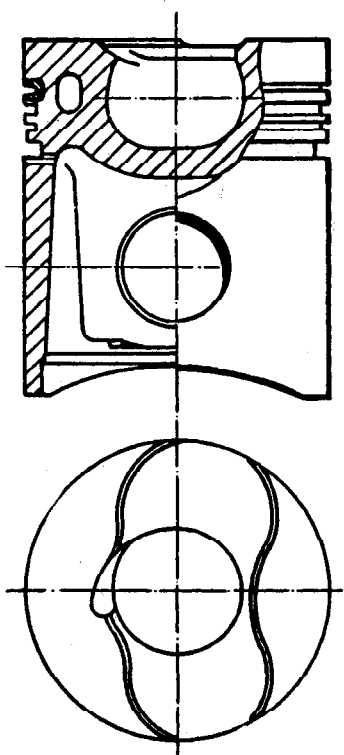


Fig. 4.13 Cámara esférica de combustión en la corona del pistón. Tiene rebajos para librar las cabezas de las válvulas

M.A.N.

Combustión del combustible en los cilindros

Como se describió, se utilizan diversos diseños de cámaras para mejorar la combustión. Sin embargo, el proceso real de combustión es el mismo en todos los motores Diesel. El combustible sale finamente atomizado de los inyectores y la atomización consiste en gotitas diminutas de combustible que necesitan el oxígeno del aire que hay en el cilindro para quemarse. También se requiere aire a alta temperatura para iniciar la combustión. Cuando hay esas condiciones en el cilindro, se inicia la combustión.

Cuando se inyectan las gotitas en el aire comprimido caliente, empiezan a vaporizarse de inmediato en su superficie externa, lo cual tiene el efecto de rodear el núcleo de las gotitas con vapor de combustible. Cuando llegan a cierta temperatura, ocurrirá la inflamación. El núcleo de las gotitas está algo más frío y no arde de inmediato; las capas externas arden en forma progresiva hasta que se ha quemado toda la gotita. Una vez que se inicia la inflamación, hay un rápido aumento en la presión y la temperatura, lo cual ocasiona que el combustible que todavía atomiza el inyector se inflame tan pronto como sale de la tobera o punta del inyector, aunque la combustión continuará después de que termina la inyección, hasta que se ha quemado todo el combustible en la cámara de combustión.

Las cuatro fases de la combustión

El proceso de combustión antes descrito, en un motor Diesel de alta velocidad, puede decirse que ocurre en cuatro etapas o fases. En la figura 4.14 se ilustran en una gráfica que muestra el incremento en la presión dentro del cilindro con respecto a la rotación del cigüeñal desde 90° antes del PMS hasta 90° después del PMS. Se verá que en la gráfica hay dos líneas:

1. una línea punteada, que muestra la forma en que cambiaría la presión dentro del cilindro durante y después de la carrera de compresión si no hubiera inyección de combustible; el aumento y la caída de presión serían uniformes en todas las carreras;
2. una línea continua que muestra el cambio en la presión durante las carreras de compresión y potencia, con un aumento rápido en la presión como resultado de la combustión.

Las cuatro fases de la combustión, como se ilustra en el diagrama son:

A a B: periodo de demora. La inyección empieza en A, pero la combustión no ocurre de inmediato, sino que se demora hasta que los vapores que rodean las gotitas de la atomización del inyector llegan a una temperatura alta suficiente para que se inflamen. La combustión empieza en B.

B a C: una fase de combustión rápida. Después del inicio de la combustión en B, las gotitas arden con rapidez y ocasionan un aumento súbito en la pre-

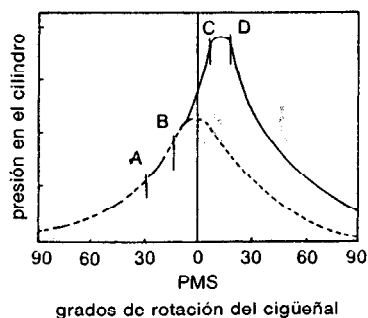


Fig. 4.14 Fases de la combustión en un motor Diesel

sión hasta que se llega al punto C. Durante esta fase, la combustión no está controlada.

C a D: una fase de combustión controlada. Conforme continúa la inyección, el combustible arde con uniformidad. La combustión está “controlada” por el volumen descargado por el inyector hasta el punto D, en donde termina la inyección.

D en adelante: postcombustión. La inyección ha cesado en D, pero la combustión continúa hasta que se ha quemado todo el combustible. No hay aumento en la presión señalada en la gráfica, porque el pistón ahora se mueve hacia abajo y aumenta el volumen en el cilindro.

La combustión depende de una serie de factores que incluyen el diseño de la cámara de combustión, el tipo y tamaño de la tobera del inyector, el combustible utilizado y las condiciones de funcionamiento del motor. Si el periodo de demora es muy largo, habrá combustión sin control de una gran parte del combustible. Esto ocasionará un aumento tan brusco en la presión que será casi una explosión y la onda de presión que choca contra la pared del cilindro y la culata producirá el golpeteo (“cascabeleo”) y funcionamiento brusco del motor.

Productos de la combustión

La combustión es un proceso químico. El combustible Diesel, igual que la gasolina, es un hidrocarburo

que proporciona el hidrógeno y carbono que son los elementos combustibles. El combustible Diesel también contiene pequeños porcentajes de azufre. Durante la combustión, las partículas de combustible se dividen en sus elementos y cada uno se combina con el oxígeno del aire por separado. Los motores Diesel, al contrario de los de gasolina, siempre funcionan con exceso de aire, porque en cada carrera de compresión se cuenta con un cilindro lleno con aire. Como resultado, producen mínimas cantidades de monóxido de carbono (CO) en los gases de escape.

Los productos de la combustión en un motor Diesel constan de vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), oxígeno libre (O) y nitrógeno (N). También pueden contener cantidades muy pequeñas de monóxido de carbono (CO). Debido a las altas temperaturas de combustión en un motor Diesel hay pocos o ningún hidrocarburos (HC) sin quemar, siempre y cuando el sistema de inyección funcione con eficiencia y el motor esté en buenas condiciones mecánicas.

Humo en el escape

Si la combustión es incompleta, algunas partículas del combustible no habrán hecho contacto total con el oxígeno en el aire y no se quemarán por completo. El hidrógeno del combustible se combinará con el oxígeno del aire, pero el carbono del combustible no se combina con tanta facilidad con el oxígeno. Por tanto, el oxígeno libre del aire se combina con el hidrógeno para formar agua (H_2O) y el carbono se descargará como humo negro en el tubo de escape. Las pequeñas cantidades de aceite lubricante que entran a la cámara de combustión y que no se queman por completo producirán humo azul.

Se utilizan medidores de intensidad de humo para determinar lo oscuro de los gases de escape en el tubo de salida. Son escalas (llamadas escalas Ringelmann) que sirven para comparar la intensidad de la luz que pasa a través del gas del escape contra la que pasa a través del aire limpio.

Preguntas para repaso

1. ¿Qué es una cámara de combustión?
2. ¿Cuál es la finalidad de la cámara de combustión?
3. ¿Qué significa inyección directa?
4. Compárense la inyección directa y la indirecta.
5. Mencíonense algunos diseños de cámaras de combustión.
6. Describáse lo que ocurre en una cámara de precombustión durante la combustión.
7. ¿Por qué se utilizan cámaras especiales de combustión?
8. ¿Qué es la turbulencia? ¿Por qué es importante en un Diesel?
9. ¿Qué significa combustión?
10. Describáse la forma en que arde una gotita de combustible en la cámara de combustión.
11. ¿Cuáles son las fases de la combustión? Explíquense mediante la gráfica.
12. Explíquese “periodo de demora” en términos sencillos.
13. ¿Cómo se entrega el combustible en la cámara de combustión?
14. ¿Cuáles son algunos de los productos de la combustión?

5

Culata (cabeza) de cilindros y válvulas

Culata de cilindros

La culata de cilindros suele ser de hierro fundido. En los moldes de arena en los que se cuela el metal fundido durante el proceso de fundición, hay espacios para formar las camisas y conductos para el líquido enfriador. También los moldes tienen aberturas para formar los orificios y lumbreras para las válvulas. La configuración de la culata incluye las cá-

maras de combustión así como asientos de válvulas y soportes para el mecanismo de válvulas.

En la figura 1.3 se ilustra una culata de cilindros que se utiliza para todos los cilindros de un motor de cuatro cilindros. Por lo general se utiliza una culata en los motores de cuatro cilindros aunque hay algunos motores grandes que tienen más de una

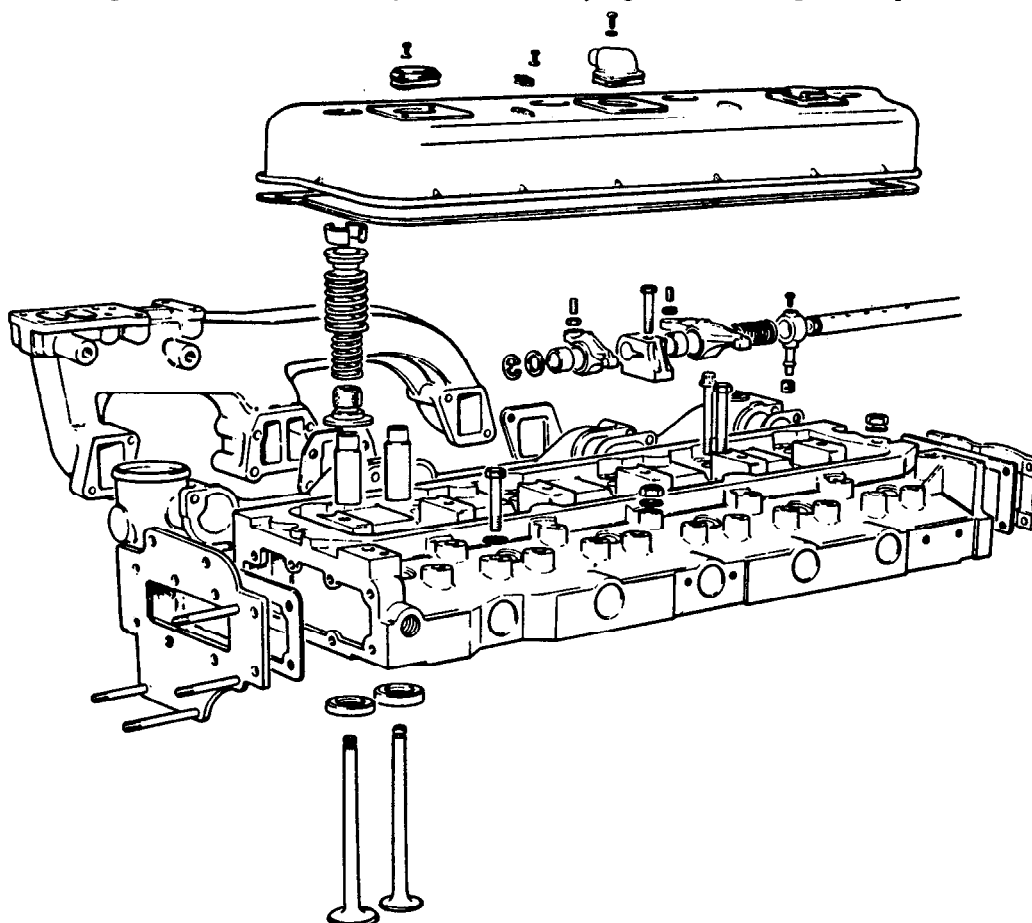


Fig. 5.1 Culata de cilindros para motor de seis cilindros

PERKINS

culata, en ocasiones una por cilindro o para cada dos o tres cilindros. Esto evita el empleo de piezas muy grandes que, aparte de su peso, son más susceptibles a problemas tales como la deformación. El motor que se ilustra en la figura 7.13 tiene dos culatas separadas, cada una para tres cilindros.

Partes de la culata de cilindros

En las figuras 5.1 y 5.2 se pueden ver las partes de la culata de cilindros. La parte inferior de la culata que se monta en el bloque de cilindros es plana. Los orificios para válvulas, que quedan encima de los cilindros correspondientes cuando se instala la culata, tienen asientos de válvulas en donde apoyan éstas cuando están cerradas. Las válvulas van colocadas dentro de guías y los resortes de válvulas las mantienen cerradas. Los balancines de válvula están montados en un eje (flecha) en la parte superior de la culata (Fig. 5.3). En los lados de la culata hay superficies maquinadas para poder atornillar los múltiples de admisión y escape contra los orificios de admisión y escape.

Los inyectores se montan en agujeros en la culata de modo que la punta del inyector penetre en la

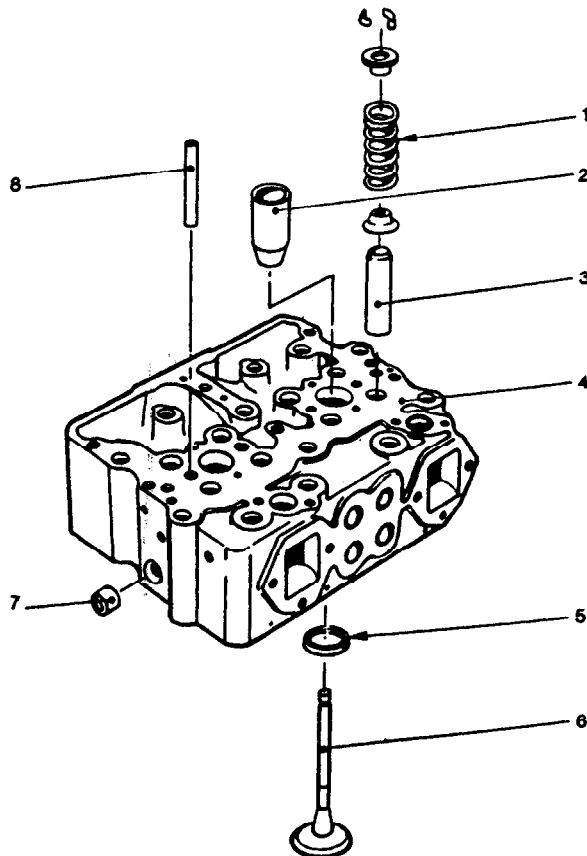


Fig. 5.2 Una de las tres culatas de un motor de seis cilindros; cada culata cubre dos cilindros: 1 resorte de válvula, 2 manguito (camisa) de inyector, 3 guía de válvula, 4 culata, 5 inserto de asiento de válvula, 6 válvula, 7 tapón, 8 guía de la cruceta

CUMMINS

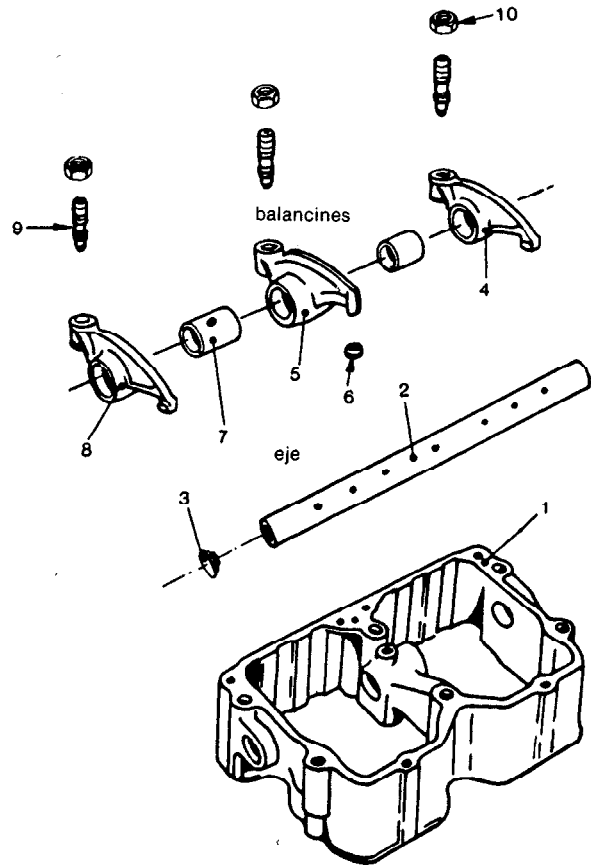


Fig. 5.3 Conjunto de balancines. Se ilustran los tres balancines para un cilindro de un motor con inyectores PT. La cubierta, que aloja los balancines para dos cilindros está montada en la parte superior de la culata de cilindros de la figura 5.2: 1 cubierta, 2 eje, 3 tapón de la cubierta, 4 balancín de escape, 5 balancín de inyector, 6 campana, 7 buje, 8 balancín de admisión, 9 tornillo de ajuste, 10 contratuerca

cámara de combustión. En los motores Diesel hay cámaras de combustión de diversos diseños. En algunos, una parte de la cámara de combustión está formada en la culata; en otros, la cámara está formada sólo en el pistón. Las cámaras de combustión se describen en el capítulo 4.

Mecanismo de válvulas

Los diversos componentes que se utilizan para abrir y cerrar las válvulas en la culata forman el mecanismo de válvulas. En el capítulo 2 se describe su mecanismo básico.

El mecanismo de válvulas consta de árbol de levas, seguidores (llamados también levantadores de válvulas o buzos), varillas o tubos de empuje y balancines. En la figura 5.4 se ilustra un mecanismo de válvulas en la culata junto con los engranes de sincronización (tiempo) uno en el cigüeñal y el otro en el árbol de levas para impulsar a este último.

En la ilustración se muestra el engrane del árbol de levas acoplado (engranado) con el engrane en el



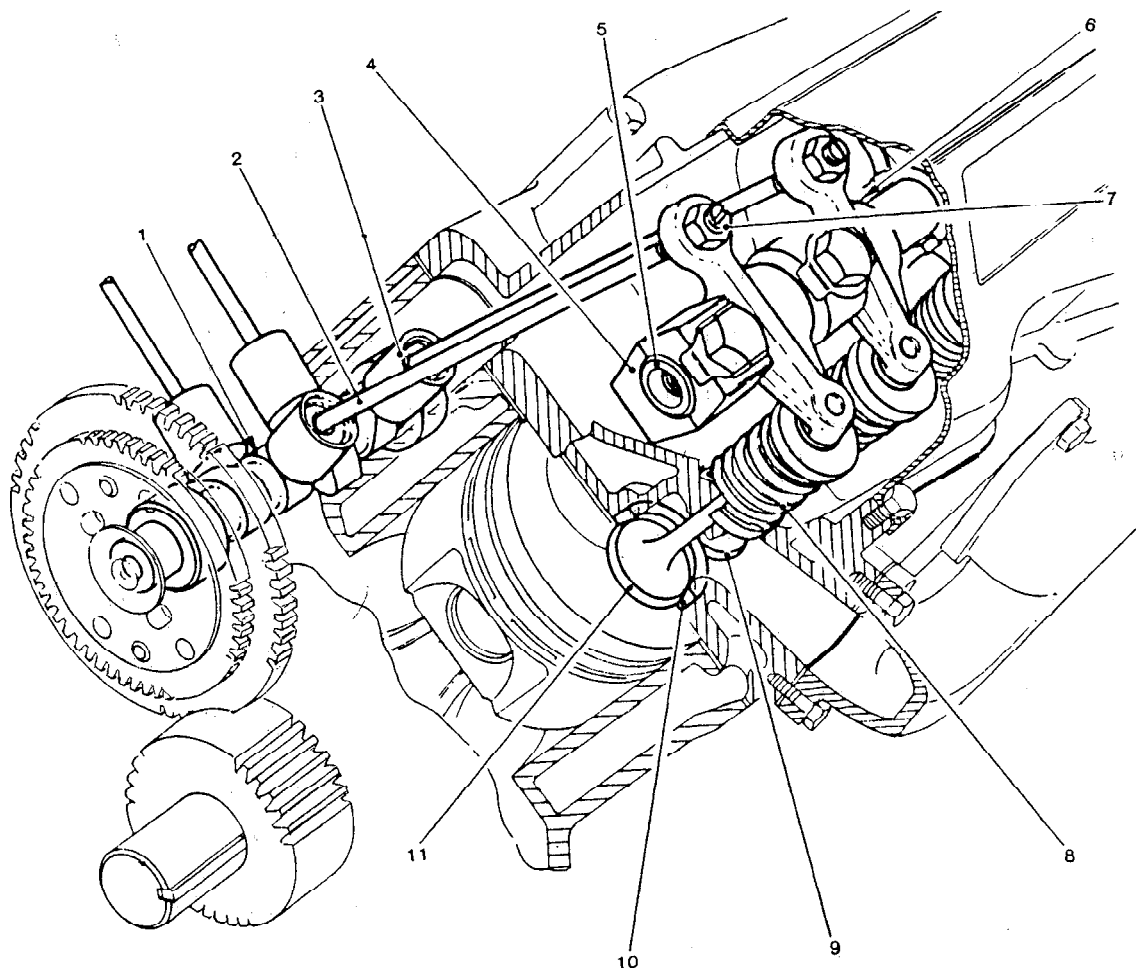


Fig. 5.4 Mecanismo para un motor con válvulas en la culata: 1 leva, 2 varilla de empuje, 3 seguidor de leva, 4 soporte de eje de balancines, 5 eje de balancines, 6 balancín, 7 ajustador de holgura de válvula, 8 resorte de válvula, 9 válvula de admisión, 10 inserto de asiento de válvula, 11 válvula de escape CATERPILLAR

extremo delantero del cigüeñal. El engrane del árbol de levas tiene el doble de dientes que el del cigüeñal, con lo cual el árbol de levas girará a la mitad de las revoluciones del cigüeñal en un motor de cuatro tiempos. Las piezas del mecanismo de válvulas se pueden seguir en la ilustración desde el árbol de levas hasta las válvulas. Las piezas incluyen: la leva (1) en el árbol de levas que acciona a un seguidor (3) hueco, la varilla de empuje (2) colocada entre el impulsor y el balancín, el balancín (6) que incluye el tornillo de ajuste de holgura, el tornillo (7) de ajuste de holgura que tiene un extremo esférico o de bola que asienta en un alveolo en el extremo del balancín, dos válvulas, una de escape (11) y una de admisión (8) junto con sus guías, resortes (8) y retenes y el inserto o engaste (10) para el asiento de la válvula de escape que se instala en un rebajo en la culata de cilindros.

Árbol de levas

El árbol de levas es largo y está montado en cojinetes en el bloque; en los motores con árbol de levas en

la culata, está montado en la parte superior de ella. El árbol de levas tiene cierto número de levas: una para cada válvula. También puede tener una leva para accionar la bomba elevadora de combustible. En ciertos tipos de motores también tiene una leva para accionar la bomba de inyección de combustible.

Cuando se utiliza un gran número de válvulas y en algunos motores V-8 se emplean dos árboles de levas.

Levas

Una leva es un dispositivo sencillo que se utiliza para convertir el movimiento rotatorio en movimiento rectilíneo. La leva tiene un lóbulo, de modo que un seguidor que descansa contra la leva se moverá hacia arriba y abajo cuando gire la leva, como se ilustra en la figura 5.5 en donde se muestra la acción de la leva y del seguidor. Como se ilustra, el lóbulo de la leva se ha separado del seguidor y éste se encuentra en su posición inferior y la válvula está cerrada. La rotación del árbol de levas hace que las válvulas abran y cierren.

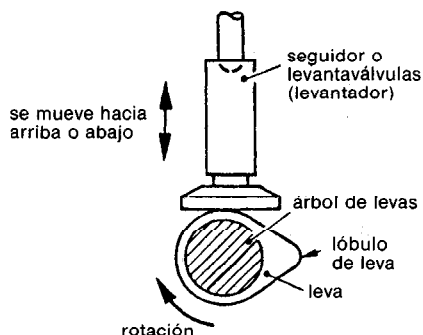


Fig. 5.5 Acción de una leva y seguidor

Perfil o contorno de la leva

Aunque la finalidad básica de la leva es abrir y cerrar la válvula, tiene una función más compleja. La acción total de la válvula dependerá de la configuración de la leva, que se denomina perfil o contorno. El perfil determinará, por ejemplo, cuándo empieza a abrir la válvula, su apertura máxima, el tiempo que permanece abierta y cuándo debe cerrar.

En la figura 5.6 se ilustran los detalles de una leva. Cuando el seguidor descansa en el círculo de base (1) de la leva, la válvula está cerrada por completo y habrá una pequeña holgura entre el extremo del balancín y la punta del vástago de la válvula. Esto se llama holgura o juego de válvulas.

Cuando gira la leva, la sección (2) pasa debajo del seguidor. Todavía hay holgura en la punta del vástago hasta que la sección (3) denominada flanco de apertura hace contacto con el impulsor. Esto determina el momento en que empieza a abrir la válvula.

Cuando la nariz o punta del lóbulo (4) queda debajo del impulsor la válvula estará abierta del todo. La forma de la nariz es la que determina el tiempo que estará abierta la válvula. El flanco (5) de cierre tiene una curvatura destinada a cerrar la válvula en forma gradual para que no golpee con demasiada fuerza contra su asiento en la culata. Las levas gastadas producirán funcionamiento ruidoso, daños a las válvulas y mal funcionamiento general.

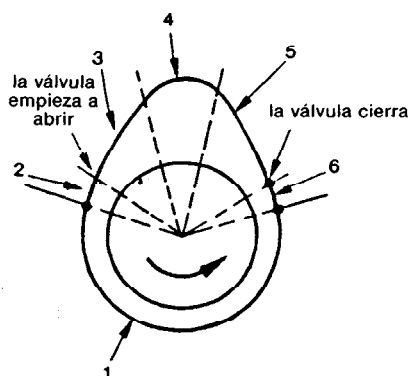


Fig. 5.6 Detalles del perfil de la leva: 1 círculo de base, 2 holgura, 3 flanco de apertura, 4 nariz, 5 flanco de cierre, 6 holgura

Seguidores de levas (levantadores) de válvulas

El seguidor que se ilustra en la figura 5.5 es del tipo de "hongo", llamado así por su configuración, que cuenta con una gran superficie de apoyo contra la leva. El seguidor de la figura 5.4 es hueco y de gran diámetro, por lo cual no necesita tener forma de hongo. El extremo inferior del seguidor, muchas veces, tiene un ligero radio y la leva en la cual funciona también tiene ligero radio. Esto hace que el seguidor gire con lentitud cuando se mueve en sentido vertical y tiene el efecto de distribuir el desgaste con más uniformidad en la superficie del seguidor. Esta disposición se ilustra, en forma un tanto exagerada, en la figura 5.7

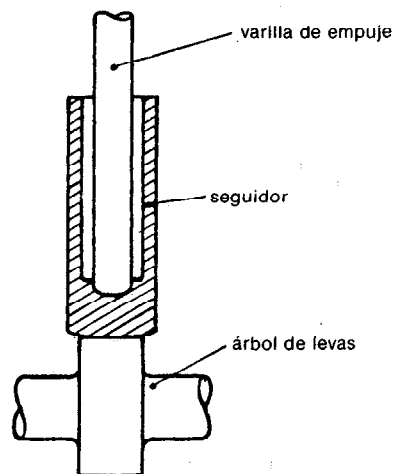


Fig. 5.7 Seguidor sobre la leva

Seguidores de rodillo

Los seguidores de levas o impulsores de válvulas en los motores Diesel grandes a menudo incluyen un rodillo que apoya contra la válvula; produce una acción de rotación en lugar de fricción o rozamiento y reduce el desgaste del árbol de levas.

Los seguidores de rodillo pueden ser de dos tipos diferentes como se ilustra en la figura 5.8. En a) el rodillo está instalado en la parte inferior del impulsor y éste empuja la varilla de empuje en la forma usual. En el impulsor b) se emplea un rodillo montado en el extremo de una palanca. (Véase también el motor ilustrado en la figura 6.38). Un eje (flecha) paralelo al árbol de levas soporta un extremo de la palanca. El otro extremo, en donde está el rodillo se encuentra encima del árbol de levas. La acción de la leva contra el rodillo hace que la palanca se mueva hacia arriba y abajo. El extremo de bola de la varilla de empuje asienta en un alveolo en la palanca encima del rodillo; la varilla también se mueve hacia arriba y abajo con la acción de la leva para abrir y cerrar la válvula.

Las palancas requieren más espacio en el motor que otros tipos de impulsores, una de las razones por las cuales se utilizan casi siempre en motores grandes en línea.

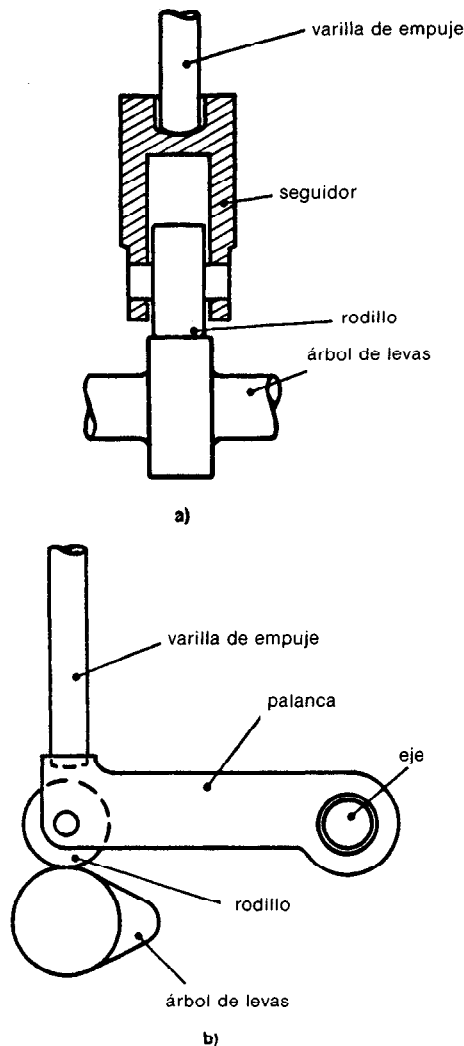


Fig. 5.8 Seguidores de leva: a) seguidores con rodillo, b) palanca con rodillo

Válvulas

Los motores pequeños de cuatro tiempos tienen dos válvulas por cilindro: una de admisión y una de escape. En los motores grandes de cuatro tiempos se emplean cuatro válvulas por cilindro: dos de admisión y dos de escape.

Los motores de dos tiempos sólo tienen válvulas de escape en la culata; pueden tener una, dos o cuatro válvulas en cada cilindro. La función de las válvulas de admisión en el motor de cuatro tiempos las efectúan las lumbreras (puertos) en las paredes del cilindro del motor de dos tiempos.

Lumbreras (puertos)

La acción del pistón en el cilindro, que viene a ser un tipo de válvula, descubre y cubre las lumbreras en la pared del cilindro. Las lumbreras se abren para admitir aire cuando se necesita y están cerradas cuando ocurren las otras acciones en el cilindro.

En la figura 5.9 se ilustra la acción de barrido. Hay cierto número de lumbreras de admisión alrededor del cilindro, cerca de la parte inferior de la carrera del pistón. Con esto se tiene una superficie grande de lumbreras cuando se admite el aire que viene del soplador. Este aire además de barrer los gases de escape, también produce cierto enfriamiento de las válvulas de escape. El aire de barrido diluye los gases de escape cuando los expulsa del cilindro, con lo cual hay enfriamiento de las válvulas de escape.

La cabeza de la válvula de escape no sólo está en la trayectoria de los gases calientes de escape al comienzo de la carrera de barrido, sino también al final de ella cuando los gases están más fríos. Además, una pequeña cantidad del aire de barrido pasa por el orificio de escape antes de que se cierre la válvula. Esto barre por completo los gases y al mismo tiempo enfría la válvula. Este método de enfriamiento de válvulas les reduce su temperatura de funcionamiento y les da mayor duración.

Válvulas de disco

Las válvulas instaladas en la culata de cilindros se llaman válvulas de disco de movimiento vertical.

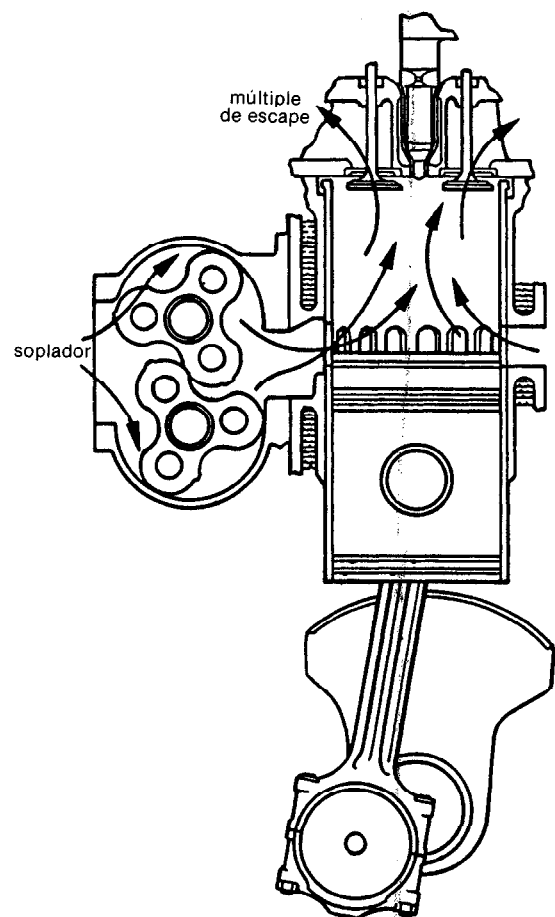


Fig. 5.9 Admisión de aire en motor de dos tiempos

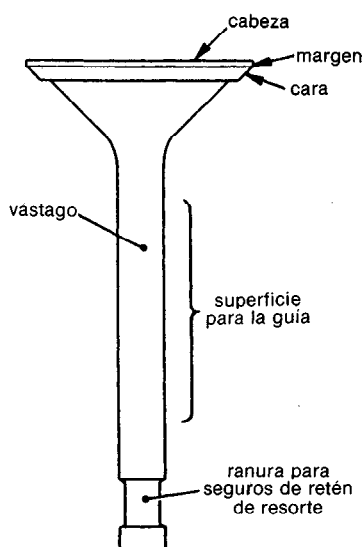


Fig. 5.10 Identificación de las partes de una válvula

En la figura 5.10 se ilustra una válvula y se señalan sus partes. Las dos partes principales son el vástago y la cabeza. La válvula funciona en una guía de válvula, de hierro fundido, instalada a presión en la culata. La guía mantiene la válvula centrada en su orificio y hace que la cara en la cabeza de la válvula haga contacto correcto con el asiento de válvula en la culata.

Temperatura de las válvulas

Las válvulas de admisión y de escape funcionan en condiciones muy calientes. La válvula de admisión está algo más fría, pues sólo deja pasar aire que tiene efecto de enfriamiento en la cabeza de la válvula. Sin embargo, la válvula de escape debe dejar pasar gases muy calientes desde el cilindro y su cabeza está rodeada por ellos durante este periodo. En condiciones severas de funcionamiento, la válvula de escape se puede poner casi al rojo.

En la figura 5.11 se ilustran las zonas de temperaturas típicas en una válvula de escape. El vástago es el que está más frío y la parte de la cabeza cerca de la cara de la válvula está un poco menos fría. Esto se debe a que el vástago transfiere su calor a la guía y esto ayuda a mantenerlo frío. Asimismo, la cara de la válvula transfiere el calor al asiento y también ayuda a mantener fría la cara. Por supuesto, después hay que enfriar el asiento y la guía de válvula. Las camisas y conductos para líquido enfriador, permiten un enfriamiento adecuado de esas partes críticas.

En la figura 5.11 se hace resaltar la importancia del asentamiento correcto de la válvula. Si la cara y el asiento de la válvula no ajustan en forma correcta, no ocurre contacto completo de la cara. Esto significa que hay una superficie más pequeña de contacto para la transferencia de calor y enfria-

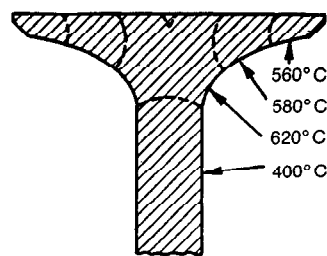


Fig. 5.11 Temperaturas en una válvula de escape

miento de la cara de la válvula. Al mismo tiempo, el contacto disparejo puede permitir el paso de gases de escape entre la cara y el asiento de válvula por algunos lugares. Estos lugares o puntos estarán muy calientes; puede haber puntos calientes localizados a temperaturas muy altas que reducirán mucho la duración de la válvula, pues el desgaste o quemadura se produce en ellos con más rapidez.

El asiento de la válvula de escape también está sometido a las temperaturas muy altas de los gases de escape. Por ello, los asientos de válvula en muchos motores son anillos de inserción de una aleación especial de acero resistente al calor.

Válvulas enfriadas por sodio

Para ayudar al enfriamiento de las válvulas y prolongarles su duración, en algunos motores de trabajo pesado se utilizan válvulas enfriadas por sodio, que tienen vástago hueco lleno parcialmente con sodio metálico (Fig. 5.12). El sodio se funde a 90°C; por ello, a las temperaturas de funcionamiento está líquido. Cuando la válvula se mueve en sentido vertical, se desplaza el sodio hacia la parte más caliente de ella, absorbe el calor y lo disipa hacia el vástago que está más frío. Con esto se enfría la cabeza de válvula y funcionará más fría. Una válvula enfriada por sodio funcionará hasta 100°C más fría que una de vástago macizo de diseño similar. Con todos los demás factores iguales, esto significa mayor duración de las válvulas.

El sodio es un elemento muy reactivo. Si cae un pedazo de sodio en agua, se inflamará de inmediato. Si toca la piel ocasionará quemaduras profundas y graves. Mientras esté encerrado en el vástago de la válvula, no hay peligro, pero si el vástago se llega a agrietar o romper será muy peligroso. Las válvulas enfriadas por sodio que se desechen, se deben sepultar o lanzar donde haya agua profunda. Se pueden reconocer porque sus vástagos son de mayor diámetro.

Holgura de válvulas

Para tener la seguridad de que la válvula cierra por completo contra su asiento en la culata, hay una pequeña holgura en el mecanismo de válvulas. En los motores con válvulas en la culata, se comprueba entre la punta del vástago y el balancín, por medio de un tornillo de ajuste.

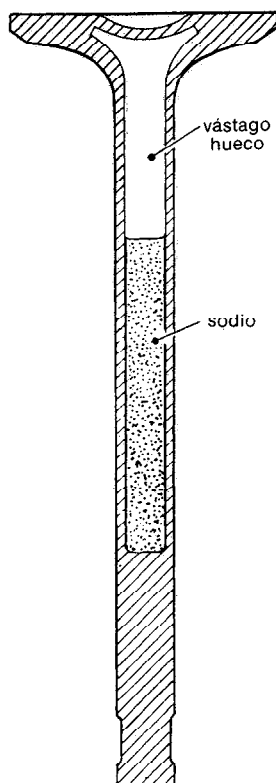


Fig. 5.12 Corte seccional de una válvula enfriada por sodio

Algunos motores de árbol de levas en la culata pueden tener un balancín y la holgura se mide entre la punta del vástago de la válvula y el extremo del balancín. En algunos motores con árbol de levas en la culata, la holgura se mide entre la cazuela o el émbolo buzo para la válvula y la leva. El ajuste incorrecto de la holgura causará que haya ruido si el claro es muy grande o que se quemen las válvulas si no hay holgura.

Sellos ("sombremos") de vástagos de válvulas

En algunos motores, se utiliza un sistema especial para evitar el paso de aceite por los vástagos de válvulas hacia la cámara de combustión. En algunos casos, se instalan sellos o "sombremos" en las válvulas de admisión y de escape; en otros casos, los sellos sólo se utilizan en las válvulas de admisión.

En la figura 5.13 se ilustran una válvula de admisión y una de escape y las piezas correlativas. Los sellos se hacen con Neopreno y en el tipo ilustrado, se instalan sobre los extremos de las guías de válvulas y ajustan contra los vástagos. Esto impide el paso de un exceso de aceite por las guías. Aunque siempre se necesita algo de aceite para la lubricación, un exceso formará depósitos de carbón en las cabezas y vástagos de válvulas.

Si no se emplean sellos, las guías de válvulas gastadas, con holgura excesiva entre ellas y los vástagos, aumentarán la cantidad de aceite que pasa por las guías. Otra razón, con respecto a las válvulas

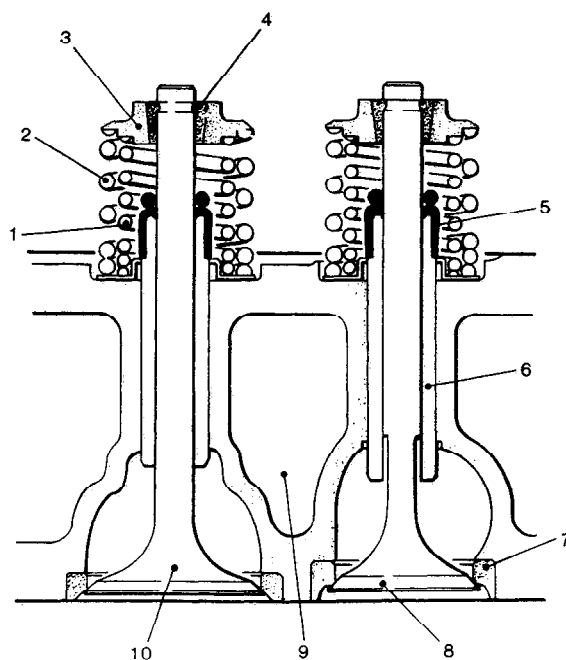


Fig. 5.13 Válvulas de admisión y de escape: 1 resorte interno, 2 resorte externo, 3 retén, 4 seguros, 5 sello, 6 guía, 7 inserto, 8 válvula de escape, 9 camisa de agua, 10 válvula de admisión

PERKINS

de admisión, es que la presión dentro del múltiple de admisión es inferior a la presión atmosférica en el exterior. Su efecto, es que se succiona el aceite por las guías de válvulas de admisión hacia los orificios de admisión y las cámaras de combustión en donde se quema. Esto no se aplica en los motores turbocargados.

Ángulos y anchuras de válvulas

Las caras de las válvulas se esmerilan a un ángulo de 45° en algunos motores; en otros, el ángulo es de 30°. En ciertos casos, las válvulas de admisión tienen un ángulo de 30° y las de escape, de 45° o viceversa.

Los asientos de válvula, a menudo, se rectifican o esmerilan al mismo ángulo que la cara de la válvula; en algunos motores, se cuenta con un ángulo de interferencia (Fig. 5.14); es decir, la cara y el asiento se esmerilan a ángulos un poco distintos que varían según el motor; el ángulo de interferencia puede ser de 0.5° o hasta de 2°. En ese motor se utiliza el ángulo de interferencia para permitir un asentamiento más rápido de la cara de la válvula contra el asiento en motores nuevos; no se suele utilizar al reacondicionar válvulas y asientos.

La anchura del asiento de la válvula es importante. Es deseable un asiento estrecho para dar un contacto circular delgado con la cara de la válvula y tener buen sellamiento, pero se necesita un asiento ancho para transferir el calor de la cabeza de la válvula a la culata de cilindros. Por ello, se necesita

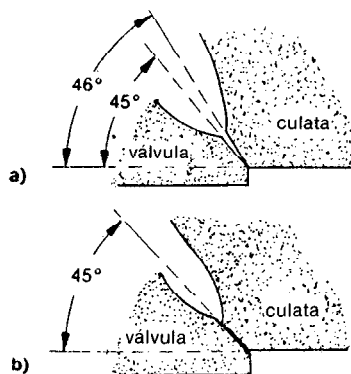


Fig. 5.14 a) ángulo de interferencia entre la cara y el asiento de la válvula, b) ángulo idéntico

un término medio entre estos dos factores, el asiento de la válvula de admisión suele ser más estrecho que el de la de escape.

Aunque las especificaciones varían entre los motores y no todos los fabricantes especifican anchuras diferentes para los asientos de admisión y de escape, éstas pueden ser, por ejemplo:

Válvula de admisión: 2 a 2.5 mm

Válvula de escape: 2.5 a 3.2 mm

Para obtener la anchura correcta del asiento al rectificarlos, a menudo es necesario esmerilar ángulos adicionales en las partes superior e inferior del asiento para reducirle su anchura (Fig. 5.15).

Rotación de válvulas

Si la válvula de escape pudiera girar un ángulo pequeño cada vez que abre, se reducirían muchas dificultades con las válvulas. Por ejemplo, una cau-

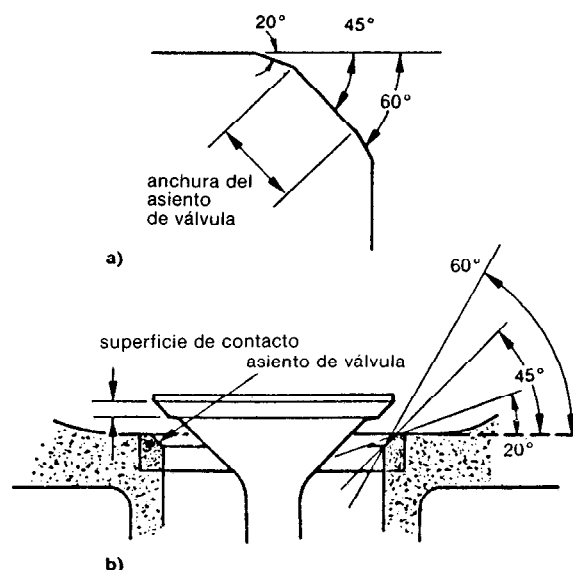


Fig. 5.15 Diagrama a) y vista seccional b) del asiento de válvula, que muestran los ángulos a los cuales se esmerilan los ángulos superior e inferior del asiento. Las dimensiones y los ángulos varían según el motor

sa común de quemadura de válvulas son los depósitos en las caras de ellas. Estos depósitos, que son residuos de la combustión, impiden el asentamiento normal de la válvula y ésta se sobrecalienta y se quema.

Otro problema con las válvulas es la pegadura, que suele ser el resultado de la acumulación de carbón, proveniente del aceite quemado, en el vástago de la válvula. Por ello, la válvula se pega en la guía y no cierra por completo, se sobrecalienta y se quema.

Si la válvula puede girar al abrir y cerrar, habrá menos posibilidad de que se formen depósitos en el vástago y produzcan pegadura. Además, habrá una acción de limpieza entre la cara y el asiento de la válvula, que ayuda a impedir la acumulación de depósitos en la cara. Además, la rotación produce temperaturas más uniformes en la cabeza de la válvula. Algunas partes del asiento pueden estar más calientes que otras y se producirán puntos calientes. Si la misma parte de la cara de la válvula se asienta continuamente contra el punto caliente, se producirá un punto caliente correspondiente en la cara de la válvula. El punto caliente en la cara se desgasta o quema con más rapidez; pero, si la válvula puede girar, ninguna parte de la cara estará sometida a altas temperaturas en forma continua. Con ello, aumenta la duración de las válvulas.

Rotores de válvulas

Hay dos tipos de rotores de válvulas. En un tipo, se elimina la carga del resorte contra la válvula cuando se abre y puede tener libre rotación. La vibración del motor la hace girar. Se trata del *rotor de válvula de giro libre*. Otro tipo produce rotación positiva de la válvula porque aplica fuerza para rotación en el vástago cada vez que abre la válvula.

En la figura 5.16 se ilustran los detalles de un rotor de libre rotación de válvula y hay una diferencia en relación con una válvula normal porque se emplean dos seguros semicirculares que no tienen

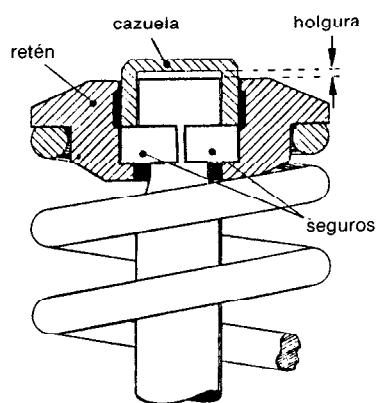


Fig. 5.16 Vista seccional del rotor libre de válvulas, que muestra la holgura entre la punta del vástago y la cazuela

FORD

los lados cónicos. Éstos se instalan en una ranura en el vástago de válvula mucho más ancha que lo normal, para que los seguros se puedan mover una corta distancia hacia arriba y abajo en el vástago. Una cazuela de válvula instalada en el extremo del vástago apoya contra los seguros. Con estos seguros se utiliza un retén de resorte del tipo normal.

En el funcionamiento, el balancín empuja contra la cazuela en el vástago y ésta transmite el movimiento a los seguros y al retén que se mueven juntos para comprimir el resorte de válvula. Esta acción inicial elimina la carga del resorte contra la válvula debido al movimiento de los seguros en la ranura y en el vástago. Por tanto, la válvula quedará libre para moverse y las vibraciones normales ocasionarán una ligera rotación. El movimiento adicional del balancín empuja la cazuela contra la punta del vástago para abrir la válvula. Debe existir una pequeña holgura de 0.05 a 0.15 mm entre la punta del vástago y el interior de la cazuela. La holgura insuficiente impedirá la rotación de la válvula; si es excesiva habrá golpeteo y ruido.

El rotor positivo de válvulas funciona cada vez que se abre la válvula para proporcionar un movimiento positivo o rotación de la válvula y ésta gira lentamente siempre que el motor esté en marcha.

El rotor es circular y sustituye al retén normal entre el vástago y el resorte de válvula (Fig. 5.18). Tiene dos piezas principales entre las cuales está colocado cierto número de balines de acero colocados en rampas pequeñas. Cuando la válvula empieza a abrirse, la fuerza aplicada al rotor hace que los balines suban en las rampas. Esto produce una ligera rotación del retén con respecto a la otra parte y, también, hace girar la válvula.

Disposición de las válvulas en la culata

En los motores pequeños de cuatro tiempos se emplean dos válvulas por cilindro: una de admisión y una de escape. Algunos motores grandes pueden tener cuatro válvulas, con lo cual hay mejor flujo de aire de admisión y salida de gases del cilindro. También permite diseñar el sistema de enfriamiento con más conductos en la culata de cilindros.

En la figura 5.17 se ilustran las diferentes disposiciones de las válvulas en la culata. Las válvulas pueden estar alternadas como se indica en *a)* y cada válvula tiene su propio orificio en la culata. Esta disposición de válvulas de admisión y escape alternadas mantiene separadas las válvulas de escape y permite una distribución más uniforme del calor en la culata. En la disposición mostrada en *b)* las válvulas están por pares. En un motor de cuatro cilindros la posición de las válvulas sería E - A - A - E - E - A - A - E.

Se puede ver que hay válvulas de admisión y de escape una junto a la otra. Las válvulas contiguas comparten un orificio común en la culata. Esto reduce la longitud de la culata porque hay menos

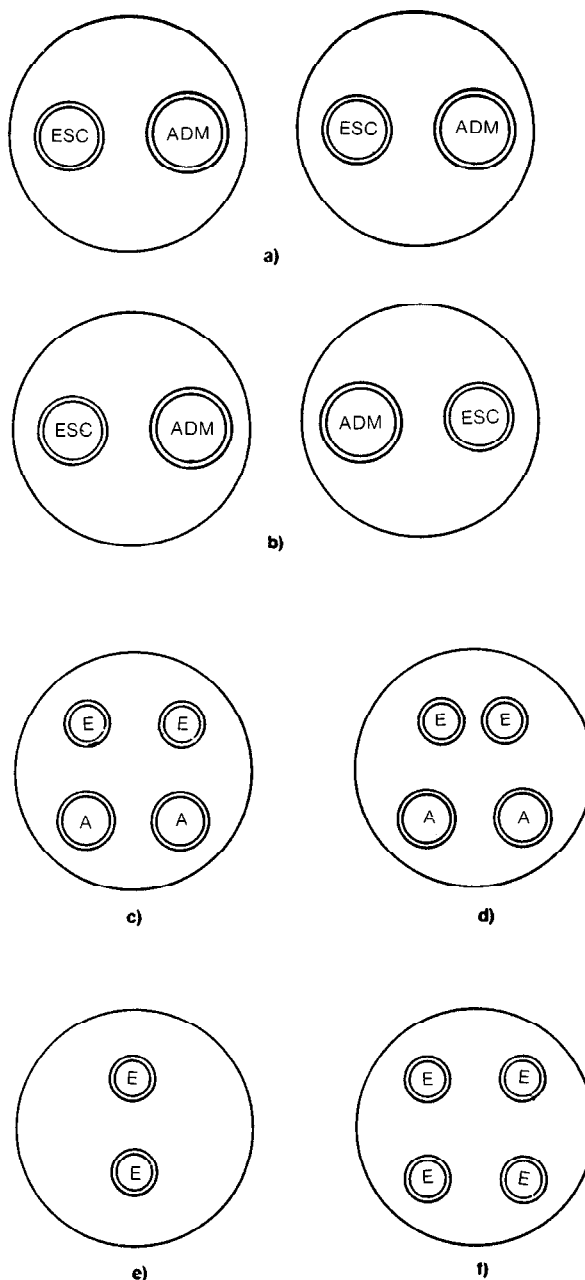


Fig. 5.17 Disposición de las válvulas en la culata

orificios en un lado de ella. También se puede reducir la longitud de los múltiples porque se requieren menos ramas. Con este diseño, se concentra el calor en las válvulas y orificios de escape y el diseño del motor debe incluir un enfriamiento adecuado en esta zona. Esta disposición de las válvulas no se suele emplear en los motores Diesel.

En c) se emplean cuatro válvulas, colocadas simétricamente en la culata, pero en d) las válvulas de escape están más cercanas entre sí para facilitar el diseño de los orificios y los conductos para enfriamiento; a veces se denomina disposición trapezoidal.

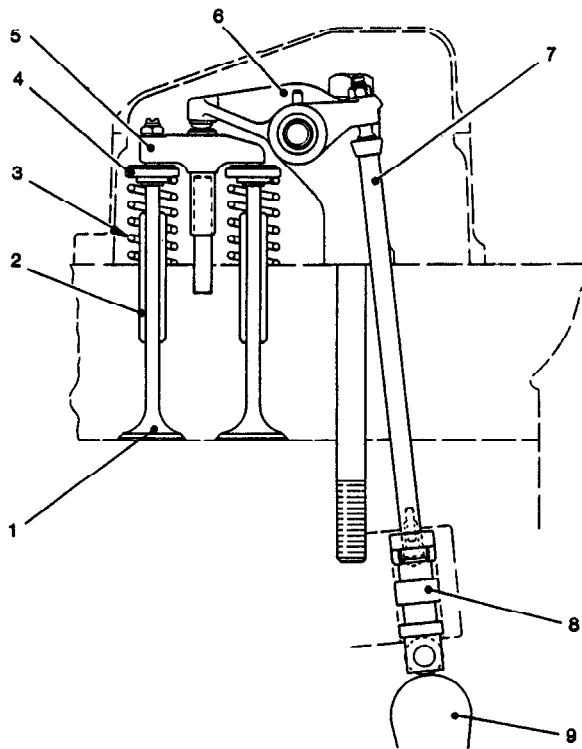


Fig. 5.18 Componentes del mecanismo de válvulas con cruceta. Los vástagos de las válvulas tienen rotores positivos: 1 válvula de admisión, 2 guía de válvula, 3 resorte de válvula, 4 rotor de válvula, 5 cruceta de válvula, 6 balancín, 7 varilla de empuje, 8 seguidor, 9 árbol de levas

CATERPILLAR

En e) y en f) se ilustra la disposición de las válvulas de escape de motores de dos tiempos, cuando se emplean dos o cuatro válvulas.

Crucetas (puentes) de válvulas

En los motores de cuatro tiempos que tienen cuatro válvulas (dos de admisión y dos de escape) por cilindro y en los motores de dos tiempos que tienen dos o cuatro válvulas de escape por cilindro, se emplea una cruceta (puente) entre las puntas de dos vástagos de válvula para accionar dos válvulas con un solo balancín (Fig. 5.18). La cruceta es más o menos en forma de T. Está montada en una guía en la culata y los extremos de sus brazos descansan sobre las puntas de los vástagos de válvula que accionan. Su función es moverse hacia arriba y hacia abajo en su guía por la acción del balancín que empuja contra la parte superior de la cruceta. Cuando el extremo del balancín se mueve hacia abajo, también baja la cruceta para abrir ambas válvulas. El movimiento ascendente del extremo del balancín permite que cierren las válvulas. En un brazo de la cruceta se cuenta con un tornillo de ajuste, a fin de ajustar la holgura de la cruceta en relación con las válvulas, a fin de que quede centrada en su guía y que aplique una fuerza igual contra cada válvula.

Engranajes de sincronización (tiempo)

El árbol de levas se impulsa desde el cigüeñal con engranes. En un motor de cuatro tiempos, el árbol de levas gira a la mitad de las revoluciones del cigüeñal. En un motor de dos tiempos, el cigüeñal y el árbol de levas giran a las mismas revoluciones.

En la figura 5.19 se ilustran los engranes del árbol de levas y del cigüeñal. Se verá que el engrane del árbol de levas tiene el doble de dientes que el del cigüeñal, o sea que son para un motor de cuatro tiempos. Los engranes tienen marcas de sincronización (tiempo) para acoplar los dientes correctos cuando se instalan los engranes. Hay que sincronizar (poner a tiempo) el árbol de levas con el cigüeñal para que las válvulas abran y cierren en el momento correcto en relación con el movimiento de los pistones.

En la figura sólo se ilustran dos engranes, pero en la mayoría de los motores Diesel, en particular los grandes, tienen un tren con cierto número de engranes. Pueden estar en el frente o, en algunos casos, en la parte trasera del motor (véase el motor de la Fig. 7.12).

En la figura 5.20 se ilustra un tren que consta de seis engranes. El engrane del cigüeñal impulsa a los otros engranes. El orden es desde el engrane del cigüeñal hasta un engrane intermedio (loco) que está más arriba y, luego, al engrane del árbol de levas. El engrane intermedio sólo transfiere el movimiento de un engrane a otro y no tiene efecto en cuanto a la relación o reducción entre engranes. En este caso, el engrane del árbol de levas tiene el doble de dientes que el del cigüeñal para dar la relación deseada de 2:1 entre ellos. El tamaño del engrane intermedio carece de importancia.

El engrane intermedio impulsa también al engrane de mando de la bomba de inyección. El tamaño de este engrane es importante porque la bomba de inyección gira a la misma velocidad que el árbol

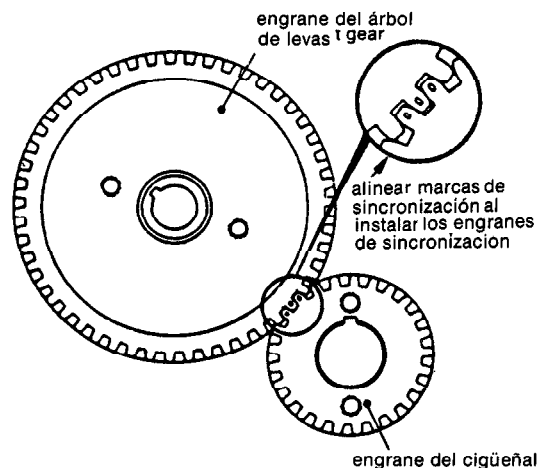


Fig. 5.19 Engranajes del árbol de levas y el cigüeñal. Se muestran las marcas de sincronización en los engranes

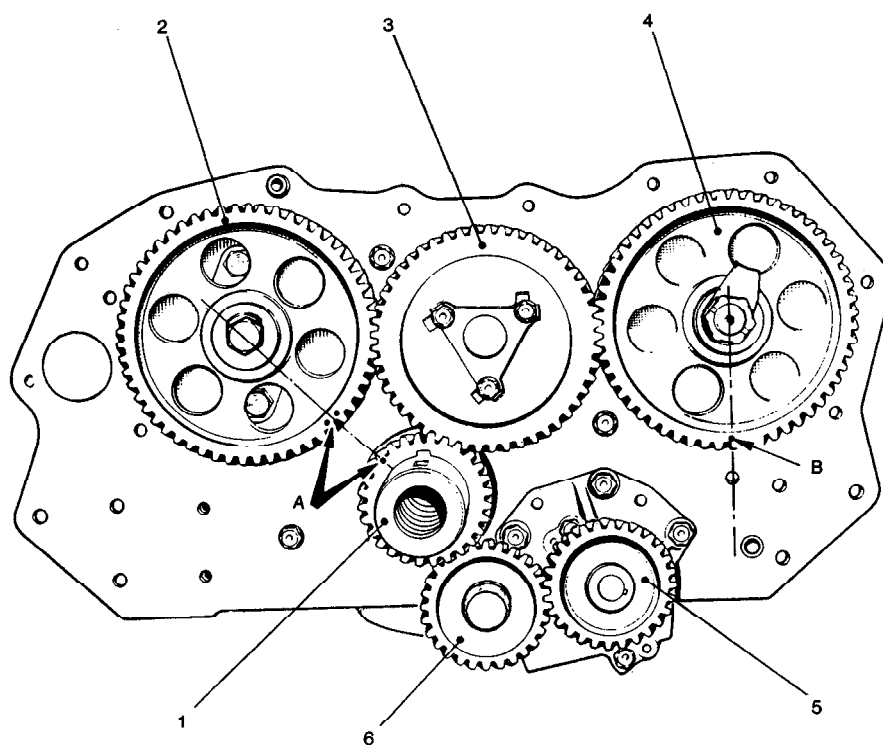


Fig. 5.20 Engranes de sincronización: 1 engrane del cigüeñal, 2 engrane del árbol de levas, 3 engrane intermedio (loco), 4 engrane de mando de bomba de inyección, 5 engrane de mando de bomba del aceite, 6 engrane intermedio, A marcas para sincronización de válvulas, B marcas para sincronización de la bomba de inyección

BEDFORD

de levas. También debe estar sincronizado con el cigüeñal para inyectar el combustible en el cilindro correcto en el momento preciso.

El engrane intermedio también se utiliza para impulsar un engrane de mando de la toma de fuerza, la cual se puede emplear para impulsar algún equipo auxiliar, tal como una bomba hidráulica.

Debajo del engrane del cigüeñal hay otro engrane intermedio, que sirve para impulsar la bomba del aceite lubricante que se encuentra en la parte inferior del bloque de cilindros.

Banda dentada de sincronización

En el motor pequeño para automóvil ilustrado en la figura 5.26 se utiliza una banda (correa) dentada para impulsar el árbol de levas. La banda dentada es flexible, acopla con los dientes de los engranes y transmite la impulsión desde el cigüeñal hasta el árbol de levas que está montado en la culata. La banda dentada también impulsa el engrane de mando de la bomba de inyección.

Debido a que este motor es del tipo de árbol de levas en la culata, se necesitarán un tren con muchos engranes o una cadena de sincronización muy larga para conectar el cigüeñal y el árbol de levas con engranes. La banda dentada es un mecanismo más sencillo, silencioso y no necesita lubricación. Hay dos poleas intermedias (locas) que giran contra la parte posterior de la banda y la orientan para que

pase alrededor de las poleas y haya más dientes de la banda y de los engranes en contacto. Las poleas también evitan el bailoteo de la banda. La polea más pequeña es ajustable para mantener la tensión de la banda.

Árbol de levas en la culata

En la figura 5.21 se ilustra la instalación del árbol de levas en la culata del motor Volkswagen, la cual es un corte seccional de la culata de aluminio. El árbol de levas está soportado en cojinetes en la parte superior de la culata, con lo cual las levas actúan directamente contra impulsores del tipo de cubo instalados en el extremo de las válvulas y resortes.

En la parte superior del impulsor se utiliza un espaciador o suplemento (laina) grueso, reemplazable y disponible en diversos espesores para poder ajustar la holgura de válvulas; ésta se mide entre la parte superior del espaciador y la base de la leva.

La culata de cilindros tiene también cámaras de turbulencia colocadas en su parte inferior, que se fijan en la culata con un balín antirrotación. También hay agujeros roscados para los inyectores y las bujías incandescentes.

Cadena de sincronización (tiempo)

En algunos motores se utiliza una cadena en lugar de engranes de sincronización. En los motores de árbol de levas en la culata, la cadena larga permite

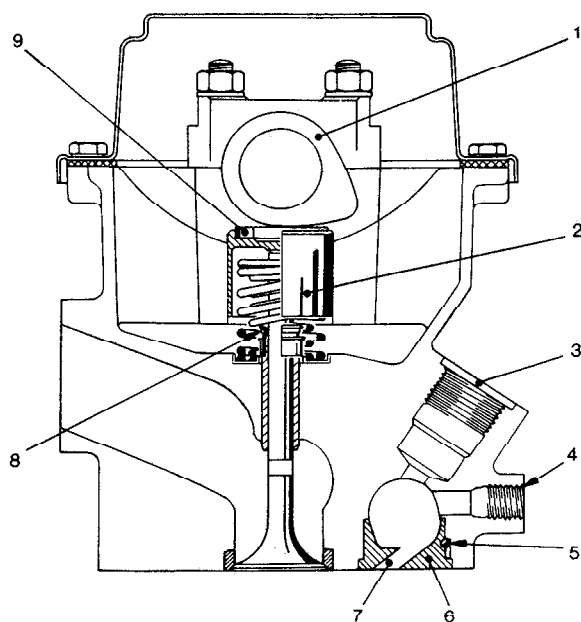


Fig. 5.21 Corte seccional de la culata de VW: 1 árbol de levas, 2 impulsor, 3 montaje del inyector, 4 agujero para bujía incandescente, 5 balín antirrotación, 6 inserto de cámara de turbulencia, 7 orificio de combustión, 8 sello, 9 espaciador reemplazable VOLKSWAGEN

impulsar el engrane del árbol de levas en la parte superior de la culata. En las figuras 5.25 y 7.13 se pueden ver dos ejemplos. En la figura 5.25 se ilustra un motor para automóvil con árbol de levas en la culata impulsado por una cadena de rodillos de doble eslabón. En la figura 7.13 se muestra un motor grande para camión en el cual se emplea una cadena con eslabones triples para impulsar el árbol de levas y los ejes (flechas) auxiliares, aunque se emplean engranes entre el engrane de mando del árbol de levas y el árbol en sí. Se incluye un mecanismo descompresor del motor para facilitar girar a mano el cigüeñal para los ajustes.

Se utiliza una polea tensora montada en un eje excéntrico para ajustar la tensión de la cadena de sincronización.

Sincronización de válvulas

En la figura 5.22 se ilustra un diagrama de sincronización (tiempo) de las válvulas dibujado para las cuatro carreras. Se muestra el ciclo completo del funcionamiento de las válvulas de escape y admisión en un cilindro de un motor de cuatro tiempos durante dos revoluciones del cigüeñal. En el motor básico de cuatro tiempos que se describió, se supuso que las válvulas abrían en el PMS y cerraban en el PMI para permitir la entrada de aire y la salida de gases del cilindro. Sin embargo, en el funcionamiento real del motor, las válvulas están dispuestas para abrir antes y cerrar después que en el motor utilizado para la descripción.

Para leer el diagrama de sincronización de válvulas, se empieza con la carrera de admisión y se continúa con el ciclo normal: admisión, compresión, potencia y escape. Las carreras se han dibujado por separado con líneas gruesas y delgadas para facilidad de identificación.

Un método fácil para dibujar un diagrama de sincronización de válvulas es hacerlo en forma de espiral a partir de la carrera de admisión de modo que las dos espirales continuas se puedan disponer de modo que representen las cuatro carreras, o sea el ciclo completo, del motor. Los grados del cigüeñal a los cuales abren y cierran las válvulas se marcan después en la espiral. Para completar el diagrama, como el que se ilustra en la figura 5.23, se trazan líneas gruesas y delgadas o se emplean colores para indicar las carreras particulares.

Se observará que la válvula de admisión abre antes del PMS y que la válvula de escape abre antes del PMI. Esto se denomina adelanto. También se puede ver que la válvula de admisión cierra después del PMI y la válvula de escape cierra después del PMS. Esto se llama retardo. Además, la válvula de admisión y la de escape están abiertas unos cuantos grados cerca del PMS en la carrera de escape, lo cual se denomina traslape de válvulas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque ambas válvulas están abiertas, no tienen una gran apertura. La válvula de escape casi ha cerrado y la de admisión apenas empieza a abrir, lo cual se debe al diseño de las levas como se mencionó. Otro aspecto que se debe recordar es que la carrera del pistón es

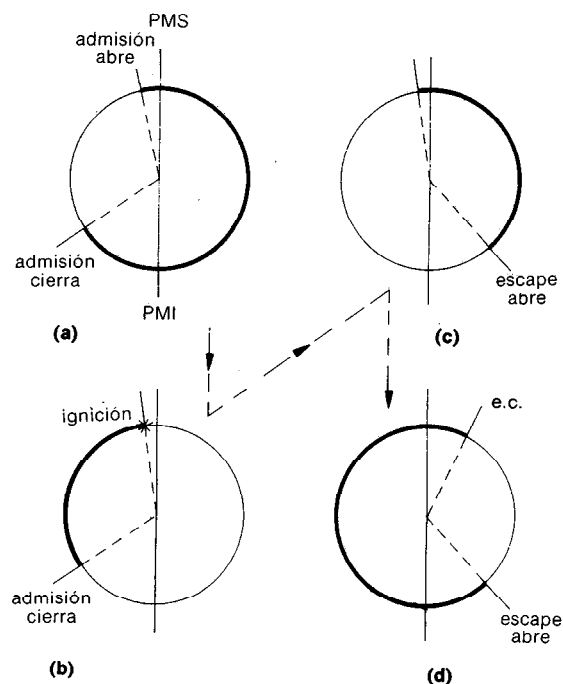


Fig. 5.22 Diagrama de sincronización de válvulas dibujado como cuatro carreras separadas: a) admisión, b) compresión, c) potencia, d) escape



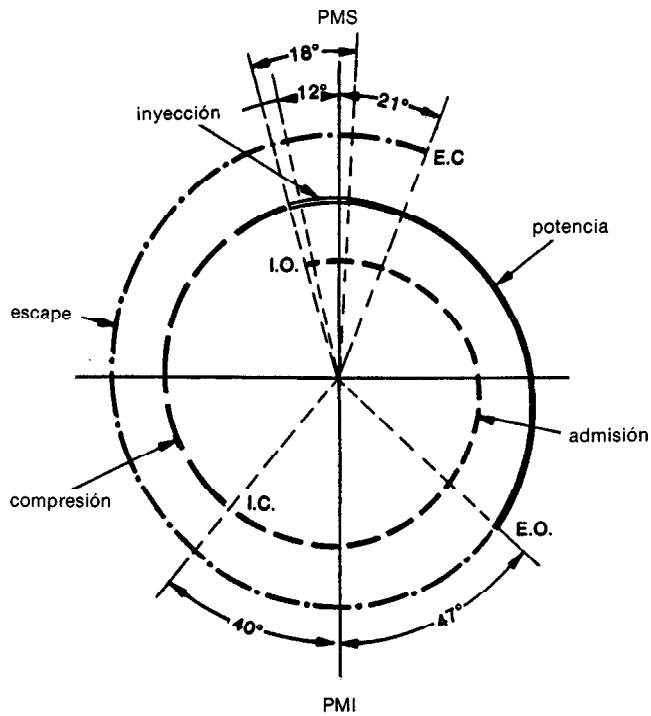


Fig. 5.23 Diagrama de sincronización de válvulas: I.O. válvula de admisión abre, I.C. válvula de admisión cierra, E.O. válvula de escape abre, E.C. válvula de escape cierra

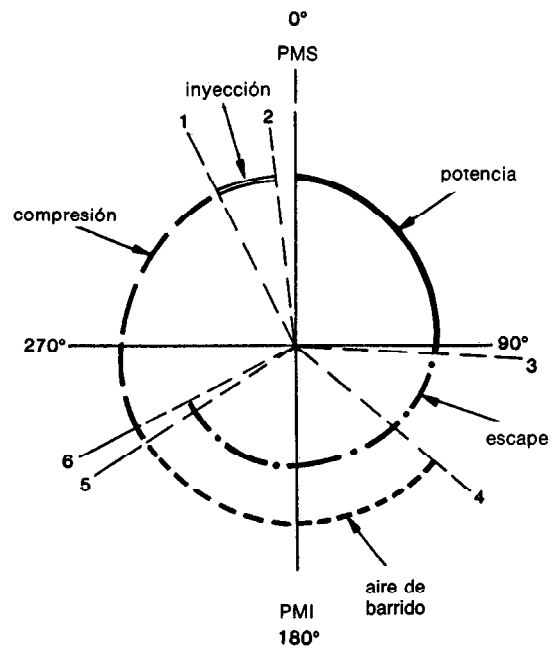
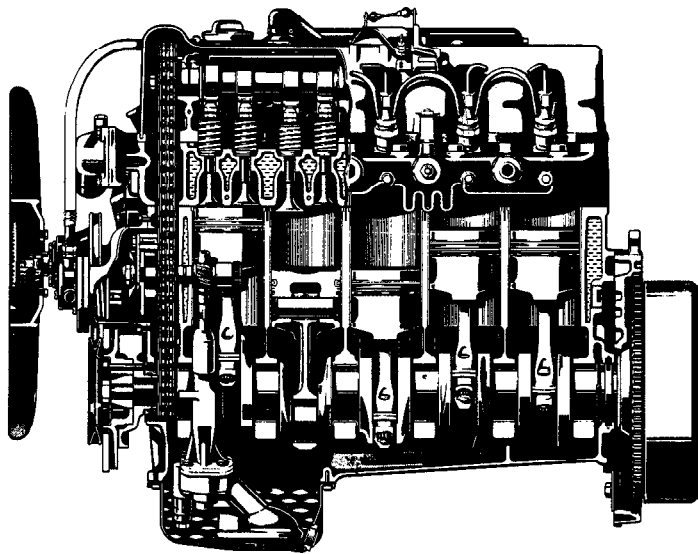
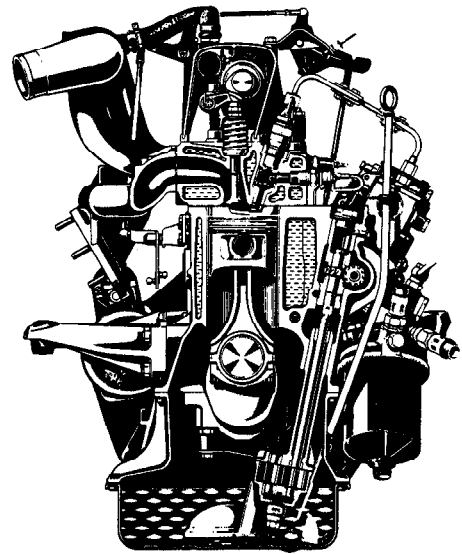


Fig. 5.24 Diagrama de sincronización de válvulas en motores de dos tiempos. 1 comienzo de la inyección, 2 final de la inyección, 3 válvula de escape empieza a abrir, 4 lunbrera de admisión va abriendo, 5 lunbrera de admisión va cerrando, 6 válvula de escape cerrada



a)



b)

Fig. 5.25 Motor Mercedes de cinco cilindros para automóviles. Se pueden apreciar las piezas internas principales: a) El corte longitudinal muestra: el árbol de levas en la culata impulsada por una cadena de dobles eslabones desde el cigüeñal, camisas de cilindro tipo seco, pistones con falda recortada y tres anillos de pistón; un inserto de hierro fundido en el pistón para el anillo superior de compresión, una bomba de vacío montada en la parte delantera de la tapa de engranes, la cual se acciona con un rodillo al que mueve una leva especial en el frente del árbol de levas. b) El corte seccional muestra: el árbol de levas en sección, el impulsor de válvula y tornillo de ajuste en la parte superior del vástago de válvula, la cámara de precombustión, la cámara de precombustión, inyector y bujía incandescentes atornillados en la culata, camisas de agua en la culata y bloque de cilindros, la corona ahuecada del pistón que forma parte de la cámara de combustión, la bomba del aceite en la parte inferior del bloque, impulsada por un eje vertical y engranes desde la impulsión de accesorios. La bomba de inyección está montada en el lado izquierdo del motor (lado derecho) en la ilustración y también se impulsa con la impulsión de accesorios.

MERCEDES

pequeña en relación con los grados de rotación del cigüeñal hacia PMS y PMI, por lo que hay muy poco movimiento del pistón durante los 33° de traslape de válvulas ilustrado en el diagrama.

En el diagrama de sincronización que se ilustra, la válvula de escape empieza a abrir a 47° antes del PMI en la carrera de potencia y permanece abierta hasta 21° después del PMS en la carrera de admisión. Este tiempo adicional en que está abierta la válvula de escape, da más tiempo para que salgan los gases de escape del cilindro. Cuando el pistón llega a 47° antes del PMI en la carrera de potencia, la presión de combustión se ha reducido en forma considerable. Al dar este tiempo adicional para la salida de los gases de escape del cilindro, se pierde muy poca potencia.

En forma similar, al dejar la válvula de admisión abierta durante 40° después del PMI se da tiempo adicional para la entrada de aire al cilindro. La entrega de cantidades adecuadas de aire a los cilindros del motor es un aspecto crítico en su funcionamiento.

La sincronización de las válvulas se debe a la configuración de los lóbulos de las levas y a la relación entre los engranes o catarina y la cadena en el árbol de levas y en el cigüeñal. Al cambiar la relación entre los engranes o catarina, impulsoras e impulsadas se modifica la sincronización de apertura y cierre de válvulas. Por ejemplo, si se desacopla el engrane del árbol de levas, se adelantara un diente y se volviera a acoplar, las válvulas abrirían y cerrarían antes en el ciclo. Supóngase que esto produjera un avance de 15° en la acción de las válvulas. Entonces, la válvula de escape abriría a 62° antes de PMI en la carrera de potencia y cerraría a 6° después del PMS en la carrera de escape (en el ejemplo que se ilustra en la figura 5.23). También se avanzaría la acción de las válvulas de admisión. Este avance en la acción de las válvulas reduciría mucho el rendimiento del motor. Para evitar ese problema, los engranes están marcados para alinearlos en la forma correcta al instalarlos (véase Fig. 5.19).¹

Para hacer una comprobación rápida de la sincronización de válvulas, se le dan unos "toquecitos" al motor de arranque para que el pistón No. 1 (o cualquier otro, para el caso) quede en el PMS en la carrera de escape. Las válvulas de admisión y de escape deben estar justo en el punto en que empiezan a abrir o cerrar, respectivamente. Con esto se comprueba el traslape de válvulas ya descrito. En el diagrama, las válvulas de admisión y escape tienen un traslape de 33°.

¹N. del T: Cuando un diente de los engranes o de la cadena de sincronización queda fuera de sincronización, se dice que el motor está "fuera de tiempo" lo que además de una gran pérdida de potencia y mal funcionamiento, puede ocasionar serios daños.

Sincronización en motores de dos tiempos

En la figura 5.24 se muestra un diagrama de sincronización para un motor de dos tiempos. El diagrama representa 360° de rotación del cigüeñal durante los cuales ha ocurrido el ciclo completo de dos tiempos. Al seguir el diagrama desde cerca de su parte superior en el punto 1 y continuándolo en el sentido de las manecillas del reloj, se verá que ocurre lo siguiente:

1. La inyección empieza a 17° antes del PMS.
2. Cesa la inyección, pero continúa la inyección durante un periodo corto, durante el cual el cigüeñal ha girado alrededor de 13°. La carrera de potencia empieza en el PMS pero ya se ha inyectado e inflamado el combustible. La combustión continúa más allá del PMS hasta que se ha quemado todo el combustible.
3. La válvula de escape empieza a abrir a alrededor de 95° y permite que los gases de escape empiecen a salir del cilindro. Recuérdese que el árbol de levas acciona la válvula y ésta se abre en forma gradual y no bruscamente a toda su apertura.
4. Empiezan a quedar descubiertas las lumbreras de admisión en la pared del cilindro. Es una superficie muy grande de lumbreras que queda descubierta con rapidez cuando el pistón se mueve hacia abajo. El aire de barrido penetra al cilindro y expulsa del mismo a los gases de escape.
5. Las lumbreras de admisión quedan cerradas por el movimiento ascendente del pistón, lo cual ocurre a los 230°.
6. La válvula de escape, que había empezado a cerrar, queda cerrada del todo. El pistón se mueve hacia arriba para comprimir la carga de aire exterior en el cilindro y el ciclo vuelve a empezar en el punto 1.

La información de funcionamiento del motor de dos tiempos que se puede obtener con el diagrama es: en 1-2 la inyección no es instantánea sino que requiere un corto tiempo. Esto produce una presión bastante constante en el cilindro mientras se producen la inyección y la combustión del combustible. Esto sucede en los motores de dos y de cuatro tiempos y es una característica que produce la potencia en los Diesel. 2-3 carrera de potencia. 3-4 se descargan los gases de escape por su propia presión cuando abre la válvula de escape. 4-5 se admite el aire de barrido al cilindro para expulsar los gases de escape y llenarlo con una nueva carga de aire. 5-6 es un periodo muy corto durante el cual está cerrando la válvula de escape; en realidad, apenas está abierta, pero ello no asegura que se hayan expulsado todos los gases de escape del cilindro. 6-1 carrera de compresión con la válvula de escape y las lumbreras de admisión cerradas.

Preguntas para repaso

1. Menciónense las partes del mecanismo de válvulas.
2. ¿Qué es una leva y cómo funciona?
3. ¿Por qué es tan importante la holgura en las puntas de los vástagos de válvulas?
4. ¿Por qué se utilizan los sellos en los vástagos de válvulas?
5. ¿Qué significa rotación de válvulas?
6. Menciónense las diversas disposiciones de las válvulas en la culata de cilindros.
7. ¿Qué es una cruceta o puente de válvulas?
8. ¿Cuál es la finalidad de los engranes de sincronización (tiempo)?
9. ¿Por qué se utilizan engranes intermedios (locos)?
10. ¿Qué sistema se puede utilizar en lugar de los engranes de sincronización?
11. ¿Cómo se relaciona esto con el PMS y el PMI?
12. ¿Por qué la válvula de admisión abre antes del PMS y cierra después del PMI?
13. ¿Qué es traslape de válvulas?
14. Describanse las acciones que ocurren en un motor de dos tiempos durante una revolución del cigüeñal.
15. ¿Por qué son importantes las anchuras de los asientos de válvulas?
16. ¿Cómo se disipa el calor de las válvulas?

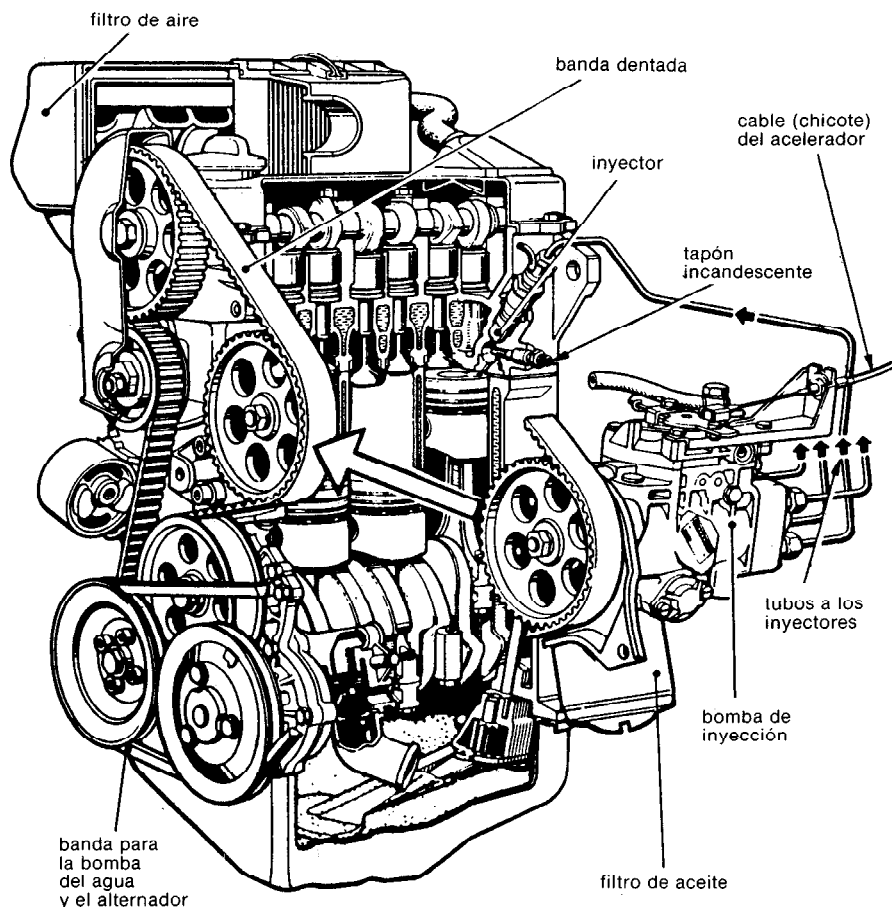


Fig. 5.26 Motor Diesel para Volkswagen Golf, de cuatro tiempos, de 1.5 litros de cilindrada, relación de compresión de 23.5:1 y velocidad máxima gobernada de 5000 rpm. La culata tiene cámaras de combustión del tipo de turbulencia. Los inyectores y las bujías incandescentes se atornillan en la culata.

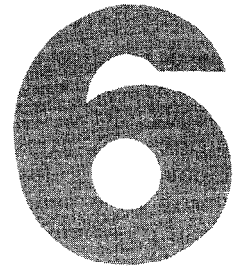
El motor tiene árbol de levas en la culata, impulsado desde el cigüeñal con engranes conectados por una banda dentada, que también impulsa la bomba de inyección. Un contraeje impulsado por una polea que apoya contra la parte trasera de la correa se emplea para impulsar la bomba del aceite que está en la parte inferior del bloque. Una polea tensora, que también apoya contra la parte trasera de la banda dentada la mantiene tensa. La vuelta de la banda alrededor de la polea provee un agarre muy amplio alrededor de los engranes del cigüeñal, árbol de levas y bomba de inyección.

Las válvulas se accionan con impulsores (levantadores) del tipo de cubo con insertos reemplazables para el ajuste de la holgura de válvulas. Se utiliza bomba de inyección del tipo de distribuidor.

La caja del filtro de aire es parte integral del múltiple de admisión y se utiliza un elemento filtrante rectangular.

VOLKSWAGEN

Servicio a la culata (cabeza) de cilindros y válvulas



Culata(cabeza) de cilindros

Para tener funcionamiento satisfactorio de la culata de cilindros y piezas correlativas, deben existir las siguientes condiciones:

1. La culata debe estar firmemente atornillada en el bloque de cilindros.
2. La junta de la culata debe producir un sellamiento eficaz entre la parte inferior (cara) de la culata y la superficie superior del bloque; hay que mantener la presión dentro de los cilindros durante las carreras de compresión y potencia y el líquido enfriador debe quedar contenido en las camisas y conductos para agua.
3. Las caras de las válvulas y sus asientos en la culata deben estar en buenas condiciones para que formen un sello hermético a los gases cuando las válvulas están cerradas.
4. Las válvulas se deben mover con libertad en sus guías, pero sin holgura excesiva.
5. Hay que hacer los ajustes correctos de la holgura de válvulas, es decir, debe existir una pequeña holgura entre la punta de cada vástago y su balancín, para que las válvulas cierren por completo en todas las condiciones.
6. Las superficies de las cámaras de combustión deben estar libres de depósitos excesivos de carbón.
7. Los múltiples de admisión y de escape deben estar bien apretados y herméticos contra la culata.

Durante el funcionamiento del motor se acumulan los depósitos de carbón en forma gradual en la superficie de las cámaras de combustión, las cabezas de los pistones y las válvulas. En las válvulas se pueden formar depósitos de carbón blando que harán que se peguen. El efecto de sellamiento entre las válvulas y sus asientos se va aminorando en forma gradual cuando las caras y los asientos de las válvulas se gastan y se pican.

En circunstancias normales, las culatas se desmontan después de que el vehículo ha recorrido muchos miles de kilómetros o tiene muchas horas de funcionamiento y ya se nota una pérdida de potencia. Puede ser para una reconstrucción de culata, cuando sólo se reacondicionan la culata y piezas correlativas o bien, como parte de la reconstrucción o reacondicionamiento general de todas las piezas del motor.

Aparte de la pérdida gradual de potencia, pueden surgir otros problemas que requieren desmontar la culata de cilindros. Incluyen alguna válvula quemada, junta de la culata con fugas o "reventada", válvula o válvulas pegajosas o resorte de válvula roto. Cuando se sospecha que hay una válvula quemada o junta de la culata dañada, se debe hacer la prueba de la presión de compresión en todos los cilindros antes de desmontar. Todos los cilindros deben tener, más o menos, la misma presión de compresión. La presión baja en uno o más cilindros indica que hay algún problema en ese cilindro.

Cuando se necesite trabajar en la culata de cilindros o válvulas, hay que desmontarla del bloque. Luego, se sacan las válvulas, se limpian todas las piezas y se elimina el carbón. Se rectifican (refrentan) las válvulas y se esmerilan los asientos para tener asentamiento correcto de las válvulas. También hay que inspeccionar todas las demás piezas antes de volver a armar.

En los siguientes párrafos se mencionan aspectos generales relacionados con el servicio a la culata de cilindros. Los procedimientos detallados quedan fuera del alcance de este libro y habrá que consultar el manual de taller del fabricante del motor.

Desmontaje de la culata de cilindros

Antes de desmontar la culata de cilindros, hay que vaciar el líquido enfriador del radiador y del blo-

que de cilindros; en otra forma, se escapará el líquido que hay en la culata y penetrará a los cilindros. En el tanque inferior del radiador y en uno o más de los lugares más bajos de las camisas de agua en el bloque hay grifos y tapones cóncavos, como se ilustra en la figura 6.1. Si se utilizan enfriador de aceite o interenfriadores también hay que vaciar el líquido.

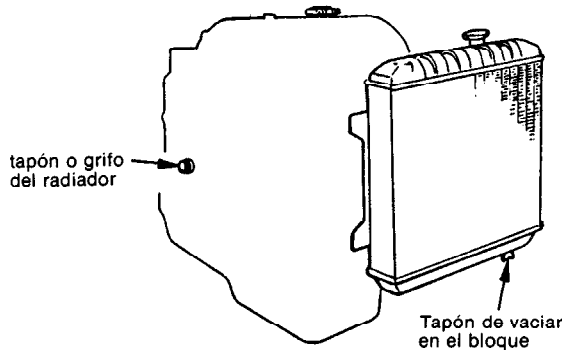


Fig. 6.1 Tapones para vaciar el radiador y el bloque en un motor pequeño

MAZDA

En la culata suelen estar instaladas otras piezas, que también se deben desmontar primero. Pueden ser los tubos para los inyectores, tubos de respiración y otras piezas que están sujetas al motor o dentro del compartimiento del motor, pero que no son parte de la culata. Hay que desmontar esas piezas a fin de tener acceso a la culata.

Los tubos de los inyectores se deben aflojar en ambos extremos y desmontarlos para que no se deformen. Luego, se pueden sacar los inyectores de la culata. (En algunos motores hay que quitar primero la tapa de balancines para sacar los inyectores). Según sea el tipo del inyector puede estar sujeto en la culata por medio de una brida y tornillos o bien, pueden estar sujetos con una grapa. Si no es fácil sacar el inyector con la mano, se puede utilizar una palanca, con mucho cuidado, para sacarlo; también hay una herramienta especial para sacarlos en algunos motores. Hay otros inyectores que están roscados en la culata.

Una vez que se ha vaciado el líquido enfriador del radiador y el bloque, ya se pueden desmontar la manguera superior del radiador y, quizá, la caja del termostato en el frente de la culata.

Se sacan los tornillos de sujeción para desmontar los múltiples de admisión y de escape. Cuando se utiliza turbocargador, hay que desconectar sus conexiones con el múltiple de admisión y de escape para poder desmontarlo. Cuando se desmontan los múltiples o el turbocargador hay que tapar todas las aberturas en el motor para impedir la entrada de cuerpos extraños.

Con lo anterior, ya está accesible la tapa de balancines en la parte superior de la culata. Se sacan los tornillos que la sujetan a la culata y se tendrá acceso a los balancines e inyectores.

El mecanismo de balancines está sujeto mediante sus soportes y con tornillos y tuercas en la culata. Hay que aflojarlos en forma gradual para evitar la deformación del eje de balancines o, en otros casos, hay que aflojar los tornillos de ajuste de los balancines. Esto se requiere porque algunas válvulas estarán abiertas y la fuerza de sus resortes aplicará una carga dispareja en el eje de balancines.

Ya están accesibles los tornillos de sujeción de la culata y se pueden sacar. Por lo general, se recomienda aflojar los tornillos en forma gradual, en espiral, empezando por un extremo de la cabeza y hacia el centro. Los fabricantes especifican el orden para aflojar y la torsión a que se deben apretar los tornillos de sujeción al instalarlos. Para sacarlos, hay que hacerlo en el orden opuesto al de instalación.

Una vez quitados todos los tornillos, se saca la culata en línea recta y se coloca en el banco para limpiarla y desarmarla.

Las culatas pequeñas se pueden desmontar con la mano; en los motores grandes se requiere algún dispositivo para levantarlas. Se puede conectar una eslinga en cada extremo de la culata (hay algunas que incluyen agujeros para colocar los ganchos) y se levanta con una garrucha o grúa.

Si la culata no se separa del bloque con facilidad, se le pueden dar unos golpecitos en los lados con un martillo de plomo o de plástico. No hay que hacer palanca entre la culata y el bloque con ninguna herramienta para separarla, porque se pueden producir melladuras o rebabas en las superficies, que permitirán fugas por la junta.

Inspección de la culata de cilindros

Cuando se desmonta la culata del motor, primero hay que hacer una inspección ocular. Se deben examinar la junta y la superficie de la culata y la superficie del bloque para ver si hay señales de un posible problema. Los daños en la junta o los depósitos de carbón en la junta o en las superficies pueden significar fugas de gases de un cilindro; las marcas alrededor de los conductos para agua señalarán que hubo una fuga de líquido enfriador. Una observación cuidadosa puede ayudar en el diagnóstico e incluso en la prevención de problemas.

Después de la inspección preliminar, se sacan las válvulas y se limpia la culata. Hay que eliminar todo el carbón de las cámaras de combustión y orificios de válvulas y eliminar todos los restos de la junta de la culata.

Se debe examinar si la culata tiene grietas y deformación. Se debe inspeccionar si la superficie plana o cara de la culata tiene asperezas o rebabas. Para determinar si hay deformación o combadura de la culata, se coloca una regla de acero larga contra la cara y se mide entre la regla y la cara con calibrador de hojas. En la figura 6.2 se ilustran los lugares para esta comprobación. Los ejemplos de especificaciones de tolerancias son: 0.25 mm de com-

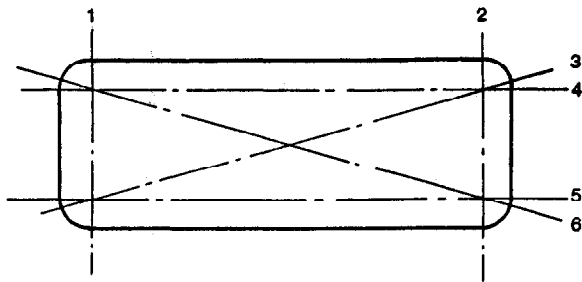


Fig. 6.2 Comprobación de la planicidad de la culata de cilindros. Se coloca una regla de acero en las seis posiciones ilustradas.

badura máxima en toda la longitud de la cabeza o de 0.10 mm cada 150 mm; combadura máxima transversal de 0.10 mm.

La superficie de la culata se puede rectificar para corregir la deformación; se recomienda no rebajar más de 0.50 mm. Cuando se rectifica la superficie, hay que prestar atención especial a los asientos de válvulas. Al remover el metal de la superficie, las válvulas sobresaldrán más de lo especificado en la cara de la culata. Hay muy poca holgura entre las cabezas de las válvulas y la cabeza del pistón en muchos motores Diesel, por lo cual la prominencia de las válvulas desde la superficie de la culata es importante y se debe comprobar para evitar daños.

Limpieza del carbón de la culata

Se utiliza una rasqueta para eliminar los depósitos gruesos de carbón. Los residuos de la junta adheridas en las superficies se eliminan con una rasqueta plana y roma. Se pueden utilizar cepillos de alambre pequeños impulsados por un taladro eléctrico para eliminar el carbón y pulir la cara de la culata y los orificios para las válvulas. En la figura 6.3 se ilustran diversas formas de cepillos de alambres para eliminar el carbón. Algunos son adecuados para superficies planas; otros, para superficies curvas y rincones. Los tres cepillos más delgados (escobillones) se utilizan para limpiar las guías de válvula. Después de utilizar las rasquetas y cepillos, hay que soplar todas las aberturas y superficies de la culata con aire comprimido.

Instalación de la culata

Limpie las superficies para juntas en la cabeza y el bloque e inspeccione si tiene asperezas. Elimine todos los puntos ásperos o rebabas con una lima

musa. Instale junta nueva; sólo se le debe aplicar sellador si lo especifica el fabricante. Si el bloque no tiene espigas de guía, utilice dos espigas de guía roscadas en dos agujeros para tornillos a fin de alinear la junta.

Compruebe que todos los agujeros para los tornillos estén limpios; si no lo están los tornillos toparán contra los cuerpos extraños y la culata no quedará bien apretada.

