



KOLBENSCHMIDT

KNOWLEDGE**POOL**

**SEGMENTOS DE PISTÓN PARA
MOTORES DE COMBUSTIÓN**



TAKING RESPONSIBILITY IN A CHANGING WORLD



RHEINMETALL

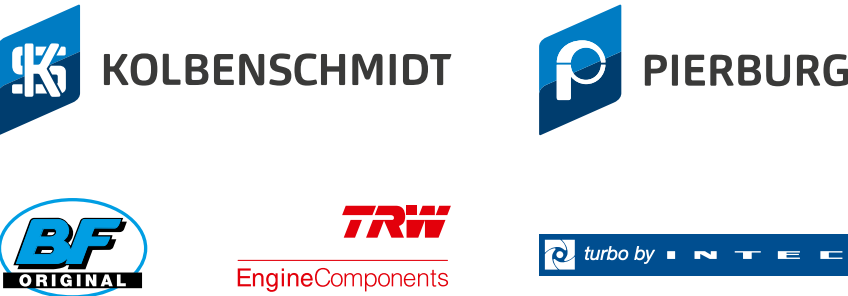


GRUPO MOTORSERVICE
CALIDAD Y SERVICIO EN UN SOLO PROVEEDOR

El Grupo Motorservice es la organización de ventas y distribución para las actividades de servicio posventa de Rheinmetall en todo el mundo. Se trata de uno de los principales proveedores de componentes del motor en el mercado libre de piezas de repuesto. Gracias a las marcas de primera calidad Kolbenschmidt, Pierburg y TRW Engine Components, así como a las marcas BF y turbo by Intec, Motorservice ofrece a sus clientes comerciales y de talleres un amplio y completo surtido de máxima calidad.

RHEINMETALL
TECNOLOGÍAS PARA LA MOVILIDAD DEL FUTURO

Como proveedor automotriz internacional, Rheinmetall está a la cabeza en los mercados correspondientes gracias a su gran competencia en los sectores de alimentación de aire, reducción de contaminantes y bombas, así como en el desarrollo, producción y suministro de piezas de repuesto para pistones, bloques de motor y cojinetes de fricción. El desarrollo de productos se efectúa en estrecha colaboración con fabricantes de automóviles de renombre.



CONTENIDO	PÁGINA
1 FUNDAMENTOS DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN	5
1.1 Requisitos de los segmentos de pistón	5
1.2 Tareas principales de los segmentos de pistón	6
1.3 Tipos de segmentos de pistón	8
1.4 Denominaciones de los segmentos de pistón	18
1.5 Estructura y forma de los segmentos de pistón	19
1.6 Función y propiedades	26
2 MONTAJE Y SERVICIO DE POSVENTA	39
2.1 Evaluación de componentes usados	39
2.2 Evaluación de pistones usados	40
2.3 Evaluación de calibres de cilindro desgastados	42
2.4 Montaje de pistones y segmentos	48
2.5 Puesta en marcha y rodaje del motor	55
2.6 Problemas de estanqueizado y daños en los segmentos de pistón	59
2.7 Lubricación y consumo de aceite	68



Redacción:
Motorservice, Technical Market Support

Diseño y producción:
Motorservice, Marketing

La copia, reproducción, traducción, íntegras o parciales, requieren nuestro previo consentimiento por escrito con indicación de las fuentes.

Reservado el derecho de introducir modificacines y divergencias en las figuras.
Queda excluida toda responsabilidad.

Editor:
© MS Motorservice International GmbH

Responsabilidad
Todas las informaciones de este folleto se han investigado y recopilado meticulosamente. No obstante pueden presentarse errores, se pueden producir traducciones incorrectas, pueden omitirse informaciones o las informaciones ofrecidas pueden dejar de ser actuales. Por tanto, no podemos ofrecer ninguna garantía ni asumir la responsabilidad legal por las informaciones puestas a disposición. Queda excluida cualquier responsabilidad de nuestra parte por cualquier tipo de daños, sobre todo daños directos o indirectos, así como daños materiales e inmateriales resultantes del uso o el mal uso de las informaciones ofrecidas en este folleto, o causados por informaciones incompletas o incorrectas contenidas en él, siempre que dichas informaciones no se deban a mala fe o negligencia grave de nuestra parte. Por tanto, no asumimos ninguna responsabilidad por los daños ocasionados en caso de que los reparadores de motores o mecánicos no dispongan de los conocimientos o experiencia necesarios para realizar la reparación. No es posible predecir la medida en que los procedimientos técnicos e indicaciones para la reparación descritos aquí podrán aplicarse a las futuras generaciones de motores. Esto debe ser comprobado, en cada caso, por los rectificadores de motores o por el taller.

1 FUNDAMENTOS DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

1.1 REQUISITOS DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

Los segmentos de pistón para los motores de combustión deben cumplir con todas las exigencias de un estanqueizado lineal dinámico. Deben resistir tantas influencias térmicas como químicas, así como también cumplir diferentes funciones. Además, deben poseer las siguientes propiedades:

Funciones

- Impedir (estanqueizar) el paso de gas desde la cámara de combustión al cárter del cigüeñal para no perder presión de gas ni la consiguiente potencia del motor
- Estanqueizar, es decir, impedir el paso de aceite lubricante desde el compartimiento del cigüeñal a la cámara de combustión
- Garantizar un espesor definido con precisión de la película lubricante sobre la pared del cilindro
- Distribuir el aceite lubricante sobre la pared del cilindro
- Estabilizar el movimiento del pistón (vaivén del pistón), sobre todo, en motores fríos y con un juego de rodaje más grande del pistón en el cilindro
- Transferencia de calor (disipación térmica) del pistón al cilindro

Propiedades

- Resistencia reducida a la fricción, por lo que no se pierde una excesiva potencia del motor
- Buena capacidad de resistencia y resistencia al desgaste frente a la fatiga termomecánica, las agresiones químicas y la corrosión térmica
- El segmento del pistón no puede originar un desgaste excesivo en el cilindro, de lo contrario se reduce enormemente la durabilidad del motor
- Larga durabilidad, seguridad de funcionamiento y efectividad de costes durante todo el tiempo de servicio



EL TEMA

La historia de los segmentos de pistón es tan larga como la de los motores de combustión. No obstante, incluso hoy hay muchos especialistas y usuarios que desconocen este tema o lo conocen solo en parte. Ningún otro componente se examina tan críticamente cuando se observan la pérdida de potencia y el consumo de aceite. Con ningún otro componente del motor se produce un desfase mayor entre las expectativas y el presupuesto invertido que en la sustitución de segmentos de pistón.

La confianza en los segmentos de pistón se somete con demasiada frecuencia a las elevadas expectativas que se depositan en ellos. Así que, al no contar con mejores conocimientos, tanto en el caso de talleres como en el de usuarios finales se perpetúan muchas veces medias verdades y falsedades, expectativas equivocadas y errores de criterio. La mayoría de las veces los segmentos de pistón se someten a reparaciones baratas (p. ej., reutilización de partes deslizantes desgastadas) y montajes no profesionales.

EL FOLLETO

Con el presente folleto nos hemos acercado a la temática de los segmentos de pistón desde el punto de vista del usuario. Hemos evitado profundizar excesivamente en las particularidades constructivas y nos hemos centrado en los aspectos prácticos. No obstante, si se entra en temas constructivos y de desarrollo técnico, este folleto sirve como completamiento y contribuye a una mejor comprensión del tema.

El folleto se ocupa principalmente de los segmentos de pistón en los sectores de turismos y vehículos industriales. También se incluyen los motores concebidos originalmente para aplicaciones en vehículos, pero que, sin embargo, se utilizan, p. ej., en barcos, locomotoras máquinas de construcción y motores estacionarios. Junto a una parte de conocimientos técnicos básicos, la parte práctica «Montaje y servicio de posventa» ofrece información detallada sobre el montaje y la sustitución de segmentos de pistón, así como también sobre temas útiles relacionados como la lubricación, el consumo de aceite y el rodaje del motor.

Un amplio conocimiento de las interacciones en el motor constituye el fundamento para una reparación y un reacondicionamiento exitosos. Le mostraremos qué se necesita para realizar reparaciones con éxito y lo que puede ocurrir si no se tienen en cuenta ciertos detalles.

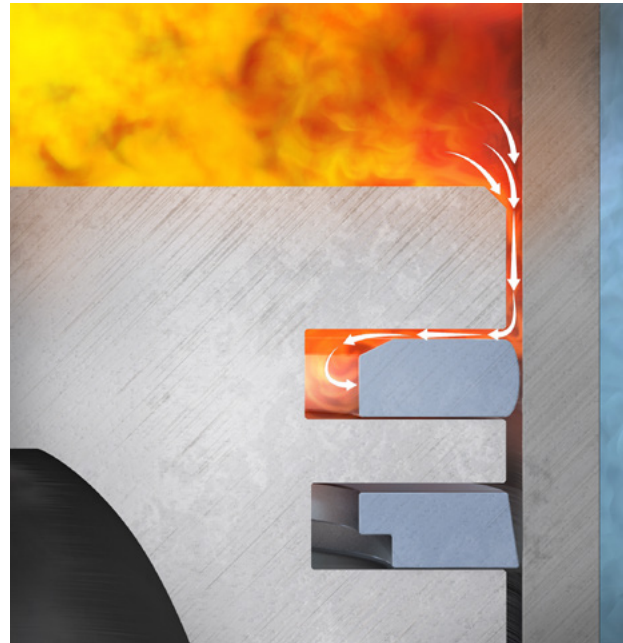
1.2 TAREAS PRINCIPALES DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

1.2.1 ESTANQUEIZADO DE GASES DE COMBUSTIÓN

La tarea principal de los segmentos de compresión consiste en impedir el paso de los gases de combustión entre el pistón y la pared del cilindro hacia el cárter del cigüeñal. En la mayoría de motores esto se consigue mediante dos segmentos de compresión que juntos forman un laberinto para el gas.

Los sistemas de estanqueizado con segmentos de pistón en motores de combustión no son estancos al 100 % debido a su tipo de construcción, de manera que siempre se producen pequeñas cantidades de gases de fuga que llegan al cárter del cigüeñal pasando por los segmentos de pistón. No obstante, esto se considera algo normal que no puede evitarse por completo debido a la construcción.

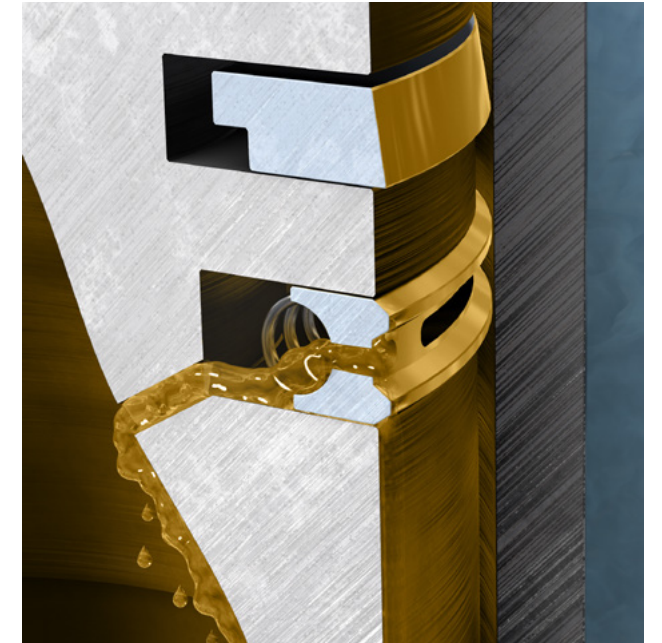
Sin embargo, debe evitarse en cualquier caso una transferencia excesiva de gases de combustión en pistón y la pared del cilindro. Esto tendría como consecuencia una pérdida de potencia, una mayor transferencia de calor a los componentes y una reducción del efecto lubricante. Por tanto, se verían afectadas tanto la durabilidad como la función del motor. En los siguientes capítulos se tratarán con más detalle las diferentes funciones de los segmentos y del estanqueizado, así como la emisión de gases de fuga que se genera.



Estanqueizado de gases de combustión

1.2.2 RASCAR Y DISTRIBUIR ACEITE

Además del estanqueizado entre el compartimiento del cigüeñal y la cámara de combustión, los segmentos de pistón también regulan la película de aceite. Los segmentos distribuyen el aceite sobre la pared del cilindro de manera uniforme. El aceite sobrante se rasca principalmente con los segmentos rascadores de aceite (3.er segmento), pero también con los segmentos combinados rascadores de aceite y de compresión (2.º segmento).

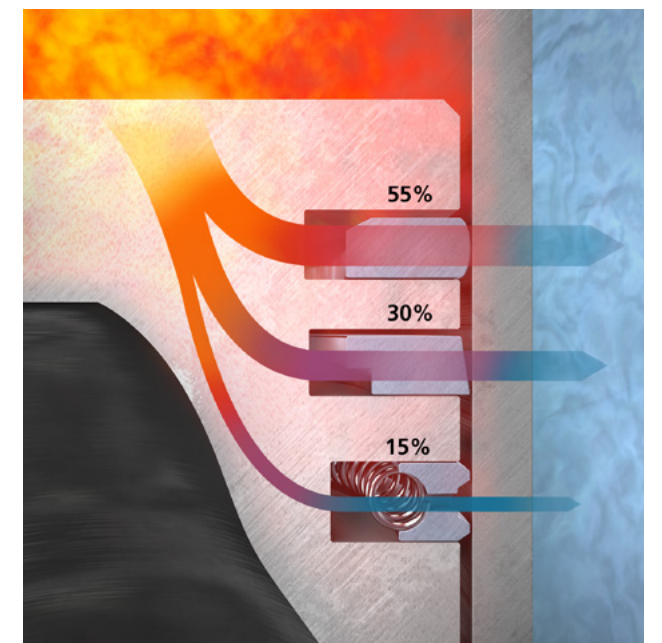


Rascar y distribuir aceite

1.2.3 DISIPACIÓN DE CALOR

El control de la temperatura del pistón es otra tarea importante de los segmentos de pistón. La mayor parte del calor absorbido por el pistón (aprox. el 70 %) durante la combustión se disipa hacia el cilindro por medio de los segmentos de pistón. Los segmentos de compresión están especialmente implicados y son esenciales en la disipación térmica.

Sin esa disipación de calor continua de los segmentos de pistón se produciría el gripado del pistón en el calibre del cilindro en pocos minutos o, simplemente, el pistón se fundiría. Desde esta perspectiva resulta comprensible que los segmentos de pistón necesiten tener en todo momento un buen contacto con la pared del cilindro. Si se producen ovalaciones en el cilindro o un bloqueo de los segmentos de pistón en la ranura para segmentos (carbonización, suciedad, deformación), es solo una cuestión de tiempo que aparezcan consecuencias del sobrecalentamiento en el pistón debido a la falta de disipación térmica.

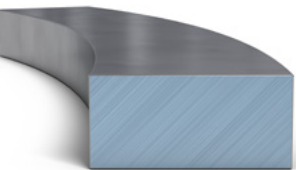


Disipación de calor

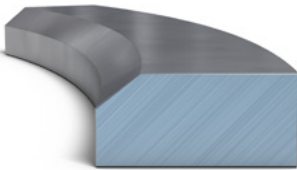
1.3 TIPOS DE SEGMENTOS DE PISTÓN

1.3.1 SEGMENTOS DE COMPRESIÓN

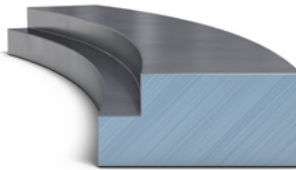
SEGMENTOS DE SECCIÓN RECTANGULAR



Segmento de sección rectangular



Segmento de sección rectangular con chaflán interior



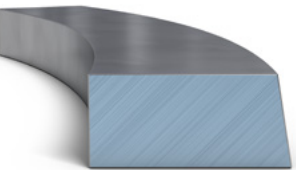
Segmento de sección rectangular con escalón interior



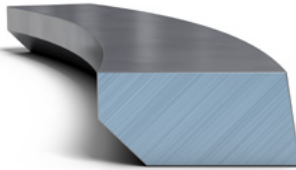
Segmento de sección rectangular

Con este término se denominan los segmentos que tienen una sección transversal rectangular. Ambos flancos del segmento se encuentran en posición paralela uno respecto del otro. Esta ejecución del segmento es la más sencilla y la que se utiliza con más frecuencia en los segmentos de compresión. Principalmente, hoy en día se utiliza como primer segmento de compresión en todos los motores de gasolina de turismos y, parcialmente, también en motores diésel. El chaflán interior y el escalón interior dan lugar a un retorcimiento de los segmentos en estado montado (tensado). La posición del chaflán y del escalón interior en el borde superior dan lugar a un «retorcimiento positivo de los segmentos». En el capítulo 1.6.9 Retorcimiento de los segmentos puede verse cómo actúa exactamente esta torsión.

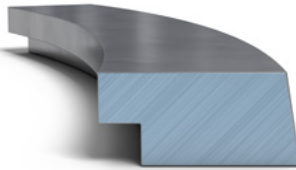
SEGMENTOS DE PERIFERIA CÓNICA: SEGMENTOS DE COMPRESIÓN CON FUNCIÓN RASCADORA DE ACEITE



Segmento de periferia cónica



Segmento de periferia cónica con chaflán interior inferior



Segmento de periferia cónica con escalón interior inferior

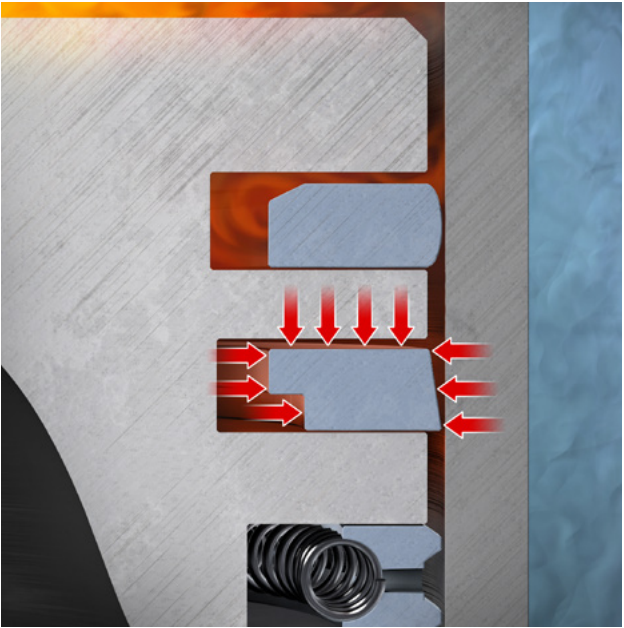
NOTA

Principalmente, los segmentos de periferia cónica se emplean en todos los tipos de motor (turismos, vehículos industriales, gasolina y diésel) en la segunda ranura para segmentos.

Estos segmentos tienen una doble función. Asisten al segmento de compresión a la hora de estanqueizar los gases y al segmento rascador de aceite, en cuanto a la regulación de la película de aceite.

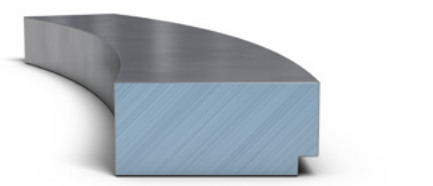
Los segmentos de periferia cónica (Fig. 2) tienen una forma cónica en la superficie de deslizamiento. La desviación angular respecto al segmento de sección rectangular es de aprox. 45 a 60 minutos de ángulo en función de la ejecución. Gracias a esta forma el segmento nuevo se asienta solo en el borde inferior y, por tanto, solo se apoya puntualmente en el calibre del cilindro. Así se produce en esta zona una presión superficial mecánica elevada y el rebajamiento de material deseado. Tras un breve tiempo de funcionamiento este deseado desgaste de rodaje da lugar a una forma redonda perfecta y, por tanto, a un buen efecto obturador. Tras un período de rodaje de varios cientos de miles de kilómetros y debido al desgaste se produce un rebajamiento de la superficie de deslizamiento cónica, de manera que el segmento de periferia cónica cumple más bien la función de un segmento de sección rectangular. El segmento concebido originalmente como segmento de periferia cónica también proporciona ahora un buen estanqueizado como segmento de sección rectangular. Dado que la presión del gas actúa sobre el segmento también desde delante (la presión del gas puede penetrar en el intersticio sellante entre el cilindro y la superficie de deslizamiento del segmento del pistón), el aumento de la presión del gas se minimiza un poco. Durante el tiempo de rodaje del segmento se produce una presión de apriete algo menor y un rodaje más suave con menos desgaste.

Además de la función de segmento de compresión, los segmentos de periferia cónica también poseen unas buenas propiedades como rascadores de aceite. Esto se consigue mediante el canto superior rebajado del segmento. Durante el movimiento ascendente desde el punto muerto inferior al superior el segmento se desliza sobre la película de aceite. Debido a las fuerzas hidrodinámicas (formación de cuña de aceite) el segmento se despega un poco de la superficie del cilindro. Durante el movimiento en sentido contrario, el borde penetra más profundamente en la película de aceite y, de esta forma, «rasca» el aceite, especialmente, hacia el compartimiento del cigüeñal. Los segmentos de periferia cónica también se emplean en la primera ranura para segmentos en los motores de gasolina. La posición del chaflán y del escalón interior en el borde inferior dan lugar a un retorcimiento negativo del segmento (véase el capítulo 1.6.9 Retorcimiento de los segmentos).



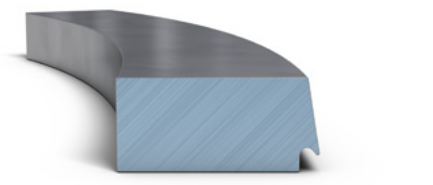
Presión del gas en el segmento de periferia cónica

SEGMENTOS RASCADORES

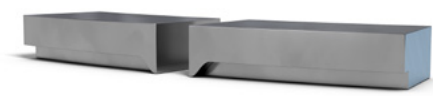


Segmento rascador
En el segmento rascador el borde inferior de la superficie de deslizamiento del segmento está provisto de una escotadura rectangular o destalonada que, además de servir para estanqueizar los gases, también sirve para rascar el aceite. La escotadura determina el volumen concreto de aceite «rascado» que se puede acumular antes de retornar al cárter de aceite.