Utilice una llave de torsión (par) para apretar las tuercas o tornillos. Hay que apretarlos en el orden correcto y a la torsión especificada; en otra forma, pueden ocurrir deformación de la culata o el bloque, fugas por la junta o rotura de los tornillos. Consulte el manual de taller del motor para determinar el orden y la torsión para apretar los tornillos. En la figura 6.4 se ilustra un orden típico. Cada tornillo o tuerca se debe apretar en varios pasos; es decir, hay que apretarlos varios veces en el orden completo, un poco cada vez. Cuando se llega a la torsión correcta, hay que poner en marcha el motor hasta que se caliente a la temperatura normal y volver a comprobar la torsión.

Al instalar los múltiples, hay que apretar los tornillos en su orden y en forma gradual, a la torsión correcta. Esto es más importante en las culatas grandes. Los tornillos se deben apretar del centro a las orillas.

Reemplazo de válvulas

En la figura 6.5 se ilustra un tipo de compresor de resortes que se emplea para comprimirlos y poder quitar los seguros del retén. Quite los seguros del vástago y saque la válvula y el resorte de la culata. Las válvulas se deben colocar en un estante o mantenerlas en el mismo sitio en que estaban en la culata; esto permite volver a instalarlas en su lugar original. Al desarmar cualquier pieza de un motor se acostumbra inspeccionar las piezas que han trabajado entre sí para volver a instalarlas en su sitio original. Esas piezas se habrán gastado un poco una contra la otra para tener una superficie de trabajo. Si se intercambian, se repetirá el proceso y ocurrirá desgaste excesivo de ellas.

Se debe prestar atención a los resortes. En algunos motores se emplean dos resortes: uno interno y uno externo. Los resortes no siempre tienen un paso uniforme en las espirales y éstas, a veces, están más

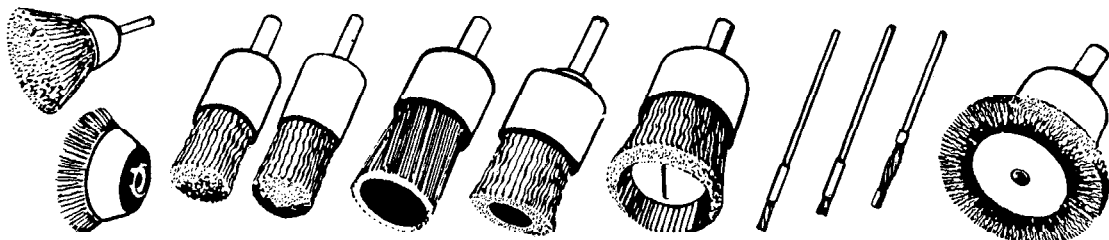


Fig. 6.3 Diversas formas de cepillos de alambre para eliminar el carbón de las culatas, orificios para válvulas y guías de válvulas

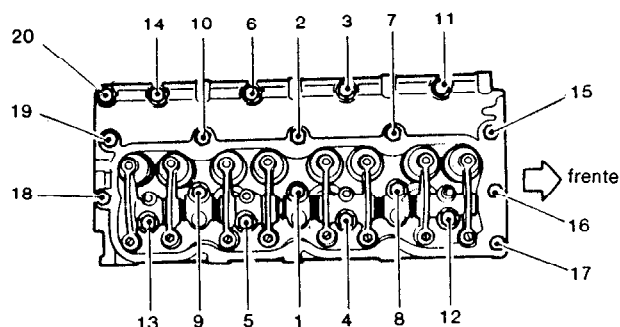


Fig. 6.4 Orden para apretar los tornillos de la culata de cilindros
MAZDA

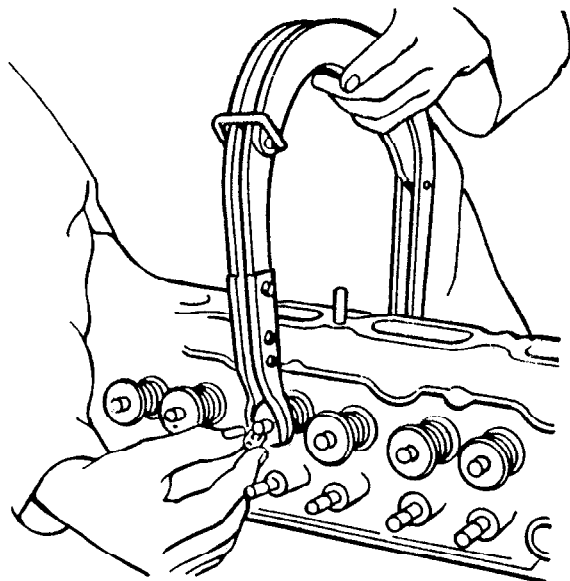


Fig. 6.5 Empleo del compresor de resortes de válvulas en la culata de cilindros

cerradas en un extremo que en el otro, a fin de tener una compresión variable y evitar los rebotes de las válvulas. El rebote también se disminuye con el empleo de dos resortes, interno y externo, que tienen las espirales en sentidos opuestos.

El lado con espirales cerradas del resorte se suele colocar contra la culata. En algunos motores, este extremo del resorte está pintado para identificación y para instalarlo en la posición correcta.

Inspección de las válvulas

En la figura 6.6 se muestran los puntos que se deben inspeccionar en las válvulas. Hay que inspeccionar si la cara de la válvula tiene desgaste, picaduras, ranuras y marcas de quemadura para determinar si se puede seguir utilizando. Los defectos pequeños, como las picaduras y las ranuras se pueden eliminar por rectificación; pero, las válvulas que están muy quemadas, torcidas o agrietadas se deben desechar.

Se debe comprobar el margen o espesor del borde de la válvula como se ilustra; un margen muy delgado ocasionará sobrecalentamiento y quemaduras.

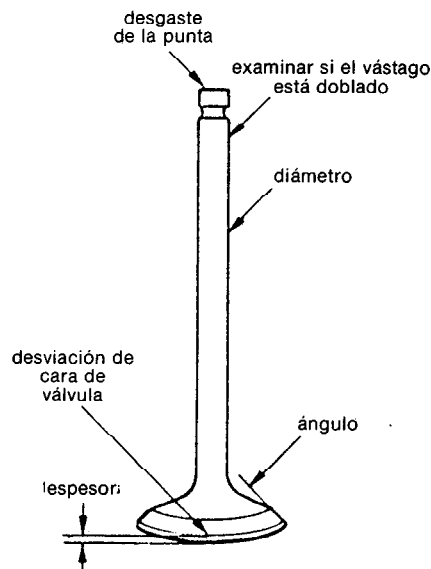


Fig. 6.6 Puntos de inspección en una válvula

Hay que inspeccionar si el vástago está doblado y si la punta tiene ranuras o escoriaciones. También hay que comprobar la holgura del vástago en la guía de válvula.

También se deben inspeccionar otras piezas correlativas, como resortes, retenes y seguros de resortes de válvula y manguitos para ver si tienen defectos.

Prueba de resortes de válvulas (Fig. 6.7)

Hay que probar la compresión (carga) y escuadramiento de los resortes de válvulas. Se utilizan probadores especiales que miden la fuerza requerida para comprimir el resorte a la longitud especificada.

Para comprobar el escuadramiento, coloque el resorte sobre una superficie plana contra una escuadra universal (Fig. 6.8) Hay que girar con lentitud el resorte para ver si la espiral superior se separa de la

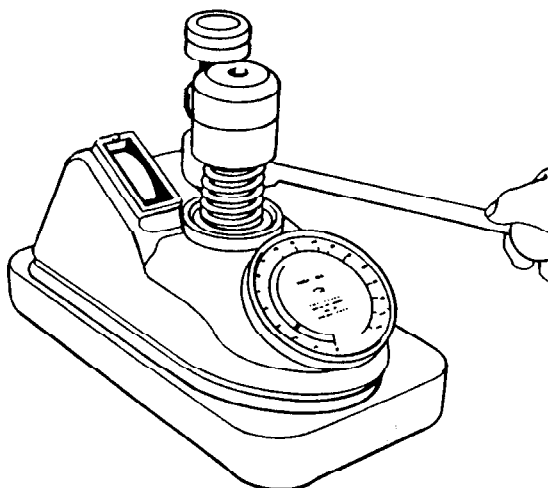


Fig. 6.7 Prueba de los resortes de válvulas

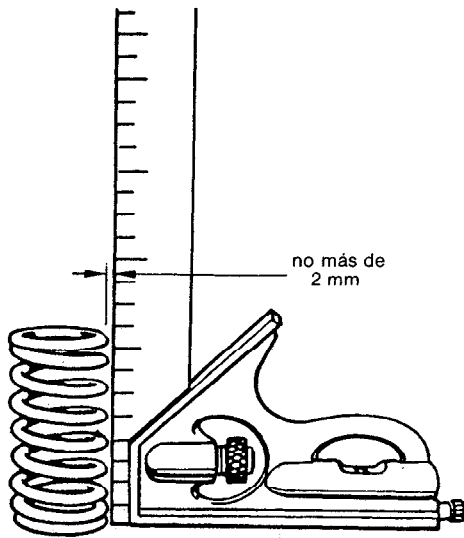


Fig. 6.8 Comprobación de escuadramiento de los resortes

cara de la escuadra más de 2 mm. Invierta el resorte y vuelva a comprobar el escuadramiento. Si el resorte está descuadrado más de 2 mm o si no tiene la carga correcta a la longitud especificada, se debe deschar.

Los resortes débiles no permiten que la válvula cierre con suficiente rapidez y permiten fugas de gases que ocasionarán temperaturas excesivas en las cabezas de las válvulas. Además, el seguidor no seguirá a la leva, lo cual causará desgaste excesivo de ambos.

Los resortes muy fuertes harán que la válvula choque contra el asiento y que produzca ruido. También ocasionan desgaste de las levas e impulsores por la carga excesiva.

Los resortes descuadrados producen un empuje lateral en el vástago de válvula, lo cual produce desgaste excesivo de los vástagos y guías y funcionamiento ruidoso.

Servicio a las guías de válvulas

Como comprobación del desgaste aproximado, las guías se pueden probar con una válvula nueva. El vástago de la válvula debe tener ajuste deslizante libre en la guía, sin juego excesivo. La holgura entre el vástago y la guía es de alrededor de 0.1 mm. Las válvulas de escape suelen tener una holgura un poco mayor que las de admisión.

Para medir el desgaste de la guía, se mantiene la válvula un poco separada de su asiento con un espaciador cilíndrico. Se monta un micrómetro de carátula con el botón contra la cabeza de la válvula (Fig. 6.9). Después se mueve la válvula hacia un lado y otro de la guía para medir la holgura con el micrómetro de carátula.

Un método alternativo es montar el micrómetro de carátula en la parte superior de la carátula con el botón contra el vástago de la válvula, el botón debe

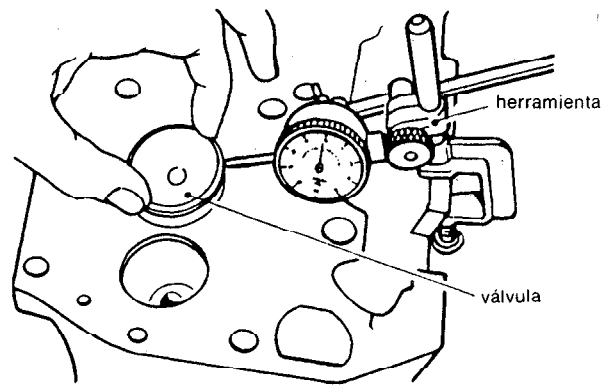


Fig. 6.9 Un método para utilizar un micrómetro de carátula en la comprobación de desgaste de guías de válvulas

tocar con el vástago una pequeña distancia encima de la guía de la válvula. Con la válvula apoyada con suavidad en su asiento, se puede mover el vástago de un lado a otro para observar la lectura en el micrómetro.

En los dos métodos descritos, el micrómetro de carátula indica el desgaste pero no mide la holgura con exactitud.

Las guías de válvulas sufren desgaste excéntrico y también abocardamiento (éste es el desgaste en el extremo de un agujero y produce abocinamiento). Para localizar estos tipos de desgaste, se utiliza un micrómetro para agujeros pequeños (Fig. 6.10)

Reemplazo de guías de válvulas

Las guías de válvulas se expulsan de la culata con un extractor o con una prensa. Esto se hace, de preferencia, en el lado de la guía en que está el resorte, ya que el extremo que penetra en el orificio de la

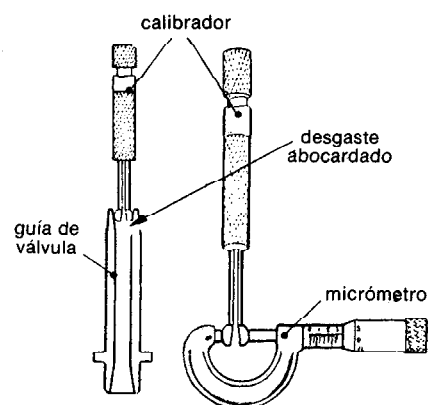


Fig. 6.10 Se utiliza un calibrador para agujeros para medir el tamaño de la guía, que luego se mide con un micrómetro

válvula puede estar quebradizo por el calor. En esos extremos también se forma carbón y es más difícil expulsar la guía desde esa posición.

Las guías nuevas deben tener un ajuste de interferencia de 0.1 mm en la culata. Se debe utilizar un punzón o botador escalonado. Las guías se deben instalar con un instalador o con una prensa en la culata (Fig. 6.11) de modo que sobresalgan de la culata la misma distancia que las guías originales. Al instalar guías nuevas, se puede instalar una a la altura correcta en cada extremo de la culata; después, se utiliza una regla de acero colocada entre las dos para que sirva como calibrador de la altura de las otras guías.

Después de instalar, hay que escariar (rimar) ligeramente las guías a fin de tener la holgura correcta para el vástago de válvula.

En la figura 6.12 se ilustra un extractor e instalador para las guías en la culata que se puede utilizar en vez del botador o la prensa.

Guías integrales para válvulas

En algunos motores, las guías de válvula son integrales de fundición en la culata, en vez de ser separadas. Este tipo de guía no se puede reemplazar, pero se puede escariar (rimar) a un tamaño más grande para instalar válvulas con vástago de sobremedida para restaurar la holgura entre el vástago y la guía. Un método alternativo para la reparación es rectificar la guía, instalar un manguito (camisa) de pared delgada y escariar el manguito al tamaño del diámetro estándar de los vástagos.

En algunos motores diesel hay guías integrales; la mayor parte tienen guías reemplazables.

Biselado de extremo de las guías

Como medio para controlar la cantidad de aceite que pasará a lo largo de la guía, se puede biselar (achaflanar) el extremo superior de la guía con una herramienta cortadora especial. Esto elimina la superficie plana en el extremo de la guía, en donde se podría acumular el aceite; el bisel (chaflán) separa el aceite del vástago y, también actúa como rasgador o desviador de aceite. Este método, a veces, se utiliza en la fábrica. También se puede aplicar durante el reacondicionamiento de la culata.

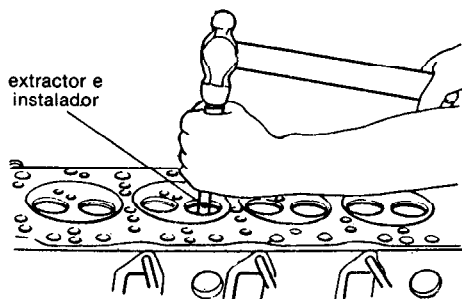


Fig. 6.11 Expulsión e instalación de guías de válvulas
ISUZU

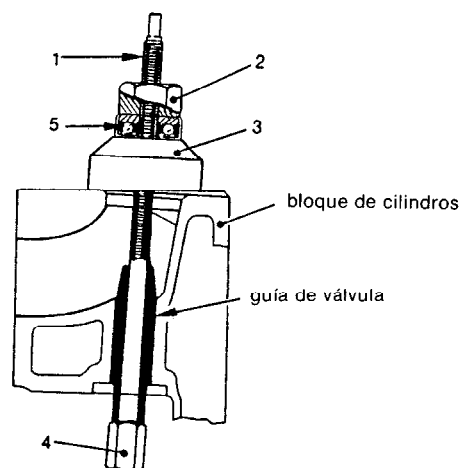


Fig. 6.12 Extracción de una guía de válvula con un extractor especial: 1 tornillo, 2 tuerca, 3 espaciador, 4 cabeza del tornillo, 5 cojinete

Ajuste de la holgura de válvulas

También se le llama ajuste de punterías o de luz de las válvulas. En todos los casos, sin que importe la denominación es el ajuste de la holgura entre la punta del vástago y su balancín. La holgura de válvula se ilustra en la figura 6.13. Se debe mantener un pequeño espacio libre para permitir la dilatación del vástago y otras piezas del mecanismo de válvulas. Sin ese espacio u holgura, la válvula no cerraría por completo contra su asiento.

El procedimiento para comprobación y ajuste de la holgura de válvulas es diferente en distintas marcas y modelos de motores; se debe consultar el manual de taller del fabricante. La comprobación y ajuste de la holgura de válvulas suele ser parte del mantenimiento y se requiere cuando se ha alterado el mecanismo de balancines. En casi todos los motores se utilizan un tornillo y contratuerca de ajuste en el extremo del balancín que acopla con la varilla de empuje.

Para comprobar la holgura, se introduce un calibrador de hojas del espesor necesario entre la punta del vástago de válvula y el extremo del balancín. Si la holgura está correcta, el calibrador de hojas se moverá con un ligero rozamiento pero no

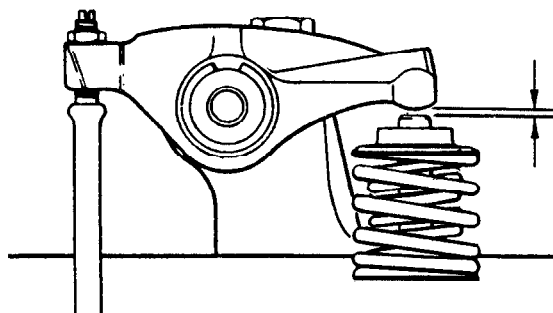


Fig. 6.13 Holgura de válvula

PERKINS

quedará oprimido, al moverlo entre la punta del vástago y el balancín con la válvula cerrada por completo.

Para ajustar la holgura, se afloja la contratuerca y se gira el tornillo de ajuste hasta tener la holgura correcta y se aprieta la contratuerca. La válvula debe estar cerrada por completo para este ajuste.

Cuando se ha movido algún componente del mecanismo de balancines, por ejemplo, cuando se desmonta y reinstala la culata, se alterará la holgura de válvulas y al hacer girar el motor, la cabeza del pistón puede chocar contra la cabeza de una válvula y dañarse. Si es necesario hacer girar el motor, deberá hacerse lentamente para evitar la posibilidad de dañar una válvula.

Lo anterior se aplica en particular cuando un pistón está en la carrera de escape. En el PMS hay muy poco espacio libre entre la cabeza del pistón y las válvulas parcialmente abiertas, por lo cual una válvula que no cierra por completo, debido a un ajuste deficiente, penetraría más en el cilindro y podría chocar contra la cabeza del pistón y dañarla cuando éste se mueve hacia el PMS.

Al instalar el mecanismo de balancines en la culata, es preferible tener holgura adecuada para las válvulas que arriesgarse a que se dañe una válvula o un pistón. Para ello, se aflojan todos los tornillos de ajuste antes de hacer girar el cigüeñal y de hacer los ajustes preliminares.

Muchos fabricantes especifican que la holgura de válvulas se debe hacer con el motor caliente; otros, especifican ajuste con motor frío. Cuando hay que ajustar en caliente, entonces después de efectuar una comprobación o ajuste preliminar de la holgura (que se hacen con el motor frío) se pone en marcha el motor hasta que se caliente a su temperatura de funcionamiento. Luego, se para el motor y se comprueba y ajusta la holgura de válvulas.

Ajuste

La holgura de válvulas se comprueba y ajusta con las válvulas en su posición cerradas por completo. El ajuste se hace con un calibrador de hojas como se describió. Para comprobar la holgura, se utilizan dos grupos de hojas de calibrador uno de "pasa" y otro de "no pasa". Por ejemplo, si la holgura especificada es de 0.30 mm, entonces un calibrador de 0.25 mm pasará por la holgura, pero uno de 0.35 mm no pasará.

Hay que hacer girar el cigüeñal para que la válvula que se comprueba esté cerrada por completo, con el seguidor en el talón de la leva. Para ello, se hace girar el cigüeñal hasta que el pistón de ese cilindro esté en PMS en la carrera de compresión.

Un orden de ajuste para un motor de seis cilindros es hacer girar el cigüeñal hasta que el pistón No. 6 esté en el PMS en la carrera de escape y ajustar las válvulas del cilindro No. 1, el cual estará en PMS en la carrera de compresión. Después, con el pis-

tón No. 5 en PMS en la carrera de escape, se ajustan las válvulas del cilindro No. 2 y así sucesivamente para los otros cilindros.

El orden de ajuste que sigue el orden de encendido del motor y requiere mínima rotación del cigüeñal es:

<i>en PMS, carrera de escape</i>	<i>ajustar válvulas de</i>
pistón No. 6	cilindro No. 1
pistón No. 2	cilindro No. 5
pistón No. 4	cilindro No. 3
pistón No. 1	cilindro No. 6
pistón No. 5	cilindro No. 2
pistón No. 3	cilindro No. 4

Para hacer el ajuste, que es similar, en los motores de cuatro cilindros se hace girar el cigüeñal hasta que el pistón No. 4 está en el PMS en la carrera de escape y se ajustan las válvulas del cilindro No. 1. El orden es:

<i>en PMS, carrera de escape</i>	<i>ajustar válvulas de</i>
pistón No. 4	cilindro No. 1
pistón No. 2	cilindro No. 3
pistón No. 1	cilindro No. 4
pistón No. 3	cilindro No. 2

Para determinar el PMS en la carrera de escape, se observa la acción de las válvulas cuando se hace girar el cigüeñal. En el PMS, las válvulas de admisión y escape están en la posición de traslape: la de admisión apenas está abriendo y la de escape apenas está cerrando. Si se hace girar el cigüeñal una pequeña distancia en su sentido de rotación o en sentido opuesto, se verá que las válvulas apenas abren y cierran. Para comprobar si las válvulas están abiertas o cerradas, se menean las varillas de empuje. Si tienen un poco de juego, la válvula está cerrada; si no lo tiene (está bajo carga), la válvula está abierta. En un motor de seis cilindros cuando el pistón No. 6 está en el PMS en la carrera de escape, el pistón No. 1 está en el PMS en la carrera de compresión, debido al diseño del motor y la configuración del cigüeñal. Esto por supuesto, se aplica también en forma similar a los otros cilindros del motor. Cuando un pistón está en PMS de la carrera de escape, otro pistón estará en PMS de su carrera de compresión.

Hay otros métodos para localizar el PMS de un pistón, pero el antes descrito es conveniente para el ajuste de válvulas en los motores en línea.

Nota: El ajuste de holgura de válvulas en los motores Diesel se hace con el motor parado. Aunque en los motores de gasolina se comprueba y ajusta la holgura de válvulas con el motor en marcha mínima (ralentí) no se suele hacer así en los Diesel. En ciertas circunstancias, al introducir el calibrador de hojas entre el balancín y el vástago de la válvula, la cabeza de la válvula puede chocar contra el pistón.



Salvo que el fabricante permita la comprobación de la holgura de válvulas con el motor en marcha, todas las comprobaciones y ajustes se deben hacer con el motor parado.

Motores del tipo en V

En los motores en V, igual que en los en línea, se pueden ajustar las válvulas a partir del pistón No. 1 en PMS. En esta posición o cerca de ella, ambas válvulas de cilindro No. 1 estarán cerradas. Después de ajustar el cilindro No. 1 se gira el cigüeñal para poner el pistón del siguiente cilindro en el PMS, ajustar las válvulas y seguir con el resto de los cilindros. Si para el orden de ajuste se sigue el orden de encendido, el ajuste de válvulas se puede hacer con mínima rotación del cigüeñal.

Para establecer el PMS se gira el cigüeñal con lentitud y se observa el movimiento de las válvulas en el cilindro en que se van a ajustar. Cuando se cierra la válvula de admisión, indica el comienzo de la carrera de compresión. Con alrededor de media vuelta más del cigüeñal subirá el pistón en el cilindro hasta el PMS y ambas válvulas estarán cerradas por completo. Como comprobación de que las válvulas están cerradas, las varillas de empuje deberán estar libres y se podrán girar con los dedos.

Motores con árbol de levas en la culata

En los motores con árbol de levas en la culata se pueden utilizar balancines (impulsores) con tornillos de ajuste similares a los descritos o puede tener levantadores montados directamente encima de las válvulas. El ajuste puede ser con suplementos o espaciadores o con tornillos de ajuste.

En la figura 5.21 se ilustra la disposición del árbol de levas y válvulas en la culata de un motor pequeño para automóvil. Para comprobar la holgura de válvulas se introduce un calibrador de hojas entre la leva y la parte superior del levantador.

En la figura 6.14 se ilustra un sistema de ajuste con tornillo que se emplea en algunos motores Caterpillar. Se trata de un balancín del tipo de palanca que gira en el eje 4) de pivoteo en un extremo y oprime dos vástagos de válvula con el otro. El extremo del balancín está bifurcado para que pueda tocar las puntas de dos vástagos al mismo tiempo. Un rodillo 5) en el centro del balancín rueda contra el lóbulo 1) de la leva. La rotación de la leva acciona el balancín y a través de él, dos válvulas en forma simultánea.

El ajuste de la holgura de válvulas se hace con el tornillo 3) que tiene un seguro o cierre bajo carga de resorte. Esto facilita el ajuste. No se necesita el calibrador de hojas; se aprieta el tornillo de ajuste para eliminar toda la holgura y luego se afloja el número de vueltas especificado.

Ajuste de crucetas de válvulas

Cuando se utilizan crucetas para accionar dos válvulas con un solo balancín, hay que ajustar la hol-

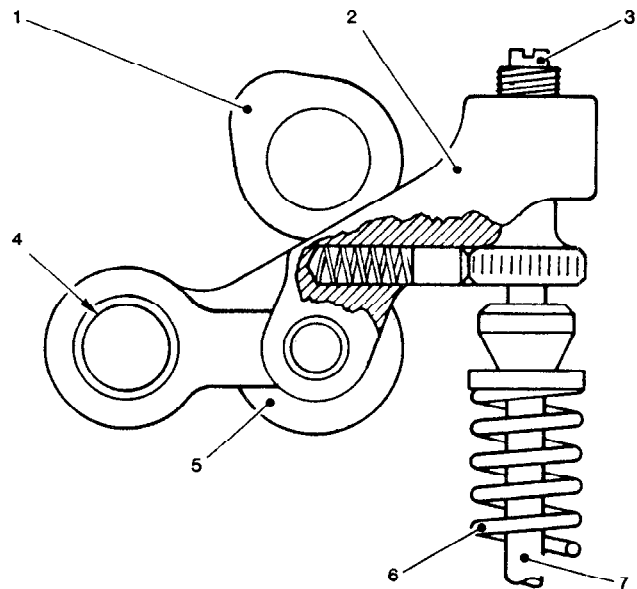


Fig. 6.14 Ajuste de holgura del balancín (impulsor) y de las válvulas en un motor con árbol de levas en la culata: 1 árbol de levas, 2 balancín, 3 tornillo de ajuste, 4 eje de pivoteo, 5 rodillo, 6 resorte de válvula, 7 válvula CATERPILLAR

gura tanto de la cruceta como la de las válvulas. La cruceta tiene un tornillo de ajuste en uno de sus brazos (Fig. 6.15). Este ajuste se utiliza para que la cruceta asiente con uniformidad contra las puntas de ambos vástagos de válvula cuando está centrada en su guía.

Al apretar el tornillo de ajuste se eleva ese lado de la cruceta; al aflojarlo, se bajará ese lado de la cruceta. El ajuste incorrecto en cualquier sentido hará que la cruceta se incline y se traben en su guía. El ajuste está correcto cuando la cruceta hace contacto con los vástagos de ambas válvulas y, a la vez, está bien centrada en su guía para que funcione con libertad.

El procedimiento para el ajuste de las crucetas de válvulas varía según el tipo de motor. En algunos

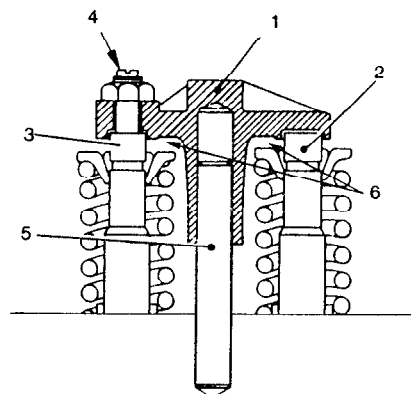


Fig. 6.15 Cruceta o puente de válvulas: 1 superficie de contacto del balancín, 2 y 3 vástagos de válvulas, 4 tornillos de ajuste, 5 guía de la cruceta, 6 holgura entre la cruceta y los retenes CUMMINS

casos, se ajustan al mismo tiempo que la holgura de válvulas; pero, en otros casos, sólo hay que ajustarlas después de un reacondicionamiento cuando se instala la culata o si hay desgaste notorio.

Procedimiento general

Cuando se ajusta la cruceta al mismo tiempo que la holgura de las válvulas, el procedimiento general es el siguiente.

Se afloja el tornillo de ajuste una vuelta y se oprime la cruceta en la parte superior contra ambas válvulas, como se ilustra en la figura 6.16 a). Después, se aprieta el tornillo de ajuste hasta que toca la punta del vástago de la válvula; luego, se lo gira entre 20 y 30° adicionales para centrar la cruceta en su guía y compensar la holgura en las roscas. Después se aprieta la contratuerca y se comprueba el libre movimiento de la cruceta. La holgura de válvulas se ajusta en la forma usual con el tornillo de ajuste en el extremo del balancín y la única diferencia es que, con cruceta. La holgura se comprueba entre el extremo del balancín y la parte superior de la cruceta, en vez de hacerlo entre el balancín y la punta del vástago de válvula (Fig. 6.16 b))

Procedimiento alterno

Hay un procedimiento un poco distinto en el cual se aflojan por completo el tornillo de ajuste del balancín y el de ajuste de la cruceta. Luego, se comprueba

si la cruceta se mueve con suavidad. Primero se ajusta la holgura entre el balancín y la parte superior de la cruceta con un calibrador de hojas; se aprieta el tornillo de ajuste en la cruceta hasta que el calibrador de hojas quede oprimido entre la cruceta y el balancín; después, se afloja el tornillo hasta obtener la holgura especificada medida con el calibrador de hojas.

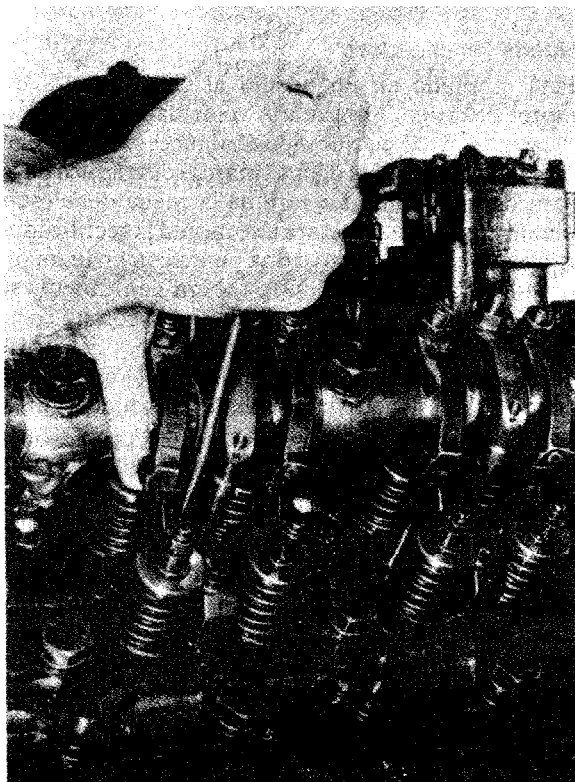
En este procedimiento, primero se ajusta la holgura de válvulas y, luego, la cruceta para centrarla en su guía.

Ajuste en motores Detroit Diesel

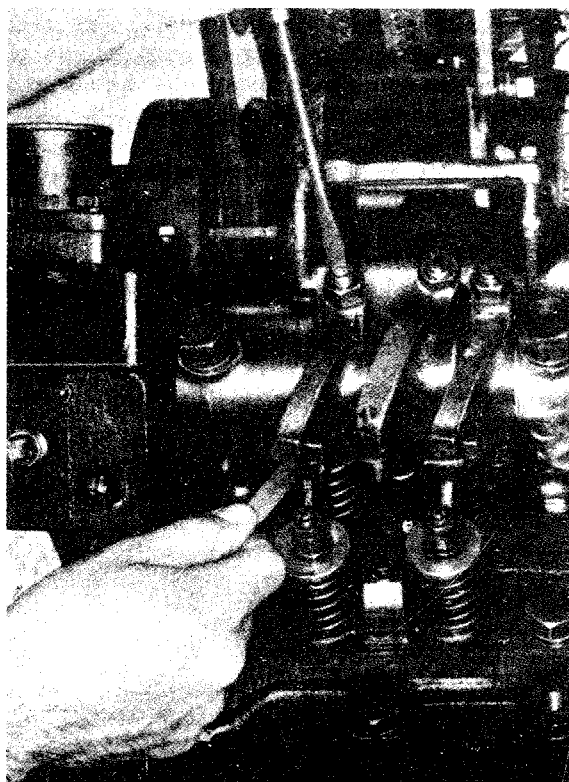
Es una variante del procedimiento general descrito, se requiere desmontar la cruceta de válvulas de su guía y sujetarla en un tornillo de banco mientras se afloja o se aprieta la contratuerca del tornillo de ajuste.

Durante el ajuste se afloja la contratuerca en el tornillo de banco y se vuelve a colocar la cruceta en su guía. Hay que oprimir con firmeza la parte superior central de la cruceta para contenerla en línea recta en la guía. Se aprieta el tornillo de ajuste hasta que apenas toque la punta del vástago de válvula; se lo gira entre un octavo y un cuarto de vuelta adicional y se aprieta la contratuerca con los dedos.

Se saca la cruceta de la guía y se sujeta en un tornillo de banco para apretar la contratuerca a



a)



b)

Fig. 6.16 a) Ajuste de la cruceta de válvulas. b) Ajuste de la holgura de válvulas

CUMMINS

la torsión especificada. Cuando se afloja o se aprieta la contratuerca con la cruceta desmontada del motor, se impiden posibles daños a la cruceta o las válvulas.

Se coloca la cruceta en su lugar y se coloca un calibrador de hojas de 0.30 mm debajo de cada extremo de la cruceta. Al oprimir en el centro de la cruceta, ambos calibradores de hojas quedarán apretados, si el ajuste está correcto. Si uno de los calibradores está flojo, esto indica que la cruceta se traba en su guía y hay que repetir todo el ajuste. Este ajuste sólo se puede efectuar con el balancín desmontado de la cruceta.

Servicio a los balancines

Los balancines están montados en un solo eje o, en algunos casos, en dos ejes separados. El eje a su vez, se monta en la culata con sus soportes. El eje y los balancines se suelen desmontar de la culata como conjunto; luego, se sacan los balancines del eje.

Hay que observar con cuidado la posición de los balancines, pues los de admisión y de escape son diferentes. También hay que observar la posición de los resortes y arandelas (rondanas) espaciadoras. En las figuras 6.17 y 5.3 se ilustra un conjunto típico.

Una vez desmontados los balancines se debe inspeccionar si tienen desgaste o daños. En los balancines que tienen buje (casquillo) se puede reemplazar si está gastado. En algunos balancines, si el extremo de contacto con la válvula está gastado, se puede rectificar en la máquina rectificadora de válvulas. Los balancines demasiado gastados se deben desechar.

En la figura 6.20 se ilustra el aditamento para rectificación de balancines en la máquina rectificadora.

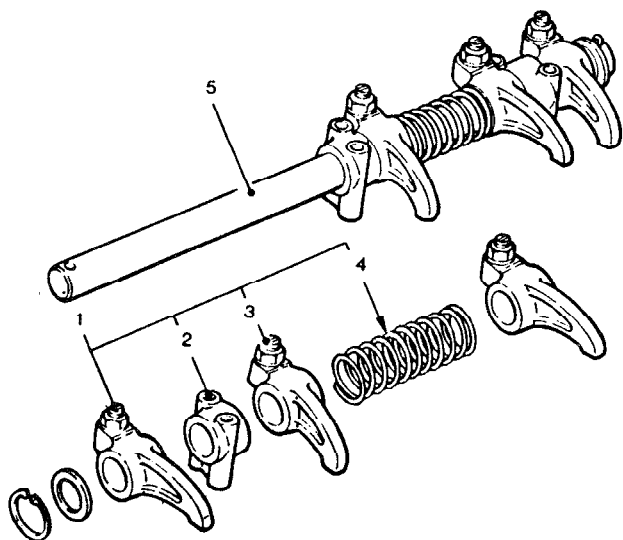


Fig. 6.17 Componentes de los balancines: 1 balancín de escape, 2 soporte del eje, 3 balancín de admisión, 4 resorte, 5 eje
ISUZU

dora de válvulas, con un balancín montado en el brazo del aditamento.

Máquina rectificadora de válvulas

La máquina rectificadora de válvulas se conoce también como refrentadora de válvulas. Es una máquina indispensable para el servicio a las válvulas. Las rectificadoras producen caras de válvulas con acabado fino, al ángulo correcto y concéntricas con el vástago.

Es importante saber manejar la máquina para lograr un buen trabajo y en los párrafos siguientes se describen la construcción y el funcionamiento de un tipo de rectificadora (Fig. 6.18).

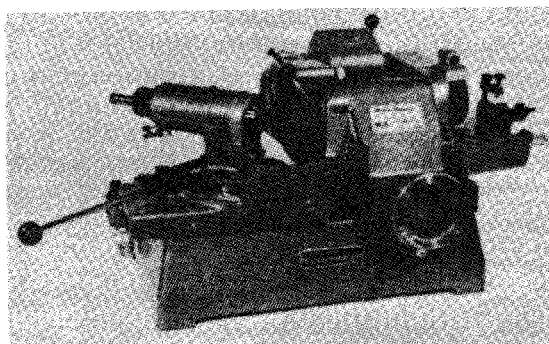


Fig. 6.18 Máquina rectificadora de válvulas REPCO

Rueda rectificadora

Está montada en un husillo al cual impulsa un motor eléctrico. Gira a alta velocidad, por lo cual debe estar bien equilibrada (balanccada) para evitar la vibración, que dejaría marcas de traqueo en la cara de la válvula. La cara de la rueda debe estar plana y lisa. Si es necesario, se monta la rectificadora de ruedas, que incluye una punta con un diamante industrial pequeño, en la cabeza de trabajo y se mueve a través de la cara de la rueda, con un corte ligero, hasta eliminar las irregularidades. La cara de la rueda mostrará el acabado que se le aplica. Un corte ligero producirá un acabado fino requerido en la rueda; un corte grueso abrirá el grano y dejará un acabado áspero. Además, el acabado final de la cara de la válvula será el resultado de la rectificación de la rueda. La rueda áspera producirá esmerilado áspero en la cara de la válvula.

Cabeza de trabajo

La válvula se sujeta en ella por medio de un mandril. La punta del vástago se coloca en un tope cónico para centrarla; el mandril sujeta el vástago cerca de la cabeza. En la figura 6.19 se ilustra la cabeza de trabajo. Al montar la válvula en la cabeza de trabajo hay que sujetarla con firmeza para mantener la punta del vástago centrada en el tope cónico, pues cualesquiera errores en este caso producirán

una válvula con la cabeza descentrada respecto al vástago.

La cabeza de trabajo se puede girar en su base a fin de presentar la cara de la válvula contra la cara de la rueda al ángulo correcto para el juego de válvulas que se rectifica. Una escala graduada permite colocar la cabeza de trabajo con precisión.

Controles

Hay dos controles de accionamiento manual: un volante en el lado derecho que acciona un sinfín de alimentación para mover la rueda abrasiva hacia o en alejamiento de la válvula; una palanca manual en el lado izquierdo para mover la cabeza de trabajo a la derecha o a la izquierda. Al girar el volante para acercar la rueda abrasiva a la válvula y la palanca para mover la válvula a través de la cara de la rueda, se puede lograr la rectificación deseada al ángulo correcto. Cuando funciona la máquina, la válvula gira con lentitud contra la cara de la rueda abrasiva, que gira a alta velocidad. En algunos modelos, el volante y sinfín están dispuestos para mover la cabeza de trabajo hacia atrás y al frente en relación con la rueda abrasiva; en otros modelos, el sinfín mueve la rueda abrasiva en relación con la válvula.

Suministro de líquido de corte y enfriador

Una bomba centrífuga pequeña suministra el líquido de corte y enfriador desde un tanque en la base de la máquina. El líquido se dirige contra la cara de la rueda en el punto de contacto con la válvula. El líquido mantiene fría la válvula y ayuda a tener un acabado más fino. El flujo de líquido se puede controlar o cortar por completo si se desea.

Rectificadora de balancines

Se instala una rueda abrasiva de copa en el husillo en el lado opuesto a la rueda rectificadora de válvulas.

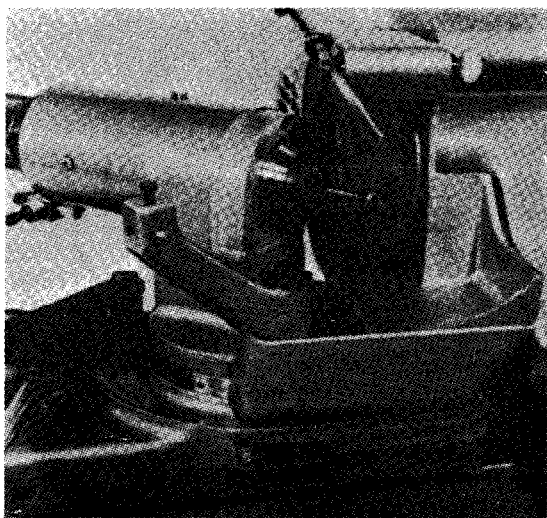


Fig. 6.19 Instalación de la válvula en la cabeza de trabajo de la rectificadora. Se emplea un mandril para sujetar la válvula

REPCO

las. Se puede utilizar para diversos aditamentos, tales como un rectificador del extremo de los balancines si está gastado (Fig. 6.20). Se ilustra un balancín montado entre dos conos centradores para esta operación. Se ajusta el aditamento de modo que al mover la palanca, el balancín se mueve en un arco para el esmerilado correcto de su extremo. Esto a veces, se llama rectificación en curva de los balancines, porque se los rectifica con precisión a la curvatura correcta en el extremo que hace contacto con la punta del vástago de válvula.

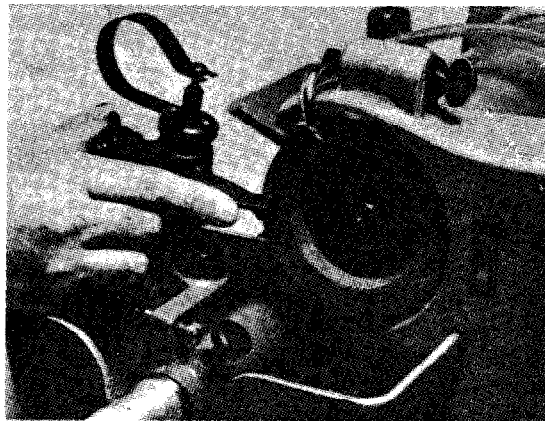


Fig. 6.20 Aditamento para esmerilar balancines

REPCO

Rectificadora de puntas de vástagos (Fig. 6.21)

Este aditamento se monta también en la contrapunta de la cabeza de trabajo. Incluye un montante para un micrómetro de carátula para poder medir la cantidad de metal que se quita. La válvula se sujeta en su soporte en V y el montante para micrómetro se utiliza para ajustar la punta del vástago contra la rueda cóncava; se mueve la válvula hacia el frente y atrás a través del borde de la rueda para quitar la cantidad necesaria de material.

Los extremos de los seguidores o levantadores de válvulas también se pueden rectificar para dejarlos planos con este aditamento, en forma similar a la de la punta del vástago de válvula. En muchos motores modernos se emplean levantadores que tienen una ligera curvatura en la cara de contacto con la leva y se necesita equipo especial para reproducir esa curvatura. Hay aditamentos para algunas rectificadoras de válvulas que permiten efectuar ese trabajo. En los talleres especializados en reconstrucción de motores se utiliza una máquina especial para rectificar los levantadores, similar a la rectificadora de válvulas, pero con una cabeza de trabajo diferente.

Cepillos de alambre

En algunas rectificadoras de válvulas se instala una rueda de cepillo de alambre de acero (Fig. 6.22) como aditamento, o bien, se puede colocar en una esmeriladora de banco. La rueda-cepillo se utiliza

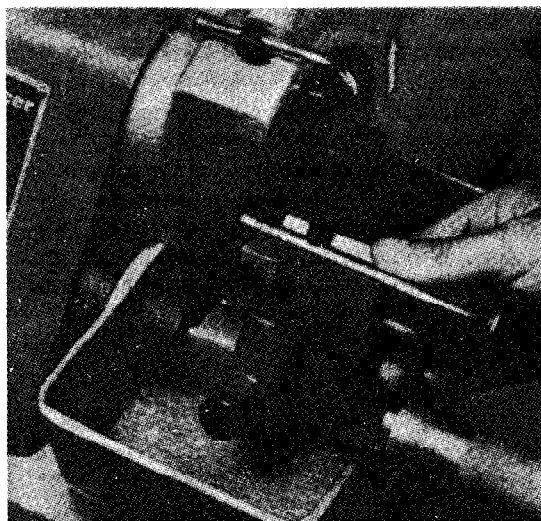


Fig. 6.21 Esmerilado de la punta del vástago con un aditamento de la máquina rectificadora de válvula REPCO

para limpiar el carbón de la cabeza y el vástago de la válvula, que ya deben estar limpios antes de montarlas en la cabeza de trabajo. Los depósitos de carbón en el vástago harán que la válvula se mueva excéntrica en la máquina y se tenga rectificación incorrecta. El carbón o el aceite en la cabeza taparán la rueda abrasiva y ésta no podrá cortar.

Reacondicionamiento de una válvula en la máquina

1. El vástago de la válvula debe estar libre de carbón; la cabeza de trabajo se debe ajustar al ángulo correcto para la válvula (30 o 45°). Si hay que rectificar con diamante la rueda abrasiva, se ajusta primero la cabeza de trabajo a 90° en la escala graduada y se monta la rectificadora de diamante; se hace una pasada ligera a través de la cara de la rueda para eliminar las irregularidades.
2. Se monta la válvula en la cabeza de trabajo y se aprieta el manguito estriado para que el man-

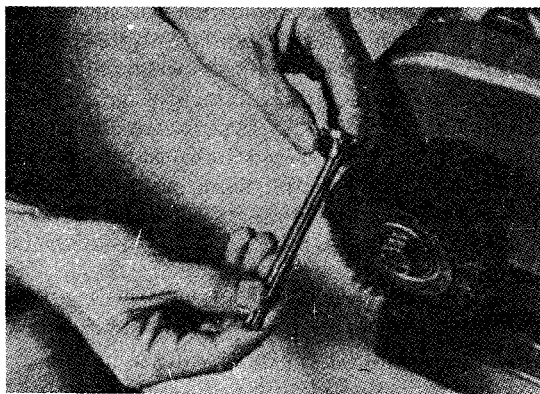


Fig. 6.22 Limpieza de la válvula con el cepillo circular de alambre REPCO

dril sujete el vástago con firmeza. Hay que oprimir la válvula con fuerza dentro de la cabeza de trabajo para centrar la punta del vástago en el tope cónico. Si es necesario, se puede ajustar el tope hacia dentro o fuera de acuerdo con la longitud del vástago.

3. Se pone en marcha la rectificadora y, con la palanca manual, se mueve la cabeza de la válvula a través de la rueda para que quede alineada con la cara de la rueda.
4. Se gira el volante hasta que la cabeza de la válvula apenas toque la cara de la rueda abrasiva. Hay que mover la válvula hacia un lado y otro a través de la cara de la rueda y ajustar el avance para tener contacto ligero de la válvula con la rueda.
5. Si la válvula parece girar descentrada o desviada, lo cual se nota porque la marca de esmerilado no está en toda la circunferencia de la cara de la válvula, pare la máquina; afloje el mandril y gire la válvula media vuelta. Apriete el mandril, ponga en marcha la máquina y haga otro corte ligero.

Si ya mejoró la marca de esmerilado, indica que la válvula estaba mal sujeta en el mandril y se produjo el descentramiento.

Si la marca de esmerilado sigue en el mismo lugar, entonces el error está en la válvula. Continúe la rectificación hasta que se pueda determinar si se limpiará la cara de la válvula o hay que desecharla.

6. Hay que remover sólo el metal preciso para producir una cara lisa y concéntrica. Si el borde o margen de la válvula queda demasiado delgado con la rectificación hay que reemplazarla; una válvula con un margen muy delgado se sobrecalentará y quemará.
7. Se quita la válvula de la cabeza de trabajo y se sujeta en el sujetador en V del aditamento para esmerilar las puntas de vástagos (Fig. 6.21). Se avanza el vástago hacia la rueda de copa con el sinfín de avance moleteado y sólo se quita el material preciso para eliminar las cavidades y picaduras en la punta del vástago.

Reacondicionamiento de asientos de válvulas

Los asientos de válvulas gastados o quemados se pueden reacondicionar con un cortador de asientos o con una piedra abrasiva, que están disponibles en 30 o 45°. Las piedras se montan en una guía (pilot) que las mantiene concéntricas con la guía de válvula. Los cortadores, que son de mano, cortan el asiento concéntrico y al ángulo correcto (Fig. 6.23). Los cortadores no suelen ser muy adecuados para reacondicionar insertos o asientos de acero endurecido, que por lo general, se rectifican con piedras. En general, el reacondicionamiento de los asientos con

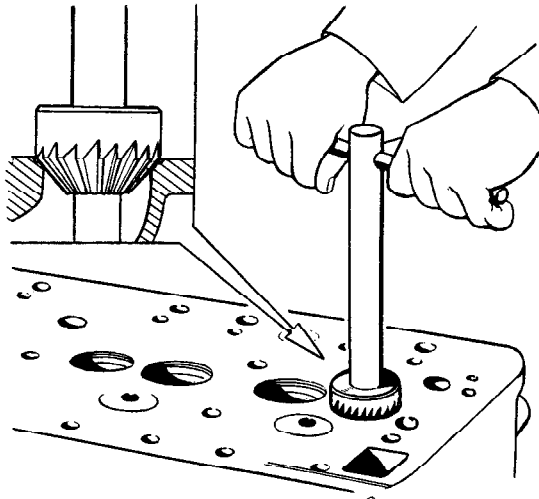


Fig. 6.23 Reacondicionamiento de un asiento de válvula con un cortador

piedras abrasivas da mejores resultados y el trabajo es más rápido porque las piedras cortan con más velocidad, pues son movidas con un taladro eléctrico, mientras que casi todos los cortadores de asientos son de mano.

Equipo para rectificar asientos de válvulas

Para hacer un buen trabajo de rectificación de los asientos de válvulas hay que conocer los componentes del equipo.

Piedras para asientos de válvulas

Son piedras abrasivas pequeñas, de diversos diámetros, disponibles con ángulos de 30°, de 45° o con ambos lados planos. Las piedras planas se pueden cortar al ángulo deseado. También hay piedras especiales para asientos de válvulas endurecidos.

Soporte para piedras (Fig. 6.24)

Tiene un extremo roscado para montar las piedras. El cuerpo del soporte tiene un embrague y para ajustarlo se aprieta el manguito moleteado en la parte superior. El embrague impulsa al soporte y por diseño tiene cierto deslizamiento (patinaje). El deslizamiento produce traqueteo de la piedra contra el asiento y produce un corte rápido. Es necesario que traquetee la piedra para tener un corte correcto. El embrague se ajusta para operaciones de desbaste o acabado del asiento.

Impulsión eléctrica

Algunos modelos tienen su propia impulsión con motor; en otros, se conecta un taladro pequeño, de mano. El taladro debe trabajar a unas 2000 rpm para tener un corte eficaz. Se coloca un acoplamiento de bolas en el mandril del taladro, que ajusta en un asiento en la parte superior del soporte para hacerlo girar en su piloto.

Guías (pilotos)

Se pueden utilizar dos tipos de guías (pilotos) con la rectificadora de asientos: pilotos de expansión que se mantienen fijos en la guía de la válvula y pilotos macizos (de una pieza) que giran dentro de la guía de válvula. Se colocan en la guía de la válvula para sostener el soporte mientras gira a fin de mantener la piedra concéntrica con el asiento y la guía de válvula.

El piloto de expansión (Fig. 6.25) se coloca en la guía de la válvula y se fija para que el soporte pueda girar en torno a él. Para fijar el piloto, se atornilla dentro de la guía para expandir el manguito en la parte inferior del piloto; este manguito de expansión centra el piloto en un extremo de la guía y una parte cónica del piloto sirve para centrarlo en el otro extremo de la guía. Es de máxima importancia que las guías estén limpias y no tengan desgaste excesivo; además, el piloto se debe colocar en la forma correcta, con la parte cónica en contacto con el extremo de la guía de válvula. Cualquier error u holgura hará que el asiento quede excéntrico con la guía con los consiguientes problemas de fugas, etc.

El piloto macizo se coloca en el soporte para las piedras y se sujeta con un tornillo prisionero para fijarlo en el soporte y que gire dentro de la guía de válvula. Este tipo de piloto ahorra tiempo en la rectificación, porque no se necesita tiempo adicional para ajustar y sacar los pilotos de expansión. Una vez que se ajusta el piloto en el soporte de las piedras, se puede pasar de una guía a otra sin sacarlo del soporte. Cuando las guías de válvulas se han rectificado para instalar válvulas con vástagos de sobremedida, también se utilizan pilotos en sobremedida.

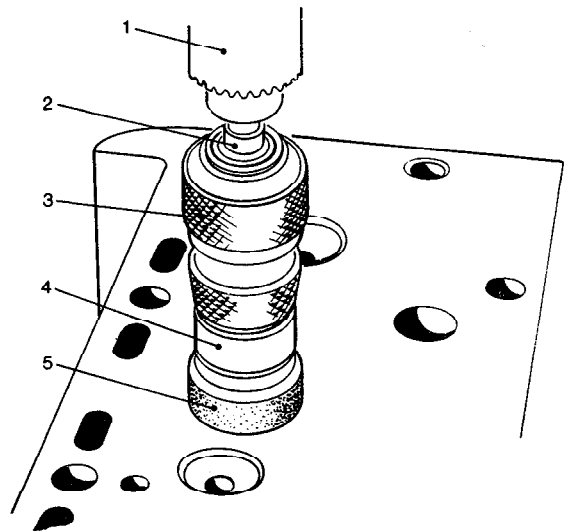


Fig. 6.24 Rectificación de un asiento de válvula: 1 mandril del taladro, 2 bola de impulsión instalada en el taladro, 3 casquillo moleteado para ajustar el embrague, 4 soporte, 5 piedra

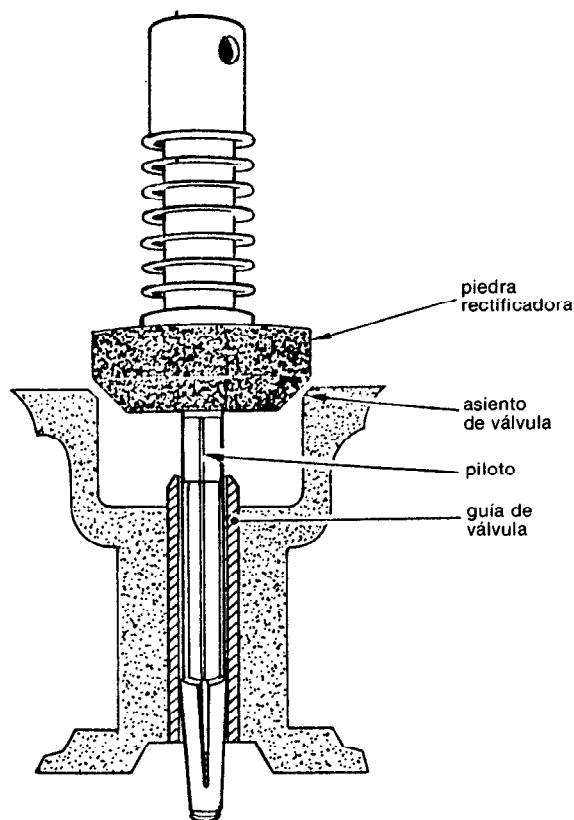


Fig. 6.25 Piloto de expansión instalado en la guía de la válvula junto con la piedra rectificadora de asientos

Rectificadora de diamante

Se utiliza esta rectificadora para rectificar las piedras al ángulo requerido. El soporte con las piedras gira en el piloto con el taladro de mano. Un diamante pequeño montado en el extremo de un soporte roscado acopla con un brazo, el cual permite mover el diamante a través de la piedra con el ángulo correcto. El brazo se ajusta con una escala graduada para moverlo a través de la piedra al ángulo requerido para la piedra. Para rectificar una piedra, se efectúa lo siguiente:

1. Ajústese el brazo al ángulo correcto con la placa graduada.
2. Atornílese la piedra que se va a rectificar en el soporte y colóquelo en el piloto.
3. Muévase el brazo y ajústese el sujetador del diamante hasta que éste apenas toque la piedra.
4. Hágase girar el soporte con el taladro eléctrico y muévase el brazo para que el diamante pase con suavidad contra la piedra para desbastarla al ángulo deseado.
5. Hay que desbastar la piedra con suavidad; un corte fuerte hará que se desprenda el diamante de su sujetador. Cuando la superficie desbastada está lisa, ya se puede utilizar la piedra.

Rectificación de asientos de válvulas

1. Límpiense completamente las guías y asientos de válvulas. Eso es esencial para el centramiento correcto del piloto, a fin de que el asiento quede concéntrico con la guía.
2. Introdúzcase el piloto de expansión en la guía y compruébese su colocación correcta. (Si se utiliza piloto macizo, se instala en el soporte de la piedra).
3. Selecciónese la piedra del diámetro y ángulo requeridos e instálase en el soporte.
4. Pónganse el soporte y la piedra en la rectificadora de diamante y desbaste la piedra.
5. Instálase el soporte en el piloto, hágase girar con el taladro eléctrico aplicando una ligera presión y rectifíquese el asiento de la válvula. El embrague del soporte se puede ajustar para que produzca traqueteo, lo cual ayuda a esmerilar.
6. Si la primera rectificación ligera sólo aparece en un lado del asiento, hay que girar el piloto de expansión media vuelta en la guía de válvula y hacer otra pasada ligera. Si las marcas de esmerilado no están en el mismo lugar en el asiento, es probable que el piloto esté doblado y hay que examinarlo. Se debe tener máximo cuidado al rectificar los asientos para tener la seguridad de que los asientos permanecen concéntricos con las guías.

Asentamiento de válvulas

Una vez que las válvulas y los asientos están rectificadas, hay que asentar las válvulas contra sus asientos, como sigue:

1. Aplíquese una pequeña cantidad de pasta abrasiva ("pomada de esmeril") fina con uniformidad en la cara de la válvula, pero sin que llegue hasta el vástago.
2. Colóquese la válvula en su guía y por medio del asentador o "molinillo" que tiene una ventosa en la punta, gírese la válvula en su asiento unos cuantos grados de cada vez, con una ligera presión (Fig. 6.26).
3. Hay que levantar la válvula con el asentador con frecuencia y girarla a otro lugar en su asiento y continuar el asentamiento. No hay que darle revoluciones completas a la válvula, porque se formarán anillos en la cara de la válvula.
4. Asíéntese la válvula en esta forma hasta que se obtenga una marca continua, pero estrecha, del abrasivo en el asiento y en la cara.
5. Límpiense con todo cuidado los residuos de la pasta abrasiva en el asiento y la válvula. Si se utiliza pasta mezclada con agua se necesita un trapo húmedo para quitarla.

Rectificación combinada de válvulas y asientos

La rectificación combinada de asientos y válvulas es un método muy interesante, en el cual primero se rectifican las válvulas en la rectificadora y se hace el desbastado de los asientos con una piedra. Des-

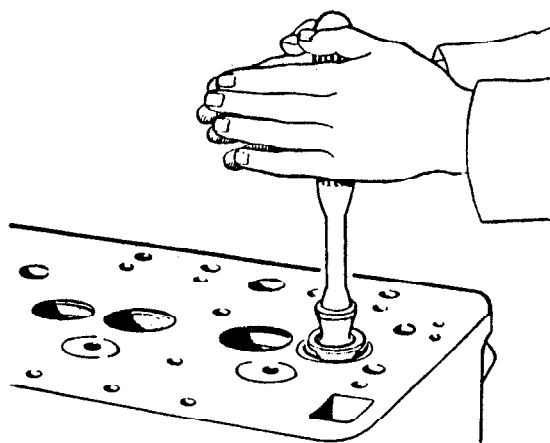


Fig. 6.26 Asentamiento manual de la válvula en el asiento
LEYLAND

pués, se desbasta la piedra con la rueda abrasiva de la rectificadora como si fuera un válvula. Esto asegura que la piedra para el asiento de válvulas está cortada para dar acabado fino con el ángulo exacto de las válvulas; ahora se rectifican los asientos con esta piedra. Quedarán muy lisos y la válvula producirá un sellamiento absoluto y no hay que asentarla a mano contra el asiento.

El procedimiento para la rectificación combinada de válvulas y asientos es:

1. Rectifíquese o desbaste la piedra con diamante. Ajustese el ángulo de la rectificadora y córtese la piedra al ángulo correcto.
2. Instálase el piloto en el soporte. Selecciónese el piloto del diámetro de la guía de válvula y fíjese en el soporte con el tornillo prisionero.
3. Ajustese el soporte para desbastar; para esta operación, hay que apretar el casquillo moleteado para ajustar el embrague. En asientos blandos, el casquillo se pone en un punto intermedio; para asientos duros se aprieta por completo.
4. Desbástense los asientos por orden. Utilícese un taladro eléctrico que funcione entre 2000 y 3000 rpm. El asiento de la válvula debe estar limpio y libre de aceite; aplíquese una presión firme. La piedra debe tener un traqueteo audible contra el asiento; si no, apriétense más el casquillo moleteado. Sin embargo, la vibración excesiva en los asientos blandos producirá un acabado áspero o puede ranurar y, en casos extremos, romper la piedra.
5. Desbaste la piedra con la rueda abrasiva (Fig. 6.27). Córtese el líquido de corte y enfriador de la rectificadora de válvulas y hágase girar la piedra unos segundos para secarla. Móntense el soporte, piedra y piloto en la cabeza de trabajo de la rectificadora; rectifíquese la piedra con la rueda, con un avance ligero, como si fuera una

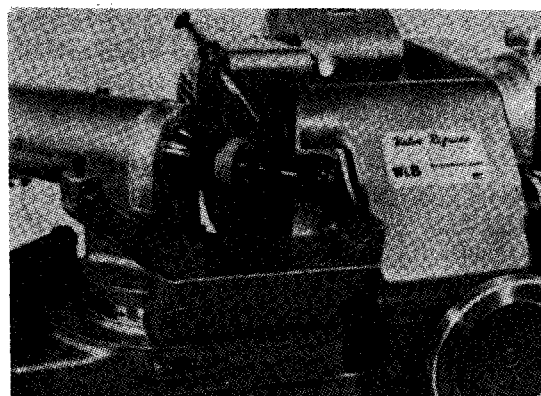


Fig. 6.27 Rectificación de la piedra para asientos en la rectificadora de válvulas, al ángulo exacto de las válvulas
REPCO

válvula. Esto producirá un acabado muy fino en la piedra, al grado que puede reflejar la luz.

6. Hágase el acabado de los asientos. Esto se hace en la misma forma que para desbastar, pero se afloja el casquillo moleteado para reducir la vibración o traqueteo y producir un acabado fino.
7. Compruébese el contacto entre la válvula y el asiento. Aplíquese Azul de Prusia a la válvula y compruébese que toda la cara haga contacto con el asiento. Con las válvulas y asientos rectificados en esta forma, no hay que asentar las válvulas a mano.
8. Angóstense los asientos si es necesario. Si hay que angostar o estrechar la parte superior después de rectificar, se puede hacer con una piedra de menor ángulo o bien, al cortar ese ángulo en el otro lado de la piedra. El ángulo suele ser de 20°.
9. Hay que ahondar la garganta del asiento si es necesario. Utilícese un escariador (rima) de 70° para cortar la garganta del asiento. También se puede utilizar una piedra.

Insertos (engastes) para asientos de válvulas

En los motores grandes se instalan insertos (engastes) o sea asientos postizos para las válvulas; en otros motores, los asientos están maquinados directamente en la culata. Si han ocurrido daños o desgaste o si se ha rectificado en exceso un asiento con lo cual quedó muy profundo o muy grande, se puede instalar un inserto para restaurar el tamaño estándar del asiento. Cuando los insertos se instalan en la fábrica, se pueden sacar los que están gastados o dañados e instalar otros nuevos. Si el motor no tiene insertos, se puede cortar un rebajo en el orificio de la válvula para poder instalar los insertos.

Extracción de los insertos

Para sacar el inserto viejo, se utiliza una cortadora de insertos, con cuidado de remover metal sólo del inserto y no de la culata. Después de sacar el inserto, hay que eliminar todas las rebabas y virutas del corte y limpiar el rebajo.

Otro método es aplicar un cordón con soldadura de arco alrededor del interior del inserto como se ilustra en la figura 6.28. Esto hace que el inserto se contraiga cuando se enfríe y quede flojo en el rebajo en la culata. Cuando el inserto ya está frío se hace palanca con dos destornilladores o palancas en lados opuestos para extraerlo.

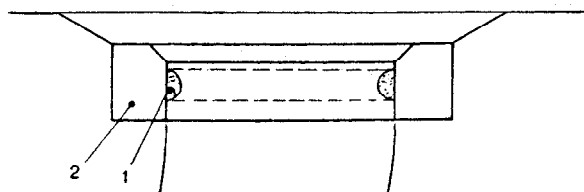


Fig. 6.28 Extracción de un inserto de asiento de válvula con un cordón de soldadura de arco: 1 cordón de soldadura, 2 inserto.

Instalación de insertos

El rebaje para inserto en la culata debe estar limpio y libre de rebabas del corte. El inserto tiene ajuste de interferencia en la culata y se instala con una prensa en forma similar a la ilustrada en la figura 6.29. El inserto debe colocarse en seco y hay que empujarlo hasta que asiente en el fondo del rebajo. En la figura 6.30 se ilustra un inserto en su lugar en el orificio de válvula y se indican las dimensiones que se deben verificar para determinar que sea el tamaño correcto. Se verá que el borde inferior del inserto está maquinado con un pequeño radio. El inserto se debe instalar con un radio contra el fondo del rebajo, pues en otra forma no asentará correctamente. La parte superior del inserto no debe sobresalir de la su-

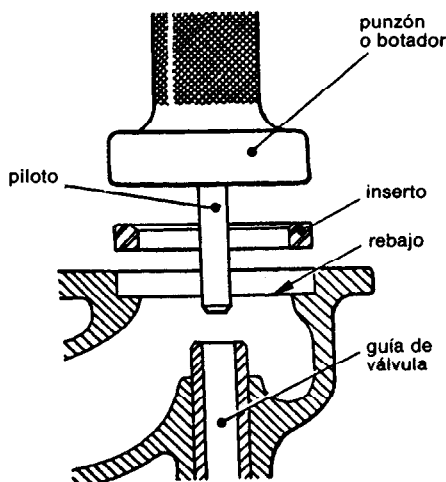


Fig. 6.29 Instalación de un inserto de asiento de válvula

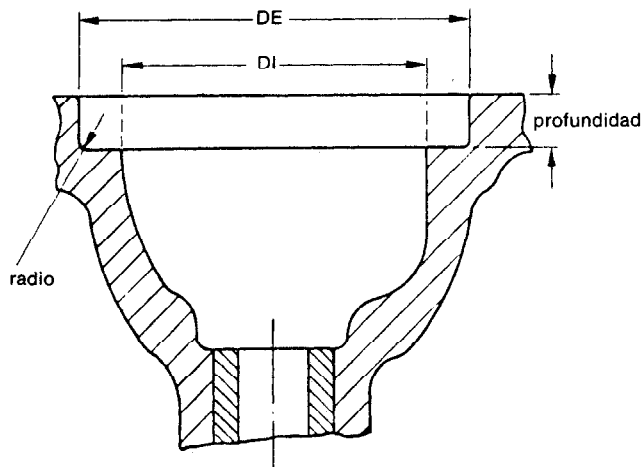


Fig. 6.30 Dimensiones del inserto de asiento de válvula PERKINS

perficie de la culata; si lo hace, se debe maquinar el metal sobrante.

Ya se pueden esmerilar o cortar los ángulos de asentamiento de válvulas en el inserto como se describió antes.

Depresión (profundidad) y prominencia de válvulas

En la figura 6.31 se ilustra un ejemplo de los ángulos a los cuales se debe rectificar el inserto. El asiento se corta a un ángulo de 45° y se forma un ángulo más plano, de 33° . El ángulo plano o abocinado sirve para rectificar el inserto en A para que el asiento quede más profundo en el inserto. Esto hace que las válvulas queden a más profundidad en la culata de acuerdo con las especificaciones para el motor. Las especificaciones pueden requerir que la válvula tenga profundidad o depresión, es decir que está debajo de la superficie de la culata o que tenga prominencia o sea que sobresalga una pequeña distancia en la culata, como se ilustra en la figura 6.32. Debido a la pequeña holgura entre la cabeza del pistón y la culata en casi todos los motores Diesel, a menudo las válvulas se instalan con cierta profundidad. Sin embargo, las especificaciones pueden señalar la profundidad mínima o la prominencia máxima permisibles.

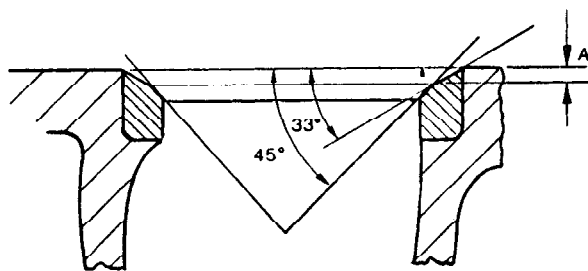


Fig. 6.31 Ejemplo de ángulos de asientos de válvulas. Angulo real del asiento 45° , ángulo menor 33° PERKINS

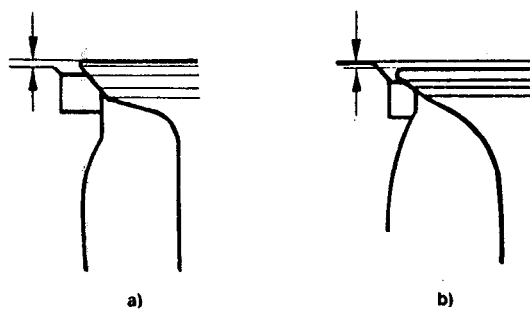


Fig. 6.32 Posición de la válvula en relación con la superficie de la culata: a) prominencia, b) profundidad

ISUZU

Para comprobar la profundidad o la prominencia, se utiliza un micrómetro de carátula montado en una base apoyada en la superficie de la culata. Se pone el micrómetro en cero en la superficie de la culata y se mueve a través de la cabeza de la válvula para medir su altura. La diferencia en las lecturas será la cantidad de profundidad o prominencia. Si excede de las especificaciones, habrá que esmerilar el asiento para que la válvula quede más profunda en el inserto.

En algunos motores se especifica la distancia que debe sobresalir el vástago de válvula en la parte superior de la culata; después, se utiliza para determinar la posición de la válvula en la culata. Las especificaciones pueden darse como una dimensión máxima desde la culata hasta la punta del vástago de válvula o desde la culata hasta la parte inferior de la cazuela del resorte (Fig. 6.33).

Una dimensión mayor que la especificada indica que la válvula está muy profunda en la culata. Para corregirlo, dentro de los límites especificados por el fabricante, se reemplaza la válvula o se colocan arandelas espaciadoras (aumentos) debajo del asiento inferior del resorte. Si con este método no se

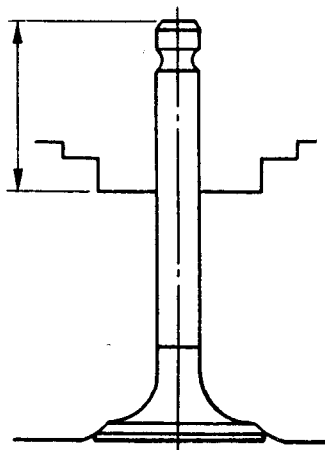


Fig. 6.33 Prominencia del vástago de válvula. Se mide desde el asiento del resorte de válvula hasta la punta del vástago

MAZDA

logra la prominencia especificada de la válvula y si los insertos de asiento no corrigen el problema, habrá que reemplazar la culata.

Equipo para instalar insertos de asientos

El objetivo de esta operación, para instalar insertos en la culata de cilindros son, primero cortar un rebajo en el orificio de válvula que esté plano y concéntrico con la guía de válvula; segundo, instalar un inserto de asiento de válvula que quede firmemente sujeto en su lugar y haga que el asiento quede otra vez a la medida estándar. Hay que colocar el equipo con precisión y seguir las instrucciones del fabricante para obtener un trabajo de precisión. Cuando el rebajo está cortado en la forma correcta, su diámetro será un poco menor que el del inserto que se va a instalar y con ello se tendrá el ajuste de interferencia correcto con la culata, que es alrededor de 0.15 a 0.25 mm.

Hay dos tipos de máquinas para instalar insertos: con motor o de accionamiento manual. Ambos efectúan la misma operación pero tienen diferentes tipos de cortador. El tipo con motor se utiliza en los talleres especializados en reconstrucción de motores, en donde el volumen de trabajo requiere equipo con motor. En la figura 6.34 se ilustra una máquina con motor eléctrico. Las máquinas de accionamiento manual se utilizan más en talleres de servicio; es satisfactoria como la de motor, pero por ser manual se requiere un poco más de tiempo para cortar el rebajo. En la máquina manual se utilizan cortadores dentados (o rimas); en la máquina con motor se emplean cuchillas de dos hojas de carburo de tungsteno.

Instalación de un inserto de asiento

Hay que limpiar la culata de cilindros y sujetarla en un dispositivo especial o en el banco con un tornillo

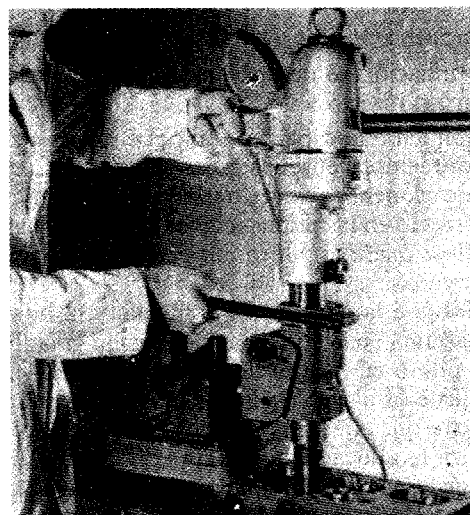


Fig. 6.34 Corte de un rebajo en la culata de cilindros con una máquina instaladora de insertos, para instalar un inserto

REPCO



grande, para que quede bien soportada con la superficie en posición horizontal. Las guías de válvula deben estar limpias; si están muy gastadas, hay que reemplazarlas. El procedimiento es el siguiente:

Selección del inserto

El inserto se selecciona de acuerdo con el material y tamaño del orificio de válvula. Hay dos tipos de materiales: hierro fundido y aleación fundida; el tipo seleccionado dependerá del tipo y aplicación del motor. Los insertos de hierro fundido se utilizan en los motores para trabajo ligero, que podrían ser para automóviles o vehículos ligeros. Los insertos de aleación que se utilizan en los asientos de las válvulas de escape son para vehículos de trabajo pesado, tractores y motores estacionarios. En condiciones de trabajo pesado, se instalan insertos de aleación en los asientos de válvulas de admisión y de escape.

El tamaño de los insertos se encuentra en los catálogos de su fabricante o en las especificaciones del fabricante del motor. Se incluyen tres dimensiones: diámetro exterior, diámetro interior y profundidad o altura (Fig. 6.30), que se indican en esas publicaciones.

Si no se cuenta con información del tamaño recomendado y si no se han instalado todavía insertos, el tamaño se puede calcular como sigue:

1. Calcúlese el diámetro exterior; para ello, se suman 2 mm al tamaño de la cabeza de la válvula.
2. Para calcular el diámetro interior se mide el diámetro del orificio a la profundidad a la cual se instalará el inserto que se pretende emplear.
3. La profundidad mínima debe ser de 4 mm. Consúltense las publicaciones de los fabricantes para seleccionar el inserto más profundo o alto que se pueda instalar.

Instalación del inserto

A continuación se describe el procedimiento para instalar un inserto.

1. Límpiense la cabeza y el bloque y, si es necesario, reemplácense las guías de válvulas.
2. Selecciónense el inserto y la cuchilla del tamaño correcto en las publicaciones de los fabricantes.
3. Selecciónese el piloto correcto para la guía de válvula.
4. Móntese la cuchilla en el husillo y móntese la máquina en la culata, con el husillo guiado con el piloto en la guía de válvula (Fig. 6.34).
5. Ajuste la altura de instalación de la máquina hasta que el husillo gire con libertad. Esto asegura la alineación correcta con la guía.
6. Ajústese la profundidad de corte según el tamaño del inserto, para que la cuchilla no avance más allá de la profundidad del inserto. Se requiere exactitud al preparar la máquina, pues es muy difícil intentar un segundo corte.

7. Iníciase el corte. Cuando el rebajo tenga la profundidad deseada, desmóntese la máquina de la culata.
8. Compruébese el tamaño del rebajo y compárese con el del inserto. Una especificación general, salvo indicación en contrario del fabricante del motor, es un ajuste de interferencia de 0.12 mm mínimo.
9. Sólense todas las virutas del rebajo con aire comprimido. Límpiense el rebajo y el inserto con un disolvente volátil y déjense secar.
10. Instálese el inserto con un instalador o una prensa en la culata, o en el bloque. El inserto tiene un bisel (chaflán) pequeño; esa parte es la que primero se coloca ya que un borde agudo en el inserto cortaría los lados del rebajo y ocasionaría la pérdida del ajuste de interferencia. Para instalar el inserto se utiliza un punzón o botador y hay que darle el número mínimo posible de golpes secos con un martillo pesado. No se utiliza lubricación.
11. La operación final es cortar y acabar el asiento de la válvula al ángulo correcto, como en la rectificación normal.

Si se utilizan insertos de aleación, pueden tener bisel en los bordes superior e inferior. El bisel superior se utiliza para recalcarlo. El metal de la culata se "roletea" o se recalca para sujetar el inserto con firmeza. En la figura 6.35 aparece una vista seccional de este tipo de inserto. Este método para fijar el inserto, es sólo para motores grandes de trabajo extra pesado.

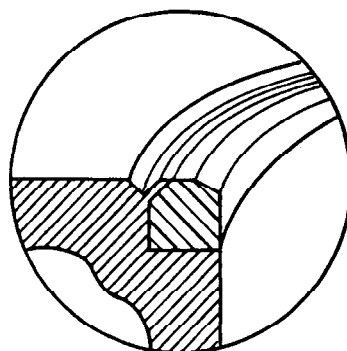


Fig. 6.35 Corte seccional de la culata e inserto que muestra el método para fijarlo por recalcado o "roleteado" REPCO

Localización de grietas en la culata

Las grietas que se producen en las culatas de cilindros y otras piezas no siempre son notorias y es difícil determinar, con la sola inspección, si se puede seguir utilizando una pieza. Esto se aplica a las culatas de cilindros en las cuales pueden ocurrir grietas dentro o alrededor de las cámaras de combustión, en particular en la zona del orificio de válvula. Muchas veces las grietas sólo se pueden

localizar con dos métodos especiales, que se emplean en talleres: el método de tinte penetrante y el método de partículas magnéticas.

Método de tinte penetrante

El método de tinte penetrante es adecuado para la mayor parte de los materiales, incluso metales no ferrosos y materiales no metálicos. Para utilizarlo, primero se limpia la zona sospechosa de la pieza con un disolvente especial para eliminar la mugre y el aceite o grasa; con esto se limpia esa zona y las grietas que pudiera haber. Después, se aplica por aspersión un tinte penetrante rojo en la superficie para que penetre en todas las grietas. Una vez que ha secado el tinte y que ha penetrado, se limpia el sobrante y se aplica un revelador en la zona. Se podrán observar cualesquiera grietas como líneas rojas delgadas, como se ilustra en la figura 6.36.

Detección magnética

El método de detección magnética de grietas sólo se puede emplear con los metales ferrosos, pero no con aluminio o bronce. Con este método, la pieza en que se buscan las grietas se magnetiza y se esparcen partículas de hierro ("marmaja") o un líquido que contenga esas partículas en la superficie que se va a verificar. La pieza se puede magnetizar con un electroimán o con imanes permanentes potentes.

En la figura 6.37 se ilustra un detector magnético que usa imanes permanentes. Se colocan dos imanes muy potentes, uno como polo sur y otro como polo norte en cada extremo de la pieza, en este caso una culata de cilindros. Con esto se produce un campo magnético que atraviesa la pieza, con lo cual si existen grietas, se formará un polo magnético norte y uno sur en cada lado de la grieta. Las partículas de hierro aplicadas en la superficie serán atraídas hacia estos polos para formar una línea que sigue el contorno de la grieta y la hace visible. Se pueden utilizar líquidos de diferentes

colores, llamados tinte magnético o tinte fluorescente para ayudar en la detección.

Cuando ha concluido la prueba, se utilizan placas desmagnetizadoras que se pasan sobre la pieza para desmagnetizarla.

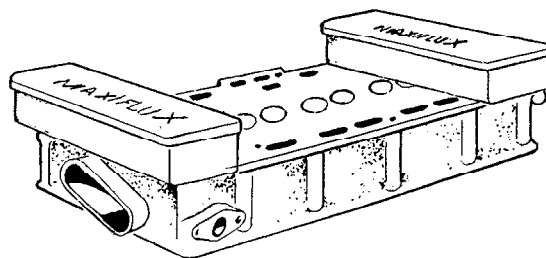


Fig. 6.37 Detección magnética de grietas. Se utilizan imanes permanentes para magnetizar la culata de cilindros REPCO

Reparaciones de culatas agrietadas

Las culatas de cilindros y otras piezas de fundición, que estén agrietadas se pueden reparar con soldadura eléctrica o de arco o con un sistema de espárragos (birlos) o cuñas interconectados. La soldadura requiere precalentar la culata durante largo tiempo para evitar la deformación. Después de esta reparación hay que rectificar las superficies de la culata. En algunos casos, se pueden emplear varillas de soldadura para baja temperatura (eutéticas) sin necesidad de precalentar la culata.

Un método para reparación sin emplear calor, consiste en taladrar, machuelar y colocar una serie de tapones a lo largo de la grieta. Los tapones son cónicos y se instalan muy cercanos entre sí. Cuando se atornilla a fondo el tapón cónico en la culata, empuja al metal circundante hacia fuera o lo pone en compresión. Esta es la condición opuesta a la que ocasionó las grietas, pues éstas se producen por la tensión en el metal originada por la contracción.

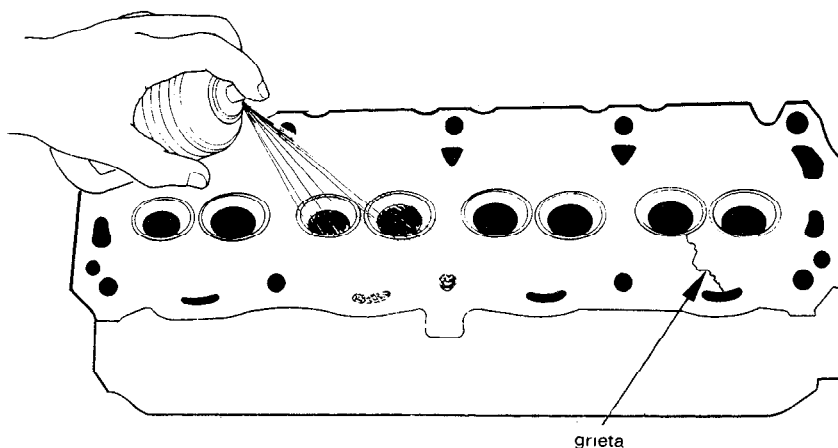


Fig. 6.36 Detección de grietas con tinte penetrante. Se está aplicando el revelador y ha aparecido la grieta en el lado derecho de la culata.

El orden para esta reparación es el siguiente:

1. Se taladra y machuela un agujero en el comienzo de la grieta para instalar un tapón.
2. Se aprieta el tapón cónico en el agujero machueado y se hacen ranuras de corte con un cincel justo encima de la superficie. Después, al apretarlo más se acaba de romper.
3. Se instalan los tapones en toda la longitud de la grieta, se esmerilan y se recalcan con un pequeño

martillo neumático para que toda la zona quede en compresión.

4. Se limpia toda la zona con ruedas abrasivas para dejar una superficie lisa.

También se pueden instalar tiras dentadas de cierre como parte de la reparación. Se colocan en una ranura o en una serie de agujeros interconectados a través de la grieta para cerrarla, mientras se instalan los tapones cónicos a lo largo de la grieta.

Preguntas para repaso

1. Describanse algunos aspectos que se deben tener en cuenta al desmontar una culata de cilindros.
2. Menciónese los puntos que se deben buscar durante la inspección de una culata de cilindros.
3. ¿Por qué se utiliza una llave de torsión para apretar los tornillos de la culata de cilindros?
4. Describase el orden que se debe utilizar para aflojar o apretar una culata de cilindros.
5. Enumérense los puntos que se deben inspeccionar en una válvula después de haberla sacado de la culata.
6. ¿Por qué se utilizan dos resortes en una válvula?
7. ¿Cómo se puede comprobar el desgaste de las guías de válvulas?
8. ¿Qué tipo de herramienta se utiliza para extraer e instalar las guías de válvulas?
9. ¿Qué se hace para que una válvula quede cerrada por completo antes de comprobar la holgura en la punta del vástago?
10. ¿Qué son las crucetas o puentes de válvulas?
11. ¿Por qué tienen ajuste las crucetas de válvulas?
12. Describase un procedimiento general para ajustar las válvulas que tienen cruceta.
13. ¿Cuál es la función de una máquina rectificadora o refrentadora de válvulas?
14. Describase como se reacondiciona una válvula en la máquina.
15. ¿Cómo se reacondicionan los asientos de válvulas?
16. ¿Cuándo hay que hacer el asentamiento manual de las válvulas?
17. Describase como se extrae e instala un inserto de asiento de válvula.
18. ¿Cómo se puede comprobar la profundidad (depresión) y la prominencia de una válvula?
19. ¿Qué efecto produciría el esmerilado excesivo de un asiento de válvula?
20. ¿Cómo se pueden detectar las grietas en una culata de cilindros?

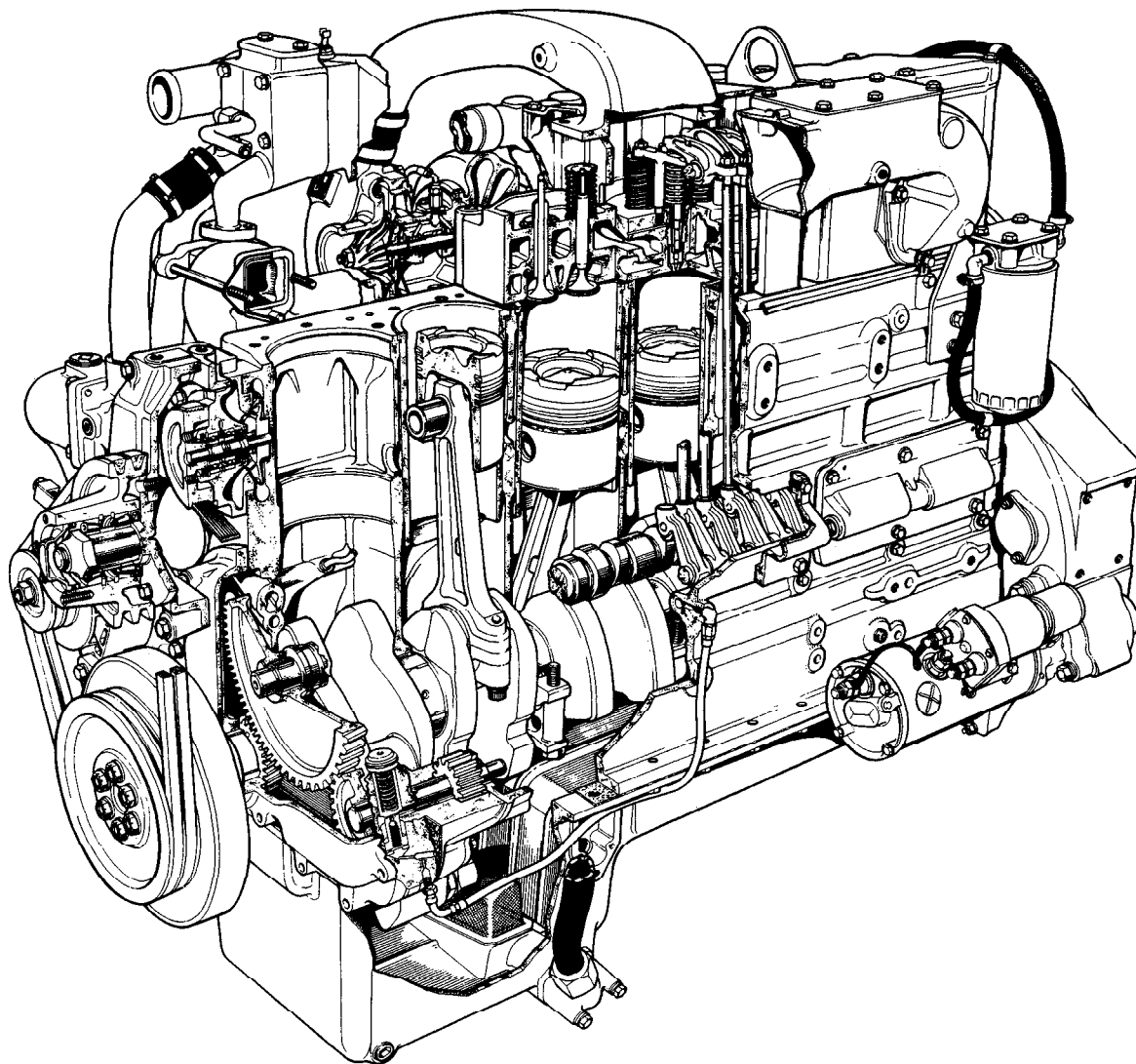


Fig. 6.38 Motor Cummins de 6 cilindros: características internas. Se ilustran los componentes internos del motor, que funciona con el ciclo de cuatro tiempos y tiene inyección directa. Su cilindrada es de 14 litros (855 pulgadas cúbicas) y cuenta con sistema de combustible Cummins PT.

El motor tiene árbol de levas de gran diámetro, impulsado por engranes desde el frente del cigüeñal y el árbol tiene tres levas por cada cilindro: dos para las válvulas y una para el inyector PT montado en la culata.

Se emplean dos válvulas de admisión y dos de escape en cada cilindro. Cada par de válvulas se acciona con un balancín por medio de una cruceta que abarca dos válvulas. En este motor se emplean tres culatas de cilindros, una para cada dos cilindros.

Se utilizan camisas tipo húmedo. Se ilustra que la camisa del cilindro No. 1 está desmontada para que se vea el cilindro en sí. Se aprecia también el rebajo para la ceja de la camisa en la parte superior del bloque y también la parte inferior del bloque contra la cual sellan los anillos selladores y los sellos anulares (Anillos "O" o "ligas").

Las bielas tienen la parte superior u ojo cónica a fin de tener mayor superficie de apoyo en la parte inferior del buje (casquillo) para el pasador (perno) de pistón. Los pistones tienen cuatro anillos, todos encima del pasador. En la ranura para el anillo superior de compresión en el pistón se emplea un inserto para el anillo. La cámara de combustión está formada en la corona del pistón, la cual también tiene rebajos para dejar holgura para las cabezas de las válvulas.

Otros componentes que se pueden ver son el turbocargador en el lado derecho del motor y el amortiguador de vibración montado en la parte delantera del cigüeñal. La bomba del aceite, del tipo de engranes, se impulsa por engranes desde el árbol de levas. En la parte inferior de cada cilindro hay tubos o toberas para enfriamiento por chorro de aceite de los pistones.

CUMMINS

7

Bloque de cilindros

El bloque de cilindros es la parte más grande del motor. También es el componente básico en donde se ensamblan o montan otras piezas para formar el motor completo. En casi todos los motores automotrices el bloque incluye la caja del cigüeñal con los apoyos superiores del cigüeñal en cierto número de cojinetes; algunos motores Diesel, tales como los motores marinos grandes, se construyen con el bloque de cilindros separado de una parte inferior llamada caja del cigüeñal.

El bloque de cilindros (Fig. 7.1), que incluye los apoyos superiores para el cigüeñal, suele ser de una pieza, de fundición de hierro gris o de hierro en aleación con otros metales, como el níquel o el cromo. Se utiliza hierro fundido porque se puede colar en moldes de arena configurados para formar la compleja forma interna y externa del bloque. El espacio para las camisas de agua que rodea a los cilindros se forma también en un núcleo del molde de arena con esa configuración, de modo que durante el proceso de colada quede ese espacio abierto. Después de la fundición se extrae la arena del molde por los agujeros que hay en el bloque para esa finalidad y después se les ponen tapones especiales llamados tapones de expansión. Con esto se tiene el espacio para las camisas de agua.

En el proceso de construcción del motor en la fábrica, la pieza fundida en bruto se somete a una serie de operaciones de maquinado: se mandrilan los cilindros, se maquina ciertas superficies para dejarlas planas y lisas, se taladran agujeros y se machuelan antes de que quede terminado el bloque en el cual se montarán las otras piezas del motor.

Los cilindros de muchos motores están cortados, o mandrilados integralmente en el hierro fundido del bloque; en otros motores se utilizan camisas de cilindros que se fabrican por separado y se instalan en el bloque. Casi todos los motores Diesel tienen camisas de cilindros.

El hierro fundido es adecuado para la pared de los cilindros pues es resistente al desgaste y al calor.

En algunos motores, la pared de los cilindros tiene un baño de cromo, que es un metal muy duro, para reducir el desgaste de la pared y aumentar la duración del motor.

El hierro fundido también es adecuado para la parte inferior del bloque, pues se logra una falda muy rígida que no se flexiona con la carga. La parte inferior del bloque incluye almas de fundición para darle más rigidez y para soportar los cojinetes y el cigüeñal debajo de los cilindros.

El árbol de levas suele estar montado en el bloque y está soportado por cojinetes del tipo de manguito que se instalan a presión en agujeros maquinados en las almas del bloque. En algunos motores pequeños, el árbol de levas se mueve contra la superficie de hierro fundido, ya que no se emplean cojinetes.

En la parte delantera del bloque hay superficies maquinadas para montar la tapa de engranes de sincronización; en la parte trasera hay otra superficie maquinada en donde se monta la cubierta del volante o la impulsión de accesorios o placa adaptadora. Se han provisto otras superficies de montaje para los accesorios externos como la bomba de combustible, bomba del agua y filtros.

El bloque, además de los apoyos para el cigüeñal y las cavidades para el árbol de levas, incluye aberturas para los seguidores de levas, soporte para la bomba del aceite; además, hay pasajes o conductos para aceite y cavidades para el líquido enfriador. En los motores de dos tiempos también hay conductos como parte del sistema de admisión de aire.