El segmento rascador se utilizaba antes como segundo segmento de compresión en muchas variantes de motor. Hoy en día se emplean principalmente segmentos rascadores de periferia cónica con escalón en lugar de segmentos rascadores. Los segmentos rascadores también se usan en pistones para compresor de sistemas de freno neumático, sobre todo, como primer segmento de compresión.

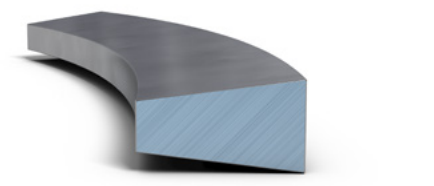


Segmento rascador de periferia cónica con escalón
El segmento rascador de periferia cónica con escalón supone un perfeccionamiento del segmento rascador. Gracias a la superficie de deslizamiento cónica se aumenta el efecto rascador de aceite. En los compresores de pistón el segmento rascador de periferia cónica con escalón no solo se utiliza en la segunda ranura para segmentos, sino también en la primera.



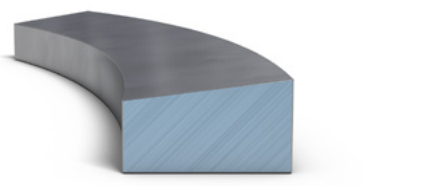
Segmento rascador de periferia cónica con escalón y con junta cerrada
En algunos segmentos rascadores de periferia cónica con escalón la escotadura rebajada no se extiende hasta las puntas de junta para mejorar la función de estanqueizado de gases. De esta forma se consigue reducir la emisión de gases de fuga en comparación con los segmentos rascadores de periferia cónica con escalón normales (véase también el capítulo 1.6.5 Holgura de las puntas de junta).

SEGMENTOS TRAPEZOIDALES



Segmento trapezoidal de dos flancos

En los segmentos trapezoidales de dos flancos, los flancos del segmento no se encuentran son paralelos entre sí, sino que presentan una forma trapezoidal. Por lo general, el ángulo es de 6°, 15° o 20°.



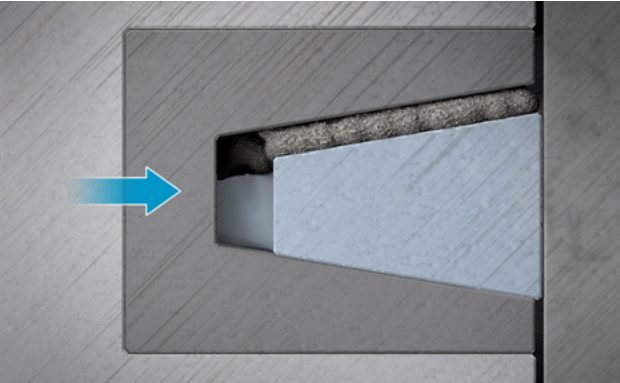
Segmento trapezoidal de un flanco

En los segmentos trapezoidales de un flanco, el flanco inferior del segmento no presenta ningún desfase angular y forma un ángulo recto respecto a la superficie de deslizamiento del segmento.

Los segmentos trapezoidales o los segmentos trapezoidales de un flanco se utilizan para contrarrestar la carbonización de las ranuras para segmentos y, con ello, el asiento fijo de los segmentos en las ranuras para segmentos. Especialmente, cuando aparecen temperaturas muy elevadas también en el interior de la ranura para segmentos, existe el peligro de que el aceite de motor que hay en dicha ranura se carbonice debido al efecto de la temperatura. En los motores diésel, además de la posible carbonización del aceite, también se produce la formación de hollín. Esta acelera, asimismo, la acumulación de sedimentos en la ranura para segmentos. Si los segmentos de pistón se atascaran debido a los sedimentos en la ranura, los gases de combustión calientes pasarían sin obstáculos entre el pistón y la pared del cilindro y sobrecalentarían el pistón.

Las consecuencias serían fundiciones en la cabeza del pistón, así como daños graves del pistón. El segmento trapezoidal se utiliza preferentemente en la ranura superior para segmentos en los motores diésel debido a las mayores temperaturas y la formación de hollín, a veces, también en la segunda ranura para segmentos.

⚠ ATENCIÓN
Los segmentos trapezoidales (de uno o dos flancos) no pueden emplearse en ranuras rectangulares normales. Si se utilizan segmentos trapezoidales, las ranuras para segmentos que deben equiparse en el pistón deben presentar siempre la conformación correspondiente.



Función de limpieza: debido a la conformación de los segmentos trapezoidales y a su movimiento en la ranura para segmentos a causa del vaivén del pistón (véase el capítulo 1.6.11 Movimientos del segmento de pistón) las carbonizaciones se pulverizan de forma mecánica.

1.3.2 SEGMENTOS RASCADORES DE ACEITE

FUNCIÓN

Los segmentos rascadores de aceite están contruidos para distribuir aceite sobre la pared del cilindro y para «rascar» el exceso de aceite de la pared del cilindro. Normalmente, los segmentos rascadores de aceite poseen dos labios rascadores para mejorar la función de estanqueizado y rascado. Cada uno de estos labios rasca el exceso de aceite de la pared del cilindro. Es decir, se acumula un volumen determinado de aceite que se puede evacuar del sector del segmento tanto en el borde inferior del segmento rascador de aceite como entre los labios. Teniendo en cuenta el movimiento de vaivén del pistón dentro del calibre del cilindro la función de estanqueizado es mejor cuanto más cerca estén las partes planas entre ranuras una de la otra.

Sobre todo, el volumen de aceite que se rasca con el labio rascador superior y que se acumula entre los labios debe evacuarse de ese sector, ya que, de lo contrario, puede penetrar a través del segmento rascador de aceite y debería rasparse entonces con el segundo segmento de compresión. Para este fin tanto los segmentos rascadores de aceite de una pieza como los de dos tienen una ranuras longitudinales u orificios entre las partes planas entre ranuras. El aceite rascado con el labio superior se conduce por dichos orificios al cuerpo del segmento en la parte posterior del segmento.

Desde allí, el drenaje posterior del aceite rascado puede efectuarse de diferentes maneras. Un método es conducir el aceite a través de los orificios de la ranura rascadora de aceite hasta la parte interior del pistón para que, desde ahí, pueda retornar al cárter de aceite. En los llamados *coverslot* (Fig. 1) el aceite rascado retorna a través de la escotadura alrededor de la bancada de bulón en la parte exterior del pistón. Pero también es utiliza una combinación de las dos ejecuciones.

Ambas ejecuciones se han probado en el drenaje del aceite rascado. En función de la forma del pistón, del proceso de combustión o de la finalidad de uso se emplea tanto una como otra. Teóricamente, no puede aportarse ningún argumento general suficiente en favor de una de las dos ejecuciones. Por ello, la decisión sobre qué método se adecúa mejor al pistón correspondiente se determina realizando diferentes pruebas prácticas de funcionamiento.



Segmento rascador de aceite



NOTA

En los motores de dos tiempos la lubricación del pistón se efectúa mediante una lubricación de la mezcla. Por tanto, esta construcción permite renunciar al uso de un segmento rascador de aceite.

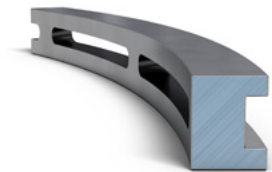
SEGMENTOS RASCADORES DE ACEITE DE UNA PIEZA

Los segmentos rascadores de aceite de una pieza ya no se utilizan en la construcción de motores modernos. Estos reciben su tensión únicamente de la sección del segmento de pistón. Por ello, estos segmentos son relativamente rígidos y tienen una peor capacidad de adaptación a la forma y, por tanto, una capacidad de estanqueizado algo menor que los segmentos rascadores de aceite de varias piezas. Los segmentos rascadores de aceite de una pieza se fabrican en fundición gris.



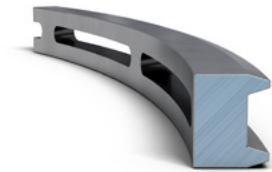
Segmento rascador de aceite

TIPOS DE CONSTRUCCIÓN



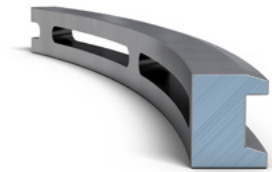
Segmento rascador de aceite

Ejecución más simple con labios rascadores rectangulares y con ranuras de aceite para el drenaje.



Segmento rascador de aceite de bordes achaflanados simétricos

En comparación con el segmento rascador de aceite, los bordes del labio de fricción están achaflanados para obtener una mejor presión superficial.



Segmento rascador de aceite de bordes achaflanados paralelos

En este segmento los bordes de los labios de fricción solo están achaflanados en el lado de la cámara de combustión. De esta forma resulta un mayor efecto de rascado de aceite durante el movimiento descendente del pistón.

SEGMENTOS RASCADORES DE ACEITE DE DOS PIEZAS (EJECUCIONES CON RESORTE HELICOIDAL)

Los segmentos rascadores de aceite de dos piezas constan del cuerpo del segmento y de un resorte helicoidal que se encuentra detrás. El cuerpo del segmento presenta una sección transversal considerablemente menor que en el caso de los segmentos rascadores de aceite de una pieza. Así, el cuerpo del segmento es relativamente flexible y posee una muy buena capacidad de adaptación a la forma. El alojamiento del resorte helicoidal en la parte interior del cuerpo del segmento es semicircular o tiene forma de V.

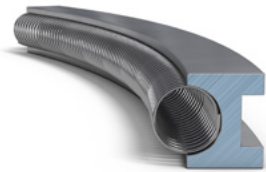
La tensión real viene de un resorte de compresión helicoidal fabricado en acero de resorte resistente al calor. Este se encuentra detrás del segmento y lo presiona contra la pared del cilindro. Durante el funcionamiento los resortes se encuentran fijos en la parte posterior del cuerpo del segmento y forman juntos una unidad. Aunque el resorte no se torsiona contra el segmento, toda la unidad del segmento gira libremente en la ranura del segmento del pistón, al igual que otros segmentos. La distribución de la presión radial siempre es simétrica en los segmentos rascadores de aceite de dos piezas, ya que la presión de apriete es igual de elevada en toda la extensión del resorte helicoidal (véase también al respecto el capítulo 1.6.2 Distribución de la presión radial).

Para prolongar la durabilidad se mecanizan los diámetros exteriores de los resortes, se enrollan más estrechamente en la hendidura del segmento o también se recubren con funda de teflón. Con estas medidas se alivia el desgaste por fricción entre el cuerpo del segmento y el resorte helicoidal. Los cuerpos de los segmentos de dos piezas son de fundición gris o de acero.