Características de diseño del bloque

En la figura 7.2 se ilustra un bloque de cilindros típico. Se han desmontado muchas de las piezas del bloque pero todavía se pueden apreciar los siguien-

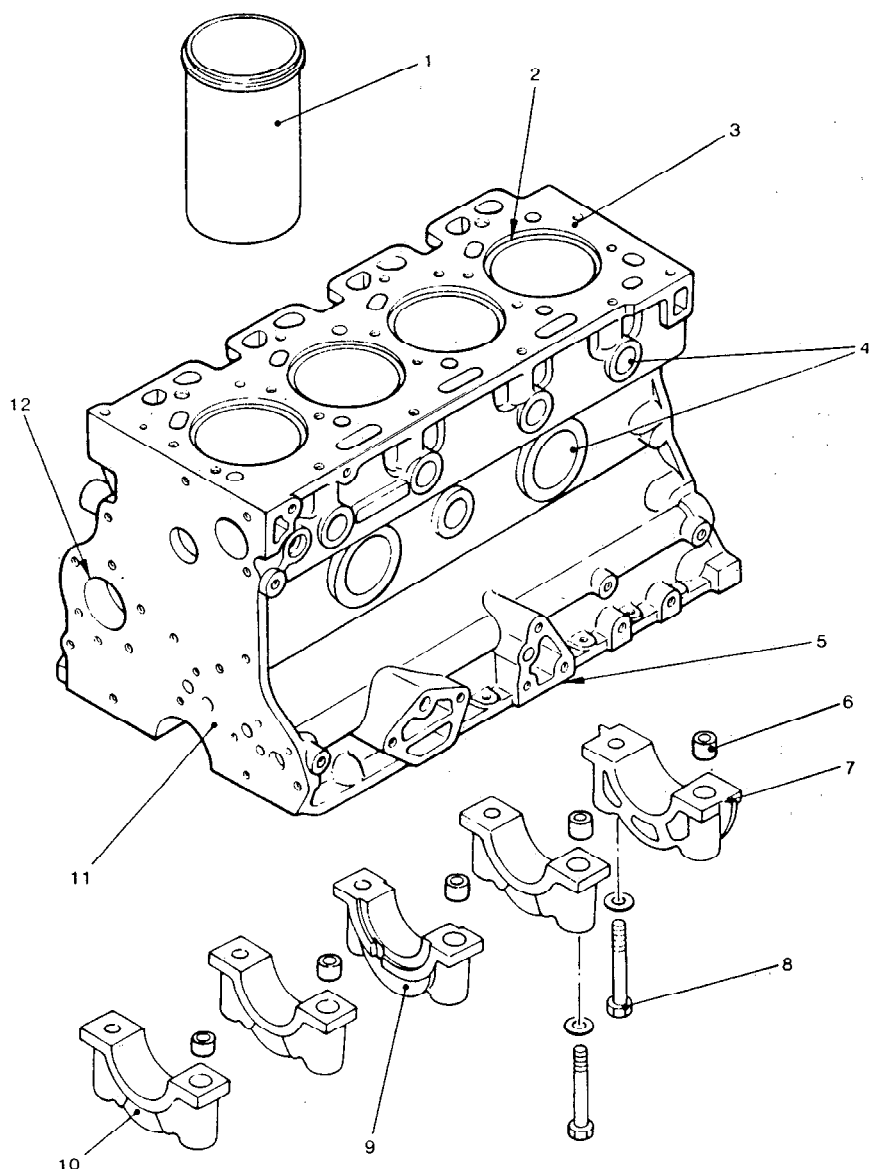


Fig. 7.1 Bloque de cilindros de un motor de cuatro cilindros: 1 camisa de cilindro, 2 rebajo, 3 bloque, 4 tapones de expansión, 5 cara de montaje, 6 pasador tubular, 7 cojinete principal trasero, 8 tornillo de tapa de cojinete, 9 cojinete central con caras de empuje, 10 cojinete principal delantero, 11 cavidad para cojinete principal, 12 cavidad para el árbol de levas

MAZDA

tes aspectos: *a*) es un bloque de seis cilindros con camisas reemplazables; *b*) el bloque es para un motor en línea, no en V; *c*) el motor se instala con los cilindros verticales (en algunos tipos de autobuses, la instalación es horizontal); *d*) es un motor enfriado por líquido; *e*) la falda o parte inferior del bloque se extiende más allá de la línea de centro del cigüeñal a fin de dar la rigidez necesaria en motores grandes.

En la ilustración se muestran también piezas del bloque y componentes que se han desmontado.

Bloque tipo en V

En la figura 7.3 se ilustra un bloque de cilindros del tipo en V junto con algunas de las piezas que se instalan en el mismo. Es un bloque de cilindros con dos bancos, cada uno con cuatro cilindros y colocados en ángulo de 90°. Las diversas piezas, que se localizan en la ilustración con los mismos números, son:

1. Tapa del mando de levas. Se encuentra entre los dos bancos de cilindros para cubrir la cámara

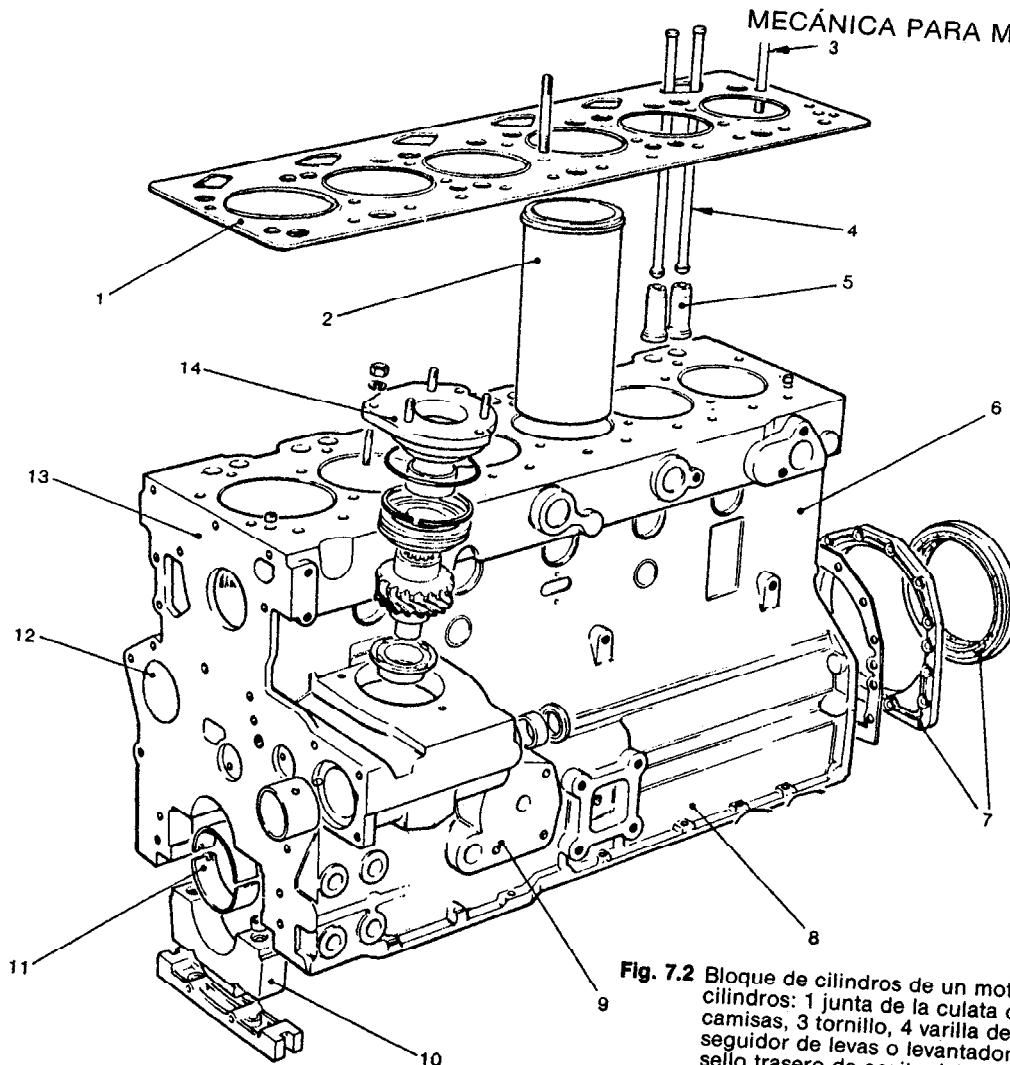


Fig. 7.2 Bloque de cilindros de un motor de seis cilindros: 1 junta de la culata de cilindros, 2 camisas, 3 tornillo, 4 varilla de empuje, 5 seguidor de levas o levantador, 6 bloque, 7 sello trasero de aceite del cigüeñal, 8 falda del bloque, 9 cara de montaje del filtro de aceite, 10 tapa de cojinete principal delantero, 11 cojinete principal delantero, 12 cojinete delantero del árbol de levas, 13 cara de montaje para la bomba del agua, 14 impulsión para la bomba de inyección

PERKINS

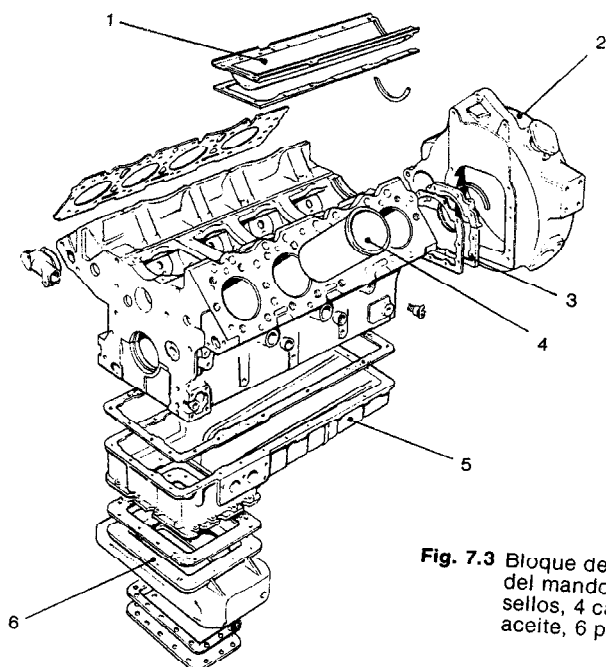


Fig. 7.3 Bloque de cilindros de tipo en V: 1 tapa del mando de levas, 2 cubierta del volante, 3 sellos, 4 camisa de cilindro, 5 depósito de aceite, 6 parte profunda del depósito de aceite

FORD

en donde van colocados los seguidores de levas o levantadores de válvulas y la parte inferior de las varillas de empuje.

2. La cubierta del volante, que suele ser de hierro fundido, se atornilla en la parte trasera del motor.
3. La cubierta o retén del sello trasero de aceite. En ella se coloca el sello trasero de aceite que impide el escape de aceite por la parte trasera del cigüeñal.
4. Camisa de cilindros. Se emplean camisas en todos los cilindros de este motor. Se ilustra una camisa desmontada.
5. Depósito de aceite (cárter). Se hace con hierro fundido o aluminio de aleación y se atornilla en la parte más baja del bloque.
6. La parte profunda o pozo del depósito se monta en la parte delantera del mismo y tiene una tapa inferior.

Además de los componentes antes citados, se utiliza cierto número de juntas y sellos. Se instalan entre las piezas para retener el aceite e impedir el paso de cuerpos extraños, polvo y agua. Las juntas de la culata, de las cuales se ilustra una, forma un sello hermético a los gases y el agua entre las culatas y el bloque de cilindros.

Bloque de cilindros separable

Algunos motores se construyen con bloque de cilindros que se puede separar de la caja del cigüeñal o cuerpo del motor. En la figura 7.4 se ilustra el bloque de cilindros y en la figura 7.5 se ilustra la caja del cigüeñal para ese tipo de motor. Este tipo de construcción no es común en motores automotrices, pero sí se emplea en motores Diesel grandes, como los marinos o estacionarios.

Con este tipo de construcción, el bloque de cilindros se funde y maquina por separado de la caja del cigüeñal. Esto permite utilizar materiales diferentes en cada uno. En el motor ilustrado, el

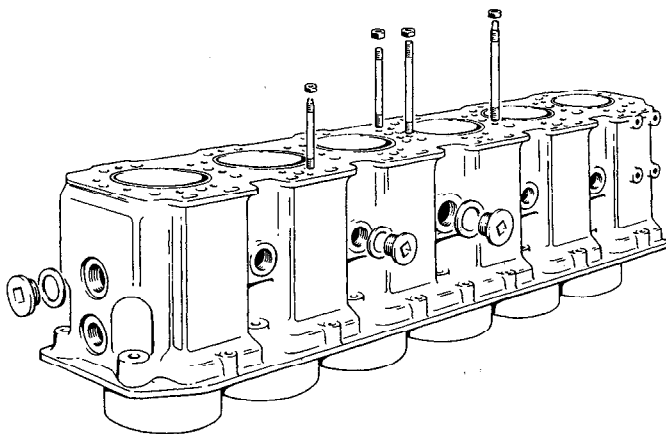


Fig. 7.4 Bloque de cilindros que se puede separar de la caja del cigüeñal

GARDNER

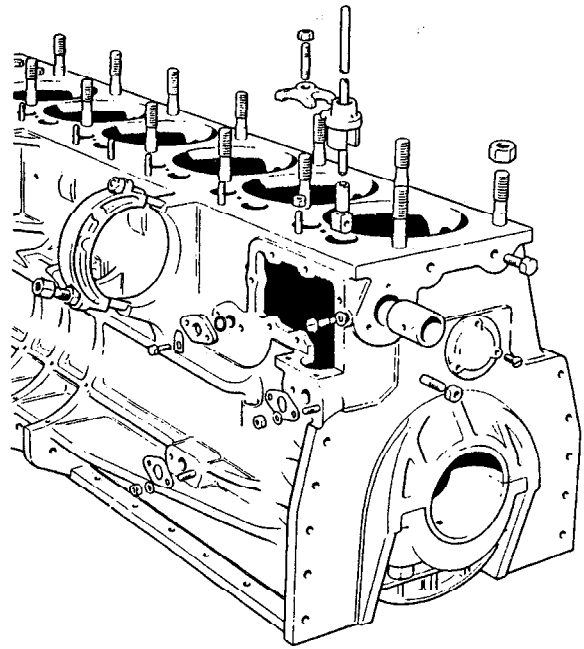


Fig. 7.5 Caja del cigüeñal con el bloque de cilindros desmontado, vista desde la parte posterior

GARDNER

bloque de cilindros se funde en una sola pieza para los seis cilindros; la caja del cigüeñal está hecha con aluminio; éste es mucho más ligero que el hierro fundido y reduce la masa total del motor, lo cual aumenta su relación potencia: peso.

Cuando se monta el bloque de cilindros en la caja del cigüeñal, las partes inferiores de los cilindros pasan por los agujeros en la parte superior de la caja. El bloque tiene una brida alrededor de su borde inferior para atornillarlo en la parte superior de la caja del cigüeñal. La culata, o culatas en algunos casos, se atornillan en la parte superior del bloque.

Cilindros enfriados por aire

Los cilindros de los motores enfriados por aire suelen ser independientes entre sí y se atornillan en una caja de cigüeñal común. Cada cilindro se hace por separado, con aletas para enfriamiento fundidas alrededor del exterior del cilindro. Las aletas, con frecuencia, son maquinadas. Sería imposible construir un motor enfriado por aire del tipo de "monoblock" porque las aletas deben abarcar toda la circunferencia del cilindro para tener un enfriamiento adecuado. La construcción con cilindros separados permite lograrlo. En la figura 15.26 se ilustra la construcción de un motor enfriado por aire.

Los motores enfriados por aire están equipados con un soplador y ductos para dirigir el aire alrededor de los cilindros y sobre las aletas. El calor se transfiere de las aletas al aire para reducir la temperatura de los cilindros y de la culata.

Camisas de cilindros

Las camisas de cilindros se fabrican por separado del bloque y se instalan durante el ensamble del motor.

La fabricación de camisas fundidas por separado permite el empleo de un hierro de grado diferente al del resto del bloque. El hierro para la camisa puede ser resistente al desgaste, mientras que el utilizado en el bloque puede ser de un grado que se pueda fundir con más facilidad para la compleja configuración requerida en el bloque. Se puede tener un control más uniforme de la fabricación de las camisas cuando no son parte de una pieza grande de fundición.

Se utilizan tres tipos de camisas en los bloques de cilindros, llamadas camisas secas, camisas secas con ceja y camisas húmedas.

Camisas secas

La camisa seca es la que no lleva agua por su exterior, sino que se instala a presión, por lo general con un ajuste de interferencia de 0.1 mm en el bloque. La superficie externa de la camisa está paralela y en contacto con el barreno en hierro fundido del bloque en toda su longitud. Su espesor suele ser de alrededor de 2 mm y se instala a presión en el bloque con la parte superior de la camisa al ras con la superficie superior del bloque, con lo cual después de maquinar la superficie, apenas se puede distinguir la camisa.

Este tipo de camisa se instala a veces en motores nuevos pero también se emplea para reacondicionar cilindros de motores que no tienen camisas de fábrica (encamisarlos) cuando los cilindros están tan gastados o dañados que no se pueden maquinar sin quitar demasiado metal. Esos cilindros se maquinan a un diámetro de acuerdo con el diámetro exterior de la camisa, se instala la camisa a presión y, después, se maquina y se da el acabado adecuado para poder instalar pistones de medida estándar (Fig. 7.6).

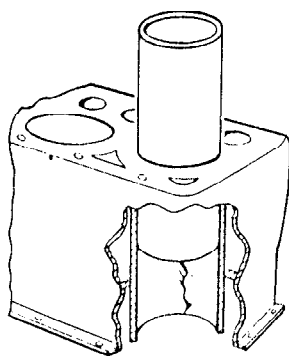


Fig. 7.6 Cuando el motor no tiene camisas instaladas de fábrica, se puede "encamisar" para reparar cilindros dañados o gastados

El ajuste de una camisa seca es importante y los fabricantes del motor o de las camisas especificarán el ajuste de interferencia requerido. La eficiencia con la cual se transfiera el calor de una camisa al bloque de cilindros y al líquido enfriador depende del ajuste de la camisa.

Una camisa instalada muy floja no hará buen contacto con el bloque y se establecerá una barrera térmica que mantendrá el calor dentro de la camisa y producirá un aumento de temperatura, que a su vez puede ocasionar rayaduras de la pared del cilindro, pistones y anillos.

Si se ajusta una camisa demasiado apretada también habrá problemas porque se comprimirá el material de la camisa. Esta compresión hará que la camisa se contraiga y se pierda el ajuste de interferencia, con lo cual quedará un hueco entre la superficie externa de la camisa y el bloque. Este hueco se llenará con carbón y otros cuerpos extraños y se formará una barrera térmica. El resultado también serán rayaduras y escoriaciones.

En algunos casos, las camisas secas se pueden reacondicionar con rectificación sobre medida y la instalación de pistones y anillos sobre medida; pero, por lo general, se extraen de los cilindros y se instalan camisas nuevas.

Camisas secas con ceja

Están construidas de modo que se puedan sacar del bloque e instalar, si es necesario, camisas nuevas durante la reparación del motor.

Estas camisas son similares a la camisa seca sencilla, excepto que tienen una ceja en la parte superior que ajusta en un rebajo en la parte superior del bloque. Se reduce el ajuste de interferencia entre la camisa y su cilindro, con lo cual la camisa se puede extraer si está gastada e instalar una nueva, sin necesidad de ninguna operación de maquinado. La camisa nueva se instala a presión con la ceja dentro del rebajo en la parte superior del bloque. Cuando la camisa queda bien asentada en su lugar, su parte superior tendrá una ligera prominencia, con lo cual la culata de cilindros impedirá que se mueva la camisa cuando se arme el motor. El barreno en el bloque debe ser redondo y libre de deformación, pues la exactitud de la camisa depende en gran parte del contacto de su superficie externa con la cavidad para el cilindro en el bloque.

Camisas húmedas

La camisa húmeda es aquella en la cual su superficie externa forma parte de las camisas de agua que rodean los cilindros. Se les da ese nombre porque el líquido enfriador moja la superficie externa de la camisa. Esto elimina el problema de transferencia de calor (que se mencionó con relación a las camisas secas) pero es necesario un sello en la parte superior de la camisa para evitar que penetre el líquido enfriador en el cilindro y también otro sello en la

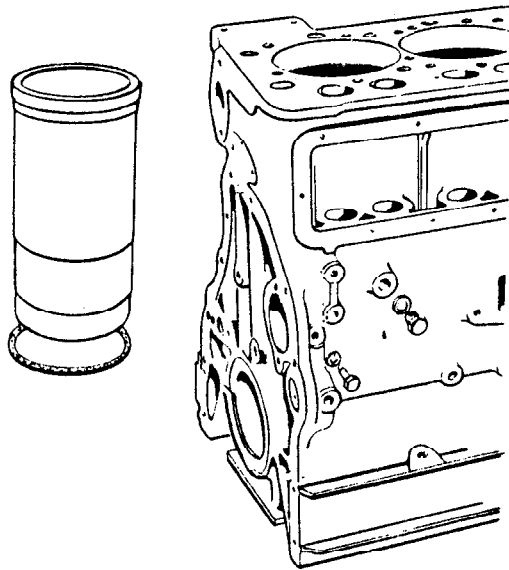


Fig. 7.7 Bloque de cilindros con camisas húmedas. Las camisas se han desmontado y se ilustra una en el lado izquierdo

parte inferior de la camisa para que el líquido enfriador no llegue al depósito de aceite. En la figura 7.7 se ilustra un motor con camisas húmedas. El bloque no tiene cilindros de longitud total, sino que se emplea un agujero de montaje en el que se instala la camisa.

El espesor de pared de las camisas húmedas es mucho mayor que el de las camisas secas y ese espesor adicional se necesita porque la camisa húmeda no tiene apoyo en el bloque de cilindros en toda su longitud. Por tanto, se requiere una camisa húmeda de pared gruesa para que mantenga su configuración y no se deforme.

La parte superior de la camisa tiene una ceja que ajusta en un rebajo o avellanado en la parte superior del bloque. La camisa sobresale un poco en el bloque, de modo que la culata sujeta con firmeza la junta de culata contra la camisa para formar un sello. En algunos motores se utiliza un anillo sellador de cobre debajo de la ceja y, según sea el tipo de junta, también encima de la ceja. Se pueden utilizar suplementos (lainas) debajo de la ceja para calzar la camisa de modo que tenga la prominencia correcta sobre la superficie del bloque.

El extremo inferior de la camisa lleva uno o dos anillos selladores de Neoprene que impiden el escape de líquido enfriador hacia el depósito de aceite.

Es fácil reacondicionar los motores con camisas húmedas; pues no hay dificultades para extraer e instalar las camisas. Los fabricantes surten juegos apareados de camisa y pistones nuevos, del tamaño correcto para instalarlos en el motor y no se requiere ningún acabado adicional después de instalar.

Colocación de las camisas

En la figura 7.8 se ilustra la colocación de cuatro tipos diferentes de camisas en el bloque de cilindros. En la figura 7.8a) se muestra una camisa seca, en contacto de metal con metal a toda su longitud. La camisa queda instalada al ras con la cara del bloque en la parte superior y al ras o con una pequeña prominencia en la parte inferior. Por lo general, se requiere un examen detenido para distinguir entre la camisa seca y el metal del bloque que la rodea.

En la figura 7.8b) se muestra una camisa seca con ceja. También tiene contacto total con el bloque de cilindros.

En la figura 7.8c) se muestra una camisa húmeda. También tiene ceja para colocarla en forma correcta en el bloque. Tiene contacto directo con el líquido enfriador en casi toda su longitud. La junta de la culata en la parte superior y los sellos de Neoprene en la parte inferior impiden el escape de líquido enfriador entre la camisa y el bloque.

En la figura 7.8d) se muestra una camisa seca para un motor de dos tiempos, la cual tiene cierto número de lumbreras de admisión de aire en su circunferencia en la parte central. La camisa hace contacto directo con el bloque. Este tipo de camisa suele ser más largo que los otros y sobresale un poco más en la parte inferior del bloque.

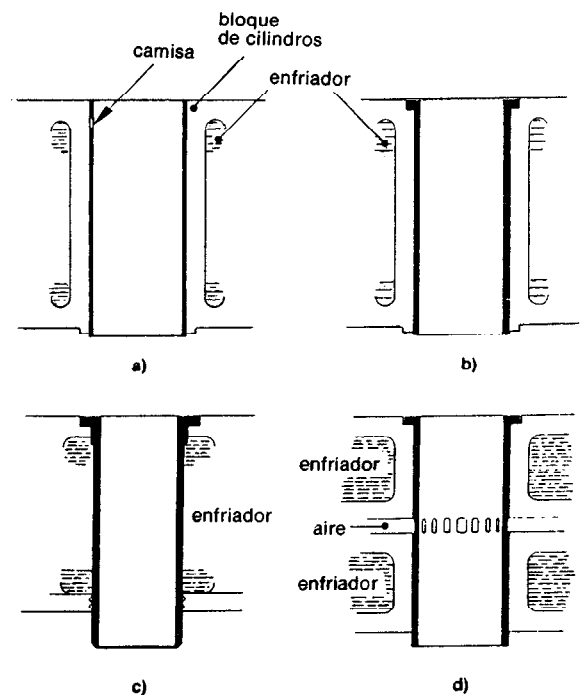


Fig. 7.8 Colocación de las camisas en el bloque de cilindros: a) camisa seca, b) camisa seca con ceja, c) camisa húmeda, d) camisa para motor de dos tiempos

Prominencia de la camisa

Las camisas húmedas y las camisas secas con ceja tienen una prominencia especificada en la parte superior del bloque; la prominencia varía según el motor pero es alrededor de 0.1 a 0.2 mm. Aunque es una distancia muy pequeña, es suficiente para asegurar que la junta de la culata selle contra la camisa y, a la vez, mantiene la camisa con firmeza en el bloque. En algunas camisas, la parte superior de la ceja no es plana, sino que está maquinada para formar uno o dos rebordes alrededor de la arista de la ceja. Esto permite que la junta se adapte a la forma de la parte superior de la ceja y se produce un mejor sellado que si estuviera colocada contra una superficie lisa.

Precauciones al hacer girar el motor

Se debe tener en cuenta, en particular con las camisas húmedas, que no hay nada que las sujete una vez que se desmonta la culata; las camisas se podrían mover al hacer girar el motor. Si ocurre así, se desplazarán los sellos y aunque las camisas vuelvan a su posición original, es muy probable que ocurran fugas por los sellos. Por esta razón, las camisas se deben sujetar en su lugar con placas o grapas de sujeción atornilladas en el bloque, mientras está desmontada la culata.

Sellamiento de las camisas

En la figura 7.9 se ilustra el método de sellamiento para las camisas húmedas. En los insertos aparecen detalles de la forma de la camisa en diversos lugares.

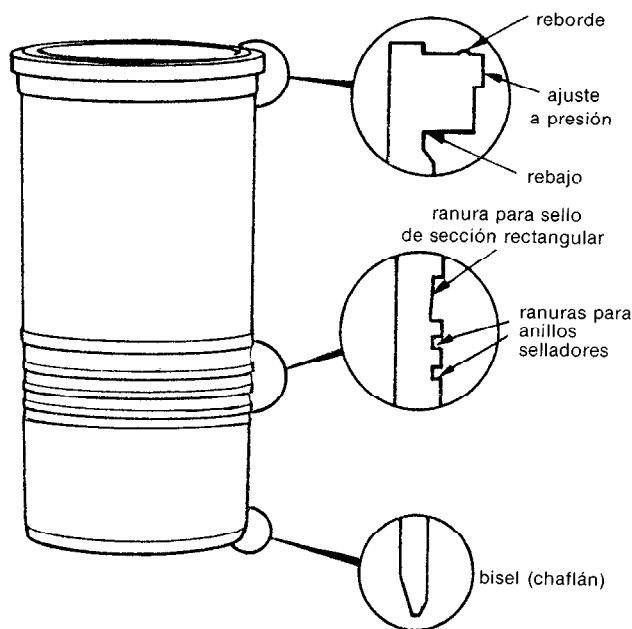


Fig. 7.9 Posición de los sellos en la camisa de cilindro

CUMMINS

Se puede ver que la ceja superior tiene un reborde sellador en donde hace contacto con la junta de la culata. Este reborde, junto con la prominencia de las camisas encima del bloque produce sellamiento en la parte superior de ellas. Una sección pequeña de la ceja tiene su diámetro exterior agrandado para poderlo instalar a presión en el rebajo en el bloque.

La cara inferior de la ceja está destinada a asentar en forma plana contra el fondo del rebajo o para tener una ligera inclinación hacia arriba. En la junta entre la ceja y la brida hay una ranura y también un filete o radio pequeño. Estos relevadores de esfuerzos pueden ocasionar grietas entre la ceja y la camisa en sí.

En el extremo inferior de la camisa hay anillos selladores instalados en ranuras. En la camisa ilustrada se emplean tres anillos selladores. El inferior es un sello anular (Anillo "O" o "liga") de caucho (hule) de siliconas para resistir el contacto con el aceite caliente en el depósito. El sello intermedio también es anular, de Buna o Neoprene, que tiene menor resistencia al aceite pero muy alta resistencia al agua, al anticongelante, a los productos que se agregan al agua y a otras sustancias químicas. El sello superior se llama de sección rectangular, es ancho, de Neoprene de alta resistencia a la abrasión y no lo alteran los productos químicos del líquido enfriador. Este sello sirve para proteger a los sellos anulares contra daños por los productos abrasivos en el líquido enfriador.

Los métodos correctos para la instalación son muy importantes pues los daños a los sellos no sólo

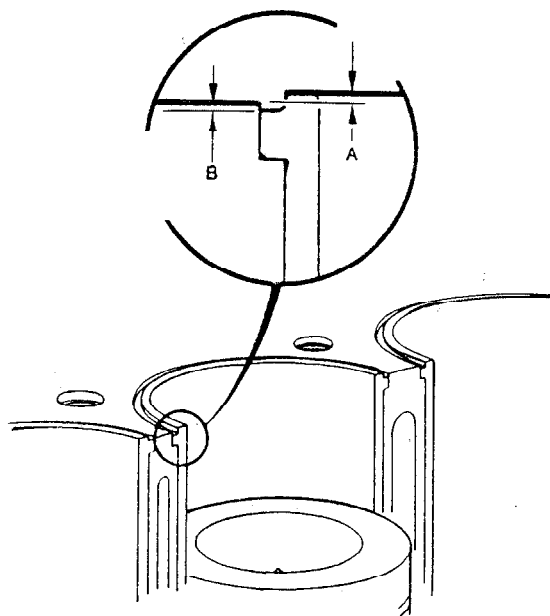


Fig. 7.10 Prominencia de la ceja de una camisa de cilindros seca. A prominencia de la camisa en la parte superior del bloque, B profundidad de la ceja debajo de la superficie del bloque

PERKINS

permitirán filtraciones, sino también deformación de la camisa. No hay que estirar en exceso ni cortar los sellos porque se dañan. Hay que lubricar ligeramente los sellos con aceite delgado para motor antes de la instalación y tener cuidado de que los sellos anulares (Anillos "O") no se rueden fuera de su lugar al instalar la camisa en el bloque.

Camisas secas con ceja

El único sellamiento que suele ser necesario en las camisas secas con ceja es en la culata de cilindros. Por lo general se logra con la prominencia de la camisa y la junta de la culata, como se ilustra en la figura 7.10, en la cual se señalan dos dimensiones: la prominencia de la camisa sobre la cara del bloque y la profundidad de la ceja debajo de la superficie. Las dimensiones se encuentran en el manual de taller del motor. Las correcciones se pueden hacer con suplementos (lainas) colocados debajo de la ceja.

En la figura 7.11 se ilustra una instalación un tanto diferente. En este diseño, se utiliza un inserto entre la ceja de la camisa y el rebajo en el bloque. Se pueden colocar suplementos en el inserto para lograr la posición correcta de la camisa en el bloque. Esta camisa no tiene prominencia, sino que está colocada ligeramente debajo de la superficie del bloque. Se utiliza una junta anular, del tipo de com-

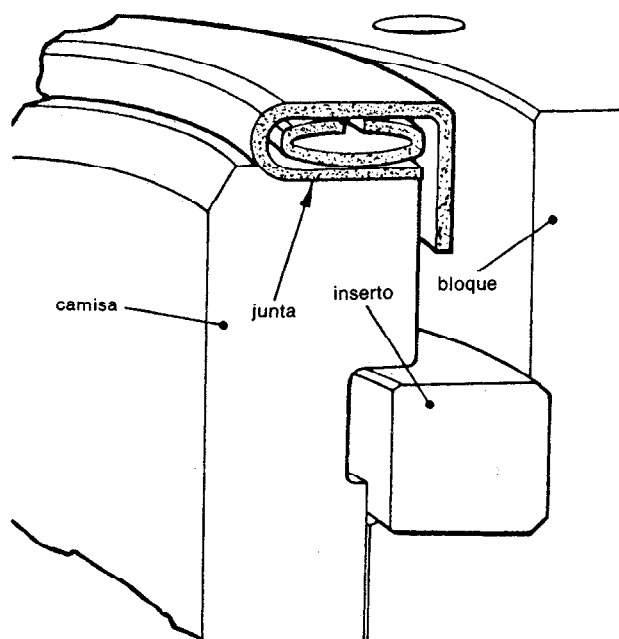


Fig. 7.11 Sistema de sellamiento en la parte superior de una camisa de cilindros del tipo seco

presión, en el espacio entre la parte superior de la camisa y la parte inferior de la culata de cilindros.

Preguntas para repaso

1. ¿Por qué se utiliza el hierro fundido para los bloques de cilindros?
2. Con ayuda de una de las ilustraciones, menciónense las diversas partes del bloque de cilindros.
3. Menciónense las diversas piezas ensambladas e instaladas en el bloque de cilindros.
4. ¿Qué es un bloque de cilindros separable?
5. ¿Qué diferencias hay entre los cilindros de un motor enfriado por aire y los de uno enfriado por líquido?
6. ¿Qué son las camisas de cilindro?
7. Menciónense las diferencias entre los tipos de camisas de cilindro.
8. ¿Cuál es la diferencia entre un bloque de cilindros con camisas húmedas y uno con camisas secas?
9. ¿Por qué se deben tomar precauciones al hacer girar el motor con la culata de cilindros desmontada?
10. ¿Qué significa prominencia de la camisa?
11. Menciónense los tipos de anillos selladores instalados en las camisas de cilindros tipo húmedo.
12. Describese el sistema de sellamiento para las camisas secas con ceja.

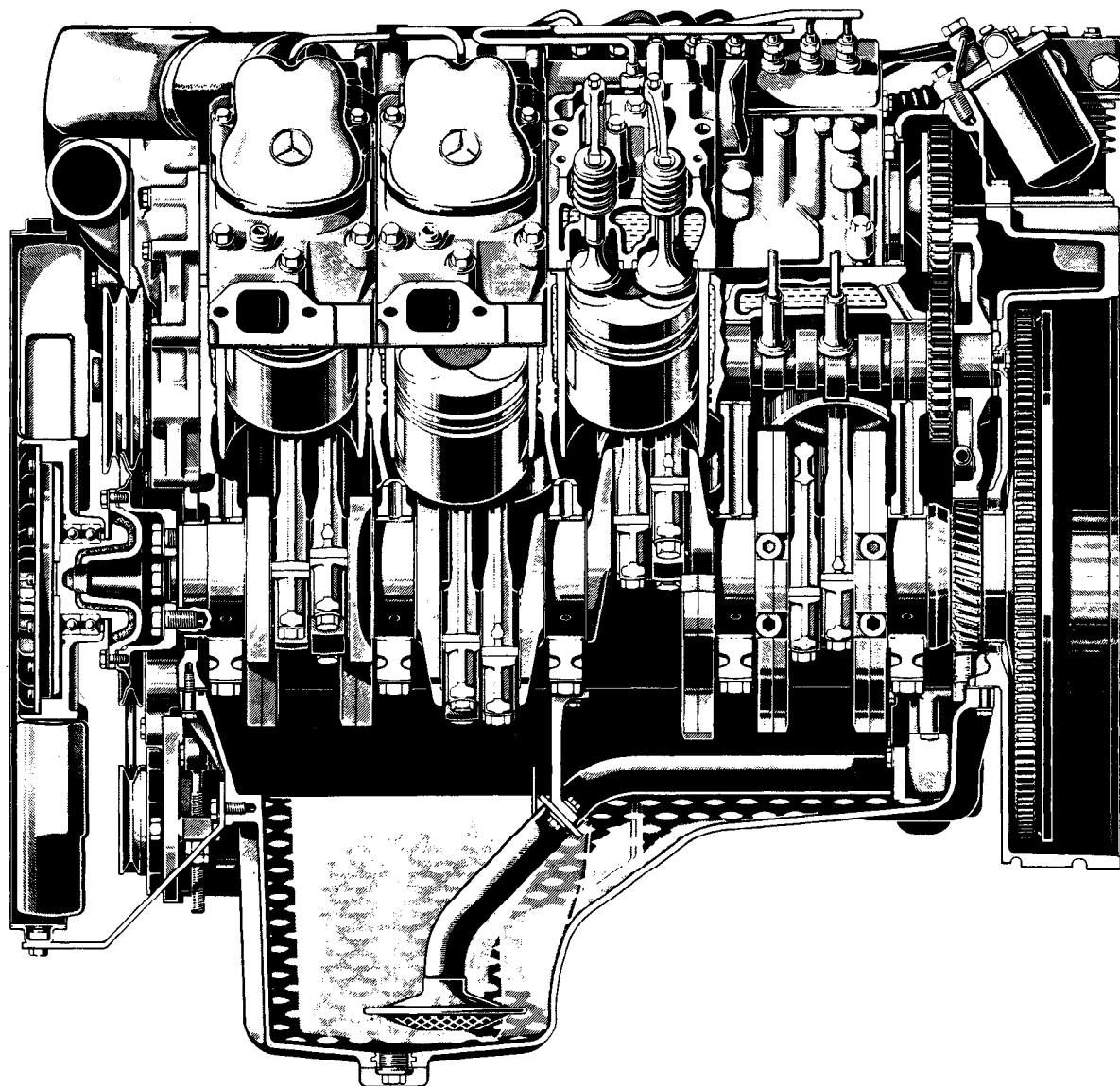


Fig. 7.12 Corte longitudinal de motor Mercedes V-8 para camión, con inyección directa y cilindrada de 12.76 litros. El árbol de levas está montado en el bloque entre los dos bancos de cilindros y se impulsa con los engranes de sincronización montados en el extremo trasero (lado del volante) del motor. Los engranes también impulsan el eje de impulsión de auxiliares en la parte superior del motor que, a su vez, impulsa la bomba de inyección.

Se utiliza una culata individual en cada cilindro. Cada culata incluye los balancines y dos válvulas. Los asientos de válvulas tienen insertos. Los pistones tienen tres anillos, todos encima del perno de pistón. La cámara de combustión está formada en la corona del pistón.

La bomba del aceite está en la parte trasera del motor y la impulsa un engrane acoplado con el del cigüeñal. El tubo de succión de aceite se extiende hacia el frente hasta la parte más profunda del depósito. Un ventilador "Thermatic" montado en el frente del cigüeñal funciona dentro de una tolva. El alternador y la bomba del agua se impulsan con una banda trapezoidal

MERCEDES

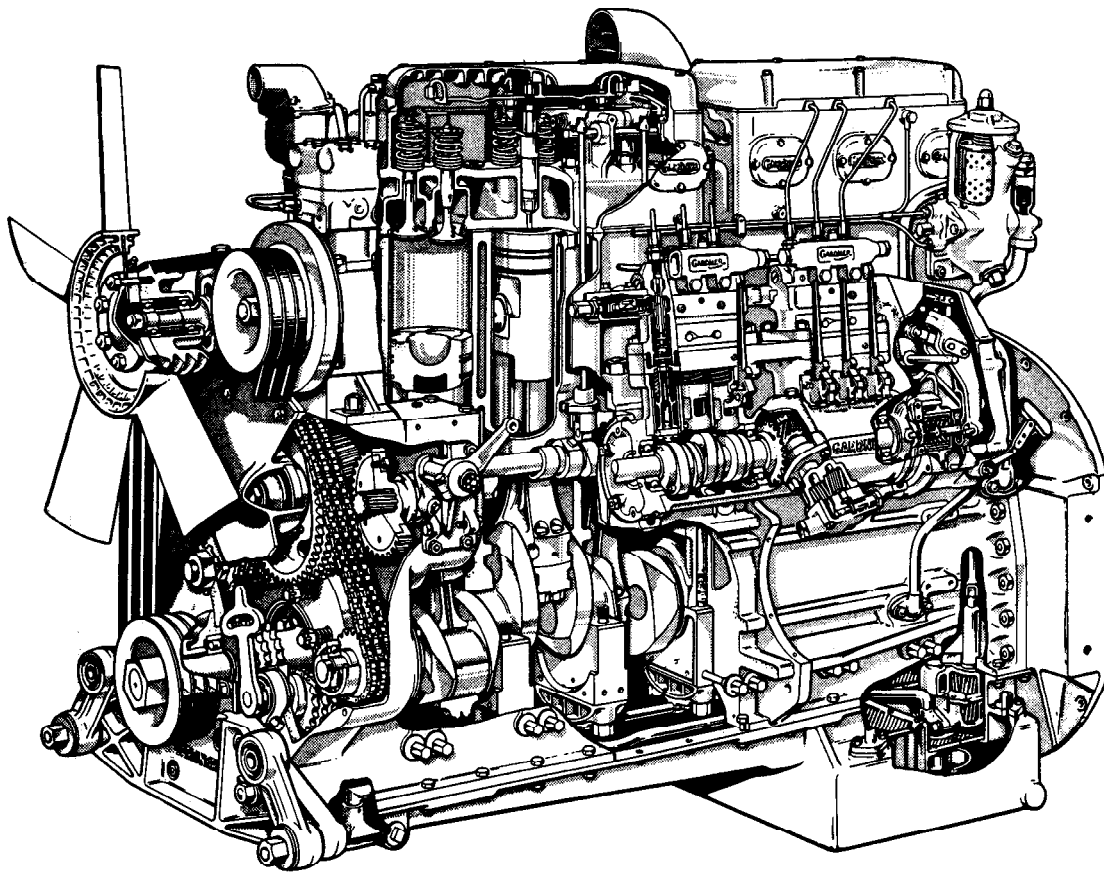


Fig. 7.13 Motor Diesel Gardner. Es un motor relativamente grande de 6 cilindros en línea y que funciona a velocidad algo más baja que muchos motores automotrices. El bloque de cilindros de hierro fundido de una pieza se puede separar de la caja del cigüeñal; ésta es de aluminio para reducir el peso. Los cilindros tienen camisas del tipo seco. Se utilizan dos culatas, una para cada tres cilindros.

Este motor es de inyección directa con cámaras de combustión hemisféricas formadas en la corona de los pistones. Los pistones son muy largos y tienen una gran superficie de apoyo contra la pared del cilindro. Tienen tres anillos, todos encima del perno de pistón. Los pernos de pistón son del tipo flotante, con caras de contacto de aluminio en ambos extremos.

La impulsión del árbol de levas y para auxiliares es desde el cigüeñal con una cadena de rodillos de triple eslabón. Se utiliza una catarina tensora que acciona contra la parte trasera de la cadena. Un mecanismo descompresor facilita girar el cigüeñal a mano durante los ajustes al motor.

El cigüeñal tiene muñones huecos y, además de los cojinetes principales normales, está soportado en la parte delantera por un cojinete de rodillos. Las cavidades para los cojinetes principales se sujetan con los tornillos verticales de sujeción del bloque y también con tornillos transversales de precarga que pasan de lado a lado de la caja del cigüeñal.

El fabricante del motor hace el árbol de levas para la bomba de inyección y también el gobernador y se utilizan bombas de inyección CAV individuales; éstas tienen palancas manuales para cebado y pruebas.

El ventilador y el compresor de aire se impulsan con bandas trapezoidales múltiples; la bomba del agua se impulsa con engranes

GARDNER

Servicio al bloque de cilindros

La mayor parte del servicio que requiere el bloque de cilindros es por desgaste o daños de los cilindros o de los cojinetes del cigüeñal. Por lo general, el servicio al bloque de cilindros como consecuencia del desgaste sólo se necesita después de muchos cientos de horas de operación o de miles de kilómetros recorridos por el vehículo. Sin embargo, si el motor ha sufrido daños o desgaste prematuro por mantenimiento deficiente, un accidente o condiciones anormales de operación, se necesitarán las reparaciones mucho tiempo antes.

Ciertas operaciones de servicio se pueden efectuar en el bloque y sus piezas correlativas con el motor instalado en el vehículo u otra unidad. En casi todos los casos, es posible reemplazar las camisas de cilindros, pistones y bielas sin desmontar el motor de la unidad. Para trabajos mayores que requieren trabajar en el bloque de cilindros, se desmonta el motor y se efectúa el trabajo en un caballete para reparación de motores.

Una vez que se ha desarmado el motor para repararlo, se realizan las siguientes operaciones de servicio en el bloque.

Limpieza del bloque

El bloque de cilindros se debe limpiar e inspeccionar. La limpieza se puede hacer con vapor, con chorro de agua a alta presión o en un baño limpiador. También se puede utilizar un disolvente aplicado con una brocha y luego una manguera para agua. Hay que lavar el interior y el exterior del bloque a fin de eliminar toda la mugre, grasa y aceite, depósitos de carbón y cieno (lodo).

Hay que raspar los restos de juntas viejas en las superficies maquinadas y eliminar las incrustaciones y depósitos de las camisas de agua.

Hay que sacar los tapones que cierran los conductos para aceite a fin de poder "sopletearlos" con aire comprimido. También se pueden pasar varillas

del diámetro adecuado a lo largo de los conductos para aceite si hay que limpiar los depósitos que no salieron con el aire comprimido. Es indispensable prestar atención a los conductos para aceite, en especial después de una falla de cojinetes. Los conductos obstruidos permitirán un desgaste rápido y fallas prematuras de los cojinetes.

Inspección

Después de limpiar el bloque hay que inspeccionar si tiene grietas, en especial en las paredes de los cilindros, camisas de agua y almas (apoyos) para los cojinetes principales. Hay grietas diminutas que no se aprecian a simple vista pero se pueden localizar con alguno de los métodos para detección (capítulo 6).

Siempre hay que inspeccionar si las superficies maquinadas tienen rebabas, melladuras y raspaduras. Los daños menores se pueden eliminar con una lima musa. Para comprobar si el bloque está torcido, se coloca una regla de acero larga contra las superficies para juntas. El método es el mismo que para comprobar la planicidad de la culata de cilindros, como se describe en el capítulo 6.

Roscas y tapones de expansión

Los agujeros roscados en el bloque se deben sopletear con aire comprimido. Si las roscas de los agujeros no están en buenas condiciones, utilícese un machuelo de la medida correcta para limpiar las roscas; luego, hay que sopletear los agujeros. Las roscas sucias o maltratadas darán lecturas falsas de torsión que impedirán apretar correctamente los tornillos al armar.

Las roscas dañadas o gastadas en el bloque o en la culata se pueden reparar con insertos Heli-Coil. Para esta reparación, se taladran las roscas gastadas, se machuela el agujero con el machuelo especial Heli-Coil y se instala el inserto para restaurar el tamaño original de la rosca del agujero (Fig. 8.1).

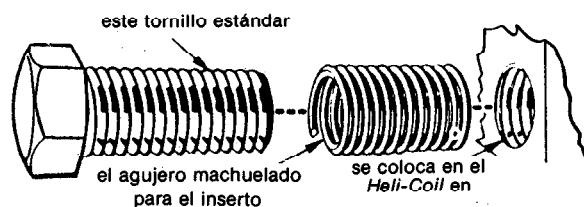


Fig. 8.1 Instalación de insertos Heli-Coil MITSUBISHI

Si hay que reemplazar un tapón de expansión del bloque (si hay fugas de líquido enfriador por el tapón), se taladra en el centro con una broca pequeña y se expulsa con un punzón o una barra pequeña. Para instalar el nuevo tapón, se limpia toda la herrumbre de la cavidad, se cubren la base y los lados del rebajo con un compuesto sellador y se coloca el tapón nuevo en el rebajo con el lado cóncavo (curvo) hacia fuera. Para sentar bien el tapón, se le dan unos golpecitos en el centro. Después se empuja contra el tapón con un punzón o botador plano de la medida adecuada para asentarlo a fondo. Con esto, se aplana y se expande el tapón y queda hermético en el rebajo.

Los tapones cóncavos se reemplazan en forma similar a los de expansión. Un método alterno para sacarlos es taladrar en el centro del tapón y sacarlo con un martillo deslizante. Si primero se le dan unos golpecitos hacia dentro al tapón, se aflojará y será más fácil sacarlo.

Desgaste de los cilindros

Muchas de las acciones que ocurren dentro de los cilindros contribuyen a su desgaste. El movimiento de los pistones y anillos, las presiones y temperaturas de combustión, la acción de lavado del combustible en la pared y los efectos corrosivos de los ácidos, ocasionan desgaste de la pared de los cilindros.

Sin embargo, el desgaste no es uniforme. Al principio de la carrera de potencia, cuando las presiones son máximas, se empuja con más fuerza a los anillos de compresión contra la pared del cilindro. Además, al mismo tiempo, las temperaturas son muy elevadas y por ello la película de aceite es menos eficaz para proteger la pared del cilindro. Por supuesto, el máximo desgaste ocurrirá en la parte superior del cilindro. Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de potencia, se reducen la presión y temperatura de combustión, con lo cual hay menos desgaste. Por ello, el cilindro se desgasta en forma irregular.

El cilindro suele también desgastarse en forma oval, y ello se debe al empuje lateral del pistón cuando baja en el cilindro en la carrera de potencia. El empuje lateral se debe al ángulo de la biela fuera de la vertical.

Un motor en buenas condiciones y con buen mantenimiento tendrá un mínimo desgaste de cilindros, pero en la vida del motor ocurre un desgaste gradual y los anillos tienen más dificultades para retener las presiones de combustión y controlar el paso de aceite. El equipo de inyección de combustible se puede desajustar; no habrá atomización completa del combustible al inyectarlo y las gotitas de combustible sin vaporizar lavan el aceite de la pared del cilindro. En esta forma habrá un desgaste del motor, que puede ser más rápido si no se realiza el mantenimiento correcto.

En la figura 8.2 se ilustra el desgaste del cilindro de un motor. El desgaste produce conicidad y su punto máximo ocurre justo debajo de la parte superior del cilindro. La mayor parte del desgaste del cilindro aparece en la parte en la cual se mueven los anillos de pistón. El desgaste se extiende desde el límite superior del movimiento de los anillos en la parte superior del cilindro hasta la parte inferior de ese movimiento hacia la parte inferior del cilindro, pero el resto del cilindro casi no tiene desgaste. El pistón se mueve casi hasta la parte superior del cilindro y queda un escalón o reborde en el punto más alto al que llegan los anillos, que no se desgasta y se conoce como escalón o reborde producido por los anillos.

La parte inferior de la faldía del pistón se mueve más abajo en el cilindro que los anillos del pistón; esto tiene poco efecto en lo que toca al desgaste. El extremo inferior del cilindro está mucho más frío y mejor lubricado que el extremo superior, por lo cual la zona de contacto de los anillos en la parte inferior del cilindro tiene poco desgaste relativo. Con referencia de nuevo a la figura 8.2 (en la cual se ilustran en forma exagerada las condiciones en el

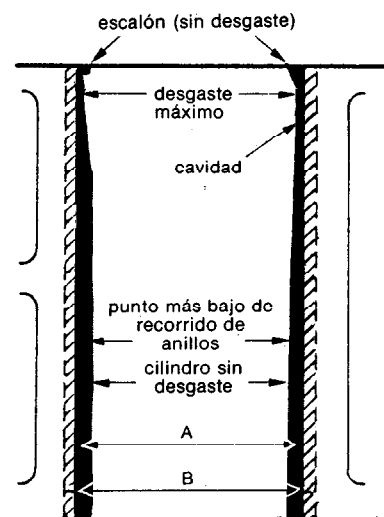


Fig. 8.2 Desgaste de cilindros ilustrado en forma exagerada: A diámetro del cilindro rectificado, B diámetro exterior de la camisa

cilindro), el desgaste se señala con el escalón en la parte superior y la parte inferior del cilindro sin desgaste. Si los cilindros están formados en el bloque, hay que maquinar el cilindro para aumentarle su diámetro hasta la dimensión A y, luego, instalar pistones y anillos sobre medida. Si el cilindro tiene camisa instalada de fábrica, se saca la camisa gastada (diámetro B) y se instala una nueva para volver el cilindro a su diámetro estándar.

Comprobación de pared de cilindros

Los cilindros, por el desgaste, están cónicos y ovalados. Hay ciertos límites de desgaste de los cilindros antes de que se necesite reacondicionarlos. Los anillos de pistón retendrán la compresión y controlarán el aceite en cilindros que tienen cierto grado de ovalación o conicidad, pero cuando el desgaste se vuelve excesivo, entonces ocurrirán pérdidas de compresión, alto consumo de aceite, mal funcionamiento y muchos depósitos de carbón. Entonces habrá que reacondicionar los cilindros.

Para comprobar los cilindros se limpia la pared con trapos y se examina con cuidado para ver si tiene escoriaciones y desgaste visible. Las escoriaciones son ranuras o raspaduras ocasionadas por cuerpos extraños, por un pistón dañado o por falta de lubricación en la pared de los cilindros. El desgaste disparejo se puede ver como puntos oscuros, despulidos en la pared del cilindro.

Medición de los cilindros

Se deben medir la conicidad y la ovalación de los cilindros. Para ello, se emplea un micrómetro de interiores o un calibrador telescópico y un micrómetro de exteriores o un micrómetro de carátula especial, que se utiliza como se ilustra en la figura 8.3. Hay que moverlo hacia arriba y abajo en el cilindro y girarlo a diversas posiciones para detectar las irregularidades, que se notarán por el movimiento de la aguja.

En la figura 8.4 se ilustra el método para comprobar el desgaste de los cilindros. Se deben tomar las mediciones en A-A y también en B-B, en las partes superior e inferior del cilindro. Estas mediciones permitirán determinar el desgaste del cilindro, como sigue:

Ovalación = diferencia entre A-A y B-B

Conicidad = diferencia entre A-A medida en la parte superior del cilindro y A-A medida en la parte inferior del cilindro.

La ovalación se comprueba en A-A porque es la dimensión a través de los lados de empuje en el cilindro, que tendrá mayor desgaste que B-B.

Se debe reacondicionar cualquier cilindro en el cual, al medir el desgaste, se encuentre que la ovalación o la conicidad son mayores de 0.03 a 0.04 mm por cada 10 mm de diámetro del cilindro.

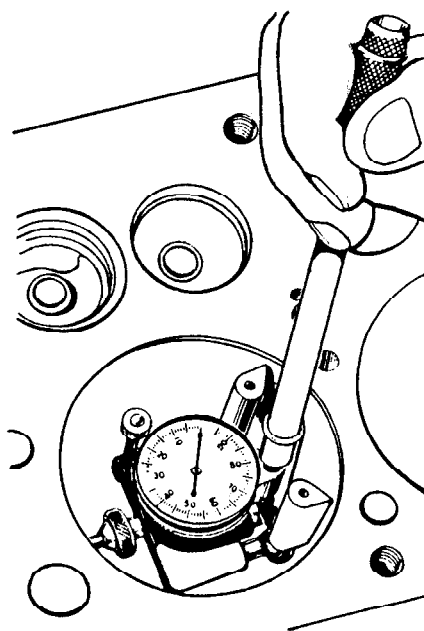


Fig. 8.3 Empleo de un micrómetro de carátula para cilindros para detectar variaciones en el diámetro
MITSUBISHI

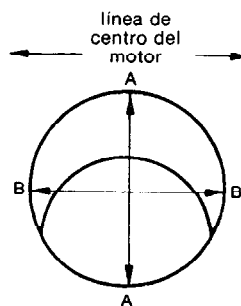


Fig. 8.4 Mediciones del diámetro del cilindro: A-A medición en ángulos rectos con la línea de centro del motor, B-B medición paralela con la línea de centro del motor

Servicio a los cilindros

Según sean el tipo de construcción del motor y la cantidad de desgaste, se requieren diferentes operaciones para reacondicionar los cilindros. Estas incluyen pulimento con piedras, maquinado con máquina especial para camisas o reemplazo de camisas. El pulimento con piedras se efectúa para dar el acabado correcto de superficie en la pared. El maquinado se efectúa en bloques con cilindros integrales y, a veces, en camisas del tipo seco. Las camisas secas con ceja y las camisas húmedas se pueden pulir con piedras para restaurarles el acabado de la superficie; si están muy gastadas, se deben reemplazar.

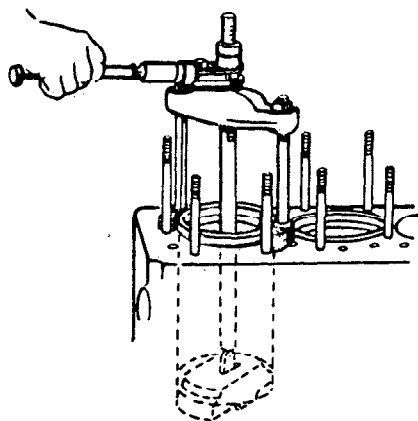


Fig. 8.5 Desmontaje de una camisa de cilindro con un extractor especial

Desmontaje de camisas de cilindros

Cuando se han instalado camisas secas del tipo no reemplazable en el cilindro y hay que sacarlas, primero se agranda la camisa con la máquina cortadora de camisas. Si la barra de corte se coloca un poco más cercana en un lado del cilindro, se puede ajustar para que corte un lado de la camisa lo suficiente para eliminar el ajuste de interferencia entre la camisa y el cilindro, para poder sacarla con facilidad.

Las camisas secas con ceja del tipo reemplazable y las camisas húmedas se pueden desmontar e instalar con un extractor e instalador de camisas (Fig. 8.5). Es más fácil sacar las camisas húmedas que las secas y muchas veces se pueden sacar sin el extractor.

Instalación de las camisas de cilindros

Como se mencionó, se utilizan tres tipos de camisas de cilindros: camisas secas, camisas secas con ceja y camisas húmedas. Cada una se instala en el motor con un método diferente. La instalación correcta es importante, pues de otro modo se deformarán los cilindros. Esto ocasionará menor holgura para el pistón que producirá rayaduras del pistón y la pared de la camisa. No se debe esperar que los anillos de pistón puedan "seguir" un cilindro torcido, por lo cual los anillos no podrán controlar los escapes de compresión (*blow-by*) ni el consumo de aceite.

A continuación se describen los aspectos que se deben cumplir al instalar las camisas.

Camisas secas para reparación

Las camisas secas para reparación, si están bien instaladas, restaurarán un cilindro gastado. Para evitar la deformación y obtener un buen ajuste, hay que aplicar los siguientes procedimientos:

1. Máquinese el cilindro para obtener un ajuste de interferencia de 0.08 a 0.10 mm.
2. Mídase la longitud del barreno de cilindro del bloque y córtese la camisa de modo que sea alrededor de 3 mm más larga que esa dimensión.

3. Póngase la camisa en hielo seco para que se contraiga a fin de facilitar la instalación e insértese a presión. Luego, rebájese la parte superior de la camisa al ras con la superficie superior del bloque.
4. Máquinese la camisa de 0.05 a 0.08 mm menos que su diámetro final y púlase con piedras al tamaño requerido. Límpiase la camisa con todo cuidado con aceite SAE 10 para motor y con trapos limpios.

Camisas secas con ceja

Dado que las camisas secas con ceja para repuesto ya tienen la ceja para sujetarlas, no tienen un ajuste tan apretado como las camisas secas para reparación. Algunas de las reglas generales son:

1. Límpiase toda la herrumbre y el carbón del cilindro en sí y examínese si tiene deformación. Hay que medir el cilindro en varios puntos. Si está deformado o gastado se debe maquinar e instalar camisas con diámetro exterior de sobremedida. Límpiase el rebajo o avellanado y compruébense su escuadramiento y tamaño.
2. Lávese el exterior de la camisa con un disolvente para eliminar toda la mugre y el revestimiento protector.
3. Instálase la camisa en el cilindro. Si tiene ajuste correcto, debe ser posible empujarla con la palma de la mano las dos terceras partes de la distancia.
4. Instálase a presión el resto de la camisa en el cilindro y mézase la distancia desde la parte superior de la ceja hasta la parte superior del bloque. Esta prominencia es una dimensión crítica y se especifica en los manuales de taller de los fabricantes de motores. Si no se tiene disponible el manual, una buena norma es que la ceja tenga una prominencia, es decir, que sobresalga entre 0.02 a 0.12 mm en el bloque.
5. Compárese la prominencia de las camisas adyacentes. La diferencia no debe ser mayor de 0.02 mm; de lo contrario, la junta no podrá sellar en forma correcta en ambos cilindros. El resultado serán fugas de líquido enfriador, gases de combustión y aceite.

Camisas húmedas

Dado que las camisas húmedas están en contacto con el líquido enfriador, el ajuste de la ceja en el rebajo y el ajuste entre los anillos selladores y el bloque, son críticos.

1. Límpiense toda la herrumbre e incrustaciones en el rebajo y en la zona para los anillos selladores. Lávense la ceja de la camisa y las ranuras para anillos selladores con un disolvente limpio. Examínese la zona en donde quedarán los anillos selladores en la cavidad de la camisa del bloque de cilindros.

2. Antes de instalar los anillos selladores pruébese el ajuste de la camisa en el cilindro; debe quedar libre y sin trabarse. En este momento se debe comprobar la prominencia; se utilizan grapas o abrazaderas para mantener asentada la camisa. Hay que cumplir con las especificaciones de prominencia del fabricante.
3. Sáquese la camisa del cilindro e instálense los anillos selladores, cuidando que no queden torcidos. Lubríquense los anillos con aceite para motor o con grasa.
4. Una vez asentada la camisa en el bloque, hay que asentarla contra el rebajo. Si no se tiene un instalador de camisas, se puede colocar un trozo de madera sobre la camisa y darle unos golpecitos con un martillo para asentarla.
5. Hágase pasar el pistón (sin anillos) a toda la longitud de la camisa para determinar si hay deformación. Si la falda del pistón no tiene la misma holgura y no se desliza con libertad a toda la longitud de la camisa es probable que se hayan torcido los anillos selladores al instalarla: habrá que volver a colocarlos en su lugar o reemplazarlos.

Comprobación de la prominencia de la camisa

Un método para comprobar la prominencia es mediante la medición del rebajo y de la ceja de la camisa. La profundidad del rebajo o avellanado en el bloque se comprueba con un micrómetro de carátula. Se hacen las mediciones en el borde interno del rebajo en cuatro lugares equidistantes; estas lecturas no deben variar más de 0.05 mm. El fondo del rebajo debe estar plano, sin inclinación hacia el centro del cilindro; en otra forma, hay que maquinarse para tener una buena cara de asentamiento.

El espesor de la ceja de la camisa se puede medir con un micrómetro y se resta a esa medición la profundidad del rebajo medida como se mencionó antes. La diferencia será la prominencia de la camisa. Si es menor a la especificada para ese motor, se pueden instalar suplementos (lainas) debajo de la ceja antes de instalarla en el cilindro, con lo cual se elevará la camisa hasta tener la prominencia correcta.

Comprobación con micrómetro de carátula

Un método más preciso para comprobar la prominencia de las camisas instaladas es con un micrómetro de carátula. Se requieren grapas para sujetar con firmeza la camisa en el bloque para obtener mediciones exactas. En la figura 8.6 se ilustra un ejemplo.

El motor que se ilustra tiene una placa superior que se coloca sobre la parte superior del bloque y debe estar apretada con firmeza contra el bloque. Se utilizan tornillos con arandelas (rondanas) para proteger la superficie de la placa y se deben apretar con uniformidad a la torsión especificada.

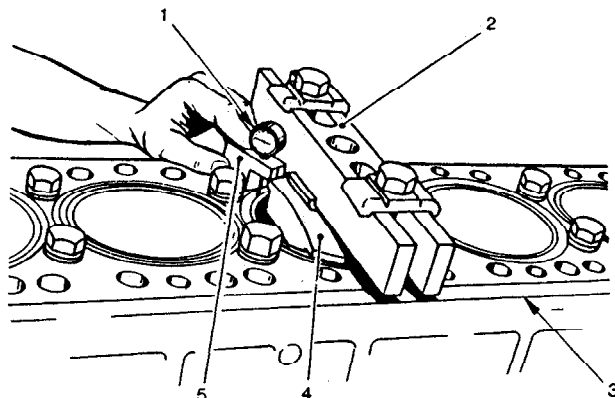


Fig. 8.6 Verificación de prominencia de la camisa con un micrómetro de carátula: 1 micrómetro de carátula, 2 barra transversal, 3 placa superior, 4 placa adaptadora dentro del cilindro, 5 bloque calibrado

Para sujetar la camisa en su lugar, se utiliza una placa adaptadora 4) del extractor de camisas y una barra transversal 2) del extractor se emplea como herramienta de sujeción. Se ajusta la placa adaptadora en la camisa y se atornilla la barra transversal en la parte superior del bloque, como se ilustra. Los tornillos que sujetan la placa transversal se deben apretar con uniformidad; la distancia entre la parte inferior de la barra transversal y la superficie del bloque debe ser igual en ambos lados; de lo contrario, se deformará la camisa dentro del cilindro.

Luego, se toman lecturas en cuatro puntos equidistantes alrededor de la parte superior de la camisa; la prominencia debe ser la especificada y las lecturas no deben variar más de, por ejemplo, 0.05 mm. Si hay variación excesiva en las lecturas entre un lugar y otro, es posible girar la camisa en el cilindro para que quede dentro de las especificaciones, o cambiarla a otro cilindro.

Cuando la prominencia de la camisa es la correcta, se pueden hacer marcas temporales en ella, en la placa superior o en el bloque, de modo de poder instalar después la camisa en su lugar correcto. Esta descripción se aplica a camisas nuevas, en cuyo caso habrá que instalar la camisa en el cilindro sin los sellos con el fin de comprobar la prominencia.

Comprobación con regla de acero

Se pueden utilizar una regla de acero y calibradores de hojas para comprobar la prominencia. Se coloca la regla de acero a través de dos o más camisas y se ponen los calibradores de hojas entre la parte inferior de la regla y la parte superior del bloque para determinar la medida de la prominencia.

Acabado de la pared de cilindros

Durante la fabricación del motor o el reacondicionamiento de los cilindros se pule con piedras la pared del cilindro para lograr el acabado deseado.

en la superficie. La superficie de la pared de los cilindros consiste en una serie de rayaduras muy delgadas producidas por las partículas abrasivas de las piedras de la pulidora. La finalidad es proveer una superficie que retenga una película de aceite. Si la superficie estuviera absolutamente lisa, no se retendría el aceite en la pared de los cilindros, habría desgaste excesivo y sería difícil controlar el aceite con los anillos de pistón.

Se considera que la superficie ideal es una serie de "mesetas" o superficies planas pequeñas entre las ranuras que quedan después de pulir con piedras. Este acabado con mesetas produce una superficie plana para el pistón y los anillos, con ranuras para retención del aceite entre ellas. Un cilindro sin plataformas tendría una serie de diminutos picos y valles. Aunque los valles retendrían el aceite, los picos agudos se tendrían que desgastar antes de poder lograr una superficie de trabajo satisfactoria. Esto ocasionaría desgaste innecesario de la pared y de los anillos y requeriría un largo periodo de asentamiento. Además, hasta que los anillos del pistón no se hayan asentado contra la pared, no habría buen control del aceite y llegarían cantidades excesivas a las cámaras de combustión.

Cuándo se deben pulir los cilindros gastados

Cuando se van a instalar anillos nuevos en un motor, por lo general se considera que no siempre es necesario pulir para eliminar el "brillo de espejo" o "glaceado" normal. No se mejorará la superficie con el pulimento, ya que este brillo de espejo es una superficie adecuada para los anillos de repuesto. Sin embargo, se necesita el pulimento en las siguientes condiciones:

1. deformación del cilindro
2. cilindro ondulado
3. cilindro rayado
4. cilindro escoriado
5. cilindros con brillo de espejo muy duro

Cilindro deformado

Puede ser a causa de una distribución dispareja del líquido enfriador alrededor del cilindro o por apretar en el orden o a la torsión incorrectos los tornillos de la culata. La deformación del cilindro se puede identificar, a veces, por una decoloración notoria de la pared, aunque no siempre ocurre así.

Ondulación

Son una serie de rayas paralelas que abarcan toda la circunferencia interna. La ondulación puede estar en cualquier parte del cilindro, pero casi siempre en las partes altas del recorrido de los anillos de pistón. La ondulación es muy difícil de medir pero se puede ver con facilidad y se puede sentir al pasar un dedo con suavidad a todo lo largo del cilindro.

Rayaduras

Se notan en zonas pequeñas de la pared del cilindro que tienen decoloración y zonas diminutas realizadas en las cuales se han soldado en frío partículas de los anillos contra la pared del cilindro. Las rayaduras pueden ser el resultado de puntos calientes en las camisas de agua de los cilindros, ocasionados por depósitos de lodo o calcáreos en ellas, que permiten que en zonas pequeñas de la pared haya altas temperaturas; esas temperaturas desintegran la película de aceite y permiten el contacto de metal con metal entre los anillos y la pared del cilindro.

Escoriaciones

Pueden ser un grado avanzado de rayaduras en que las partículas de los anillos hayan raspado la pared del cilindro. Los anillos rotos, partículas abrasivas, etc., también pueden escoriar el cilindro. Si las escoriaciones no son muy profundas, se pueden eliminar con el pulimento con piedras.

Brillo de espejo muy duro

En algunos motores se pueden encontrar cilindros que tienen un brillo de espejo muy duro. En ellos se utilizan cilindros o camisas endurecidas en los cuales, con el tiempo, se produce un brillo de espejo muy duro y hay que "matarlo" con piedras para que puedan asentar los anillos. Algunos fabricantes de motores pueden recomendar el pulimento con piedras, pero no es una regla general.

Pulidoras con piedras para cilindros

Hay dos tipos de pulidoras de cilindros. Uno tiene cuatro piedras abrasivas de montaje rígido en un soporte. El otro es flexible y llamado pulidora de cepillo debido a su configuración, con muchas piedras abrasivas pequeñas, que forman un tipo de cepillo. Las piedras se hacen con óxido de aluminio o con carburo de silicio, que son abrasivos muy duros. Cualquier residuo de abrasivo que quede en el motor producirá falla prematura de los anillos, cojinetes, etc. Todas las superficies descubiertas del motor, tales como el cigüeñal y conductos para aceite se deben taponar con trapos limpios empapados con aceite para recoger el polvo y las partículas de abrasivo.

No se debe intentar corregir la ovalación o conicidad excesivas con la pulidora de piedras, pues la única corrección es cambiar la camisa o maquinar los cilindros. La pared de los cilindros se debe pulir con movimientos verticales correctos de las piedras para producir el acabado cuadriculado o "atarazado" (Fig. 8.7). Si no se aplica suficiente movimiento vertical a las piedras en relación al movimiento de rotación, el ángulo de la cuadrícula estará muy plano, lo cual entorpecerá el asentamiento correcto de los anillos.

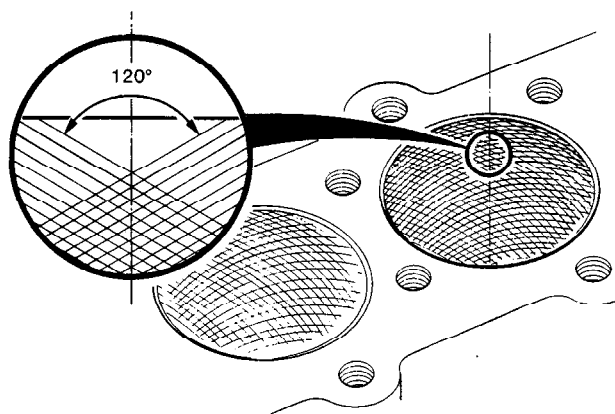


Fig. 8.7 Acabado cuadrículado producido en las paredes de los cilindros por el pulimento con piedras
BEDFORD

Pulidora rígida

Esta pulidora tiene cuatro piedras montadas en un soporte individual y se pueden expandir al girar una tuerca moleteada en la parte superior de la pulidora. Las piedras se hacen con abrasivo de óxido de aluminio o carburo de tungsteno y están disponibles en varios grados: primero se utiliza el grado más grueso, seguido por piedras más finas para el acabado. Se coloca la pulidora en el cilindro y se expanden las piedras contra la pared (Fig. 8.8). La impulsión para las pulidoras portátiles es con un taladro eléctrico de mano, que hace girar la pulidora mientras el operario la mueve hacia arriba y abajo en el cilindro para producir el acabado cuadrículado.

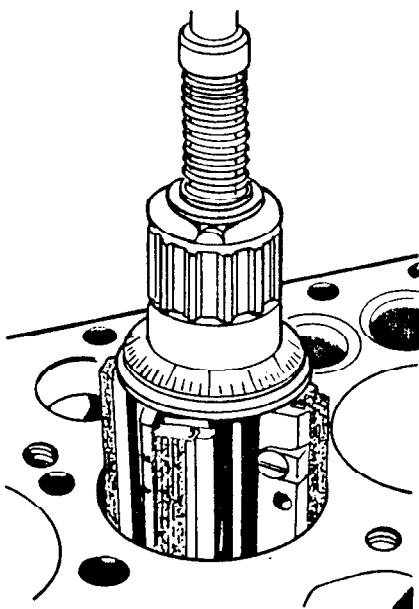


Fig. 8.8 Pulidora con piedras colocada en un cilindro

Para probar el ajuste de la pulidora antes de ponerla en marcha, se la coloca en el cilindro, se expanden las piedras hasta que hagan contacto con una parte sin desgaste en la pared y se mueve o cabecea la pulidora hacia los lados dentro del cilindro. Esto indicará si hay o no contacto de todas las piedras con la pared. Luego ya se pueden accionar con el taladro de mano.

Si se nota cabeceo hay que sacar la pulidora y eliminar con suavidad los puntos altos de la piedra con una lima vieja o una piedra de desecho. Como opción, se pueden colocar suplementos entre la piedra más baja y su soporte. Colóquese de nuevo la pulidora en el cilindro y vuélvase a probar si hay cabeceo; las cuatro piedras deben tocar la pared. Cuando ya no se note el cabeceo, se puede empezar a pulir. No hay que hacer más de una o dos pasadas y, luego, hay que cambiar la pulidora al siguiente cilindro para volver a probar el cabeceo. No se debe intentar el pulimento de acabado de un cilindro hasta que se haya eliminado el cabeceo con pruebas de la pulidora en cilindros consecutivos; en otra forma, habrá un acabado deficiente, rayaduras y probable atascamiento de la pulidora.

Ya se puede efectuar el pulimento y el acabado deseado y la cuadrícula de la pared del cilindro deben ser los que se indican en el diagrama (Fig. 8.7).

Pulidora del tipo de cepillo

Esta pulidora consta de un eje central con una cabeza de cepillo cilíndrica. Se laminan abrasivos en los extremos de centenares de filamentos de Nylon para formar la cabeza del cepillo. Estas pulidoras se fabrican en muchos tamaños y con diferentes abrasivos. Cada tamaño de pulidora es adecuado para cilindros de determinado tamaño.

La pulidora es de construcción y empleo sencillo y no requiere ajuste. La pulidora se centra por sí sola por acción centrífuga y se alinea por sí sola en el cilindro. Se impulsa con un taladro eléctrico y se la mueve hacia arriba y abajo dentro del cilindro para producir el acabado cuadrículado. Debido a su construcción flexible sigue el contorno del cilindro y produce un acabado de superficie con mesetas.

Limpieza de cilindros después de pulir

Cuando se pulen las paredes de los cilindros, hay que limpiarlos minuciosamente antes de volver a armar.

Si no se hace una limpieza cuidadosa quedará una cantidad considerable de abrasivo en el motor que impedirá el asentamiento correcto de los anillos, además de que habrá control deficiente del aceite y escapes de compresión. La presencia de los abrasivos ocasionará un rápido desgaste de los anillos, la pared de cilindros y las superficies para los cojinetes.

Un aceite delgado para motor es más eficaz que la gasolina o el petróleo diáfano (Kerosene) para

limpiar los cilindros después de pulirlos. Los cilindros se deben frotar con trapos limpios empapados con aceite y después con trapos blancos limpios. Se necesitarán varias aplicaciones y hay que repetirlas hasta que el trapo blanco salga completamente limpio al frotar las paredes de los cilindros.

Soporte de las camisas durante el pulimento

Las camisas que se desmonten del motor se deben soportar en forma adecuada mientras se efectúa el pulimento. No se deben sujetar de modo que se deformen. Hay que soportarlas por la ceja en un dispositivo, en forma similar a como se sujetan cuando se instalan en el bloque de cilindros. Cualquier presión aplicada al exterior de la camisa durante el pulimento la puede deformar y hacer que se remueva una cantidad excesiva de metal de la pared en ese lugar.

Maquinado de cilindros

El reacondicionamiento de cilindros que están cortados directamente en el bloque se lleva a cabo por maquinado. Con esto se restaura la forma original del cilindro, pero queda a una medida mayor (sobre medida). Después, se pulen con piedras para dar

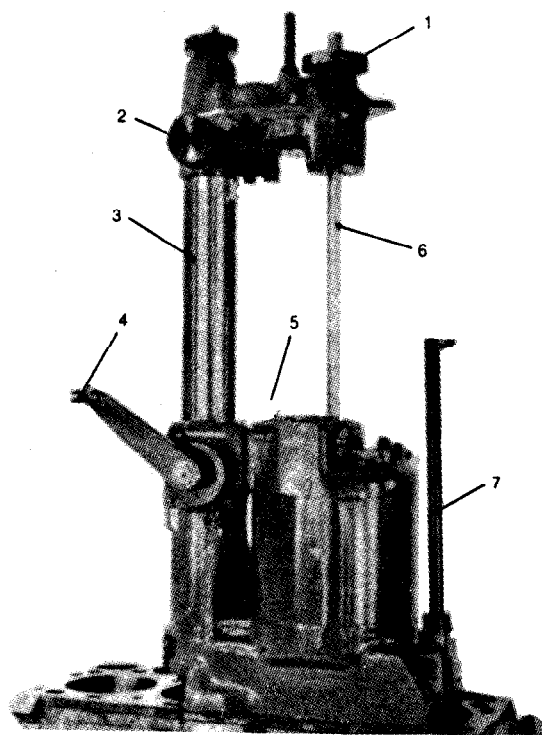


Fig. 8.9 Barra rectificadora portátil montada en la parte superior del bloque de cilindros: 1 rueda con diamante para afilar las cuchillas, 2 ajustador para las uñas, 3 husillo, 4 manivela para subir y bajar el husillo, 5 tope ajustable de recorrido del husillo, 6 eje de impulsión desde el motor 7 sujetador en el bloque

el acabado de superficie y la holgura requeridos para los pistones. En los cilindros en sobre medida se instalan pistones de sobre medida.

En los talleres especializados en reconstrucción de motores se utilizan máquinas mandriladoras grandes, en las cuales se soporta el bloque en la mesa de la máquina; la barra mandriladora se monta encima del bloque para trabajar con más rapidez. Cuando hay pequeño volumen de trabajo se utiliza una barra mandriladora portátil (Fig. 8.9). Ésta se monta en la parte superior del bloque y se prepara en una forma muy distinta. Se describirá este tipo de barra mandriladora o cortadora, pues es la que más emplean los técnicos en los talleres generales. Es esencial entender el funcionamiento y las operaciones si se van a mandar los bloques a maquinar a otros talleres. Si el técnico no va a efectuar el trabajo debe saber lo que se va a hacer en el motor.

Barra mandriladora

La barra mandriladora es una máquina que lleva herramienta de corte montada en una barra giratoria. Cuando la herramienta se ajusta con precisión, rectifica el cilindro a la sobremedida deseada. La base de la máquina se fija en la superficie superior del bloque, se ajusta la herramienta de corte (cuchillas) al tamaño correcto y se pone en marcha el motor eléctrico para hacer girar las cuchillas, que bajan en el cilindro y van efectuando el corte. La máquina mandriladora puede tener un control para que se detenga en forma automática cuando las cuchillas llegan a la parte inferior del cilindro. También incluye una rueda de diamante para afilar las cuchillas y un micrómetro especial para el ajuste de las cuchillas.

El bloque que se va a rectificar debe estar limpio. La superficie del bloque debe estar plana, pues en ella se monta la barra mandriladora y cualesquiera irregularidades alterarán la exactitud del montaje. Los cilindros maquinados deben quedar concéntricos con el diámetro original y perpendiculares con la línea de centro del cigüeñal (Fig. 8.10);

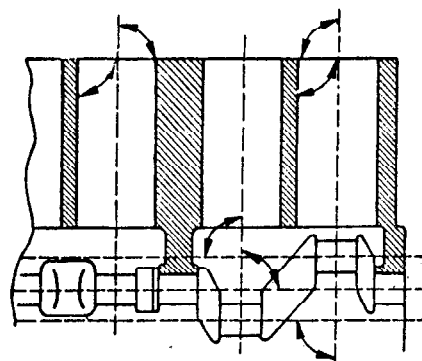


Fig. 8.10 Los cilindros deben estar verticales y perpendiculares con la línea de centro del cigüeñal

REPCO

para ello, se requiere un ajuste preciso de la mandriladora. Para maquinar bloques de cilindros en V, hay que montarlos en un aditamento para que la superficie del bloque quede en posición horizontal a fin de poder montar la rectificadora en ella.

Preparación de la rectificadora

A continuación se describen algunos aspectos relacionados con la preparación de la barra rectificadora, que permitirán apreciar las operaciones que se efectúan y la necesidad de ajustes precisos.

Comprobar los diámetros de los cilindros Se miden todos los diámetros y se selecciona el más grande como base para la sobremedida a que se maquinará para limpiar todos los cilindros. Puede ser un cilindro que tenga rayaduras o daños y es el primero que se maquina. Después se maquinan los demás a esa sobremedida.

Sobremedida de los cilindros Los cilindros se maquinan a un tamaño definido, por ejemplo, 76.5 mm para un cilindro de 76 mm más 0.5 mm de holgura. La holgura especificada por el fabricante para el tipo de pistón se emplea como base a fin de que el operario de la barra mandriladora pueda lograr un acabado preciso de los cilindros.

Mediciones exactas Se utiliza un micrómetro de interiores para medir el diámetro de los cilindros y se emplea un micrómetro de exteriores para medir el diámetro de los pistones. El micrómetro de exteriores se puede ajustar al tamaño exacto con las dimensiones a que se ajuste la barra mandriladora. Después, se puede verificar el micrómetro de interiores contra el de exteriores. Si hay dudas acerca de la exactitud se debe transferir la medición al micrómetro de exteriores.

Centramiento de la barra La barra mandriladora se centra con precisión en cada cilindro que se va a maquinar por medio de dedos o uñas de expansión, que se expanden con la rotación de la perilla moleteada que está cerca de la parte superior del husillo.

Se hace bajar el husillo con las cuchillas dentro del cilindro, hasta la parte inferior, en donde su tamaño es más cercano al original. Se expanden las uñas contra la pared del cilindro y al mismo tiempo se mueve ligeramente la barra para que tome una posición determinada por las uñas.

Después, se aprieta la barra contra las abrazaderas o sujetadores que la retienen en el bloque, se sueltan las uñas y se hace subir el husillo con la manivela hasta que salga del cilindro, a fin de poder introducir el soporte de las cuchillas.

Ajuste de las cuchillas (Fig. 8.11). Se coloca la cuchilla o herramienta de corte en un soporte plano de acero que, a su vez, se instala en una ranura de montaje en el extremo del husillo de la barra. El micrómetro que se compra como parte de la rectificadora tiene un soporte para las cuchillas y su soporte para verificar el ajuste. El micrómetro suele

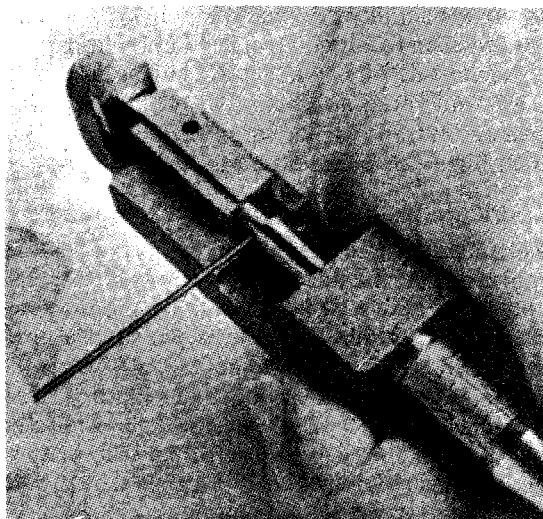


Fig. 8.11 Portacuchilla y buril montados en el micrómetro especial para fines de ajuste

REPCO

ser para lectura directa del diámetro del cilindro y el tamaño de su escala es el doble que la de un micrómetro estándar. Esto sirve para compensar la cantidad de metal removida de cada lado de la pared del cilindro con la cuchilla.

Se ilustra el portacuchillas colocado en el soporte del micrómetro. Se gradúa el micrómetro al tamaño requerido y se pone el tornillo de tope del portacuchillas contra el husillo del micrómetro como se muestra. El tornillo de tope determina la posición del portacuchillas en la barra mandriladora; cualquier movimiento de este tornillo altera la profundidad del corte.

Afilado de las cuchillas Las cuchillas tienen insertos de carburo de tungsteno y se deben afilar con cuidado para producir un buen acabado.

En la parte superior del eje del motor está montado un disco de hierro impregnado con polvo de diamante. Se coloca el soporte de las cuchillas en un dispositivo especial para afilar, que se monta en un husillo (Fig. 8.12). Esto permite hacer oscilar las cuchillas sobre la superficie del disco a cualquiera de tres ángulos, para afilar la cuchilla al ángulo correcto.

Montaje de las cuchillas Las cuchillas se montan en un soporte que se instala en el extremo del husillo de la barra mandriladora y se sujeta con un mecanismo bajo carga de resorte.

Rectificación del cilindro

En la figura 8.13 se ilustra el extremo de la barra mandriladora dentro de un cilindro. La parte inferior de la barra con las cuchillas 4) gira para maquinar el cilindro; pero el resto de la barra está estacionario y sólo se emplea para mantener centradas las cuchillas en el cilindro.

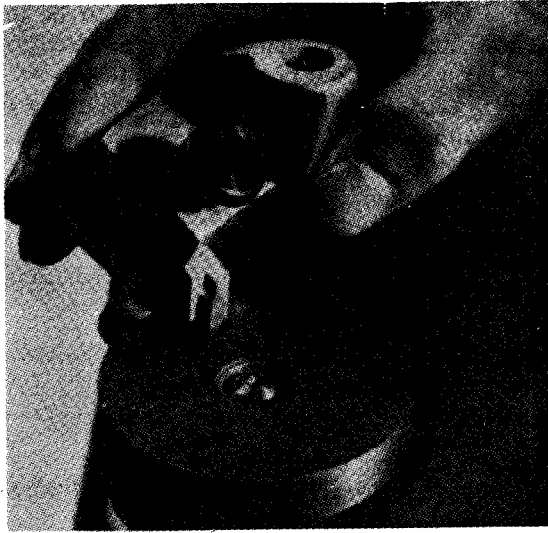


Fig. 8.12 Se sujetan las cuchillas en un dispositivo especial para afilar y se afilan contra el disco de hierro impregnado con polvo de diamante

REPCO

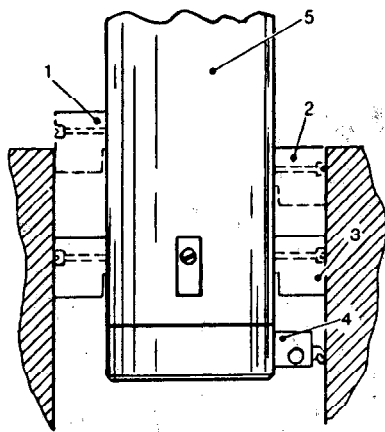


Fig. 8.13 Las uñas soportan el extremo del husillo dentro del cilindro: 1, 2, 3 uñas, 4 portacuchillas, 5 husillo

REPCO

Cuando se pone en marcha la máquina se lleva el extremo de la barra hasta la parte superior del cilindro y se acopla el sinfín de avance. Luego la barra baja en forma automática en el cilindro a la vez que gira el extremo en que están las cuchillas. Se expanden las cuatro uñas 3) contra la pared del cilindro y sirven como guías para mantener centrada la barra. Las posiciones de las uñas 1) y 2) muestran la forma en que las uñas penetran y bajan en el cilindro conforme avanza el maquinado. No se ajustan contra la pared hasta que han penetrado por completo en el cilindro.

Se ajusta la máquina de modo que se detenga en forma automática cuando las cuchillas rebasen la parte inferior del cilindro. Después del corte final hay que medir con exactitud el diámetro del cilindro antes de aflojar las abrazaderas de la barra y pasarla a otro cilindro.

Por lo general se maquinan cilindros alternados, a fin de que se disipe el calor generado en un cilindro antes de maquinar el cilindro contiguo.

Problemas en los cilindros

Algunos de los problemas que se pueden encontrar en los cilindros y en las camisas de cilindros se enumeran a continuación y se ilustran en la figura 8.14.

Las *escoriaciones ligeras* se aprecian como cierto número de raspaduras o rayones finos en una zona de la pared del cilindro. Las pueden ocasionar cuerpos extraños dentro del cilindro, como el polvo que pueda llegar junto con el aire si el limpiador de aire tiene filtraciones o está sucio o por filtraciones en el sistema de admisión de aire. La falta de lubricación puede ocasionar la pegadura parcial del pistón y producir escoriaciones de la pared del cilindro.

Las *escoriaciones profundas* suelen ser una raspadura o ranura profunda o quizá cierto número de ellas en la pared del cilindro. La causa podría ser un seguro del pasador (perno) de pistón que está suelto o roto que puede ocasionar rayaduras en el pistón o dejar que el perno se mueva contra la pared del cilindro y la raye.

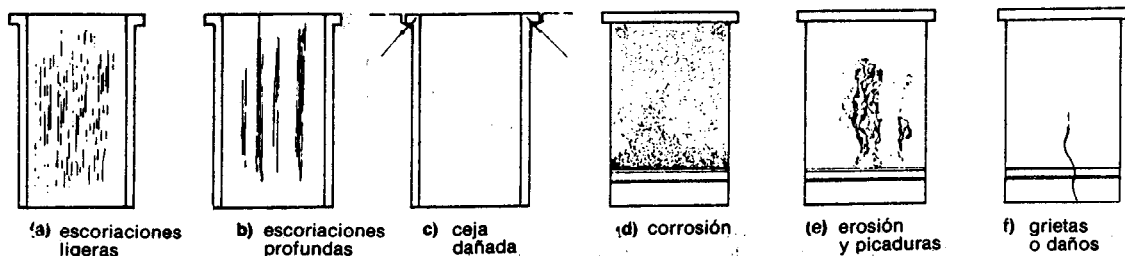


Fig. 8.14 Problemas con las camisas de cilindros: a), b) y c) son cortes de las camisas; d) e) y f) son vistas externas

La *ceja dañada* en una camisa puede ser por prominencia incorrecta de la camisa o por un rebajo deficiente o sucio en la parte superior del bloque de cilindros.

La *corrosión* en el exterior de las camisas húmedas puede ser porque el líquido enfriador no contenga las sustancias especificadas. Se debe utilizar siempre agua potable con los productos anticorrosivos o el anticongelante especificado por el fabricante.

La *erosión y las picaduras* en el exterior de una camisa húmeda, se pueden producir por aereación, o sea cuando el líquido enfriador contiene aire.

Las *grietas y daños serios* en una camisa pueden ser por desalineación y mal ajuste de una camisa con ceja o por daños ocasionados por la falla de otras piezas.

Preguntas para repaso

1. Menciónense las diversas verificaciones que se pueden hacer en un bloque de cilindros.
2. ¿Cómo se pueden reparar los agujeros roscados dañados?
3. ¿Cómo se pueden reemplazar los tapones de expansión?
4. ¿Qué factores contribuyen al desgaste de los cilindros?
5. Menciónese el desgaste que ocurre en las diversas partes de un cilindro.
6. ¿Qué significa escalón o reborde?
7. ¿Cómo se mide si hay desgaste en los cilindros?
8. ¿Qué significan ovalación y conicidad?
9. ¿Cuándo se instalan camisas secas en un motor?
10. Menciónense algunos de los factores que se deben tener en cuenta al instalar camisas secas.
11. ¿Cómo se puede verificar la prominencia de las camisas?
12. ¿Qué significa pulimento con piedras de los cilindros?

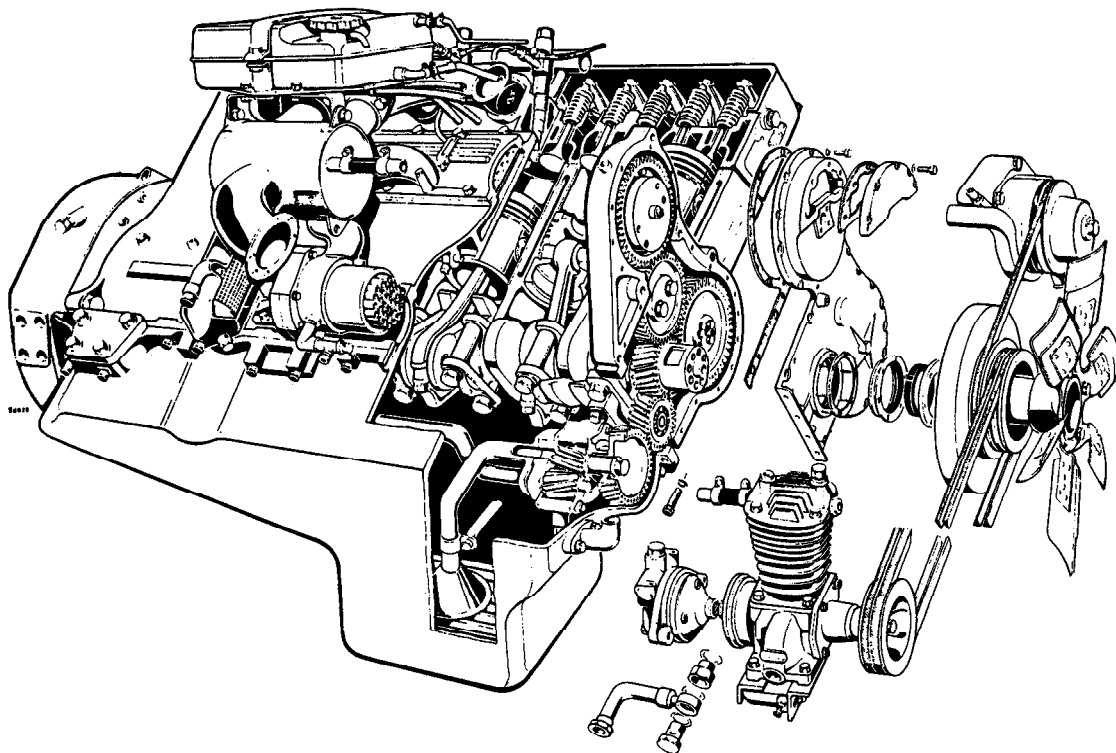


Fig. 8.15 Corte seccional de un motor M.A.N. en línea. Se ilustra un ejemplo de un motor en línea con los cilindros en ángulo desde la vertical. Esto reduce la altura total del motor para facilitar su instalación debajo del piso o de la cabina del vehículo. Los componentes que se pueden ver son: tren de engranes de sincronización, compresor de aire, ventilador y bomba del agua impulsados por banda desde la polea del cigüeñal, pistones, bielas y una parte del cigüeñal, las válvulas y balancines, enfriador de aceite del tipo tubular y filtro de aceite

M.A.N.

13. ¿Qué tipo de acabado de superficie se requiere en una pared de cilindro?
14. ¿Cuándo se deberían pulir con piedras los cilindros?
15. ¿Qué significan rayaduras y escoriaciones?
16. Describese cómo se debe utilizar una pulidora con piedras en un cilindro.
17. ¿Qué significa mandrilado de los cilindros?
18. ¿Qué son los pistones de sobremedida?
19. ¿En qué tipos de cilindros se debe efectuar el mandrilado?
20. ¿Por qué se necesitan mediciones exactas al efectuar trabajos tales como el mandrilado?
21. Enumérense algunos de los problemas que se pueden encontrar en las camisas de cilindros.
22. Describese con brevedad la causa del problema en cada camisa ilustrada en la figura 8.14.

9

Cigüeñal, cojinetes y balanceo

El cigüeñal está soportado en cojinetes en la parte inferior del bloque. El depósito de aceite (carter) se atornilla en la parte inferior del bloque. En algunos motores grandes, el depósito puede ser de hierro colado o de aluminio y puede ser separable del bloque, en cuyo caso se le llama caja del cigüeñal.

El cigüeñal es forjado en una sola pieza de acero de aleación con tratamiento térmico y tiene considerable resistencia mecánica. El cigüeñal debe ser fuerte para soportar el empuje de los pistones durante la carrera de potencia sin que se deforme. Además, debe estar cuidadosamente balanceado (equilibrado) para eliminar vibraciones anormales producidas por los muñones (codos) descentrados.

En la figura 9.1 se ilustra un cigüeñal para motor de cuatro cilindros y se mencionan sus partes. El cigüeñal tiene cuatro muñones o codos. Cada muñón, llamado a veces codo o muñequilla, consta del codo en sí y de un alma o contrapeso y del muñón en sí. El cigüeñal tiene muñones principales y de biela.

El cigüeñal que se ilustra es de tres muñones principales que sirven para montarlo en los apoyos en el bloque con tres cojinetes principales.

El cigüeñal más común para un motor de cuatro cilindros tiene cinco cojinetes principales, con un muñón principal entre cada muñón de biela. Con

esto se tiene mucho mejor apoyo para el cigüeñal y se reduce mucho su deformación con cargas pesadas. Un cigüeñal para motor de seis cilindros tiene siete cojinetes principales; en un motor V-8, en el que el cigüeñal es más corto, se suelen emplear cinco cojinetes principales.