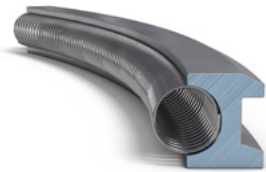
NOTA

La abertura del segmento, es decir, la distancia entre las puntas de junta del cuerpo del segmento estando desmontado y sin el muelle expansor situado detrás, no es relevante en segmentos rascadores de aceite de varias piezas. En concreto, en los segmentos de acero la abertura puede ser prácticamente cero. Esto no supone ningún defecto ni es motivo de reclamación.



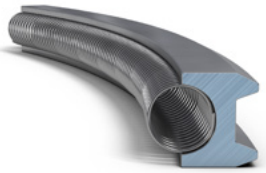
Segmento rascador de aceite con resorte helicoidal

El tipo de construcción más sencillo con un mejor efecto obturador que los segmentos rascadores de aceite de una pieza.



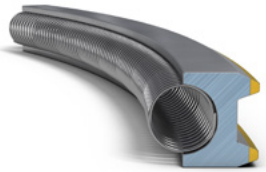
Segmento rascador de aceite de bordes achaflanados paralelos con resorte helicoidal

La misma forma de la superficie de deslizamiento que un segmento rascador de aceite de bordes achaflanados paralelos, pero con un efecto obturador mejorado.



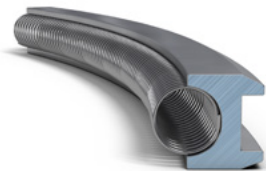
Segmento rascador de aceite de bordes achaflanados simétricos con resorte helicoidal

La misma forma de la superficie de deslizamiento que un segmento rascador de aceite de bordes achaflanados simétricos, pero con un efecto obturador mejorado. Este es el segmento rascador de aceite más extendido. Puede utilizarse en cualquier tipo de construcción del motor.



Segmento rascador de aceite de bordes achaflanados simétricos con labios de fricción cromados

Las mismas propiedades que un segmento rascador de aceite de bordes achaflanados simétricos, pero con mayor resistencia al desgaste y, por tanto, una durabilidad más prolongada. Por ello, resulta especialmente recomendable para los motores diésel.

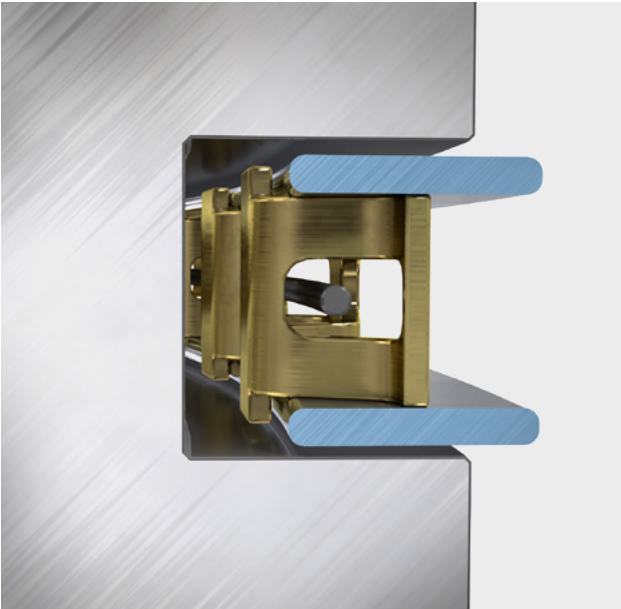


Segmento rascador de aceite de bordes simétricos achaflanados simétricos de acero nitrurado

Este segmento se obtiene de un perfil de acero y está provisto de una capa antiabrasiva en todos los lados. Es muy flexible y menos propenso a la rotura que los segmentos de fundición gris mencionados anteriormente. El drenaje del aceite entre los rieles se efectúa a través de aberturas circulares punzonadas. Este tipo de segmento rascador de aceite se utiliza principalmente en motores diésel.

SEGMENTOS RASCADORES DE ACEITE DE TRES PIEZAS

Los segmentos rascadores de aceite de tres piezas constan de dos delgadas láminas de acero que se presionan contra la pared del cilindro con un muelle distanciador y expansor. Los segmentos rascadores de aceite de láminas de acero pueden tener superficies de deslizamiento cromadas, o bien nitruradas en todos sus lados. Por último, mejoran las propiedades antiabrasivas de la superficie de deslizamiento, así como también entre el muelle expansor y las láminas (desgaste secundario). Los segmentos rascadores de aceite de tres piezas presentan una muy buena capacidad de adaptación a la forma y se utilizan, sobre todo, en motores de gasolina de turismos.



Segmento rascador de aceite de tres piezas

1.3.3 EQUIPAMIENTO TÍPICO DE SEGMENTOS

Las complejas exigencias que se les plantean a los segmentos de pistón no pueden satisfacerse con un solo segmento de pistón. Esto solo puede lograrse combinando diferentes tipos de segmentos. Por ello, en la construcción de motores de los vehículos modernos ha probado su eficacia la combinación de un segmento de compresión, un segmento combinado de compresión y rascador de aceite y un segmento rascador de aceite. Los pistones con más de tres segmentos se utilizan relativamente poco hoy en día.



- 01 Segmento de compresión
- 02 Segmento de compresión y rascador de aceite
- 03 Segmento rascador de aceite

1.3.4 EL SEGMENTO DEL PISTÓN MÁS ADECUADO

No existe el mejor segmento de pistón ni el mejor equipamiento de segmentos. Cada segmento de pistón es un «especialista» en su campo. Toda ejecución o composición de segmentos supone, a fin de cuentas, un desafío de exigencias completamente diferentes y, en parte, opuestas. Incluso una única modificación en un solo segmento de pistón puede desequilibrar el ajusta de todo el juego de segmentos.

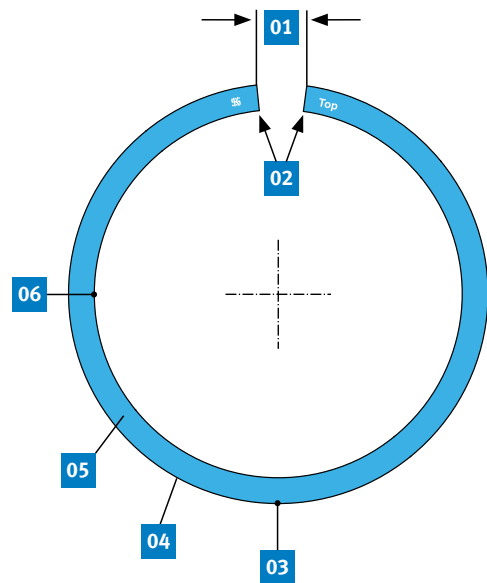
El ajuste de los segmentos de pistón para un motor de construcción nueva se determina principalmente mediante exhaustivas comprobaciones en el banco de pruebas, así como también en condiciones de funcionamiento normales.

La siguiente tabla, que no pretende ser exhaustiva, muestra, sin embargo, cómo actúan las diferentes propiedades de los segmentos sobre sus distintas funciones.

- favorable – positivo
- medio – neutral
- no favorable – negativo

Requisito	Fricción	Rodaje	Durabilidad
Elevada tensión del segmento	●	●	●
Baja tensión del segmento	●	●	●
Material resistente al desgaste	–	●	●
Material blando	–	●	●
Baja altura del segmento	●	●	●
Elevada altura del segmento	●	●	●

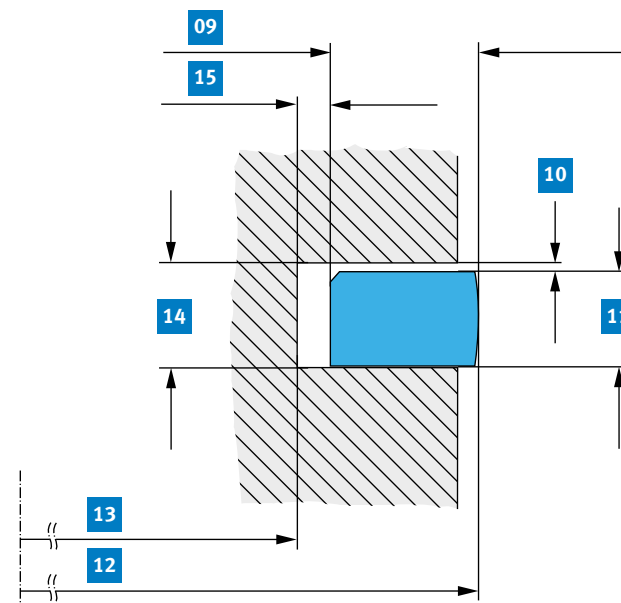
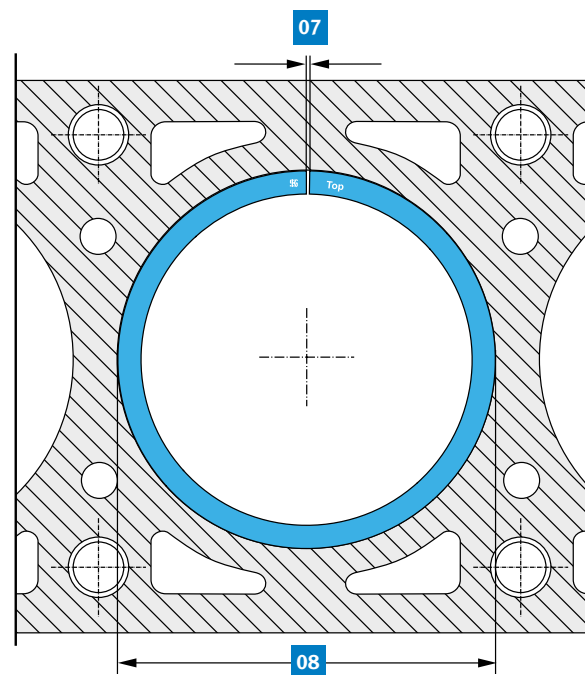
1.4 DENOMINACIONES DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN



- 01 Abertura del segmento
- 02 Puntas de junta
- 03 Dorso del segmento (frente a las puntas de junta)
- 04 Superficie de deslizamiento del segmento
- 05 Superficie de los flancos del segmento
- 06 Superficie interior del segmento

- 07 Holgura de las puntas de junta (holgura en frío)
- 08 Diámetro del cilindro

- 09 Espesor radial de pared
- 10 Juego axial
- 11 Altura del segmento de pistón
- 12 Diámetro del cilindro
- 13 Diámetro básico de la ranura
- 14 Altura de la ranura
- 15 Juego radial



1.5 ESTRUCTURA Y FORMA DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

1.5.1 MATERIALES DE LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

Los materiales de los segmentos de pistón se seleccionan teniendo en cuenta las propiedades de rodaje y las condiciones de trabajo que tendrán dichos segmentos. Una buena elasticidad y la resistencia a la corrosión son tan importantes como una elevada resistencia a los daños en condiciones de aplicación extremas. Hoy en día la fundición gris es aún el material principal con el que se fabrican los segmentos de pistón. Desde un punto de vista tribológico, la fundición gris y las inclusiones de grafito que contiene la estructura ofrecen unas muy buenas propiedades de rodaje de emergencia (lubricación seca gracias al grafito).

Estas son especialmente importantes cuando el aceite de motor ya no garantiza la lubricación o la película lubricante se ha destruido. Además, las venas de grafito dentro de la estructura del segmento sirven como reserva de aceite y también contrarrestan la destrucción de la película lubricante en condiciones de aplicación adversas.

Los siguientes materiales se emplean como materiales de función gris

- Hierro fundido con estructura de grafito de forma laminar (fundición de grafito laminar), templado y no templado
- Hierro fundido con estructura de grafito de forma globular (fundición de grafito nodular), templado y no templado

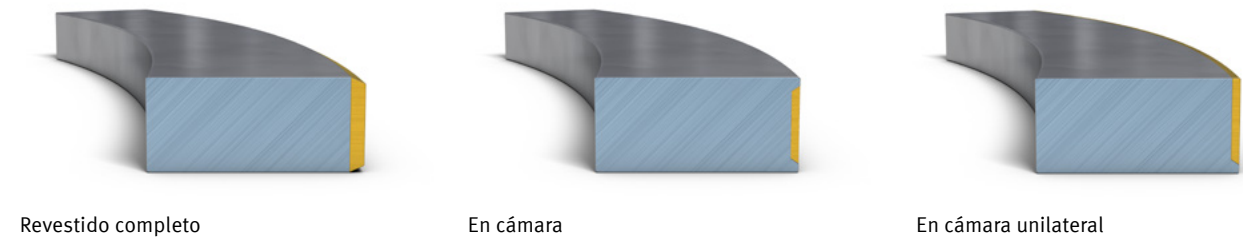
Se emplean como aceros el acero al cromo con microestructura martensítica y el acero de resorte. Para incrementar la resistencia al desgaste se templan las superficies. Por regla general, este se hace mediante el proceso de nitrurado*.

* El nitrurado (nitruración) también se conoce como absorción de nitrógeno (suministro de nitrógeno) en el lenguaje especializado y se trata de un procedimiento para templar el acero. Normalmente, el nitrurado se realiza a temperaturas de entre 500 y 520 °C con una duración del tratamiento de 1 a 100 horas. En la superficie de la pieza de trabajo se forma una capa de unión superficial muy dura de nitruro de hierro debido a la difusión interior de nitrógeno. En función del tiempo de tratamiento esta puede alcanzar un espesor de 10–30 µm. Otros procedimientos habituales son la nitruración en baño de sal (p. ej., cigüeñales), la nitruración con gas (en los segmentos de pistón) y la nitruración por plasma.



Proceso de fundición de segmentos de pistón

1.5.2 MATERIALES DE REVESTIMIENTO DE LAS SUPERFICIES DE DESLIZAMIENTO



El labio de fricción o las superficies de deslizamiento de los segmentos de pistón pueden revestirse para mejorar sus propiedades tribológicas. A este respecto, tanto el incremento de la resistencia al desgaste como garantizar la lubricación y estanqueizado en condiciones extremas ocupan el primer plano. El material del revestimiento debe armonizar con los materiales del segmento de pistón y la pared del cilindro, así como con el lubricante. Por eso se ha extendido el uso de revestimientos en las superficies de deslizamiento de los segmentos de pistones. Con frecuencia, los segmentos de los motores en serie están provistos de cromo, molibdeno y ferróxido.

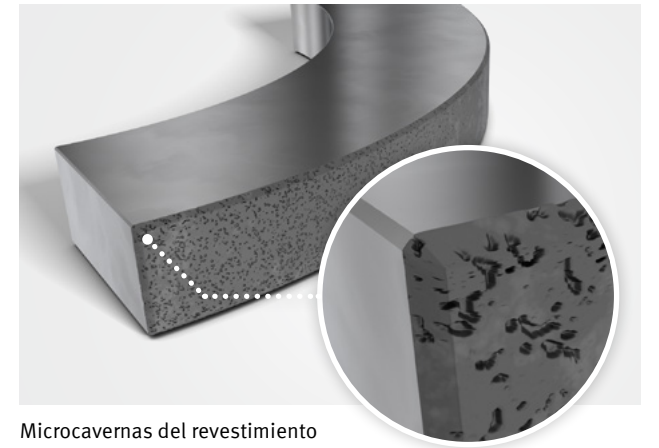
* Tribología (del griego: técnica de fricción) abarca el sector de investigación y la tecnología de superficies que interaccionan entre ellas en un movimiento relativo. Se ocupa de la descripción científica de la fricción, del desgaste y de la lubricación.

REVESTIMIENTOS DE MOLIBDENO

Para evitar las huellas de quemaduras, la superficie de deslizamiento de los segmentos de compresión (no de los segmentos rascadores de aceite) se puede rellenar con molibdeno o se puede revestir por completo. Esto puede realizarse tanto con el método de pulverización a llama como con el de pulverización de plasma. El molibdeno garantiza una gran resistencia térmica gracias a su elevado punto de fundición (2620 °C). Además, con el procedimiento de revestimiento se consigue una estructura porosa del material. En las microcavernas que se generan de esta forma en la superficie de deslizamiento de los segmentos (Fig. 2) puede almacenarse aceite de motor. Esto garantiza que, incluso en estados de funcionamiento extremos, aún haya aceite de motor para la lubricación de la superficie de deslizamiento del segmento.

Propiedades

- Elevada resistencia térmica
- Buenas propiedades de rodaje de emergencia
- Más blando que el cromo
- Menor resistencia al desgaste que los segmentos de cromo (más sensibles a la suciedad)
- Más sensible a los bamboleos del segmento (por tanto, roturas del molibdeno en caso de esfuerzos extremos como, p. ej., combustión detonante y otras fallas de combustión)



Microcavernas del revestimiento de molibdeno

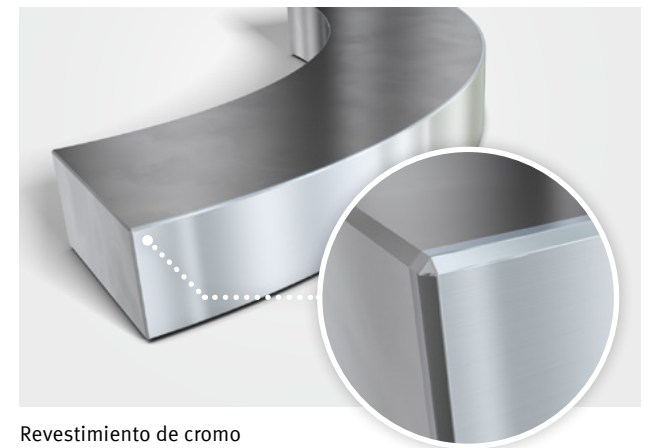
REVESTIMIENTOS GALVANIZADOS

REVESTIMIENTOS DE CROMO

La mayoría de los revestimientos de cromo se aplican mediante el procedimiento de galvanizado.

Propiedades

- Gran durabilidad (resistente al desgaste)
- Superficie dura e insensible
- Menor desgaste del cilindro (aprox. 50 % comparado con segmentos no revestidos)
- Buena resistencia frente a huellas de quemaduras
- Menos propiedades de rodaje de emergencia que los revestimientos de molibdeno
- Buena resistencia al desgaste que aporta un tiempo de rodaje más prolongado que en los segmentos de pistón, los segmentos rascadores de aceite de láminas de acero o los segmentos rascadores de aceite U-Flex no reforzados



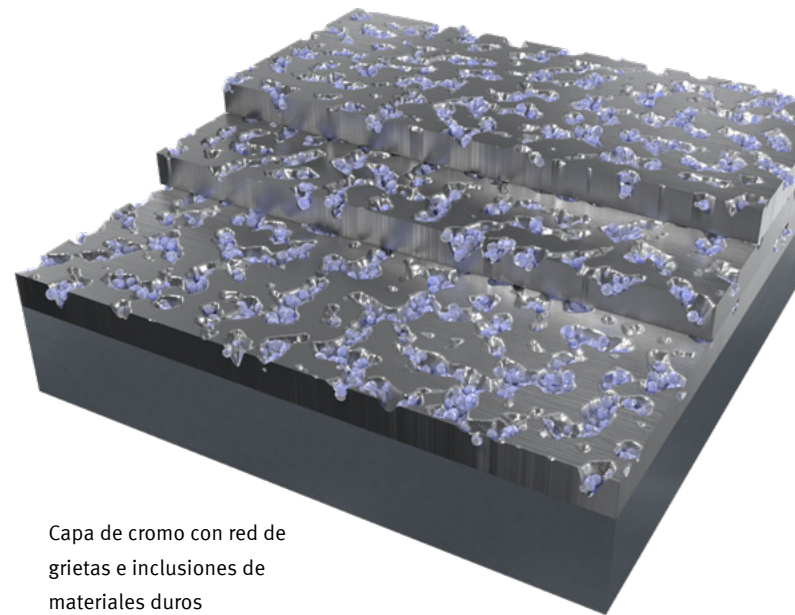
Revestimiento de cromo

REVESTIMIENTOS CK (CROMO-CERÁMICA) Y REVESTIMIENTOS DC (REVESTIMIENTO DIAMANTADO)

Estos revestimientos constan de una capa de cromo aplicada mediante galvanizado con una red de grietas en la que se introducen inclusiones fijas de materiales duros. Como material de las inclusiones se utiliza cerámica (CK) o diamantes micronizados (DC).

Propiedades

- Pérdidas de fricción reducidas debido a la superficie extremadamente lisa
- Mayor resistencia al desgaste y larga durabilidad debido a las inclusiones de materiales duros
- Buena resistencia a las huellas de quemaduras
- Menor desgaste por capas del segmento de pistón con el mismo desgaste reducido del cilindro



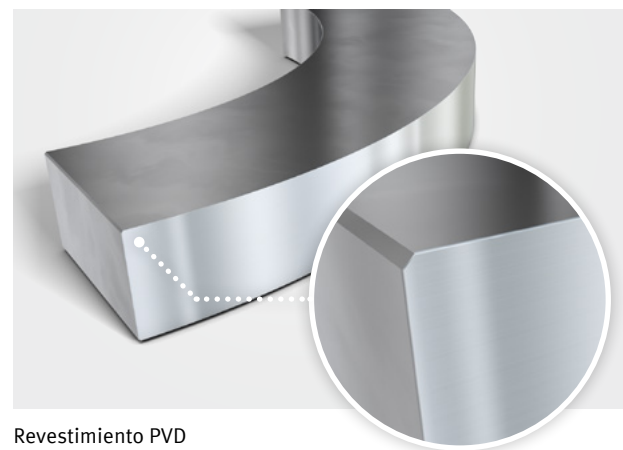
Capa de cromo con red de grietas e inclusiones de materiales duros

REVESTIMIENTOS PVD

PVD significa «separación física de fases gaseosas» (Physical Vapour Deposition), un procedimiento de revestimiento basado en el vacío en el que las capas de material duro (CrN – cromo(III)-nitruro) se aplican mediante evaporación directamente sobre la superficie del segmento de pistón.