En la figura 9.2 se ilustra el cigüeñal y sus piezas correlativas para un motor de cuatro cilindros. Para otros cigüeñales se puede consultar la ilustración de algunos de los motores; por ejemplo, en la figura 7.12 se ilustra un motor en V.

Muñones

Los muñones del cigüeñal están pulimentados para tener una superficie adecuada de trabajo para los metales de los cojinetes. Las superficies de los muñones están endurecidas; las de los cojinetes son blandas. Una superficie dura y una blanda trabajan bien entre sí con lubricación adecuada.

La superficie efectiva de un cojinete va de acuerdo con su longitud y diámetro. Por tanto, para un cigüeñal corto y rígido de un motor en V, los muñones pueden ser de mayor diámetro pero más cortos que en un motor en línea de tamaño similar.

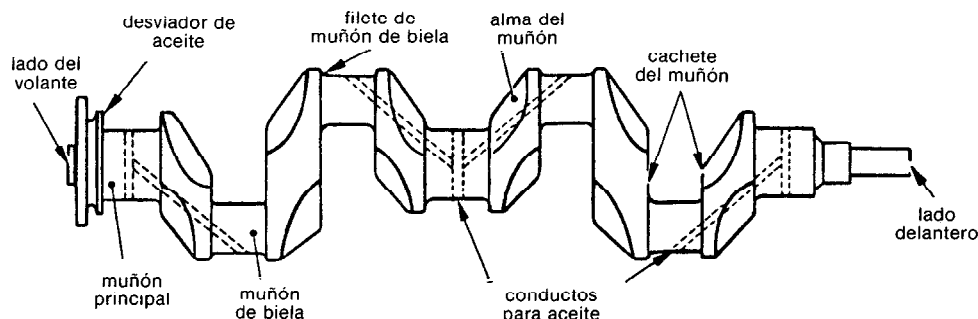


Fig. 9.1 Cigüeñal para motor de cuatro cilindros con tres cojinetes principales; se mencionan las partes principales

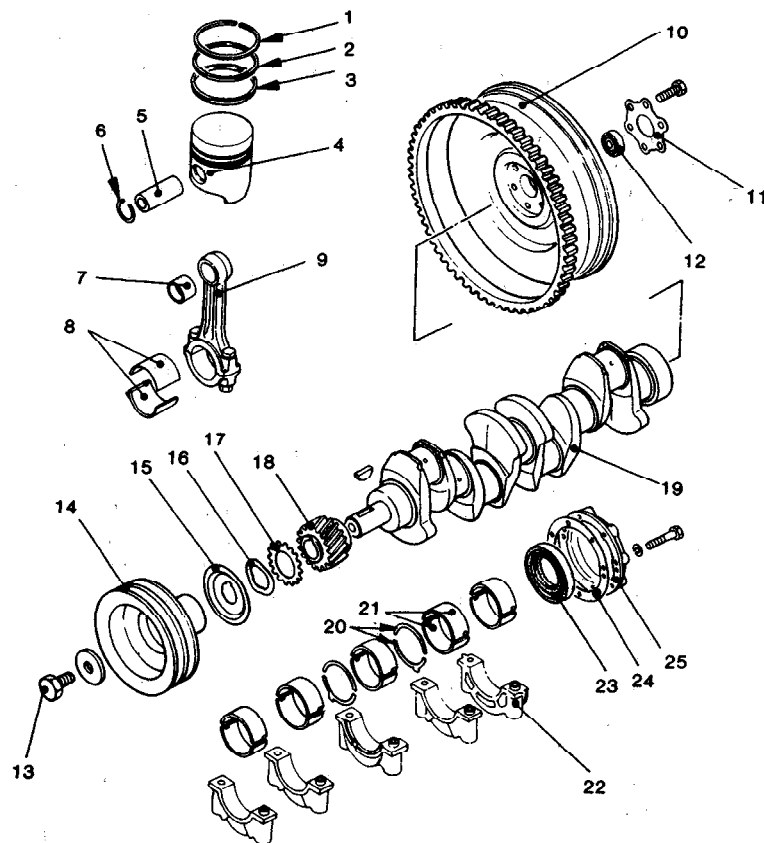


Fig. 9.2 Cigüeñal para un motor de cuatro cilindros y piezas correlativas: 1-3 anillos de pistón, 4 pistón, 5 perno de pistón, 6 arillo seguro, 7 buje, 8 cojinete, 9 biela, 10 volante, 11 retén, 12 cojinete de guía (piloto), 13 tornillo de p Polea, 14 polea del cigüeñal, 15 desviador (arrojador) de aceite, 16 arandela ondulada, 17 engrane de fricción, 18 engrane del cigüeñal, 19 cigüeñal, 20 cojinete y arillo de empuje, 21 cojinete principal, 22 tapa de cojinete principal, 23 sello trasero de aceite, 24 junta, 25 retén

MAZDA

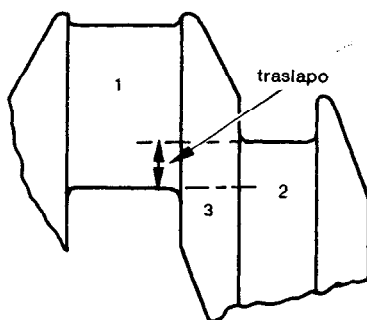


Fig. 9.3 Traslado de muñones de cigüeñal: 1 muñón de biela, 2 muñón principal, 3 alma

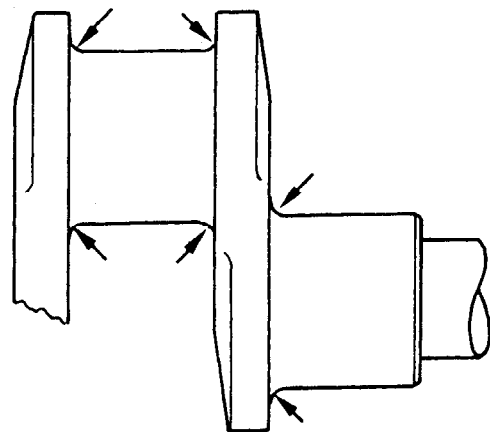


Fig. 9.4 Se forma un radio o filete entre los muñones y el alma

REPCO

Traslapo de muñones

Para producir un cigüeñal rígido que resista las torceduras y la flexión bajo carga y que tenga una superficie adecuada de cojinetes o apoyo, se requieren muñones de diámetro grande y almas gruesas. Estos dos requisitos se han combinado para producir lo que se conoce como traslape de muñones (Fig. 9.3). Se verá que el diámetro del muñón de biela se traslapa con el diámetro del muñón principal. El espesor del alma se puede reducir, para disminuir la longitud del cigüeñal y hacerlo más rígido. Compárese el cigüeñal de la figura 9.3 con el de la figura 9.4 que no tiene traslape de muñones.

Filetes del cigüeñal

Se provee un radio o filete entre el muñón y el alma como lo indican las flechas en la figura 9.4. Este filete es muy importante porque produce un cambio gradual en el espesor de la sección. Durante el reacondicionamiento de motores, cuando se rectifica el cigüeñal, el operador de la rectificadora debe tener cuidado de cerciorarse de que no se reduzcan los filetes, porque se debilitará mucho el cigüeñal.

Un cigüeñal sin filete o con filete muy pequeño en ese lugar sufrirá un aumento en los esfuerzos; es decir, esa superficie transversal particular soportará una carga mucho mayor que la superficie transversal contigua. La provisión del filete evita que los esfuerzos sean mayores en ese sitio particular y refuerza el cigüeñal. Un cigüeñal mal rectificado se puede romper.

Contrapesos

El cigüeñal tiene masas para equilibrio o balanceo, mejor conocidas como contrapesos. Se ilustran en

la figura 9.5 en que se muestra un cigüeñal de cuatro muñones principales en el cual se han alargado las almas para formar los contrapesos. Los contrapesos de un cigüeñal para V-8 (Fig. 9.18) son más grandes y un poco más complejos que para un motor de cuatro cilindros; básicamente, los contrapesos están dispuestos para que sean iguales y opuestos a la masa del muñón de biela.

Se necesita el balanceo (equilibrio) de las piezas que giran porque la fuerza centrífuga actúa hacia fuera desde el centro de rotación y su efecto, en el cigüeñal, podría ser aumentar las fuerzas que actúan contra las partes del mismo, imponiendo mayores cargas en los cojinetes y produciendo vibraciones.

Aparte de la fuerza centrífuga, el cigüeñal también está sometido a fuerzas de torcedura y flexión y a fuerzas debidas a la inercia. (Nota: La vibración y balanceo del motor se comentan con más amplitud hacia el final de este capítulo, bajo el subtítulo "Vibración y balanceo del motor".)

Amortiguador de vibraciones

En el frente del cigüeñal se instala un amortiguador de vibraciones (llamado a veces balanceador armónico) para reducir las vibraciones torsionales del cigüeñal. Se debe tener en cuenta que aunque el cigüeñal, en apariencia, es una pieza rígida, está sometido a pequeñas torsiones debidas a las cargas que se le aplican y que estas cargas pueden producir vibraciones en el motor.

En la figura 9.6 aparece un corte seccional de un amortiguador de vibraciones. Consta de dos partes principales: un cubo o masa que se monta en el frente del cigüeñal y un volante o anillo de inercia

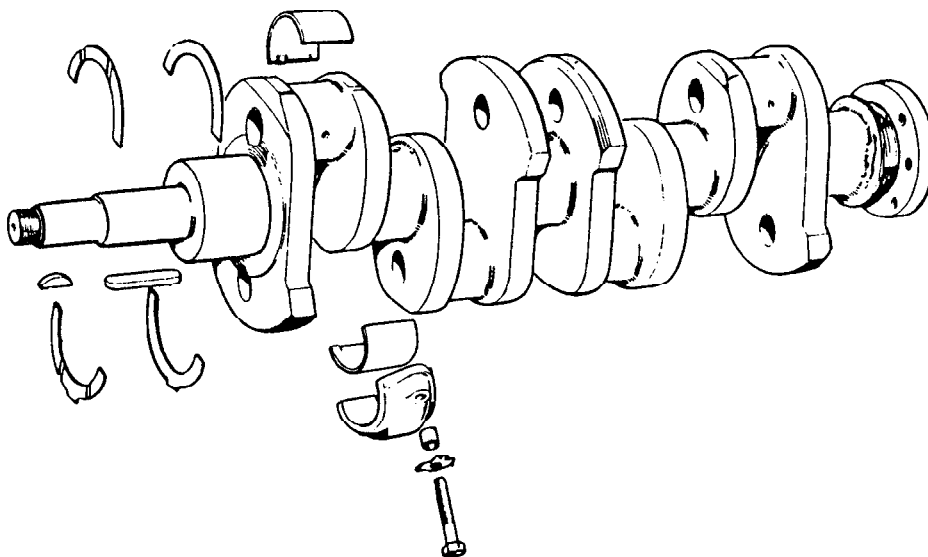


Fig. 9.5 Cigüeñal con las almas extendidas para formar los contrapesos. Este cigüeñal tiene cinco muñones principales.

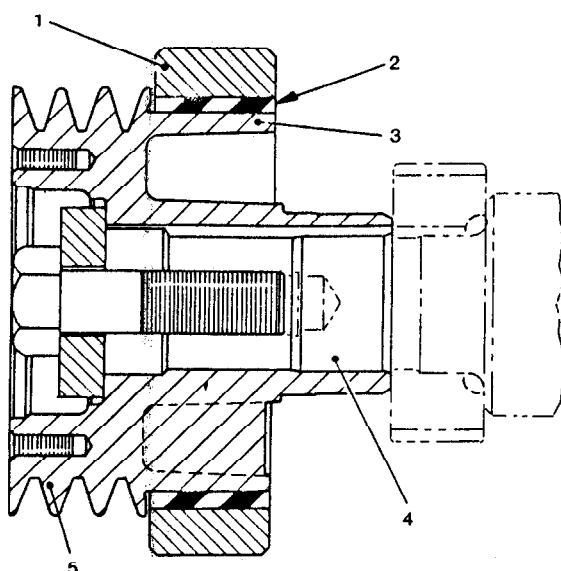


Fig. 9.6 Sección de un amortiguador de vibración y p Polea montados en el frente del cigüeñal: 1 volante, 2 inserto de caucho, 3 cubo, 4 cigüeñal, 5 p Polea

CATERPILLAR

pequeño, sujeto a la masa con un inserto de caucho vulcanizado o con bujes de caucho. La p Polea para el alternador, el ventilador y la bomba del agua también pueden ser parte de la masa del amortiguador. Este tipo de amortiguador se denomina amortigua-

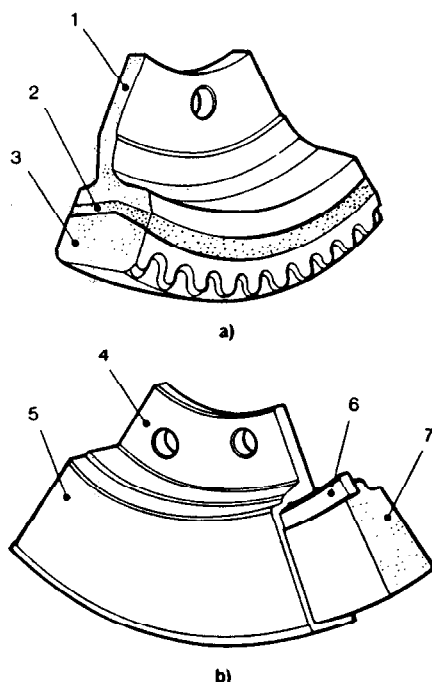


Fig. 9.7 Cortes seccionales de amortiguadores de vibración: a) amortiguador con inserto de caucho; 1 masa, 2 inserto de caucho, 3 anillo de inercia o volante, b) amortiguador con líquido de siliconas (viscoso): 4 masa, 5 cubierta externa, 6 guía, 7 peso flotante o anillo de inercia

CUMMINS

dor de caucho, para distinguirlo del amortiguador con líquido de siliconas. Éste tiene un volante oculto que funciona dentro de un líquido de siliconas. Ambos tipos funcionan de modo similar para amortiguar las vibraciones torsionales.

En la figura 9.7 se compara la construcción de los dos tipos de amortiguadores. En a) se puede ver el inserto de caucho (hule) moldeado entre el cubo y el volante o anillo de inercia. Esto permite un movimiento limitado del volante en relación con el cubo.

En b) el volante o contrapeso flotante del amortiguador con líquido de siliconas se muestra saliendo desde una sección del amortiguador. El contrapeso es un anillo encajonado en el amortiguador. El pequeño espacio entre el contrapeso y la cavidad interna se llena con líquido de siliconas. No hay conexión entre el contrapeso y el amortiguador en sí y el contrapeso se mueve sobre una película de líquido de siliconas.

Acción del amortiguador

Cuando aumenta o disminuye la velocidad del cigüeñal, el volante o anillo de inercia del amortiguador amortigua las vibraciones del cigüeñal, como sigue:

Cuando hay un aumento brusco en la velocidad del cigüeñal, la inercia del volante del amortiguador hace que se retarde, con lo que se produce una fuerza que se opone a la que causa la vibración. Cuando se reduce la velocidad del cigüeñal ocurre el efecto opuesto; la inercia del volante del amortiguador hace que siga un movimiento oponiéndose a la acción del cigüeñal. Por tanto, cuando el cigüeñal llega a ciertas velocidades críticas, a las cuales las vibraciones serían excesivas. Éstas son amortiguadas por la acción del amortiguador.

Nota: La inercia es la tendencia de un cuerpo a resistir los cambios de movimiento. Por ejemplo, un volante cuando está en rotación la continúa aunque se suprima la fuerza de rotación, no se detiene en forma súbita. Además, si el volante está estacionario o parado y se le aplica una fuerza que ocasione rotación, ésta no empieza de inmediato sino que la velocidad aumenta en forma gradual. Casi se podría decir que la inercia es "pereza".

Todos los objetos tienen una frecuencia natural a la cual vibrarán. Cuando el cigüeñal está en rotación y la frecuencia de las vibraciones torsionales se vuelve igual a la frecuencia natural de vibración, se combina el efecto de estas dos vibraciones y es indispensable el amortiguador.

Metales (insertos) de cojinetes del motor

Los metales (insertos) de cojinetes se instalan en diversos lugares en el motor en donde hay movimiento relativo entre las piezas. Los metales en forma de camisa o manguito que se instalan alrede-

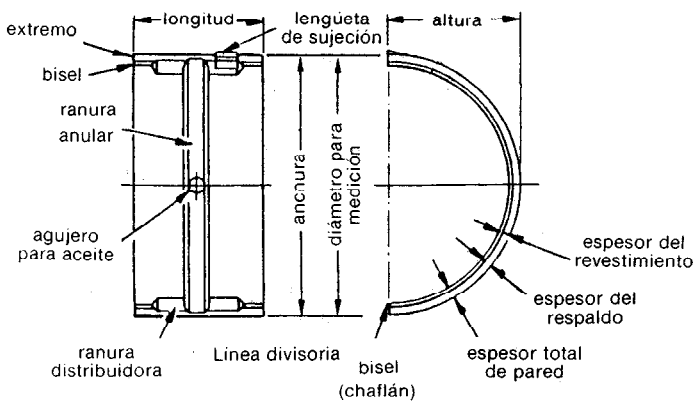


Fig. 9.8 Metal de cojinete y sus partes

dor de un muñón de un cigüeñal o de un árbol, se llaman también metales de manguito o lisos. Los metales de los cojinetes principales y de biela son del tipo dividido y se les llama también insertos o engastes. En los cojinetes principales, o sea los apoyos principales del cigüeñal, la mitad superior del metal se instala en la cavidad maquinada en el bloque; el metal inferior se sujeta con una tapa atornillada. En las bielas, el metal superior de cojinete se instala en la cavidad de la biela y el metal inferior en la tapa de biela.

En la figura 9.8 se ilustra un metal de cojinete típico para un motor y se señalan sus partes. En muchos motores, los metales no tienen las ranuras distribuidoras de aceite que se ilustran. La ranura anular se utiliza para conducir el aceite en torno al muñón; el metal también puede ser liso, sin ninguna ranura.

Cada metal de cojinete típico consta de un respaldo o tapa de acero en el cual se aplican varias capas de material antifricción, que es blando. Por tanto, si hay desgaste, lo sufren los metales en vez de una pieza más costosa en el motor. Por ello, se pueden reemplazar los metales cuando han llegado al límite de desgaste.

Lubricación de los cojinetes

La fricción de fluido hace que los muñones en rotación conduzcan el aceite alrededor de los metales de cojinete y la carga contra el muñón se soporta con capas de aceite. Por supuesto, el diámetro del muñón es menor que el de las dos mitades del metal (Fig. 9.9), para que haya holgura entre ambos; el aceite lubricante circula por esa holgura. El sistema de lubricación envía aceite en forma constante al metal; penetra por el agujero para aceite y el muñón en rotación lo lleva a todas las partes del metal. El aceite llega hasta los bordes externos del metal en donde se lo expulsa y regresa al depósito. Ese aceite expulsado lubrica otras partes del motor, como son las paredes de cilindros, pistones y anillos de pistón.

Cuando el aceite se mueve sobre las caras de los metales, no sólo los lubrica sino que ayuda a enfriarlos. El aceite está más o menos frío cuando sale

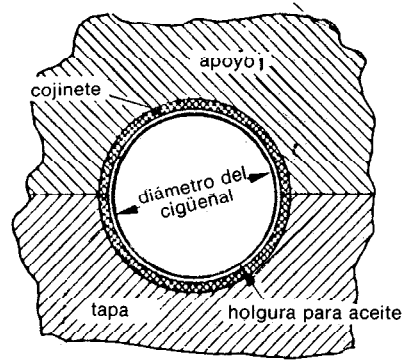


Fig. 9.9 Holgura para aceite entre el cojinete y el cigüeñal

del depósito y arrastra el calor en su paso a lo largo de los metales. Luego, este calor llega al depósito de aceite y se disipa en el aire que pasa alrededor del depósito. Los motores grandes suelen tener un enfriador (radiador) de aceite en el sistema de lubricación para disipar el calor del aceite.

El aceite también "lava" y limpia los cojinetes; arrastra las partículas de polvo y mugre y el aceite en circulación las lleva hasta el depósito. Allí caen al fondo del depósito o quedan retenidas en el colador o en el filtro de aceite.

Holgura en los cojinetes

Cuanto mayor sea la holgura o espacio para aceite, éste pasará con mayor rapidez por los cojinetes. Esa holgura varía según el motor, pero la típica es de 0.04 mm. Conforme aumenta la holgura, por desgaste de los metales, aumenta la cantidad de aceite que pasa y se expulsa en el cojinete. Con una holgura de 0.08 mm (apenas el doble de la original), la cantidad de aceite expulsado aumenta hasta en cinco veces más que la original. Una holgura de 0.16 mm permitirá que pase 25 veces más aceite por el cojinete.

Por ello, conforme se desgastan los metales de cojinete, se lanza cada vez más aceite contra las paredes de los cilindros. Los anillos de pistón no pueden controlar este exceso de aceite y una parte llega hasta las cámaras de combustión en donde se quema y forma carbón. Las acumulaciones de carbón en las cámaras de combustión reducen la potencia y pueden ocasionar problemas en el motor.

Las holguras excesivas para aceite en los cojinetes, también pueden ocasionar la falla de los metales por agotamiento del aceite. La bomba del aceite sólo puede descargar cierta cantidad. Si las holguras para aceite son excesivas, la mayor parte del aceite pasará al siguiente cojinete y no habrá suficiente aceite para los cojinetes más distantes y es probable que se dañen por falta de aceite. Un motor con holguras excesivas suele tener baja presión de aceite, pues la bomba del aceite no puede producir la presión normal por la excesiva holgura y la expulsión de aceite desde los metales de cojinete.

Si la holgura para aceite es insuficiente, habrá contacto de metal con metal entre el metal del cojinete y el muñón del cigüeñal y ocurrirán desgastes muy rápidos y falla prematura.

Tipos de metales de cojinete

En los motores muy antiguos se utilizan cojinetes del tipo fundido o colado. Para hacerlos, se instalaba una matriz o molde en la cavidad y en la tapa de la biela y se vaciaba metal antifricción fundido en ellos. Después, el cojinete se raspaba y alisaba hasta lograr la holgura final deseada.

En los motores modernos, se utilizan metales de cojinete del tipo de *inserción precisa*. Los metales se fabrican con tal precisión que se pueden instalar sin tener que modificarlos o ajustarlos. En muchos motores, se pueden reemplazar los metales de cojinetes principales sin desmontar el cigüeñal.

En ocasiones, se utilizan metales semiacabados para el reacondicionamiento del motor; en la figura 9.10 se ilustra un metal de este tipo. Estos metales tienen una pequeña cantidad adicional de metal antifricción que se debe eliminar cuando se van a instalar los metales para lograr el ajuste final. Para reemplazar este tipo de metales, hay que desmontar el cigüeñal. Después de instalar los metales, hay que maquinarlos al tamaño con una barra rectificadora especial. Además, hay que maquinar o rectificar las caras del cojinete de empuje para tener el juego longitudinal correcto del cigüeñal. Esta operación se conoce como rectificación en línea o rectificación para alineación y se rectifican todos los metales de cojinete en una sola línea.

Requisitos para los metales de cojinete

Además de soportar las cargas, los metales de cojinete deben efectuar otras funciones que se describen a continuación.

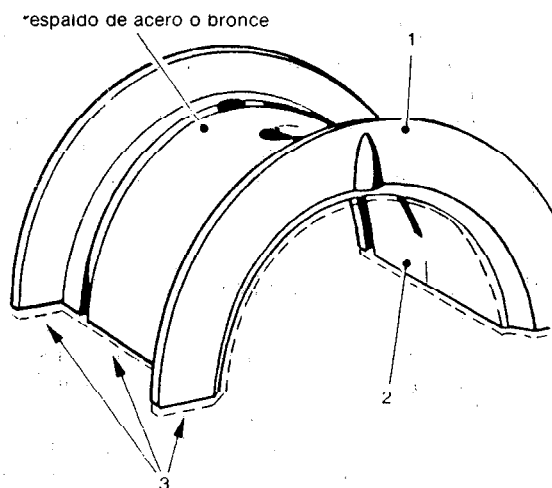


Fig. 9.10 Cojinete de empuje de cigüeñal del tipo semiacabado. Hay que maquinar el cojinete a su tamaño en los tres lugares indicados: 1 cara de empuje, 2 superficie de apoyo, 3 altura.

Capacidad de soporte de carga El metal debe ser del tamaño y material adecuados para soportar las cargas que se les aplican y se construyen de acuerdo con ellas.

Resistencia a la fatiga Cuando se somete a una pieza de metal a esfuerzos repetidos al grado de que se flexione o se doble, tiende a endurecerse y a fin de cuentas se rompe. Esto se llama *falla por fatiga*. Una demostración de la falla por fatiga es cuando se dobla repetidamente un tramo de alambre o de lámina metálica. Los metales de cojinetes están sometidos a cargas variables y sufren esfuerzos repetidos. El material debe soportar estas cargas variables sin fallar por fatiga.

Capacidad para incrustación. Esto significa la capacidad de un metal de cojinete para permitir que se enclaven o incrusten cuerpos extraños en él. Las partículas de polvo o mugre entran al motor a pesar de los filtros de aire y de aceite. Algunas de ellas llegan hasta la superficie de los metales y el aceite no las puede arrastrar.

Para proteger los metales de cojinete, se permite que esas partículas se incrusten o enclaven en el material antifricción. Si los metales fueran muy duros y no lo permitieran, las partículas se quedarían en la superficie, en donde rasparían el muñón del cigüeñal y socavarían el metal. Esto a su vez ocasionaría sobrecalentamiento y falla rápida del metal. Por ello, los metales de cojinete deben ser lo bastante blandos para tener capacidad para incrustación.

Conformabilidad. Está relacionada con la capacidad para incrustación. Es la capacidad del material del metal de cojinete para adaptarse o "conformarse" a las variaciones en la alineación y en la forma de los muñones del cigüeñal. Por ejemplo, supóngase que un muñón tiene una ligera conicidad. El metal que está debajo de la parte de mayor diámetro soportará cargas más pesadas. Si el material tiene alta conformabilidad, fluirá ligeramente en alejamiento desde las zonas con carga más pesada hasta las de carga más ligera. Esto redistribuye el material de modo que todo el metal reciba una carga más uniforme. Cuando se incrustan partículas extrañas en el metal ocurre una acción similar. Cuando se incrustan, desplazan el material y producen puntos altos locales (Fig. 9.11). Sin embargo, con alta conformabilidad, el material fluye en alejamiento de los puntos altos. Esto tiende a evitar cargas pesadas que podrían ocasionar falla de metal.

Resistencia a la corrosión Los materiales de los metales de cojinete deben ser resistentes a la corrosión, porque algunos subproductos de la combustión pueden formar sustancias corrosivas.

Rapidez del desgaste El material del metal de cojinete debe ser lo suficientemente duro y tenaz para que no se desgaste con rapidez. Al mismo tiempo,

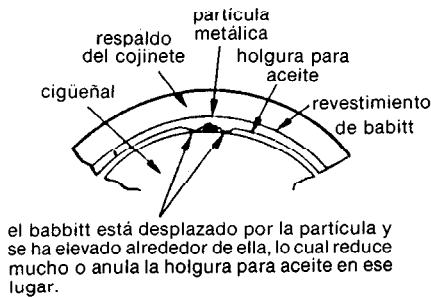


Fig. 9.11 Efecto de una partícula metálica incrustada en el metal del cojinete

debe ser lo bastante blando para tener buena capacidad para incrustación y conformabilidad.

Materiales para metales de cojinete

El respaldo del metal del cojinete suele ser de acero. El material de revestimiento es una combinación de varios metales mezclados o en aleación que dan la combinación deseada de características. Se puede emplear cobre, plomo, estaño, aluminio, antimonio, cadmio y plata y hay muchas posibles combinaciones. El diseñador selecciona la combinación más adecuada para el tipo de motor.

Los metales de cojinete antiguos se hacían con una aleación de plomo y estaño, llamada babbit o metal blanco. Los motores modernos usan cojinetes con alta capacidad de carga y resistencia a la fatiga, por lo cual se han creado otras aleaciones. Las de plomo-bronce y las de cobre-plomo tienen resistencia mucho mayor, pero tiende a producir desgaste de los muñones y además su conformabilidad y capacidad para incrustación son deficientes. Dependen de una copiosa cantidad de aceite para arrastrar las partículas extrañas que puedan llegar al cojinete. Se encontró que al revestir estas aleaciones muy duras con una capa muy delgada de metal blanco se reduce el desgaste y mejoran la conformabilidad y capacidad para incrustación. A partir de éstos se crearon los cojinetes con revestimiento que consisten en un respaldo o tapa de acero delgada y flexible, con una capa de 0.5 mm de cobre-plomo o aleación similar y un revestimiento de 0.02 mm de una aleación hecha con algunos de los siguientes metales: indio, plomo, estaño, cobre o antimonio. En algunos metales de cojinete también se emplea el aluminio.

Cargas en los metales de cojinete

Los metales de cojinete se pueden construir para soportar cargas radiales, cargas de empuje o una combinación de cargas radiales y de empuje. Estos tres tipos de cargas se ilustran en la figura 9.12

Los metales de cojinetes principales y de biela de un cigüeñal son cojinetes lisos o sencillos destinados a recibir cargas radiales, que son las principales

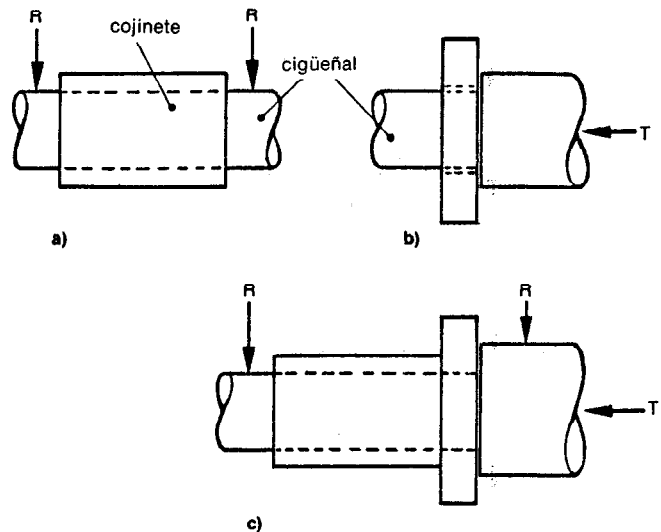


Fig. 9.12 Tipos de cargas aplicadas por el cigüeñal contra el cojinete: a) carga radial, (R), b) carga de empuje (T), c) radial y empuje combinadas.

que se aplican al cigüeñal y cojinetes. Sin embargo, en el cigüeñal hay cierto empuje longitudinal y uno de los cojinetes se debe fabricar para recibir este tipo de carga.

El metal de cojinete que se ilustra en la figura 9.10 es para muñón principal y recibe cargas radiales y de empuje. El metal del cojinete tiene cejas en cada extremo para recibir el empuje en cualquier sentido. El cigüeñal tiene caras de empuje correlativas en cada lado del muñón en que se instala este cojinete.

En muchos motores se utilizan arillos o placas redondas de empuje separados, como el que se ilustra en la figura 9.2. Estos arillos se instalan en ranuras en cada lado del cojinete y se fijan en el apoyo o alma del bloque mediante lengüetas de guía.

El cigüeñal recibe ciertos empujes longitudinales debido al funcionamiento del motor, la acción de los engranes de sincronización y otras acciones que tienden a mover el cigüeñal hacia el frente o hacia atrás. El funcionamiento del embrague en algunos vehículos también puede aplicar carga de empuje.

Vibración y balanceo del motor

Hay tres causas principales de vibración en un motor. Los fabricantes las tienen en cuenta en su diseño e incluyen dispositivos de balanceo o equilibrio para reducirlas. Esas causas, son:

1. Vibración debida al desequilibrio (desbalanceo) de las partes rotatorias. La fuerza centrífuga actúa en todas las piezas cuando están en rotación y hay que balancearlas; esas piezas son el cigüeñal, el volante y el embrague.

2. Vibración debida a los impulsos de potencia de los pistones que hacen girar el cigüeñal; éste no gira a velocidad constante sino que está sujeto a los impulsos de potencia. Éstos pueden ocasionar una vibración de tipo rotatorio que se conoce como vibración torsional.
3. Vibración debida a la inercia de las piezas de movimiento alternativo (reciprocante). Los pistones, en particular, producen una fuerza de inercia en las partes superior e inferior de su carrera, pues tratan de continuar su movimiento. Esto ocasiona una vibración vertical del cigüeñal y el motor.

Equilibrio (balanceo) de las piezas rotatorias

Cualquier pieza, tal como el cigüeñal, cuando está en rotación produce una fuerza centrífuga. Cuando gira a alta velocidad, el efecto de la fuerza centrífuga se vuelve más notorio y es importante equilibrarla (balancearla). Un árbol o eje recto paralelo o un volante también están sujetos a esta fuerza, pero no hay efecto apreciable, porque estas piezas suelen estar balanceadas. Incluso así, los fabricantes comprueban y corrigen el balanceo de piezas rotatorias como el volante y el embrague.

Se deben tener en cuenta los siguientes factores en relación con la fuerza centrífuga:

1. La fuerza centrífuga se debe a la rotación y tiene arrastre hacia fuera desde el centro del cuerpo en rotación. La fuerza centrífuga aumenta de acuerdo con la velocidad de rotación.
2. Se puede considerar que la fuerza centrífuga en una pieza rotatoria se compone de cierto número de fuerzas menores, cada una de las cuales actúa en una zona pequeña de la pieza.
3. Cuando la pieza está desbalanceada, estas fuerzas centrífugas pequeñas actúan de modo que se combinan para formar una fuerza mayor y entonces su efecto se vuelve notorio. Cuando la

pieza está balanceada, estas fuerzas pequeñas actúan de modo que se cancelan entre sí y no hay efecto notorio.

4. Cuanto más lejos esté una zona de un cuerpo desde su centro de rotación, mayor será el efecto de la fuerza centrífuga.

En la figura 9.13 se muestra un disco que representa un volante o una sección de una flecha. Ahora se necesita tener en cuenta los efectos antes mencionados de la fuerza centrífuga en relación con la rotación del disco.

En la figura 9.13a) el disco ilustrado es de configuración uniforme y la fuerza centrífuga actúa por igual en todas sus partes. Por tanto, cuando gira el disco, la fuerza centrífuga no tendrá efecto notorio, pues todas las fuerzas que actúan sobre el disco están balanceadas.

En la figura 9.13b) se ha agregado una masa al disco. La fuerza centrífuga se vuelve más apreciable, porque se ha creado una condición de desbalanceo. Cuando gira el disco, la fuerza centrífuga actuará hacia fuera desde la masa. Este es el efecto que produce un muñón de biela en el cigüeñal.

En la figura 9.13c) se ha provisto una masa para balanceo. Esta masa es igual a la del muñón de biela pero está en el lado opuesto del disco. Ahora se balancean las fuerzas resultantes de la fuerza centrífuga. Este es el efecto que se obtiene al incluir una masa de equilibrio o balanceo (o contrapeso) en el cigüeñal.

Se puede ver que cuando el cigüeñal gira sobre sus cojinetes principales, la fuerza centrífuga actuará contra él, para producir una fuerza que es más efectiva en sus muñones. Esto, por tanto, establecerá una fuerza contra los cojinetes principales que ejercerá tracción hacia fuera en dirección al muñón cuando gira el cigüeñal. Este efecto se transmitirá al motor y aumentará con la velocidad, por lo cual la fuerza arrastrará el motor y seguirá la acción del muñón de biela. Esto ocasiona vibración del motor.

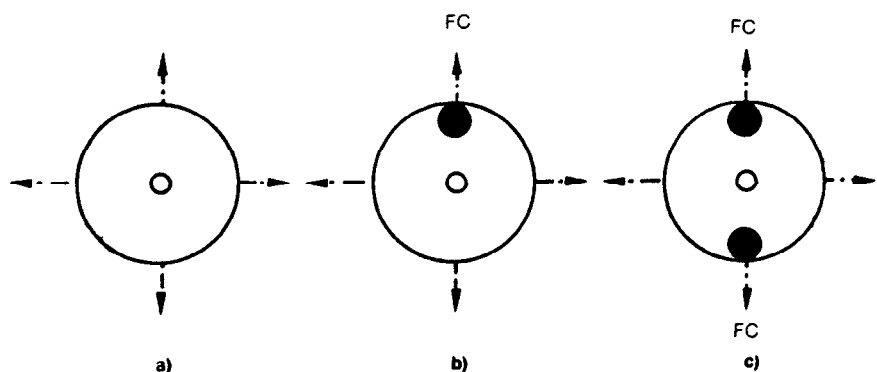


Fig. 9.13 Fuerza centrífuga sobre el cigüeñal: a) no hay efecto de la fuerza centrífuga porque las fuerzas están balanceadas, b) la masa en el muñón de biela produce fuerza centrífuga, c) masa opuesta agregada para obtener balanceo.

Para contrarrestar estos efectos, se balancea el cigüeñal en la fábrica con la colocación de una masa de balanceo a 180° del muñón de biela. Esta masa crea una fuerza igual y opuesta a la producida por el muñón de biela, por lo cual las dos fuerzas se equilibran entre sí y se elimina la vibración.

En la figura 9.5 se ilustran las masas de equilibrio (contrapesos) para el cigüeñal de un motor de cuatro cilindros. Las almas del cigüeñal se han extendido más allá de los muñones principales para formar los contrapesos. Se ve que los muñones de biela en este cigüeñal son huecos; esto reduce su masa y los efectos de la fuerza centrífuga. Los muñones de biela huecos como éstos no reducen en forma apreciable la resistencia del cigüeñal; en realidad, masa por masa, un muñón hueco tendría mayor resistencia que uno macizo (Fig. 7.13).

Un cigüeñal para cuatro cilindros que funcione a baja velocidad requiere muy poco balanceo; el muñón de biela No. 1 se balanceó con el número 2, el número 3 con el número 4. En un cigüeñal que gira a alta velocidad, se requiere balanceo por separado de cada muñón de biela para contener las fuerzas en esa parte del cigüeñal y, por ello, en ocasiones, se utilizan contrapesos separados en cada muñón de biela. Además del balanceo de los muñones de biela, los fabricantes también tienen en cuenta la parte de la biela (alrededor de dos terceras partes de su masa) que gira junto con el muñón y también incluyen esa masa en el contrapeso. El diseño de los motores modernos les permite alcanzar altas velocidades sin que se dañen por la vibración.

Balanceo para impulsos de potencia

La potencia de los cilindros del motor no se obtiene de manera uniforme. Cuando se traslapan los impulsos de potencia (en motores de seis y de ocho cilindros), hay ocasiones en que se entrega más potencia que en otras. Esto hace que el cigüeñal aumente y luego reduzca su velocidad. Sin embargo, el volante contrarresta esta tendencia, pues su inercia hace que el cigüeñal siga girando a velocidad constante. Por ello, el volante absorbe energía cuando el cigüeñal trata de aumentar su velocidad y la libera cuando el cigüeñal trata de reducir su velocidad.

En la figura 2.12 se ilustra el efecto de las carreras de potencia y cómo se traslapan en los motores de seis y de ocho cilindros. Hacia el final de la carrera se entrega menos potencia por lo que ésta se entrega como un impulso en vez de ser una carrera prolongada de potencia. Estos impulsos pueden ocasionar la vibración torsional del cigüeñal, es decir, el cigüeñal vibra en un sentido y otro cuando gira, porque cada impulso de potencia hace que se acelere un poco y, luego, desacelere ligeramente cuando ha cesado el impulso. Esto hace que el cigüeñal se "enrolle" y se "desenrolle" y produzca vibraciones. Estas vibraciones se amortiguan con el

amortiguador de vibración instalado en el frente del cigüeñal, cuya acción ya se describió.

Balanceo de piezas reciprocantes

El pistón y sus piezas correlativas son de movimiento recíprocante o alternativo, es decir se mueven hacia un lado y otro en línea recta y esto produce fuerzas que ocasionan vibraciones en el motor en sentido ascendente y descendente.

Considérese el movimiento del pistón durante una revolución del cigüeñal. A partir del PMS en donde el pistón está detenido un instante, la velocidad del mismo aumenta durante unos 90° de la rotación del cigüeñal y luego la velocidad decrece hasta que llega al PMI. Ahí ocurre otra detención momentánea antes de que invierta su movimiento y retorne a la parte superior del cilindro. Por tanto, en las partes superior e inferior del cilindro, en donde ocurre una inversión completa del movimiento, el pistón se debe detener un instante antes de que esa inversión pueda ocurrir.

Sin embargo, en las partes superior e inferior del cilindro, el pistón, debido a su inercia, trata de continuar su movimiento en vez de detenerse e invertir su sentido. Por tanto, cada vez que el pistón llega a PMS o a PMI, se produce una fuerza de inercia que causará una vibración en el motor. Este efecto aumenta con la velocidad del motor.

Las partes reciprocantes del motor son el pistón, los anillos y el perno de pistón, así como una parte de la biela que se puede considerar que sigue la acción del pistón en vez de la del cigüeñal. Esta parte de la biela equivale a alrededor de una tercera parte de la masa de ella.

Todos los pistones y sus piezas correlativas en un motor de cilindros múltiples deben tener la misma masa para que estén equilibrados o balanceados. No es difícil imaginarse las fuertes vibraciones que se producirían en un motor que tuviera, por ejemplo, un pistón de mayor masa que otro, pues este pistón produciría una fuerza de inercia mucho mayor.

Balanceo de un motor

Es interesante considerar algunas de las características requeridas para balancear un motor de un cilindro. Como sólo hay un pistón, por supuesto, el contrapeso se colocará directamente opuesto al muñón de biela.

La figura 9.14 a) es un diagrama sencillo de un motor pequeño de un solo cilindro, con el muñón de biela acoplado con el volante. El volante controlará una gran cantidad de desbalanceo, pero se utiliza la masa de equilibrio (contrapeso) para balancear la masa del muñón de biela.

Cuando el motor está funcionando, la fuerza centrífuga del contrapeso actuará hacia fuera en todo momento. Entonces, cuando el pistón llega a la parte superior de su carrera, la fuerza centrífuga

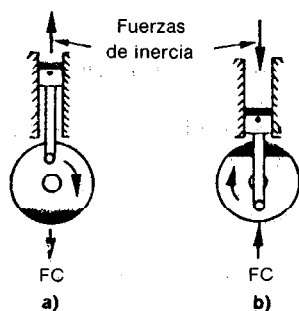


Fig. 9.14 La fuerza centrífuga de la masa de balanceo (contrapeso) y la fuerza de inercia del pistón se igualan: a) en PMS, b) en PMI

del contrapeso actuará en sentido opuesto a la fuerza de inercia del pistón. Cuando el pistón llega al PMI, el volante habrá girado, con lo cual la fuerza centrífuga actuará de nuevo en sentido opuesto a la fuerza de inercia, como se ilustra en la figura 9.14 b).

Cuando el pistón se mueve hacia abajo en el cilindro, no hay fuerza de inercia apreciable, pero todavía está presente la fuerza centrífuga que actúa en sentido lateral como se ilustra (Fig. 9.15). Esta fuerza, ahora, es indeseable y crea una condición de desbalanceo. Entonces parecería que si todas las partes reciprocantes del motor de un cilindro se fueran a balancear por completo con un contrapeso, entonces las partes rotatorias quedarían desbalanceadas. Por ello, los fabricantes diseñan los contrapesos para un término medio. Por supuesto, un pistón con masa pequeña reduciría mucho la fuerza de inercia. Si el motor es de dos tiempos, las presiones de compresión ayudan a reducir las fuerzas de inercia.

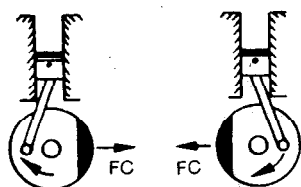


Fig. 9.15 La fuerza centrífuga indeseada actúa en sentido horizontal en la carrera ascendente y en la descendente. No hay fuerzas de inercia en el pistón en las posiciones ilustradas

Motores de cilindros múltiples

En algunos motores de cilindros múltiples se emplea la fuerza de inercia de un pistón para balancear la de otro. En un motor de cuatro cilindros en línea, la fuerza de inercia del pistón No. 1 se balancearía con la del pistón No. 2 y la del No. 3 con la del No. 4.

Los cilindros horizontales opuestos se balancean entre sí. En la figura 9.16 a) se ilustra un motor con cilindros horizontales opuestos; en la figura 9.16 b) se ilustra un motor de dos cilindros en línea. Los cilindros opuestos producen fuerzas de inercia opuestas; en los cilindros en línea se produce una

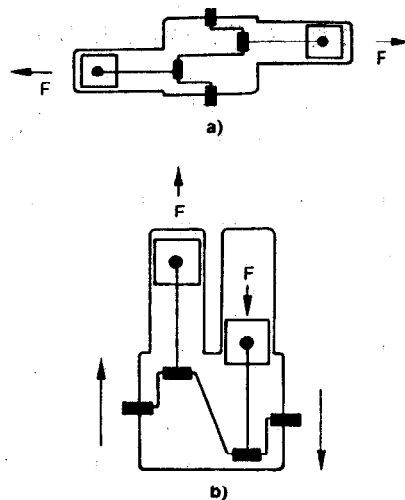


Fig. 9.16 Fuerzas de inercia producidas en motores con cilindros gemelos. F representa las fuerzas de inercia: a) motor horizontal opuesto, b) motor en línea.

acción oscilatoria. Cuando gira el cigüeñal, este motor tendrá tendencia a oscilar en torno a su punto medio.

En la figura 9.17 se ilustran dos cilindros de un motor en V a 90°. El contrapeso común está opuesto al muñón de biela común, con lo cual la fuerza centrífuga siempre actuará en el sentido requerido para oponerse a la fuerza de inercia y ocurre en ambos pistones. La fuerza centrífuga indeseada en sentido horizontal en el motor de un cilindro (Fig. 9.15) se aprovecha con ventaja en un motor en V.

Ejes de balanceo

En algunos motores se utilizan ejes de equilibrio (balanceo). Son ejes que tienen masas de balanceo, colocados en el bloque paralelos al cigüeñal e impulsados por los engranes de sincronización. La finalidad de estos ejes es reducir las vibraciones verticales del motor porque producen sus propias fuerzas de inercia que se oponen a las fuerzas de inercia de los pistones y piezas correlativas. El eje se diseña de modo que se produzca una fuerza que contrarreste las fuerzas de inercia en PMS y en PMI. Los ejes de balanceo se impulsan al doble de la velocidad del cigüeñal para aumentar su efecto.

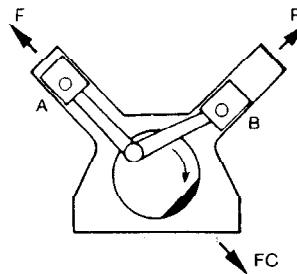


Fig. 9.17 Dos cilindros de un motor V-8. Se muestra la fuerza de inercia en un pistón, balanceada por la fuerza centrífuga del contrapeso del cigüeñal

Preguntas para repaso

1. Menciónense las diversas partes de un cigüeñal.
2. ¿Qué significa un cigüeñal con siete cojinetes?
3. ¿Cuántos cojinetes principales es probable que tenga un motor V-8?
4. ¿Por qué se utiliza un cojinete de empuje en uno de los cojinetes principales?
5. ¿Qué es el traslapo de los muñones de biela?
6. ¿Por qué se utilizan los contrapesos?
7. ¿Por qué se emplea un amortiguador de vibración?
8. Compárense los dos tipos de amortiguadores de vibración utilizados en los motores Diesel
9. ¿Qué significa inercia?
10. ¿Qué es la fuerza centrífuga?
11. ¿Por qué se debe dejar holgura en los metales de cojinete?
12. ¿Cuál es el posible efecto de la holgura excesiva en los cojinetes?
13. Describanse los diversos requisitos de los cojinetes del cigüeñal.
14. Explíquense los diversos tipos de cargas a que pueden estar sometidos los cojinetes.
15. ¿Cuáles son algunos de los factores que podrían producir vibraciones en un motor?
16. ¿Cómo producen los impulsos de potencia las vibraciones en el motor?
17. ¿Qué son los ejes de balanceo?
18. Selecciónense las ilustraciones de dos motores diferentes y compárense sus cigüeñales.

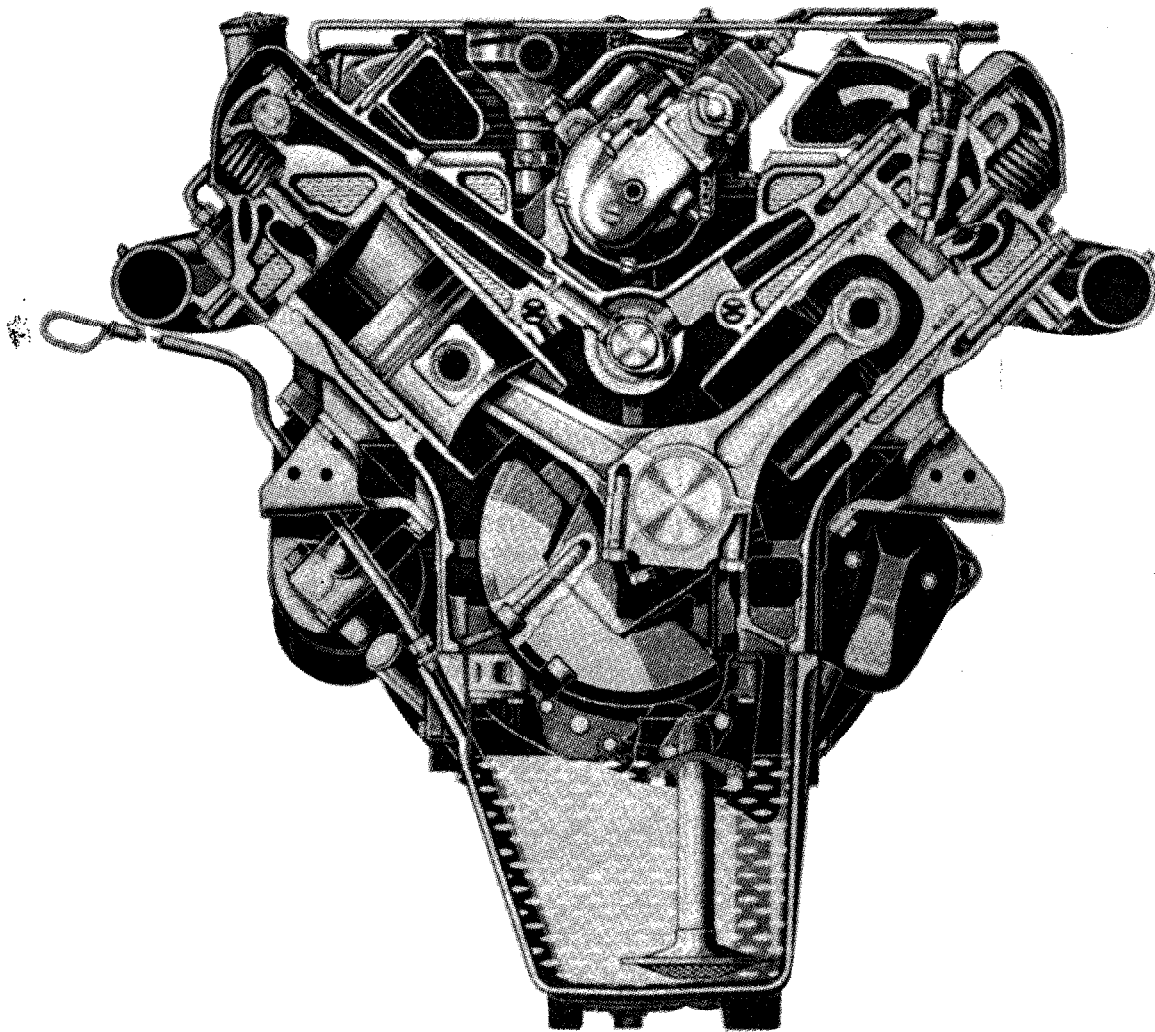


Fig. 9.18 Motor Mercedes para camión. Se ilustra la disposición interna de un motor en V. Los detalles que se pueden apreciar son: bielas con tapa de cojinete descentrada y caras divisorias ranuradas, el cigüeñal con contrapesos atornillados, los pistones con tres anillos; el superior de compresión es del tipo de cuña que se coloca en un inserto; las camisas de cilindros húmedas, el mecanismo de válvulas, la ubicación del inyector en la culata de cilindros.

En el exterior, se pueden ver la bomba de inyección y los tubos para los inyectores; además el motor de arranque en el lado derecho del motor (izquierdo en la ilustración) y el enfriador de aceite en el lado izquierdo.

MERCEDES

Servicio al cigüeñal y cojinetes

10

Los muñones del cigüeñal tienen superficies endurecidas mientras que los metales de los cojinetes tienen superficies de un material mucho más blando. Las dos superficies están diseñadas para trabajar juntas a fin de producir fricción y desgaste mínimos cuando tienen lubricación adecuada. El desgaste que ocurre es principalmente en la superficie del cojinete, que está diseñada para ese fin. Los cojinetes (metales) se pueden reemplazar cuando sea necesario, lo cual es mucho más fácil y menos costoso que reacondicionar o reemplazar el cigüeñal que tiene muñones gastados.

Sin embargo, los muñones del cigüeñal se pueden gastar, en particular por los cuerpos extraños e impurezas en el aceite. El desgaste o los daños podrían ser por mantenimiento deficiente o por condiciones anormales de funcionamiento del motor y las superficies de los muñones se pondrían ásperas y se escoriarían. Como resultado del funcionamiento normal durante largo tiempo, los muñones sufren conicidad y también ovalación. Durante el reacondicionamiento del motor hay que inspeccionar el cigüeñal y medir los muñones.

Inspección del cigüeñal

Hay que hacer una inspección visual y ver si el cigüeñal tiene desgaste o daños antes de medir el desgaste en los muñones. Hay que inspeccionar si los muñones tienen escoriación o señales de decoloración por sobrecalentamiento. Hay que examinar las superficies en que actúan los sellos de aceite para determinar que estén en buenas condiciones, sin desgaste ni ranuras.

Se debe comprobar si el cigüeñal tiene grietas, por medio de un detector magnético de grietas. En la figura 10.1 se ilustran las partes del cigüeñal en donde empezaría una falla por fatiga y que se nota por grietas diminutas. Es más probable que ocurran

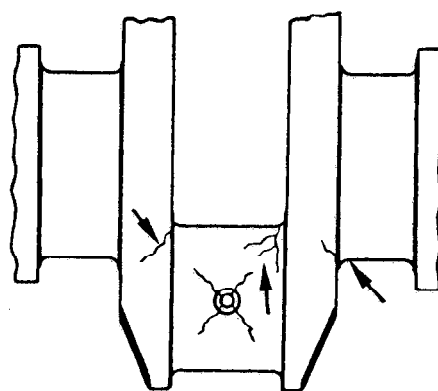


Fig. 10.1 Grietas por falla por fatiga en un muñón de cigüeñal

las grietas en la intersección del muñón y el alma en la zona de los filetes y alrededor de los agujeros para aceite. Por esta razón se hacen los filetes en los extremos de los muñones y los agujeros para aceite tienen sus bordes redondeados.

Aunque una rotura del cigüeñal es poco común, se debe efectuar una inspección y verificación completas del cigüeñal durante el reacondicionamiento del motor.

Medición de los muñones

Hay que medir con precisión los muñones con un micrómetro de exteriores para determinar si hay ovalación y conicidad (Fig. 10.2). Para medir si hay conicidad, las lecturas se deben hacer en cada extremo del muñón. La conicidad permisible varía un poco según la marca de motor, pero la especificación promedio es alrededor de 0.04 mm para los muñones de biela y de 0.05 para los muñones principales. Las lecturas para la ovalación (excentricidad)

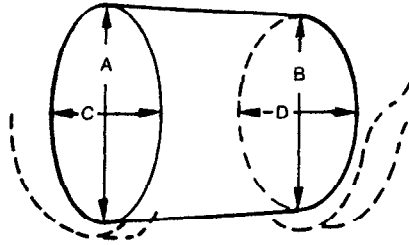


Fig. 10.2 Medición de muñones del cigüeñal; A contra B = conicidad vertical; C contra D = conicidad horizontal; A contra C = ovalación; B contra D = ovalación

se deben tomar alrededor del diámetro del muñón en diversos lugares como se ilustra en la figura. La ovalación permisible promedio es de 0.08 mm para los muñones de biela y de 0.10 mm para los muñones principales.

El desgaste en los muñones de biela suele ser mayor que en los principales. La carga en los muñones y cojinetes principales es casi constante, pero las cargas en los muñones y cojinetes de biela no lo son y son mayores cerca de las posiciones de los pistones en el PMS y en el PMI.

Reacondicionamiento de los muñones

Si los muñones tienen ovalación o conicidad que excedan de los límites especificados o si están ásperos, rayados, picados o con otros daños, se deben rectificar a bajo medida (menor medida) para instalar cojinetes de bajo medida. Están disponibles en bajo medidas de 0.05 mm, 0.25 mm, 0.50 mm y 0.75 mm, pero varían según la marca del motor.

Rectificación del cigüeñal

Se utiliza una rectificadora especial para los muñones del cigüeñal. En la figura 10.3 se ilustra un cigüeñal montado en una rectificadora, mientras se rectifica el cojinete principal central. La rectificadora tiene mandriles ajustables para soportar cada extremo del cigüeñal y permitir ubicarlo con precisión para rectificar los muñones de biela. Hay que

hacer girar el muñón de biela contra la rueda abrasiva durante la rectificación. Los mandriles o mordazas que soportan el cigüeñal permiten colocarlo de modo que el muñón de biela gire sobre su propio eje, mientras el resto del cigüeñal está desplazado del centro.

La rueda abrasiva se debe rectificar con precisión, pero deja una "pelusa" muy fina en las superficies rectificadas. Para eliminarla, se efectúa un pulimento final para producir una superficie con un buen acabado.

Limpieza del cigüeñal

Después de rectificar o siempre que se desmonte el cigüeñal del motor, hay que limpiarlo minuciosamente con un disolvente, en particular los agujeros y conductos para aceite. Recuérdese que cualquier residuo de abrasivo en un conducto para aceite podría llegar hasta las superficies de apoyo y cojinetes y ocasionar falla prematura de los cojinetes. Inmediatamente después de limpiar, hay que aplicar aceite en todas las superficies para cojinete a fin de impedir la herrumbre.

Restauración del cigüeñal

Los muñones que están dañados o escoriados hasta el grado de necesitar rectificación excesiva, se pueden restaurar mediante la reconstrucción o enmetalado del muñón con soldadura. Hay una máquina especial, en la cual se puede montar y hacer girar el cigüeñal durante la aplicación de soldadura. Se utiliza un proceso especial de soldadura en el cual la pieza que se va a soldar y el alambre están cubiertos por gas inerte; el alambre tiene avance automático desde un rollo en la parte trasera de la máquina. La cabeza para soldadura está dispuesta en un mecanismo móvil para que pueda viajar a lo largo del muñón. Con ello, durante el trabajo, el cigüeñal gira mientras la cabeza para soldadura se mueve a lo largo del muñón y deposita la soldadura en forma de un cordón continuo a lo largo del muñón mientras se hace girar el cigüeñal, como se ilustra en la figura 10.4.

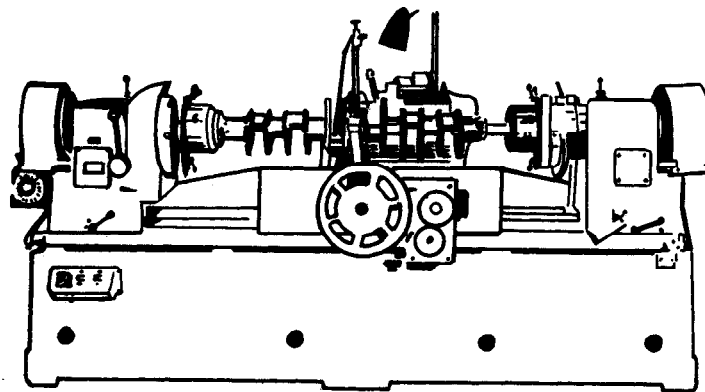


Fig. 10.3 Máquina rectificadora de cigüeñales



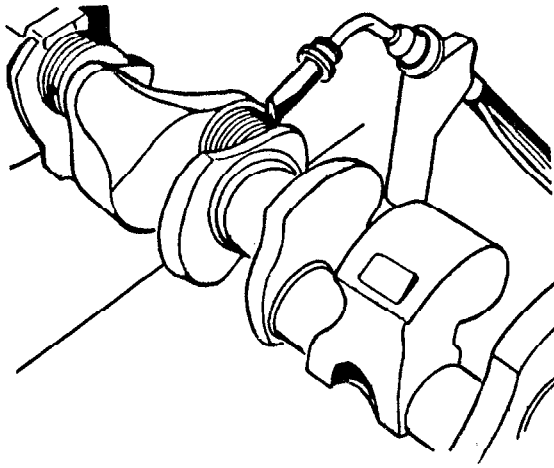


Fig. 10.4 Restauración del cigüeñal

Después de haber aplicado suficiente metal de soldadura en el muñón para restaurarlo, se rectifica a la medida estándar.

Una técnica que se utiliza para restaurar muñones dañados y otras superficies se conoce como *cromado duro*. Es un proceso de recubrimiento electrolítico con el cual se electrodeposita una capa de cromo en el muñón para restaurarle su tamaño original. Se reviste el muñón a una sobremedida y luego se rectifica a la medida estándar.

Este proceso se puede utilizar en piezas nuevas o gastadas. La capa de cromo depositada se puede controlar con precisión y su espesor puede ser de apenas 0.02 mm. Una capa de este espesor es una excelente superficie de trabajo para un cojinete y se emplea en muchas aplicaciones además de los cigüeñales.

Servicio a los cojinetes del cigüeñal

Los motores Diesel tienen metales de cojinete de inserción precisa, acabados con gran exactitud en la fábrica, y no requieren ningún ajuste para instalarlos en el motor. Cuando los metales de cojinete están gastados, los cojinetes de repuesto, bien instalados, restaurarán la holgura en los cojinetes. Por supuesto, esto es sólo cuando los muñones del cigüeñal están en buenas condiciones y dentro de especificaciones.

Comprobación de holgura de cojinetes

El ajuste de los cojinetes del cigüeñal se puede comprobar en tres formas: con Plastigage, con laminillas o con un calibrador telescópico y micrómetro. El espesor del metal de cojinete se puede determinar con un micrómetro y un tramo de barra redonda (Fig. 10.5).

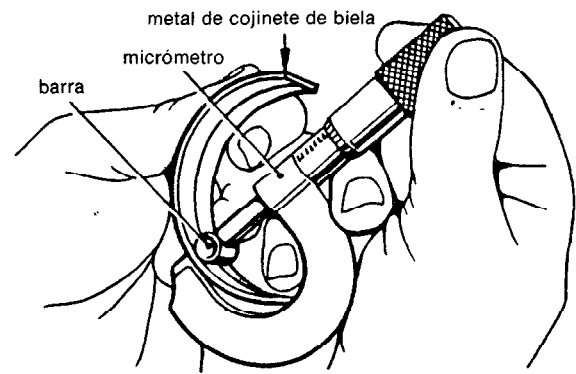


Fig. 10.5 Empleo de un micrómetro y una barra pulida para medir el espesor de un metal de cojinete

Empleo del Plastigage

El Plastigage es un material plástico que viene en tiras y que se aplana cuando se le aplica presión. Se coloca una tira en la tapa del cojinete, se instala la tapa y se aprietan las tuercas a la torsión especificada. Se quita la tapa y se mide la anchura de la tira aplana. Si el Plastigage sólo se ha aplinado ligeramente, es que las holguras son grandes. Si se ha aplinado en forma considerable, las holguras son pequeñas. La holgura real se mide con una escala especial incluida en el sobre del Plastigage (Fig. 10.6).

La escala impresa en el sobre tiene bandas de diferentes anchuras marcadas con una serie de holguras para cojinetes, por ejemplo, 0.02 mm, 0.03 mm, etc. Se coloca la escala contra el Plastigage aplinado para comprobar su anchura, como se ilustra, y determinar la holgura en el cojinete.

Hay que limpiar todo el aceite de las tapas y muñones, antes de colocar el Plastigage. Nunca se debe hacer girar el cigüeñal mientras está colocado el Plastigage y las tuercas de biela están apretadas.

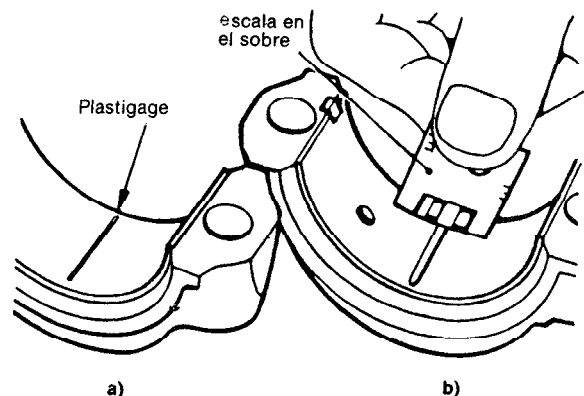


Fig. 10.6 Medición de holgura de cojinetes con Plastigage: a) Plastigage colocado antes de apretar la tapa, b) medición del aplanamiento (holgura para cojinete) con la escala del sobre

Esto lo aplanaría demasiado y se alterarían las mediciones de holgura.

Comprobación de holgura de cojinetes principales

Aunque se utilizan procedimientos similares en los cojinetes principales y de biela, hay factores exclusivos para los principales, los cuales se pueden comprobar como sigue:

Con Plastigage

Límpiese todo el aceite del muñón y de los metales de cojinete. Colóquese una tira de Plastigage en el centro y a lo ancho de la tapa; instálese y apriétese la tapa. Después, quítase la tapa y mídase la cantidad que se ha aplanado el Plastigage. Nunca se debe hacer girar el cigüeñal mientras está colocado el Plastigage.

El cigüeñal debe estar soportado de modo que su masa no lo haga que se ladee y se tenga una medición incorrecta. Una forma de hacerlo es colocar un gato pequeño debajo del cigüeñal de modo que apoye contra el alma contigua el cojinete que se va a comprobar. Otro método es colocar laminillas (lainas) en las tapas de dos cojinetes principales contiguos y apretar los tornillos de las tapas. Con esto se eleva y se soporta el cigüeñal. Esto no es necesario si el motor está desmontado del vehículo y en posición invertida.

Con laminillas (lainas)

Quítase la tapa del cojinete y colóquese un tramo de laminilla (laina) del tamaño y espesor correctos en la tapa del cojinete (Fig. 10.7). Aplíquese una capa delgada de aceite a la laminilla. Instálese la tapa y apriétese los tornillos en forma gradual, a la torsión especificada. Obsérvese si el cigüeñal se mueve con facilidad.

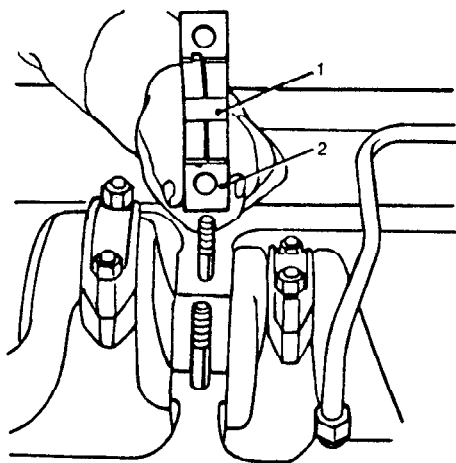


Fig. 10.7 Comprobación de holgura de cojinete principal con calibrador de hojas: 1 calibrador de hojas, 2 tapa de cojinete

Nunca se debe hacer girar el cigüeñal porque se dañarán los metales de cojinete. En vez de ello, determínese si se puede mover unos 25 mm hacia el frente y atrás.

Si el cigüeñal está trabado o tiene un rozamiento notorio, la holgura en los cojinetes es menor al espesor de las laminillas. Si está libre, se debe poner un espesor adicional de laminilla encima de la ya colocada y volver a comprobar la facilidad de movimiento del cigüeñal. La holgura, por lo general, debe ser de alrededor de 0.05 mm; consúltense las especificaciones exactas en el manual de taller del fabricante.

Se debe tener cuidado si se utiliza este método para comprobar la holgura en los cojinetes. Las laminillas son mucho más duras que el metal del cojinete y si están apretadas en exceso entre el metal de cojinete y el muñón, se dañará el metal.

Con micrómetro

Para medir los muñones y cojinetes principales hay que desmontar el cigüeñal del motor y volver a instalar los metales de cojinete.

Se emplea un micrómetro de exteriores para medir el diámetro de los muñones y se utiliza un micrómetro para interiores (o un calibrador telescopiable y un micrómetro de exteriores) para medir el diámetro del cojinete principal. Para hacer esta medición, el cojinete y la tapa deben estar instalados y los tornillos de la tapa apretados a la torsión especificada para obtener mediciones exactas.

El diámetro del muñón del cigüeñal y el del cojinete se pueden comparar al determinar la diferencia, o sea la holgura en el cojinete. A la vez que se mide el diámetro del muñón, también se puede comprobar si hay ovalación y conicidad.

La lectura del micrómetro de interiores se debe transferir al de exteriores para medirla, como se ilustra en la figura 10.8 a fin de tener exactitud al determinar la holgura en los cojinetes.

Comprobación de holgura de cojinetes de biela

Los métodos para comprobar la holgura en los cojinetes de biela son similares a los de los cojinetes principales, pero hay ciertos aspectos particulares.

Con Plastigage

Hay que limpiar el aceite de la tapa y muñón del cojinete antes de colocar el Plastigage; gírese el

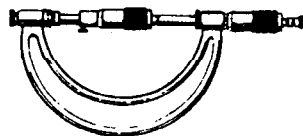


Fig. 10.8 Método para transferir las lecturas del micrómetro o calibrador de interiores al micrómetro de exteriores

cigüeñal de modo que el muñón de biela quede unos 30° antes de PMI. Se coloca el Plastigage en la tapa del cojinete, se instala y se aprietan las tuercas a especificación. Nunca se debe mover el cigüeñal cuando la tapa está apretada porque se aplanaría más el Plastigage y se tendría una medición incorrecta de la holgura.

Quítese la tapa y mídase la anchura del Plastigage aplanado con la escala del sobre para determinar la holgura.

Con laminillas (lainas)

Lubríquese una tira de laminilla (laina) y colóquese transversal en el centro de la tapa de cojinete; instállese la tapa y apriétense ligeramente las tuercas. Determinése la facilidad del movimiento lateral de la biela en el muñón. Si se mueve con facilidad, apriétense un poco más las tuercas y repítase la comprobación. Repítase hasta que las tuercas estén apretadas a la torsión especificada o hasta que la biela quede muy apretada en el muñón. Si se aprieta la biela, la holgura es menor que el espesor de la laminilla. Si la biela no se aprieta entonces la holgura es mayor que el espesor de la laminilla. En este último caso, colóquese una tira adicional de laminilla encima de la ya colocada y repítase la comprobación. Si la biela todavía no queda apretada, pónganse laminillas adicionales hasta que se determine la holgura real en el cojinete.

Con micrómetro

Mídase el diámetro del muñón de biela con un micrómetro. Mídase el diámetro de la cavidad para el cojinete con un calibrador telescópico y micrómetro o con un micrómetro de interiores y compárense las dos medidas para determinar la diferencia o sea la holgura en el cojinete. Al mismo tiempo, se puede comprobar si el muñón tiene ovalación o conicidad.

Instalación de nuevos metales de cojinete

Si los metales de cojinetes principales o de biela están dañados o gastados al grado de que las holguras son excesivas, se deben instalar nuevos metales. También se requieren si se han rectificado los muñones a una baja medida; en este caso, se necesitan metales de baja medida. Además, se acostumbra reemplazar los metales de cojinete cuando se desarma un motor, sin que importe que los metales viejos parezcan estar en buenas condiciones.

Cuando se van a instalar metales de cojinete nuevo, las manos, el banco de trabajo, las herramientas y todas las piezas del motor deben estar limpios. Los metales nuevos se deben dejar en su empaque hasta el momento de instalarlos; hay que manejarlos con cuidado y limpiarlos con un trapo limpio justo antes de instalarlos. Las cavidades en que se van a instalar los metales deben estar limpias y hay que aceitar los metales.

Los metales de cojinete tienen lengüetas de cierre que acoplan en muescas en la cavidad. Para el cigüeñal del bloque, ténganse en cuenta los comentarios que aparecen más adelante respecto a la abertura y la compresión o “aplastamiento” de los metales. La holgura en los cojinetes se puede comprobar después de la instalación.

No trate de limar la tapa del cojinete para corregir la holgura excesiva. Esto anula la relación original entre la tapa y la biela o entre la tapa y el alma o apoyo en el bloque y se producirán cavidades ovaladas que ocasionarán falla prematura de cojinetes.

Abertura de cojinetes

Los metales de cojinete se suelen fabricar con una abertura en sus extremos, es decir el diámetro del metal es un poco mayor que el diámetro de la cavidad en que se instalará (Fig. 10.9). Cuando se instala el metal en la tapa o en la biela, entrará a presión a su lugar y se mantendrá en su asiento durante las operaciones posteriores para armar.

Compresión

Para que el metal de cojinete quede sujeto con firmeza en la cavidad cuando se instala la tapa, tienen compresión (apretamiento o aplastamiento), (Fig. 10.9). Esta compresión denota la distancia que sobresale el borde del metal encima de la línea divisoria en la cavidad o en la tapa para cojinete. Esta altura adicional se debe “comprimir” al instalar la tapa; no daña el metal de cojinete si es la distancia correcta pero obliga a los metales a asentar contra la cavidad y la tapa con firmeza y sin juego.

Nota: No se limen los bordes de los metales de cojinete para tratar de quitarles la compresión. Los metales de cojinete recomendados por el fabricante del motor tendrán la compresión correcta. No hay que alterar, en forma alguna, los metales de inserción precisa para tratar de “ajustarlos”.

Instalación de metales de cojinete de biela

Se deben seguir los procedimientos antes descritos para instalar metales de cojinete nuevos. Los metales de las bielas se pueden reemplazar con el cigüeñal, pistones y bielas instalados aunque, por lo

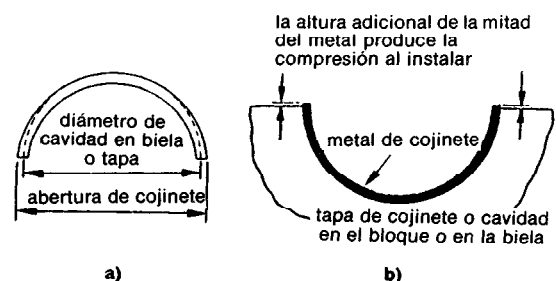


Fig. 10.9 a) Abertura de cojinete, b) Compresión del metal

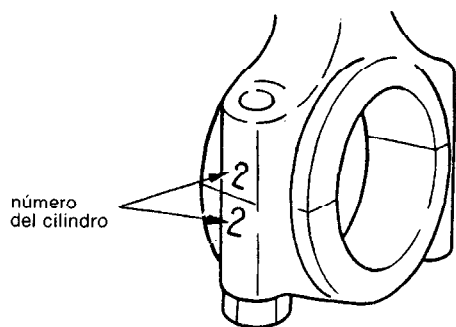


Fig. 10.10 Números de identificación en la biela y en la tapa

general, se han desmontado los pistones y bielas por alguna otra razón.

Las bielas y las tapas están numerados para indicar el cilindro al cual corresponden. Hay que armar la biela y la tapa con los números en el mismo lado (Fig. 10.10). Los tornillos o tuercas de la tapa se deben apretar a la torsión especificada. Cuando se emplean cuatro tornillos, hay que apretarlos "en cruz", en dos o más pasos. En el primero, más o menos a la mitad de la torsión especificada y en el segundo a la torsión total especificada.

Cavidad en la biela

La cavidad en la biela debe estar redonda y sin ovalación pues ésta ocurriría si la biela está dañada. El método para la comprobación se describe en "Bielas", en el capítulo 12 y se ilustra en la figura 12.6.

Reemplazo de metales de cojinetes principales

Aunque por lo general el motor está desarmado cuando se reemplazan los metales de cojinetes principales, también se pueden reemplazar en algunos motores con el cigüeñal instalado, siempre y cuando los muñones principales no estén gastados ni escoriados.

Hay que aflojar una o dos vueltas los tornillos de todas las tapas de cojinetes principales, para tener espacio entre el muñón y la cavidad o bancada en que está el metal superior de cojinete.

Empiécese por un extremo del cigüeñal y quítese la tapa del cojinete principal. Para sacar el metal superior se lo puede empujar alrededor del cigüeñal con una pieza metálica delgada. Hay que empujar el metal por el lado opuesto a la lengüeta de guía. Luego, se instala la tapa para soportar el cigüeñal antes de pasar al siguiente cojinete.

Para instalar el metal superior nuevo, hay que cubrirlo con aceite para motor. Cerciórese de que la cavidad o asiento para el metal en el bloque esté limpia y deslícese el metal a su lugar. Compruébese que la lengüeta del metal asiente en la muesca o ranura en el bloque. Póngase la mitad inferior del

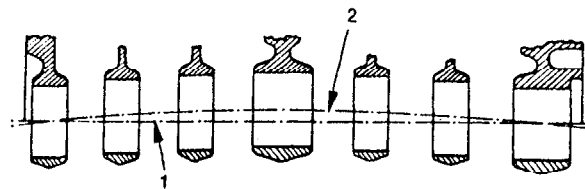


Fig. 10.11 Alineación de cavidades para cojinetes principales en el bloque: 1 línea real de centro, 2 línea de centro de cavidades desalineadas

REPCO

metal de cojinete en la tapa. Instálese la tapa y apriétense los tornillos o tuercas a la torsión especificada. Mientras se aprieta, déense unos golpecitos en la tapa con un martillo de latón para ayudar a alinear los metales.

Cuando se reemplazan los metales de cojinete en esa forma, hay que trabajar con absoluta limpieza. Desafortunadamente, no se puede ver cómo quedó colocado el metal en la cavidad después de instalarlo; por ello, se debe tener mucho cuidado al armar. El método preferido para reemplazar los metales de cojinetes principales es con el motor desarmado y el cigüeñal desmontado.

Alineación de cojinetes y cavidades

Después de muchos miles de kilómetros de funcionamiento del motor, puede ocurrir la combadura de todo el bloque. Esto ocasiona desalineación de las cavidades para cojinetes (Fig. 10.11). Durante el reacondicionamiento del motor, se puede comprobar y si hay desalineación, se pueden instalar metales de cojinete semiacabados y maquinarlos en línea. El maquinado o mandrilado en línea consiste en montar una barra mandriladora que tiene cortadores o buriles, en el bloque, para maquinar en línea todos los cojinetes.

Para comprobar la redondez de las cavidades para cojinetes del cigüeñal, hay que desmontar el cigüeñal y los cojinetes, limpiar las cavidades, colocar las tapas en su lugar y apretar sus tornillos o tuercas a la torsión especificada. Se puede utilizar un micrómetro para determinar si hay ovalación (Fig. 10.12). Si las cavidades están ovaladas, hay

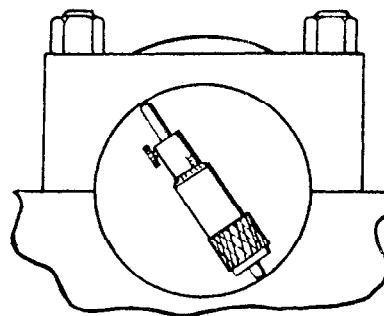


Fig. 10.12 Medición de la cavidad para cojinete principal con micrómetro de interiores REPCO

que maquinar el bloque y las tapas con una máquina especial.

Instalación del cigüeñal

Para instalar el cigüeñal, hay que invertir el bloque en el caballete de reparación o en el banco de trabajo. Se instalan y lubrican las mitades superiores de los metales de cojinete en sus cavidades en las almas o apoyos. Luego, se baja el cigüeñal con todo cuidado de modo que los muñones apoyen en los metales de cojinete. Ahora, se instalan las arandelas de empuje en sus ranuras en las almas del bloque de cilindros.

Se instalan las mitades inferiores de los metales en las tapas y se lubrican. Después, se instala cada tapa en su lugar específico en cada muñón.

Instalación de tapas de cojinetes

Las tapas de cojinetes principales tienen un número de identificación y no se pueden intercambiar; hay que instalarlas en su lugar original. Las tapas se alinean en su lugar por medio de espigas o con escalones maquinados en los apoyos en el bloque en donde ajusta la tapa con exactitud. Esto asegura que la tapa está en su sitio correcto para mantener concéntrica la cavidad.

Hay que apretar los tornillos de las tapas a la torsión especificada. El orden normal para apretar suele ser a partir del cojinete principal central y luego, en forma alternada, hacia los extremos, como se ilustra en la figura 10.13. Conforme se aprieta hay que hacer girar el cigüeñal para comprobar que no se trava. Unos golpecitos contra los lados de la tapa con un martillo blando ayudarán a alinear las tapas.

Comprobación de juego longitudinal del cigüeñal

El juego longitudinal del cigüeñal puede ser excesivo si se han gastado las caras o las arandelas de empuje en los cojinetes principales. La holgura máxima entre el cojinete o arandela de empuje y las caras de empuje del cigüeñal debe ser de 0.40 mm máximo. Se puede comprobar en dos formas: con calibrador de hojas o con micrómetro de carátula.

En la figura 10.14 se ilustra el método con calibrador de hojas. Se utiliza una palanca para empujar el cigüeñal lo más posible hacia un extremo;

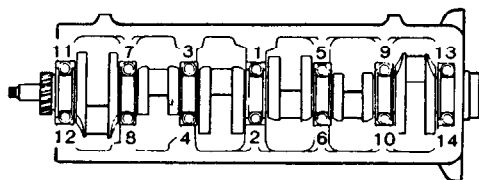


Fig. 10.13 Orden para apretar tornillos de tapas de cojinetes principales ISUZU

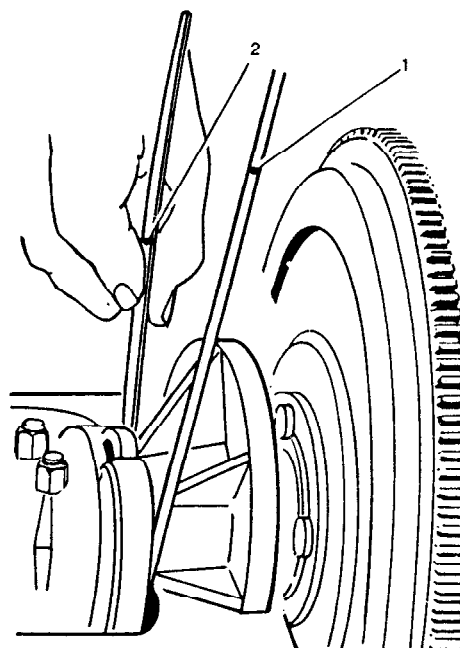


Fig. 10.14 Comprobación de juego longitudinal del cigüeñal con calibrador de hojas: 1 palanca, 2 calibrador de hojas

luego se mide la holgura entre el cigüeñal y los cojinetes de empuje con el calibrador de hojas. En el motor de la figura 10.14, el cojinete de empuje es el principal trasero; en otros motores el cojinete de empuje es el central o el delantero.

Para emplear el micrómetro de carátula, se monta en el bloque con el botón contra la cara del volante o la brida para el volante. Se empuja el cigüeñal con una palanca hacia la parte trasera y se pone el micrómetro en cero. Después, se empuja el cigüeñal hacia el frente y la lectura del micrómetro es la del juego longitudinal.

Sellos de aceite del cigüeñal

La eficacia de los sellos de aceite en cada extremo del cigüeñal depende no sólo de las condiciones de los propios sellos, sino también de la superficie en que trabaja el sello. En algunos motores, se utiliza un manguito (camisa) reemplazable en la parte trasera del cigüeñal; si está gastada se desmonta y se instala una nueva para restaurar las condiciones de esa parte del cigüeñal.

En muchos motores se utilizan sellos del tipo de pestaña o "labio" (Fig. 10.15) en los extremos delantero y trasero del cigüeñal, pero a veces se utilizan sellos del tipo de mecha (Fig. 10.16) en el cojinete principal trasero. Cuando se reemplazan los metales de cojinete o si hay fugas excesivas por el cojinete principal trasero, hay que reemplazar el sello de aceite.

Para instalar un sello nuevo, éste y sus superficies de sellamiento deben estar bien lubricados.

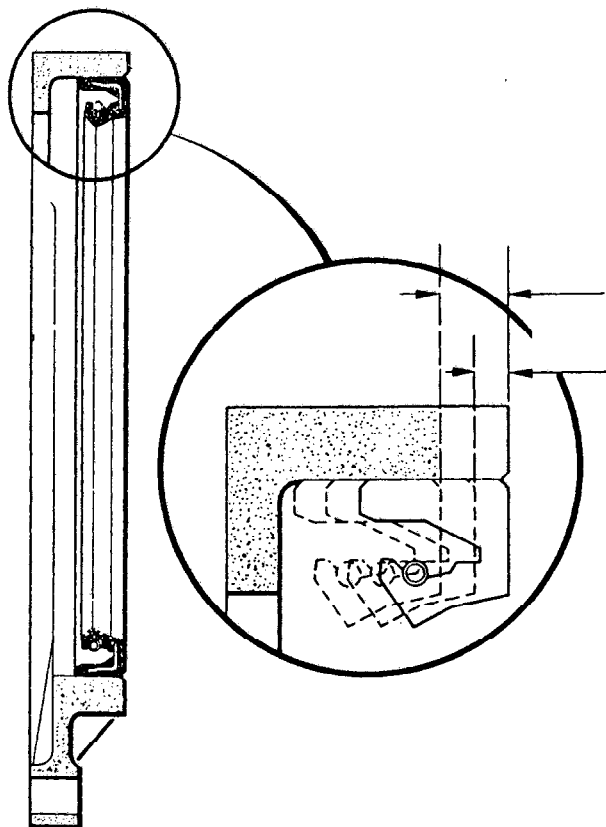


Fig. 10.15 Sello trasero de aceite del cigüeñal en el retén. En el inserto se muestra cómo se puede cambiar de lugar el sello en el retén cuando se desgasta la superficie del cigüeñal

PERKINS

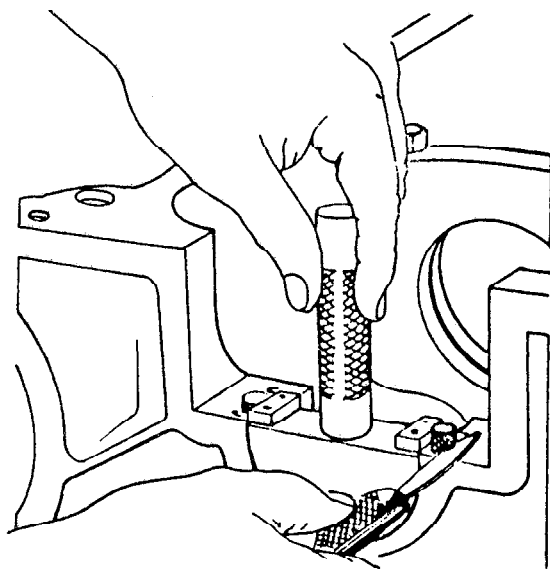


Fig. 10.16 Instalación del sello de aceite del cojinete principal trasero en el bloque con una herramienta especial

FORD

Esto ayudará a evitar daños al sello durante la instalación y también que funcione en seco y se dañe al poner en marcha el motor. La instalación de los sellos del tipo de pestaña se facilita con un instalador especial que es un manguito cónico que permite que el sello se expanda al deslizarlo a su lugar en el manguito y en el cigüeñal.

El procedimiento para reemplazo varía según el tipo de motor. En algunos motores que tienen sellos de aceite del tipo dividido, hay que desmontar el cigüeñal y utilizar un instalador o compresor especial para sellos para colocar el sello nuevo en el bloque. Después, se recortan las puntas del sello al ras con el bloque como se ilustra en la figura 10.16. Para cambiar la mitad del sello en la tapa, se quita ésta, se cambia el sello y se lo recorta al ras. En otros motores, por ejemplo en los que tienen sellos del tipo de pestaña, no hay que desmontar el cigüeñal; se desmonta el volante para tener acceso al retén del sello. Con esto, se pueden sacar los tornillos del retén para reemplazar el sello.

Prueba de fugas de aceite por los cojinetes

Las holguras en los cojinetes principales y de biela se pueden determinar con un probador de fugas de aceite por los cojinetes, que se puede emplear para determinar posibles fallas en los cojinetes o en el sistema de lubricación del motor, instalado en el vehículo, pero con el depósito de aceite desmontado, o también se puede emplear para probar los cojinetes y cebar y cargar el sistema de lubricación del motor después de armarlo.

El probador consiste en un tanque que contiene aceite a presión, que se conecta con una manguera en la galería principal de aceite del motor. La presión en el tanque, que es de unos 170 kPa se produce con aire comprimido, de modo que el aceite salga del tanque y pase por la manguera a la galería y a los diversos conductos para lubricación en el motor.

Si los cojinetes están gastados, tendrán fugas considerables de aceite; además, aumentan el consumo de aceite porque lo dejan pasar en mayor cantidad. Un cojinete normal tendrá fugas a razón de 20 a 150 gotas de aceite por minuto; si son más, el cojinete está gastado. Si salen menos de 20 gotas por minuto, es que la holgura en el cojinete es muy pequeña o el conducto para aceite está obstruido.

Nota: Cuando los agujeros de los conductos para aceite en el cigüeñal y en los metales de cojinete quedan alineados, se expulsará una considerable cantidad de aceite por ese cojinete, lo cual puede parecer desgaste excesivo. En tal caso, hay que girar el cigüeñal para desalinear los agujeros para aceite.

Análisis de fallas de cojinetes

Falla del metal por falta de aceite (Fig. 10.17)

Cuando no llega suficiente aceite a un cojinete, ocurre contacto de metal con metal. El cojinete se

sobrecalienta y el revestimiento se funde o es arrastrado del metal de cojinete. Se forman soldaduras entre el muñón y el metal del cojinete. Hay incluso la posibilidad de que se rompa una biela y atraviese la pared del bloque.

El agotamiento de aceite para un cojinete puede ser por conductos obstruidos, bomba o regulador de presión de aceite deficientes o falta de aceite en el depósito. Además, si otros cojinetes tienen una holgura excesiva, pueden dejar pasar todo el aceite de la bomba y en algunos habrá escasez o agotamiento y se producirá la falla.



Fig. 10.17 Falla del metal por falta de aceite FORD

Falla por fatiga del cojinete (Fig. 10.18)

La aplicación repetida de cargas en un cojinete, a la larga, ocasionará falla por fatiga del metal, que empieza a agrietarse y a producir escamas. Se forman cráteres o cavidades en el metal. Conforme se pierde más y más metal, el resto está más esforzado y se fatiga más pronto. A final de cuentas, ocurre la falla total del metal de cojinete.

Hay ciertas condiciones que ocasionarán este tipo de falla. Por ejemplo, si un muñón está ovalado por desgaste, el metal de cojinete estará sobreforzado en cada revolución del cigüeñal. Además, si se hace trabajar el motor a su máxima torsión (par) con todo el acelerador metido en condiciones de carga pesada (o sea lo que se le llama "forzar" el motor), entonces la *mitad* superior del cojinete de biela sufrirá la fatiga. El funcionamiento a alta velocidad ocasionará la falla por fatiga de la *mitad inferior* del cojinete.

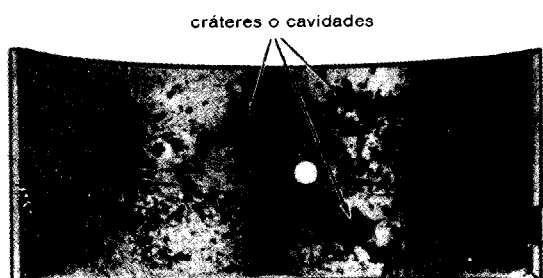


Fig. 10.18 Falla del metal por fatiga FORD

Metal del cojinete raspado por cuerpos extraños en el aceite (Fig. 10.19)

La propiedad de facilidad de incrustación o enclavamiento protege al metal de cojinete porque permite que se incrusten partículas, que no arrastrarán el metal ni rasparán el muñón del cigüeñal. En la figura 9.11 se ilustra, en forma exagerada, lo que ocurre cuando se incrusta una partícula. Se empuja al metal hacia arriba alrededor de la partícula y se reduce el espacio para aceite en esa zona. Por lo general, el motor puede fluir hacia fuera lo suficiente para restaurar la holgura para aceite. Sin embargo, si las partículas de mugre son muy grandes, no se incrustarán por completo y las arrastrará el muñón en rotación y se raspará el metal del cojinete. Además, si el aceite está muy sucio, habrá exceso de partículas en el metal. En cualquier caso, la falla del cojinete ocurrirá muy pronto.

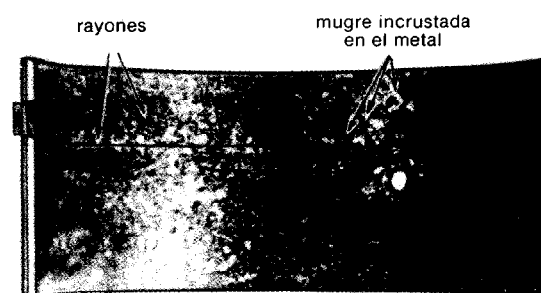


Fig. 10.19 Mugre incrustada en el metal FORD

Falla del cojinete por montaje en el radio (Fig. 10.20)

Si el radio o filete entre el muñón y el alma del cigüeñal es muy grande, el borde del cojinete se montará en ese radio o filete. Esto hace que el cojinete se apriete, y resulte un asentamiento muy pobre, fatiga rápida y falla prematura. Este problema surge más fácilmente cuando se ha rectificado el cigüeñal y no se tomó cuidado en dejar el radio adecuado.

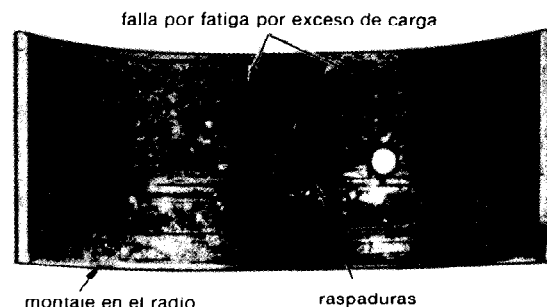


Fig. 10.20 Falla del cojinete por montaje en el radio o filete FORD

Falla del cojinete debida a muñón cónico (Fig. 10.21)

Si el muñón está cónico, un lado del metal de cojinete soportará casi toda la carga; ese lado se sobrecaleará y se desprenderá el metal antifricción. No hay que confundir este tipo de falla con la que produciría una biela doblada. Si el muñón está cónico, ambas mitades del metal fallarán en el mismo lado. Si la biela está doblada, la falla será en lados opuestos.



Fig. 10.21 Falla del metal por muñón cónico FORD

Falla del cojinete por mal asentamiento en la cavidad (Fig. 10.22)

El asentamiento deficiente del metal del cojinete en la cavidad, producirá puntos altos en donde las holguras para aceite serán muy pequeñas. Las partículas de mugre entre el metal y la cavidad no sólo reducen la holgura para aceite, sino que también forman un espacio de aire que impide el enfriamiento adecuado del metal. Esto producirá falla prematura de los cojinetes.

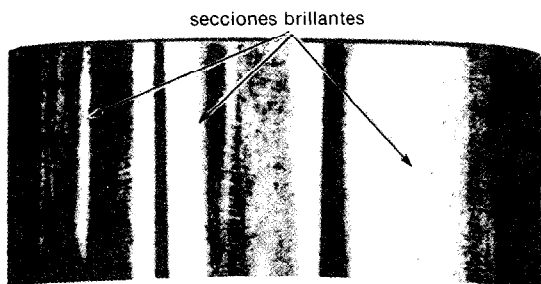


Fig. 10.22 Respaldo de acero del cojinete que muestra el efecto de asentamiento deficiente en la cavidad FORD

Rotura del cigüeñal

Los daños en el cigüeñal suelen ocurrir sólo en los muñones, pero a veces ocurre la rotura del cigüeñal.

Esto se puede deber a las condiciones particulares de funcionamiento, tales como sobrevelocidad del motor. También lo puede ocasionar la rectificación incorrecta, con curvaturas muy agudas (radios muy pequeños) en los filetes de los muñones o por algún factor mecánico relacionado con el cigüeñal.

Los factores mecánicos relacionados con la rotura del cigüeñal son: amortiguador de vibración dañado o que no funciona y permite que se produzcan vibraciones torsionales excesivas en el cigüeñal; instalación incorrecta de tapas de cojinete principal que dejan el cigüeñal sin soportar y dejan que se flexione con los impulsos de potencia; desalineación de las cavidades para cojinetes principales que permite dobladura del cigüeñal; desalineación entre el volante, la cubierta del volante o la transmisión acoplada al volante. En la mayor parte de los casos, la razón de la rotura es la flexión o dobladura. El cigüeñal está proyectado para soportar las cargas torsionales y los cojinetes soportan la mayor parte de las cargas que ocasionan flexión. Si llega a ocurrir la rotura del cigüeñal se debe sospechar que fue por causas mecánicas que produjeron vibración o flexión excesivas del cigüeñal.