Propiedades

- Las pérdidas de fricción se minimizan gracias a una superficie extremadamente lisa.
- Mediante una estructura por capas muy fina y densa de gran dureza se obtiene una muy elevada resistencia al desgaste.
- Gracias a esta gran resistencia al desgaste, el contorno del segmento se conserva durante un período de rodaje más largo. De esta forma, p. ej., puede seguir reduciéndose la tensión del segmento en un segmento rascador de aceite con revestimiento PVD, con lo cual se obtienen claras ventajas en la capacidad de fricción.



Revestimiento PVD

1.5.3 DESPRENDIMIENTOS DE LA CAPA

Los desprendimientos en los revestimiento de la superficie de deslizamiento se presentan en ocasiones en los revestimientos pulverizados de molibdeno y ferróxido. Los motivos de ello son, principalmente, los fallos de montaje en los segmentos de pistón (expansión excesiva al montar sobre el pistón o expansión de los segmentos como se muestra en la Fig. 1). En caso de una expansión errónea de los segmentos en el pistón el revestimiento se rompe solo en el dorso del segmento (Fig. 2). Si el revestimiento está desconchado en las puntas de juntura, esto indica que hay bamboleos del segmento debido a fallas de combustión (p. ej., combustión detonante).

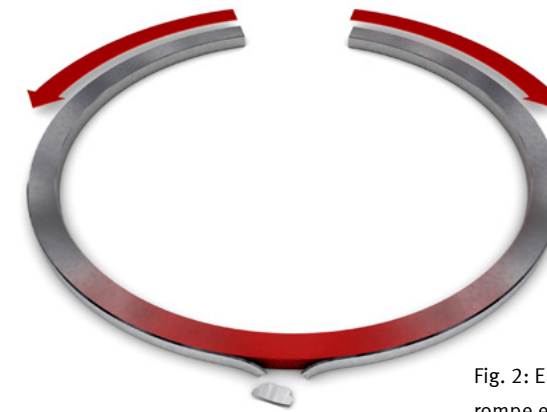


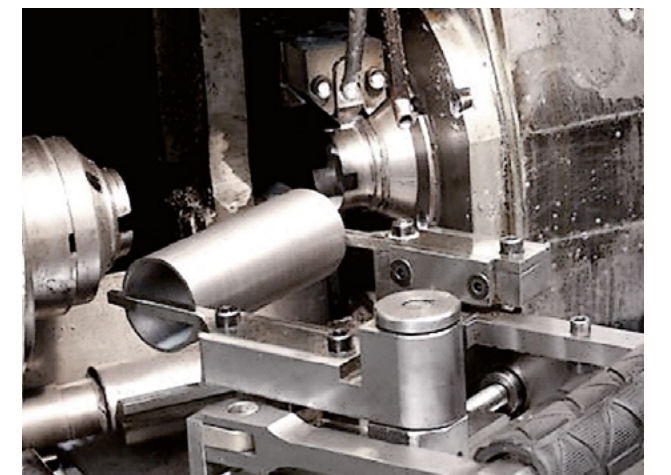
Fig. 2: El revestimiento se rompe en el dorso del segmento



Fig. 1: Retorcimiento y expansión de los segmentos al montarlos en el pistón

1.5.4 MECANIZACIÓN DE SUPERFICIES (TORNEADO, BRUÑIDO, RECTIFICADO)

Los segmentos de pistón de hierro fundido no reforzados, por lo general, solo están torneados con precisión en la superficie de deslizamiento. Debido al rápido tiempo de rodaje de los segmentos no reforzados se renuncia al rectificado o bruñido de la superficie de deslizamiento. En el caso de superficie revestidas o templadas las superficies de deslizamiento se rectifican o bruñen. Esto se debe a la elevada resistencia al desgaste que haría que los segmentos tardasen demasiado tiempo en adoptar una forma circular y en desempeñar correctamente su función de estanqueizado. De suceder esto, las consecuencias serían la pérdida de potencia y un elevado consumo de aceite.



Torno para la mecanización de superficies

1.5.5 FORMAS ABOMBADAS DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO

Otro motivo para el empleo de procedimientos de rectificado o bruñido es la forma de la superficie de deslizamiento. Los segmentos de pistón rectangulares (no reforzados) adquieren una forma abombada en la superficie de deslizamiento tras algún tiempo (Fig. 1). El motivo de ello son el movimiento ascendente y descendente, así como el movimiento del segmento en la ranura (retorcimiento del segmento). Esto tiene un efecto positivo en la estructura de la película lubricante y la durabilidad de los segmentos.

Los segmentos de pistón revestidos se producen ya con una forma ligeramente abombada. Por tanto, no debe transcurrir un tiempo de rodaje hasta que obtienen la forma deseada, sino que ya cuentan con una superficie de deslizamiento prerrodada. De esta forma se suprimen tanto el elevado desgaste de rodaje como el consumo de aceite que este conlleva. Debido al contacto puntual de la superficie de deslizamiento del segmento se produce una mayor presión de apriete específica en la pared del cilindro y, con ello, un mejor efecto de estanqueizado de gas y aceite. Además, se reduce el peligro de sobrecargas en el canto debido a cantos del segmento que estén aún afilados. De todos modos, los segmentos de cromo siempre poseen un canto achaflanado para evitar la presión en la película de aceite durante el rodaje. La capa de cromo, que es muy dura, podría causar un desgaste considerable y daños en la pared del cilindro, que es mucho más blanda, en caso de una ejecución no adecuada.

Las superficies de deslizamiento del segmento abombadas y simétricas (Fig. 2), ya sean originadas por el rodaje o realizadas durante la producción de segmentos, poseen unas muy buenas propiedades deslizantes y generan un espesor definido de la película lubricante. Si el abombamiento es simétrico, el espesor de la película lubricante tiene igual magnitud durante el movimiento ascendente y durante el descendente. Las fuerzas en el segmento, que hacen que este pueda deslizarse sobre la película de aceite, tienen igual magnitud en ambos sentidos.

Si el abombamiento se realiza durante la producción del segmento, existe la posibilidad de crear un abombamiento asimétrico para mejorar el control del consumo de aceite. El vértice del abombamiento no se encontrará entonces en el centro de la superficie de deslizamiento, sino algo más abajo (Fig. 3).



Fig. 1: Abombamiento debido al desgaste de rodaje



Fig. 2: Superficie de deslizamiento del segmento abombada simétrica



Fig. 3: Superficie de deslizamiento del segmento abombada asimétrica

Esta distribución asimétrica de la superficie de deslizamiento determina un comportamiento de deslizamiento diferente durante el movimiento ascendente y descendente del segmento. En el movimiento ascendente el aceite empuja el segmento con más fuerza debido a la mayor superficie y se rasca menos aceite. En el movimiento descendente la menor superficie hace que el segmento de pistón se deslice en menor medida y rasque más aceite (Fig. 4 y 5). Por tanto, los segmentos abombados asimétricos también sirven para el control del consumo de aceite, especialmente, en caso de condiciones de funcionamiento desfavorables en los motores diésel. Esto aparece, p. ej., tras largas fases de ralentí después de un funcionamiento a plena carga durante el que con frecuencia se expulsa aceite al tracto de escape y se produce humo azul al volver a pisar el gas.

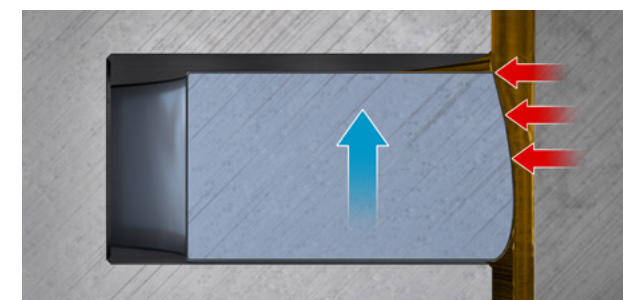


Fig. 4: Deslizamiento predominante durante el movimiento ascendente

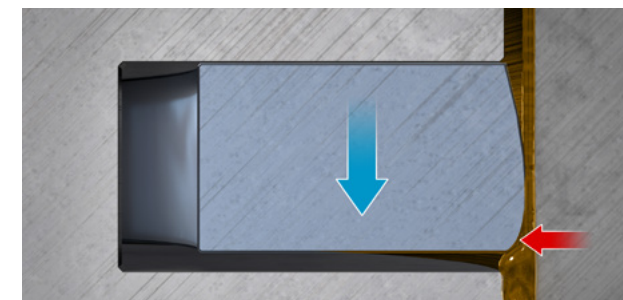


Fig. 5: Deslizamiento débil durante el movimiento descendente

1.5.6 TRATAMIENTOS DE SUPERFICIES

Dependiendo de la ejecución las superficies de los segmentos de pistón, estas pueden ser pulidas, fosfatadas o cobreadas. Esto únicamente influye en el comportamiento de los segmentos ante la corrosión. Los segmentos pulidos brillan de forma atractiva en estado nuevo, sin embargo, están totalmente desprotegidos frente a la formación de óxido. Los segmentos fosfatados tienen una superficie negra mate y están protegidos de la formación de óxido gracias a la capa de fosfato.

Los segmentos cobreados también cuentan con una buena protección frente al óxido, así como con una ligera protección frente a la formación de huellas de quemaduras durante el rodaje. El cobre tiene un efecto de lubricación seca determinado y, por tanto, unas propiedades de rodaje de emergencia mínimas durante el rodaje.

No obstante, los tratamientos de superficies no tienen ninguna influencia en el funcionamiento de los segmentos. De ahí que tampoco pueda emitirse ninguna afirmación sobre el color de los segmentos de pistón en relación con la calidad.



1.6 FUNCIÓN Y PROPIEDADES

1.6.1 TENSIÓN TANGENCIAL

Los segmentos de pistón tienen un mayor diámetro cuando están destensados que cuando están montados. Esto se necesita para poder aplicar la presión de apriete requerida en todos los lados del cilindro en estado montado.

La medición de la presión de apriete en el cilindro resulta difícil en la práctica. Por ello, la fuerza diametral que presiona el segmento en la pared del cilindro se determina con ayuda de una fórmula basada en la fuerza tangencial. La fuerza tangencial es la fuerza que se necesita para ajustar las puntas de juntura a la holgura de las puntas de juntura (Fig. 1). La fuerza tangencial se mide con una banda de acero flexible que se coloca alrededor del segmento. Se tira de la banda hasta alcanzar la holgura prescrita de las puntas de juntura del segmento de pistón. La fuerza tangencial puede leerse en el dinamómetro. Generalmente, la medición en segmentos rascadores de aceite se efectúa con el muelle expansor colocado.

A fin de garantizar mediciones precisas, la disposición para la medición se somete a vibraciones para que el muelle expansor pueda adoptar su forma natural detrás del cuerpo del segmento. En los segmentos rascadores de láminas de acero con resorte helicoidal de tres piezas se necesita adicionalmente la fijación axial del juego de segmentos debido a su construcción, ya que, de lo contrario, las láminas de acero se inclinarían a un lado y la medición no sería posible. La Fig. 1 muestra la representación gráfica de la medición de la fuerza tangencial.

 NOTA

En los segmentos de pistón se produce una pérdida de tensión tangencial debido al desgaste radial, causado por la fricción mixta o un período de rodaje más largo. La medición de la tensión solo resulta útil en segmentos nuevos con la sección transversal aún completa.

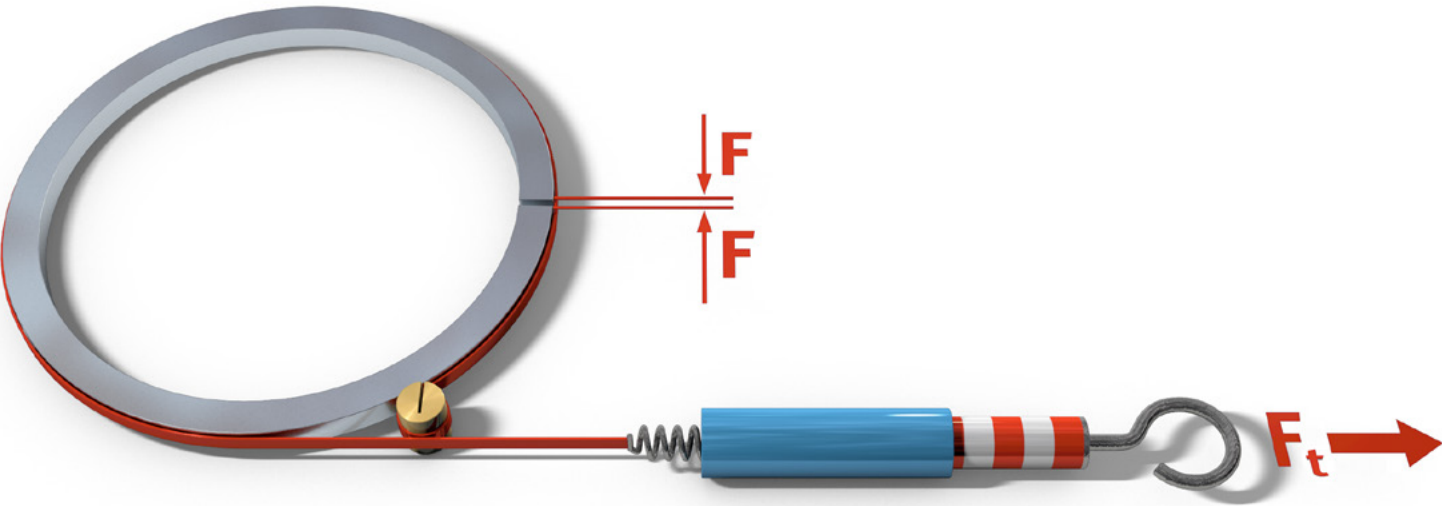


Fig. 1: Medición de la fuerza tangencial

1.6.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN RADIAL

La presión radial depende del módulo de elasticidad del material, de la abertura del segmento cuando está destensado y, no menos importante, de la sección transversal del segmento. Hay dos tipos de diferenciación principales en la distribución de la presión radial. El tipo más sencillo es la distribución simétrica de la presión radial (Fig. 2). Este se observa, sobre todo, en segmentos rascadores de aceite de varias piezas que constan de un portasegmento flexible o de láminas de acero con una tensión propia relativamente baja. El muelle expansor que se encuentra detrás presiona el portasegmento o las láminas de acero contra la pared del cilindro. La presión radial actúa de forma simétrica debido al muelle expansor que, estando comprimido (en estado montado), empuja contra el dorso del portasegmento o contra las láminas de acero.

En los motores de cuatro tiempos los segmentos de compresión divergen en cuanto a la distribución simétrica de la presión radial. En su lugar se utiliza una distribución en forma de pera (ovalada-positiva) para contrarrestar la tendencia al bamboleo de las puntas de juntura del segmento en caso de regímenes de revoluciones elevados (Fig. 3). El bamboleo del segmento comienza siempre en las puntas de juntura y estas lo transmiten a todo el contorno del segmento. El aumento de la fuerza de apriete en las puntas de juntura contrarresta esto, ya que los segmentos de pistón se presionan más fuerte en esa zona contra la pared del cilindro y, de esta forma, se reduce eficazmente o se impide el bamboleo del segmento.

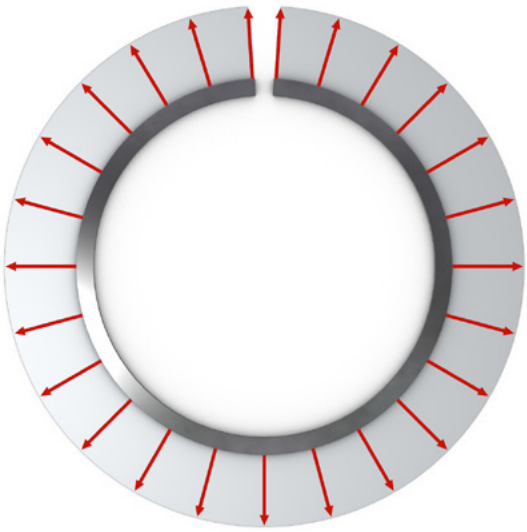


Fig. 2:
Distribución simétrica de la presión radial

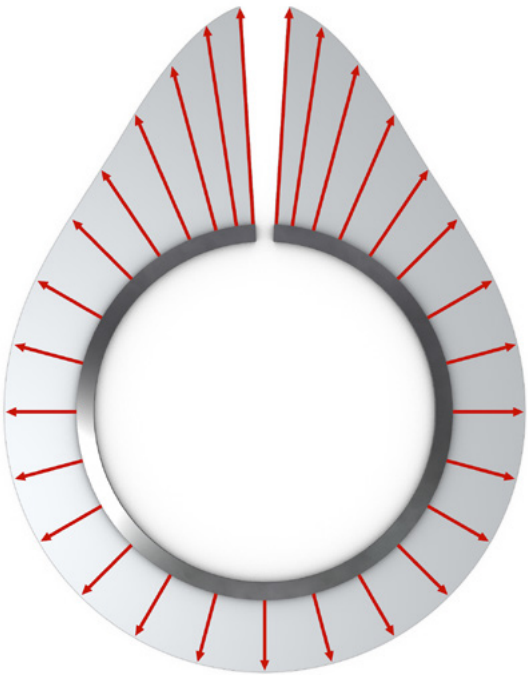


Fig. 3:
Distribución de la presión radial positiva-ovalada

1.6.3 REFUERZO DE LA PRESIÓN DE APRIETE MEDIANTE LA PRESIÓN DE COMBUSTIÓN

Mucho más importante que la tensión propia de los segmentos de pistón es el refuerzo de la presión de apriete mediante la presión de combustión que actúa sobre los segmentos de compresión durante el servicio del motor.

Durante el ciclo de trabajo de la presión de combustión se genera hasta el 90 % de la fuerza total de apriete del primer segmento de compresión. Como se muestra en la Fig. 1, la presión se sitúa detrás de los segmentos de compresión y los presiona con aún más fuerza contra la pared del cilindro. Este refuerzo de la fuerza de apriete actúa principalmente en el primer segmento de compresión y continúa con menor fuerza en el segundo segmento de compresión.

La presión del gas para el segundo segmento de pistón puede controlarse con la variación de la holgura de las puntas de junta del primer segmento de compresión. P. ej., con una ranura algo mayor se consigue más presión de combustión en el dorso del segundo segmento de compresión, lo que también

actúa aquí como refuerzo del apriete. Si hay un número mayor de segmentos de compresión ya no se produce un refuerzo de la presión de apriete mediante la presión del gas de la combustión a partir del segundo segmento de compresión.

Los segmentos rascadores de aceite simples solo trabajan con su tensión propia. La presión del gas no puede actuar aquí como refuerzo del apriete debido a la forma especial de los segmentos. La distribución de la fuerza en el segmento de pistón depende, además, de la conformación de la superficie de deslizamiento del segmento de pistón. En los segmentos de periferia cónica y en los segmentos de compresión abombados mediante rectificado la presión del gas penetra también en el intersticio sellante entre la superficie de deslizamiento del segmento de pistón y la pared del cilindro, y contrarresta la presión del gas que está presente detrás del segmento de pistón (véase el capítulo 1.3.1 Segmentos de compresión).

La fuerza de apriete axial que actúa sobre un segmento de compresión en el flanco de ranura inferior solo se genera mediante la presión del gas. La tensión propia de los segmentos no actúa en sentido axial.

NOTA

En marcha en ralentí se produce un refuerzo del apriete insuficiente en los segmentos debido a un mal llenado del cilindro. Esto se nota, sobre todo, en los motores diésel. Los motores en una marcha en ralentí prolongada tienen un mayor consumo de aceite, ya que el efecto rascador se ve afectado al faltar la ayuda de la presión del gas. Con frecuencia, los motores expulsan nubes de aceite azul por el tubo de escape al volver a pisar el gas tras una larga fase de ralentí, ya que pudo acumularse aceite en el cilindro y en el tracto de escape que se quema cuando se pisa el gas.

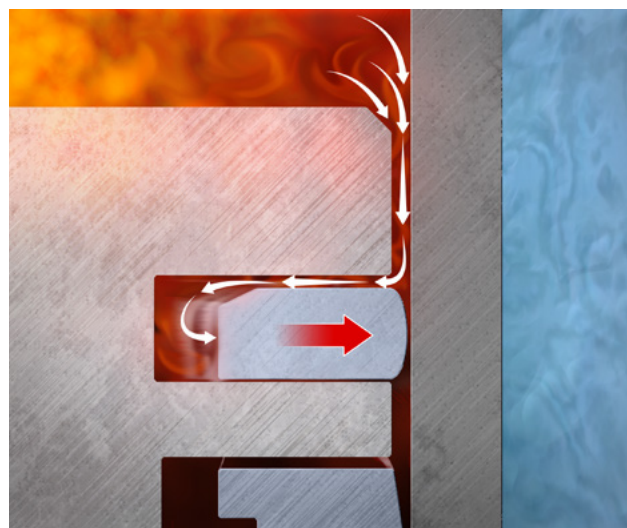


Fig. 1: Refuerzo de la presión de apriete

1.6.4 PRESIÓN DE APRIETE ESPECÍFICA



Fig. 2 y Fig. 3: Tensión del segmento y fuerza de apriete específica

La fuerza de apriete específica depende de la tensión del segmento y de la superficie de apoyo del segmento en la pared del cilindro. Si la fuerza de apriete específica debe duplicarse, hay dos posibilidades: o bien se duplica la tensión del segmento, o bien se reduce a la mitad la superficie de apoyo del segmento en el cilindro. En la Fig. 2 y la Fig. 3 puede verse que la fuerza resultante (fuerza de apriete específica = fuerza $\times$ superficie) que actúa sobre la pared del cilindro siempre tiene la misma magnitud aunque la tensión del segmento se duplique o se reduzca a la mitad.

En los motores nuevos la tendencia se inclina a las alturas del segmento planas, ya que se quiere reducir la fricción interior en el motor. Sin embargo, esto solo se consigue cuando se reduce la superficie de contacto efectiva del segmento con la pared del cilindro. Con la mitad de la altura del segmento también se reduce a la mitad la tensión del segmento del pistón y, con ello, la fricción.