Alineación del volante y cubierta del volante

La alineación de la cubierta del volante y la desviación del volante se pueden comprobar con un micrómetro de carátula (Fig. 10.23). Para comprobar la cubierta del volante *a*), se monta el micrómetro en el volante con el botón contra la cara de la cubierta. Para determinar la desalineación de la cara se hace girar el volante con lentitud y se toman lecturas en cuatro lugares: en la parte superior, en la inferior y en cada lado.

La desviación o excentricidad de la cubierta se puede comprobar en forma similar, pero con el botón del micrómetro contra el interior de la brida de la cubierta. Al hacer girar el volante se podrán leer las variaciones en el micrómetro. Hay que tener en cuenta la holgura para cojinetes en las posiciones superior e inferior.

La desviación del volante se puede comprobar con el micrómetro de carátula montado como se ilustra en la figura 10.23b). Se deben tomar cuatro lecturas, a 90° una de la otra. Para comprobar diferentes partes del volante, se puede colocar el botón del micrómetro contra la cara del volante o dentro de la cavidad para el cojinete de guía (piloto) en el centro del volante.

En cualquier caso, mientras se toman las lecturas, hay que mantener el cigüeñal empujado con firmeza en un sentido contra sus cojinetes de empuje; en otra forma, se tendrán lecturas falsas.

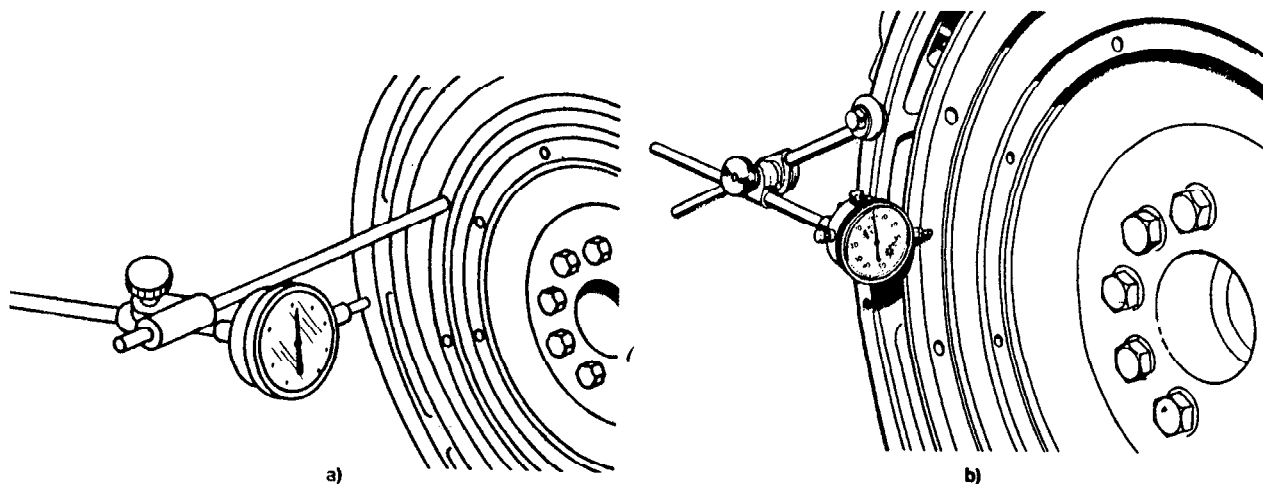


Fig. 10.23 Comprobación de desviación del volante y de la cubierta del volante con micrómetro de carátula:
a) comprobación de la cubierta, b) comprobación de la cara del volante

CATERPILLAR

Preguntas para repaso

1. ¿Qué partes del cigüeñal se deben inspeccionar para ver si hay desgaste o daños?
2. Si se llegan a producir grietas en el cigüeñal ¿dónde estarían?
3. ¿Cómo se deben medir los muñones del cigüeñal?
4. ¿Qué tipo de desgaste ocurre en los muñones del cigüeñal?
5. ¿Cómo se puede comprobar la holgura en los cojinetes?
6. Explíquese cómo se utiliza el Plastigage
7. ¿Qué son la compresión y el diámetro libre de los metales de cojinete?
8. ¿Por qué están numeradas las bielas y sus tapas?
9. Descríbase como se pueden reemplazar los cojinetes principales.
10. ¿Qué precauciones se deben tomar al instalar las tapas de cojinetes?
11. ¿Qué tipo de sello se suele utilizar en cada extremo del cigüeñal?
12. ¿Cuál es la finalidad de la prueba de fugas de aceite?
13. Enumérense las diversas causas de una falla de metales de cojinetes.
14. ¿Cuáles son algunas de las posibles causas de la rotura del cigüeñal?
15. Explíquese cómo se comprueba la desviación del volante.
16. ¿Cómo se haría una comprobación de la cubierta del volante?
17. ¿Cómo se puede comprobar el juego longitudinal del volante?

11

Bielas, pistones y anillos

La biela, sus metales de cojinete, el pistón y los anillos de pistón son un conjunto que permite transmitir la fuerza de la combustión al cigüeñal para hacerlo girar. El pistón y los anillos sellan dentro del cilindro y el pistón recibe los impulsos de potencia de la combustión. El pistón trabaja dentro del cilindro con un movimiento vertical (reciprocante). La biela conecta el pistón con el cigüeñal y junto con el cigüeñal cambia el movimiento reciprocante del pistón en movimiento rotatorio del cigüeñal.

En la figura 11.1 se ilustran el conjunto de pistón y biela y sus componentes.

Bielas

Para mantener buen balanceo del motor, se utilizan juegos completos de bielas en cada motor. Todas las bielas en un motor deben tener la misma masa; de lo contrario ocurrirá una vibración notoria. En la fábrica, se aparean las bielas y las tapas y suelen tener marcas de identificación para no mezclarlas cuando se desarme el motor. Nunca hay que poner la biela de un cilindro en otro porque habrá mal ajuste de los metales de cojinete y falla prematura.

Las bielas están sometidas a esfuerzos muy grandes, de estiramiento, compresión y dobladura. Son de acero forjado de una pieza, de sección en H, porque con ello se tiene la resistencia física para soportar esos esfuerzos y, al mismo tiempo, no se aumenta su masa.

La parte de la biela que se conecta en el cigüeñal se llama parte inferior o pie; la parte en que se instala el perno de pistón se llama parte superior u ojo de la biela. En la parte inferior hay una cavidad para el metal de cojinete y tiene una tapa sujeta con tornillos y tuercas. Esto permite desmontar la tapa para instalar la biela en el cigüeñal.

El ojo o parte superior de la biela tiene un buje (casquillo) de soporte del pasador que sujeta el

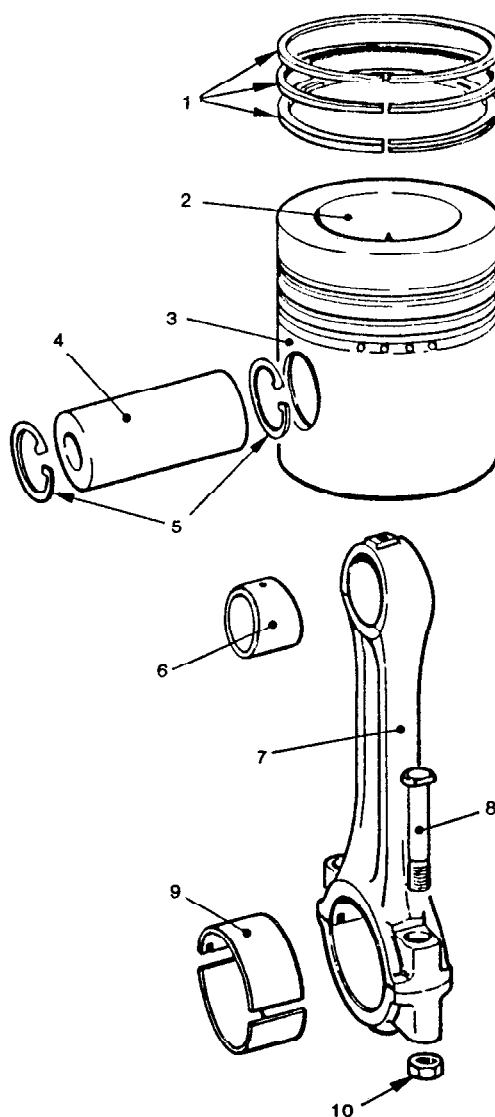


Fig. 11.1 Conjunto de pistón y biela: 1 anillos de pistón, 2 cámara de combustión, 3 pistón, 4 pasador de pistón, 5 arillos seguros, 6 buje para el pasador de pistón, 7 biela, 8 tornillo, 9 metal de cojinete, 10 tuerca
PERKINS

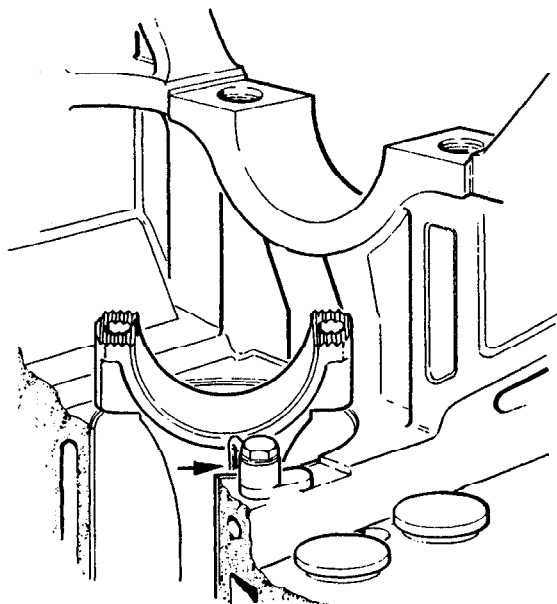


Fig. 11.2 Vista parcial del bloque y de una biela con cara divisoria ranurada. La flecha indica la boquilla para enfriamiento de pistón PERKINS

pistón con la biela. El pasador de pistón, a su vez, se sujeta en el pistón con un anillo seguro en cada extremo. Los pasadores de pistón en casi todos los motores Diesel son del tipo flotante, es decir, que están libres para moverse tanto en el buje del ojo de la biela y en las protuberancias (mamelones) del pistón.

La cara divisoria entre la biela y la tapa puede ser plana, escalonada o ranurada. Si esa cara está escalonada o ranurada (Fig. 11.2) la tapa se instala con más precisión en la biela. Esto mantiene la relación correcta de la biela y la tapa, con lo cual la cavidad para los metales de cojinete permanece concéntrica. Cuando la cara divisoria es lisa o plana, los tornillos de la tapa entran ajustados en los barrenos para colocar la tapa en la posición correcta en la biela.

En algunos casos, la línea divisoria puede estar descentrada o sea en ángulo con la línea de centro de la biela (Fig. 11.3). Esto reduce gran parte del esfuerzo sobre los tornillos de la tapa, esfuerzo ocasionado por la fuerza de inercia del pistón en la parte superior de su carrera de escape. Esto también permite sacar la tapa y el resto de la biela por la parte superior de los cilindros cuando se desarma el motor.

Fuerzas en las bielas

La biela y las piezas correlativas están sometidas a diversas fuerzas, que son, principalmente, el resultado de la presión de la combustión y la inercia del pistón. Las diversas piezas del motor se construyen para soportar esas fuerzas. Aunque el técnico meca-

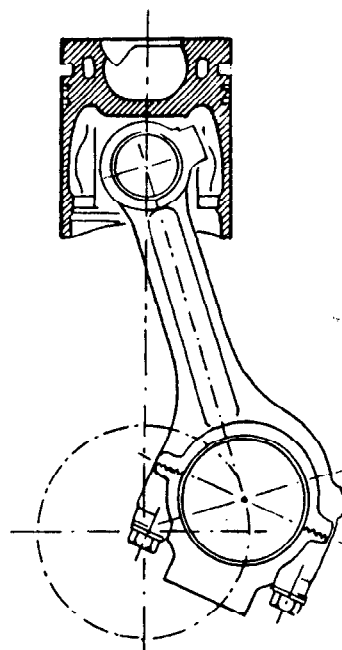


Fig. 11.3 Pistón con cámara de combustión profunda y conducto para enfriamiento con aceite en la cabeza del pistón. La biela tiene contrapesos en la parte superior y en la tapa. La tapa está descentrada y la línea divisoria está ranurada M.A.N

nico no puede modificar el diseño, el conocimiento de algunas de las fuerzas y cargas que soportan estas piezas ayudará a identificar las fallas y a diagnosticar los problemas.

La carga más grande sobre la biela y sus cojinetes ocurre cuando el pistón está en la carrera de potencia, que es en sentido descendente, y la carga se aplicará en la mitad inferior del buje del ojo y en la mitad superior del metal de cojinete de la parte inferior. Durante las carreras de compresión y escape se aplicarán cargas muchos menores pero en el mismo sentido. Durante la carrera de admisión en los motores de aspiración natural, se invertirá el sentido de las cargas y la mitad superior del buje del ojo y la parte baja del metal del cojinete en la tapa recibirán esa carga.

También hay cargas de inercia, que ocurren en PMS y en PMI cuando el pistón invierte el sentido de su carrera. La inercia del pistón tiende a hacer que se siga moviendo en el sentido original e impone carga en la biela y sus cojinetes. Esto ocurre en todas las carreras, pero las máximas cargas de inercia se producen en la parte superior de la carrera de escape, porque la presión de los gases de escape, que se opone a la inercia del pistón, es insignificante.

En la figura 11.4 se muestran los efectos de la inercia del pistón al final de la carrera de escape. El pistón se mueve hacia arriba y se aproxima al PMS. La velocidad del pistón no es constante en toda su carrera; ya está perdiendo velocidad, pero cuando

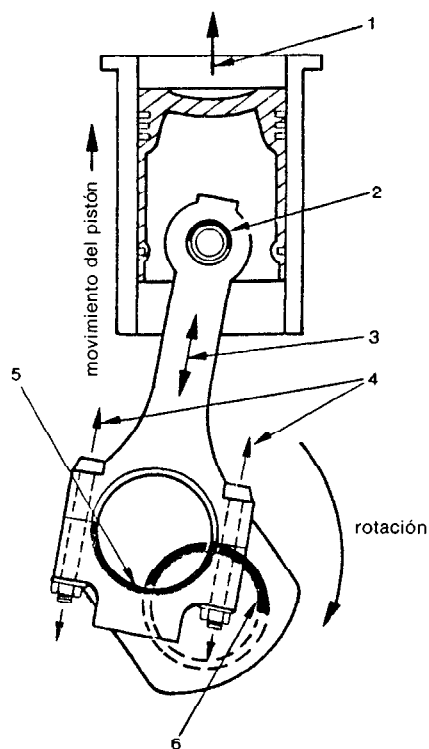


Fig. 11.4 Efectos de la inercia en el pistón al final de la carrera de escape: 1 inercia del pistón, 2 carga en la parte superior del buje del ojo de biela, 3 biela en tensión, 4 tornillos en tensión, 5 carga en el metal superior del cojinete de biela, 6 carga en la mitad superior del cojinete principal

llega al PMS se debe detener e invertir su sentido de movimiento. La inercia haría que continuara el movimiento ascendente, pero eso no puede ocurrir porque lo impide la biela. Esto aplica cargas en diversas partes del pistón y de la biela, que tienen el efecto de estirar la biela y aplicar cargas en determinados lugares del buje del ojo, los cojinetes de la parte inferior, los tornillos de la tapa y el cojinete principal, como se ilustra en el diagrama.

La fuerza de inercia está en relación directa al cuadrado de la velocidad, por lo cual cualquier aumento de ésta redundará en los efectos de la inercia. Un exceso de velocidad del motor (por encima de la recomendada) aumentará mucho la carga sobre los cojinetes y otras piezas, tales como los tornillos de biela, y ocasionará desgaste o fallas prematuras.

La biela de la figura 11.1 es típica de la construcción fuerte que se emplea en los motores Diesel. Tiene la parte inferior más grande y de sección gruesa. El buje del ojo de biela es más ancho en la parte inferior que en la superior a fin de tener más superficie para el perno (pasador) de pistón en donde más se necesita.

Fuerzas en motores de dos tiempos

La biela y cojinetes de los motores de dos tiempos están sometidos a fuerzas más o menos similares a las que hay en uno de cuatro tiempos, excepto que, debido al ciclo de dos tiempos, casi todas las cargas ocurren en sentido descendente. En el ciclo de dos tiempos hay empuje descendente contra la cabeza del pistón durante la carrera ascendente y la descendente. En el PMS no hay fuerza de inercia debido a la presión de compresión y combustión en el cilindro encima del pistón. En el PMI hay alguna fuerza de inercia, pero igual que en el motor de cuatro tiempos, se contrarresta por el movimiento del cigüeñal.

Debido a que todas las fuerzas son descendentes, la parte inferior del ojo del buje de biela es la que recibe la carga. Esto se ha tenido en cuenta en el diseño de las bielas en algunos motores de dos tiempos y están construidas para soportar máximos empujes descendentes pero muy pocas fuerzas ascendentes en la parte superior. Una de estas bielas se ilustra en la figura 11.17 y se emplea con un pistón de cruceta. El pasador de pistón está atornillado en la biela y se emplea un cojinete de zapato colocado entre el pistón y la superficie superior del pasador del pistón, para soportar toda la carga descendente. El pistón de cruceta se estudia en la parte final de este capítulo.

Pistones

En la figura 11.5 se ilustra un pistón básico semiseccionado y se señalan sus partes. Hay muchas variantes de forma, masa, número de anillos, colocación de los anillos y provisión para la expansión térmica.

Un pistón debe cumplir con una amplia serie de requisitos. Debe ajustar con exactitud en el cilindro y, al mismo tiempo, se debe mover hacia arriba y abajo en el mismo sin fricción o desgaste anormales; debe tener suficiente resistencia para soportar las fuerzas de la combustión pero también una masa lo más pequeña que se pueda a fin de que la

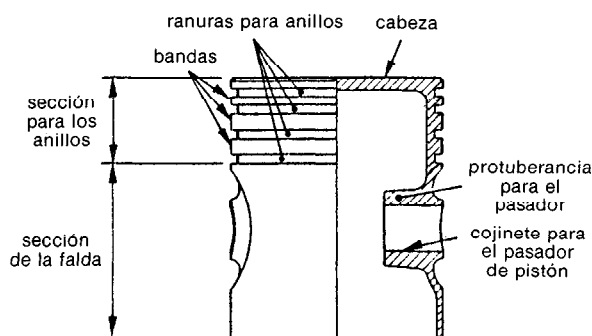


Fig. 11.5 Pistón básico en sección parcial y sus partes

fuerza de inercia sea reducida. Además, debe soportar altas temperaturas y disipar el calor; debe aceptar las fuerzas que le transmite la biela y los empujes laterales contra la pared del cilindro.

Los pistones se hacen con aleación a base de aluminio y pequeñas cantidades de otros materiales, que son los que aumentan la resistencia física, elevan el punto de fusión y reducen la expansión. El aluminio es un material blando de baja resistencia y elevado coeficiente de expansión. Aunque tiene la ventaja de una densidad menor que la de muchos otros metales, hay que alearlo con otros materiales a fin de lograr las propiedades deseadas en los pistones.

El coeficiente de expansión del aluminio y sus aleaciones es mayor que el del hierro fundido de los cilindros. Los pistones están sometidos a temperaturas muy altas, por lo cual se deben tomar disposiciones especiales para mantener la holgura del pistón a las temperaturas de funcionamiento; en otra forma, ocurrirían problemas de pegadura.

Holgura para los pistones

La holgura entre los pistones y la pared de los cilindros suele ser entre 0.03 mm y 0.05 mm. Un exceso de holgura permitirá que el pistón se incline ("cabecee") en el cilindro al aplicarle cargas variables, lo cual ocasionará un ruido excesivo y peculiar. Además, en esas condiciones, habrá dificultades para que los anillos sellen contra la pared del cilindro. Podrían ocurrir consumo excesivo de aceite y escapes de gases de combustión por los pistones y anillos, llamados escapes de compresión ("blowby").

Por otra parte, si la holgura para el pistón es muy pequeña, la expansión con el aumento de temperatura podría ocasionar pegadura del pistón. En cualquier caso, la holgura incorrecta, sea muy grande o muy pequeña, ocasionará falla del motor.

Temperaturas de los pistones

En la figura 11.6 se muestran las temperaturas típicas en un pistón. Se verá que hay una diferencia de 130°C en la temperatura entre la cabeza y la falda

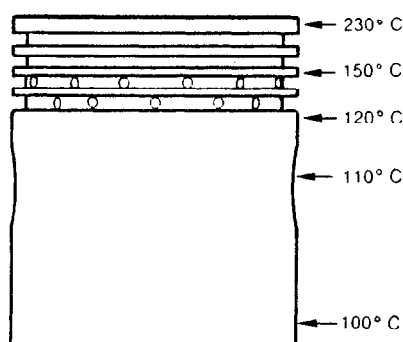


Fig. 11.6 Temperaturas típicas de funcionamiento en diversas partes del pistón

del pistón. El calor ocasiona expansión que, por supuesto, es máxima en la cabeza del pistón. Por ello se rebaja más la cabeza del pistón, cuyo diámetro puede ser hasta 0.75 mm menor que el de la falda.

Control de temperatura en los pistones

Hay diversos métodos que se pueden utilizar para controlar la temperatura de los pistones y sirven para limitar la expansión del pistón y mantener la holgura correcta entre éste y la pared del cilindro. Casi siempre, los pistones están esmerilados en forma de leva u ovalados con mínima holgura en las caras de empuje, como se describe más adelante. Se emplean también otros métodos para tener la seguridad de que las caras de empuje sigan teniendo holgura cuando el pistón está caliente.

Los pistones que incluyen alguna forma de control de temperatura que evita los cambios indeseables en sus dimensiones se llaman pistones compensados. Un método que se emplea en los pistones de aluminio es fundir como parte del pistón anillos o tirantes especiales de acero aleado que tienen un coeficiente de expansión muy bajo en relación con la temperatura. Como el acero aleado no se expande o dilata tanto como el aluminio, los anillos o tirantes restringen la expansión del pistón.

Otro método es mantener el calor alejado lo más posible de la parte inferior del pistón. Los diámetros en la parte superior del pistón tienen más holgura que la falda. La parte superior del pistón está expuesta al calor de la combustión y tendrá mucho más expansión que la falda. La holgura adicional en el diámetro superior permitirá la expansión sin que se dañen el pistón o la pared del cilindro. La cabeza del pistón es muy gruesa, con lo cual, además de darle resistencia, se provee una gran masa de metal para absorber el calor y reducir la temperatura.

Las faldas de algunos pistones son cónicas. Esto permite variar la holgura a fin de que ésta sea mayor en las partes más calientes del pistón.

A veces se utilizan ranuras maquinadas o insertos anulares de acero aleado en la banda superior del pistón, encima del anillo superior, para controlar la trayectoria del paso de calor. Esto actúa como represa para el calor manteniéndolo alejado del anillo superior de pistón. El calor se transfiere a lo largo del pistón por conducción y el aluminio es buen conductor del calor. Algo del calor se transfiere desde el pistón a través de los anillos hacia la pared del cilindro, pero hay una transferencia general de calor desde la parte superior hacia la inferior del pistón.

Enfriamiento con aceite

El aceite lubricante produce cierto enfriamiento de los pistones. El aceite que hay en la pared del cilindro y el aceite salpicado hacia la parte inferior del pistón sirve como enfriador. Absorbe algo de calor

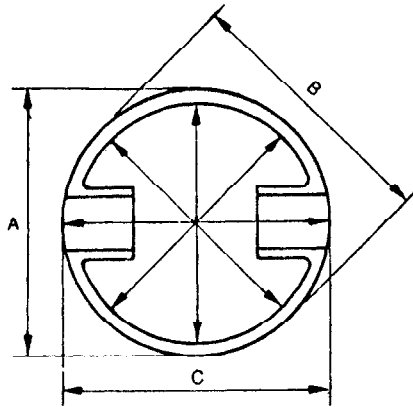


Fig. 11.7 Pistón de esmerilado en leva: A diámetro mayor, C diámetro menor, B rebajo adicional en zonas de posibles rayaduras REPCO

mientras está en contacto con el pistón y lo disipa cuando regresa al depósito de aceite.

En algunos casos, se emplean tubos o boquillas para lanzar chorros de aceite hacia los pistones instalados en el bloque para enfriarlos. Son pequeños y lanzan un chorro de aceite para enfriamiento hacia arriba contra la parte inferior interna del pistón. El chorro debe quedar apuntado de modo que choque contra la parte inferior de la corona del pistón. Véase "Enfriamiento de pistones con aceite" en la página 120.

Esmerilado en forma de leva

Para evitar que desaparezca la holgura entre el pistón y la pared del cilindro se puede rebajar algo de metal en la zona de las protuberancias (mamelones) para el pasador, a fin de tener más holgura inicial (Fig. 11.7). Esta holgura adicional sólo se provee en la zona de la protuberancia y no en las caras de empuje, con lo cual el pistón está ligeramente ovalado. Por ejemplo, un pistón puede tener una holgura en el cilindro de 0.04 mm en las caras de empuje y de 0.25 mm en las caras de las protuberancias.

Estos pistones se llaman *esmerilados de leva* porque se hacen con una máquina que tiene una leva para acercar y alejar el pistón de la rueda abrasiva conforme gira el pistón. Cuando este tipo de pistón se calienta, adopta una forma más redonda y aumenta su superficie de contacto con la pared del cilindro (Fig. 11.8).

Acabado de los pistones

Los pistones tienen un acabado esmerilado que puede ser liso o de "aspereza controlada". En este caso, se verán las marcas de esmerilado que ayudan a la retención del aceite.

La superficie del pistón también puede estar anodizada; es un proceso electroquímico que produce una superficie ligeramente porosa que retiene

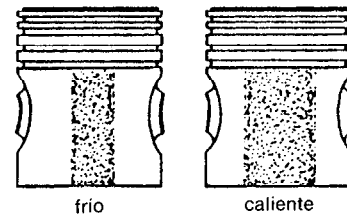


Fig. 11.8 Cuando el pistón esmerilado en leva se calienta, la expansión de la falda aumenta la superficie de contacto

mejor el aceite que una superficie tersa. También se aplica un baño de estaño en algunos pistones. La capa muy delgada de estaño en la superficie del pistón ayuda a evitar las rayaduras durante el funcionamiento inicial.

Empujes en el pistón

El pistón no apoya con uniformidad contra la pared del cilindro durante el funcionamiento, sino que está sometido a un *empuje* hacia los lados del motor, pero no se transmite ningún empuje hacia el frente o la parte trasera del motor.

El empuje lateral ocurre durante la carrera de potencia y, en menor grado, durante la carrera de compresión y en un lado opuesto del pistón en cada una de ellas. Por ello se dice que el pistón tiene caras de empuje y también se dice que hay empujes mayores y menores; pero, como el lado de empuje mayor en el motor es el más importante, se denomina simplemente *lado de empuje*.

El empuje lateral lo produce la angularidad de la biela (Fig. 11.9). Se puede ver en la ilustración que la presión de combustión y la reacción de la biela se combinan para producir el empuje lateral.

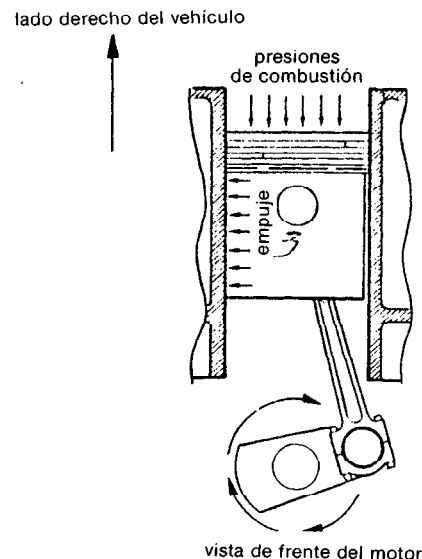


Fig. 11.9 Lado de empuje del pistón visto desde el frente del motor REPCO

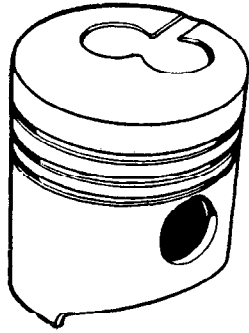


Fig. 11.10 Pistón de un motor pequeño con inyección indirecta
MAZDA

La presión de combustión produce fuerza descendente y la reacción de la biela (ocasionada por la resistencia del cigüeñal a la rotación) empuja hacia arriba con cierto ángulo. El resultado de estas dos fuerzas es el empuje lateral que se ilustra. Se verá que es hacia el lado izquierdo del motor mirándolo de frente. Es importante saber cuál es el lado de empuje, porque en muchos motores los pistones se deben instalar en una posición determinada.

Los pistones que se deben instalar en una posición determinada se identifican con una marca en la cabeza que indica el *frente* del pistón, para evitar la instalación incorrecta.

Formas de los pistones

Además del esmerilado de leva y la falda cónica, que ya se describieron, los pistones tienen una gran variedad de formas y muchas de ellas son exclusivas de los motores Diesel. Las cámaras de combustión ya se describieron en el capítulo 4, en el cual se mencionó que en los motores de inyección directa la culata de cilindros tiene superficie casi plana y la mayor parte de la cámara de combustión está formada en la cabeza del pistón, la cual está ahuecada o tiene una cavidad como se ilustra en la figura 11.13.

Los motores con inyección indirecta suelen tener pistones con la cabeza más plana, a veces con pequeños rebajos como el pistón de la figura 11.10, que sirven para dejar espacio para las válvulas o ayudar a la turbulencia del aire durante la compresión.

Un pistón puede tener falda entera, es decir que llega mucho más abajo de las aberturas para el pasador de pistón (Fig. 11.1). El pistón es cilíndrico sin zonas rebajadas y a veces se llaman *pistones tipo tronco*. Los pistones, también, pueden tener la falda recortada en cada lado debajo de la protuberancia para el pasador. Esto reduce la masa del pistón y deja espacio para los contrapesos del cigüeñal. La reducción de la longitud de la falda, como se ilustra en la figura 11.11, no influye en el funcionamiento, porque la falda es de longitud total en las caras de empuje. Los pistones que tienen la mayor parte de

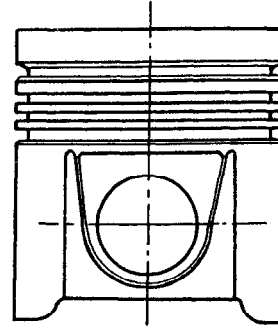


Fig. 11.11 Pistón de falda recortada tipo zapata con rebajos alrededor de la protuberancia para el pasador de pistón. La ranura para el anillo superior está biselada
M.A.N.

la falda recortada y rebajos alrededor del pasador, se llaman también, a veces, *pistones tipo zapata* y suelen ser sólo para motores de gasolina, aunque en algunos motores Diesel de alta velocidad también se emplean pistones similares.

El pistón de la figura 11.12 se utiliza en un motor Diesel grande que funciona a baja velocidad. Es un pistón muy largo con una gran superficie de empuje contra la pared del cilindro. La falda está recortada en las partes delantera y trasera y hay un rebajo en la zona para el pasador.

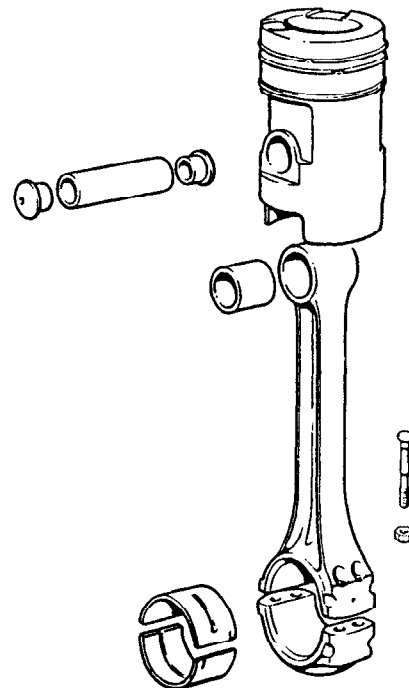


Fig. 11.12 Conjunto de pistón y biela. El pasador de pistón tiene caras de empuje. La biela tiene cuatro tornillos
GARDNER

Ranuras para anillos

Los pistones se hacen con ranuras para recibir los anillos (segmentos) que deben sellar entre el pistón y la pared del cilindro. El número de anillos varía según el tipo de motor. Algunos pistones tienen tres o cuatro ranuras para anillos; otros, tienen cinco y a veces seis. Cuando se utilizan más de tres anillos, los otros se instalan por lo general en ranuras debajo del pasador, cerca de la parte inferior de la falda.

En algunos casos, la ranura para el anillo superior, que está en la parte más caliente del pistón, tiene un inserto, como se ilustra en la figura 11.13, que puede ser de hierro fundido o de una aleación especial. Tiene dos funciones: actúa como represa para alejar el calor del anillo y constituye una ranura reforzada, más fuerte que las ranuras cortadas directamente en el aluminio del pistón.

La aleación de aluminio para los pistones tiene un punto de fusión bajo y por ello la cabeza del pistón se puede ablandar con las altas temperaturas en la cámara de combustión. En estas condiciones, el desgaste en la ranura superior y el anillo podría llegar al grado de que se pierda la capacidad de sellamiento del anillo. También podría ocurrir un problema distinto: las fuerzas de la combustión que

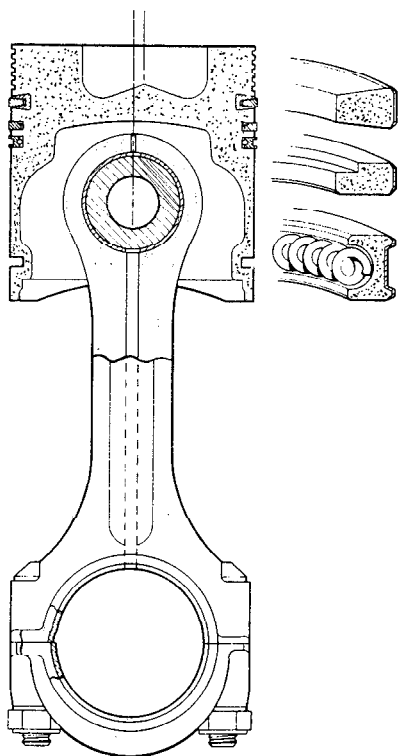


Fig. 11.13 Pistón y biela con las siguientes características: cámara de combustión descentrada, inserto en la ranura para el anillo superior, anillos cromados, anillo superior en forma de cuña, segundo anillo con escalón interno, anillo de aceite conformable con expansor en espiral, biela con perforación para lubricación BEDFORD

actúan contra la pared superior del pistón pueden hacer que se contraiga o aplaste la parte superior de la ranura contra el anillo y éste quedaría pegado en la ranura y no funcionaría. El inserto ayuda a evitarlo.

Perno (pasador) de pistón

El pasador sujeta el pistón en el ojo de la biela. El pistón tiene protuberancias (mamelones) para el pasador y hay un buje en el ojo de la biela para el pasador. Se utilizan diferentes métodos para retener el pasador en distintos tipos de motores. El pasador se puede fijar con tornillos en la parte superior de la biela, puede estar atornillado en la biela o puede ser de ajuste a presión en el ojo de la biela; puede tener caras de empuje o se puede sujetar en el pistón con arillos seguros y este sistema es común a casi todos los motores Diesel automotrices.

El pasador de pistón de la figura 11.1 está sujeto con arillos seguros y se puede mover tanto en el ojo de la biela como en las protuberancias del pistón. Se denomina *pasador flotante* porque no está sujeto ni en el pistón ni en la biela, pero se puede mover o "flotar" hasta donde lo permiten los arillos seguros. En el ojo de la biela se utiliza un buje, pero no en el pistón. La aleación de aluminio del pistón es un apoyo adecuado para el pasador.

El pistón de la figura 11.12 tiene pasador flotante. Cada extremo del pasador tiene una cara de empuje de aluminio más blando que hace contacto con la pared del cilindro cuando el pasador flota en las protuberancias del pistón y la biela. Las caras de empuje son suficientemente blandas para poder frotar contra la pared de hierro fundido, lubricada, del cilindro sin ocasionar desgaste o daños.

Lubricación de pistones y cilindros

La lubricación de los pasadores de pistón puede ser por salpicado o rocío de aceite lubricante; pero muchas bielas tienen un conducto para aceite, perforado a toda su longitud. El aceite del metal superior del cojinete pasa por la perforación hasta el pasador (Fig. 11.13).

En algunos motores, las bielas tienen un pequeño agujero taladrado en un lado de la parte inferior, que sirve para salpicar con aceite a presión y lubricar la pared del cilindro y el pasador de pistón.

Enfriamiento de los pistones con aceite

En algunos motores se utiliza una boquilla pequeña para enfriar la cabeza y lubricar el pasador del pistón. La boquilla es un tubo pequeño montado en el bloque debajo de cada cilindro; está apuntado hacia arriba para enviar un chorro de aceite con precisión a la parte inferior de la cabeza del pistón. El aceite de la boquilla choca contra la parte inferior de la cabeza del pistón, absorbe el calor y vuelve a caer al depósito. Al mismo tiempo, se

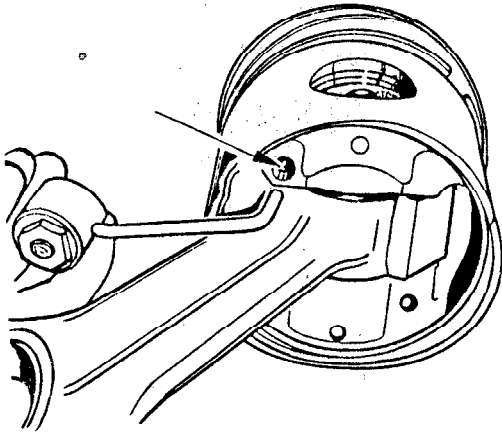


Fig. 11.14 Pistón y boquilla para enfriamiento. El chorro de aceite se dirige a un agujero en el pistón, como se ilustra
M.A.N.

lubrican el pasador de pistón y la pared de cilindro. En la figura 11.2 se ilustra la boquilla o tubo para aceite.

Como se dijo, la boquilla para aceite se debe apuntar con precisión hacia la parte inferior de la cabeza del pistón. Al desarmar y armar el motor, hay que tener cuidado de no dañar las boquillas ni de modificar su sentido.

En la figura 11.14 se ilustran un pistón y la boquilla para aceite. En este motor, la cabeza del pistón tiene un anillo por el cual circula el aceite para enfriamiento. El chorro de aceite se dirige

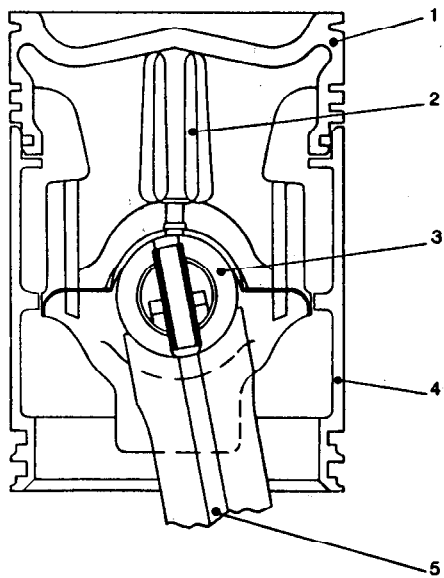


Fig. 11.15 Corte de un pistón de cruceta en que se muestran la perforación en la biela y la cavidad para enfriamiento en la corona del pistón: 1 corona, 2 cavidad, 3 pasador de pistón, 4 falda, 5 perforación para aceite
DETROIT DIESEL

hacia un agujero vertical en el pistón, que lo lleva hasta una zona anular en la cabeza. El aceite enfría, lubrica y luego retorna al depósito.

En la figura 11.15 se ilustra un corte de un pistón de cruceta, en el que el aceite para enfriamiento se envía a presión por el conducto taladrado en la biela y por un tubo en el pasador de pistón hasta una cavidad grande debajo de la corona. El aceite absorbe el calor del pistón, lo que produce una temperatura más baja y uniforme en el pistón.

Pistón de cruceta

Este pistón está hecho en dos partes, lo que permite dividir las dos funciones principales del pistón de modo que cada parte del mismo ejerza una de ellas. Las funciones son:

1. soportar el empuje descendente durante la carrera de potencia;
2. soportar los empujes laterales como consecuencia de la angularidad de la biela.

El sistema de cruceta se ha utilizado en máquinas de vapor y en algunos motores Diesel grandes de baja velocidad. El pistón está conectado a una cruceta deslizante mediante una bieleta, y la cruceta, a su vez, está conectada por la biela al cigüeñal. Con esta disposición, el pistón recibe la fuerza de la carrera de potencia pero la cruceta elimina todos los empujes laterales, como se indica en el diagrama de la figura 11.16. En el pistón de cruceta se utiliza

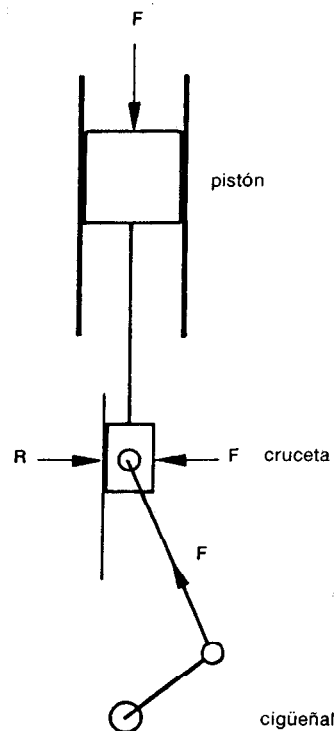


Fig. 11.16 Diagrama de la disposición del pistón y la cruceta que muestra las fuerzas: F fuerza, R reacción de la guía de la cruceta

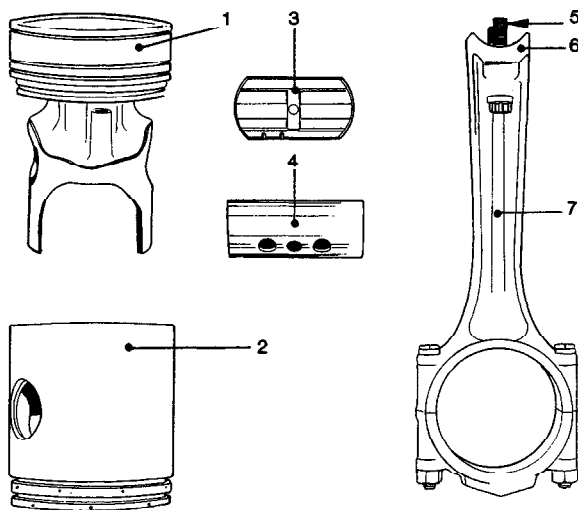


Fig. 11.17 Partes de un pistón con cruceta: 1 corona, 2 falda, 3 cojinete de zapata, 4 pasador de pistón, 5 tornillos, 6 silleta, 7 biela

DETROIT DIESEL

este principio, pero se combinan las acciones del pistón y la cruceta en un solo componente. La corona del pistón recibe el empuje descendente y la falda recibe el empuje lateral.

En la figura 11.17 se ilustran los componentes de un pistón de cruceta y la biela. La biela 7) tiene una silleta 6) en su extremo superior para recibir el pasador 4) de pistón. Para sujetar el pasador en la biela se emplean dos tornillos 5) que acoplan en una tuerca especial insertada en el pasador. Para armar el pistón, el cojinete 3) de zapata ajusta en una ranura en la parte inferior de la corona del pistón, encima de los agujeros para el pasador y la corona del pistón 1) se instala en la falda 2). Se sujetan entre sí con el pasador introducido en los agujeros para el mismo en la parte inferior de la corona y en la falda. Un anillo sellador instalado en una ranura en la corona sella entre ésta y la parte superior de la falda. Mediante discos de retención en cada extremo del pasador se conserva el aceite dentro del pistón.

En la figura 11.18 se ilustran las piezas del pistón parcialmente armadas y se aprecia la relación entre las piezas del pistón y la biela.

En el funcionamiento, las fuerzas de la combustión se aplican en forma directa al pasador de pistón a través del cojinete de zapata, de gran tamaño, y se transmiten por la biela hasta el cigüeñal. Los empujes laterales los recibe la falda del pistón. Dado que la corona es una pieza separada, no recibe cargas laterales ni se mueve de lado a lado en el cilindro. Además, como la falda también está separada, le afecta poco el calor de la corona del pistón.

Protuberancia descentrada para el pistón

Algunos pistones se hacen con protuberancias descentradas para el pasador, es decir, separadas una

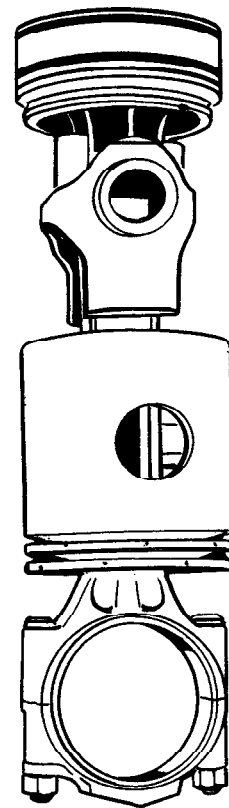


Fig. 11.18 Pistón con cruceta armado parcialmente

DETROIT DIESEL

pequeña distancia de la línea de centro del pistón hacia el lado de empuje mayor. Este descentramiento es del orden de 1.50 mm, tiene el efecto de distribuir con más uniformidad las fuerzas que actúan en el pistón, con lo cual éste se inclina menos durante la carrera de potencia y se reduce su tendencia al golpeteo o "cabeceo".

Por supuesto, los pistones con protuberancia descentrada se deben instalar en forma correcta en relación con el lado de empuje del motor. Si se instalan en posición inversa, se inclinarían y "cabecearían" más.

Anillos de pistón

Los anillos de pistón, llamados a veces segmentos de émbolo, sellan entre el pistón y la pared del cilindro en todas las condiciones de funcionamiento del motor. Deben sellar e impedir las pérdidas de compresión durante la carrera de compresión, lo mismo que la fuga de los gases de escape del cilindro durante la carrera de potencia. Esto lo deben hacer aunque tengan rozamiento contra la pared del cilindro a altas velocidades y temperaturas.

Si los anillos no sellan en forma correcta, podrían ocurrir escapes de compresión que afectarían

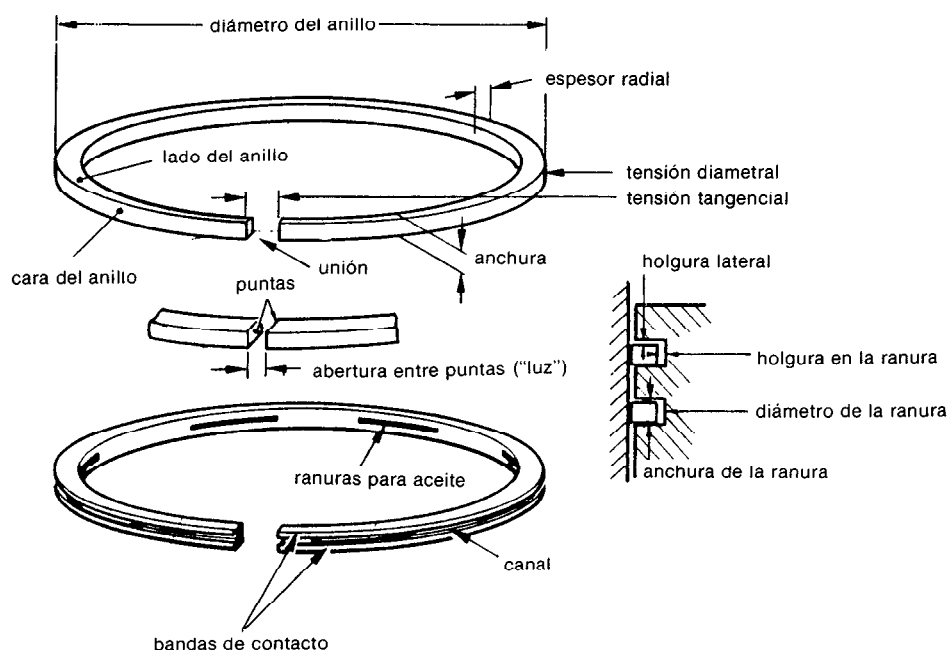


Fig. 11.19 a) Anillo de compresión, b) anillo de control de aceite

el funcionamiento del motor. Además, los gases que escapan por los anillos hacia el depósito de aceite ocasionan escapes de compresión que, además de reducir la potencia, pueden ocasionar daños al pistón y los anillos.

Tipos de anillos de pistón

Hay dos tipos generales de anillos de pistón: de compresión y de control de aceite. Los anillos de compresión sellan el aire durante la compresión y también las presiones de la combustión. Los anillos de control de aceite rascan el exceso de aceite de la pared del cilindro y lo hacen volver al depósito. En la figura 11.19 se ilustran anillos de compresión y de control de aceite típicos. Estos anillos tienen una abertura o "luz" para poder expandirlos y deslizarlos sobre la cabeza del pistón a sus respectivas ranuras. Los anillos para motores automotrices tienen puntas a tope (lisas), pero en algunos motores pueden ser en ángulo o traslapadas.

Cuando los anillos están fuera del motor tienen un diámetro algo mayor que después de instalados, pues se comprimen de modo que las puntas queden casi cerradas. Al comprimir los anillos se les da una carga inicial para que opriman en forma hermética contra la pared del cilindro.

Anillos de compresión

Los anillos de compresión se hacen con aleaciones con hierro fundido. Además de otros requisitos, deben conservar su flexibilidad y su presión contra la pared del cilindro sin que los alteren la presión y

la temperatura. Las aleaciones de hierro fundido cumplen con estos requisitos.

Los anillos de compresión tienen diversas formas, algunas de las cuales se ilustran en la figura 11.20. Además, los anillos de sección de cuña suelen ser para la ranura superior en algunos pistones; a veces, se les llama también anillos de "dovela" (Fig. 11.13).

En muchos motores los anillos superior y segundo de compresión son del tipo con rebajo y rasca-

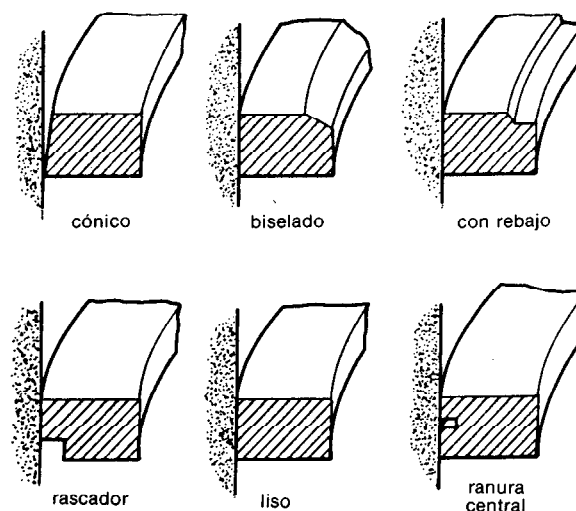


Fig. 11.20 Corte seccional de diversos anillos de compresión

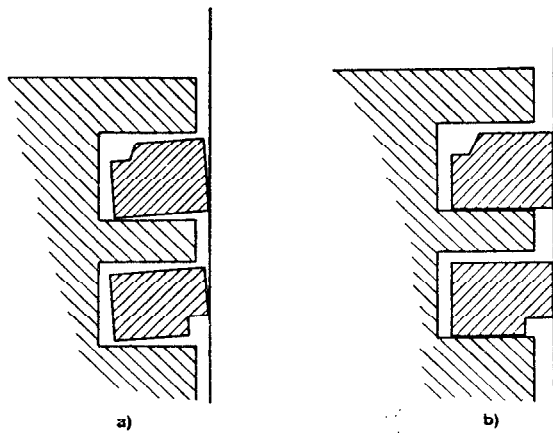


Fig. 11.21 Acción de los anillos torsionales: a) carrera de admisión, b) carrera de potencia

dor. En la figura 11.21a) se ilustra la acción de estos anillos durante la carrera de admisión. Las fuerzas internas que se producen al cortar una esquina de los anillos hacen que se tuerzan ligeramente. Por ello, cuando se mueven hacia abajo en la carrera de admisión, rascan el aceite que hubiera podido dejar el anillo de control de aceite en la pared del cilindro. Luego, en las carreras de escape y compresión, cuando los anillos se mueven hacia arriba, se deslizan sobre la película de aceite en la pared. Esto significa que hay menos tendencia a arrastrar aceite a la cámara de combustión y el desgaste es mínimo.

En la carrera de potencia, la presión de combustión empuja hacia abajo y contra la parte posterior de los anillos. Esto vence su tensión interna, hace que se "destuerzan" y que tengan contacto completo de cara con la pared del cilindro para un sellamiento eficaz (Fig. 11.21b)).

Este tipo de anillo con rebajo se conoce también como de acción torsional debido a su acción de

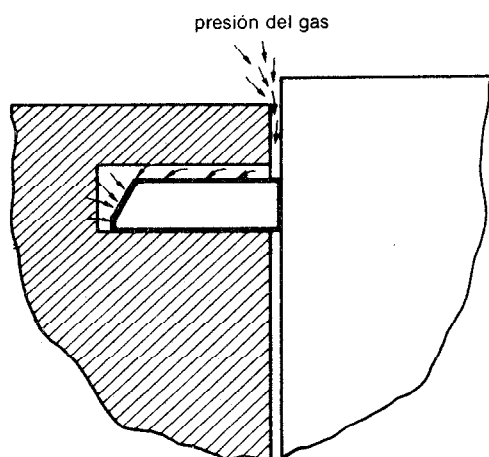


Fig. 11.22 La presión del gas empuja al anillo contra la pared del cilindro REPCO

torcedura. El efecto de la presión de compresión que empuja al anillo para que tenga contacto completo de cara con la pared del cilindro se ilustra en la figura 11.22.

Anillos de control de aceite

Los anillos de control de aceite tienen la función de impedir que llegue una cantidad excesiva de aceite a la cámara de combustión. Como se mencionó, el aceite arrojado desde los cojinetes lubrica la pared del cilindro, pistón y anillos. Algunas bielas tienen un agujero de salpicado de aceite que lo lanza hacia la pared del cilindro cada vez que coincide con el agujero para aceite en el muñón de biela.

Casi siempre se lanza más aceite del que se necesita contra la pared del cilindro; luego, hay que rascar la mayor parte y devolverlo al depósito. Sin embargo, este aceite tiene las funciones de arrastrar las partículas de carbón y polvo y las impurezas. Estas partículas después se retienen en el colador o en el filtro de aceite. Además, el aceite sirve para enfriar. El aceite que hay en los anillos proporciona un sello entre éstos y la pared del cilindro. Por ello, el aceite, cuando circula, lubrica y también, limpia, enfría y sella.

En la figura 11.23 se ilustra un juego de tres anillos de pistón. Los dos superiores son de compresión y el inferior es de control de aceite. Los anillos de compresión tienen cara lisa, pero el de aceite tiene ranuras y canales. El aceite rascado en la pared del cilindro pasa por las ranuras del anillo y, luego, por los agujeros en el fondo de la ranura para este anillo en el pistón, para regresar después al depósito. El anillo que se ilustra es de hierro fundido de una pieza y su propia tensión lo mantiene expandido contra la pared del cilindro.

El anillo de aceite de la figura 11.24 es similar al descrito, excepto que es de sección más delgada y

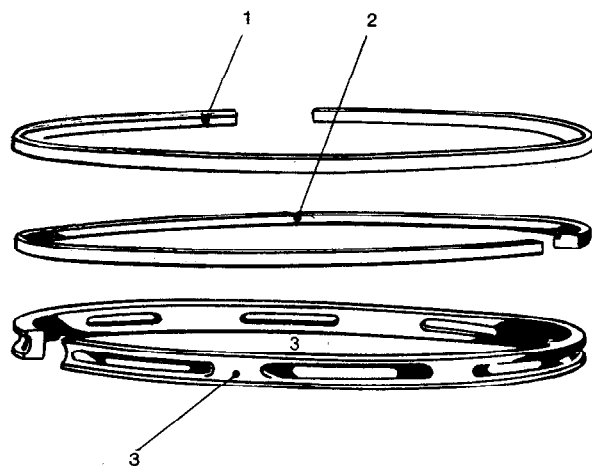


Fig. 11.23 Juego de tres anillos de pistón: 1 anillo de compresión, 2 anillo de compresión, 3 anillo de aceite

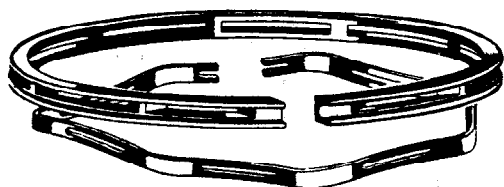


Fig. 11.24 Anillo de control de aceite con expansor

lleva un expansor de acero en la parte posterior. El expansor es una tira de acero ondulada o corrugada que produce carga elástica contra la parte posterior del anillo, con lo cual el anillo es más flexible y se mantiene expandido contra la pared del cilindro. En el pistón de la figura 11.13 se utiliza anillo de aceite del tipo conformable con expansor en espiral.

Revestimientos para anillos de pistón

Se utilizan diversos revestimientos en los anillos de pistón para facilitar el asentamiento y disminuir el desgaste. Cuando los anillos y la pared del cilindro están nuevos, tienen pequeñas irregularidades y no ajustan en forma absoluta; después de cierto tiempo, se desgastan estas irregularidades y se tiene mejor ajuste. A menudo se utilizan sustancias blandas como fosfato, grafito y óxido de hierro, que se gastan con rapidez, para revestir la cara de los anillos y ayudar al proceso de asentamiento. Estos revestimientos tienen buenas propiedades de absorción de aceite y lo absorben en cierta cantidad, con lo que se mejora la lubricación de los anillos. Estos revestimientos ayudan a impedir las *rayaduras* por los anillos, que ocurren por el contacto de metal con metal, altas temperaturas en un lugar y la soldadura entre pequeñas zonas del metal del anillo y de la pared del cilindro. Las soldaduras se rompen con el movimiento de los anillos, pero quedan las rayaduras y pequeños rebajos. Los revestimientos ayudan a impedir las rayaduras, pues no puede haber soldadura si no hay contacto de metal con metal.

Aunque la mayor parte de los revestimientos para anillos, como se mencionó, son blandos, se utiliza mucho un revestimiento de gran dureza, que es el cromo. Se podría pensar que los anillos con cara cromada producirían desgaste rápido de la pared del cilindro, pero las pruebas han demostrado que estos anillos reducen el desgaste. La cara del anillo es muy lisa y tiene un mínimo de puntos altos que pudieran ocasionar desgaste y éste es mínimo en la pared del cilindro. Además, como el cromo no se suelda con el hierro fundido, no es fácil que se produzcan soldadura y rayaduras.

El molibdeno también se utiliza como revestimiento en la cara de los anillos de compresión. No es tan duro como el cromo, pero tiene resistencia a las rayaduras y al desgaste corrosivo. Tiene propiedades de asentamiento rápido y resiste el desgaste

abrasivo mucho mejor que el hierro sin revestir, pero no tan bien como el cromo.

La selección del tipo de anillos de pistón no está a cargo del técnico mecánico, quien sólo tiene que comprar el juego de anillos para instalarlos en determinado motor, pues el fabricante ya ha hecho todas las investigaciones y pruebas para lograr los anillos más adecuados para el motor que se va a reacondicionar.

Anillos segmentados

Estos anillos, como su nombre lo indica, constan de segmentos o piezas separadas. Tienen dos segmentos o rieles hechos de hierro fundido o acero, con un espaciador o expansor ondulado o corrugado entre ellos que sirve para mantener separados los rieles y, además, aplica presión para mantenerlos contra la pared del cilindro.

Debido a su construcción por segmentos, este tipo de anillo puede seguir los contornos de la pared del cilindro con facilidad. Cada riel se mueve independiente del otro, con lo cual siempre se mantiene en contacto con la pared del cilindro. Estos anillos son de construcción muy abierta y no restringen el flujo del aceite, por lo cual el aceite rascado en la pared del cilindro puede pasar con facilidad por el anillo y los agujeros en el pistón hasta el depósito. Por tanto, dado el buen contacto con la pared del cilindro y el libre movimiento del aceite a través del anillo segmentado, se tiene un buen control del aceite.

Anillos para repuesto

Después de que el motor ha trabajado durante un tiempo considerable, se gastan los anillos y la pared de los cilindros (entre otras partes). El desgaste en los cilindros produce ovalación y conicidad. Esto significa que los anillos son cada vez menos eficaces para controlar el aceite y retener la compresión.

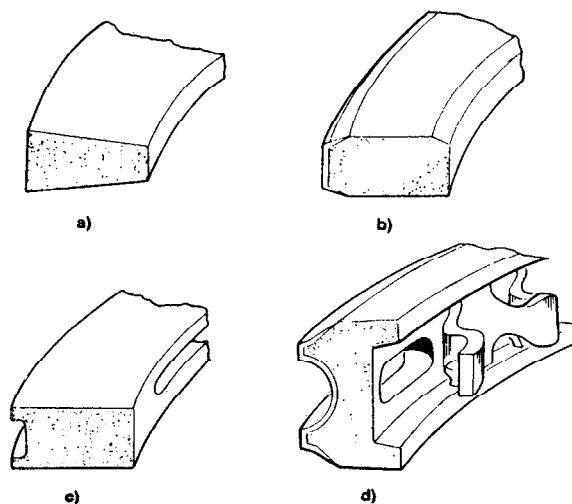


Fig. 11.25 Juego de anillos de pistón

Después, llega el momento en que el motor pierde potencia y quema tanto aceite que se necesita repararlo.

Cuando se desarma el motor, hay que medir los cilindros para determinar si hay que reacondicionarlos o reemplazar las camisas o, si con anillos nuevos se tendrá una reparación satisfactoria.

Se debe utilizar un juego de anillos para repuesto del mismo tipo que los originales o bien anillos para cilindros gastados (en sobre medida). En la figura 11.25 se ilustran los anillos. El anillo superior de compresión *a*) tiene cara cromada para ayudar al asentamiento; el segundo anillo de compresión *b*) tiene cara cromada para ayudar al asentamiento o de molibdeno para retener el aceite. El anillo *c*) de control de aceite es del tipo de hierro fundido de canal y ranura y, a veces, tiene expansor. El anillo inferior *d*) tiene dos segmentos un segmento externo de hierro fundido y un expansor de acero. El expansor se instala en una ranura en la parte posterior del anillo. Las bandas están cromadas en las superficies de desgaste.

La combinación de anillo y expansor ofrece alta flexibilidad y elevada tensión. En un cilindro ovalado o cónico, el anillo se debe expandir y contraer, es

decir, cambiar de forma, cuando se mueve hacia arriba y abajo. La combinación de anillo y expansor se puede conformar mejor en la forma cambiante del cilindro, en el cual se mueve hacia arriba y abajo.

Efecto de la velocidad sobre el control del aceite

Cuando aumenta la velocidad del motor, los anillos de control de aceite tienen más dificultad para controlarlo e impedir el paso de una cantidad excesiva. Hay varias razones para ello. El motor y el aceite están más calientes; el aceite caliente se adelgaza y puede pasar con más facilidad por los anillos. A alta velocidad se bombea más aceite y se lanza mayor cantidad contra la pared de los cilindros, con lo cual hace que los anillos de control de aceite trabajen más en menos tiempo. Por ello, a alta velocidad pasa más aceite por los anillos y se quema en la cámara de combustión, lo cual aumenta mucho el consumo de aceite. Un motor puede consumir dos o tres veces más aceite a alta velocidad que a baja velocidad. Esto, en parte, se debe a que los anillos pierden eficacia para el control del aceite a altas velocidades.

Preguntas para repaso

1. Menciónense las partes del conjunto de biela y pistón.
2. ¿Qué es la cara divisoria de la biela?
3. Describanse las fuerzas que actúan en las diversas partes de la biela durante *a*) la carrera de potencia, *b*) durante la carrera de escape de un motor de cuatro tiempos.
4. ¿Qué es la inercia? ¿Cuál es su efecto en el pistón y la biela?
5. ¿Cómo difieren las fuerzas en un motor de cuatro tiempos y en uno de dos tiempos?
6. Menciónense las partes de un pistón.
7. ¿Por qué se deja holgura para el pistón?
8. ¿Qué es la cara de empuje de un pistón?
9. ¿Cómo ayuda el aceite lubricante en el enfriamiento de los pistones?
10. ¿Qué significa esmerilado de leva?
11. Describanse las diversas configuraciones de los pistones y por qué se utilizan.
12. ¿Cómo se retienen los pasadores de pistón en los pistones?
13. ¿Cómo se lubrican los pistones?
14. ¿Qué es un pistón de cruceta?
15. ¿Qué ventajas se logran con un pistón de cruceta?
16. Describase la finalidad de: *a*) anillos de compresión, *b*) anillos de control de aceite.
17. ¿Por qué tienen revestimiento algunos anillos de pistón?
18. Explíquese cómo ayuda la presión de combustión en el sellamiento con algunos tipos de anillos.
19. ¿Qué efecto tiene la alta velocidad en el control de aceite?

Servicio a pistones y bielas

12

Para tener funcionamiento satisfactorio del motor los componentes del conjunto de biela y pistón deben estar en buenas condiciones: el pistón debe tener la holgura correcta en el cilindro, el cual también debe estar en buenas condiciones; la holgura en el perno no debe ser excesiva porque se producirá ruido. Los anillos no deben tener desgaste excesivo y deben tener tensión para mantenerlos contra la pared del cilindro. La biela debe tener su alineación correcta, los cojinetes no deben estar dañados ni con desgaste excesivo porque se alteraría su holgura en el muñón del cigüeñal y éste no debe estar escoriado o gastado.

Biela

Alineación

La biela debe estar alineada, es decir, la línea de centro del agujero para el perno en la parte superior y la línea de centro de la cavidad para cojinete en la parte inferior deben estar paralelas. Cualquier torcedura o dobladura producirá desalineación de la biela; a su vez, producirá empujes laterales en el pistón y cargas dispares en los metales de cojinetes y, por tanto, se debe corregir.

La figura 12.1 es una vista exagerada que muestra el efecto de una biela desalineada. Las cargas intensas en los puntos A y B en el metal de cojinete lo harán fallar en esos puntos. Los puntos de presión intensa C y D en el pistón producirán desgaste pronunciado y posible escoriación del pistón y la pared del cilindro. Una inspección básica es para buscar desgaste disperejo o puntos brillantes en los pistones, que indican desalineación. Si la hay, hay que comprobar si la biela está desalineada, para enderezarla o reemplazarla. En la figura 12.2 se muestran otras verificaciones que se pueden efectuar.

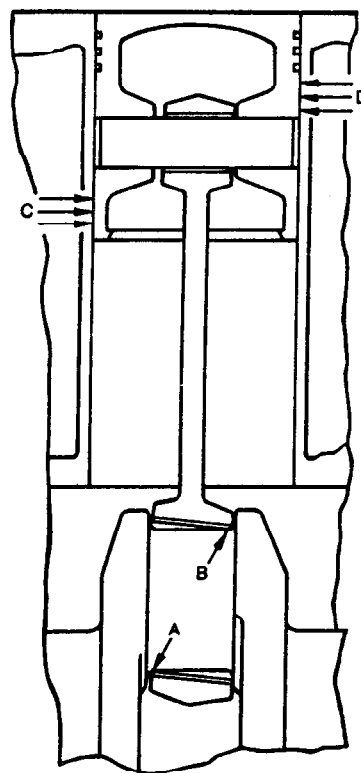


Fig. 12.1 Zonas de presión elevada creadas por una biela doblada; la dobladura está exagerada. Las zonas de presión elevada (A, B, C y D) se desgastarán con rapidez y ocurrirá falla prematura

Alineadora de bielas

Es un aparato que consta de una placa frontal vertical con un mandril que se extiende en sentido horizontal desde ella. La parte inferior de la biela se monta en el mandril de modo que el pistón puede descansar contra la cara frontal para comprobar la

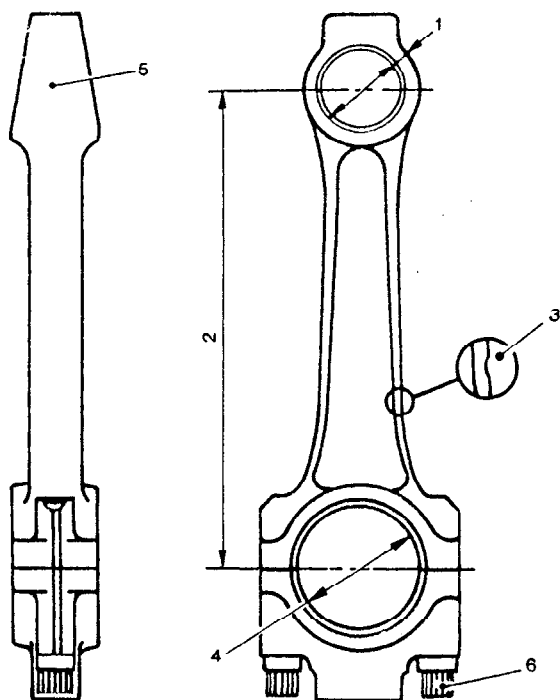


Fig. 12.2 Comprobaciones para determinar si se puede seguir utilizando una biela: 1 cavidad para el buje, 2 longitud, 3 daños, 4 diámetros de la cavidad, 5 conicidad, 6 diámetro de los tornillos CUMMINS

alineación. La biela y el pistón se pueden comprobar juntos; además, la biela se puede comprobar por separado con un bloque en V; la V está configurada para ajustar sobre el perno del pistón y tiene espigas pequeñas que hacen contacto con la placa frontal.

Comprobación de alineación de la biela

Instálase el perno de pistón en la biela, móntese ésta en el mandril de la alineadora y colóquese la parte en V sobre el pasador de pistón. Deslícese la biela a lo largo del mandril hasta que las espigas del bloque V apenas toquen la superficie de la placa frontal. Con la biela bien escuadrada en el mandril, las espigas deben tocar la placa frontal con uniformidad (Fig. 12.3). Si ambas espigas no tocan la placa, es que la biela está desalineada. Primero hay que comprobar la dobladura y después la torcedura de la biela.

El bloque en V se puede montar en dos posiciones diferentes en el pasador de pistón: con las espigas verticales o con las espigas horizontales hacia la placa frontal.

1. Con las espigas verticales, se comprueba la dobladura de la biela, porque ambas espigas verticales estarán en contacto con la placa frontal si la biela está recta (Fig. 12.3a).
2. Con las espigas horizontales, se comprueba la torcedura de la biela, pues ambas deben hacer

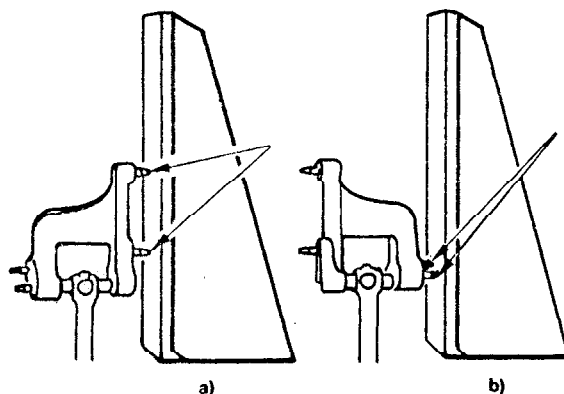


Fig. 12.3 a) Comprobación de biela doblada
b) Comprobación de biela torcida. Las espigas deben tocar la placa frontal como lo indican las flechas

contacto con la placa frontal, salvo que la biela esté torcida. Si una sola espiga hace contacto con la placa, la biela está torcida y el sentido de la torcedura se verá de inmediato (Fig. 12.3 b)).

También se debe comprobar si las bielas están desviadas (Fig. 12.4). Una biela puede parecer que está alineada, cuando en realidad está desviada o fuera de la vertical. Algunas bielas se fabrican desviadas o descentradas, pero en este caso la desviación es sólo en la forma de la parte inferior o de la parte superior y la desviación es evidente al exami-

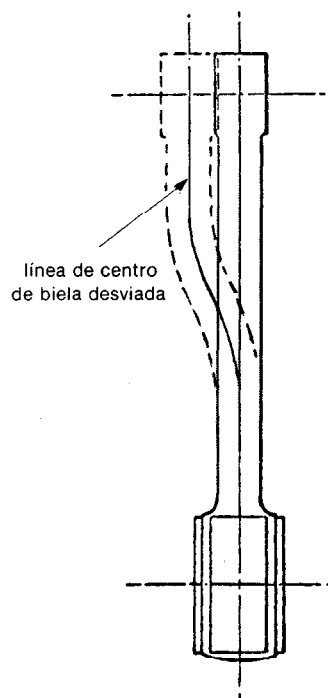


Fig. 12.4 Una biela desviada empujará el ojo de la biela contra la protuberancia para el perno en el pistón. Esto empujará al pistón contra la pared del cilindro REPCO

nar la biela. Una biela mal enderezada puede llegar a tener desviación.

Para comprobar si hay desviación, se monta la biela en el mandril, con la parte superior contra la placa frontal. Después hay que comprobar la posición de la parte inferior en el mandril; algunas alineadoras tienen un tope ajustable para esa finalidad. Inviértase la biela y compruébese que la parte inferior sigue en la misma posición, con el lado opuesto de la parte superior contra la placa frontal. Cuando se comprueba una biela desviada y no se conoce la cantidad de desviación, se pueden comparar todas las bielas de ese motor.

Comprobación del conjunto de biela y pistón

Se arman la biela y el pistón, pero sin instalar los anillos. Se monta la biela en el mandril igual que antes. No se utiliza el bloque V porque ahora se comprueba la alineación de la falda del pistón directamente contra la placa frontal como sigue:

1. Con el pistón mantenido en posición vertical, la falda debe alinear con la placa frontal. Cualquier torcedura se notará porque la falda del pistón no hará contacto con la placa frontal en toda su longitud (Fig. 12.5a)). Inviértase el conjunto, vuélvase a comprobar y a comparar con el primer lado. Algunos pistones pueden tener falda cónica, por lo que es esencial comparar ambos lados.
2. Para comprobar si hay torcedura, colóquese el pistón alineado con la placa frontal igual que antes; luego, hágase oscilar el pistón en el eje del perno de pistón. La falda debe tocar la placa frontal en todas las posiciones al mover el pistón de lado a lado (Fig. 12.5 b)). Cualquier torcedura se apreciará porque la falda del pistón se inclinará en alejamiento de la placa frontal. Inviértase el pistón y repítase la comprobación.

Enderezado de bielas

Las bielas desalineadas se pueden enderezar en un aparato especial. Hay un enderezador de bielas, pero también se pueden utilizar una prensa de banco o barras para doblar. Hay que doblar la biela un poco más allá del punto en que está recta y doblarla en sentido inverso para lograr la alineación correcta. Esto elimina el esfuerzo producido por la dobladura y es menos posible que la biela "regrese" a su posición anterior. La dobladura de las bielas puede ser permanente; por ello, las bielas muy desalineadas se deben reemplazar.

Comprobación del barreno para cojinetes

A fin de que la cavidad en el extremo inferior de la biela pueda cumplir su función de soportar los metales de cojinete, debe estar redonda y tener el diámetro correcto para los metales de cojinete. Los metales de inserción precisa son flexibles y se adap-

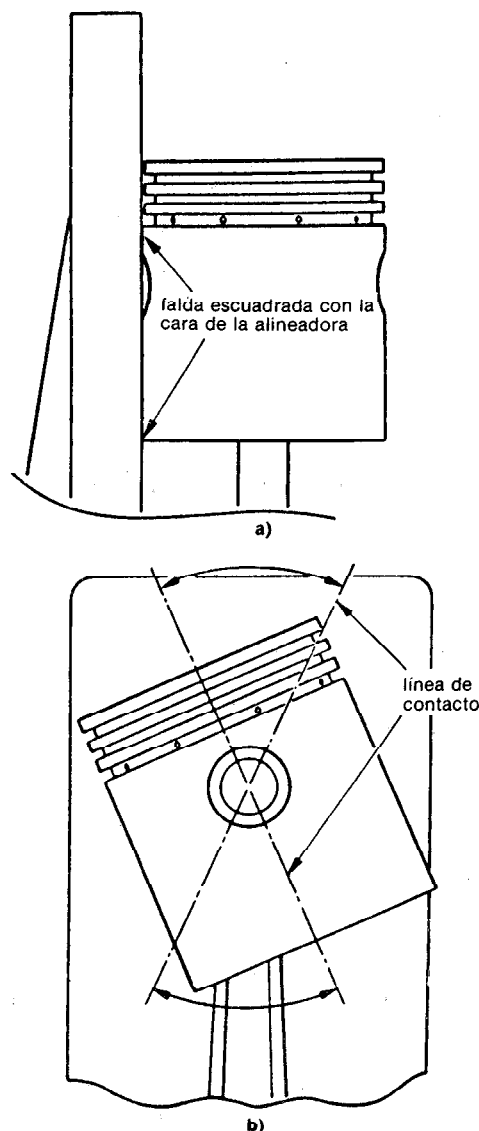


Fig. 12.5 Comprobación de alineación de la biela con el pistón instalado: a) comprobación de biela doblada, b) comprobación de biela torcida. El pistón debe tocar la placa frontal en toda la longitud de la falda

REPCO

tan a la forma de la cavidad en que se instalan. Por ello, en la fábrica las cavidades para cojinete en la biela se acaban con tolerancias muy precisas para que soporten en forma correcta los metales de cojinete.

Con un largo tiempo de trabajo, es posible que se altere ligeramente la forma de la cavidad y que esté un poco ovalada en vez de redonda. Si se instalan metales nuevos en una cavidad incorrecta, se adaptarán a la forma de la cavidad y no tendrán toda su superficie apoyada contra el muñón del cigüeñal. Es necesario comprobar la cavidad inferior de la biela durante el reacondicionamiento del motor; si está incorrecta, hay que reacondicionar o reemplazar la biela.

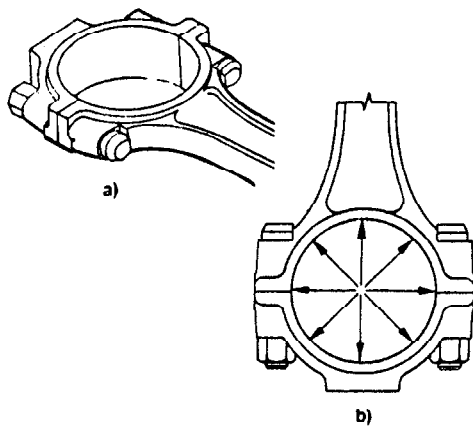


Fig. 12.6 Medición de la cavidad para cojinete en la biela: a) diámetro de la cavidad, b) ovalación

REPCO

La ovalación y el tamaño de la cavidad para cojinetes se debe comprobar como se ilustra en la figura 12.6. Se debe hacer sin instalar los metales y con los tornillos de la tapa apretados a la torsión especificada. La medición se debe hacer con un micrómetro de interiores o con un calibrador telescópico y un micrómetro de exteriores. Para determinar si hay ovalación, que debe ser menor de 0.02 mm, se mide en varios lugares como se ilustra. El diámetro de la cavidad se mide en las partes superior e inferior porque serán la dimensión más grande si hay alguna inexactitud.

La cavidad, además de estar redonda y ser de la medida correcta, debe tener superficie lisa y, por lo general, se puede pulir con piedras.

Para reacondicionar la cavidad para cojinete, primero se rebaja metal de las caras correlativas para dejar la cavidad a una ligera bajomedida y, después, se pule con piedras a la medida estándar.

Instalación de metales de cojinete

En el capítulo 10 se describieron la abertura en sus extremos y la compresión de los metales de cojinete. La abertura en los extremos, en ambas mitades del metal, permite instalarlos a presión en la biela y la tapa, a fin de que permanezcan en su lugar al instalar la biela en el cigüeñal.

La compresión crea una presión radial cuando se aprieta la tapa de la biela como se ilustra en la figura 12.7. Esto sujeta con firmeza los metales de cojinete en la cavidad y asegura que el respaldo del metal hará pleno contacto con la cavidad de la biela. La cantidad de compresión debe ser la correcta, pues si es mayor o menor, habrá problemas con los cojinetes.

Si la compresión es insuficiente, el metal se moverá dentro de la cavidad y ocurrirá desgaste en el respaldo del metal y en la cavidad. Si la compresión es excesiva, se deformará el metal al apretar la tapa, lo cual no sólo dañará los metales de cojinete al instalar la biela sino también puede perjudicar la lubricación. Esto ocurre porque la sección del metal de cojinete con poca o ninguna holgura tiene una acción de arrastre que se lleva el aceite del muñón del cigüeñal.

Comprobación de la compresión

Un método para comprobar en los talleres la compresión de los metales en bielas con cara divisoria plana, es instalar los metales en la biela y en la tapa, instalar la tapa y apretar los tornillos a la torsión especificada. Luego, se afloja un tornillo, de modo que la fuerza producida por el cojinete comprimido produzca una ligera separación entre las caras de la biela y la tapa. Después, se comprueba la abertura entre esas caras con un calibrador de hojas y debe ser de alrededor de 0.1 mm a 0.15 mm. Se puede aplicar Azul de Prusia en el respaldo del metal de cojinete para comprobar el ajuste en la cavidad y debe hacer contacto en más de 80% de la superficie.

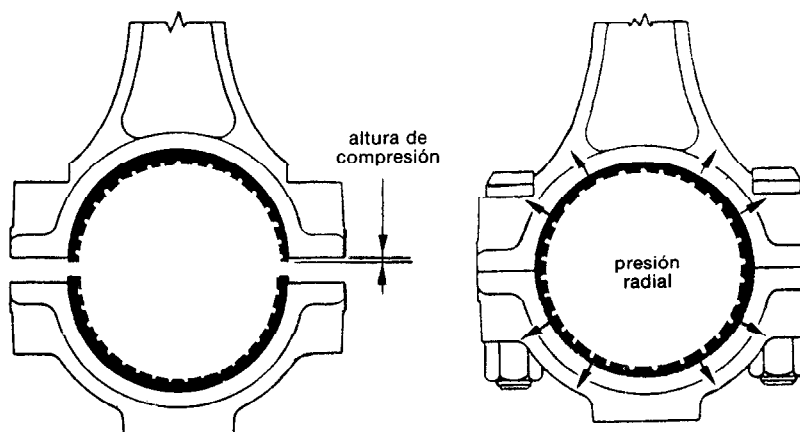


Fig. 12.7 Compresión de los metales de cojinete

REPCO

Medición de los pistones

El diámetro exterior de los pistones se puede medir con un micrómetro de exteriores y compararla con el diámetro del cilindro, medido con micrómetro de interiores.

En la figura 12.8 se ilustra la medición de un pistón a través de sus caras de empuje, a 90° de los agujeros para el perno con un micrómetro de exteriores. Hay varios lugares en un pistón en donde se puede medir con micrómetro y obtener diferentes lecturas, pero la dimensión máxima es a través de las caras de empuje, por lo general cerca de la parte superior de la falda. Esta dimensión es el tamaño del pistón y se necesita para determinar la holgura del pistón en el cilindro.

Hay muchos tipos diferentes de pistones. Algunos tienen falda paralela, otros falda cónica y algunos son esmerilados de leva, lo cual los hace ligeramente ovalados. En los manuales de taller aparecen las especificaciones y la descripción de las características de los pistones, que incluyen la forma de medir el tamaño.

En la figura 12.9 se ilustran las diversas posiciones en que se puede medir un pistón. Y son: AA, bandas; BB, parte superior de la falda, lados de empuje; CC, parte inferior de la falda, lados de empuje; DD, parte superior de la falda cerca de los agujeros para el perno. La conicidad y el esmerilado de leva se pueden determinar a partir de esas medidas como sigue y se dan algunas especificaciones típicas:

- AA: bandas del pistón = 0.5 mm menos que BB
- CC menos BB: conicidad de la falda = 0 a 0.04 mm.
- BB menos DD: esmerilado de leva = 0.2 mm a 0.4 mm.

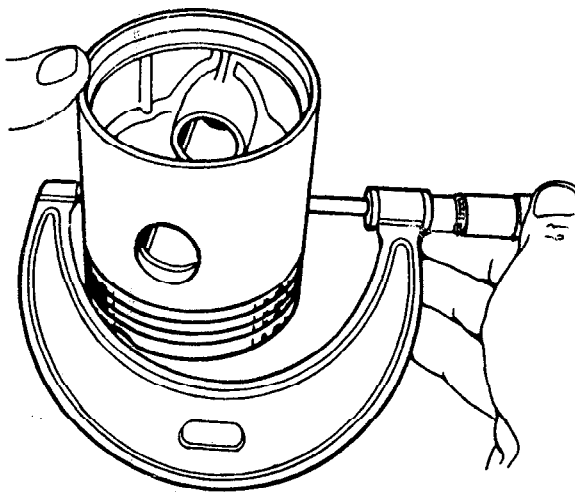


Fig. 12.8 Medición del pistón a través de las caras de empuje en la falda

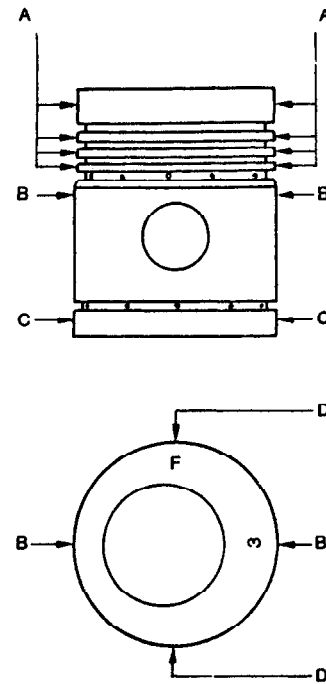


Fig. 12.9 Partes del pistón en donde se pueden hacer las mediciones

Servicio a los pistones

Cuando se instalan camisas nuevas en un motor, también hay que instalar pistones nuevos, que ya vienen acabados al tamaño y listos para instalarlos.

Cuando se van a utilizar otra vez los pistones, hay que limpiarlos y examinarlos para determinar si están en buenas condiciones. Hay que limpiar el carbón de la cabeza y limpiar las ranuras para anillos a fin de que éstos tengan el ajuste correcto. El carbón se puede acumular en la ranura detrás del anillo y, si no se elimina impedirá que el anillo nuevo asiente a fondo en la ranura.

Hay que inspeccionar si el pistón tiene deficiencias como rayaduras o escoriaciones y señales de grietas o daños (hacia el final de este capítulo se comentan los problemas en "Análisis de problemas con pistones y anillos").

El pistón debe ser de la medida correcta para el cilindro en que se instala; por ello hay que medir el pistón y el diámetro del cilindro y determinar la holgura entre ambos. Como opción, el ajuste del pistón en el cilindro se determina con calibradores de hojas. Un pistón con muy poca holgura, que se expande a la temperatura de funcionamiento se dañará y, también dañará la pared del cilindro en que se instala. Un pistón con demasiada holgura "cabeceará" y puede sufrir daños si el golpeteo es muy pronunciado.

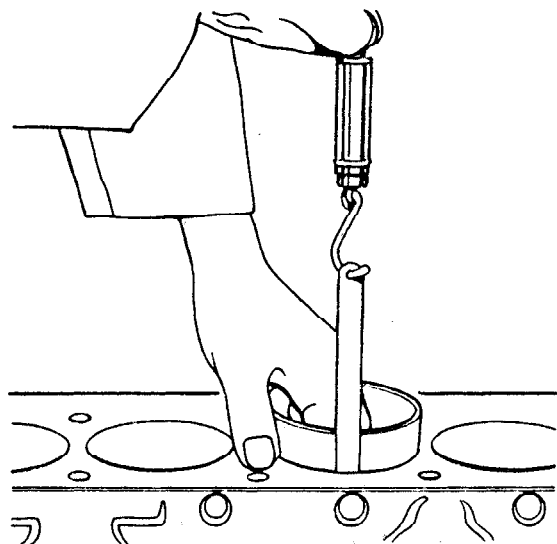


Fig. 12.10 Báscula de resorte enganchada en la laminilla para medir el ajuste del pistón en el cilindro

Comprobación del pistón en el cilindro

El ajuste real del pistón en el cilindro se puede comprobar con calibrador de hojas y el procedimiento típico es el siguiente. Se coloca el pistón “de cabeza” en el cilindro y se ponen las hojas de calibrador, con una película de aceite a 90° de los agujeros para el perno. Con ello, se mide el ajuste en el punto de máximo diámetro del pistón. Las hojas del calibrador deben quedar a todo lo largo del pistón y pueden ser de diversos espesores para medir la holgura.

Hay un método más exacto en el cual se emplea una báscula de resorte (báscula dinamométrica). Se mide la fuerza requerida para hacer salir las laminillas colocadas entre el pistón y el cilindro (Fig. 12.10). Por ejemplo, en un motor, se podrá sacar una tira de laminilla de 12 mm de anchura, 200 mm de longitud y de 0.04 mm de espesor con una tracción entre 20 y 40 newtons. Si las laminillas salen con demasiada facilidad, el pistón está flojo; si es difícil sacarlas el pistón está muy apretado.

Ajuste de anillos de pistón

Los anillos de pistón se surten por juegos completos para cada tipo de motor. Los anillos son para un diámetro particular y no hay que limarles las puntas para ajustarlos en cilindros más pequeños, pues esos anillos se pondrán ovalados una vez que se instala el pistón. Si se ha rectificad el cilindro, se requieren anillos de sobremedida; si no, se deben utilizar anillos en medida estándar, sin que importe el desgaste que pueda haber ocurrido en la parte superior del cilindro.

Los anillos se deben probar en el cilindro y en el pistón en que se van a instalar.

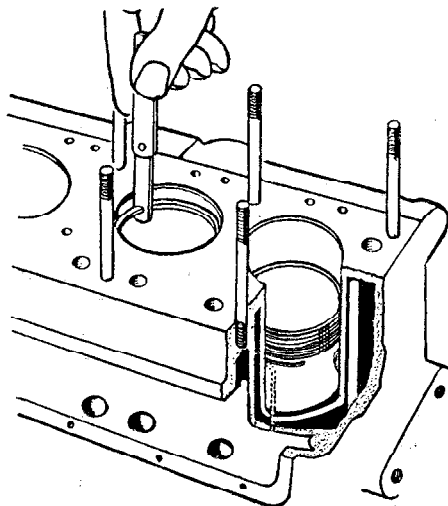


Fig. 12.11 Comprobación de abertura entre puntas de anillos

Prueba de los anillos en el cilindro

Para comprobar el tamaño correcto de los anillos nuevos, hay que colocarlos en el cilindro. Se coloca un anillo en el cilindro y se empuja con la cabeza de un pistón de modo que quede bien encuadrado en el cilindro; luego, se mide la abertura entre puntas con un calibrador de hojas (Fig. 12.11). La abertura entre puntas o “luz” debe ser de 0.04 a 0.06 mm por cada 10 mm de diámetro del cilindro, medido en la parte del cilindro que no tenga desgaste.

Si el cilindro está cónico por el desgaste, el diámetro en la parte inferior del recorrido de los anillos será menor que el diámetro en la parte superior. En este tipo de cilindro, *hay que probar el anillo en el límite inferior del recorrido de los anillos*. Si se ajusta en la parte superior del cilindro, la abertura entre puntas no será suficiente cuando el anillo se mueve hasta su límite inferior de recorrido. Esto significará que las puntas quedarán pegadas una contra otra y que se romperá el anillo o se rayará la pared del cilindro. En los cilindros cónicos, se debe medir la abertura entre puntas con el anillo en el punto de mínimo diámetro o en el límite inferior del recorrido de los anillos.

Prueba de los anillos en las ranuras del pistón

Se introduce la cara del anillo en la ranura en el pistón como se ilustra en la figura 12.12 y se “rueda” el anillo en toda la ranura para comprobar que queda libre en toda la circunferencia del pistón. Si el anillo queda apretado en cualquier lugar, hay que limpiar la ranura y volver a probar el anillo.

En este momento hay que comprobar la profundidad de la ranura. Para ello, se coloca una regla (escala) contra las bandas del pistón, se sujeta el anillo en el fondo de la ranura y se mide la distancia entre la regla y el anillo; debe ser de 0.03 mm por

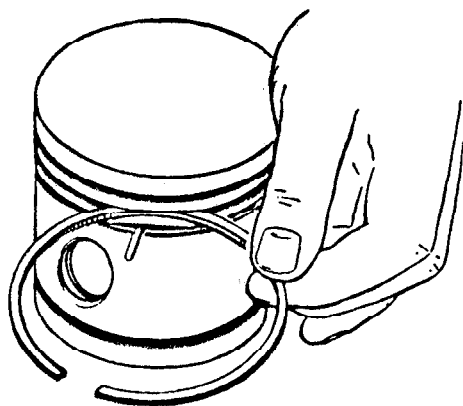


Fig. 12.12 Comprobación del ajuste del anillo en la ranura

cada 10 mm de diámetro del cilindro, más 0.2 mm para los anillos de compresión y más 0.3 mm para los anillos de control de aceite. Hay que seguir con todo cuidado las instrucciones del fabricante de los anillos.

Una vez instalado el anillo en la ranura, se debe comprobar la holgura lateral con un calibrador de hojas (Fig. 12.13). La holgura lateral, promedio, especificada para los motores Diesel es de 0.05 a 0.1 mm.

En la figura 12.14 se ilustra el método para comprobar la holgura de un anillo del tipo de cuña o "dovela" en su ranura. Se utiliza una regla de acero para colocar el anillo en la ranura y sujetarlo y la holgura lateral se mide con un calibrador de hojas.

Instalación de los anillos en el pistón

Los anillos se instalan en el pistón con un expansor de anillos, que los expande uniformemente a fin de que puedan pasar sobre la cabeza del pistón hasta sus ranuras. Los rieles de acero y separadores de los

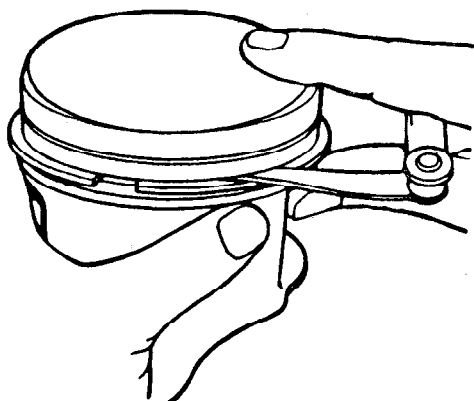


Fig. 12.13 Comprobación de holgura lateral de anillos con calibrador de hojas

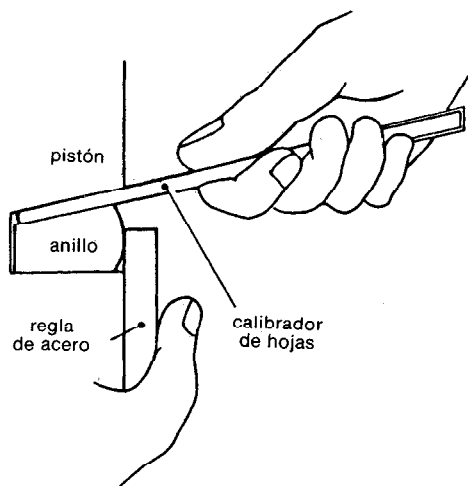


Fig. 12.14 Comprobación del anillo tipo de cuña en su ranura
MITSUBISHI

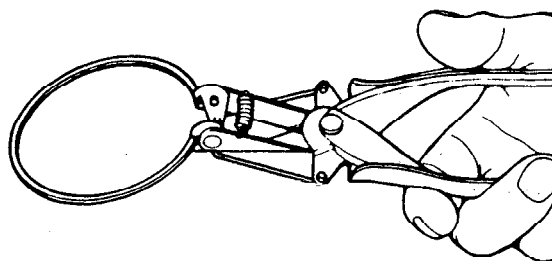


Fig. 12.15 Un tipo de expansor de anillos de pistón

anillos del tipo segmentado se instalan sin el compresor; sólo se "enrollan" cuidadosamente en su lugar. Este método, a veces, se utiliza para instalar anillos de hierro colado, pero se debe tener cuidado de no deformarlos al instalarlos. El método preferido es emplear un expansor de anillos (Fig. 12.15).

Algunos tipos de anillos: de cara cónica, biselados (achaflanados) o con rebajo se deben instalar con el lado correcto del anillo hacia la parte superior (suele estar marcada) como se ilustra en la figura 12.16. Si no se hace así, se invertirá la acción del anillo y uno del tipo rascador, por ejemplo, arrastraría el aceite hacia la parte superior del cilindro y ocasionaría alto consumo de aceite y otros problemas relativos.

Cuando los anillos están instalados en sus ranuras, las aberturas entre puntas deben quedar al lado opuesto a las caras de empuje y también desalineadas entre un lado y otro del pistón; no deben quedar alineadas (Fig. 12.17)

Instalación del pistón en el cilindro

Una vez armados el pistón, anillos y biela, es necesario comprimir los anillos con un compresor de

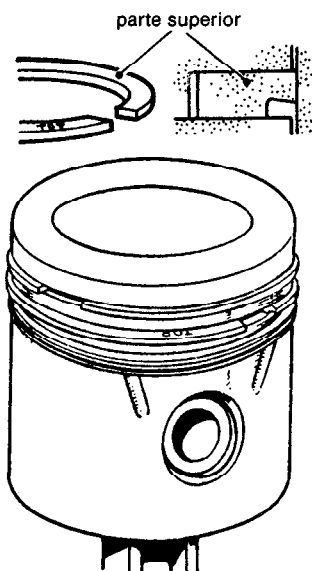


Fig. 12.16 Instalación de los anillos en el pistón

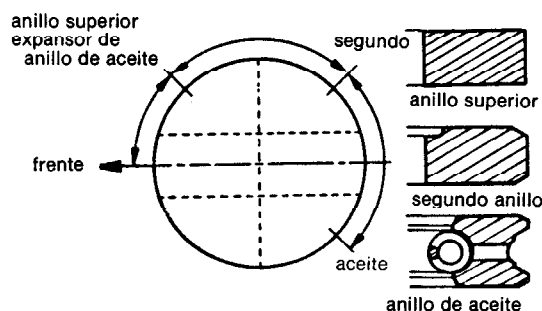


Fig. 12.17 Posición de los anillos en el pistón. En este ejemplo, el anillo superior y el segundo se instalan con la abertura entre puntas al lado opuesto de la cámara de precombustión en la culata
MAZDA

anillos para que el pistón pueda penetrar en el cilindro.

Para ello se utiliza un compresor de anillos (Fig. 12.18). El compresor envuelve los anillos y los comprime dentro de sus ranuras para poder empujar el pistón y anillos dentro del cilindro.

El pistón y anillos deben estar bien lubricados, el compresor bien apretado y hay que introducir el pistón en el cilindro. La entrada se facilita con unos golpecitos con el mango de madera de un martillo contra la cabeza del pistón. Hay que tener cuidado de que el compresor esté sujeto con firmeza en el bloque para que no se salgan los anillos. Si el compresor está en buenas condiciones y se emplea en la forma correcta, sólo se requerirán unos cuantos golpecitos. No hay que dar golpes fuertes en la cabeza del pistón, pues sólo lo dañarán y romperán los anillos.

Cuando ya se instaló el pistón, hay que guiar la biela contra su muñón en el cigüeñal, con cuidado

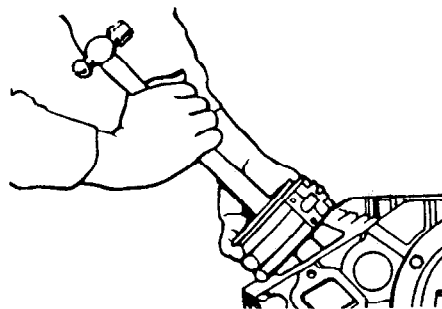


Fig. 12.18 Instalación del pistón en el cilindro con un compresor de anillos

de que el metal superior de cojinete no se dañe ni se salga de su lugar. Con la biela asentada contra el muñón, se instala la tapa y se aprietan los tornillos a la torsión correcta.

Todas las bielas y sus tapas tienen grabado el número del cilindro para identificación y, también, para instalarlas en forma correcta, con esos números hacia el lado especificado del motor. Algunos pistones también tienen marcado el número del cilindro y, en algunos, está marcado el frente para asegurar su instalación correcta. El pistón de la figura 12.9 tiene la cámara de combustión descentrada en la cabeza y está marcada con una "F" para indicar el frente del pistón.

Análisis de problemas con pistones, anillos y cilindros

Los problemas con los pistones, anillos de pistón y sus cilindros se notarán porque producen ruido en el motor o quizá, se pueden observar las deficiencias cuando se desarma el motor. Cuando se observa una deficiencia o un daño, no es suficiente reemplazar la pieza relativa. Hay que localizar y corregir la *causa del daño* para que no se repita. Con respecto a los pistones, hay que tener en cuenta las condiciones de trabajo del vehículo, la lubricación, el enfriamiento, la temperatura, la alineación de las bielas y otras posibles causas y no sólo la pieza que tiene daños visibles.

Los siguientes daños en los pistones pueden ocurrir además del desgaste normal. Se describen como daños separados, pero se debe tener en cuenta que tienen una estrecha relación.

Rayaduras (Fig. 12.19)

Cuando dos superficies tienen rozamiento entre sí y se deja que aumente la temperatura hasta que se llegue al punto de fusión, se soldarán entre sí partículas del material. Esto ocasiona la transferencia de partículas de una superficie a otra, con lo cual se produce un depósito o saliente pequeño en una y una cavidad pequeña en la otra. Por ello, el calentamiento local entre las dos superficies es el que oca-



siona las rayaduras y esto significa que se deben investigar las posibles causas del exceso de calor. Aunque el daño empieza como se menciona, se puede extender y se agrava con las superficies ásperas hasta que se daña una parte del pistón como se ilustra. Es posible que los anillos y alguna parte del cilindro también estén rayados.

Las causas probables que se deben investigar son depósitos en las camisas de agua que producen puntos calientes en las paredes del cilindro que las deforman; el pistón para ver si estaba apretado o tiene irregularidad en el tamaño y el sistema de lubricación para determinar si la presión y el tipo de aceite son correctos. Además, la instalación y holgura correctas de los cojinetes de biela y deficiencias en el motor que ocasionen sobrecalentamiento.

En el diagnóstico se debe tomar en consideración si el problema es general en el motor o en un solo cilindro y también, si sólo ocurre en el pistón, anillos o cilindros, aunque uno también influye en los otros.

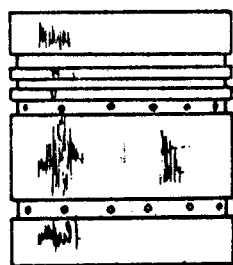


Fig. 12.19 Rayadura de una superficie de un pistón

Escoriaciones (Fig. 12.20)

Pueden ser un grado avanzado de rayadura. Aparte del sobrecalentamiento original que produjo las rayaduras, si el motor sigue trabajando con superficies rayadas, producirá un exceso de calor, con lo cual aumentan las rayaduras y se escoria una superficie grande en el pistón y en el cilindro.

Las escoriaciones profundas en el cilindro pueden ser por algún desperfecto mecánico, como anillos o arillos, seguros rotos o perno de pistón flojo. Este daño suele ocurrir en un solo cilindro y la razón de las escoriaciones saltará a la vista. Sin embargo, la causa de la falla quizá no esté muy clara y requiera una investigación más detenida.

Las rayaduras de los cilindros también pueden ser el resultado de la entrada de polvo al motor porque el sistema de admisión está deficiente o le falte mantenimiento. El polvo y las partículas abrasivas producirán desgaste abrasivo de los vástagos y guías de las válvulas así como de los pistones, anillos y cilindros. Las escoriaciones, en este caso, no serán profundas, sino más bien una superficie mate de marcas delgadas de escoriación que abarca todas las superficies.

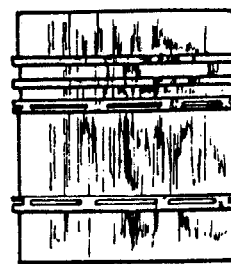


Fig. 12.20 Escoriación del pistón y anillos por cuerpos abrasivos en el motor

Pegadura (Fig. 12.21)

En este caso, toda la superficie del pistón estará marcada. A primera vista, parece ser que hubo falta de lubricación correcta, en particular si el problema es en todos los cilindros. Si este diagnóstico está correcto, los cojinetes y muñones también estarán dañados y el aceite del motor estará contaminado.

También se deben considerar otros factores que pueden ocasionar la desintegración de la película de aceite entre el pistón y la pared del cilindro, tales como problemas en el sistema de enfriamiento o escapes de compresión debidos a anillos pegados.

Nota: Las rayaduras, escoriaciones y pegaduras son condiciones que tienen estrecha relación entre sí. En algunos casos, pueden ser tres etapas de daños por la misma causa inicial.

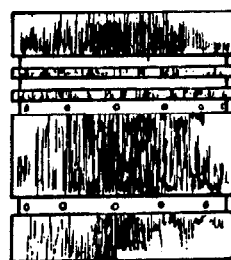


Fig. 12.21 Pistón pegado

Escapes de compresión (Fig. 12.22)

Si los anillos de pistón no sellan en forma correcta, debido a problemas en ellos o en la pared del cilindro, ocurrirán los escapes de compresión. Los gases

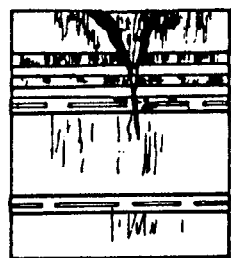


Fig. 12.22 Daños en las bandas del pistón por los escapes de compresión

calientes que se escapan a lo largo del pistón aumentan la temperatura del pistón, anillos y pared del cilindro. Se pierde la tensión de los anillos por el sobrecalentamiento y aumenta el problema de los escapes de compresión. En los casos serios, puede ocurrir la destrucción de las bandas del pistón y de los anillos como se ilustra.

Corrosión de los pistones (Fig. 12.23)

Los escapes de compresión también pueden ocasionar la contaminación del aceite lubricante y sus aditivos perderán su eficacia. Puede ocurrir corrosión de las piezas, como se muestra en el pistón ilustrado.

La corrosión también puede ocurrir por el escape de líquido enfriador hacia las cámaras de combustión y que se pase más allá de los anillos. Esto ocasionará corrosión severa del pistón y desgaste o rayaduras excesivas por la lubricación deficiente de la pared del cilindro. Los escapes de líquido enfriador hacia el depósito de aceite lo contaminarán y formarán "lodos".

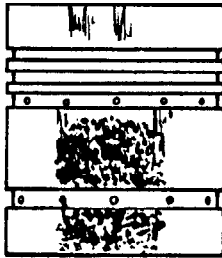


Fig. 12.23 Corrosión del pistón

Daños en la protuberancia para perno de pistón (Fig. 12.24)

Los arillos seguro deben estar bien ajustados en sus ranuras y hay que reemplazarlos cuando se desarme el motor. Cualquiera que sea el método para fijar el perno en el pistón o en la biela, el perno se debe instalar y sujetar con cuidado, a fin de que no se mueva hacia un lado y otro durante el funcionamiento.

La desalineación de la biela puede producir empujes laterales en el perno de pistón que, a su vez, se aplican a los arillos seguro del perno. Cualquier juego del arillo seguro en su ranura permitirá que se transmita un choque al pistón y, éste, en un momento dado sufrirá serios daños. También puede ocurrir que se rompa un arillo seguro, que haya partículas que escorren el pistón, anillos trabados, etc., que producirán la condición ilustrada.

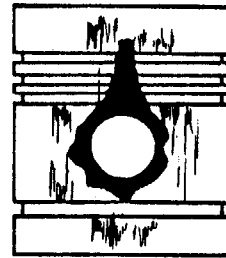


Fig. 12.24 Daños en el pistón por arillos seguro flojos y rotos

Preguntas para repaso

1. ¿Qué significa alineación de la biela?
2. ¿Cómo se puede comprobar la alineación?
3. ¿Qué otros factores se deben comprobar en una biela?
4. ¿Cómo se puede comprobar la cavidad para el cojinete en la biela?
5. Describase un método para determinar si un metal de cojinete tiene compresión.
6. ¿Cómo se puede comprobar si un metal de cojinete asienta en forma correcta en la cavidad en la biela?
7. ¿Dónde se suelen hacer las mediciones en un pistón para determinar su tamaño?
8. Menciónense las diversas partes del pistón en donde se pueden hacer las mediciones y la información que dan las mismas.
9. ¿Cómo se puede probar un pistón en su cilindro?
10. ¿Cuál es el posible efecto de un pistón con holgura insuficiente en el cilindro?
11. ¿Cómo se puede probar un anillo de pistón en su ranura? ¿Habría diferencia si fuera anillo del tipo de cuña?
12. ¿Cómo se instalan los anillos en un pistón?
13. Describase el método para instalar un pistón en su cilindro.
14. ¿Por qué hay muchos pistones marcados para indicar "Frente"?
15. ¿Cuál es el posible efecto de un sistema de admisión de aire deficiente en los pistones y cilindros?
16. ¿Cuáles son las posibles causas de escoriaciones de los pistones?
17. ¿Qué significa escapes de compresión?
18. ¿Qué significan rayaduras, escoriaciones y pegadura?

Para desarmar y armar el motor

Los pasos que se podrían aplicar durante el reacondicionamiento o reparación del motor podrían ser:

1. Diagnosticar o determinar la razón para efectuar el trabajo.
2. Desarmar de acuerdo con un procedimiento lógico.
3. Inspeccionar si hay desgaste y determinar las piezas aprovechables.
4. Reparar, reacondicionar o reemplazar las piezas necesarias.
5. Armar y ajustar.
6. Efectuar las comprobaciones necesarias.

Estos pasos se aplican para reparaciones parciales o para el reacondicionamiento o reconstrucción. Una reparación sería sólo en una parte del motor. En el reacondicionamiento de la culata (cabeza), sólo se trabaja en la culata y piezas correlativas, mientras que para el reacondicionamiento o reconstrucción del motor, la secuencia para diagnosticar, desarmar, etc., se aplicaría en todo el conjunto del motor, incluso sus accesorios.

Los procedimientos varían según la marca del motor y hay que consultar los manuales de taller del fabricante para mayor información. Sin embargo, hay muchos métodos comunes para reacondicionamiento de motores que se describirán más adelante. Muchos de ellos ya se han mencionado en capítulos anteriores y se deben consultar. En el índice se pueden localizar los diversos conceptos.

Tipos de trabajo en el motor

Algunos de los tipos de trabajo de mantenimiento, reparación o reacondicionamiento que se efectúan en los motores son los siguientes.

Mantenimiento

Es un programa sistemático de lubricación, comprobaciones y ajustes que se efectúan a los intervalos recomendados por el fabricante. El mantenimiento (conservación) prolonga la duración del motor y le conserva su rendimiento. Se suele recomendar el trabajo de mantenimiento a intervalos de 5000, 10 000, 20 000 y 40 000 kilómetros.

Reparaciones

Pueden ser mayores o menores y necesarias por problemas tales como fugas de líquido enfriador, de aceite, de combustible, pérdida de potencia, sobrecalentamiento o ruidos en el motor.

Reacondicionamiento de culatas (cabezas)

Incluye desmontar la culata de cilindros para trabajar en las válvulas, asientos y piezas correlativas. Puede ser parte de un programa de mantenimiento extendido o hacerse necesario por pérdida de potencia, quemadura de válvulas, escapes por la junta de la culata o guías y sellos de válvulas gastados.

Reparación por fugas

Las reparaciones que incluyen desmontar el depósito de aceite (carter) son fugas de aceite por la junta del depósito o por los sellos delantero o trasero de aceite del cigüeñal. Otros problemas más serios podrían ser golpeteo de cojinetes, pérdida de presión de aceite o ruidos en el motor.

Reacondicionamiento parcial

Podría ser necesario como resultado de un largo tiempo de operación, pérdida de potencia, consumo excesivo de aceite o ruidos en el motor. En estos casos, un reacondicionamiento o "ajuste" parcial puede ser satisfactorio. Podría incluir reacondicio-

namiento de culatas y reemplazo de camisas de cilindro, pistones y cojinetes de biela.

Reacondicionamiento general

El reacondicionamiento general o reconstrucción, por lo común, se necesita después de un largo tiempo de funcionamiento, cuando se nota desgaste del motor por una o más de las siguientes condiciones: pérdida de potencia, ruidos en el motor, consumo excesivo de aceite lubricante, consumo excesivo de combustible o humo en el escape. También se debe efectuar el reacondicionamiento para corregir daños en los cilindros, cigüeñal y cojinetes ocasionados por falta de lubricación o porque el motor haya trabajado en condiciones anormales.

Para efectuar el reacondicionamiento general, primero hay que desmontar el motor de la unidad y desarmarlo del todo con un procedimiento específico. Luego se inspeccionan todas las piezas para determinar sus condiciones y si hay que ajustarlas, repararlas o reemplazarlas. Después se arma el motor y su rendimiento debe ser igual que el de un motor nuevo.

Durante el reacondicionamiento del motor se deben incluir los accesorios como la bomba de combustible, compresor de aire y bomba de vacío.

Comprobaciones antes de desarmar

Antes de efectuar cualquier tipo de reparación se debe determinar lo que se va a hacer y por qué es necesario. El diagnóstico y pruebas precisos antes de empezar el trabajo determinarán lo que se necesita desarmar. Aunque los componentes internos no se pueden inspeccionar sin antes desmontar otras piezas, el tiempo dedicado al diagnóstico del problema puede evitar un trabajo innecesario.

Cualesquiera registros del motor pueden ser útiles. Pueden ser el historial de mantenimiento, consumo de aceite, rendimiento y, quizá, el tipo de trabajo en que se emplea el motor. El kilometraje recorrido por el vehículo o las horas de operación del motor son una guía del tipo y cantidad de desgaste que se encontrará en las diversas piezas del motor.

Lavar el exterior

Antes de empezar a desarmar, hay que lavar el exterior del motor para eliminar la mugre y grasa que podrían penetrar durante el desarmado. Antes de lavar, hay que examinar si hay señales de fugas de aceite y de líquido enfriador. Después de lavar puede ser necesario continuar el examen para localizar el origen de las fugas, que será más fácil si el motor está limpio.

Alto consumo o fugas de aceite lubricantes

Cuando se investiga una queja de consumo excesivo de aceite lubricante no se debe suponer automáticamente que el problema está en los anillos de pistón y que éste hace llegar el aceite a la cámara de combustión. Aunque podría ser la causa, las fugas también aumentan mucho el consumo de aceite. Además, el aceite puede pasar por las guías de válvula si éstas o los sellos están gastados.

Hay que examinar en busca de posibles fugas por la tapa de balancines, depósito, filtro y bomba del aceite, enfriador (radiador) de aceite, tapa de engranes de sincronización y cubierta del volante. Cuando se buscan las fugas, el motor debe estar en marcha a su temperatura normal de funcionamiento.

El humo excesivo en el escape puede producirse porque se está quemando aceite; también podría ocurrir por exceso de combustible o combustible sin quemar debido a deficiencias en el sistema de combustible. Por lo general, el exceso de combustible produce humo negro; el aceite produce un humo gris o azulado.

Desmontaje del motor

Hay una serie de componentes externos que se deben desmontar antes de poder separar el motor de sus soportes y sacarlo de la unidad en que está instalado.

Los componentes y accesorios del motor que quizá se tengan que desmontar son: tubos y mangueras para combustible, mangueras para líquido enfriador, radiador, controles del motor, filtro ("purificador") de aire, soportes y conexiones para el escape, conexiones eléctricas y otros varios. La cantidad de componentes que se necesite desmontar del motor o sacar del compartimiento del motor depende del tipo de unidad en que esté instalado. Si hay suficiente espacio alrededor del motor, éste y sus componentes externos se pueden sacar como conjunto. Si el espacio es limitado, hay que desmontar ciertos componentes antes de sacar el motor.

En todos los tubos, mangueras y conductos se deben poner tapones o cubrir con cinta adhesiva para evitar la entrada de cuerpos extraños. En algunos casos se requieren precauciones especiales cuando el vehículo tiene aire acondicionado. Hay procedimientos específicos para descargar el gas refrigerante, que se debe hacer con lentitud y en un lugar muy bien ventilado. El refrigerante no debe tocar las manos ni ninguna parte del cuerpo.

Según si es necesario desmontar el motor y la transmisión o si ésta se va a quedar en su lugar, hay que separar el motor en la cubierta del volante, la transmisión o el eje propulsor; para ello se sacan los tornillos que sujetan el componente al motor.

Hay que aflojar los tornillos o tuercas que sujetan los soportes del motor a éste y al bastidor secundario y sacarlos como último paso. Los motores

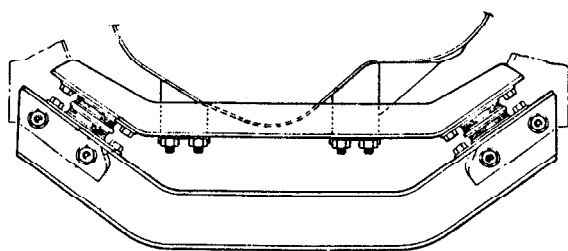


Fig. 13.1 Cojines de caucho en el soporte entre la parte delantera del motor y un travesaño BEDFORD

instalados en vehículos para trabajo en carretera tienen soportes con cojinetes de caucho que aíslan el ruido y vibraciones del motor, con respecto a la carrocería. En otras unidades, como los tractores y vehículos pesados, se pueden utilizar soportes macizos o de una pieza. Hay que soportar el motor con un gato o una eslinga para quitar el peso de los soportes antes de sacar los tornillos de montaje.

Soportes del motor

En la figura 13.1 se ilustra un ejemplo de los soportes delanteros y en la figura 13.2 de los soportes traseros de un motor para camión. La parte delantera del motor está sostenida por dos soportes que constan de aisladores de caucho vulcanizados en bridas de acero; se atornillan en una ménsula en la tapa de engranes de sincronización y en el travesaño delantero del bastidor.

Los soportes traseros son del tipo de (columpio) grillete. En la figura 13.2 se ilustra un travesaño

trasero del cual está suspendida la cubierta del volante mediante los soportes del motor. El columpio se monta en una percha colocada en el canal del travesaño y en una oreja en la cubierta del volante. En la parte inferior de la figura aparece un corte del soporte del motor. Tanto la percha como la oreja tienen agujeros para recibir los aisladores de caucho (hule), que son un buje (casquillo) de caucho con un manguito interno de acero. Se utiliza una varilla de reacción torsional, ajustable, entre el travesaño y la cubierta del volante, que estabiliza el motor porque contrarresta la tendencia a que se tuerza en sus soportes.

Desmontaje del motor

El motor Diesel se monta en distintos lugares, según el tipo de unidad o vehículo. En los automóviles están en el frente del vehículo. En los camiones ligeros y en los medianos y pesados con cabina convencional también están montados debajo del cofre (capot) en el frente del vehículo. En las camionetas de caja cerrada (furgonetas o "vans") y camiones de control delantero o de cabina de inclinación, el motor está debajo del piso de la cabina. Los autobuses tienen el motor en la parte delantera o trasera bajo el piso, según sea su construcción. El método de acceso al compartimiento del motor determinará el procedimiento para desmontarlo.

Camiones de cabina convencional

En la figura 13.3 se ilustra el desmontaje del motor en un camión de cabina convencional. Se coloca

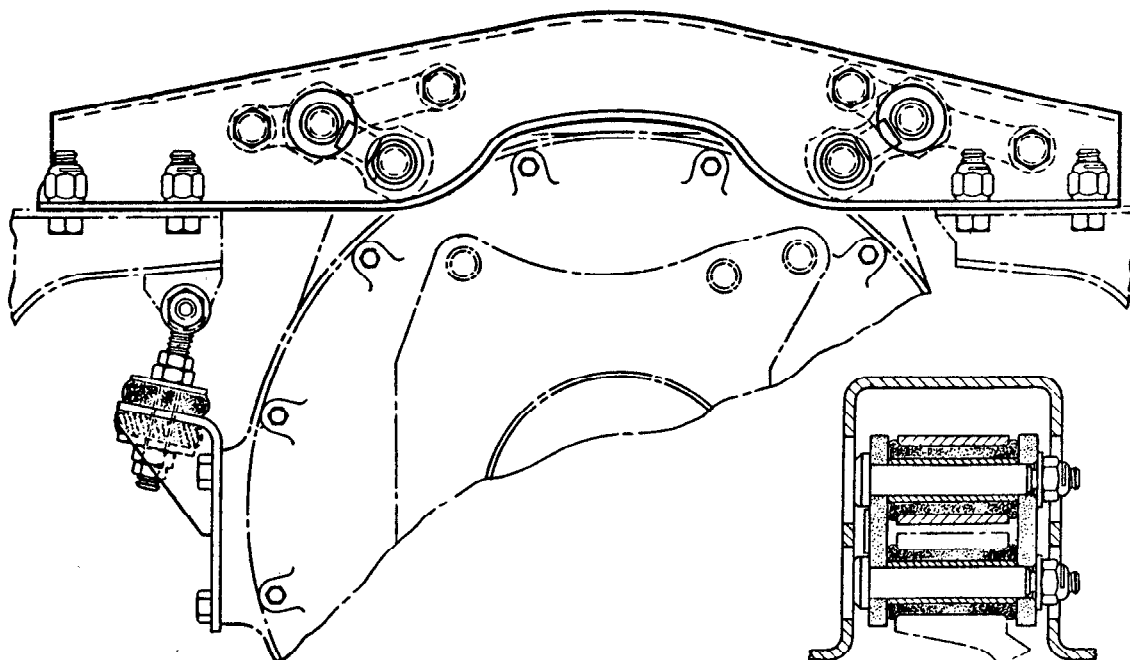


Fig. 13.2 Un tipo de soporte trasero del motor

BEDFORD

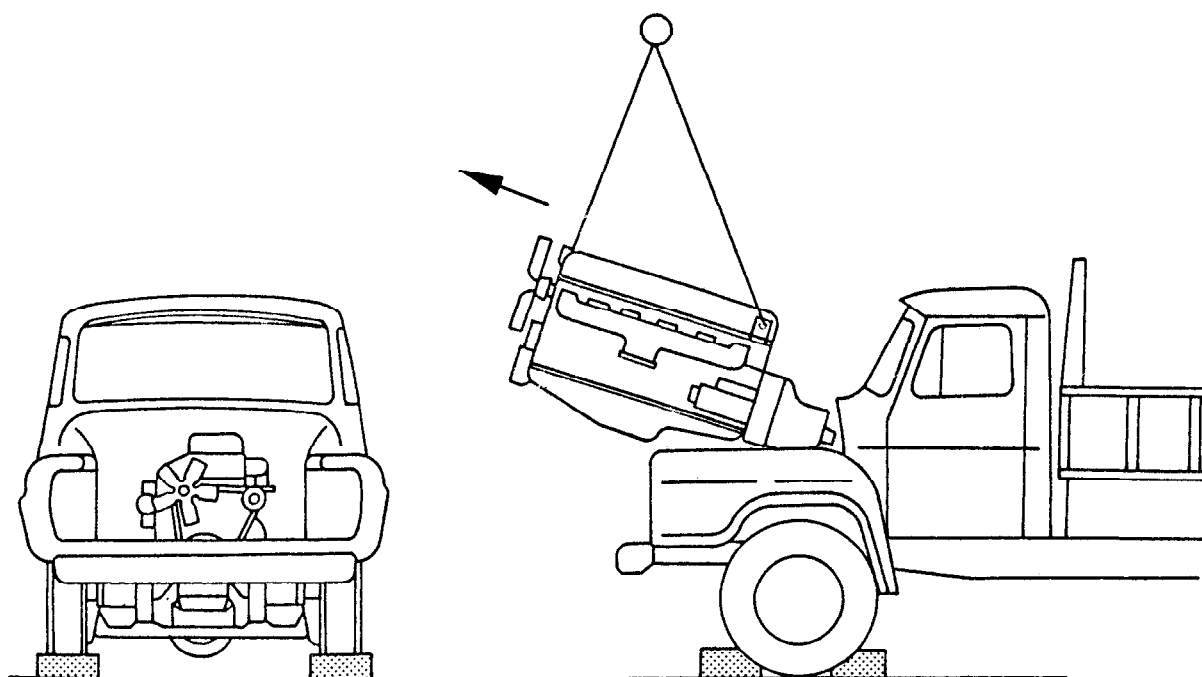


Fig. 13.3 Desmontaje del motor en un vehículo con cabina convencional

ISUZU

una eslinga en los tornillos de ojo (cárcamos) para levantar el motor y se conecta con una garrucha o una grúa de piso. En este ejemplo, se han desmontado el capot y el radiador para poder mover el motor y la transmisión hacia el frente. La eslinga tiene una pierna más larga que la otra de poder levantar el frente del motor, a fin de que libere el resto de la carrocería. Se levanta el motor y al mismo tiempo se lo mueve hacia el frente, lo cual requiere el empleo de una grúa móvil o de piso. Si se utiliza una garrucha fija, habría que mover el vehículo hacia atrás

mientras se levanta el motor para tener el mismo efecto.

Para un motor de automóvil se utilizaría un procedimiento similar, excepto que no siempre se desmontan el motor y la transmisión.

Camiones de control delantero o cabina inclinable

En la figura 13.4 se ilustra el desmontaje del motor de un camión de control delantero. En este caso, el camión tiene cabina inclinable, que facilita el acce-

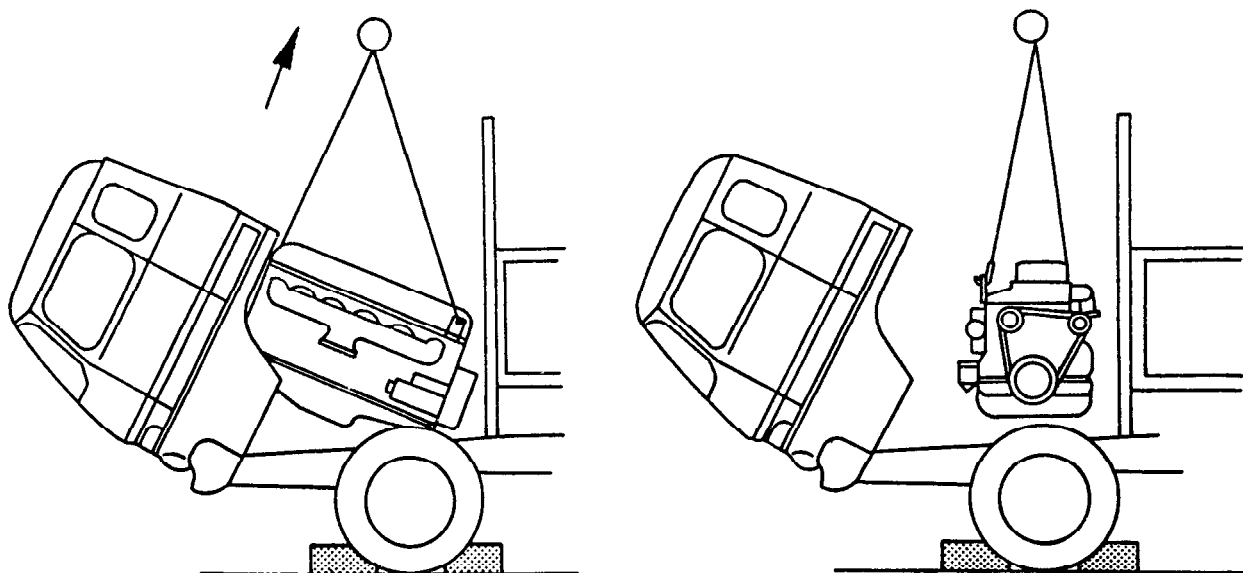


Fig. 13.4 Desmontaje del motor de un vehículo con cabina de inclinación

ISUZU

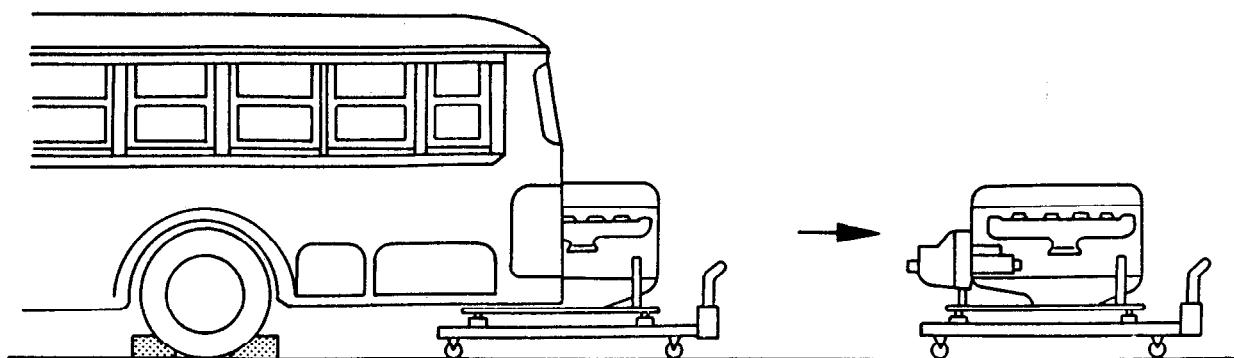


Fig. 13.5 Desmontaje del motor en la parte posterior de un autobús

ISUZU

so al motor. La eslinga también tiene una pierna más larga para inclinar el motor y que libre la carrocería. Después de levantar el motor lo suficiente, se lo gira 90° y se saca por un lado del vehículo. Se ha desmontado el ventilador antes de sacar el motor porque se pueden dañar el ventilador o la carrocería. Además, hay que desconectar la transmisión del motor para reducir la longitud total y facilitar el alzado. El procedimiento puede variar según el tipo de carrocería del vehículo y del tipo de travesaño trasero para el motor.

Camionetas ligeras (furgonetas o "vans")

Suelen ser de control delantero con el motor a una pequeña distancia bajo el piso y con una tapa o paneles para tener acceso al motor desde arriba. El motor y, casi siempre, la transmisión, se sacan por debajo del vehículo.

Autobuses

En los autobuses el motor puede estar instalado debajo del piso, en las partes delantera o trasera y en algunos casos en la parte central y casi siempre en un compartimiento en la parte posterior. Para tener acceso al compartimiento se quitan tapas en el piso o paneles embisagrados en las partes delantera o trasera. En la figura 13.5 se ilustra el desmontaje de un motor colocado en la parte posterior. En este ejemplo se han desmontado el parachoques (defensa) y el travesaño trasero para el motor. El motor y la transmisión se bajan a una carretilla para poder retirarlos. Se puede levantar por medio de gatos o con un pedestal especial con gatos o caballetes (escaletas). Si el compartimiento del motor lo permite, se puede utilizar una grúa de piso con brazo largo y una eslinga corta.

Tractores

En muchos tractores, el motor, la transmisión y el mando final forman la estructura principal. El radiador, suspensión delantera, dirección, etc., están montados en largueros sujetos al motor y la transmisión. Con este sistema hay que dividir el tractor

en dos partes para desmontar el motor. Se separa el motor en la cubierta del volante o en la transmisión en la parte trasera y en la suspensión, etc., en el frente. Por lo general, hay suficiente espacio para colocar una eslinga y sacar el motor.

Hay muchos otros vehículos similares a tractores que tienen el motor, transmisión y mando final integrados en una unidad compacta, que forma la base de la estructura.

Para levantar el motor

Para levantar los motores grandes se utilizan eslingas de cable de acero o cadenas. Se emplea un anillo de acero para unir las piernas de la eslinga en la parte superior a fin de poder engancharla en una garrucha o grúa. En los extremos de la eslinga se emplean ganchos o grilletes para poder sujetarla a los tornillos de ojo del motor.

Para máxima resistencia, cada pierna de la eslinga no debe formar un ángulo mayor de 60° desde la vertical en el punto en que se engancha en la grúa, como se ilustra en la figura 13.6. En estas condiciones, la eslinga puede soportar la carga máxima.

Si las piernas son muy cortas hay que separarlas, pero esto aumentará la tensión en las piernas y se reducirá la capacidad de carga de la eslinga. Por ejemplo, si se aumenta el ángulo a 75° , se duplicará la tensión en las piernas. Otra ventaja de las eslingas largas es que el centro de gravedad se mantiene bajo y el motor estará más estable al levantarlo.

La eslinga debe estar en buenas condiciones y sujeta con firmeza para protección de las personas y del motor. Se prefiere utilizar un expansor entre las piernas de la eslinga.

Instalación del motor

El procedimiento para instalar el motor en la unidad es a la inversa de como se desmontó. Se levanta el motor con cuidado, se baja a su lugar y se lo centra en los soportes. Con el motor en su lugar, se aprietan los tornillos de los soportes. Si se utiliza

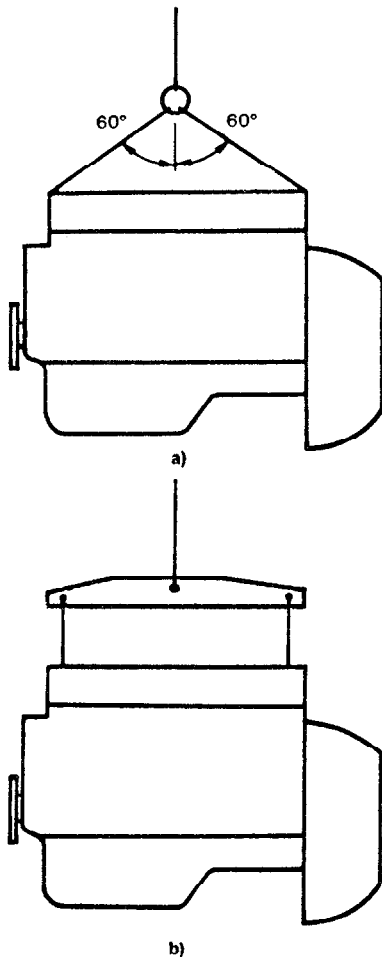


Fig. 13.6 Eslingas para motor: a) los ángulos no deben ser mayores de 60° desde la vertical; b) expansor para mantener verticales los cables

varilla de reacción torsional, se aprietan las tuercas con los dedos y, luego, se aprietan a la misma torsión para comprimir los cojinetes de caucho.

Los componentes externos se instalan a la inversa de como se desmontaron. Hay que empezar a colocar los tornillos, tuercas y conexiones roscadas bien escuadradas. Hay que seguir el orden para apretar la cubierta del volante, los múltiples y otras conexiones con bridas; todos los tornillos se deben apretar a la torsión especificada.

Para desarmar el motor

Para desarmar el motor, se requiere un procedimiento sistemático. Primero para desmontar los componentes externos y, luego, los internos. La persona que va a desarmar debe conocer la construcción del motor y lo que se llama “buenos métodos” o “buena práctica” en relación con los motores. Son imprescindibles las herramientas adecuadas y

el manual de taller del fabricante es casi indispensable para consulta.

A continuación se mencionan algunos de los aspectos que constituyen los buenos métodos. Vale la pena tenerlos en cuenta, porque son lo que distingue a un buen técnico mecánico. No es una lista completa de lo que se debe hacer sino conceptos generales que requieren un método lógico para desarmar un motor y, para el caso, para cualquier trabajo mecánico.

Observación

Obsérvese con cuidado la posición de los accesorios del motor. Si van a surgir dudas al armar, hay que marcar con cuidado el componente y su punto de montaje en el motor para volver a instalarlo en la forma correcta.

Marcas de desgaste o testigo

Hay que buscar las marcas de desgaste, que se producen entre las piezas o como impresiones en las juntas o sellos. Son útiles indicadores de la forma en que se ha instalado una pieza en relación con otra.

Examen visual

Hay que examinar las piezas conforme se desarma. Examínense las superficies de montaje, bridas, etc. La observación cuidadosa no sólo sirve para identificar la pieza y su colocación, sino también sus características de construcción, desgaste o daños.

Identificación

Hay que crearse la costumbre de identificar o marcar las características de las piezas o componentes al desmontar o desarmar. Esto sirve como conocimiento adicional o para reforzar lo que ya se sabe. Hay que fijarse en las características de diseño y construcción de los componentes: por qué están diseñados así, funciones que desempeñan, ajustes necesarios y precauciones especiales que se deben tomar.

Procedimiento

El procedimiento para desarmar y volver a armar es sistemático y no sólo se trata de quitar piezas. Para desarmar se requieren observación, identificación y un orden lógico.

Almacenamiento de piezas

Cuando sea necesario, hay que poner etiquetas o marcar las piezas y guardarlas en charolas. Los tornillos, tuercas y conexiones pequeñas correlativos se ponen juntas pero en recipientes separados. Con esto, quedan separados, se tiene la seguridad de instalarlos en su lugar original y se ahorra tiempo al armar.

También se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Hay que poner tapones o cinta adhesiva en los extremos de los tubos y en todos los agujeros.

2. Vuélvanse a colocar las tuercas con unas cuantas vueltas en sus tornillos o vuélvanse a poner los tornillos en sus agujeros después de desarmar un componente.
3. Márquense las conexiones y bridas, si es necesario, para identificarlas.
4. Téngase cuidado con los tornillos y tuercas en los múltiples y bridas de escape. Pueden estar pegados y se necesitará un líquido aflojador (aflojatodo) para poder sacarlos.
5. Aflojense los tornillos y tuercas en el orden especificado en componentes tales como culatas de cilindros, múltiples, cubierta del volante, etc.
6. Manténganse limpias las piezas internas; téngase cuidado de que no entre mugre al motor.

7. Límpiense con cuidado las superficies correlativas para eliminar los residuos de juntas y examínese si tienen daños.
8. No se aplique fuerza innecesaria. En algunas piezas se requieren extractores para sacarlas; en otras, hay que dar unos golpecitos con un martillo de cara blanda, siempre con cuidado de no dañarlas.

Desmontaje de piezas externas

En la figura 13.7 se ilustra el lado derecho de un motor Diesel de seis cilindros y los componentes externos; en la figura 13.8 se muestra el lado izquierdo del mismo motor. Se verá que hay muchos componentes instalados en el lado derecho del motor, pero hay menos en el lado izquierdo. Hay que

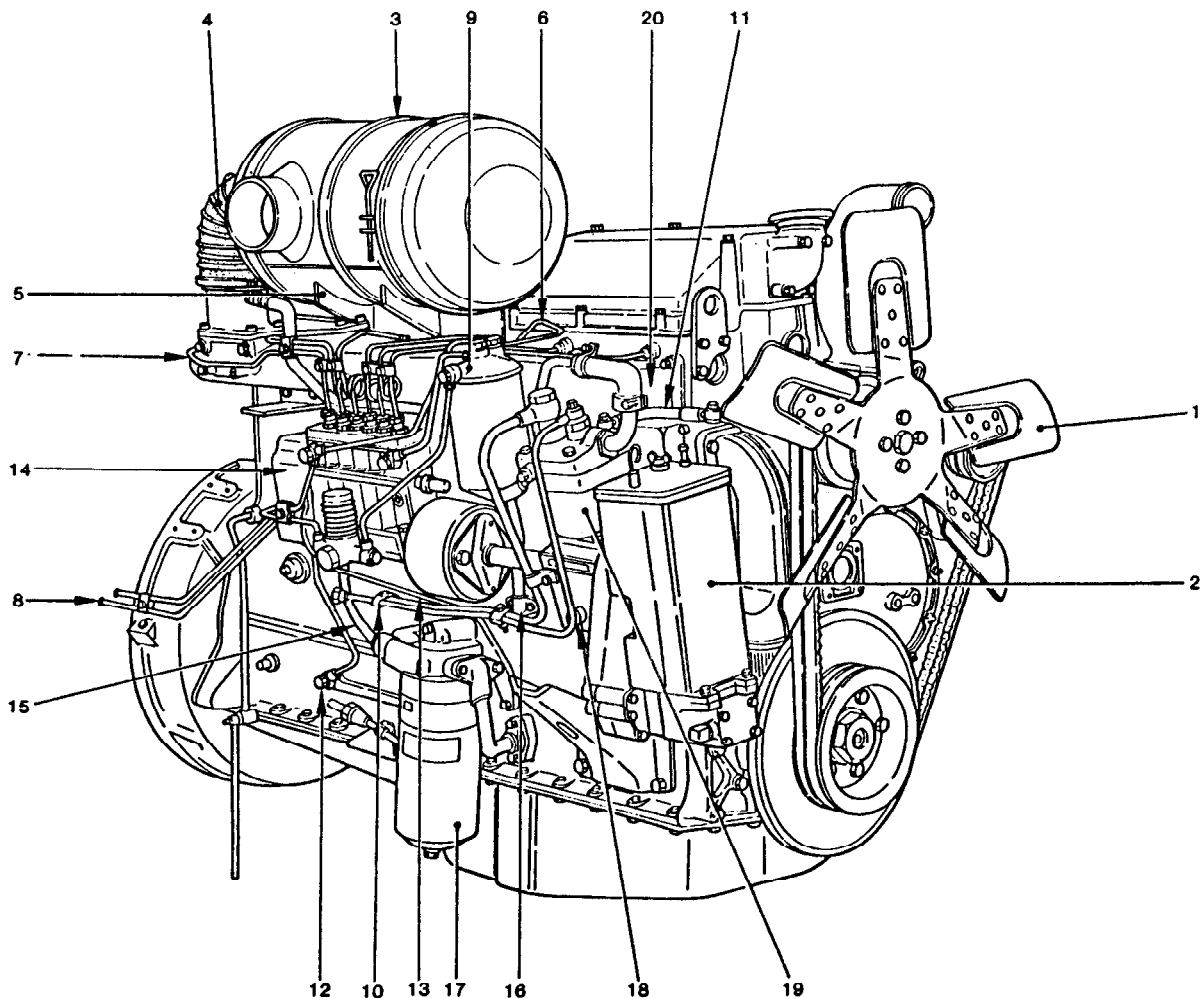


Fig. 13.7 Vista del lado derecho de un motor. Los números indican el orden para desmontar las piezas. 1 ventilador, 2 depósito y bomba de dirección hidráulica, 3 filtro de aire, 4 manguera de admisión de aire, 5 soporte, 6 tubo de retorno, 7 tubo para inyector, 8 tubos de suministro y retorno de combustible, 9 filtro de combustible, 10 tubo desde el compresor de aire, 11 tubo de líquido enfriador al compresor, 12 tubo de aceite desde la bomba de inyección, 13 tubo de aceite hasta la bomba de inyección, 14 bomba de inyección, 15 tubo al enfriador de aceite, 16 tubo del enfriador de aceite a la galería principal para aceite, 17 filtro de aceite, 18 tubo de aceite al compresor, 19 compresor de aire. 20 tapa de admisión de aire Isuzu

estudiar estas figuras para reconocer los componentes. En un motor, la identificación de los componentes puede ser antes de desarmar el motor, especialmente si el técnico mecánico no lo conoce bien.

Algunos de los componentes en el *lado derecho* del motor (Fig. 13.7), del frente hacia atrás son: el ventilador y sus correas (bandas), bomba y depósito de la dirección hidráulica, compresor de aire, filtro de aceite, filtro de combustible, bomba de inyección de combustible, filtro de aire y diversos tubos y mangueras para aceite y combustible.

En el *lado izquierdo* del motor (Fig. 13.8) los componentes principales son motor de arranque (marcha), alternador, múltiple de escape, tubos para líquido enfriador, respiradero de la caja de cigüeñal.

Una vez identificados los componentes, se debe estudiar el orden en que se van a desmontar. A continuación aparece el orden sugerido para este motor. Aunque no es el único orden, se tiene en cuenta el hecho de que en algunos casos, es más fácil desmontar unas piezas que otras y, también, hay que desmontar algún componente para tener acceso a otros. Se describe el orden para cada lado del motor y, en la práctica, se pueden combinar si se encuentra que es más conveniente.

Si se consultan las ilustraciones y se estudia el orden descrito, se conocerán mejor las piezas externas del motor.

Con referencia primero al *lado derecho* del motor (Fig. 13.7) el orden sugerido para desmontar los componentes externos es el siguiente (los núme-

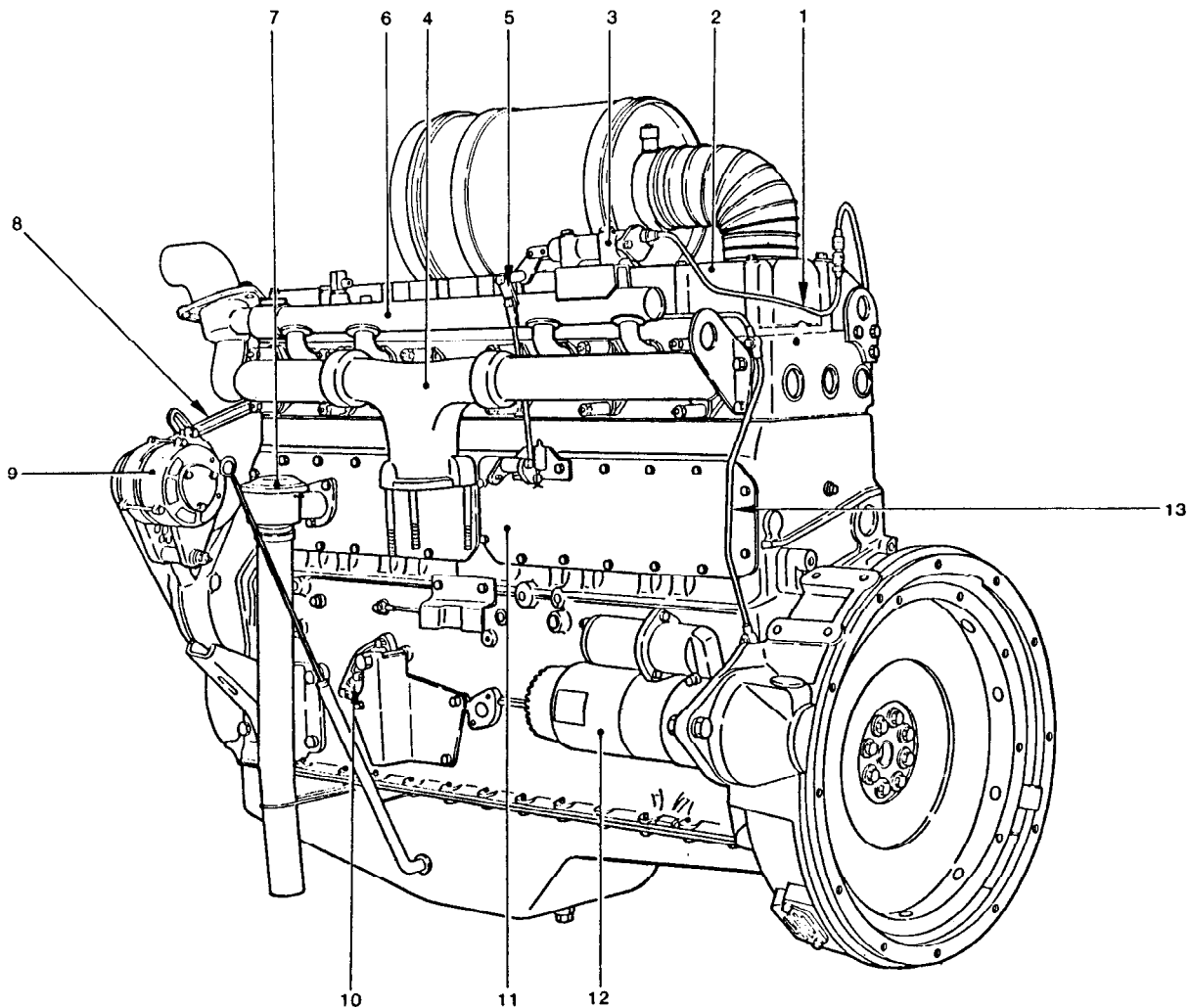


Fig. 13.8 Vista del lado izquierdo de un motor. Los números indican el orden para desmontar las piezas: 1 tubo de aire al cilindro del freno en el escape, 2 tapa de balancines, 3 cilindro de aire para el freno en el escape, 4 múltiple de escape, 5 varillaje del freno en el escape, 6 tubo para líquido enfriador, 7 respiradero del motor, 8 banda del ventilador, 9 alternador, 10 soporte para el filtro de aceite de flujo parcial, 11 tapa de la cámara de seguidores de leva (levantadores), 12 motor de arranque, 13 tubo para aceite a la culata de cilindros.

Isuzu

ros de los párrafos corresponden a los números de referencia en la ilustración):

1. Ventilador. Para quitar las bandas, hay que liberar el tensor de ajuste del alternador.
2. Bomba y depósito de aceite de la dirección hidráulica.
3. Filtro de aire. En este caso, se encuentra en la parte superior del motor; en otros motores puede estar en un sitio diferente.
4. Manguera de admisión de aire. Se encuentra entre la salida del filtro de aire y el múltiple de admisión.
5. Soporte del cuerpo del filtro de aire.
6. Tubo de retorno de inyectores. Se encuentra en los inyectores para el retorno de exceso de combustible al tanque.
7. Tubos para inyectores. Conectan la bomba de inyección y los inyectores. Hay que tener cuidado al aflojar las conexiones.
8. Línea de combustible. Para el suministro de combustible desde el tanque al filtro.
9. Filtro de combustible. Primero, hay que desmontar la línea que conecta el filtro con la bomba de combustible.
10. Tubo para aire. Montado en la parte superior del compresor para conducir el aire comprimido a los tanques de aire.
11. Tubo para líquido enfriador. Se encuentra entre el motor y el compresor; para enfriamiento del compresor.
12. Tubo de retorno o drenaje de aceite. Se encuentra entre la bomba de inyección y el depósito de aceite, para el retorno de aceite al depósito.
13. Tubo para aceite. Lo conduce desde el sistema de lubricación hasta la bomba de inyección para proporcionar lubricación forzada.
14. Bomba de inyección. Se desmonta como conjunto con el mecanismo de avance automático. Antes de desmontarla, hay que localizar las marcas de sincronización, porque se necesitarán al instalar la bomba. La bomba está sujeta con tornillos en un soporte montado en el motor. La brida del eje propulsor también está sujeta con tornillos en el mecanismo de avance. Es muy importante poner tapones o cinta adhesiva en todas las aberturas de la bomba para evitar la entrada de cuerpos extraños.
15. Tubo para aceite. Conecta la salida del filtro con el enfriador de aceite.
16. Tubo para aceite. Conduce el aceite desde el enfriador hasta la galería principal para aceite en el motor.
17. Filtro de aceite y tubo de entrada.
18. Conexión del tubo para aceite en la caja del cigüeñal.
19. Compresor de aire.
20. Tapa de admisión. Montada en el lado del bloque de cilindros.

Es más fácil determinar el orden para desarmar en el *lado izquierdo* del motor (Fig. 13.8) porque hay pocas obstrucciones y los componentes se pueden desmontar independientes uno del otro. En esa figura los pasos para desmontar están indicados del 1 al 13.

Instalación de piezas externas

El orden para instalar los componentes externos del motor suele ser a la inversa de como se desmontaron. Sin embargo, se debe prestar especial atención a los siguientes factores.

Tubos para combustible Deben ajustarse bien escuadrados y no hay que hacerlos entrar por la fuerza. Las conexiones se deben apretar en forma correcta y hay que colocar las grapas de sujeción.

Tubos para aceite Se deben apretar en la forma correcta y sujetarlos en su lugar.

Juntas y sellos Se deben reemplazar al armar, para evitar fugas. Hay que lubricar los sellos y ejes.

Sincronización (tiempo) de la bomba de inyección Hay que sincronizar (poner a tiempo) la bomba con el motor. Hay que guiarse por las marcas y ajustar la sincronización.

Bandas del ventilador Se deben ajustar a la tensión especificada, para evitar el patinamiento en las poleas del ventilador, la bomba del agua o el alternador.

Tornillos y tuercas Todos los tornillos y tuercas se deben apretar en la forma correcta y, en su caso, a la torsión especificada.

Limpieza Hay que trabajar siempre con absoluta limpieza y aplicar los otros métodos recomendados.

Para desarmar el motor

Siempre que se desarma un motor o un componente, aunque se vayan a desechar las piezas, hay que acostumbrarse a buscar la causa del daño o el desgaste. Todas las piezas de un motor sufren cierto grado de desgaste o degradación, que dependen directamente de lo que ocurra durante la vida útil del motor. El sobrecalentamiento, las sobrecargas, la mugre, el descuido, el abuso dejan señales que se deben utilizar para determinar por qué ocurrieron la falla o la condición y para evaluar el tipo de reparación que se necesita.

A continuación se describen algunas de las verificaciones a efectuar y precauciones que se deben tomar.

En la figura 13.9 se ilustra un motor con los componentes principales desmontados. Se verá que se han desmontado las siguientes partes: la culata de la parte superior del bloque; el mecanismo de válvulas de la culata; la bomba del agua en el frente de la culata. Además, la polea y el amortiguador de vibración en el frente del cigüeñal, la tapa de la caja de engranes de sincronización, el depósito de aceite

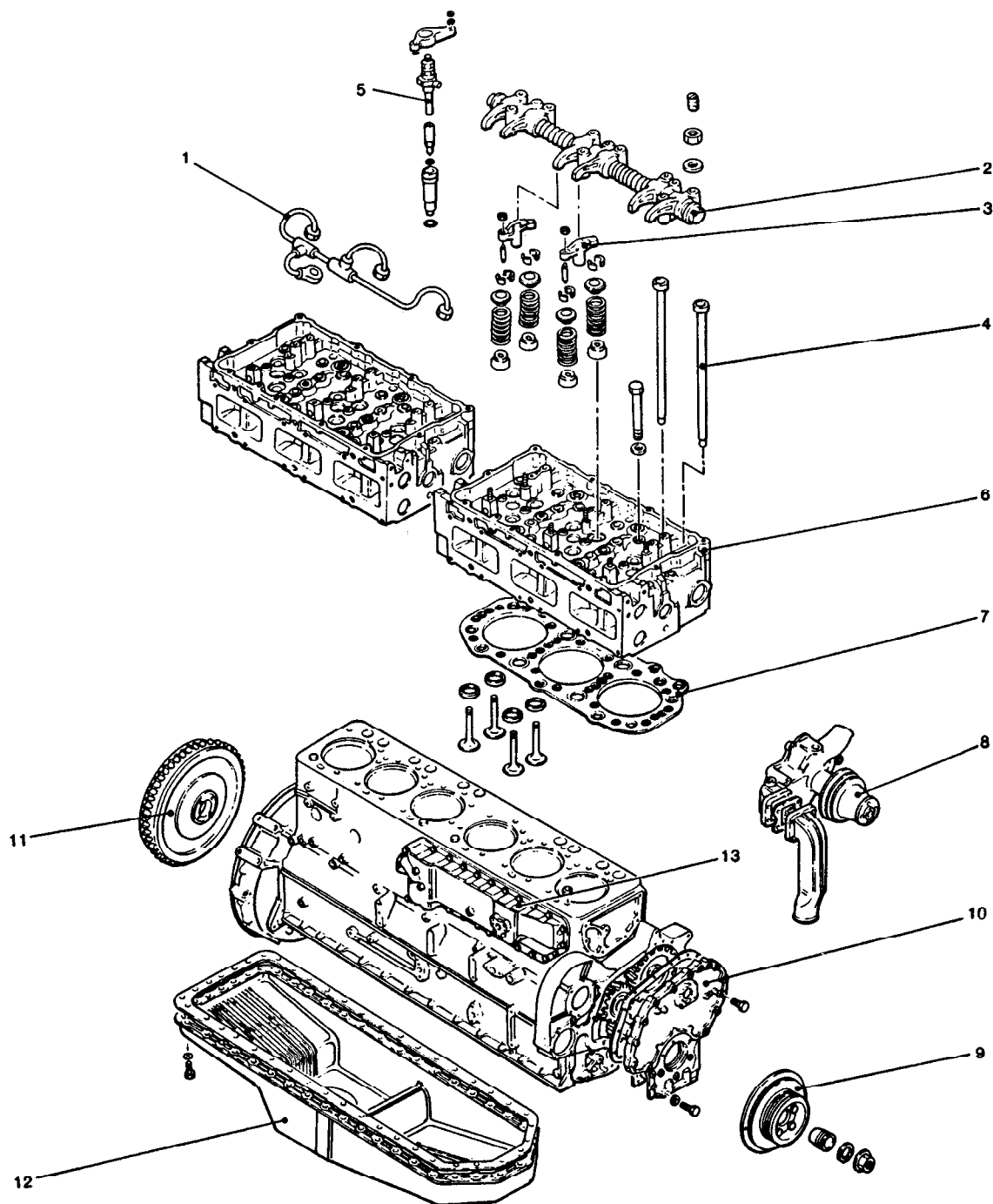


Fig. 13.9 Componentes de un motor, desarmados. Los números indican el orden para desmontar las piezas: 1 tubo de retorno de combustible, 2 mecanismo de balancines, 3 cruceta de válvulas, 4 varilla de empuje, 5 inyector, 6 culata de cilindros, 7 junta de culata, 8 bomba del agua, 9 polea del cigüeñal, 10 tapa de engranes de sincronización, 11 volante, 12 depósito de aceite, 13 enfriador de aceite

ISUZU



de la parte inferior del bloque y el volante en la parte trasera del cigüeñal.

En la figura 13.9 los números indican el orden para desmontar estas piezas. Aunque hay métodos alternos, en los siguientes párrafos se seguirá ese orden y se incluirán en el texto los números de referencia de las piezas relativas. También se incluye cierta información general de las piezas. Esto se aplica a casi todos los motores y no sólo al que se ilustra.

Aceite y líquido enfriador Si el motor todavía está instalado en el vehículo, el primer paso es vaciar (drenar) el líquido enfriador del radiador, el enfriador de aceite y el bloque de cilindros. Hay que observar si está limpio o si tiene señales de herrumbre o contiene cualquier cantidad de aceite del motor.

El aceite que ha salido del depósito se debe examinar para ver si tiene impurezas, tales como partículas metálicas o carbón y si se ha formado lodo por contaminación por el líquido enfriador. En el fondo del depósito puede haber lodo y depósitos que señalarán las condiciones generales del motor. También hay que examinar el filtro de aceite; si contiene impurezas hay que tratar de determinar la razón.

Tapa de balancines Hay una tapa atornillada en cada culata de cilindros. Hay que desmontarlas para tener acceso al mecanismo de válvulas y balancines.

Tubo de retorno de inyectores 1) Se utilizan dos tubos, uno en cada culata de cilindros. Los extremos de los tubos están conectados en la parte superior de los inyectores y sirven para retornar al tanque la pequeña cantidad de combustible en exceso en los inyectores.

Balancines y eje de balancines 2) Los soportes para los balancines y para su eje están atornillados en la parte superior de la culata. Debido a que algunas válvulas estarán abiertas y sus resortes empujarán contra los balancines, hay que aflojar los tornillos en forma gradual. En los ejes largos hay que aflojar los tornillos de ajuste de balancines para eliminar la carga de los resortes; esto evitará que se deforme el eje.

Se deben examinar los extremos de los balancines que actúan sobre la cruceta de válvulas en el motor ilustrado o en la punta del vástago de válvula en muchos otros motores, para ver si tienen desgaste.

Cruceta (puente) de válvulas 3) El motor ilustrado tiene cuatro válvulas por cilindro y se utiliza la cruceta de modo de accionar dos válvulas con un solo balancín. Se ilustran dos crucetas y cuatro conjuntos de válvula y resorte; son para un cilindro y en este momento sólo se pueden desmontar las crucetas. Una vez desmontados el eje y los balancines, se pueden sacar las crucetas de sus guías.

Varillas de empuje 4) Se instalan en agujeros en la culata de cilindros y apoyan en los seguidores o

levantadores y se pueden sacar sin desarmar otras piezas. Hay que examinar si están rectas y si tienen desgaste en cada extremo. Para ello, se coloca la varilla a través de una esquina de una placa de superficie plana o una hoja de vidrio plano con las puntas salientes y se la hace rodar con lentitud o se mide con un calibrador de hojas entre la varilla y el vidrio.

Inyectores 5) Los inyectores se desatornillan de la culata para sacarlos. Se puede utilizar una herramienta para hacer palanca con todo cuidado contra los inyectores y la culata a fin de sacarlos. La limpieza y pruebas de los inyectores se describen en el capítulo 20.

Culata de cilindros 6) La culata se monta en el bloque de cilindros con tornillos; hay que aflojarlos en el orden inverso al especificado para apretarlos, como se ilustra en la figura 13.10. Como regla general para aflojar, hay que hacerlo en una espiral que empieza por un extremo, se va hacia el extremo opuesto y se avanza en forma progresiva hacia el centro.

Una vez desmontada la culata, examínense todas las superficies para ver si hay señales de combadura. Si las superficies de la culata y del bloque están planas, el contorno de la junta estará bien marcado en las superficies metálicas. Por el contrario, si hay señales de carbón en la junta en las inmediaciones de las cámaras de combustión o huecos de herrumbre o corrosión desde las aberturas hasta la camisa de agua, significa que ha habido combadura o pérdida de planicidad ya sea en la superficie de la culata o la del bloque o que hay algún problema con la prominencia o con los sellos de las camisas.

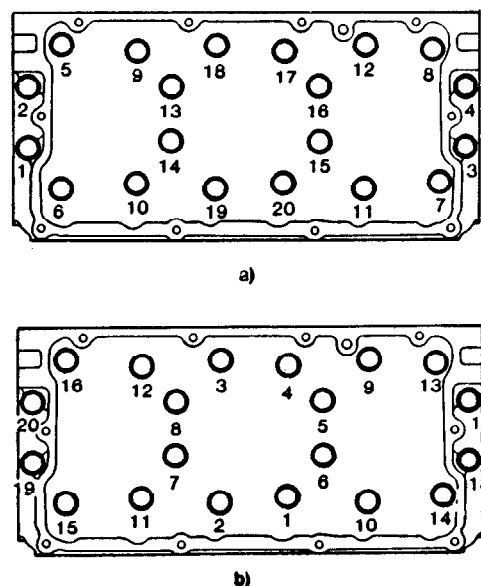


Fig. 13.10 a) Orden para aflojar los tornillos de la culata de cilindros; b) orden para apretar Isuzu

Búsquese si hay agujeros para tornillos que estén alargados, rebabas o daños en la superficie de la culata y del bloque, que puedan ocasionar las irregularidades. Si la culata está combada, hay que buscar la razón.

Junta de la culata de cilindros 7) Una vez desmontada la culata, se puede examinar la junta como se explica antes.

Bomba del agua 8) Desmóntese la bomba de la parte delantera de la culata. Examínese la zona de sello para ver si hay señales de fugas; hágase girar la polea con la mano para sentir si hay aspereza en los cojinetes.

Polea del cigüeñal 9) La polea está instalada en el frente del cigüeñal y, por lo general, se fija con una cuña (chaveta). Para su fijación, generalmente tiene una tuerca o tornillo centrales; algunos motores tienen un ajuste de interferencia en el cigüeñal para fijar la polea; en tal caso, se necesitará un extractor para sacarla.

Tapa de engranes de sincronización 10) Está sujeta con tornillos a la caja de engranes. Se sacan los tornillos y se quita la tapa para tener acceso a los engranes. En este momento, los engranes no se habrán movido y se pueden localizar las marcas de sincronización (tiempo).

Volante 11) Si no se desmontó el embrague, hay que hacerlo para tener acceso a los tornillos del volante, que está sujeto a una brida en la parte trasera del cigüeñal con seis, ocho o más tornillos. Suele tener dos o más espigas de guía. Puede ser necesario darle unos golpecitos al volante para aflojarlo de la brida. Hay que examinar la cara del volante contra la cual trabaja el disco del embrague para ver si tiene escoriaciones y desgaste; también hay que revisar si la rueda de cremallera tiene dientes dañados o gastados y determinar si hay que reemplazarla.

Depósito de aceite (carter) 12) Sáquense los tornillos y quítense el depósito (carter) de la parte inferior del bloque. Obsérvese si alguno de los tornillos está flojo, pues puede haber sido la causa de una fuga. Examínese si el interior del depósito tiene sedimentos o lodo y si el exterior está dañado.

Enfriador de aceite 13) El enfriador de aceite está montado en un lado del bloque de cilindros de modo que el líquido enfriador en las camisas de agua pueda circular por su núcleo; para desmontarlo se sacan los tornillos. Hay que examinar si el núcleo tiene corrosión o posibles fugas. Téngase en cuenta que si el enfriador está dañado puede ser causa de fugas de aceite hacia el sistema de enfriamiento.

Una vez desmontados los componentes citados, se puede seguir desarmando el bloque de cilindros y sus componentes.

Para desarmar el bloque de cilindros

Las partes del bloque de cilindros se ilustran en la figura 13.11 y los números de referencia señalan el orden para desarmar. El bloque se ilustra invertido, es decir, con la parte inferior hacia arriba. En el inserto se ilustran un cilindro y el pistón y biela.

Antes de empezar a desarmar, hay que verificar las condiciones de los cilindros. Pásese un dedo para determinar la cantidad de desgaste en la parte superior de la carrera de pistones. Examínese si hay condiciones visibles que podrían haber producido daños. Los cilindros se pueden medir con exactitud después de haber sacado los pistones o bien se puede medir en este momento el desgaste con un micrómetro, si se desea.

Si se van a utilizar otra vez los pistones, hay que cortar el escalón o borde de desgaste en la parte superior de los cilindros antes de sacar aquéllos, pues de lo contrario se dañarán las bandas al empujarlos hacia afuera. Para esto, se utiliza una herramienta cortadora de bordes, cuidando de no remover demasiado metal y de no cortar en la parte en que se mueven los anillos. Después hay que limpiar con cuidado las virutas o rebabas del corte.

El orden para desarmar el bloque es el siguiente (Fig. 13.11).

Bomba del aceite 1) La bomba del aceite está sujeta con tornillos en la parte inferior del bloque; su engrane de impulsión se acopla al tren de engranes de sincronización. Los tubos de admisión y descarga están conectados en la bomba.

Pistón y biela 2) Este conjunto se saca por la parte superior del cilindro. Hay que examinar si las bielas tienen número o marcas; si no las tienen hay que marcarlas para mantener juntas la biela y la tapa e instalar en su lugar original al armar, con las marcas hacia el lado especificado del motor. Los números deben mirar en un sentido determinado, por ejemplo hacia el lado del árbol de levas o hacia el lado opuesto. Afloje y quite los seguros en los tornillos de biela y quítense los tornillos y las tapas. Si las tapas están muy apretadas, hay que darles unos golpecitos con un martillo de cara blanda para poder quitarlas.

Examínese si los pistones tienen marcas que señalen cuál es su frente. Sáquense los pistones y las bielas del bloque; por lo general se sacan sin dificultad por la parte superior de los cilindros.

Pistones y anillos Examínense los pistones y anillos inmediatamente después de sacarlos del bloque. Primero véase si hay anillos dañados o rotos y si hay holgura lateral excesiva en la ranura para el anillo superior; luego, examínese si el patrón de desgaste en la faldita indica desalineación u holgura excesiva (Fig. 13.12).

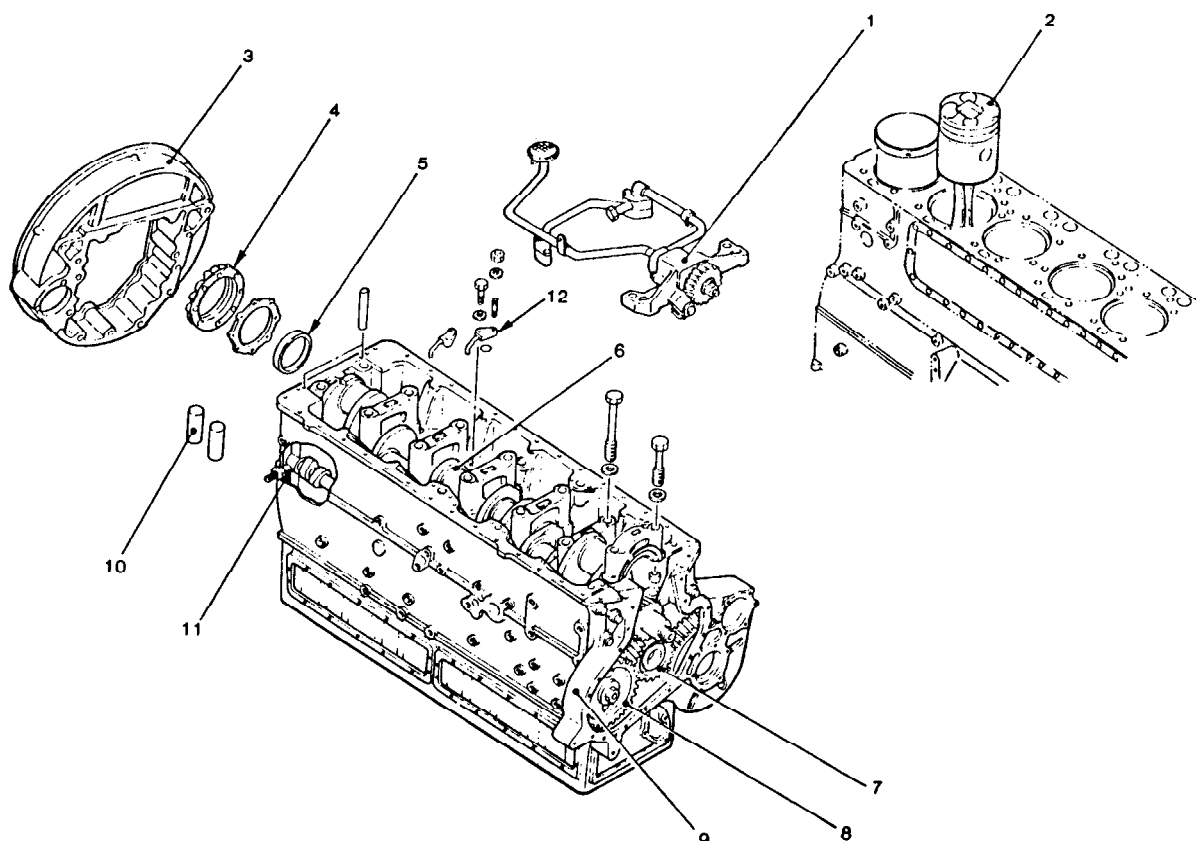


Fig. 13.11 Componentes del bloque de cilindros. Los números indican el orden para desmontar: 1 bomba y tubos para aceite, 2 pistón y biela, 3 cubierta del volante, 4 retén de sello de aceite, 5 anillo de desgaste, 6 cigüeñal, 7 engrane intermedio (loco), 8 árbol de levas, 9 caja de engranes de sincronización, 10 seguidores de levas (levantadores), 11 cojinete trasero del árbol de levas, 12 boquillas para aceite

ISUZU

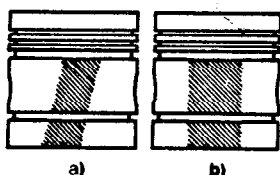


Fig. 13.12 Patrón de desgaste en la falda del pistón:
a) desalineación, b) alineación correcta

Los pistones se deben instalar en su biela correspondiente y colocar en el bloque en la misma posición original. En la figura 13.13 se ilustran las marcas que van en la cabeza del pistón e indican su frente. Si el pistón no tiene esas marcas, se pueden utilizar la forma de la cámara de combustión y los rebajos para las válvulas en la cabeza del pistón, para determinar cuál es el frente.

Cubierta del volante 3) Hay que sacar el volante para tener acceso a los tornillos de la cubierta y así desmontarla de su lugar.

Sello trasero de aceite del cigüeñal 4) El sello de aceite del tipo de pestaña se instala en un retén en el

extremo del cigüeñal. El retén está sujeto con tornillos a la parte trasera del bloque.

Anillo de desgaste 5) Se utiliza un anillo o manguito (camisa) de desgaste en el extremo del cigüeñal. La pestaña del sello hace contacto con el anillo, no con el cigüeñal. Por tanto, el desgaste que ocurra será entre el sello y el anillo y éstos se pueden reemplazar cuando sea necesario. El anillo de desgaste tiene ajuste de interferencia en el cigüeñal. Se puede sacar con un extractor cuando esté gastado para reemplazarlo.

En los motores que tienen sello del tipo de pestaña en contacto directo con el cigüeñal, se utiliza otro sistema para compensar el desgaste. Al instalar el sello nuevo, se coloca a más profundidad (2 a 3 mm) en el retén, de modo que la pestaña del sello haga contacto con otra parte del cigüeñal que no esté gastada.

Cigüeñal 6) Antes de quitar las tapas de los cojinetes principales, se recomienda verificar lo siguiente a fin de determinar si se requiere alguna corrección adicional antes de armar: el juego longitudinal del cigüeñal con micrómetro de carátula (0.3 mm);

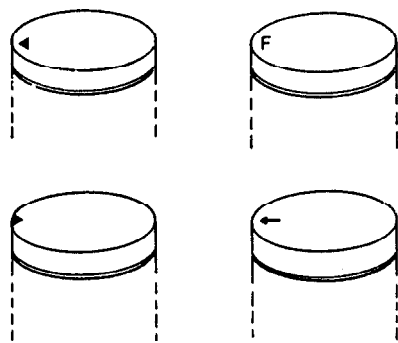


Fig. 13.13 Marcas en las cabezas de los pistones para indicar el frente

el juego entre dientes de los engranes de sincronización con un micrómetro de carátula colocado contra un diente de engrane (0.2 mm); además, el juego frontal del engrane loco en el tren de engranes de sincronización (0.2 mm). Se hace notar que las especificaciones que se han dado son ejemplos solamente; se deben conseguir las del motor específico que se está trabajando.

También hay que examinar las marcas de sincronización en algunos dientes de los engranes de sincronización (Fig. 13.14). Hay que girar el cigüeñal para alinear las marcas. Es una buena costumbre localizar las marcas y comprobar la alineación al desarmar, para evitar dudas a la hora de armar.

Las tapas de los cojinetes principales se deben aflojar por orden, empezando en los extremos y hacia el centro, como se ilustra en la figura 13.15, o sea en el orden inverso que al armar. Antes de quitar la tapa, hay que determinar si tienen marcas de identificación; si no las tienen, hay que marcarlas. Las tapas suelen estar numeradas en el mismo orden que los muñones y se deben volver a instalar en su posición original al armar.

Después de sacar el cigüeñal del bloque, hay que instalar las tapas provisionalmente en su lugar.

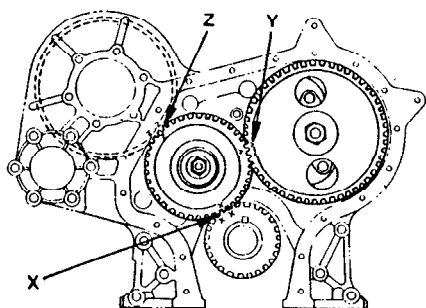


Fig. 13.14 Alineación de las marcas en los engranes de sincronización: X, marcas en el engrane del cigüeñal y el engrane intermedio; Y, marcas en el engrane intermedio y el del árbol de levas; Z, marcas en el engrane intermedio y el de impulsión de la bomba de inyección

ISUZU

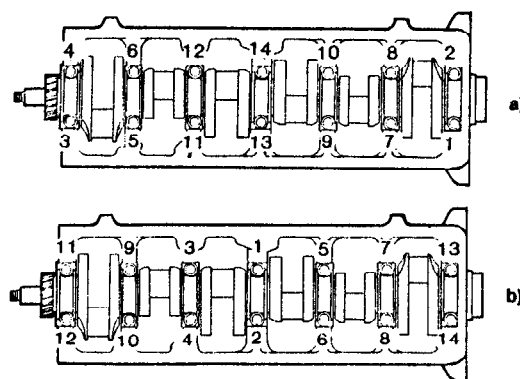


Fig. 13.15 Tornillos de tapas de cojinetes principales: a) orden para aflojar, b) orden para apretar

ISUZU

Engrane intermedio 7) Está montado en una protuberancia y se sujeta con una brida de empuje y un tornillo central.

Árbol de levas 8) Está retenido en el bloque por su cojinete delantero, que también es el cojinete de empuje; es del tipo de manguito con una brida externa que se atornilla en la parte delantera del bloque. En la figura 13.16 se ilustra la posición del cojinete y el engrane en el árbol y la comprobación del juego longitudinal del árbol con calibrador de hojas.

Los dos tornillos de sujeción de la brida del cojinete al bloque se alcanzan a través de dos agujeros en el engrane. Se sacan los tornillos para extraer el conjunto completo del engrane, el cojinete delantero y el árbol por el frente del motor. Los otros cojinetes del árbol de levas quedan en sus cavidades en el bloque.

Caja de engranes de sincronización 9) Para desmontar la caja, se sacan los tornillos que la sujetan en el frente del bloque.

Seguidores de levas 10) Los seguidores de levas o levantadores de válvulas se sacan de sus cavidades en el bloque.

Cojinetes del árbol de levas 11) Ya se pueden sacar los cojinetes del árbol de levas de sus cavidades en el

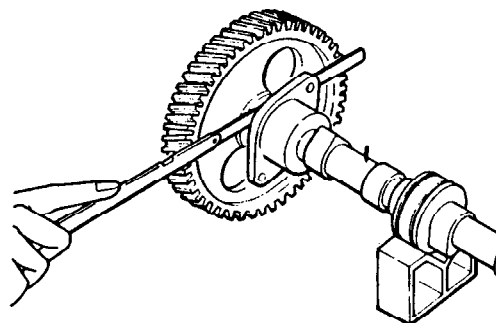


Fig. 13.16 Comprobación de juego longitudinal del árbol de levas

ISUZU

bloque. En este motor particular, los cojinetes están sujetos con un tornillo prisionero, que tiene una punta de guía que penetra en un agujero en el cojinete. El tornillo para el cojinete No. 7 se puede ver en la sección cortada en la parte trasera del bloque. Estos tornillos se instalan desde el exterior del bloque y hay que quitarlos para poder sacar los cojinetes. Se utilizan tornillos de diferentes tamaños; algunos sirven para retener tubos para aceite además de los cojinetes.

En otros motores, los cojinetes del árbol de levas se instalan a presión en sus cavidades en el bloque y se desmontan e instalan con una herramienta especial.

Boquillas para aceite 12) Las boquillas o tubos para enfriamiento y lubricación de los pistones están atornilladas en el bloque. Envían el aceite hacia la cabeza en el interior del pistón y deben estar bien apuntadas. Hay que tener cuidado de no doblarlas y de que, al instalarlas, dirijan el chorro de aceite en el sentido correcto.

Preparación para armar

Las reparaciones y piezas nuevas requeridas se determinarán con las observaciones al desarmar y con las verificaciones y mediciones adicionales que se practican después de desmontar los componentes.

Los servicios requeridos para diversos componentes se describen en otros capítulos (por ejemplo, la culata de cilindros y válvulas se incluyen en el capítulo 6) y hay que consultarlos para tener información adicional. En los siguientes párrafos se mencionan el servicio y preparación necesarios antes y durante el armado del motor.

El orden para armar el motor es a la inversa de como se desarmó, y hay detalles que requieren atención particular. La limpieza es el más importante, pues cualesquiera partículas de polvo o abrasivo que queden después de pulir los cilindros o rectificar las válvulas acelerarán el desgaste del motor. Todas las piezas móviles se deben cubrir con aceite al instalarlas para evitar la corrosión y tener lubricación inicial.

Las juntas y sellos nuevos se deben instalar con cuidado para no dañarlos. Los tornillos y tuercas se deben apretar a la torsión especificada por el fabricante.

Los métodos para reparación y reacondicionamiento de las piezas del motor aparecen en detalle en otros capítulos.

Cilindros

Hay que medir si los cilindros tienen ovalación o conicidad con un calibrador para interiores y examinar las condiciones de la pared de los cilindros. Ya se habrá determinado si hay que rectificarlos, pulirlos con piedras o reemplazar las camisas. La rectificación o el reemplazo de camisas se describen

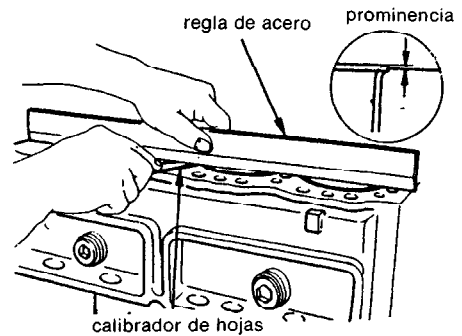


Fig. 13.17 Comprobación de la prominencia de las camisas tipo seco con una regla de acero y calibrador de hojas

ISUZU

en el capítulo 8. Se requiere la instalación cuidadosa de las camisas para tener la seguridad de que los sellos están en su lugar y de que la camisa tiene la prominencia correcta encima del bloque de cilindros (Fig. 13.17).

Junta y sellos

Siempre se deben utilizar juntas y sellos nuevos al armar. Se suelen comprar como juego (repuesto) completo que incluye todas las juntas, sellos, sellos anulares (Anillos "O") y arandelas. Por lo general, no se aplica compuesto sellador en las juntas, salvo en los lugares especificados. Algunas juntas se instalan en seco, pero por lo general se les aplica una película de aceite o grasa, que ayuda con el sellamiento inicial y para que la junta se quede adherida en la superficie de la pieza. Se debe aplicar aceite a todos los sellos de aceite en las superficies de contacto y en cualesquiera rebajos, para que no trabajen en seco y se dañen en el funcionamiento inicial.

En la figura 13.18 se ilustran las diversas juntas y sellos de varios tipos que se utilizan en un motor. Suelen ser parte de un juego para repuesto y se emplean al armar el motor.

Árbol de levas y cojinetes

Se verifican las condiciones de los seguidores, levas, cojinetes y engrane del árbol de levas. Se mide el juego longitudinal del árbol de levas como se ilustra en la figura 13.16. Se instalan nuevos cojinetes del árbol de levas, se colocan los seguidores en sus cavidades y se instala el árbol.

Cigüeñal y cojinetes

Las cavidades para cojinetes deben estar absolutamente limpias antes de instalar los metales, los cuales deben tener suficiente abertura del diámetro para ajustar con firmeza en su lugar al instalarlos. También deben sobresalir ligeramente en la cavidad, lo cual significa que tendrán la compresión correcta (véase el capítulo 10 para la instalación de metales de cojinetes).

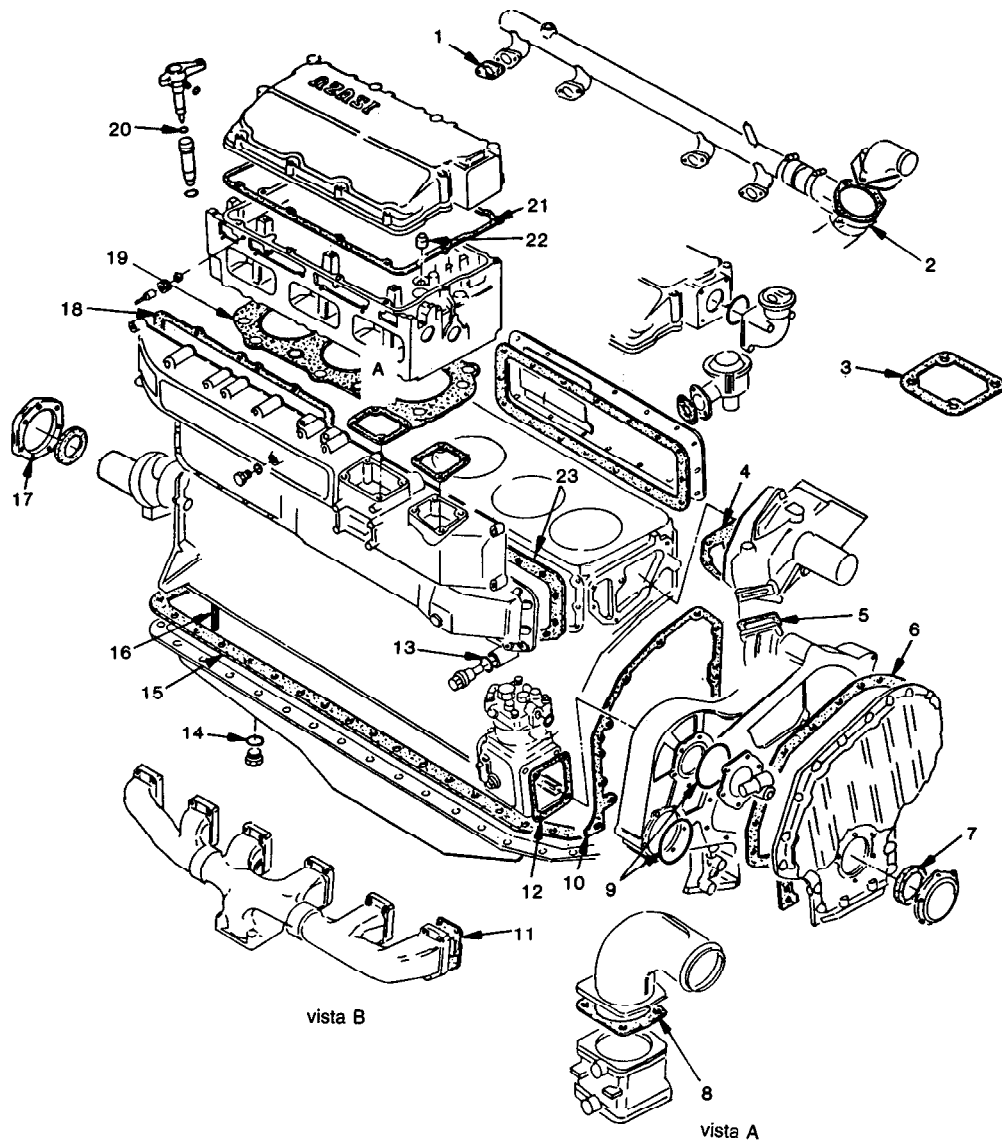


Fig. 13.18 Juntas y sellos para el motor: 1 tubo de salida de agua, 2 cubierta del termostato, 3 bomba del agua, 4 bomba del agua a bloque, 5 derivación del líquido enfriador, 6 tapa de engranes de sincronización, 7 sello de aceite del cigüeñal, 8 admisión de aire, 9 sellos anulares para impulsión del tacómetro, 10 caja de engranes a bloque, 11 múltiple de escape, 12 compresor de aire, 13 sello anular de válvula de desahogo, 14 arandela selladora del tapón del depósito de aceite, 15 depósito de aceite, 16 sello de tapa de cojinete, 17 retén y sello del cigüeñal, 18 tapa de admisión, 19 culata de cilindros, 20 soporte de tobera, 21 tapa de balancines, 22 sellos de vástagos de válvulas, 23 enfriador de aceite ISUZU

Las arandelas o discos de empuje deben estar bien instaladas en sus ranuras en la tapa y en la cavidad para el cojinete en el bloque. Si tienen ranuras para aceite, deben mirar hacia las caras de empuje del cigüeñal.

Las tapas de cojinetes se deben instalar en su lugar original; los números y marcas de identificación en cada cojinete y tapa son para su colocación correcta. Los tornillos de las tapas se deben apretar en orden, empezando en el cojinete central y, luego, en forma alternada hacia cada extremo (Fig. 13.15). Hay que aceitar las roscas de todos los tornillos.

Para acabar de apretar los tornillos se utiliza una llave de torsión. Se deben dar unos golpecitos en cada lado de la tapa de cojinete principal y de la tapa de cojinete de biela, con un martillo blando, para ayudar a alinear la tapa (Fig. 13.19).

Cuando se instale el cigüeñal, hay que volver a comprobar el juego longitudinal, que se midió antes de desmontarlo.

El sello de aceite en el cojinete principal trasero es difícil de alcanzar con el motor armado; por ello hay que tener mucho cuidado al instalarlo para evitar futuras fugas.

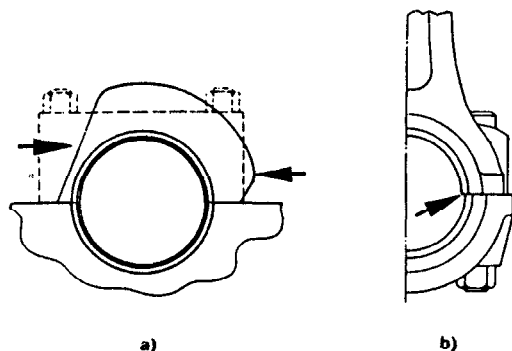


Fig. 13.19 a) Metales de cojinete alineados correctamente, b) metales de cojinete mal alineados REPCO

La tapa del cojinete principal trasero puede ser en forma de puente que se instala en el bloque como se ilustra en la figura 13.20. Los sellos en los lados de la tapa se deben instalar con cuidado.

Pistones y bielas

Se instala el pistón en la biela y se instalan los anillos en el pistón y, luego, se instalan el pistón y la biela como conjunto en su cilindro.

Muchos tipos de pistones tienen marcas para indicar el frente (Fig. 13.13). Hay que instalarlos en esa posición; si no tienen marcas, hay que colocarlos en la misma posición original.

Las bielas se deben instalar en la posición original que tenían en el motor, es decir con los números de identificación hacia un lado específico del motor, como se observó al desmontarlas. Por ello, hay que instalar el pistón y la biela en su posición correcta, para que miren en el sentido especificado cuando queden instalados en el motor.

Instalación de los pistones

Los anillos de pistón deben tener las aberturas entre puntas desalineadas o espaciadas, según lo especifique el fabricante de los anillos o del motor. Se acostumbra que las aberturas estén al lado opuesto al lado de empuje del motor. El espaciamiento de

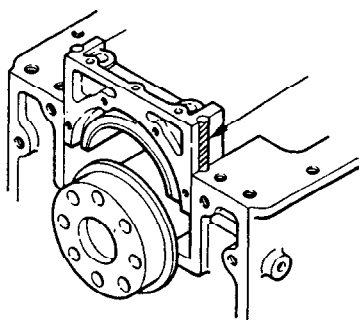


Fig. 13.20 Instalación de la tapa del cojinete principal trasero. La flecha indica los sellos laterales de la tapa ISUZU

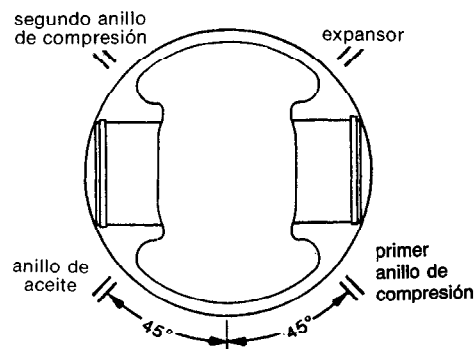


Fig. 13.21 Posición de las aberturas entre puntas de los anillos en un pistón ISUZU

las aberturas de los anillos en el pistón se ilustra en la Figura 13.21.

Aplicase una generosa cantidad de aceite en los anillos y en la pared del cilindro para facilitar la instalación con un compresor de anillos, que permitirá la entrada de los anillos en el cilindro y servirá como lubricación inicial al arrancar el motor.

Cuando los pistones estén dentro del cilindro, hay que tirar (jalar) de la biela para asentarla en el muñón del cigüeñal e instalar la tapa.

Sistema de lubricación

Hay que desarmar la bomba del aceite y examinar si tiene desgaste. Desármese luego la válvula de desahogo (alivio) de presión, que puede estar en la bomba o en el bloque, para limpiarla; compruébese que funcione con libertad. El cedazo de succión de la bomba debe estar en buenas condiciones; límpiense con todo cuidado el lodo y depósitos de carbón. Reemplácese el filtro externo de aceite.

Realícese una prueba de fugas por los cojinetes para comprobar la instalación correcta de los cojinetes y los tubos y conexiones para aceite; además, esa prueba sirve para lavar y cebar el sistema de lubricación. Consúltese el capítulo 10.

Engranes de sincronización (tiempo)

Las marcas de sincronización en los engranes deben estar alineadas para tener sincronización correcta de las válvulas (Fig. 13.14). Cuando estén alineadas y los engranes instalados, se instalan la tapa de engranes y el amortiguador de vibración en el cigüeñal. El amortiguador debe estar en buenas condiciones para evitar las vibraciones del motor.

Depósito de aceite y tapa de balancines

Hay que limpiar el lodo o sedimentos del depósito de aceite, tapa lateral, tapa de balancines y tubos de respiración; de otra forma se contaminará el aceite.

La instalación correcta de las juntas y sellos asegurará que no ocurrirán fugas. Siempre que sea posible, y para todos los tornillos especificados, se debe utilizar una llave de torsión para apretarlos con uniformidad, para no "trasroscarlos" ni romperlos.

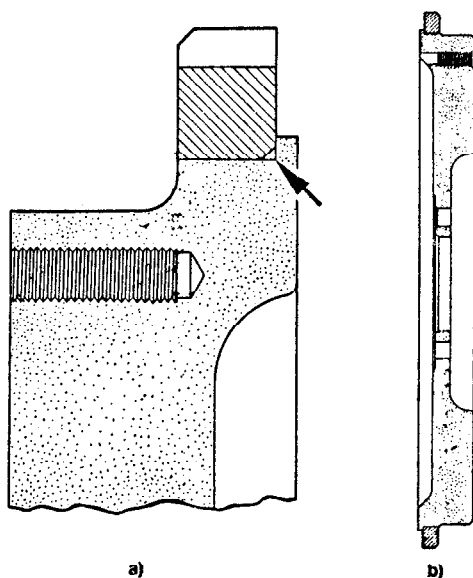


Fig. 13.22 Volante y cremallera: a) sección del volante y la cremallera, la flecha indica el bisel; b) sección del volante BEDFORD

Volante del motor

El engrane de la cremallera para arranque se instala por encogimiento sobre el aro del volante. Si los dientes están muy gastados y dañados, hay que cortar la cremallera vieja e instalar una nueva. Se debe calentar hasta que se expanda lo suficiente para colocarla en el aro del volante, o sea a unos 300°C, hasta obtener un color azul oscuro. Se puede utilizar con cuidado un soplete oxiacetilénico y pasar la llama con cuidado sin dejar de moverla en toda la circunferencia para que se expanda con uniformidad con el calor. Como opción, para calentar la cremallera, se coloca sobre una pieza de acero que esté caliente.

La cremallera se debe instalar en la posición correcta. Los dientes tienen conicidad en el lado donde acopla el piñón del impulsor del motor de arranque y un bisel (chaflán) en el lado de la cremallera que queda hacia el reborde en el volante (Fig. 13.22).

La cubierta del volante se instala antes que el volante. Se monta el volante en la brida del cigüeñal y se aprietan los tornillos con la mano, con uniformidad y en orden (Fig. 13.23). Después se aprietan a la torsión especificada.

Culata de cilindros

Se utilizan espigas de guía en las partes delantera y trasera de la culata, en dos barrenos rimados, para asegurar la alineación correcta de la junta al instalar la culata. Todos los tornillos de la culata se deben apretar con una llave de torsión; hay que apretarlos en forma gradual y uniforme, desde el centro hacia las orillas, en el orden especificado. Esto es de suma importancia, pues el exceso o falta de torsión puede

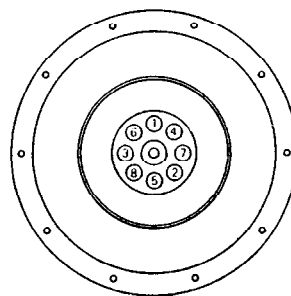


Fig. 13.23 Orden para apretar los tornillos del volante ISUZU

ocasionar rotura de tornillos, daños en las roscas, y torcimiento de la culata y de la camisa de cilindros. Hay que volver a apretar los tornillos cuando se haya puesto en marcha el motor y esté a su temperatura normal de funcionamiento.

Mecanismo de balancines

Instálense las varillas de empuje y colóquese el mecanismo de balancines en la parte superior de la culata. Los tornillos de ajuste deben estar flojos, para eliminar la carga de los resortes de válvula contra los balancines al instalar el mecanismo y también evitar posibles daños a la cabeza de la válvula por los pistones si se hace girar el cigüeñal.

El ajuste inicial de la holgura de válvulas se hace con el motor frío y el pistón del cilindro relativo en PMS. Después, se comprueba el ajuste con el motor a su temperatura normal de funcionamiento.

Múltiples

Los múltiples de admisión y de escape se deben instalar con todo cuidado para evitar fugas. Hay que apretar todos los tornillos con uniformidad a la torsión especificada.

Inyectores y bomba de inyección

Hay que darles el servicio necesario antes de instalarlos. La bomba de inyección se debe sincronizar con el motor. Esto, quizá, no requiera más que observar las marcas de sincronización que se determinaron al desarmar. La sincronización de la bomba de inyección se describe en el capítulo 23.

Equipo auxiliar

Se debe dar el servicio necesario al motor de arranque, alternador, compresor de aire y bomba de vacío o cualquier otro equipo auxiliar, como parte del reacondicionamiento del motor.

Sistema de enfriamiento

El servicio al sistema de enfriamiento también es parte del reacondicionamiento del motor. Al armar, hay que examinar el termostato, las camisas de agua, las mangueras y tubos para el líquido enfriador, el enfriador de aceite, el radiador y se debe llenar el sistema con la mezcla recomendada de agua y anticorrosivo o anticongelante.

Preguntas para repaso

1. ¿Qué significa mantenimiento?
2. ¿Cuál es la diferencia entre mantenimiento y reparaciones?
3. ¿Cuándo es posible que se necesite un reacondicionamiento general?
4. ¿Cuáles son algunas causas del alto consumo de aceite?
5. Describanse los métodos para desmontar el motor en diferentes tipos de vehículos.
6. ¿Qué factores de seguridad se deben tener en cuenta al levantar motores?
7. Mencionense algunos de los buenos métodos al desarmar un motor.
8. ¿Qué precauciones se deben tomar para guardar las piezas hasta el momento de volver a armarlo?
9. Mencionense los diversos componentes externos que habría necesidad de desmontar antes de empezar a desarmar el motor.
10. ¿Qué ocurriría si no se vacía (drena) el líquido enfriador antes de empezar a desarmar el motor?
11. ¿Dónde suelen estar los lugares para vaciar el líquido enfriador?
12. Describase el orden para a) aflojar y b) apretar los tornillos de la culata de cilindros.
13. ¿Por qué hay que trabajar en ese orden?
14. ¿Qué tipo de inspección visual se debe efectuar en la culata de cilindros?
15. ¿Qué tipo de inspección se debe efectuar en los pistones y las bielas después de sacarlos del bloque?
16. ¿Cuál es la finalidad del anillo de desgaste en la parte trasera del cigüeñal?
17. ¿Qué orden se sigue, normalmente, para aflojar los tornillos de las tapas de cojinetes principales?
18. ¿Cómo se pueden verificar las marcas en los engranes de sincronización?
19. Enúmerense algunas precauciones generales que se deben observar al armar el motor.
20. Mencionese la ubicación de las diversas juntas y sellos en un motor.
21. ¿Cómo se colocan las aberturas entre puntas de los anillos antes de instalar el pistón en su cilindro?
22. ¿Cómo se instala el anillo de cremallera en el volante?

Las diversas partes del motor se lubrican con aceite a presión que envía la bomba. El aceite llega a esas partes mediante tubos, conductos, agujeros y ranuras que, junto con la bomba, filtros y válvulas para el aceite, forman el sistema de lubricación.

Las partes principales del motor, como los cojinetes del cigüeñal, tienen lubricación positiva y reciben directamente el aceite a presión; también se dice que tienen lubricación a presión. Otras piezas se lubrican por salpicado; en este caso, se lanza el aceite en forma de chorro mediante un barreno, una boquilla o tubo. Los engranes de sincronización de muchos motores se lubrican en esta forma.

Algunas partes del motor no necesitan lubricación a presión, sino que la reciben con el aceite que retorna desde otras piezas al depósito o dependen del aceite nebulizado que hay en la parte inferior del bloque y en el depósito cuando funciona el motor. El aceite expulsado desde otras piezas, por ejemplo los cojinetes de biela, producen un salpicado o neblina de aceite en toda la parte inferior del bloque.

Funciones del sistema de lubricación

El aceite lubricante que circula por el motor desempeña cierto número de funciones, que son:

1. lubricar las piezas móviles para reducir el desgaste.
2. lubricar las piezas móviles para lograr que las pérdidas de potencia por fricción sean mínimas;
3. actuar como enfriador para disipar el calor de las piezas del motor,
4. absorber los choques entre los cojinetes y otras piezas, con lo cual se disminuye el ruido y se aumenta la duración del motor;
5. formar un buen sello entre los anillos de pistón y la pared de los cilindros,
6. actuar como agente limpiador.

Reducir el desgaste y pérdida de potencia

El tipo de fricción que ocurre en el motor suele ser fricción fluida, es decir, fricción entre capas contiguas de aceite en movimiento. Si el sistema de lubricación no funciona correctamente no se enviará suficiente aceite a las piezas móviles y habrá fricción, que ocasionaría considerables pérdidas de potencia; si continúa el funcionamiento en esas condiciones ocurrirán serios daños en el motor. Los metales de cojinete se desgastarían con rapidez y el calor resultante de la fricción ocasionaría fallas de cojinetes, con lo cual se dañarían las bielas y otras piezas. La lubricación insuficiente de la pared de los cilindros ocasionaría desgaste rápido y escurriduras de la pared, anillos y pistones. Si el sistema de lubricación funciona en forma correcta, enviará suficiente aceite en todas las piezas para que sólo haya fricción fluida.

Translación del calor

El aceite del motor circula con rapidez en todo el sistema de lubricación. Todas las piezas móviles reciben aceite, que además de lubricar absorbe el calor de las piezas del motor y lo lleva hasta el depósito. El metal del depósito, a su vez, absorbe el calor del aceite y lo transfiere al aire circundante. Por tanto, el aceite actúa también como agente enfriador.

Cuando se utiliza enfriador de aceite hay un enfriamiento adicional. El calor transferido al aceite se comunica, a su vez, al sistema de enfriamiento del motor.

Absorción de choques

Cuando se produce la combustión, la presión dentro del cilindro tiene un aumento súbito y muy grande. Esto hace que el pistón empuje contra el buje del pasador de pistón, la biela y los metales de cojinete de biela. Entre los cojinetes y los muñones siempre hay cierta holgura que está llena con aceite.

Cuando la carga aumenta en forma súbita, las capas de aceite entre los cojinetes y los muñones deben actuar como “cojín” que resiste la penetración o el desplazamiento y debe seguir habiendo una película de aceite entre las superficies metálicas contiguas. Con la absorción y amortiguación del efecto de las cargas súbitas, el aceite hace que el motor funcione más silencioso y que se reduzca el desgaste de las piezas.

Formación de un sello

Los anillos de pistón deben formar un sello hermético a los gases contra la pared del cilindro; el aceite que llega a la pared ayuda a los anillos de pistones a lograrlo. La película de aceite en la pared del cilindro compensa las irregularidades microscópicas entre los anillos y la pared, porque sella o llena cualesquiera huecos por donde puedan escapar los gases. La película de aceite también lubrica los anillos, con lo cual se mueven con facilidad en sus ranuras y contra la pared del cilindro.

Acción como agente limpiador

Cuando el aceite circula por el motor arrastra la mugre, partículas de carbón y otros cuerpos extraños, los lleva hasta el depósito y las partículas grandes caen al fondo del mismo. Muchas de las partículas muy pequeñas quedan retenidas en el filtro del aceite.

Sistema de lubricación

La figura 14.1 es un diagrama de un sistema de lubricación y se muestra la circulación de aceite en las diversas partes del sistema. Los componentes principales del motor aparecen en el diagrama en la misma posición relativa que tienen en el motor. De arriba hacia abajo en el diagrama son: eje de balancines, árbol de levas, cigüeñal, los conductos en el bloque de cilindros, la galería principal para aceite y la galería para las boquillas de enfriamiento de los pistones; las piezas montadas en diversos lugares del motor (bomba del aceite, enfriador, filtro, etc.) y el depósito. La bomba toma el aceite del depósito, lo hace circular por los diversos componentes ilustrados y regresa al depósito.

Circulación del aceite

Con referencia de nuevo a la figura, el aceite circula desde el depósito y por las diversas partes del sistema, como sigue:

Bomba del aceite La bomba del aceite, por lo general, se impulsa desde los engranes de sincronización. Succiona el aceite mediante un tubo de succión que tiene el extremo sumergido en el aceite del depósito. En el extremo del tubo de succión está montado un cedazo de tela metálica para proteger la bomba contra la entrada de cuerpos extraños. El aceite sale de la bomba, pasa por la válvula de descarga y el enfriador de aceite.

Válvula de descarga El aceite, normalmente, pasa por la válvula de descarga sin hacerla funcionar; pero si la presión en el sistema se vuelve demasiado alta, esta válvula se abre para devolver el aceite al depósito y reducir la presión. Con ello, la válvula de descarga actúa como válvula de seguridad para el enfriador de aceite y el resto del sistema.

Enfriador de aceite Transfiere el calor del aceite al líquido enfriador del motor. Luego, el aceite enfriado sale del enfriador a la válvula de desahogo (alivio) y al resto del sistema.

Válvula de desahogo La válvula de desahogo de presión, llamada también de alivio, regula la presión en el sistema. Conforme aumenta la velocidad del motor, aumenta también el caudal de la bomba y circula más aceite en el sistema y aumenta la presión en éste. Una vez que se llega a la presión especificada, se abre la válvula de desahogo para drenar la presión sobrante. El aceite sobrante de la válvula regresa al depósito o cárter, como lo indica la línea discontinua. El aceite que pasa por la válvula de desahogo llega hasta el filtro de aceite.

Filtro de aceite Se ilustra un filtro de flujo pleno, lo cual significa que se filtra todo el aceite del motor e incluye también una derivación. En caso de que se obstruya el filtro, se abre la válvula de derivación (“bypass”) para que el aceite pase al otro lado del filtro y llegue al motor. Sin la derivación, el filtro obstruido restringiría el paso de aceite, ocasionaría escasez de aceite y ocurrirían daños en el motor.

El aceite que sale del filtro se envía por un conducto en el bloque hasta la galería principal para aceite, desde donde se distribuye a muchas piezas del motor. Antes de que el aceite llegue a la galería principal, se envía a la galería para boquillas de enfriamiento de pistones y al turbocargador.

Galería de aceite para enfriamiento de pistones En los motores en que se emplea enfriamiento con aceite para los pistones, el aceite que sale de la válvula de desahogo se envía a esta galería, que está en la parte inferior del bloque. Las boquillas o tubos instalados en la galería rocían aceite hacia arriba hasta el interior de la cabeza del pistón, para disipar el calor del mismo. A la vez, se lubrica el perno del pistón.

La válvula de desahogo (alivio) de presión es de dos etapas que demoran el suministro de aceite a la galería para enfriamiento de pistones hasta que circula libremente hacia las otras partes del motor.

Turbocargador El aceite enviado al turbocargador lubrica y enfría los cojinetes y retorna al depósito.

Galería principal para aceite Esta galería es un conducto que se extiende a toda la longitud del bloque. Hay cierto número de conductos y perforaciones para suministrar aceite a otras partes en el sistema de lubricación, incluso al cigüeñal.

Cigüeñal Cada uno de los siete cojinetes principales del cigüeñal ilustrado, reciben aceite de la galería

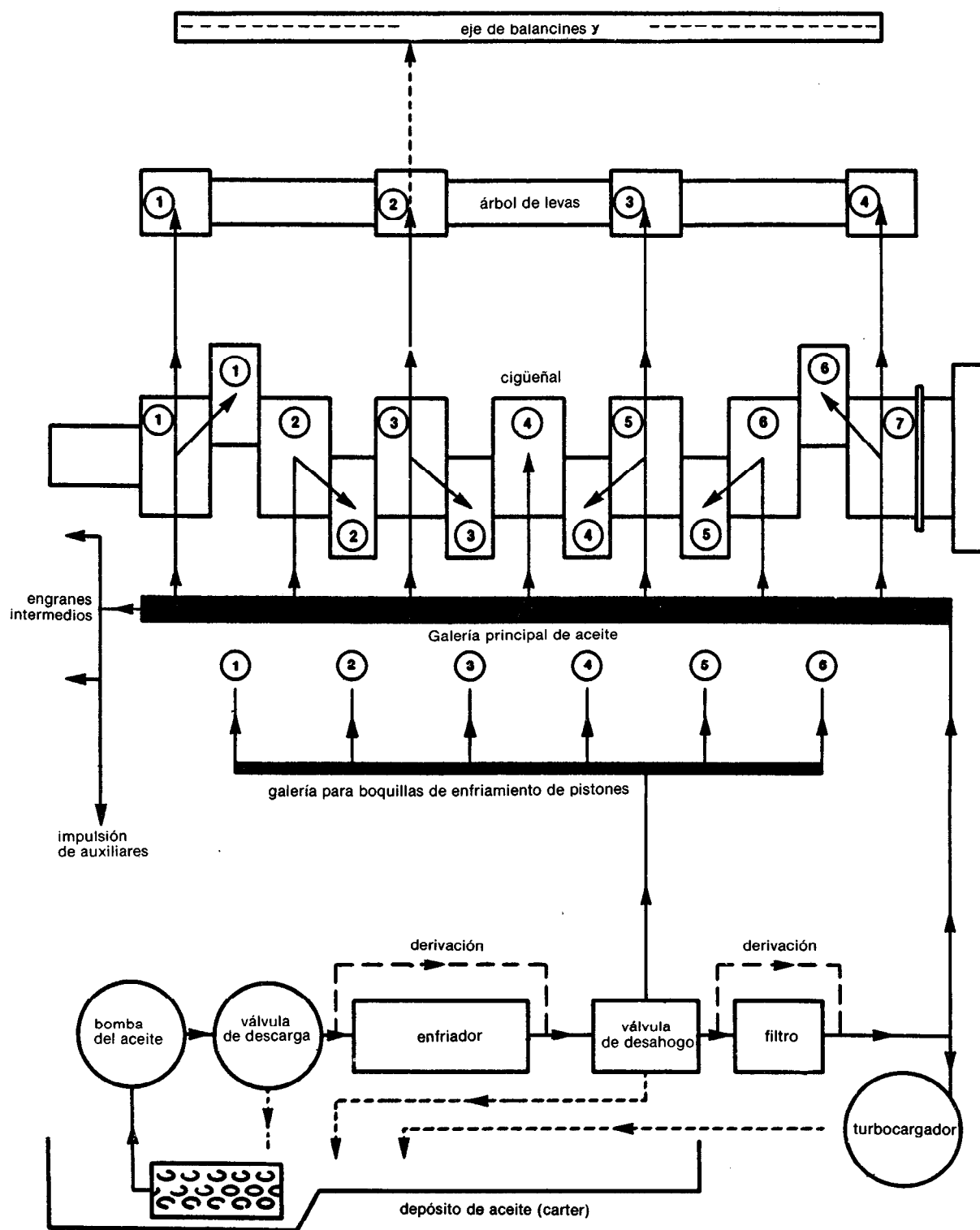


Fig. 14.1 Diagrama del flujo de aceite en el sistema de lubricación

PERKINS

principal de aceite por un conducto taladrado en el soporte (bancada) para cojinetes en el bloque. Las perforaciones o conductos en el cigüeñal, entre los muñones principales y de biela, suministran aceite a estos últimos. Se puede ver que esto se aplica a todos los cojinetes principales, excepto el central (Cojinete No. 4).

Árbol de levas Los cojinetes del árbol de levas reciben el aceite, por medio de perforaciones en los apoyos en el bloque, desde los cojinetes principales 1, 3, 5 y 7.

Eje de balancines El cojinete No. 2 del árbol de levas envía un suministro controlado de aceite al eje de balancines. Este eje hueco lubrica los bujes de los balancines mediante una serie de barrenos; un barrenito pequeño para descarga en cada balancín deja escapar el aceite para lubricar las válvulas y resortes.

Engranajes de sincronización El aceite para lubricar los engranes de sincronización e intermedios llega por el frente de la galería principal para aceite. Los cubos de los engranes intermedios reciben lubricación a presión; los otros engranes se lubrican con una boquilla que rocía aceite directamente en sus dientes.

Impulsión de auxiliares La impulsión de auxiliares recibe el aceite mediante perforaciones, desde la galería principal de aceite.

Otras partes. Para lubricar las varillas de empuje, seguidores de levas y partes asociadas, se usa el aceite que regresa de los balancines.

Filtro de aceite en derivación El sistema de lubricación puede incluir también un filtro en derivación o de flujo parcial además del filtro de flujo pleno. El filtro en derivación recibe el aceite sobrante de la válvula de desahogo o un suministro restringido desde la galería principal. El aceite filtrado retorna al depósito.

Instrumentos e indicadores Se utiliza un indicador o manómetro que señala la presión del aceite en el sistema; en algunos casos, se emplea una luz de alarma que se enciende cuando la presión está baja. También se pueden utilizar luces de alarma si hay restricción al flujo en los filtros.

Bomba de barrido En algunos tipos de equipo para movimiento de tierras se utiliza una bomba adicional, llamada de barrido. Esta bomba transfiere el aceite desde la parte de menos fondo del depósito, hasta el pozo del depósito en donde se encuentra el tubo de succión de la bomba normal para aceite. Esto permite operar el equipo en ángulos que, de otra forma, ocasionarían que no hubiera aceite en la succión de la bomba normal y habría pérdida de presión en el sistema.

Flujo de aceite en un sistema

En la figura 14.2 se ilustra el flujo de aceite en un sistema; es similar al ya descrito, pero aquí aparecen delineados los componentes. El motor tiene

turbocargador y enfriador de aceite. El aceite fluye desde el depósito 1), a través de la bomba 2), el enfriador 4) y el filtro 6), según se indica con flechas. El enfriador y el filtro tienen válvulas de derivación.

La galería 7) principal de aceite suministra aceite a presión al motor y sus accesorios. Mediante conductos taladrados desde la galería se envía aceite a los cojinetes del cigüeñal y del árbol de levas 9) y a los engranes de sincronización. Las boquillas 8) para enfriamiento de pistones, cerca de los cojinetes principales, envían aceite para enfriar y lubricar los pistones, pasadores de pistón, anillos de pistón y pared de los cilindros.

Se envía aceite al eje 10) de balancines, hueco, mediante conductos en el bloque y la culata de cilindros, para lubricar los balancines y vástagos de válvulas. El aceite sobrante que escurre lubrica las varillas de empuje, seguidores y árbol de levas antes de retornar al depósito.

Los tubos para el turbocargador 13) y otros componentes externos del motor, llevan el aceite desde la galería principal para lubricarlos.

Función de las válvulas de derivación

En algunos sistemas de lubricación, el aceite se deriva del enfriador y del filtro cuando se pone en marcha el motor y hasta que alcanza cierta temperatura. Esto permite lubricación inmediata de los componentes, ya que el aceite frío, de alta viscosidad, tendría flujo restringido en el enfriador y el filtro. Esta disposición se ilustra en los diagramas de la figura 14.3.

Con motor caliente

Para el funcionamiento normal con motor caliente, la bomba 7) succiona el aceite del depósito 6) con el tubo de succión 9). La bomba envía el aceite caliente del depósito por el enfriador 10) y el filtro 4) de aceite y hacia la galería principal 1). El aceite se envía al turbocargador por el conducto 2) y retorna al depósito por el conducto 3); no se ilustran el turbocargador ni las conexiones con los conductos para aceite. Con esta disposición se obtienen enfriamiento y filtrado del aceite con flujo pleno. La válvula 8) de derivación del enfriador y la válvula 5) de derivación del filtro de aceite están cerradas por sus resortes.

Con motor frío

Durante el arranque y mientras calienta el motor, la diferencia en presión en cada lado de las válvulas de derivación vence la carga del resorte y hace que se abran. La bomba envía el aceite por la válvula 8) de derivación del enfriador y la válvula 5) de derivación del filtro hasta la galería principal 1) y el turbocargador 2) a fin de tener aceite de inmediato en donde se necesita.

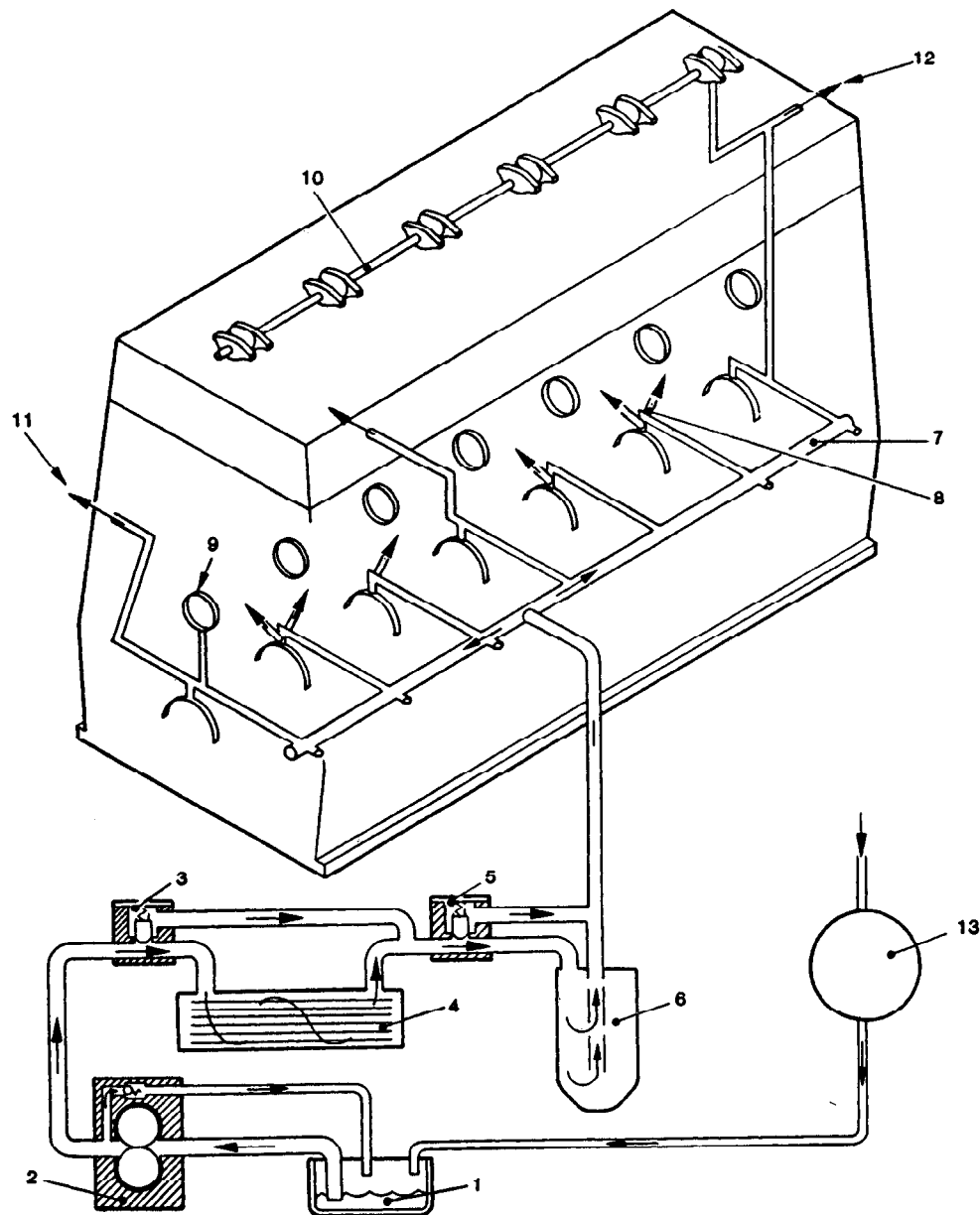


Fig. 14.2 Sistema de lubricación: 1 depósito, 2 bomba del aceite, 3 válvula de derivación del enfriador, 4 enfriador de aceite, 5 válvula de derivación del filtro de aceite, 6 filtro de aceite, 7 galería para aceite, 8 boquillas para enfriamiento de pistones, 9 cojinete del árbol de levas, 10 eje de balancines, 11 suministro de aceite a componentes externos, 12 conexión para presión, 13 turbocargador

CATERPILLAR

Cuando el aceite está caliente, disminuye la diferencia en presión a través de las válvulas de derivación, que se cierran para permitir el flujo normal de aceite por el enfriador y el filtro.

Las válvulas de derivación se abrirán si hay una restricción en el enfriador o en el filtro, a fin de que no se disminuya la lubricación del motor.

Sistema de flujo y enfriamiento por demanda

En los motores Cummins se utiliza un sistema de lubricación llamado "Sistema de lubricación con flujo y enfriamiento por demanda" (DFC por sus

siglas en inglés). Este sistema es diferente al de flujo pleno, porque regula el flujo y enfriamiento del aceite "por demanda" en vez de que trabaje en forma continua a toda su capacidad. Con ello, el sistema de lubricación consume menos potencia del motor. Las características diferentes entre el flujo por demanda y el flujo pleno son:

1. la presión en la galería principal es más baja,
2. se reduce el flujo máximo de aceite desde la bomba,
3. se controla la cantidad de aceite que pasa por el enfriador.

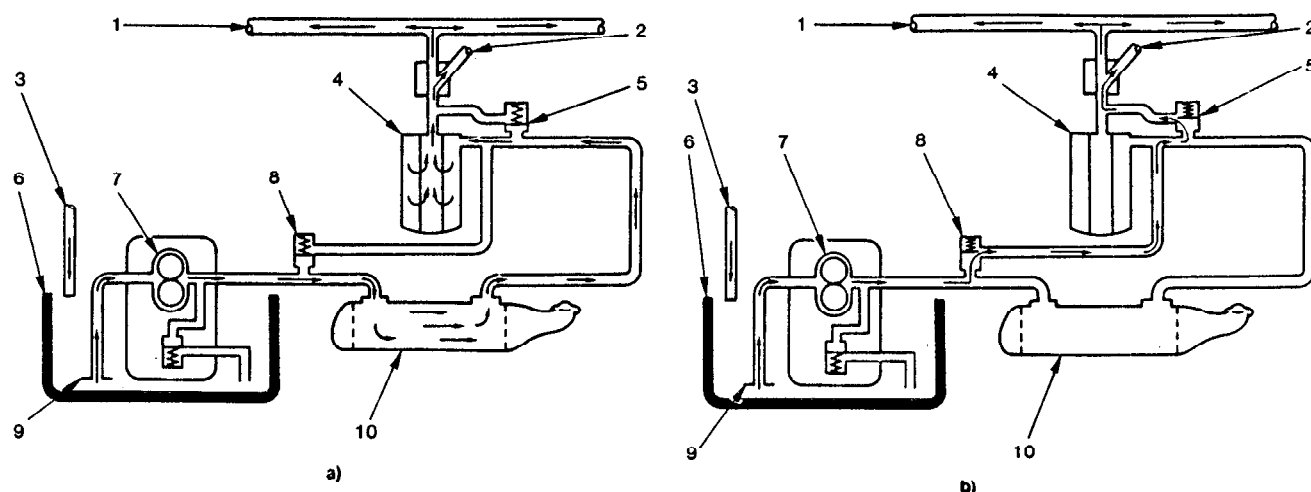


Fig. 14.3 Flujo del aceite en el enfriador y el filtro: a) con el motor caliente y b) con el motor frío: 1 galería para aceite, 2 aceite al turbocargador, 3 aceite desde el turbocargador, 4 filtro de aceite, 5 válvula de derivación del filtro, 6 depósito de aceite, 7 bomba del aceite, 8 válvula de derivación del enfriador, 9 entrada de aceite, 10 enfriador de aceite

CATERPILLAR,

La figura 14.4 es un diagrama del sistema de lubricación DFC. El motor se muestra en el centro del diagrama, con la bomba 2) del aceite a la derecha y el enfriador 10) y filtro 13) a la izquierda. El sistema funciona como sigue:

La bomba 2) del tipo de engranes toma el aceite del depósito y lo envía a presión al enfriador 10) de aceite.

El aceite que se envía al enfriador 10) pasa por una válvula 9) de derivación antes de entrar al enfriador; esta válvula tiene control por temperatura. Cuando el aceite está frío, el aceite tiene dos trayectorias de flujo: una es por el enfriador y, luego, al filtro; la segunda lo deriva del enfriador y va directo al filtro. Sólo se enfría alrededor de la mitad del aceite antes de que llegue al filtro y penetre al motor.

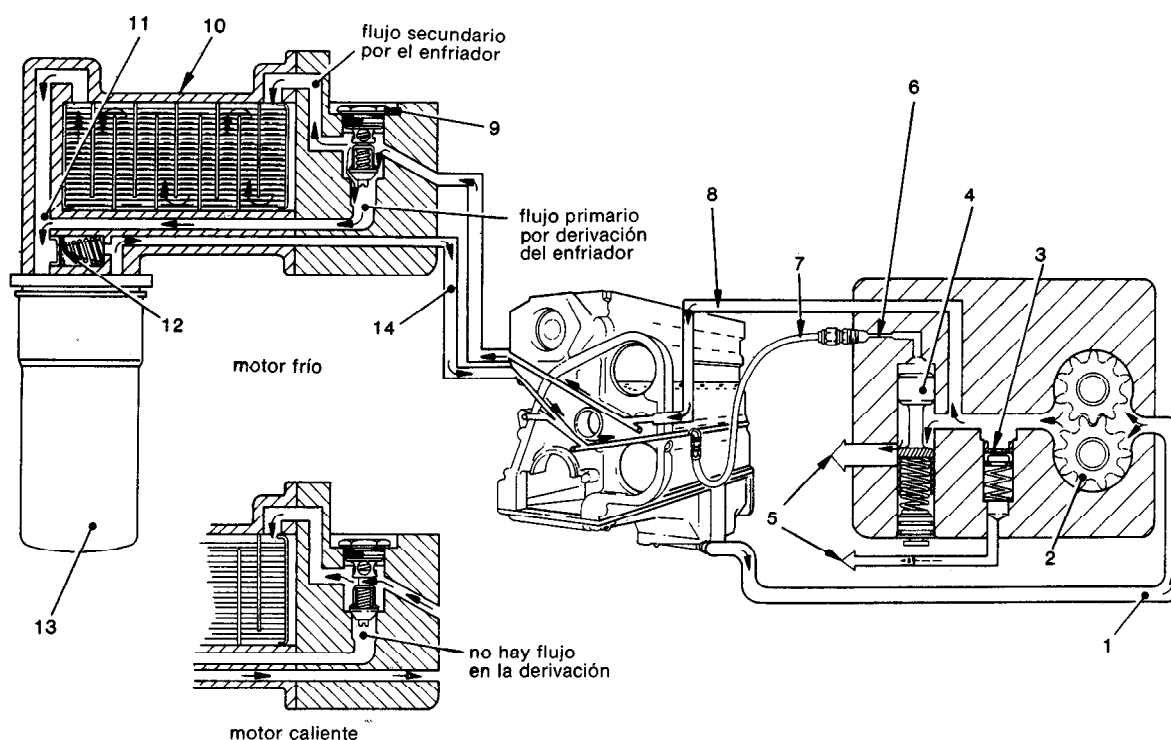


Fig. 14.4 Sistema de lubricación con flujo y enfriamiento por demanda: 1 entrada a la bomba, 2 bomba del aceite, 3 válvula limitadora de alta presión, 4 válvula reguladora de presión en la galería principal, 5 retorno al depósito, 6 orificio, 7 manguera de señal de galería principal, 8 descarga de la bomba, 9 válvula de derivación, 10 enfriador de aceite, 11 conducto al filtro de aceite, 12 válvula de derivación del filtro, 13 filtro de aceite, 14 flujo de aceite del filtro al motor

Cuando el aceite está caliente, la válvula 9) de derivación le corta el paso directo al filtro y todo el aceite circula por el enfriador. La válvula de derivación es sensible a la temperatura; a menos de 110°C está abierta para derivar algo de aceite directamente al filtro; pero a una temperatura más alta se cierra de modo que todo el aceite pase por el enfriador antes de entrar al filtro.

La bomba del aceite incluye una válvula 3) limitadora de alta presión y una válvula 4) reguladora de presión. Si la presión en el sistema excede de la máxima especificada, se abrirá la válvula 3) limitadora de alta presión para retornar el exceso de aceite al depósito.

La válvula 4) reguladora de presión la regula a alrededor de 280 kPa. Una manguera 7) de señal que sale de la galería principal en el bloque detecta la presión del aceite en ese lugar. La manguera de señal transfiere aceite a presión a la parte superior de la válvula reguladora 4) en donde se "balancea" por la carga del resorte en la parte inferior de la válvula. El exceso de aceite se devuelve al depósito.

El principio del flujo por demanda ahorra potencia del motor porque hay menos restricción al flujo de aceite en el sistema cuando éste se deriva del enfriador y también porque se reduce la fricción de fluido con el aceite a temperaturas más altas cuando el motor funciona en frío y con cargas ligeras.

También se ahorra potencia del motor porque la bomba trabaja a menor presión y con flujo reducido.

Componentes del sistema de lubricación

Bombas de aceite

Se utilizan dos tipos de bombas en el sistema de lubricación del motor: bomba de engranes y bomba de rotor. Se impulsan desde el tren de engranes de sincronización, desde los engranes de impulsión de auxiliares y, en algunos casos, por medio de engranes desde el árbol de levas.

Bomba de engranes

Esta bomba tiene un cuerpo en donde se alojan dos engranes endentados. Uno es el engrane de mando (impulsor) y el otro es el engrane mandado (impulsado). El aceite penetra a la bomba por el tubo de succión; no pasa entre los dientes sino que se lo conduce alrededor del exterior de los engranes, entre los dientes y el cuerpo de la bomba.

En la figura 14.5 se ilustran los componentes de una bomba de engranes y la bomba particular que se muestra recibe impulsión desde el árbol de levas mediante un eje de mando vertical.

En la figura 14.6 se ilustra una bomba impulsada desde el tren de engranes de sincronización. Se utiliza un engrane intermedio para impulsar, desde el cigüeñal, un engrane en el eje de la bomba.

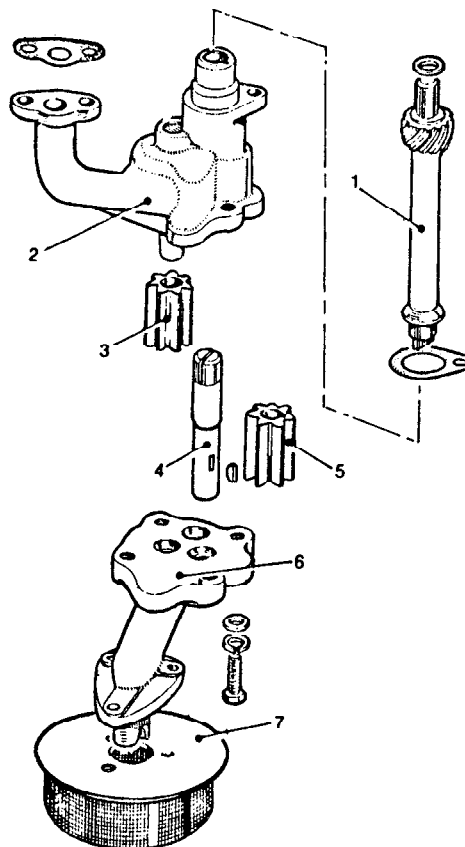


Fig. 14.5 Piezas de una bomba del tipo de engranes:
1 eje de mando, 2 cuerpo de la bomba,
3 engrane conducido, 4 eje, 5 engrane
conductor, 6 tapa, 7 cedazo

LEYLAND

Bomba de rotor

La característica de esta bomba es que tiene un rotor interno con lóbulos externos que actúan en un rotor externo con lóbulos internos. El rotor externo tiene cuerpo cilíndrico por fuera y se instala en el cuerpo de la bomba, para que gire. En la figura 14.7 se ilustra la disposición de los rotores. El rotor interno está montado en un eje y tiene impulsión desde el motor. Esto a su vez impulsa al rotor externo que gira dentro del cuerpo. El rotor externo tiene un lóbulo más que el interno para tener espacio entre los lóbulos. El aceite atrapado entre los lóbulos de los rotores se mueve desde la entrada hasta la salida de la bomba y descarga en el sistema de lubricación.

En la figura 14.8 se ilustra una bomba del tipo rotor, en corte, para mostrar las piezas internas. La bomba recibe la impulsión desde el engrane 4) del cigüeñal mediante un engrane intermedio 3) que acopla con el engrane 5) de la bomba en el eje del rotor interno. En el cuerpo de la bomba está instalada una válvula de desahogo de presión accionada por resorte.

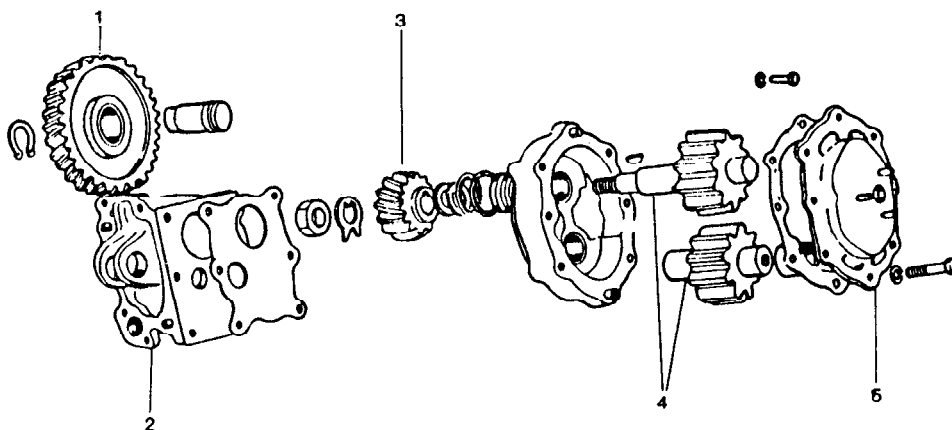


Fig. 14.6 Piezas de una bomba de aceite impulsada por engranes: 1 engrane intermedio, 2 cuerpo para engrane intermedio, 3 engrane de mando, 4 engranes de la bomba, 5 tapa
ISUZU

Válvula de desahogo (alivio)

La bomba del aceite suministra mucho más aceite del necesario para mantener la presión requerida en el sistema de lubricación. Cuando aumenta la velocidad del motor, la bomba gira a más revoluciones y envía más aceite al sistema; en realidad, mucho más del necesario.

Se utiliza una válvula de desahogo, llamada también reguladora de presión, instalada en la bomba o en la galería de aceite, para impedir un aumento excesivo de presión en el sistema. Consta de una bola o de un émbolo, bajo carga de resorte para cerrar un orificio. Cuando la presión del aceite llega a un valor determinado por la carga del resorte, se obliga a la bola (o al émbolo) a moverse y abrir el orificio. Esto permite que el exceso de aceite, que no se necesita para mantener la presión en el sistema, retorne al depósito. Por tanto, la bomba suministra suficiente aceite al sistema para mantener la presión requerida y el exceso de aceite retorna al depósito.

Se debe tener en cuenta que la presión aumenta en el sistema porque la bomba mantiene un suministro de aceite y también por las restricciones presentadas en las pequeñas holguras para cojinetes, etc. Entonces, cuando hay cojinetes muy gastados y con holguras grandes, una válvula abierta permanentemente, o una falla similar, la presión en el

sistema de lubricación estará baja. En cualquiera de estos casos, la bomba descargará a su capacidad máxima pero no puede suministrar suficiente aceite para aumentar la presión.

Funcionamiento de la válvula

La válvula de desahogo de la figura 14.8 consta de un émbolo bajo carga de resorte que se mueve en una cavidad en el cuerpo de la bomba. Cierra un conducto entre los lados de entrada y descarga de la bomba y se mantiene en su lugar por la carga del resorte. El aceite a presión de la bomba actúa contra el extremo del émbolo y la carga de resorte. Es decir, la carga de resorte trata de mantener al émbolo de modo que cierre el conducto y la presión del aceite trata de moverlo para abrir el conducto.

Durante el funcionamiento, cuando la presión en el lado de salida de la bomba llega a un valor que se determina por la carga del resorte, el émbolo se moverá en su cavidad para abrir en forma parcial

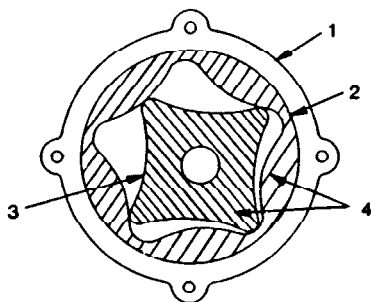


Fig. 14.7 Rotores de una bomba de aceite: 1 cuerpo de la bomba, 2 rotor externo, 3 rotor interno, 4 marcas
MAZDA

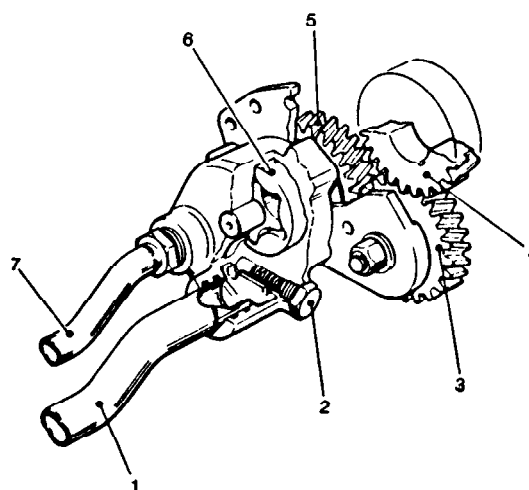


Fig. 14.8 Bomba de aceite tipo de rotor: 1 entrada, 2 válvula de desahogo, 3 engrane intermedio, 4 engrane del cigüeñal, 5 engrane de mando, 6 rotores, 7 salida
BEDFORD

un orificio que abre el conducto y permite que el exceso de aceite retorne al lado de entrada de la bomba. El émbolo permanecerá en equilibrio entre la presión del aceite y el resorte y abrirá o descubrirá el orificio al grado necesario para el retorno del exceso de aceite y para mantener una presión constante en el sistema.

Servicio a la bomba del aceite

La eficiencia de la bomba del aceite depende de la condición de sus piezas y de la holgura entre las partes rotatorias y el cuerpo. En la bomba del tipo de rotor se desmonta la tapa del cuerpo para tener acceso a los rotores y efectuar las siguientes comprobaciones.

Examínese si los rotores tienen escoriaciones o desgaste. Utilícese un calibrador de hojas para determinar la holgura entre los lóbulos de los rotores y entre el rotor externo y el cuerpo. Por ejemplo, la especificación en un tipo de bomba es de 0.3 mm máximo en cada uno de esos lugares.

Para comprobar el juego longitudinal de los rotores, se coloca una regla de acero a través de la cara del cuerpo de la bomba. Mídase la holgura entre el extremo de los rotores y la regla con calibrador de hojas (máximo 0.15 mm). La planicidad de la tapa se comprueba en forma similar y la variación no debe ser mayor de 0.15 mm; si lo es, hay que maquinarse la tapa.

Si la holgura entre los rotores es excesiva, ocurrirán caídas de presión entre los lados de alta y de baja presión de la bomba y será necesario reemplazar las piezas internas o toda la bomba.

Filtros de aceite

En los motores Diesel se utilizan uno o más filtros de aceite. Por ejemplo, en un motor puede haber un filtro de flujo pleno y uno de derivación; en otros, puede haber dos o más filtros de flujo pleno conectados en serie.

Durante el funcionamiento del motor se mezclan con el aceite partículas de carbón, polvo y metal. Los filtros mantienen limpio el aceite porque retienen las impurezas que podrían pasar por los conductos para aceite hasta las superficies de apoyo y dañar los cojinetes, muñones y otras superficies.

Filtros en derivación (Fig. 14.9)

Sólo filtran una parte del aceite que envía la bomba hacia los conductos en el motor. Se instala a rosca un tubo para aceite en la gajería, el que deja pasar una cantidad reducida de aceite al filtro y de retorno al depósito. Este aceite no se envía a los conductos para aceite, sino que se deriva del motor y, ya limpio, vuelve al depósito para volver a entrar a la bomba. En esta forma, siempre se filtra una parte del aceite, aunque no vaya en camino a las piezas del motor.

Conforme se acumulan impurezas en el filtro, pierde su eficiencia y hay que limpiarlo o reemplazar el elemento.

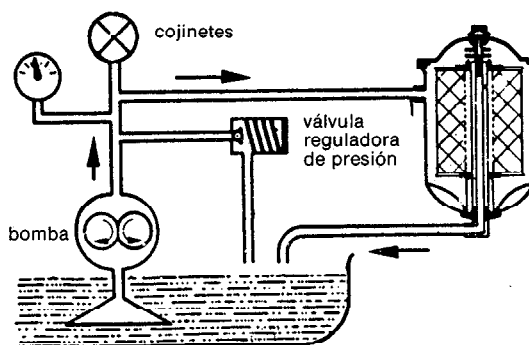


Fig. 14.9 Principio del filtro en derivación. Se muestra también la válvula reguladora de presión

Filtros de flujo pleno (Fig. 14.10)

Todo el aceite que sale de la bomba pasa por el filtro en camino a los cojinetes y otras piezas del motor; por tanto, la lubricación es con aceite filtrado, siempre y cuando los filtros estén en buenas condiciones. El filtro tiene una válvula de desahogo, de modo que, si se obstruye el filtro, se abrirá y continuará el suministro de aceite al sistema. Los filtros de flujo pleno funcionan con una presión más alta que los de derivación. Por ello, durante el servicio hay que reemplazar los sellos y apretar el tornillo de la tapa o la caja del filtro a la torsión especificada, para que no ocurran fugas.

Servicio a los filtros de aceite

Algunos filtros tienen elemento reemplazable; la tapa del filtro se quita para alcanzar el elemento.

En la figura 14.11 se ilustra este tipo de filtro. Para darle servicio, se saca y desecha el elemento, se limpian la tapa y la caja y se instala el nuevo elemento. Hay que colocar un sello nuevo entre la tapa y la caja y el tornillo de la tapa se debe apretar a la torsión especificada. Se pone en marcha el motor y se examina si hay fugas por el filtro.

Los filtros del tipo desechable son un recipiente metálico para alojar el elemento (Fig. 14.12). Se les llama desechables porque se desecha todo el filtro y se instala uno nuevo. En la figura 14.13 se ilustra la

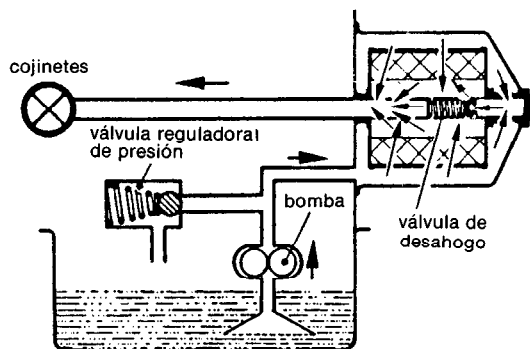


Fig. 14.10 Principio del filtro de aceite de flujo pleno. Se muestra también la válvula reguladora de presión

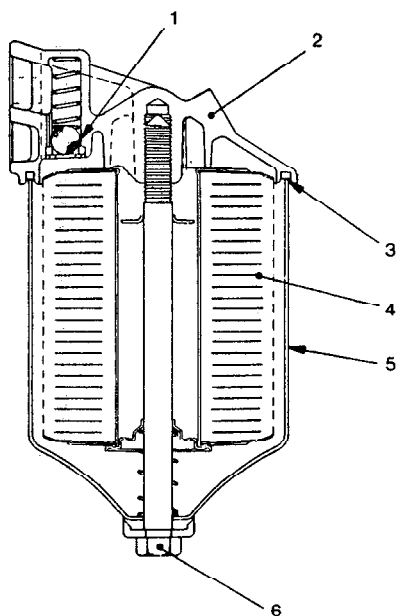


Fig. 14.11 Filtro de aceite con elemento reemplazable:
1 válvula de derivación, 2 caja del filtro, 3 sello,
4 elemento, 5 tapa del filtro, 6 tornillo central
BEDFORD

herramienta para desmontar el filtro. Tiene una banda que se ajusta alrededor del recipiente y se aprieta al moverla y permite desenroscar el filtro de su lugar de montaje.

Los filtros de aceite se deben reemplazar a los intervalos especificados. Para reemplazar este tipo de filtro, procédase como sigue:

1. Límpiase la superficie de montaje del filtro.
2. Llénese el filtro con aceite nuevo.

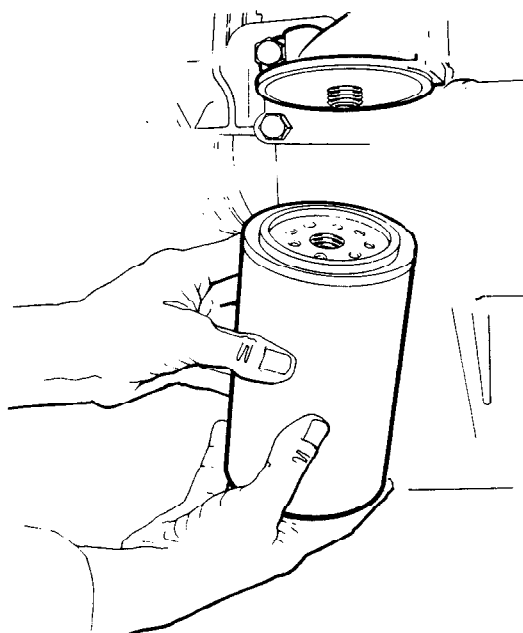


Fig. 14.12 Filtro de aceite desechable

PERKINS

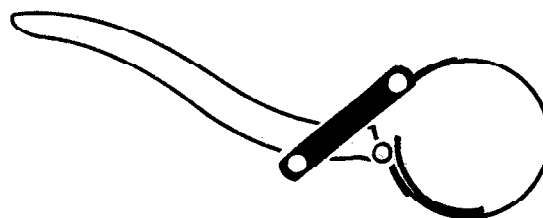


Fig. 14.13 Herramienta para desmontar el filtro desechable
REPCO

3. Cúbrase el sello de caucho con aceite.
4. Enrósqese el filtro en su lugar hasta que el sello haga contacto con la superficie de montaje.
5. Apriétese entre media y tres cuartos adicionales de vuelta.
6. Póngase en marcha el motor y examínese si hay fugas.

Enfriador de aceite

En la figura 14.14 se ilustra el enfriador de aceite montado en un motor. En algunos motores, el enfriador se monta en un lado del bloque, tiene el elemento o núcleo dentro de las camisas de agua y es parte del sistema de enfriamiento. En otros motores, como el que se ilustra, el enfriador es un componente separado.

El enfriador ilustrado se sujeta con tornillos en una superficie maquinada en un lado del bloque; esa superficie se utiliza para la caja del filtro de aceite en motores que no tienen enfriador; cuando lo tienen, hay una superficie para montaje del filtro en el cuerpo del enfriador. Hay perforaciones en el bloque, el cuerpo del enfriador y la caja del filtro, que permiten que el aceite enviado por la bomba

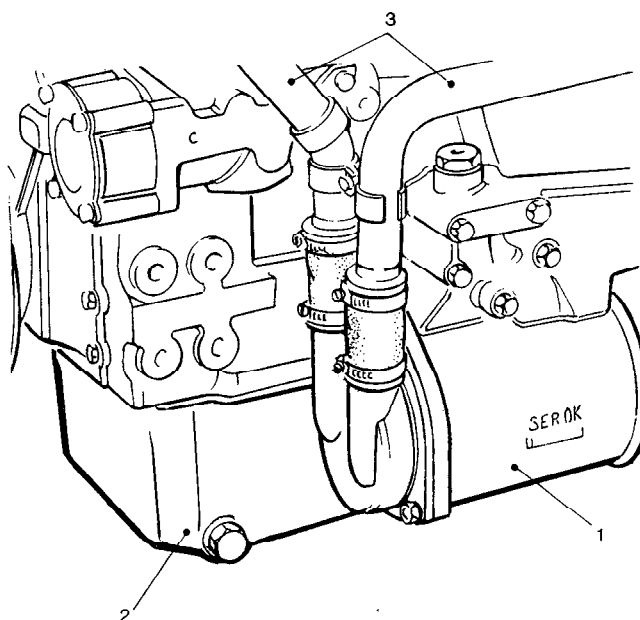


Fig. 14.14 Enfriador de aceite montado en el motor:
1 enfriador de aceite, 2 depósito de aceite,
3 tubos para líquido enfriador
PERKINS

pase por el enfriador, por el filtro y, luego, por la galería principal de aceite en el bloque.

Los tubos y mangueras que conectan el enfriador con el sistema de enfriamiento del motor se instalan en el frente del enfriador (Fig. 14.14). El líquido enfriador entra al enfriador, pasa por los tubos del mismo y retorna al sistema de enfriamiento después de absorber el calor del aceite.

En la figura 14.15 se ilustra un enfriador de aceite en sección parcial; es del tipo de tubos y aletas. El aceite rodea los tubos y aletas; el líquido enfriador está confinado en los extremos y en el interior de los tubos del enfriador. Una válvula de derivación está instalada en la parte superior de la caja del enfriador.

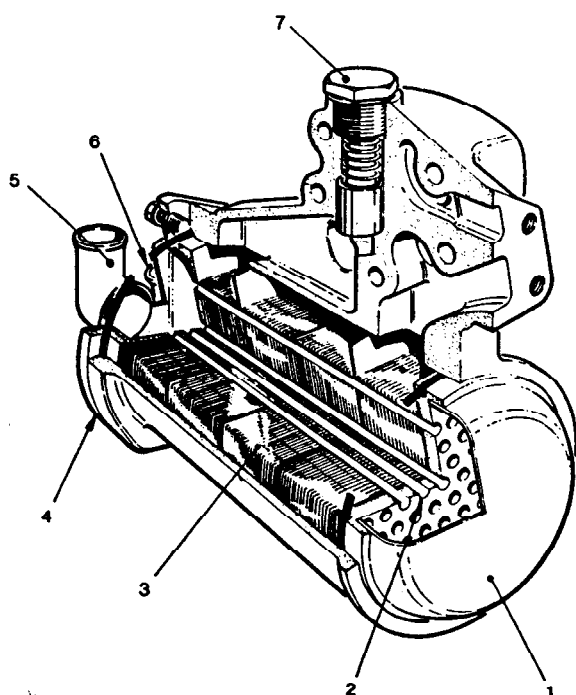


Fig. 14.15 -Enfriador de aceite. 1 tapa de extremo, 2 tubos para líquido enfriador, 3 aletas, 4 tapa de extremo, 5 y 6 conexiones para mangueras de líquido enfriador, 7 válvulas de desahogo
PERKINS

Boquillas para enfriamiento de pistones

En la parte inferior del bloque de cilindros está instalada una boquilla para enfriamiento de cada pistón y se ilustra una en la figura 14.16. El tornillo hueco tipo banjo se instala en un barreno taladrado en el bloque en la galería de aceite para boquilla de enfriamiento. El tornillo sujeta el cuerpo de la boquilla en el bloque y tiene perforaciones para el paso del aceite que viene de la galería.

El tubo o boquilla está apuntado de modo que el aceite lubricante que ya pasó por el enfriador se rocíe contra la parte inferior de la cabeza del pistón, en donde absorbe el calor de la zona de combustión antes de volver al depósito. Este tipo de enfria-

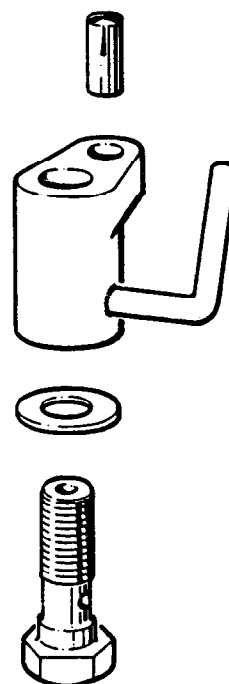


Fig. 14.16 Boquilla para enfriamiento de pistones

PERKINS

miento es aplicable en particular a los motores con inyección directa, que tienen el espacio para combustión en la cabeza del pistón. En la figura 11.2 se ilustra otro tipo de boquilla para enfriamiento de pistones.

Lubricación de los cojinetes del motor

La finalidad más importante del lubricante es convertir la fricción seca en fricción fluida. La fricción seca ocurre entre superficies limpias sin lubricante. La fricción fluida ocurre debido a la fricción interna del lubricante.

El término fricción límite significa una situación entre la fricción seca y la fluida en donde las superficies casi no tienen protección y sólo tienen una película grasienta; por tanto, las superficies están en contacto, no separadas por una capa de aceite. La fricción límite es importante para entender la lubricación de un eje y un cojinete.

Si se considera un eje, por ejemplo un cigüeñal, que está estacionario en su cojinete, entonces cualquier lubricante que hubiera estado en el cojinete cuando se detuvo el eje será expulsado por la carga del eje. Esto ocurre en particular si el eje permanece inmóvil durante un tiempo un poco largo. Cuando el eje empieza a girar, se requerirán, quizá, varias revoluciones antes de que el lubricante haya circulado por completo alrededor del cojinete y de que el eje esté flotando en el aceite. Durante este tiempo, hay fricción seca y en los límites y es cuando ocurre

el máximo desgaste de los cojinetes. Los aditivos químicos en el aceite pueden ayudar a proteger contra los efectos de la fricción límite.

El término *lubricación límite* o marginal se puede utilizar respecto a la pequeñísima cantidad de lubricante (una película de aceite), entre el eje y los cojinetes en estas condiciones. Todas las piezas del motor reciben sólo lubricación marginal al ponerlo en marcha; en este periodo crítico es cuando ocurre la mayor parte del desgaste del motor.

Principio de la cuña de aceite (lubricación hidrodinámica)

El aceite a presión enviado por una bomba hasta un cojinete no ocasiona, como se creería a primera vista, que el eje se separe de los cojinetes y que flote en el aceite. La rotación del eje es lo que lo ocasiona, pues recibe capas del aceite entregado al cojinete y lo hace girar consigo. Estas capas de aceite quedan acufiadas entre el eje y el cojinete, por lo cual el eje, por sí mismo, se levanta o flota en el aceite. Por tanto, la rotación del eje es la que hace que ocurra la flotación a fin de evitar el contacto de metal con metal y no se debe a que el aceite que viene de la bomba esté a presión. Esto se conoce como lubricación hidrodinámica. Se observará en los diagramas de lubricación de los motores que el conducto para aceite a los cojinetes principales del cigüeñal suele estar en la parte superior y, por tanto no trata de empujar el eje hacia arriba en el cojinete.

Cojinete, eje y cuña de aceite

En la figura 14.7 se ilustra el orden, desde *a)* hasta *d)*, de la acción del eje cuando ha empezado a girar en el cojinete y producido una cuña de aceite.

Figura 14.17 a). El eje está detenido y en X se indica la zona donde sólo una película de aceite cubre el eje y el cojinete. Esta es la condición en la cual existe lubricación marginal.

Figura 14.17 b). Cuando el eje empieza a girar, rueda ligeramente para hacer contacto con el cojinete en Y; todavía no hay más que lubricación marginal. Cuando el eje gira en esta posición, produce presión por su propia rotación. En la parte superior hay una capa gruesa de aceite y poco o ninguno en la parte inferior. Por tanto, el eje actúa como si fuera una bomba de aceite y obliga a que aumente la presión en Y y a que se produzca baja presión en el lado opuesto. Esto empuja al eje hacia el centro del cojinete.

Figura 14.17 c) La velocidad del eje ha aumentado, ha rodado hacia las capas de aceite y las ha arrastrado y tiene que moverse a la derecha, con lo cual el eje está ahora rodeado por aceite.

Figura 14.17 d) El eje gira en forma satisfactoria y flota en el aceite. La presión debida a la rotación es máxima en Z y mantiene al eje separado del cojinete.

La holgura entre el eje y el cojinete en realidad es muy pequeña y se ha exagerado en la ilustración

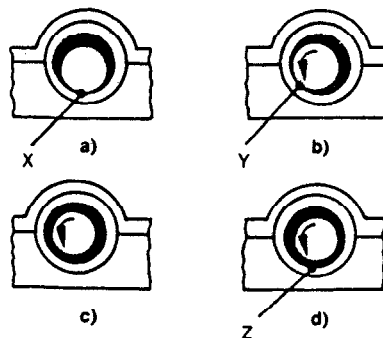


Fig. 14.17 Principio de la lubricación de un eje y cojinete. El eje gira hacia la izquierda

para mostrar con más claridad las acciones del eje y del cojinete.

Ventilación del motor

El bloque de cilindros y el depósito de aceite deben “respirar”, es decir, descargar cualquier presión alta que se produzca y también aliviar cualquier baja presión que ocurra dentro del bloque y el depósito de aceite. Para este fin se utiliza el sistema de ventilación del motor y también para eliminar los vapores que se forman, a fin de que no produzcan efectos dañinos.

Durante el funcionamiento del motor aumenta la temperatura en el depósito de aceite y también la presión. Se escapa una pequeña cantidad de gases de combustión por los pistones y aumenta asimismo la presión en el “carter”. La humedad que se condensa en las superficies del motor y el depósito cuando el motor se para y se enfría, se vaporiza a la temperatura de funcionamiento. Dadas las condiciones existentes en el depósito de aceite se producen ácidos corrosivos; cuando hay humedad o agua presentes, se forman lodos en el aceite.

La forma más sencilla de ventilación del motor es mediante un tubo en la parte inferior del mismo, que descarga a la atmósfera. Sin embargo, es un simple respiradero que, aunque deja escapar los gases, permite la entrada de polvo y humedad.

Sistema de ventilación positiva

Existen sistemas para la ventilación positiva, en la parte inferior del bloque y en el depósito de aceite de los gases, que son nocivos para el comportamiento del motor y la atmósfera. Los gases vuelven a las cámaras de combustión en donde cualquier combustión que contengan se quema antes de descargarlo en los gases del escape.

En la figura 14.18 se ilustra un sistema de ventilación positiva del motor. Hay un tubo que conecta la tapa de balancines con el múltiple de admisión. Debido a que la presión en el múltiple es más baja que en el interior de la tapa de balancines y del depósito de aceite, el aire, junto con los vapores del

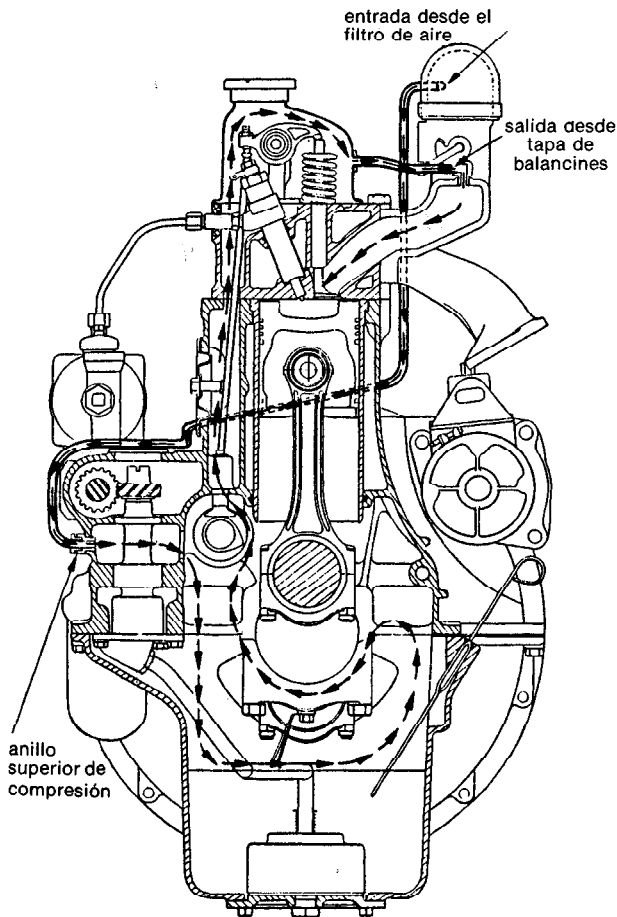


Fig. 14.18 Disposición básica de un sistema de ventilación cerrado FORD

depósito, pasará desde la tapa de balancines hasta el múltiple de admisión. A fin de tener un flujo positivo de los gases, también hay un tubo que va desde el filtro de aire hasta el motor, para enviar aire limpio hacia su parte inferior. En la ilustración se muestra en el sentido del flujo de aire.

En la figura 14.19 se ilustra un sistema un poco diferente, con una válvula de ventilación conectada entre la parte inferior del bloque y el múltiple de admisión. La manguera conectada entre esas dos piezas crea un vacío (baja presión) dentro del depósito, que se controla con la válvula de ventilación, la cual consiste en un diafragma, la válvula y un resorte alojados en el cuerpo de la válvula. El conducto a través de la válvula se abre y se cierra por el movimiento de la válvula en relación con su asiento.

La válvula está sujeta al diafragma, el cual está "balanceado" entre la fuerza del resorte y la baja presión en el depósito de aceite. Cualquier variación en esa baja presión hace que el diafragma mueva la válvula hacia la posición de apertura o de cierre a la distancia necesaria para restablecer la baja presión en el depósito. Por tanto, se mantiene una

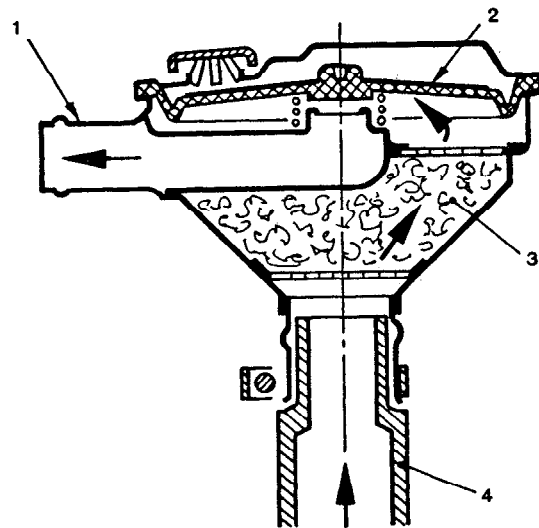


Fig. 14.19 Válvula de ventilación del motor. 1 conexión para manguera al múltiple de admisión, 2 diafragma, 3 filtro, 4 conexión al motor M.A.N.

baja presión constante en el depósito de aceite y la parte inferior del motor y se produce un flujo de aire y vapores desde ellos hasta el múltiple de admisión siempre que el motor está en marcha.

El cuerpo de la válvula incluye un material filtrante que actúa como separador del aceite que el aire y los vapores haya arrastrado.

Respiraderos

En el bloque o en la tapa de balancines de algunos motores se instalan respiraderos que incluyen un filtro pequeño. Se describen en el capítulo 17.

Preguntas de repaso

1. Enumérense las diversas funciones que efectúa el aceite lubricante del motor.
2. ¿Qué piezas se podrían dañar si el sistema de lubricación no envía suficiente aceite?
3. ¿Cómo se disipa el calor de aceite lubricante?
4. Sígase el flujo de aceite en el diagrama del sistema de lubricación y descríbase la forma en que cada parte del motor recibe su suministro de aceite.
5. ¿Cuál es la finalidad de la válvula de desahogo de presión?
6. ¿Cuál sería el posible efecto si la válvula de desahogo: a) se trabaría abierta, b) se trabaría cerrada.
7. Menciónese la diferencia entre los filtros de aceite de flujo pleno y de derivación.
8. ¿Por qué se utilizan las boquillas para enfriamiento de pistones?

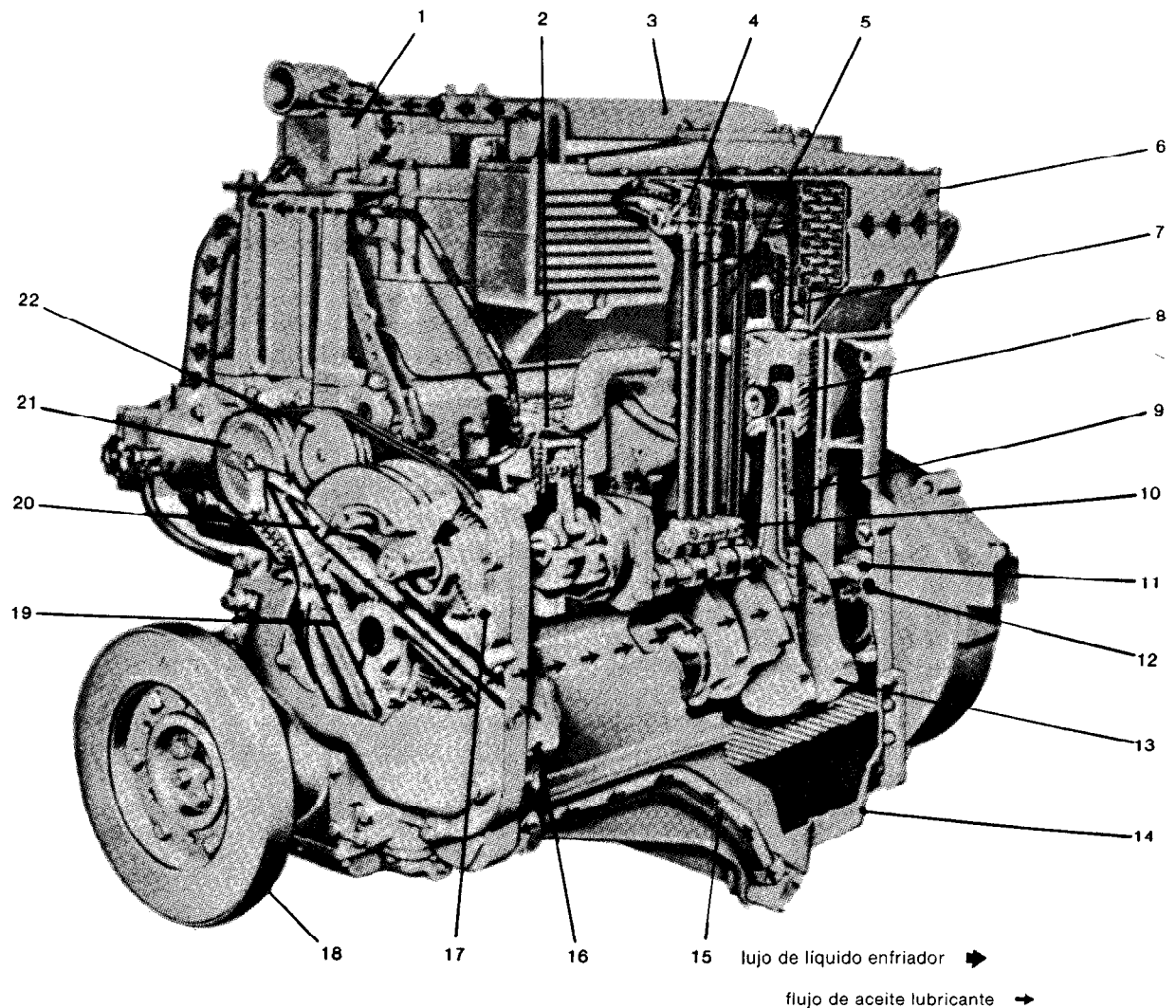


Fig. 14.20 Corte de un motor Cummins en línea. Se señalan las piezas relacionadas con los sistemas de enfriamiento y lubricación: 1 termostato, 2 compresor de aire, 3 tubo transversal para aire de admisión, 4 balancines, 5 varilla (tubos) de empuje, 6 postenfriador, 7 inyector, 8 pistón, 9 biela, 10 seguidores de levas, 11 sello de aceite del cigüeñal, 12 conducto principal para aceite, 13 cigüeñal, 14 depósito de aceite, 15 tubo de suministro de aceite, 16 bomba de aceite, 17 aceite a la impulsión de accesorios, 18 amortiguador de vibración, 19 aceite del enfriador, 20 aceite al enfriador, 21 bomba del agua, 22 polea intermedia (loca)

CUMMINS

9. ¿Qué es un sistema de lubricación de flujo por demanda?
10. ¿Cómo funciona el enfriador de aceite?
11. Explíquese cómo funciona una bomba de aceite del tipo de engranes.
12. Describese el flujo de aceite en otro tipo de bomba del aceite, y compárese con el de la bomba de engranes.
13. ¿Qué tipo de inspección se debe efectuar cuando se desarma la boma del aceite?
14. Describese el método para el servicio a un filtro de aceite con elemento reemplazable.
15. ¿Por qué a un tipo de filtro de aceite se le llama desechable?
16. Explíquese cómo se instala un filtro desechable.
17. ¿Qué es fricción?
18. ¿Qué significa lubricación límite?
19. Describese la acción de un eje en rotación en un cojinete que recibe aceite lubricante a presión.
20. ¿Qué es la ventilación del motor?

La finalidad del sistema de enfriamiento es mantener el motor a su temperatura de funcionamiento más eficiente a todas las velocidades y en todas las condiciones. Durante la combustión, las temperaturas son altas y se genera una gran cantidad de calor. Como se ilustra en la figura 15.1, alrededor del 25% del calor se utiliza para efectuar trabajo útil, 31% se disipa con los gases de escape y 33% se absorbe en el sistema de enfriamiento. El resto del calor se utiliza para vencer la fricción del motor. Esos porcentajes son sólo aproximados y pueden variar en tipos particulares de motores, pero muestran la necesidad de un eficiente sistema de enfriamiento. También permiten apreciar el trabajo que debe ejecutar el sistema de enfriamiento, cuando se tiene en cuenta que alrededor de una tercera parte de la energía térmica del combustible que entra al motor, sale por el sistema de enfriamiento.

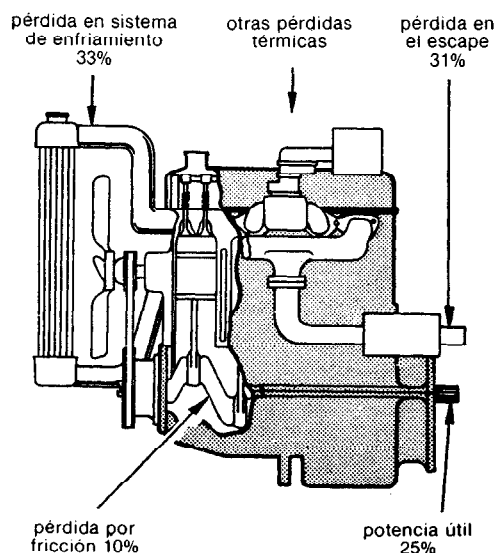


Fig. 15.1 Porcentajes aproximados de pérdidas de calor en un motor
FORD

Parte del calor de las cámaras de combustión lo absorben las paredes de los cilindros, culatas de cilindros y pistones; éstos a su vez deben ser enfriados por algún medio a fin de que las temperaturas no se vuelvan excesivas. La temperatura en la pared de los cilindros no debe subir por arriba de 300°C. Las temperaturas más altas hacen que se desintegre la película de aceite y pierda sus propiedades lubricantes; sin embargo, es deseable que el motor funcione a una temperatura lo más cercana, hasta donde sea posible, a los límites impuestos por las propiedades del aceite. Si se disipa demasiado calor a través de las paredes y de la culata de los cilindros, se reduciría la eficiencia térmica del motor.

Dado que el motor es muy poco eficiente cuando está frío, el sistema de enfriamiento incluye componentes que evitan el enfriamiento normal durante el periodo de calentamiento. Estos componentes permiten que las piezas del motor alcancen con rapidez su temperatura de funcionamiento y reducen el ineficiente periodo de funcionamiento en frío. Por tanto, el sistema de enfriamiento hace bajar la temperatura con rapidez cuando el motor está caliente y sólo permite enfriamiento lento o no lo permite durante el periodo de calentamiento y cuando el motor está frío.

Se utilizan dos tipos generales de sistemas de enfriamiento: por aire y por líquido. En casi todos los motores automotrices se emplea enfriamiento por líquido, aunque los motores de avión, de motocicleta, de cortadoras de césped y los estacionarios pequeños se enfrían con aire.

Calor

Debido a que el calor es muy importante para el funcionamiento del motor, es esencial conocer sus efectos. El calor es una forma de energía; cuando el combustible se quema en la cámara de combustión el calor desprendido hace funcionar el motor. Por

esta razón, a los motores de combustión interna se les llama a veces motores térmicos.

El calor y la temperatura no son lo mismo. Se puede considerar que el calor corresponde a cierta cantidad de energía térmica, mientras que la temperatura es el grado en el que un cuerpo está caliente o frío. Se suele decir que algo está caliente cuando se encuentra más arriba de la temperatura atmosférica normal y frío cuando está por debajo de esa temperatura.

Considérense dos piezas de acero, una grande y una pequeña, ambas a la misma temperatura. La pieza grande contendrá más calor que la pequeña. Sin embargo, una de ellas está igual de caliente que la otra, es decir, ambas están a la misma temperatura.

Efectos del calor

Cuando se aplica o extrae el calor de una sustancia se puede alterar en las siguientes formas:

Cambio de temperatura El calor aplicado a una sustancia ocasiona un aumento en la temperatura; el calor extraído o removido ocasiona un descenso en la temperatura.

Cambio de color La aplicación de calor a los metales ocasiona un cambio en el color; por ejemplo, cuando se calienta el acero, la superficie brillante tendrá un cambio gradual en el color. Según sea la temperatura, se verá una gran variedad de colores. Son los llamados *colores de temple*.

Cambio de estado El calor puede hacer que una sustancia cambie su estado, es decir, que cambie de sólido a líquido o de líquido a gas, tal como el hielo que se convierte en agua y el agua en vapor. El hielo cambia del estado sólido al líquido y luego al gaseoso o vapor debido a la aplicación de calor.

Cambio de volumen (expansión y contracción) La adición de calor a una sustancia hace que las moléculas que la componen se separen y que aumente su volumen. Esto se conoce como *expansión* o dilatación. La remoción del calor (enfriamiento) hace que las moléculas se reúnan y se reduzca su volumen. Esto se conoce como *contracción*. Todas las sustancias se expanden cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían. La expansión de un gas, cuando se calienta, puede ser muy grande y llenar cualquier espacio disponible para aumentar el volumen. Los líquidos y sólidos se expanden en menor grado, porque sus moléculas están más o menos fijas y no tienen tanta libertad para moverse como las de un gas.

Comportamiento del agua

Los distintos líquidos se expanden con diferentes coeficientes, pero el agua tiene un comportamiento anormal, pues se contrae cuando se enfría hasta llegar a 4°C y desde ahí hasta que se congela a 0°C se expandirá. Con enfriamiento adicional por abajo

de 0°C, el hielo se contraerá como cualquier sólido normal.

Esta información es importante para los vehículos que trabajan en climas muy fríos. Cuando baja la temperatura, el agua del sistema de enfriamiento empezará a congelarse y, por tanto, a expandirse y como resultado ejercerá una fuerza tremenda, que puede reventar el radiador y agrietar las camisas de agua. Por esta razón, se utilizan mezclas de agua y anticongelante en el sistema de enfriamiento de los vehículos que trabajan en climas fríos. Los anticongelantes son líquidos con punto de congelación más bajo que el del agua y no se congelarán en el sistema de enfriamiento.

En los climas cálidos y cuando se sobrecalienta el motor, el agua en el sistema de enfriamiento se expandirá y el exceso sale del sistema por el tubo de derrame que se encuentra en el tanque superior del radiador.

Termómetro (Fig. 15.2)

Es un instrumento que se utiliza para medir la temperatura y consiste en un tubo de vidrio con un bulbo lleno de mercurio, que se expande al aplicarle calor. El mercurio sube por un conducto muy pequeño en el tubo de vidrio. Una escala en el tubo está graduada en grados de temperatura. Hay dos puntos fijos en la escala: el punto alto es el de ebullición y el punto bajo el de congelación del agua, aunque hay termómetros graduados para medir temperaturas más altas o más bajas. El agua hierve a 100°C y se congela a 0°C.

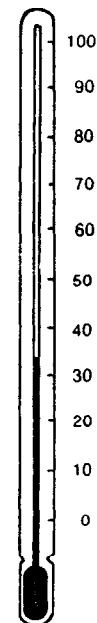


Fig. 15.2 Termómetro de mercurio con escala Celsius. El agua hierve a 100°C y se congela a 0°C

Transferencia del calor

El calor se puede transferir de un lugar a otro. Siempre se moverá desde un objeto o sustancia calientes hacia otros que estén más fríos, aunque el proceso es lento. Si se coloca un extremo de una barra metálica en una llama, se conducirá el calor a lo largo de ella hasta que, si no se pierde calor, toda la barra llegará a la misma temperatura. Este es un ejemplo de la transferencia de calor por el método de conducción. El calor se puede transferir en tres formas distintas: conducción, convección y radiación.

Conducción

En el ejemplo en que se conduce el calor a lo largo de la barra metálica, es transferencia de calor por conducción. En un motor, el calor se conduce desde las cámaras de combustión y a través de las piezas metálicas hasta el sistema de enfriamiento.

En un motor enfriado por aire, el calor se conduce a las aletas de enfriamiento de los cilindros y se disipa en el aire circundante. Los metales son buenos conductores, mientras que el amianto (asbesto), madera, papel y la mayor parte de los materiales no metálicos son malos conductores del calor y se pueden clasificar como aisladores del calor.

Convección

Es el método de transferencia de calor por el movimiento de las moléculas de una sustancia y ocurre con los gases y líquidos, pero no con los sólidos. Cuando se calienta un líquido o un gas dentro de un recipiente, se expande y su densidad se reduce. Esto hace que las partículas calientes sean menos densas que las circundantes y que se eleven a la superficie, a la vez que las partículas más frías y densas caen al fondo del recipiente. Este proceso continúa mientras se aplique calor y establece corrientes de convección en el líquido o gas. Este principio se ilustra en la figura 15.3.

En muchos motores antiguos se utilizaban exclusivamente corrientes de convección para circular el agua por las camisas de agua y el radiador. Ahora se emplea una bomba de agua para aumentar el

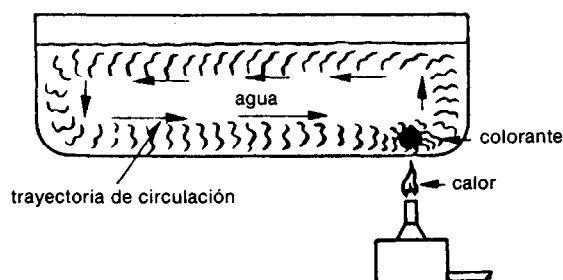


Fig. 15.3 El calor aplicado en un borde de un recipiente produce corrientes de convección en el agua. Un punto de colorante en el recipiente transparente permite ver el efecto con facilidad

caudal y darle circulación positiva al líquido enfriador.

Radiación

En este método de transferencia, el calor se transfiere a través del espacio. El calor del Sol se recibe en esa forma, mediante radiación en forma similar a la luz. La energía se transforma en calor cuando los rayos chocan con un cuerpo que está frío, con lo cual se aumenta la temperatura del cuerpo receptor. Los materiales de colores oscuros irradian mejor el calor que los de color claro; por esta razón, las aletas de enfriamiento en los cilindros y en los radiadores suelen estar pintadas en negro mate, para irradiar el calor con más efectividad al aire circundante. Las sustancias oscuras también absorben mejor el calor.

Transferencia de calor en el sistema de enfriamiento

En la figura 15.4 se muestran las partes básicas de un sistema de enfriamiento y se ilustran con mayor detalle en la figura 15.5. El calor se origina en las cámaras de combustión y se transfiere por conducción a través de la pared de los cilindros y la culata de cilindros hasta las camisas de agua, en donde se transfiere al líquido enfriador. Este líquido caliente se bombea en forma continua desde el motor hasta el radiador, aunque pueden haber ciertas corrientes de convección en las camisas de agua.

El calor del líquido enfriador que llega al radiador se transfiere a las aletas del mismo por conducción y se disipa en el aire que pasa a través del núcleo (panel) del radiador.

El calor también irradia desde el exterior del motor y los tanques del radiador al aire que pasa por el compartimiento del motor y a las partes contiguas del motor y la carrocería.

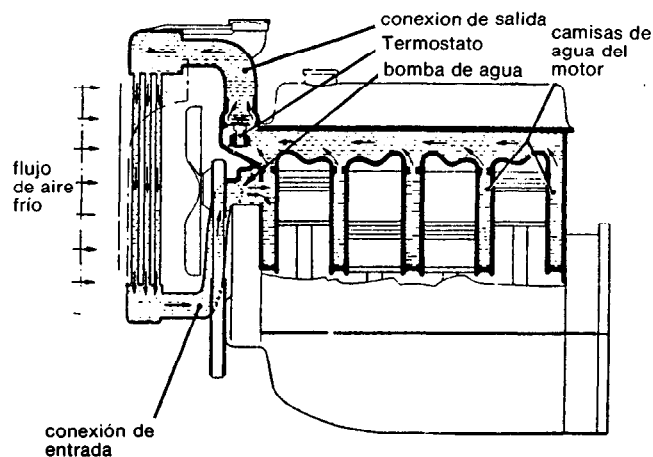


Fig. 15.4 Parte básica de un sistema de enfriamiento FORD

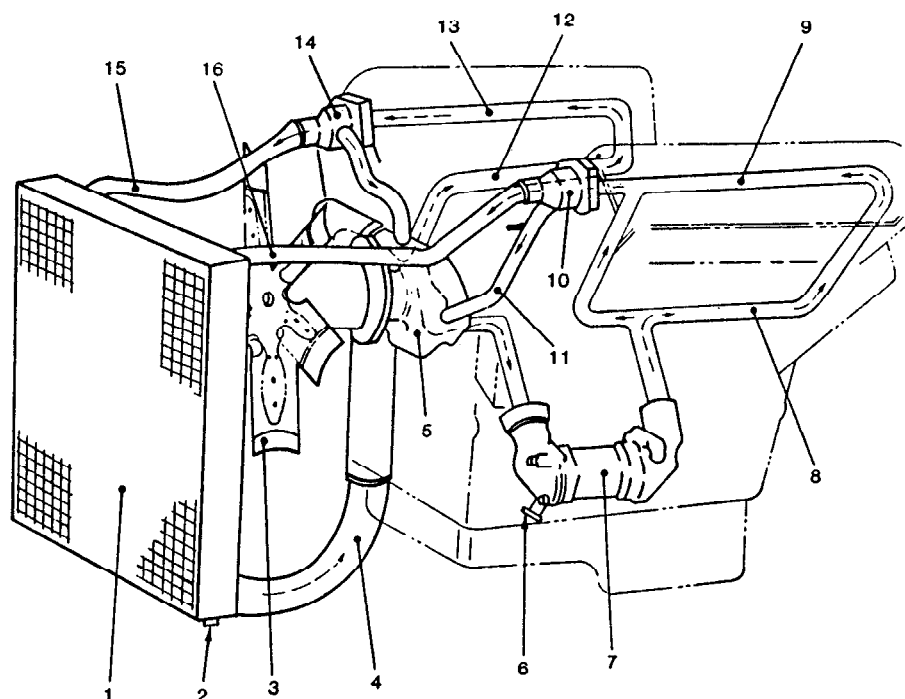


Fig. 15.5 Diagrama del sistema de enfriamiento: 1 radiador, 2 tapón de vaciar, 3 ventilador, 4 tubo de entrada, 5 bomba del agua, 6 drenaje del enfriador de aceite, 7 enfriador de aceite, 8 circulación por bancada izquierda del motor, 9 circulación en culata izquierda, 10 termostato lado izquierdo, 11 derivación, 12 circulación en la culata derecha, 13 circulación en bancada derecha del bloque, 14 termostato lado derecho, 15 manguera superior del radiador lado derecho, 16 manguera superior del radiador lado izquierdo

MITSUBISHI

Cuando el líquido enfriador llega al tanque inferior del radiador se le ha extraído suficiente calor para dejarlo a una temperatura conveniente cuando vuelva a entrar al motor. Luego puede continuar su acción de eliminación del calor que, de otro modo, se volvería excesivo y destruiría las piezas del motor.

Motor enfriado por líquido

En la figura 15.5 se ilustra la ubicación de las diversas partes del sistema de enfriamiento de un motor en V, que incluye un enfriador de aceite.

La bomba 5) del agua en la parte delantera del motor se impulsa con la banda (correa) del ventilador. La bomba succiona el líquido del tanque inferior y entra en ella por el tubo 4) de entrada. Luego, se bombea el líquido por el enfriador 7) de aceite, en donde el calor del aceite lubricante se transmite al líquido enfriador; luego, al banco izquierdo de cilindros y, directamente desde la bomba hasta el banco derecho de cilindros. Como la disposición del sistema es la misma para ambos bancos de cilindros, con la adición del enfriador de aceite en el banco izquierdo, sólo se describirá el flujo del líquido enfriador en el banco izquierdo. Sin embargo, también se aplica para el banco derecho.

Dentro del motor, el líquido enfriador circula alrededor de los cilindros 8) y sube a la culata 9) de

cilindros. El líquido pasa por la culata alrededor de las válvulas y conductos de escape antes de llegar al frente de la culata.

En el frente de la culata, el termostato 10) controla la dirección de flujo del líquido enfriador. Cuando la temperatura de funcionamiento es menor que la normal, se envía al líquido por el conducto de derivación 11) hasta el lado de entrada de la bomba del agua para que recircule en todo el motor.

Cuando el líquido enfriador llega a la temperatura de funcionamiento, se abre el termostato. Entonces, la mayor parte del líquido pasa por la manguera 16) hasta el tanque superior del radiador, en donde se enfría. El resto continúa circulando por el conducto 11) de derivación hasta la bomba del agua. La cantidad de líquido que fluye en cada dirección se controla con el termostato.

El líquido enfriador que va por la derivación, además de desviarse del radiador durante el periodo de calentamiento del motor, también impide la cavitación (burbujas de aire) en el líquido en el lado de entrada a la bomba de agua. La derivación permanece abierta con el motor a temperatura normal y suministra líquido a la bomba. Esto reduce la posibilidad de que ocurra una presión muy baja en el lado de entrada de la bomba y produzca cavitación. El conducto de derivación también tiene una función cuando se llena el sistema de enfriamiento:

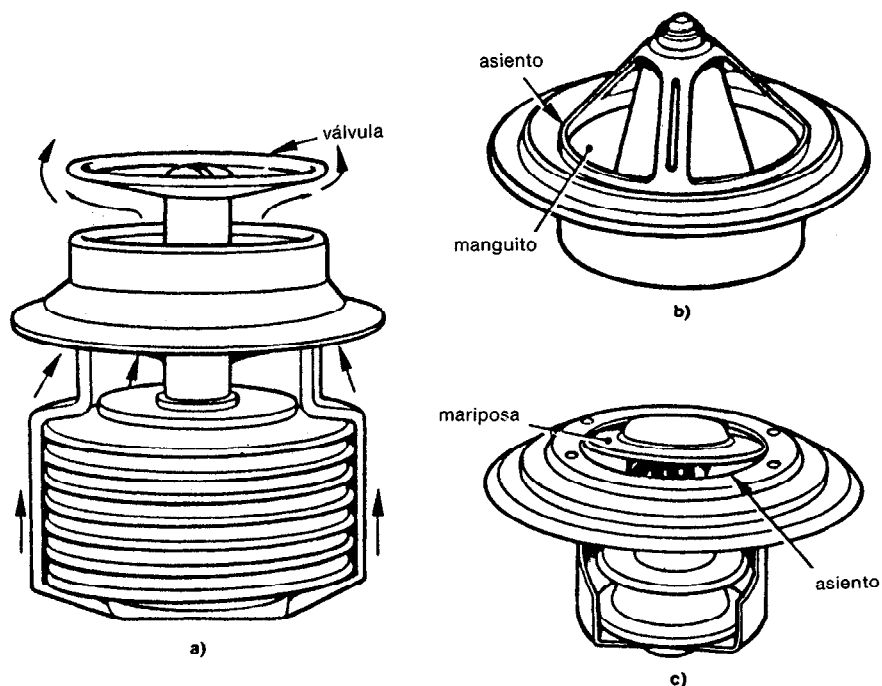


Fig. 15.6 Termostatos para el sistema de enfriamiento del motor: a) tipo de fuelle, b) tipo de manguito, c) tipo de mariposa

el líquido puede pasar del bloque a la culata de cilindros sin pasar por la bomba del agua.

El líquido enfriador es una mezcla de agua con aditivos químicos para reducir la corrosión. En vehículos que trabajan en lugares muy fríos se agrega anticongelante al agua durante el invierno.

En las siguientes secciones se describen con mayor detalle las partes del sistema de enfriamiento por líquido.

Termostato

El termostato está instalado en la conexión o codo de salida de agua en el frente de la culata de cilindros. Su finalidad es cerrar la salida hacia el tanque superior del radiador cuando el motor está frío, para que el líquido no pase por el radiador. Esto permite que el motor alcance su temperatura normal de funcionamiento con mayor rapidez.

El termostato consta de un elemento detector o sensor y una válvula. El elemento sensor es una cápsula hermética que contiene un material que es un tipo de parafina y que se expande con el calor. Un pistón pequeño en la cápsula está conectado con la válvula. Cuando aumenta la temperatura del líquido y se calienta el sensor, la parafina se expande y mueve en forma gradual el pistón que abre la válvula. Esto permite que el líquido circule por la válvula y llegue al radiador.

Hay dos tipos básicos de termostatos que para identificación se pueden denominar como de tipo de mariposa y de tipo en derivación. Son de muchos

diseños diferentes y se ilustran tres de ellos en la figura 15.6. El tipo de fuelle contiene un líquido que se vaporiza cuando está caliente y hace que se expanda el fuelle y se abra la válvula. Los tipos de manguito y mariposa funcionan con la expansión de la parafina.

Los *termostatos del tipo de placa de cierre* tienen una válvula del tipo de placa que se abre a una temperatura determinada para permitir que el líquido enfriador pase al radiador. La circulación del líquido continúa en la derivación con un caudal constante, porque no lo altera la acción del termostato. La regulación de la temperatura del motor se logra con el control de flujo del líquido por el radiador.

Los *termostatos de derivación* tienen una válvula del tipo de manguito (camisa) y en algunos casos, una doble válvula que además de abrirse para dejar pasar el líquido al radiador, al mismo tiempo cierra el conducto de derivación. La regulación de la temperatura del motor se logra con el control del flujo de líquido por el radiador y por la derivación.

En la figura 15.7 se ilustra el funcionamiento de un termostato de derivación con válvula de manguito, en las posiciones de motor frío y caliente. En el diagrama se muestran los tres conductos para líquido enfriador en la cubierta del termostato: A) conducto en la culata de cilindros en el cual se coloca el elemento o sensor del termostato, B) conducto al radiador y C) conducto de derivación para retorno a la entrada a la bomba del agua.

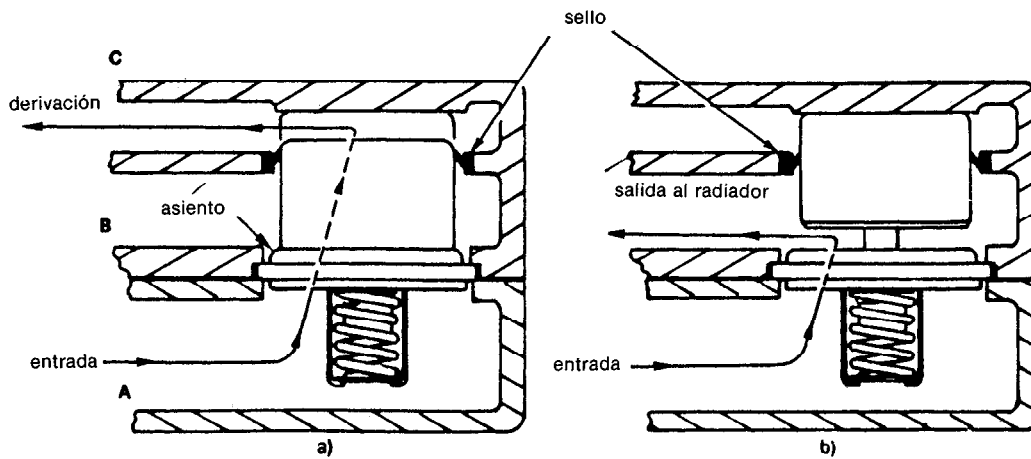


Fig. 15.7 Funcionamiento del termostato para derivación con válvula del tipo de manguito: a) motor frío, b) motor caliente

CUMMINS

Con el motor frío, el manguito del termostato descansa en su asiento, con lo cual cierra el conducto B) al radiador. El líquido circula por el interior del manguito hasta el conducto C) de derivación. Un sello alrededor del exterior del manguito impide los escapes entre los conductos B) y C).

En la posición con motor caliente, el material de expansión térmica en el sensor o elemento se expande para separar al manguito de su asiento y permitir el paso del líquido por el conducto B) hasta el radiador. Al mismo tiempo, el manguito cierra el conducto C) de derivación.

En un punto entre la temperatura de apertura inicial y la de apertura total del termostato, por ejemplo, en 80°C y 85°C, la válvula del mismo permitirá circular el líquido por el radiador y por la derivación para tener un control más eficaz de la temperatura del motor.

Termostatos dobles

En algunos motores grandes se utilizan dos termostatos. En los motores en V se utiliza un termostato en cada banco de cilindros. En los motores en línea se pueden utilizar termostatos dobles (Fig. 15.8). Esto permite tener conductos más grandes para un mayor flujo de líquido enfriador. Estos termostatos también son del tipo de derivación; cuando se abre la válvula para salida, se cierra la válvula para derivación.

Camisas de agua

El bloque y la culata de cilindros tienen camisas de agua, que son un conducto que rodea los cilindros y dentro de la culata (cabeza) para conducir el líquido enfriador. Las camisas de agua son parte integral de fundición en el bloque y la culata. Debido a que los asientos y guías de válvulas necesitan enfriamiento, la culata incluye camisas de agua que dejan llegar el líquido a esas zonas. El tamaño de los conductos y

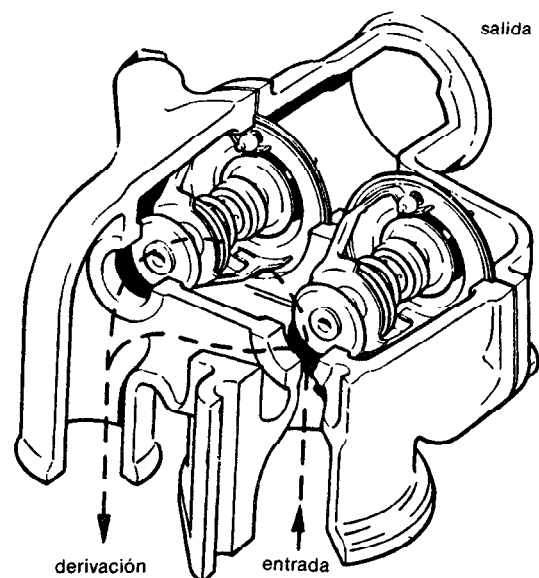


Fig. 15.8 Termostatos dobles en una cubierta BEDFORD

la posición de los desviadores dirigen el flujo del líquido.

Bomba de agua

La bomba de agua suele ser del tipo con impulsor y se monta en el frente del bloque de cilindros, entre éste y el radiador. La bomba (Fig. 15.9) consta de una cubierta, con aberturas para entrada y salida del líquido y un impulsor. Cuando gira el impulsor, el agua que hay entre las aspas es lanzada hacia fuera por la fuerza centrífuga y tiene que pasar por la salida de la bomba hacia el bloque de cilindros. La entrada a la bomba está conectada por una manguera con el tanque inferior del radiador; la bomba succiona el líquido para reemplazar al que descarga por la salida.

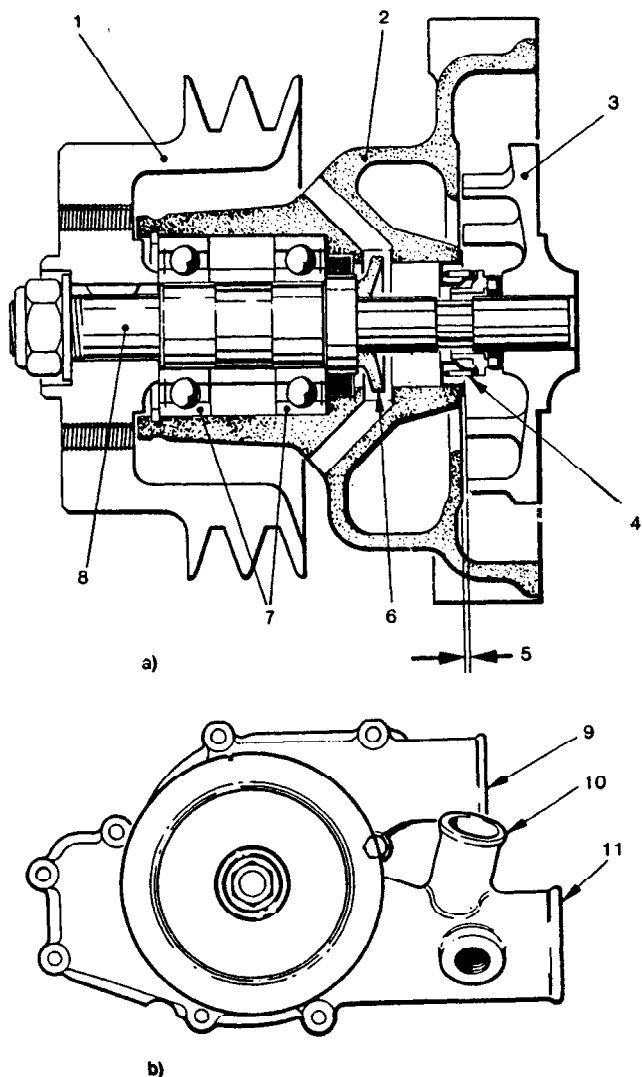


Fig. 15.9 Bomba del agua: a) sección de la bomba, b) vista delantera de la bomba: 1 polea, 2 cubierta, 3 impulsor, 4 sello, 5 holgura, 6 desviador, 7 cojinetes, 8 eje, 9 salida, 10 conexión para derivación, 11 entrada del líquido enfriador

PERKINS

El eje del impulsor está montado en uno o más cojinetes y se emplea un sello para impedir las fugas de líquido alrededor del cojinete. La bomba se impulsa con una banda desde la polea en la parte delantera del cigüeñal. En algunos motores grandes se utiliza una bomba de agua impulsada por engranes.

Ventilador

En los motores pequeños el ventilador suele estar montado en el eje de la bomba del agua y se impulsa con la misma banda que mueve la bomba y el alternador. En los motores grandes, el ventilador está montado en un cubo separado.

La finalidad del ventilador es producir una fuerte succión y corriente de aire a través del núcleo

(panel) del radiador. En algunos motores se utiliza una (tolva) bóveda de ventilador para mejorar su eficacia. La tolva aumenta la eficiencia porque todo el aire que succiona el ventilador pasará a través del núcleo del radiador.

Ventilador del tipo de empuje

Casi todos los ventiladores succionan el aire desde el frente del radiador y se aprovecha el avance del vehículo para ayudar en el flujo de aire. Sin embargo, cuando el motor está instalado en un equipo que se mueve a muy baja velocidad y que funciona en condiciones en las que existe la posibilidad de succionar polvo y otros cuerpos extraños hacia el núcleo del radiador, se utiliza un ventilador del tipo de empuje o inverso, que empuja el aire desde la parte trasera hacia el frente del radiador, con lo cual es menos probable que el núcleo se obstruya o se dañe.

Correa (banda) del ventilador

La correa (banda) del ventilador es del tipo en V (trapezoidal). La fricción entre los lados de la correa y los lados de las ranuras de la polea, hacen que se transmita la potencia por medio de la correa de una polea a la otra. La correa en V tiene una superficie grande de contacto y puede transmitir una potencia considerable; la acción de acúñamiento de la correa en las ranuras de la polea ayuda a evitar el deslizamiento (patinaje) de la correa. En los motores pequeños se utiliza una sola correa; en los grandes, dos o tres.

Impulsor de velocidad variable para el ventilador

En algunos motores se utiliza un impulsor de velocidad variable para el ventilador que consume menos potencia a alta velocidad del motor y también cuando se requiere menos enfriamiento. El impulsor de velocidad variable (Fig. 15.10) tiene un pequeño acoplamiento fluido lleno con un aceite especial de siliconas. Cuando se requiere máximo

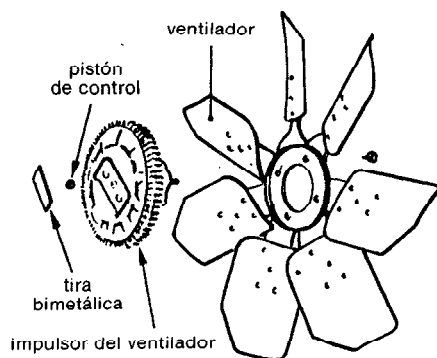


Fig. 15.10 Conjunto de impulsor del ventilador. El impulsor tiene un pequeño cople fluido que varía la velocidad de acuerdo con los requerimientos de funcionamiento del motor

FORD

enfriamiento del motor, por ejemplo con alta temperatura y alta velocidad, se inyecta más aceite al acoplamiento fluido y éste transmite más potencia a través del cople, con lo cual aumenta la velocidad del ventilador. Cuando se requiere menos enfriamiento, como en tiempo frío o durante el funcionamiento a velocidades medianas, se extrae aceite del acoplamiento fluido, con lo cual éste transmite menos potencia y se reduce la velocidad del ventilador.

La cantidad de aceite dentro del acoplamiento fluido y, por tanto, la velocidad del ventilador, se controlan con una tira bimetálica que está sujeta en sus dos extremos con grapas en la cara del impulsor del ventilador. Esta tira es sensible a la temperatura del aire en el compartimiento del motor. Cuando aumenta la temperatura, la tira se curva hacia fuera y esto permite que un pistón de control ubicado en el centro del impulsor se mueva hacia fuera. Este movimiento del pistón hace que penetre más aceite al acoplamiento fluido y que aumente la velocidad del ventilador para tener mayor enfriamiento. Cuando se reduce la temperatura, la tira bimetálica se endereza y mueve al pistón de control hacia dentro, con lo cual el aceite sale del acoplamiento fluido y se reduce la velocidad del ventilador.

Ventilador Thermatic

Los ventiladores Thermatic de velocidad variable para motores grandes tienen un embrague de discos múltiples en el impulsor, que se acopla normalmente por presión del resorte para que el ventilador gire junto con la polea. Cuando no se requiere enfriamiento, se utiliza aire comprimido para desacoplar el embrague, con lo cual gira la polea pero no el ventilador.

El control del embrague es con una válvula térmica de control, que tiene el sensor en la salida de líquido enfriador para detectar la temperatura del mismo. El sensor hace funcionar una válvula para aire que deja entrar aire comprimido para desacoplar el embrague de discos múltiples cuando no se necesita enfriamiento.

Radiador

El radiador es un intercambiador de calor que permite transferir el calor del líquido enfriador del motor al aire, más frío, que pasa a través del mismo. Consta de un tanque superior y uno inferior, con el núcleo (panal) entre ellos. El núcleo tiene dos secciones separadas: el líquido pasa por una y el aire por la otra. En la figura 15.11 se ilustran dos construcciones diferentes de núcleos de radiador. En el tipo de tubos y aletas centrales, *a*), se emplean tubos verticales para el líquido con aletas en forma de tiras sujetas en cada lado de los tubos. En la construcción de aletas y tubos, *b*), se emplean aletas horizontales. Esta construcción se puede ver con mayor detalle en la figura 15.12; este tipo de núcleo

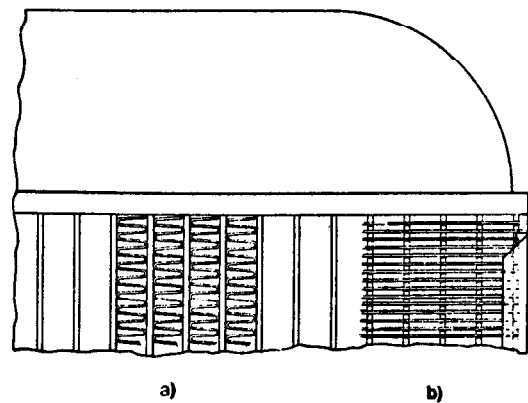


Fig. 15.11 Dos tipos de construcción de núcleos de radiador

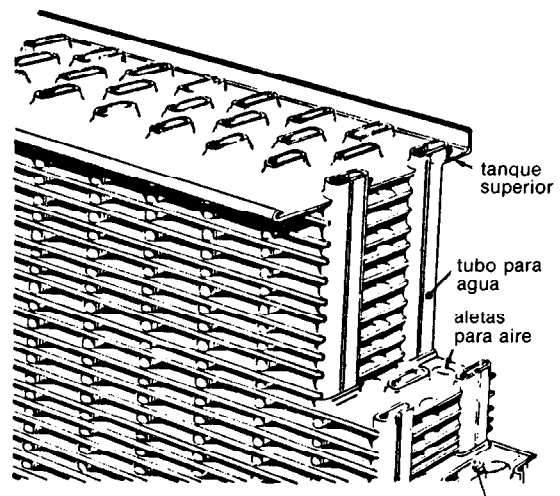


Fig. 15.12 Construcción del radiador con núcleo de tubos

tiene mayor superficie de aletas y, por tanto, más capacidad de enfriamiento.

El líquido enfriador pasa de la parte superior a la inferior del radiador. El aire pasa del frente hacia la parte posterior del radiador en casi todas las instalaciones y absorbe el calor en las aletas; éstas, a su vez, absorben el calor del líquido que baja por los tubos. En esta forma, se reduce la temperatura del líquido enfriador.

Tapón de presión para el radiador

A fin de mejorar la eficiencia del enfriamiento y evitar las pérdidas por evaporación y derrames, se utiliza un tapón de presión en el radiador de muchos vehículos (Fig. 15.13). A nivel del mar y presión atmosférica, el agua hierve a 100°C. A mayores altitudes, en que la presión atmosférica es menor, el agua hervirá a temperaturas más bajas.

Con presiones altas, se aumenta la temperatura de ebullición del agua. Por cada 10 kPa adicionales,

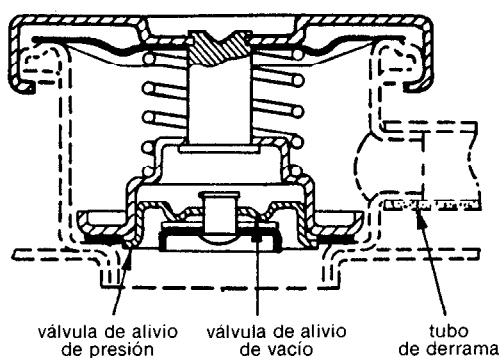


Fig. 15.13 Corte seccional de un tapón de presión para radiador MITSUBISHI

el punto de ebullición aumenta alrededor de 2°C (Fig. 15.14). El empleo del tapón de presión en el radiador aumenta la presión dentro del sistema de enfriamiento, con lo cual el líquido circula a temperaturas más altas sin que haya ebullición. El líquido pasa del motor al radiador a una temperatura más alta; la diferencia en temperatura entre el líquido que hay dentro del radiador y el aire que lo circunda es más grande, con lo cual mejora la transferencia del calor.

Funcionamiento del tapón

El tapón de presión se coloca en el tubo o cuello llenador del radiador y produce un sello hermético alrededor de los bordes. El tapón tiene dos válvulas, una de presión y una de vacío.

La *válvula de presión* consiste en una válvula mantenida contra un asiento mediante un resorte calibrado. El resorte mantiene cerrada la válvula para que se produzca presión en el sistema de enfriamiento. Si la presión aumenta a más de la especificada para el sistema, la válvula de presión se levanta de su asiento y descarga el exceso de presión.

Hay tapones de presión que pueden producir hasta 100 kPa en el sistema, con lo que el punto de ebullición del agua sube a más de 125°C .

La *válvula de vacío* está destinada a impedir la formación de un vacío dentro del sistema de enfria-

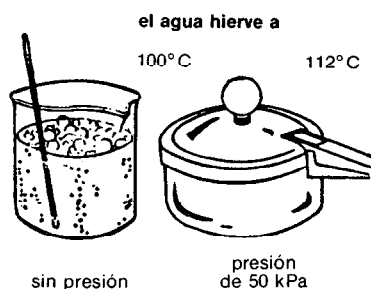


Fig. 15.14 El agua en un recipiente abierto hierve a 100°C (a nivel del mar). Cuando se pone en un recipiente a una presión de 50 kPa, el punto de ebullición se eleva a 112°C REPCO

miento cuando se para el motor y empieza a enfriarse. Si se forma un vacío, la presión atmosférica en el exterior hace que se abra la válvula de vacío y que entre aire al radiador. Sin la válvula de vacío, la presión dentro del radiador podría reducirse al grado de que la presión atmosférica ocasionaría la contracción o aplastamiento de las mangueras y, probablemente, del radiador.

Los tapones de presión tienen diversas capacidades de presión como se señala a continuación. Al nivel del mar, en donde el agua hierve a 100°C , el punto de ebullición en el radiador se eleva como sigue:

Capacidad de presión del tapón (kPa)	Punto de ebullición aproximado ($^{\circ}\text{C}$)
30	108
50	112
70	116
90	120

Sistemas de enfriamiento sellados

Los sistemas de enfriamiento sellados no tienen respiración o descarga directas a la atmósfera, sino que tienen un depósito para líquido conectado en el sistema. En la figura 15.15 se ilustra el sistema en un

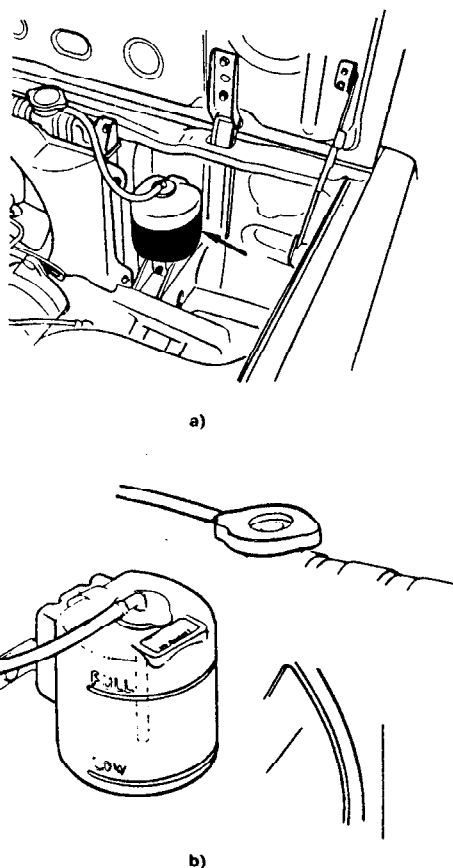


Fig. 15.15 Depósito para líquido enfriador a) depósito en una posición cercana al radiador, b) depósito MAZDA

motor pequeño, con el depósito conectado con el respiradero en el tanque superior del radiador. El depósito suele ser de plástico transparente para poder ver el nivel del líquido; además tiene marcas para indicar nivel alto y bajo.

Cuando funciona el motor, el líquido se calienta y se expande y una parte fluye desde el radiador hacia el depósito, en donde aumenta el nivel. Cuando se para el motor, se reduce la temperatura del líquido enfriador y éste retorna desde el depósito hasta el radiador. Con este método, el sistema de enfriamiento se mantiene lleno en todo momento. No hay que quitar el tapón del radiador para comprobar el nivel del líquido; sólo hay que observar el nivel dentro del depósito.

Los sistemas sellados no sólo mantienen el sistema lleno con líquido en todo momento para tener enfriamiento más eficiente, sino que también impiden la entrada de aire al sistema y ayudan a reducir los efectos de la oxidación y la corrosión.

Sistema de enfriamiento con tanque auxiliar

En la figura 15.16 se ilustra un sistema de enfriamiento de un motor instalado en un vehículo pesado y se mencionan las diversas partes. Además del radiador, ventilador y bomba del agua que trabajan en la forma normal, el sistema tiene un tanque auxiliar 9) y tubos que lo conectan con diversas partes del sistema. Con esto, no sólo se tiene más

cantidad de líquido enfriador sino también se elimina el aire del sistema y también se evitan pérdidas de líquido por derrame del radiador.

Cuando el motor está en marcha, la bomba del agua hace circular el líquido desde el tanque inferior del radiador a lo largo del bloque y la culata de cilindros hasta el tanque superior del radiador. Cualquier aire atrapado en el líquido descargará por el tubo 4) de respiración del radiador hacia el tanque auxiliar 9). Un tubo 6) de respiración del motor desde la cubierta 5) del termostato sirve para la respiración en ese lugar, pues conduce algo de líquido enfriador con el aire que contenga hasta el tanque auxiliar.

A través del tubo 11) se suministra líquido desde el fondo del tanque auxiliar hasta la entrada de la bomba de agua para compensar el volumen de aire expulsado del sistema por los tubos de respiración. Con esto, se mantiene el sistema lleno con líquido.

El radiador tiene un tapón 13) de una pieza, fijo, que no se suele quitar. El líquido necesario para aumentar el nivel del sistema se agrega en el tanque auxiliar; éste tiene tapón 8) de presión y un conducto 10) para derrame.

Radiador con tanque auxiliar

La función del tanque auxiliar se puede incluir en un tanque superior más grande en el radiador, que además de contener más líquido, tiene un espacio en la parte superior del tanque en donde se descarga el aire, como se ilustra en la figura 15.17. El tubo 7)

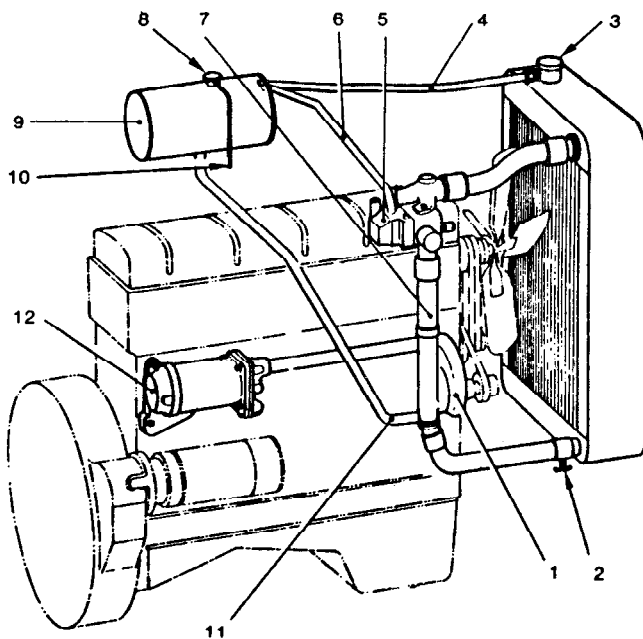


Fig. 15.16 Sistema de enfriamiento con tanque auxiliar: 1 bomba del agua, 2 tapón de vaciar, 3 tapón de una pieza, 4 tubo de respiración del radiador, 5 cubierta del termostato, 6 tubo de respiración del motor, 7 derivación, 8 tapón de presión, 9 tanque auxiliar, 10 derrame, 11 tubo para llenado, 12 enfriador de aceite

CUMMINS

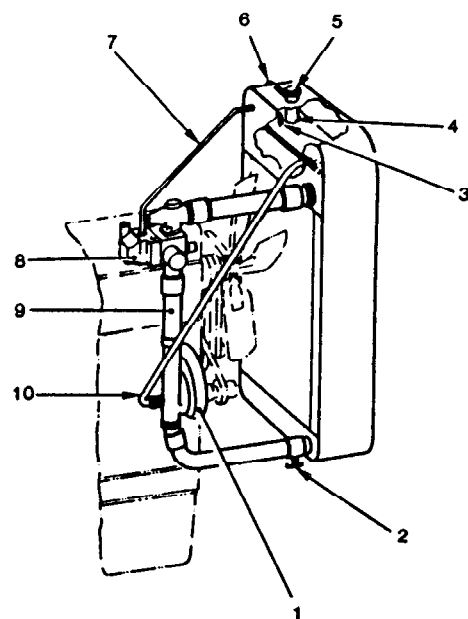


Fig. 15.17 Radiador con tanque auxiliar: 1 bomba del agua, 2 tapón de vaciar, 3 tubo de respiración del núcleo, 4 extensión y respiradero del llenador, 5 tapón de presión, 6 derrame, 7 tubo de respiración del motor, 8 cubierta del termostato, 9 derivación, 10 tubo para llenado

CUMMINS

de respiración del motor está conectado en el tanque superior del radiador más arriba del nivel del líquido a fin de que descargue en el espacio de aire; el tubo 10) de llenado está conectado en el tanque en un lugar debajo del nivel de líquido, para enviar el líquido necesario, libre de aire, al lado de entrada de la bomba del agua.

Aereación y desaereación

La aereación o arrastre de aire, designa las burbujas de aire mezcladas con el líquido enfriador en el sistema. La desaereación es la separación del aire y el líquido en el sistema. Los tubos de respiración del sistema antes descrito, ayudan en la desaereación, a la vez que otros componentes como las placas desviadoras (rompeolas) en el tanque superior del radiador, el tamaño del tanque o el empleo de un tanque auxiliar reducen las posibilidades de aereación.

La aereación puede ser a causa de bajo nivel de líquido enfriador, por el efecto de una elevada turbulencia en un tanque superior sin rompeolas o por aire atrapado en el sistema durante el llenado inicial, por ejemplo, en el calefactor para la cabina.

Intercambiadores de calor

En algunas instalaciones de motores, por ejemplo los marinos, se utiliza un intercambiador de calor en lugar de radiador. El intercambiador tiene una serie de tubos por los cuales se bombea el agua de mar o agua "cruda" según el caso. El líquido enfriador del motor disipa su calor en el agua "cruda" que está más fría.

En la figura 15.18 se ilustra este tipo de sistema de enfriamiento. Se utiliza una bomba separada, llamada bomba para agua "cruda" que la toma en el exterior del casco de la embarcación mediante el tubo 1) de entrada. Se utilizan coladores (pichanchas) para impedir la entrada de sólidos. El agua cruda se circula por los tubos del intercambiador de calor 3) y se descarga por el tubo 2) de salida.

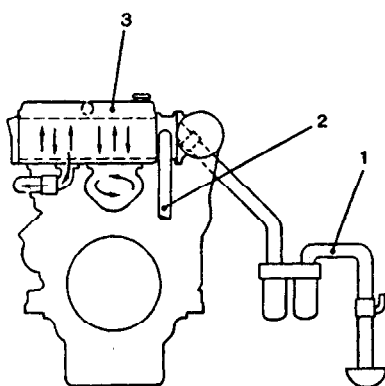


Fig. 15.18 Intercambiador de calor: 1 entrada de agua "cruda", 2 salida de agua "cruda", 3 intercambiador de calor CUMMINS

El líquido enfriador circula por el motor en la forma normal y se enfría cuando pasa alrededor de los tubos en el intercambiador de calor. El empleo del intercambiador de calor permite emplear agua de mar, que es muy corrosiva para el enfriamiento, sin que haga contacto con el interior del sistema de enfriamiento del motor.

Los intercambiadores de calor se emplean también en algunas aplicaciones industriales y se circula en ellos agua del servicio municipal o de otra fuente.

El intercambiador de calor se puede proteger contra la acción electrolítica con un electrodo de zinc instalado en el lado para agua "cruda" del sistema; es un electrodo llamado de sacrificio cuyo tamaño se reduce en forma gradual por la acción electroquímica. Esta acción puede ocurrir en otras partes metálicas del intercambiador de calor, pero conforme se carcome el zinc, esas partes quedan protegidas.

Enfriamiento en la quilla

En la figura 15.19 se ilustra un sistema de enfriamiento en la quilla. En este caso, el intercambiador consta de cierto número de tubos de cobre montados en el exterior del casco de la embarcación, paralelos con la quilla.

El líquido enfriador del motor se hace circular por los tubos de enfriamiento en la quilla y el calor del líquido se transfiere al agua en que están sumergidos los tubos.

Bomba para agua "cruda"

En la figura 15.20 se ilustra una bomba para agua "cruda". Tiene impulsor de caucho (hule) sintético que gira en un cuerpo de bomba o carcasa. Se lubrica con el agua que bombea; por tanto, nunca debe funcionar en seco. Si es necesario, se puede cebar la bomba antes de poner en marcha el motor.

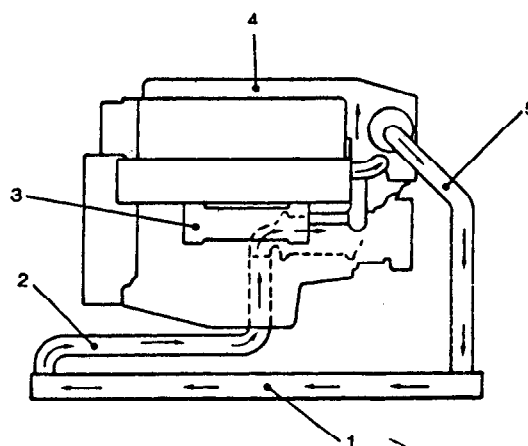


Fig. 15.19 Enfriamiento en la quilla: 1 tubos en la quilla, 2 tubo de agua al motor, 3 enfriador de aceite, 4 tanque distribuidor, 5 tubo de agua del motor CUMMINS

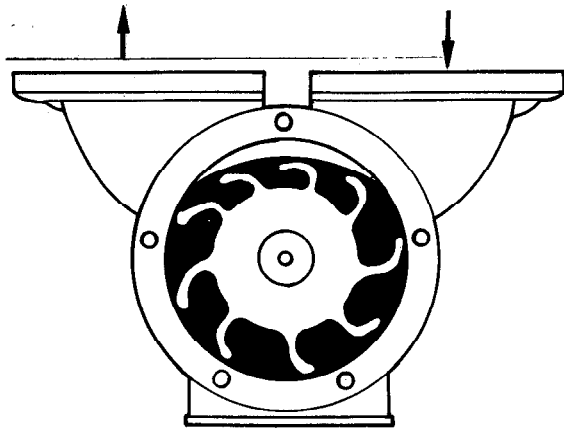


Fig. 15.20 Bomba para agua "cruda"; se ilustra el impulsor en su cuerpo CUMMINS

La rotación del impulsor en su cuerpo o carcasa succiona el agua en la entrada de la bomba y la lleva entre las aspas del impulsor y la carcasa de la bomba y la descarga en la salida. Un excéntrico instalado en la cubierta hace que las aspas se flexionen como se ilustra, lo cual ayuda a desplazar el agua cuando llega a la salida de la cubierta.

Postenfriador

En muchos motores turbocargados se utiliza un postenfriador o interenfriador, como se describe en el capítulo 18. Los componentes del postenfriador se ilustran en la figura 15.21. Constan de una cubierta en la cual hay un núcleo (panal) por el cual se circula el líquido enfriador. El aire de admisión del turbocargador que se hace pasar por el postenfria-

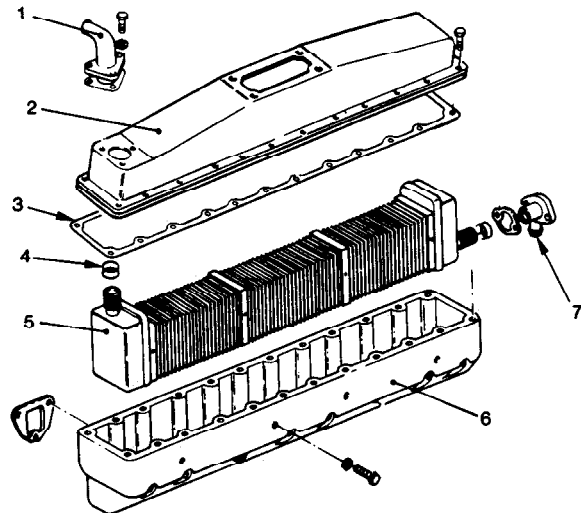


Fig. 15.21 Componentes del postenfriador: 1 salida de líquido enfriador, 2 tapa, 3 junta, 4 sello anular, 5 núcleo, 6 cubierta, 7 entrada de líquido enfriador CUMMINS

dor, se mueve alrededor de las aletas del núcleo. Con esto se extrae el calor del aire y se le reduce su temperatura. En la figura 27.21 se ilustra un motor con postenfriador.

Líquido enfriador

El líquido enfriador es la solución que circula por las camisas de agua del motor. Consiste en una mezcla de agua con aditivos químicos especiales para proteger el sistema de enfriamiento y el motor. El líquido enfriador tiene una función muy importante y debe cumplir con los siguientes requisitos:

1. Producir transferencia adecuada del calor.
2. Evitar la corrosión.
3. Evitar la formación de incrustaciones, herrumbre y depósitos.
4. Ser compatible con los sellos y mangueras.
5. Proteger contra la congelación en climas muy fríos.

Aunque el agua simple permite la transferencia del calor, se necesita agregar inhibidores de corrosión para evitar la corrosión y la formación de incrustaciones en el sistema de enfriamiento. Para climas muy fríos, también se emplean anticongelantes para impedir que se congele el agua.

Inhibidores de corrosión

Los inhibidores de corrosión (anticorrosivos) son compuestos solubles en agua que protegen las superficies metálicas del sistema de enfriamiento contra un ataque corrosivo. Los productos inhibidores, disponibles en el comercio, que son una combinación de productos químicos, protegen contra la corrosión, controlan el pH y suavizan el agua.

Los inhibidores de corrosión más comunes son cromatos, boratos, nitratos y aceite soluble. La mayoría de los inhibidores utilizan cromatos; en otros se usan compuestos diferentes. El aceite soluble se utiliza sin mezclar, aunque ha sido sustituido por inhibidores más eficaces y ya no se recomienda para los motores Diesel.

Los inhibidores de corrosión a base de cromato no son compatibles con el anticongelante a base de etilenglicol y no se deben mezclar. Los inhibidores de otros tipos sí son compatibles y se pueden emplear juntos para proteger contra la corrosión y la congelación.

Soluciones anticongelantes

Se necesitan soluciones anticongelantes para que el agua no se congele a temperaturas menores de 0°C. Si se congela el agua simple en el motor, la fuerza de expansión, con frecuencia, puede agrietar el bloque de cilindros y el radiador. El anticongelante mezclado con el agua impide la congelación. Un buen anticongelante se debe mezclar con facilidad con el agua, evitar la congelación de la mezcla a la temperatura más baja que se espere, y debe circular con

libertad. No debe producir corrosión en el sistema de enfriamiento ni perder sus propiedades después de un largo tiempo de uso.

Los anticongelantes más comunes son el alcohol (o a base de alcohol) y el etilenglicol. Los materiales con base de alcohol se usan sólo provisoriamente porque se evaporan a temperaturas inferiores al punto de ebullición del agua y desaparecen en forma gradual. Se requieren adiciones periódicas para mantener una solución anticongelante con la concentración adecuada.

El anticongelante a base de etilenglicol es del tipo permanente, porque no se evapora al punto de ebullición del agua.

El anticongelante se mezcla con agua en diversas proporciones de acuerdo con las temperaturas esperadas. Cuanto más baja sea la temperatura mayor es la proporción de anticongelante en la mezcla para evitar su congelación.

Filtros y acondicionadores de agua

En algunos sistemas de enfriamiento se utiliza un filtro y acondicionador de agua, que se monta en el motor como se ilustra en la figura 15.22. El filtro está conectado por mangueras con el sistema de enfriamiento y el líquido enfriador pasa por el filtro. El filtro produce acción filtrante continua, para eliminar impurezas, partículas de herrumbre y otros cuerpos extraños en el sistema. Para mantener la concentración de inhibidor de corrosión en el sistema de enfriamiento, libera los compuestos que controlan el grado de acidez (pH) del líquido, además



Fig. 15.22 Filtro y acondicionador de agua instalado en el motor CUMMINS

de que sirve para la adición de inhibidores de corrosión y para suavizar el agua, con lo cual se reduce la formación de incrustaciones.

El tamaño del filtro y acondicionador de agua va de acuerdo con la capacidad del sistema de enfriamiento. Hay que hacer análisis periódicos de la concentración del inhibidor para asegurarse que se está suministrando la cantidad correcta. Los filtros se deben reemplazar a los intervalos recomendados. El filtro que se ilustra es del tipo de rosca e incluye, además del elemento filtrante, compuestos químicos para mantener la concentración de inhibidor en el sistema.

Cuando se vacía (drena) el sistema de enfriamiento y se cambia el líquido, hay que agregar la cantidad recomendada de inhibidor de corrosión al agua y reemplazar el filtro.

Indicadores de temperatura

Para informar al conductor de la temperatura del líquido en el sistema de enfriamiento, se utiliza un indicador de temperatura. Un aumento anormal en la temperatura es señal de condiciones anormales en el motor. El indicador avisa al conductor para que detenga el motor antes de que ocurran daños serios.

El indicador puede ser un instrumento que señala la temperatura del líquido en grados, una luz de alarma o ambos. En algunos motores estacionarios, se emplea un paro de seguridad por alta temperatura. Es sensible a la temperatura del líquido y efectúa el paro automático del motor si la temperatura es excesiva.

Calefactor para la cabina

Muchos vehículos están equipados con un calefactor por agua caliente para la cabina. El calefactor se podría considerar como un radiador secundario que transfiere el calor del sistema de enfriamiento al aire en el compartimiento para pasajeros o la cabina en vez de disiparlo en el aire que pasa por el radiador principal. El líquido enfriador caliente del motor se circula por el núcleo del calefactor y un motor eléctrico pequeño impulsa un soplador que hace pasar el aire a través del núcleo del radiador, en donde el aire absorbe el calor.

Motores enfriados por aire

Los motores enfriados por aire están equipados con aletas metálicas en el exterior de los cilindros y la culata para irradiar el calor del motor al aire circundante. Los cilindros suelen estar separados entre sí para permitir la libre circulación del aire alrededor de ellos. Se utiliza un ventilador para producir un flujo forzado y ductos para llevar el aire a los cilindros; éstos se encuentran rodeados por (tolvas) bóvedas metálicas para dirigir el aire a través de las aletas en los cilindros y culatas.

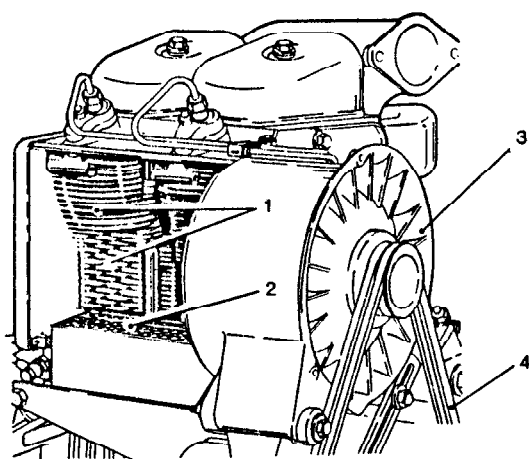


Fig. 15.23 Motor básico enfriado por aire: 1 aletas en el cilindro y culata, 2 enfriador de aceite, 3 ventilador, 4 bandas V DEUTZ

En la figura 15.23 se ilustra el sistema de enfriamiento en un motor de dos cilindros. El ventilador en la parte delantera del motor se impulsa con dos bandas en V para producir flujo axial de aire; éste entra por el frente del ventilador y sus aspas en rotación lo envían hacia el motor. Hay tolvas y placas desviadoras dispuestas de modo de dirigir el

aire entre las aletas en los cilindros y las culatas para disipar el calor.

En la figura 15.24 se ilustra un motor V-8, en un corte que permite ver las piezas internas del motor. El ventilador está montado en el frente del motor en un lugar en el cual envía el aire a lo largo de la V entre los dos bancos de cilindros. Unas tolvas de lámina en la parte superior del motor rodean los cilindros y retienen el aire de modo que sólo pueda escapar rodeando los cilindros en cada lado del motor. Con ello, el aire frío que pasa sobre las aletas en los cilindros y culatas arrastra el calor y enfría el motor.

El motor que se ilustra tiene ventilador con control hidráulico, que permite controlar el volumen de aire del ventilador con la variación de la velocidad y, esto, a su vez, controla la temperatura del motor. En la figura 15.25 se ilustran el ventilador y sus controles. El ventilador se impulsa con un eje por medio de un acoplamiento hidráulico, con control termostático para variar la velocidad del ventilador. Durante el funcionamiento, el aceite del sistema de lubricación se conduce por el tubo 5) por el termostato 3) y, luego, por el tubo 4) para aceite de control para enviar aceite al acoplamiento hidráulico 6). El aceite también pasa por un filtro

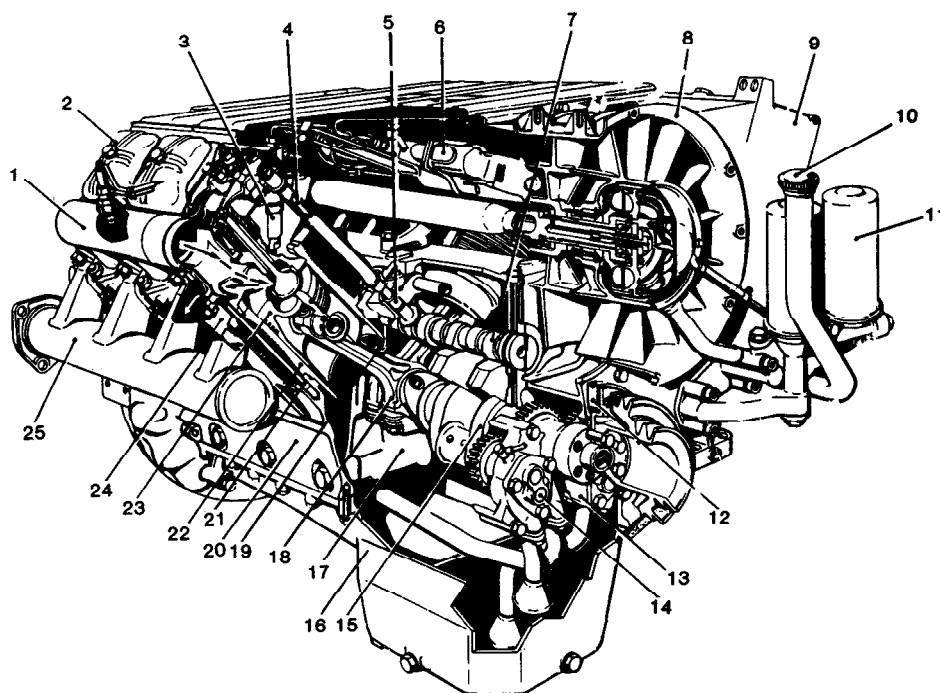


Fig. 15.24 Corte de un motor Deutz V-8 enfriado por aire: 1 múltiple de admisión de aire, 2 tapa de balancines, 3 inyector, 4 varilla de empuje, 5 seguidor de levas, 6 bomba de inyección, 7 árbol de levas, 8 ventilador con control hidráulico, 9 enfriador de aceite, 10 tubo para llenado de aceite, 11 filtro de aceite, 12 amortiguador de vibración, 13 bomba del aceite, 14 bomba de transferencia (sólo para "carter" tipo seco), 15 cigüeñal, 16 depósito de aceite, 17 tapa de cojinete principal, 18 biela, 19 boquilla para enfriamiento de pistones, 20 falda del bloque, 21 tornillo antifatiga para culata de cilindros, 22 cilindro, 23 pistón, 24 culata de cilindros, 25 múltiple de escape

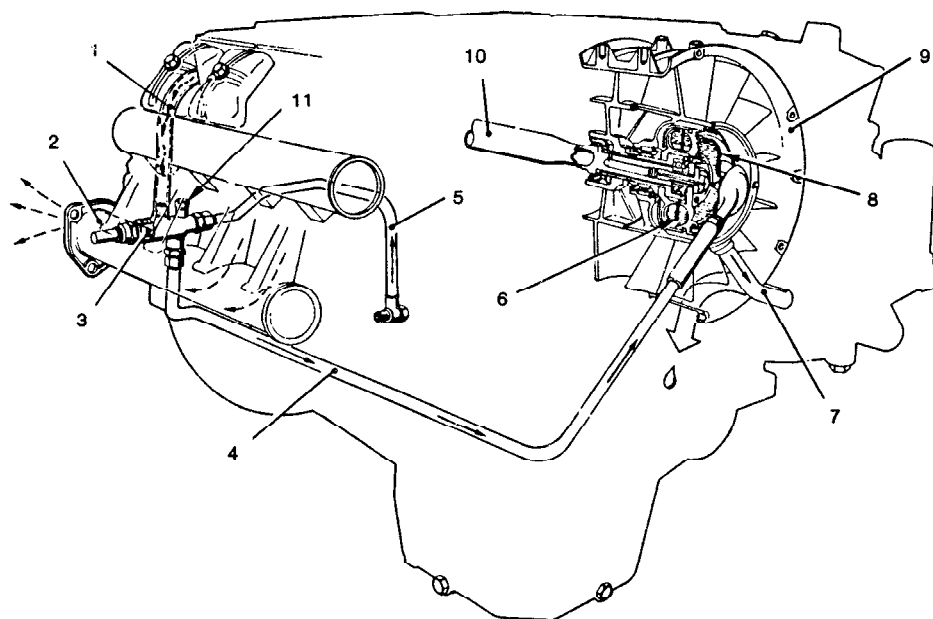


Fig. 15.25 Método para controlar el volumen de aire en un motor enfriado por aire: 1 tubo para aire al termostato de gases de escape, 2 múltiple de escape, 3 termostato del escape, 4 tubo para aceite al acoplamiento hidráulico, 5 tubo de aceite desde el sistema de lubricación, 6 acoplamiento hidráulico, 7 retorno de aceite al depósito, 8 filtro centrífugo, 9 ventilador, 10 impulsión del ventilador, 11 ajuste

DEUTZ

centrífugo 8) y retorna al depósito (cárter) por el tubo 7) de retorno de aceite.

El acoplamiento hidráulico consta de un elemento impulsor conectado con el eje de impulsión del ventilador y un elemento impulsado conectado con el ventilador. Ambos elementos tienen aspas y están dentro de una cubierta llena con aceite. El termostato controla el paso de aceite al acoplamiento hidráulico y, por tanto, la velocidad del ventilador. El termostato es sensible a la temperatura del aire

por medio del tubo 1) para aire y también a la de los gases del escape.

En el cubo del ventilador se incluye un filtro centrífugo 8) para el aceite. La alta velocidad de rotación del ventilador se emplea para filtrar el aceite del motor. La fuerza centrífuga lanza las partículas de sólidos en el aceite contra el interior de la taza del filtro y se eliminan del aceite antes de que retorne al depósito.

Preguntas para repaso

1. ¿Cuál es la finalidad del sistema de enfriamiento?
2. ¿Cuáles son los dos tipos generales de sistemas de enfriamiento?
3. Explíquese la diferencia entre calor y temperatura.
4. ¿Cuáles son los efectos del calor?
5. ¿Cómo se comporta el agua cuando se enfría?
6. Menciónense las tres formas en que se puede transferir el calor.
7. Preséntese un ejemplo de cada método de transferencia de calor en el motor.
8. ¿Qué es el líquido enfriador?
9. ¿Cuál es la finalidad del termostato?
10. ¿Qué son las camisas de agua?
11. Describese el flujo del agua en el sistema de enfriamiento.
12. Explíquese cómo funciona el tapón de presión

para el radiador cuando a) el motor llega a una temperatura excesiva y b) cuando se enfría el motor.

13. ¿Cuál es la finalidad de un sistema de enfriamiento sellado?
14. ¿Por qué se utiliza un tanque auxiliar?
15. Explíquese lo que significa aereación.
16. ¿Qué es un intercambiador de calor? Dénse ejemplos de dónde se utilizan.
17. ¿Qué función debe efectuar el líquido enfriador?
18. ¿Por qué se utiliza el anticongelante?
19. ¿Cuál es el tipo más común de anticongelante?
20. ¿Por qué se utilizan los inhibidores de corrosión.
21. Explíquense las razones para utilizar un filtro y acondicionador de agua en un motor.
22. Describese cómo funciona el sistema de enfriamiento por aire de un motor.

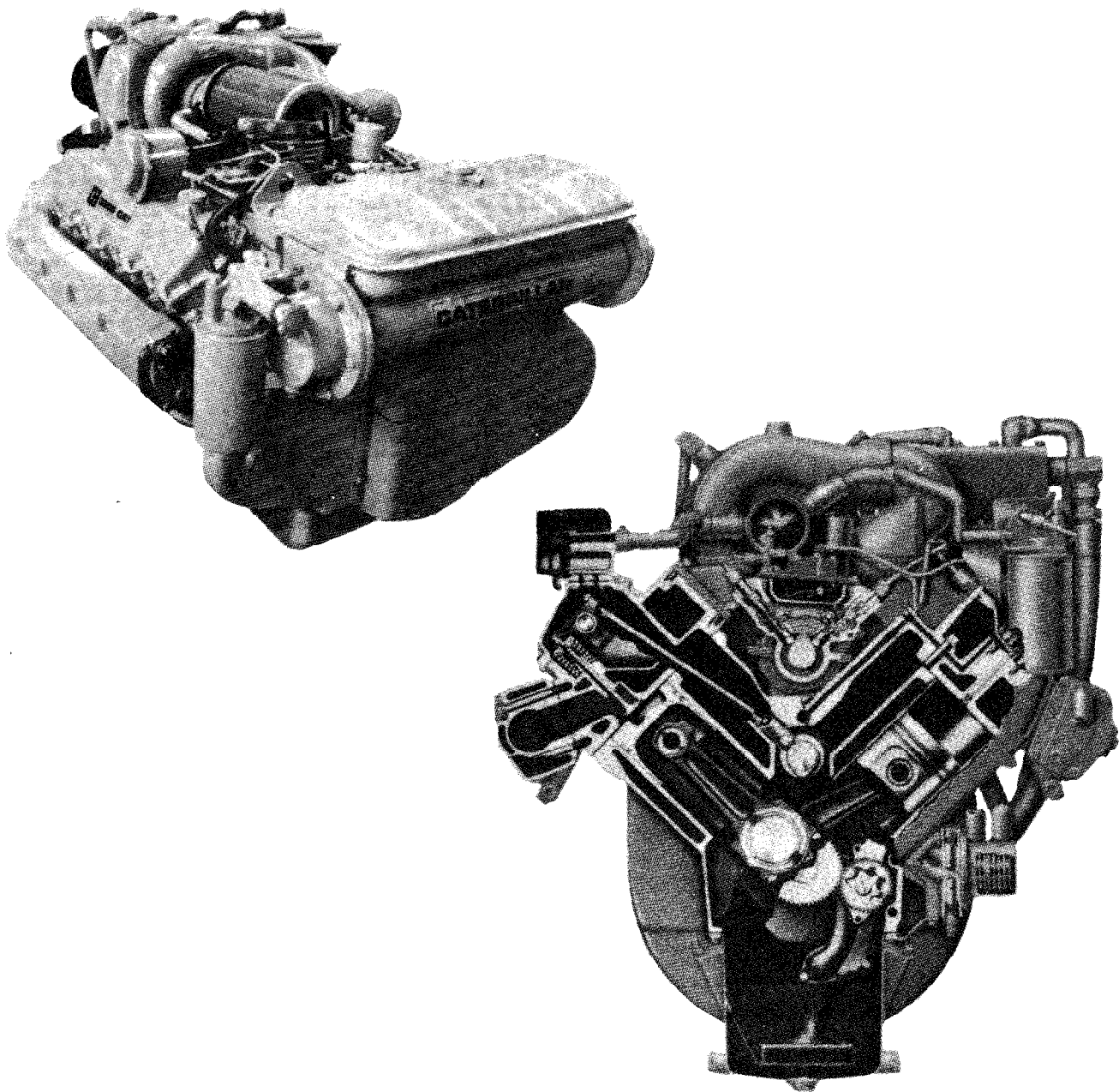


Fig. 15.26 Motor Caterpillar marino. Se ilustra una versión con turbocargador del motor Diesel 3208. Tiene componentes adicionales para enfriamiento, que incluyen un enfriador para la transmisión marina y enfriamiento por agua para el turbocargador. El enfriamiento por agua para el turbocargador protege a los componentes circundantes contra el calor concentrado.

El motor es del tipo V-8, con los bancos de cilindros a 90° entre sí. Los cilindros están maquinados directamente en el bloque de cilindros que es de hierro de aleación al níquel-cromo. El bloque de cilindros es del tipo de falda profunda, que se extiende 100 mm por debajo del centro del cigüeñal para dar más rigidez. Las tapas de los cojinetes principales son más o menos en forma de V y sus tornillos están a 30° de la vertical; esto da un efecto de tirantes transversales para darle estabilidad.

Los múltiples de admisión y las guías de válvulas están fundidos íntegramente en la culata de cilindros de hierro fundido de aleación. Las válvulas funcionan con un árbol de levas montado en el centro que acciona seguidores del tipo de rodillo.

Se utilizan pistones cortos con dos anillos. El anillo de compresión es del tipo torsional y el de aceite tiene expansor de resorte. La cámara de combustión está descentrada en la corona del pistón y se dice que su forma es cardiode.

Este motor tiene sistema de combustible con dosificación (medición) por manguito, con la bomba de inyección colocada en la V entre los bancos de cilindros. Los inyectores del tipo de lápiz atraviesan las culatas de cilindros.

El aceite para el sistema de lubricación se suministra con una bomba de rotor de seis lóbulos impulsada por engranes desde el cigüeñal. Un enfriador de aceite del tipo de placas está montado en la parte inferior de la falda del bloque en el lado izquierdo del motor (lado derecho en la ilustración). La válvula de ventilación del motor está en la parte superior del mismo en la tapa derecha de balancines

CATERPILLAR

16

Servicio al sistema de enfriamiento

Comprobaciones del sistema de enfriamiento

Con el tiempo, se pueden acumular herrumbre e incrustaciones en las camisas de agua del motor y en el radiador, que restringen la circulación del líquido enfriador y el motor se sobrecalienta. Además, las mangueras y conexiones entre el radiador y el motor se degradan y pueden permitir fugas o restringir el paso del líquido. Si el termostato está pegado o deformado, no cerrará ni abrirá en la forma correcta, lo cual reducirá la eficiencia del sistema de enfriamiento. Se puede hacer una serie de comprobaciones del sistema de enfriamiento y sus componentes para determinar sus condiciones.

Precaución: Hay que tener mucho cuidado al quitar el tapón del radiador cuando el motor está caliente. No se debe quitar salvo que el motor esté frío y no haya presión en el sistema. Si hay que quitar el tapón hágalo así: envuelva un trapo grueso en el tapón y gírelo con lentitud hasta el primer tope para que escape la presión por el tubo de derrame. Cuando esté seguro de que ha escapado toda la presión, oprima el tapón con el trapo y acabe de quitarlo. Si no se sigue este procedimiento, puede sufrir serias lesiones por el escape del líquido enfriador o del vapor, en las manos o en la cara.

Comprobación de herrumbre e incrustaciones en el sistema

El aspecto del líquido enfriador puede dar una indicación de si hay acumulación de herrumbre e incrustaciones en el sistema de enfriamiento. Si el líquido tiene color de herrumbre o ha cambiado de color, se debe reemplazar. Hay que lavar el sistema de enfriamiento a la inversa ("sopletearlo") y agregar inhibidor de corrosión.

Comprobación del radiador

Hay que comprobar si el núcleo y tanques del radiador tienen daños o fugas así como corrosión que podría señalar fugas pequeñas. Hay que comprobar

si las aletas están obstruidas o dañadas. Las aletas dobladas, el polvo y los insectos que se acumulan en el núcleo demoran el paso del aire y reducen el enfriamiento. Para limpiar el núcleo, se puede soplar con aire comprimido desde la parte trasera hacia el frente.

Las restricciones internas en el núcleo reducen el flujo de líquido enfriador. Los tubos se pueden limpiar con limpiadores químicos especiales para ello y también por lavado a la inversa.

Examen de mangueras y sus conexiones

El aspecto de las mangueras y sus conexiones, por lo general, indicará sus condiciones. Si una manguera está blanda y se contrae con facilidad al oprimirla, se debe reemplazar.

Comprobación de la bomba del agua

Las deficiencias más probables son las fugas y el ruido. Las fugas son más notorias en frío y la primera señal de dificultades puede ser la pérdida de líquido enfriador después de que el vehículo ha estado parado toda la noche. El ruido puede ser en el cojinete y es una especie de zumbido, o en el sello, en donde será en un tono agudo.

Prueba de presión del sistema

Se puede utilizar un probador de presión (Fig. 16.1) para probar si el sistema tiene fugas externas o internas, como sigue.

Llénese el radiador, instálese el probador de presión y aplíquese al sistema una presión ligeramente mayor que la normal de funcionamiento. Si la presión se mantiene constante, no hay fugas en el sistema. Si cae la presión, hay que hacer comprobaciones adicionales.

Exámense si hay fugas externas en las conexiones de manguera, tapones de expansión, bomba del agua y radiador. Si no hay fugas externas evidentes, exámense si la junta de la culata de cilindros o los

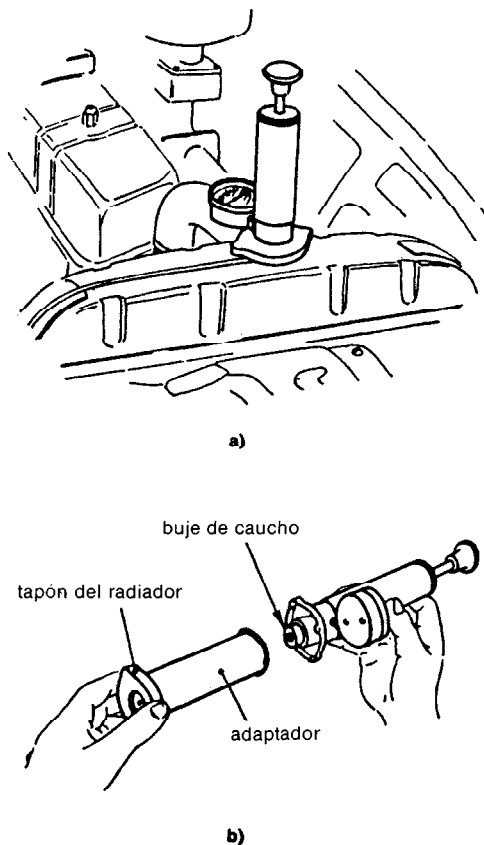


Fig. 16.1 a) Prueba de presión del sistema de enfriamiento. b) Prueba del tapón del radiador

REPCO

sellos de las camisas están deficientes. Un problema más serio podrían ser el bloque o la culata de cilindros agrietados.

Se debe examinar el aceite para determinar que no contiene líquido enfriador. Póngase en marcha el motor hasta que llegue a su temperatura normal de funcionamiento. Acelérese a fondo varias veces y examínese si hay una descarga anormal de agua por el tubo de salida del escape, que podría señalar un problema.

Prueba de presión del tapón del radiador

Se utiliza el mismo probador de presión en el tapón del radiador, como se muestra en la parte inferior de la ilustración. Si el tapón no sostiene la presión especificada, se debe reemplazar.

Comprobación de la (banda) correa del ventilador

La tensión de la banda se debe comprobar como sigue. La banda se debe examinar cada pocos miles de kilómetros para comprobar que esté en buenas condiciones. Una banda gastada, deshilachada o que tiene separación entre las capas, se debe reemplazar. Una banda deficiente o floja no sólo permitirá sobrecalentamiento del motor, sino también

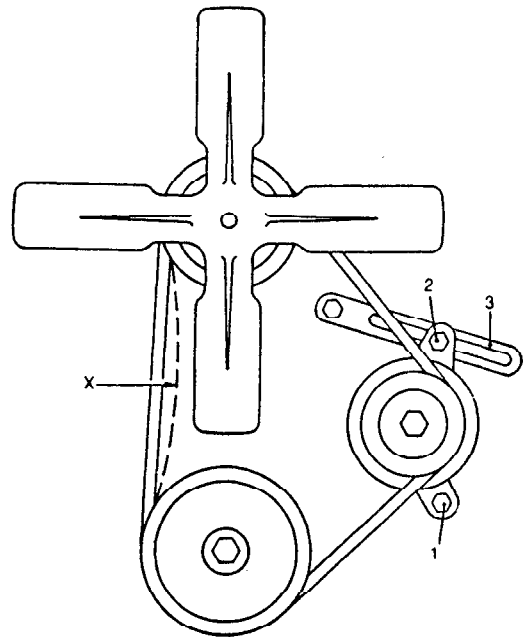


Fig. 16.2 Ajuste básico de la banda del ventilador: 1, 2 montajes del alternador, 3 tensor de ajuste. La banda debe tener una flexión mínima de 10 mm en el punto X

que el acumulador esté bajo de carga, porque no puede impulsar el alternador a velocidad suficiente para mantener cargada la batería.

Cuando se utilizan bandas múltiples y una o más están deficientes, hay que cambiarlas todas por juegos. No se deben utilizar bandas nuevas y viejas en el mismo componente. Las bandas múltiples para repuesto deben ser todas del mismo fabricante (de la misma marca).

Ajuste de la banda del ventilador

La (banda) correa del ventilador debe estar ajustada a la tensión correcta. Si está muy apretada, aplica una carga excesiva en los cojinetes de la bomba del agua y del alternador. Si está muy floja, ocurrirá deslizamiento (patinaje) que alterará el funcionamiento del alternador y el ventilador. En la figura 16.2 se ilustra el ajuste básico.

Se debe utilizar un calibrador de tensión especial para ajustar la tensión de la banda (Fig. 16.3). Cuando se coloca el calibrador contra la banda, se puede leer la tensión directamente en la escala del calibrador.

En algunos motores grandes, el ventilador está montado en su propio cubo (Fig. 16.4). En este caso, el soporte o tensor del ventilador es movable para ajustar la tensión de la bandas. En algunos casos, se utiliza una polea tensora para las bandas.

Comprobación del termostato

Para observar la acción del termostato, se coloca en un recipiente con agua y se le aplica calor. Se debe

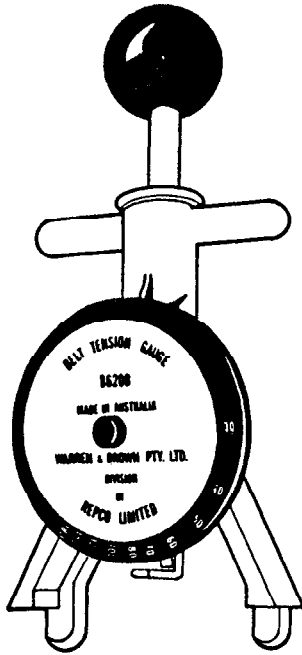


Fig. 16.3 Calibrador de tensión de (bandas) correas
REPCO

suspender un termómetro en el agua para determinar la temperatura a la cual empieza a abrir el termostato y la temperatura de apertura total. El termostato y el termómetro no se deben colocar en el fondo del recipiente; se deben suspender con un alambre o colocarlos en una tela metálica un poco encima del fondo (Fig. 16.5). Los termostatos están calibrados para funcionar a diversas temperaturas; la de la apertura inicial y la de apertura total suelen estar grabadas en la brida. Si el termostato no

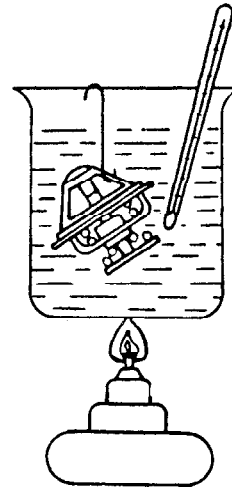


Fig. 16.5 Prueba del termostato

MAZDA

funciona de acuerdo con las especificaciones, se debe reemplazar.

Limpieza del sistema de enfriamiento

La limpieza periódica del sistema de enfriamiento evitará la acumulación de herrumbre e incrustaciones que podrían obstruir el núcleo del radiador y los conductos para el líquido enfriador. Se utilizan inhibidores de corrosión; el sistema se limpia con productos químicos especiales, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

El sistema de enfriamiento también se puede limpiar mediante el lavado a la inversa (sopleteado). Se utiliza una pistola lavadora, con dos mangueras para hacer circular agua mediante ráfagas de aire comprimido. Con esto, se aflojan y eliminan la

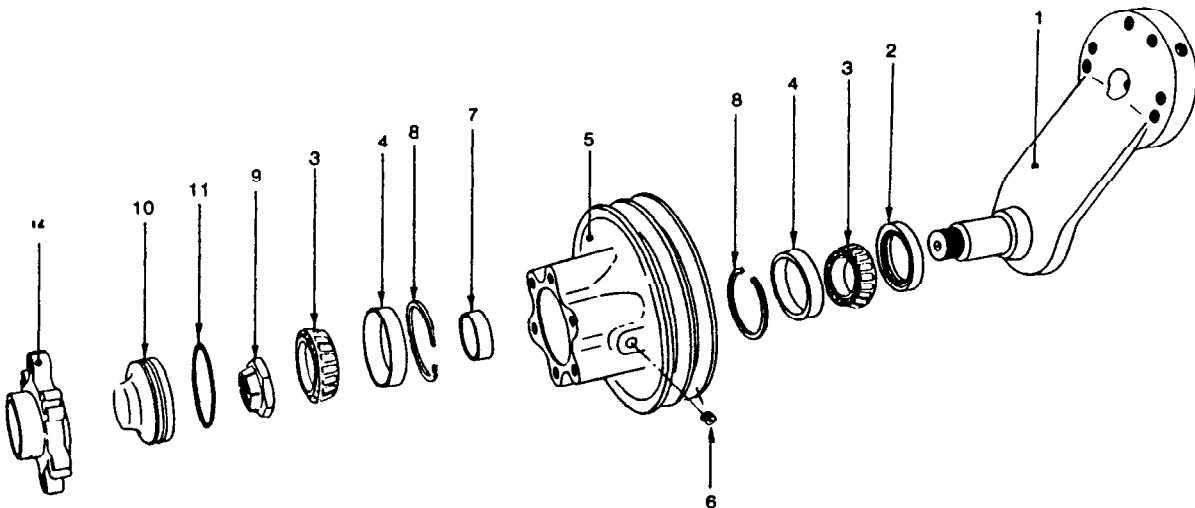


Fig. 16.4 Componentes del cubo de ventilador con cojinetes de rodillos cónicos: 1 eje y soporte ajustable, 2 sello de aceite, 3 cojinetes, 4 pista de cojinete, 5 cubo, 6 tapón, 7 espaciador, 8 arillos seguro, 9 tuerca, 10 retén del sello anular, 11 sello anular, 12 espaciador

CUMMINS

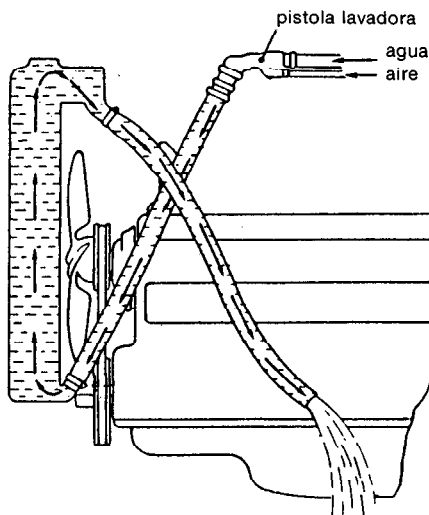


Fig. 16.6 Lavado a la inversa del radiador

herrumbre y las incrustaciones que no se pueden eliminar con el flujo normal del líquido enfriador en el sistema. Se acostumbra lavar el radiador y las camisas de agua del motor por separado.

En la figura 16.6 se ilustra el lavado a la inversa del radiador. Se conecta una manguera adicional en el tanque inferior del radiador para utilizar la pistola lavadora. Además se conecta una manguera auxiliar en el tanque superior del radiador para la descarga del agua que sale del radiador hacia una coladera. El lavado en sentido inverso al flujo del líquido enfriador desaloja muchas partículas que no se eliminan con el flujo normal del líquido. Esto se aplica en especial a las partículas de herrumbre o incrustaciones que se han alojado en la entrada a los conductos para agua en la parte superior del núcleo del radiador. El lavado a la inversa desalojará esas partículas; el lavado en sentido normal sólo las haría entrar más en el núcleo.

En la figura 16.7 se ilustra el lavado a la inversa de las camisas de agua del motor. La pistola lavadora se conecta en la cubierta del termostato en la

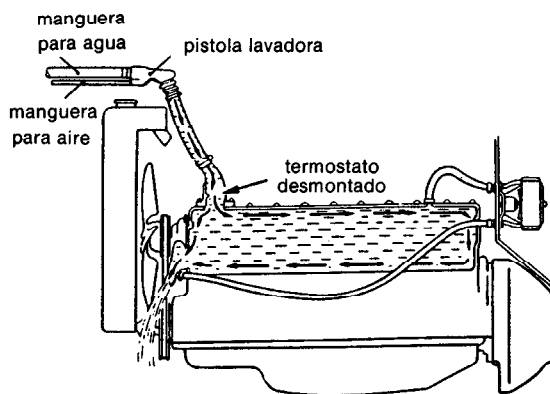


Fig. 16.7 Lavado a la inversa de las camisas de agua

parte superior de la culata, para que el agua pase por las camisas de agua en sentido inverso y salga del motor por la conexión de entrada a la bomba del agua.

El procedimiento para lavar es llenar el radiador o las camisas de agua con agua y cuando ya esté circulando, aplicar el aire a presión por ráfagas para que el agua circule con más fuerza. Esto se repite hasta que salga agua limpia del radiador o del motor.

Para limpiar el exterior del radiador se sopla con aire comprimido a través del núcleo desde la parte trasera hacia el frente para desalojar el polvo, insectos y otras obstrucciones, que estén en las aletas y puedan impedir el paso normal del aire.

Fugas por el radiador

Las fugas por el radiador son fáciles de ver, porque se formarán marcas de óxido en el exterior del núcleo debajo de los puntos de fuga. Una forma precisa para localizar las fugas es desmontar el radiador, ponerle tapones en las conexiones superior e inferior y sumergirlo en agua. Se aplica aire a una presión de unos 70 kPa. Si el núcleo tiene fugas, aparecerán burbujas en el tanque de agua.

Reacondicionamiento de la bomba del agua

Hay dos tipos de cojinetes para la bomba del agua: eje con cojinetes de bolas (baleros) integrales y el eje con pistas desmontables para las bolas del cojinete (Fig. 16.8). El eje y el cojinete integrales se suelen utilizar en las bombas para motores pequeños que generalmente tienen montado el ventilador en el extremo de ellas, como se ilustra en la figura 16.9. Las bombas para motores grandes tienen pistas para cojinete separadas (Fig. 16.8).

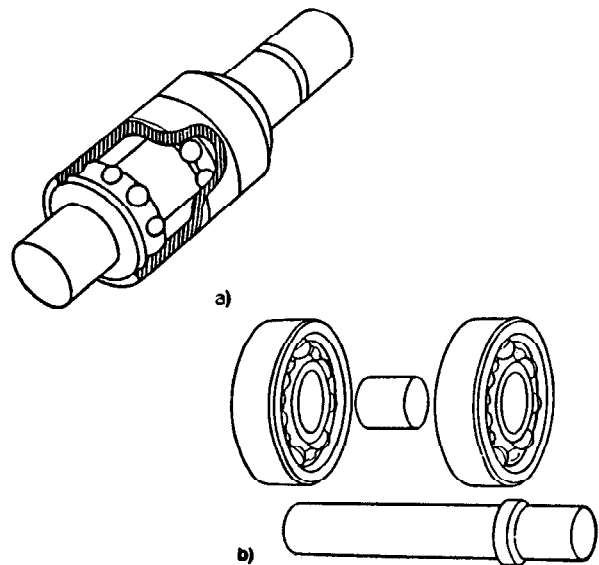


Fig. 16.8 Ejes y cojinetes de bombas del agua: a) eje y cojinete integrales, b) eje y cojinetes separados

REPCO

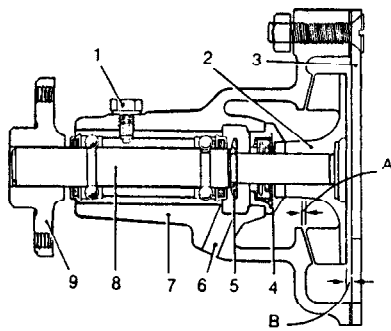


Fig. 16.9 Vista seccional de la bomba del agua para un motor pequeño: A holgura en la parte delantera del impulsor, B holgura en la parte trasera del impulsor, 1 tornillo de guía del cojinete, 2 impulsor, 3 tapa, 4 sello, 5 desviador (arrojador), 6 agujero de drenaje, 7 cuerpo de la bomba, 8 eje y cojinete, 9 cubo

Los detalles del procedimiento para reacondicionamiento varían según la marca de la bomba; hay que consultar el procedimiento en el manual de taller del fabricante. Sin embargo, todos los procedimientos tienen algo en común y quizá lo más importante es el cuidado con los cojinetes. Para instalar o expulsar los cojinetes de la cubierta, hay que aplicar la fuerza de la prensa contra la pista externa y no contra el eje; por ningún motivo se debe aplicar la fuerza en la pista interna, de manera que la fuerza se transmita a través de las balas. Por la misma razón, si se va a instalar o sacar el eje del cubo del ventilador o del impulsor, la fuerza se debe aplicar contra el eje y no contra la pista externa.

Si no se tiene cuidado al extraer los cojinetes, se puede dañar uno que esté bueno y habrá que reemplazarlo. Con la instalación incorrecta también se pueden dañar el cojinete o el sello y habrá que repetir el trabajo. Si se observan estos aspectos, se logrará una reparación satisfactoria.

Las herramientas típicas que se utilizan son un soporte para el cuerpo de la bomba en la prensa, así como extractores e instaladores del diámetro correcto para aplicar presión al cojinete y al eje. La forma y tamaño de las herramientas varían para las diferentes bombas.

En la figura 16.10 se ilustra un ejemplo, con la instalación a presión del impulsor de una bomba pequeña en el eje. Se utiliza una herramienta empujadora contra el impulsor y el eje está soportado en una placa de base. Con este sistema no se aplica fuerza en los cojinetes y no se empuja el impulsor con demasiada fuerza contra la cubierta. Hay que dejar una holgura entre el impulsor y la cubierta (Fig. 16.9) que se puede comprobar con un calibre de hojas. En algunos casos, también se especifica la holgura en la parte posterior del impulsor.

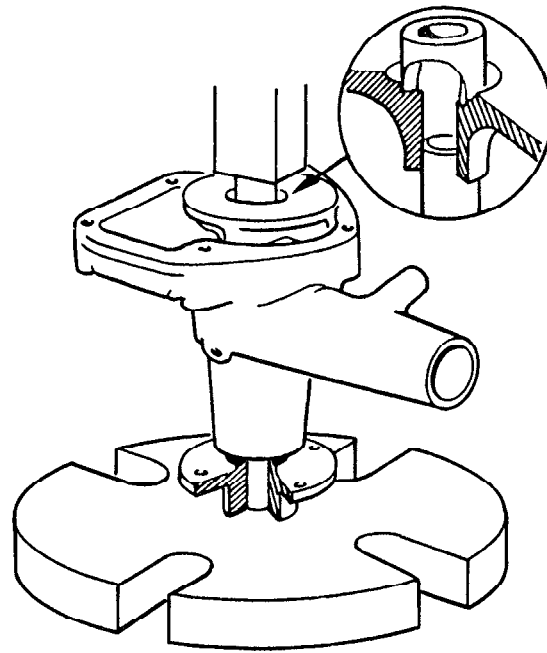


Fig. 16.10 Instalación con prensa del impulsor en el eje de la bomba

En algunos casos se puede disponer de extractores especiales del tipo de tornillo para la bomba de agua, en vez de herramientas para prensa. Cuando se utiliza la prensa (Fig. 16.10), se usan piezas de acero macizo o tubulares de diversos diámetros para desarmar y armar la mayor parte de los tipos de bombas.

Nota: Cuando se utilice la prensa:

1. aplíquese la fuerza en el lugar especificado,
2. compruébese que las piezas queden bien escuadradas,
3. aplíquese la fuerza de la prensa con cuidado.

Si se siguen estas recomendaciones se obtendrán buenos resultados; si no se aplican o no se trabaja con cuidado, pueden ocurrir roturas y daños a las piezas o una reparación inadecuada.

Sistema de enfriamiento— diagnóstico de dificultades

El sobrecalentamiento o el calentamiento lento del motor son las dos dificultades más comunes con el sistema de enfriamiento.

Las pérdidas de líquido enfriador y la acumulación de herrumbre e incrustaciones son las causas principales del sobrecalentamiento. Las pérdidas de líquido pueden ser por fugas externas en el radiador, la bomba del agua, conexiones de mangueras y tapones de expansión en el bloque. También pueden ser por fugas internas debidas a una junta de la culata que esté deficiente, culata o superficie del

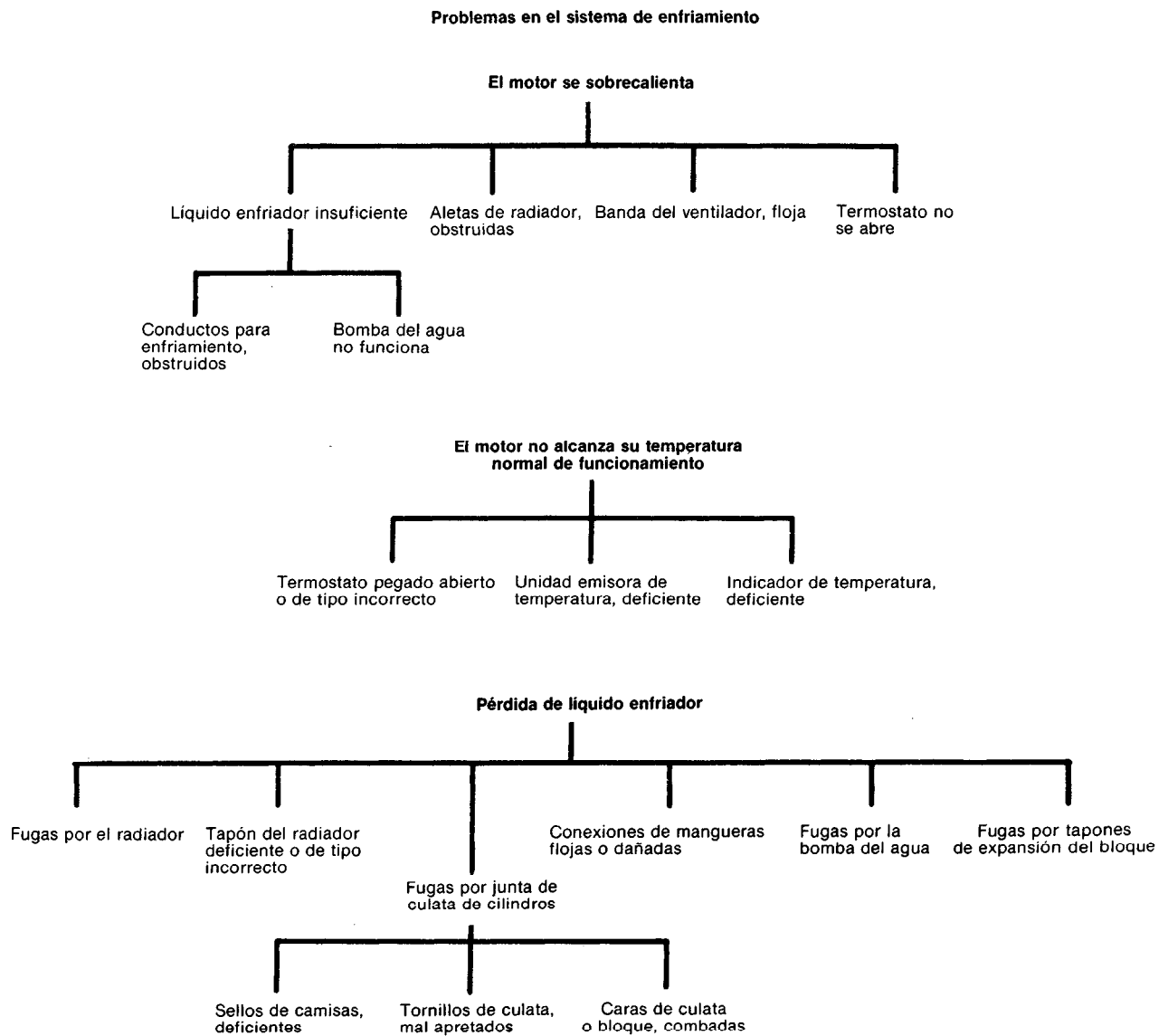


Fig. 16.11 Diagnóstico de problemas en el sistema de enfriamiento

bloque combadas o torcidas o sellos deficientes. El aceite en el radiador puede ser señal de fugas internas en el bloque o en el enfriador de aceite. Las gotitas de agua en la varilla de nivel (bayoneta) para el aceite o el aspecto lechoso del aceite también son señales de fugas internas.

La herrumbre y las incrustaciones que se forman en los conductos en el motor pueden ser arrastrados por el líquido en circulación hasta el radiador, en donde obstruirán los conductos y producirán sobrecalentamiento. La herrumbre se puede detectar en el aspecto físico del líquido enfriador; si parece estar oxidado o lodoso es que hay herrumbre.

El termostato deficiente, que se pega abierto, producirá calentamiento inicial lento del motor. El que se pega cerrado producirá sobrecalentamiento.

Otras causas de sobrecalentamiento pueden estar en el sistema de combustible. Cualquier pérdida de potencia del motor ocasionada por componentes ajenos al sistema de enfriamiento puede producir sobrecalentamiento. No se deben pasar por alto estas posibles causas.

En la figura 16.11 se presenta una guía para el diagnóstico de problemas en el sistema de enfriamiento.

Preguntas para repaso

1. Describanse algunas de las comprobaciones visuales que se pueden hacer en el sistema de enfriamiento.
2. Explíquese como se puede efectuar una prueba de presión del sistema de enfriamiento.
3. ¿Cómo se puede probar un tapón de presión?
4. Cuando se utilizan bandas V múltiples, ¿por qué se deben cambiar todas al mismo tiempo?
5. ¿Cómo se puede comprobar la tensión correcta de la banda del ventilador u otras bandas?
6. ¿Qué significa lavado a la inversa del sistema de enfriamiento?
7. ¿Cómo se lava el radiador a la inversa?
8. Enumérense algunos de los factores que se deben tener en cuenta al reacondicionar la bomba del agua.
9. ¿Por qué es importante tener cuidado al utilizar una prensa para desarmar o armar una bomba del agua?
10. Enumérense algunos de los problemas que se podrían encontrar en el sistema de enfriamiento.

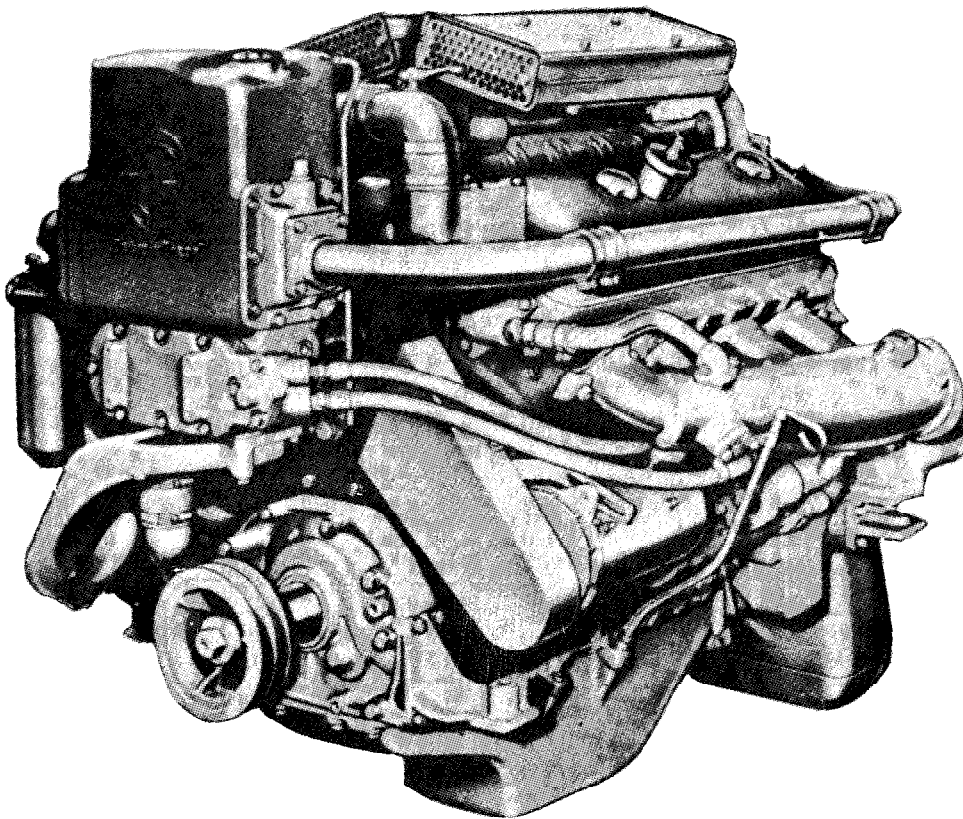


Fig. 16.12 Motor Detroit Diesel marino, V-8 con equipo marino, que incluye silenciadores del aire de admisión en la parte superior del motor; múltiples de escape enfriados por agua, un intercambiador de calor en el frente del motor, bomba para agua "cruda" debajo del intercambiador, tubos y mangueras para llevar el agua "cruda" a la bomba y desde el intercambiador de calor y transmisión marina

DETROIT DIESEL



Índice

- Ajuste de válvulas, 56-60
 - árbol de levas en la culata, 58
 - cruceta, 58-60
 - holgura de válvulas, 56-59
- Amortiguadores de vibraciones, 96-97
- Anillos de pistón, 124-128
 - compresión, 125
 - control de aceite, 126-127
 - revestimientos, 127
 - servicio:
 - ajuste, 134
 - comprobaciones, 134-135
 - instalación, 135
 - tipos, 125
- Árbol de levas, 6, 38
 - cojinetes, 152
 - desmontaje, 152
 - impulsores, 39
 - levas, 38, 39
- Para armar el motor:
 - instalación de componentes, 153-156
 - preparación, 153-156
- Aspiración natural, 20
- Aumento de torsión
- Balaneo, 100-103
 - cigüeñal, 101-102
 - motor, 102-103
 - piezas de movimiento alterno (reciprocantes), 102
 - piezas rotatorias, 101-102
- Banda de sincronización, 46
- Barra rectificadora de cilindros, 89-90
- Barrido de gases, 15
 - métodos, 15-17
- Bielas, 4, 6, 116-118
 - diseño, 116-117
 - fuerzas, 117-118
 - función, 116
- Bloque de cilindros:
 - componentes, 73, 75
 - construcción, 72
 - diseño, 72-73, 75
- Bujía térmica en pistones, 33
- Caballaje, 23
- Cadena de sincronización, 46-47
- Calefactor para cabina, 184
- Calor, 172-176
 - efectos del, 173
- Cámara de turbulencia, 30-31
- Cámaras de combustión, 11, 29-34
 - funciones, 29
 - inyección directa, 29-30, 33-34
 - inyección indirecta, 30-33
 - tipos, 29
- Camisas de cilindros, 76
 - camisas húmedas, 76
 - camisas secas, 76
 - saliente, 78, 151
 - sellos, 78-79
 - tipos de, 76-77
- Capacidad (cilindrada) del motor, 24
- Celda de aire, 31
- Chorros de enfriamiento de pistones, 159, 168-169
- Ciclos del motor, 12-15
 - cuatro tiempos, 13-14
 - dos tiempos, 15
- Cigüeñal, 5, 94-96
 - amortiguador de vibraciones, 96-97
 - contrapesos de balanceo, 96-97
 - muñones, 94-96
 - sellos de aceite, 111-112
- Cilindrada, 24
- Cilindro:
 - acciones en, 11-15
 - calibrador, 84
- Cojinetes de biela, véase Cojinetes del cigüeñal
- Cojinetes del cigüeñal, 97-100
 - cargas, 100
 - compresión, 109-132
 - extensión, 109-132
 - holgura, 98-99
 - lubricación, 98, 168-169
 - materiales, 100
 - propiedades de, 99
 - servicio, 107-115
 - análisis de fallas, 112-114
 - biela, 109-110
 - comprobación de holgura, 107-108
 - instalaciones de cojinetes principales, 153
 - prueba de fugas de aceite, 112
 - reemplazo de cojinetes principales, 110
 - tipos de, 99
- Combustión, 11, 34-35
 - en dos etapas, 32
 - fases, 34-35
 - humo, 35
 - productos, 35
- Compresión, 14
- Contrapesos de balanceo, 96-97
- Control de aceite, 126-128
- Culata (cabeza) de cilindros, 4, 36-37
- Curva de potencia, 27
- Curva de torsión, 27
- Para desarmar el motor:
 - bloque de cilindros, 150-153
 - comprobaciones previas, 140
 - procedimientos, 144-147, 149-150
- Desgaste de los cilindros, 83-84
 - medición, 84
 - problemas, 91-92
- Desmontaje del motor, 140-143
- Despotenciación, 27-28
- Detección de grietas, 69
- Diagnóstico de fallas:
 - falla de cojinetes, 113-114
 - falla del cigüeñal, 114
 - problemas de los cilindros, 91-92
- Diagrama de sincronización de válvulas, 47-50
- Eficiencia, 25-26
- Eficiencia volumétrica, 26
- Ejes de balanceo, 104
- Emisiones en el escape, 35
- Energía, 23
- Enfriado de aceite, 167
- Engranes de sincronización, 6-7, 45-46, 150-151
- Equipo para instalarlos, 67
- Especificaciones del motor, 28

- Filtros:
aceite, 159-166
para agua, 185
- Filtros de aceite, 159, 166
servicio, 166-168
tipos, 166
(véase también Sistema de lubricación)
- Filtros para líquido enfriador, 184
- Fricción, 168
- Fuerza, 23
- Ignición por compresión, 1, 13-14
- Ilustraciones de motores:
Bedford, 21
Caterpillar, 187
Cumins, 71, 172
Detroit Diesel, 194
Deutz, 186
Gadner, 81
Isuzu, 145-146, 148
M.A.N., 22-92
Mazda, 20
Mercedes, 48, 80, 104
Perkins, 3, 10
Volkswagen, 50
- Impulsos de potencia, 18, 102
- Inercia de biela y pistón, 116
- Insertos para asientos de válvula, 65
desmontaje, 66
equipo para instalarlos, 67
instalación, 67-68
- Insertos Heli-Coil, 82-83
- Instalación del motor, 143-144
para levantarlo, 144
- Intercambiador de calor, 183
- Inyección directa, 29
- Inyección indirecta, 30
- Juntas y sellos, 7, 153
- Líquido enfriador, 184-185
- Localización de fallas, véase Diagnóstico de fallas
- Lubricación:
cojinetes del motor, 168-169
lubricación insuficiente, 168
- Lubricación de cojinetes:
principios de, 168
- Mantenimiento:
precauciones de seguridad del motor
M.A.N., ilustraciones, 22, 92
- Máquina rectificadora de válvulas, 60-61
- Marcas de sincronización, 45-46, 150-151
- Mecanismo de válvulas, 17-37
- Motor:
ciclos, 13-14
componentes, 3-7
montaje o ensamble, 3
piezas externas, 145-147
piezas internas, 150-153
sistemas, 3, 7-10
soportes, 141
tiempo del motor, 12
- Motor de cilindros múltiples, 17-19
- Motor Cummins, ilustraciones, 71, 171, 208
- Motor Detroit Diesel, 194
- Motor Deutz, ilustraciones, 186
- Motor enfriador por aire, 185-186
- Motor Gadner, ilustración, 79
- Motor Isuzu, ilustraciones, 145-146
- Motor Mazda, ilustración, 20
- Motor Mercedes, ilustraciones, 48, 79, 104
- Motor Perkins, ilustraciones, 2, 10
- Motor Volkswagen ilustración, 50
- Motores Diesel:
vs motores de gasolina, 21
origen, 1
principios de funcionamiento, 12-17
dónde se utilizan, 1-2
porqué se utilizan, 21
- Muñones de cigüeñal, 94-96
- Normas DIN, 26
- Pérdida de calor del motor, 26
- Pistón por cruceta, 123-124
- Pistones, 5, 11-12, 118-124
acabado de superficie, 120
anillos véase Anillos de pistón y servicio
configuraciones, 121-122
desmontaje, 151
diseño, 118-119
empujes, 120
enfriamiento, 119-120
enfriamiento con aceite, 122-123
esmerilados excéntricos, 120
identificación, 151, 155
lubricación, 122
pernos, 122
ranuras para anillos, 127
temperatura, 119
tipo de cruceta, 123-124
- Plastigage, 108
- Postenfriador, 183
- Potencia, 23-25
- Potencia en la barra de tiro, 28
- Potencia de tiro, 28
- Potencias nominales, 26-27
- Pulidora y rectificadora de cilindros, 87-88
- Radiador, 179
tanque auxiliar, 181-182
tapón de presión, 179-180
- Reacondicionamiento de asientos de válvulas, 62
- Rectificación de cilindros 88-91
- Rectificación combinada de válvulas, 64-65
- Reensamblado de motor, 139
- Relación de compresión, 14, 24
- Relación peso potencia, 25
- Servicio a las bielas, 129-132
alineación, 129
- comprobación, 130
instalación de cojinetes, 132
- Servicio al bloque de cilindros, 82-92
comprobación de cubierta del volante, 86-88
reparación de roscas, 82
- Servicio a las camisas de cilindros:
desmontaje, 85
instalación, 85-86
problemas con las camisas, 81
prueba de la prominencia, 85-86, 153
- Servicio al cigüeñal:
comprobación de juego longitudinal, 111
desmontaje, 151-153
fallas, 113-114
inspección, 105
instalación, 111, 153
medición de muñones, 105-106
rectificación, 106
reparación por metalización, 106-107
- Servicio a los cilindros, 84-89
acabado de superficie, 86-87
pulidora con piedras, 87-88
pulimiento con piedras, 87-88
saliente de las camisas, 85-86
(véase también camisas de cilindros)
- Servicio a la culata (cabeza) de cilindros:
desmontaje, 51, 150
detección de grietas, 69
inspección, 52-53
instalación, 53, 147-150, 155-156
limpieza, 53
orden para apretar, 147-150
reparación, 69-70
requisitos, 51
- Servicio a los pistones, 133-138
ajuste en el cilindro, 133-134
desgaste, 151
instalación en el cilindro, 135-136
151, 155-156
medición, 133
problemas, 136-138
- Servicio al sistema de enfriamiento, 189-194
bomba del agua, 193-194
comprobaciones, 189-191
diagnóstico de fallas, 192-193
limpieza, 190-192
- Servicio a las válvulas, 54-68
ajustes, 56-60
balancines, 60-61
desmontaje, 54
prueba de resortes, 54
rectificación, 64
- Sincronización de válvulas, 47-50
motores de dos tiempos, 49-50
- Sistemas de admisión de aire, 8-9
de dos tiempos, 40
- Sistema eléctrico, 9
- Sistema de enfriamiento, 8, 173-187
enfriamiento por aire, 184-186
enfriamiento por líquido, 175-184
aeración, 183
bomba del agua, 177, 182-183

camisas para agua, 178
enfriamiento en la quilla, 182
filtros, 184
indicadores de temperatura, 184
intercambiadores de calor, 182
líquido, 175-184
líquido enfriador, 183-184
postenfriador, 183
radiador, 179
tanque auxiliar, 181-184
tapón de presión, 179-181
termostato, 176-177
ventilador, 178
finalidad del, 172
Sistema de lubricación, 9, 158-168
bomba de aceite, 166

componentes, 164
diagrama, 159-161
enfriador de aceite, 167-168
filtros de aceite, 166-167
flujo de aceite, 161
funciones, 158-159
Sistema de flujo por demanda, 162-164

Termómetro, 173
Termostatos, 176-177
Torsión (par), 23-25
Trabajo, 23
Transferencia de calor, 174-175

Válvulas, 6, 40
ángulos, 42-43

crucetas, 45
disposición en la culata, 19, 44-45
enfriadas por sodio, 42
funcionamiento, 17
holgura, 56-57
orificio, 40
profundidad en la culata, 66
prominencia, 66
sellos para vástagos, 42
temperatura, 41
Ventilación del motor, 169-170
Vibración, 100-101
Volante, 7
instalación del engrane, 155
prueba de desviación, 114