Dado que la fuerza que queda actúa sobre una superficie más pequeña, la presión de apriete específica en la pared del cilindro (fuerza $\times$ superficie) mantiene la misma magnitud con la mitad de superficie y la mitad de tensión que en el caso de contar con el doble de superficie y el doble de tensión.

ATENCIÓN

La tensión del segmento no puede considerarse por sí sola para evaluar la presión de apriete del comportamiento de estanqueizado. Al comparar segmentos de pistón, siempre es necesario tener en cuenta la superficie de deslizamiento.

1.6 FUNCIÓN Y PROPIEDADES

1.6.5 HOLGURA DE LAS PUNTAS DE JUNTURA

La holgura de las puntas de junta (Fig. 1) es una característica de construcción importante para garantizar la función de los segmentos de pistón. Es comparable al juego de válvula en las válvulas de admisión y de escape. Al calentarse los componentes, se produce una elongación o ampliación del diámetro debido a la dilatación térmica natural. Dependiendo de la diferencia térmica entre la temperatura ambiental y de servicio se necesita más o menos holgura en frío para garantizar la función cuando se alcanza la temperatura de servicio.

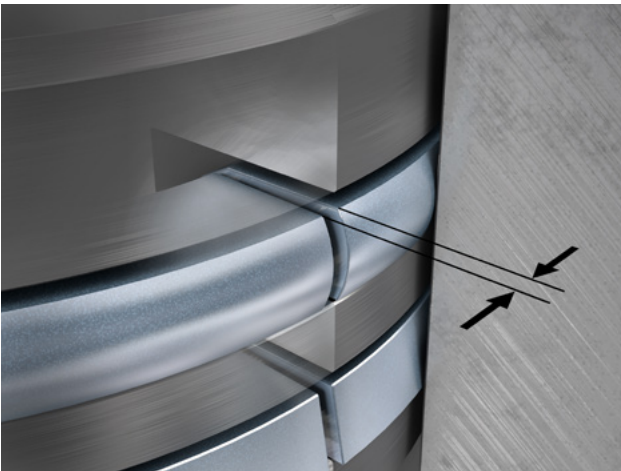


Fig. 1: Holgura de las puntas de junta en estado montado

Un requisito básico para la correcta función de los segmentos de pistón es que los segmentos puedan girar libremente en las ranuras. Si los segmentos de pistón se atascaran en las ranuras, estos no podrían ni cumplir con la función de estanqueizado ni disipar el calor. La holgura de las puntas de junta, que también debe mantenerse a la temperatura de servicio, garantiza que la medida de la circunferencia del segmento de pistón siempre sea menor que la del cilindro debido a su dilatación térmica. Si la holgura de las puntas de junta desapareciera debido a la dilatación térmica, las puntas de junta del segmento de pistón se presionarían una contra otra. Si esta presión continuara, el segmento de pistón debería incluso deformarse para equilibrar la diferencia de longitud debido al calentamiento. Ya que no es posible la expansión del segmento de pistón mediante dilatación térmica en sentido radial, la diferencia de longitud solo podría compensarse en sentido axial. La Fig. 2 muestra como se deforma el segmento cuando el espacio en el cilindro se estrecha demasiado.

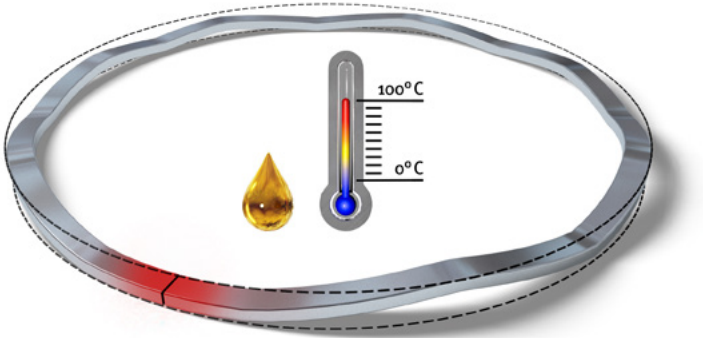


Fig. 2: Deformación del segmento de pistón a temperatura de servicio

El siguiente cálculo muestra con el ejemplo de un segmento de pistón de 100 mm de diámetro cómo cambia la longitud de la circunferencia a temperatura de servicio.

Ejemplo de cálculo			
Diámetro del cilindro	d	= 100 mm	
Temperatura ambiental	t ₁	= 20 °C	= 293 K
Temperatura de servicio	t ₂	= 200 °C	= 473 K
Dilatación longitudinal del hierro fundido	α	= 0,000010 K ⁻¹	
Circunferencia del segmento de pistón			
U = d × π			
U = 100 × 3,14 = 314 mm			
U = l ₁			
Diferencia de longitud del segmento de pistón a temperatura de servicio			
Δl = l ₁ × α × Δt			
Δl = l ₁ × α × (t ₂ - t ₁)			
Δl = 314 × 0,000010 × 180 = 0,57 mm			

Es decir, en este ejemplo se necesita, como mínimo, una holgura de las puntas de junta de 0,6 mm para garantizar que la función sea correcta. No obstante, no solo se dilatan el pistón y los segmentos de pistón, sino que también aumenta el diámetro del calibre del cilindro debido al calentamiento a temperatura de servicio. Esto hace que la holgura de las puntas de junta pueda volver a ser algo más pequeña. El calibre del cilindro se expande debido a la dilatación térmica, sin embargo, no llega a dilatarse tanto como el segmento de pistón. Por una parte, la estructura del bloque motriz es más rígida que la del pistón, por otra, la superficie del cilindro no se calienta tanto como el pistón con los segmentos de pistón.

Tampoco la ampliación del diámetro del calibre del cilindro es igual en toda la superficie de rodadura del cilindro debido a la dilatación térmica. El cilindro se dilata más ampliamente en la zona superior que en la inferior debido al impacto calorífico de la combustión. Por tanto, debido a esta dilatación térmica irregular del cilindro se produce una diferencia en la forma del mismo que da lugar a una ligera forma de embudo (Fig. 3).

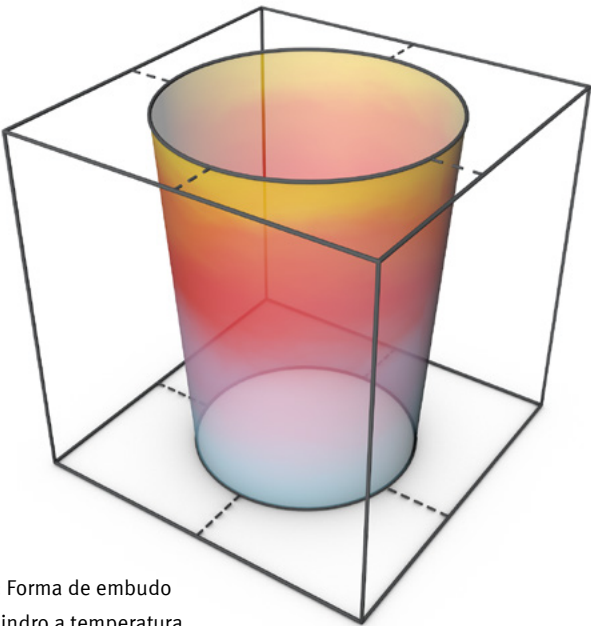


Fig. 3: Forma de embudo del cilindro a temperatura de servicio

1.6.6 SUPERFICIES DE ESTANQUEIDAD DEL SEGMENTO DE PISTÓN

Los segmentos de pistón no solo tienen una función de estanqueizado en la superficie de deslizamiento, sino también en el flanco inferior. El efecto obturador en la superficie de deslizamiento es responsable del estanqueizado del segmento respecto a la pared del cilindro, el flanco de ranura inferior, del estanqueizado del dorso del segmento. Por tanto, no solo se necesita un buen contacto del segmento con la pared del cilindro, sino también un buen contacto con el flanco de ranura inferior del segmento (Fig. 1). Si no existe este contacto, el aceite o el gas de combustión pueden pasar al segmento a través del dorso del mismo.

Observando estas figuras puede imaginarse fácilmente que la estanqueidad del dorso del segmento ya no queda garantizada debido al desgaste (suciedad y período de rodaje largo) y que cada vez entrará más gas y aceite en la ranura. Por tanto, no tiene sentido equipar las ranuras para segmentos desgastadas con segmentos nuevos. Las irregularidades en el flanco de ranura no cumplen la función de estanqueizado respecto al segmento y la ranura con una altura mayor admite más espacio de movimiento para el segmento. Ya que el segmento no se apoya correctamente en la ranura a causa de la excesiva holgura vertical, es mucho más fácil que se separe del flanco de ranura, se produzca el bombeo de aceite (Fig. 2 y 3), haya bamboleos del segmento y se pierda la estanqueidad. Además, se genera un abombamiento excesivo en la superficie de deslizamiento del segmento. Esto da lugar a una película de aceite demasiado gruesa y a un mayor consumo de aceite.



Fig. 1: Estanqueizado mediante el flanco de ranura



Fig. 2: Ciclo de aspiración



Fig. 3: Ciclo de compresión

1.6.7 ESPACIO DE ESTRANGULACIÓN Y GASES DE FUGA

Dado que constructivamente no es posible conseguir un estanqueizado del gas del 100 % con los segmentos de pistón utilizados en la construcción de motores, se producen pequeñas cantidades de gases de fuga, también llamados «gases blow-by». Los gases de combustión penetran en el compartimiento del cigüeñal a través de los más pequeños intersticios sellantes en el pistón y los segmentos de pistón. La cantidad de gases de fuga se determina según el tamaño de la ventana estranguladora («x» e «y» en la Fig. 4) que resulta de la holgura de las puntas de junta y de la mitad de la holgura de rodaje del pistón. Al contrario de lo que parece en el gráfico, la ventana estranguladora tiene un tamaño ínfimo en realidad. Como norma general, para la emisión máxima de gases de fuga se calcula aprox. el 0,5 % del volumen de aire aspirado. En función de la posición de los segmentos de pistón se genera más o menos gas de fuga durante el funcionamiento. Si las holguras de las puntas de junta del primer y del segundo segmento de compresión coinciden en las ranuras del segmento del pistón, se genera algo más de gas de fuga. Esto se presenta una y otra vez durante el funcionamiento en intervalos regulares, ya que los segmentos rotan con ciertas vueltas por minuto en las ranuras para segmentos. Si las holguras de las puntas de junta se encuentra exactamente en posición opuesta, el gas de fuga tiene que recorrer el laberinto obturador, de forma que se pierde menos gas. El gas de fuga que penetra en el compartimiento del cigüeñal retorna al canal de admisión mediante la purga de aire del cárter del cigüeñal y se suministra para la combustión. El motivo de ello se encuentra en las propiedades nocivas para la salud que presentan estos gases. Al volver a efectuarse su combustión en el motor, estos pasan a ser inocuos. Además, la ventilación del compartimiento del cigüeñal es necesaria porque la sobrepresión en el compartimiento del cigüeñal ocasionaría un derrame de aceite excesivo en los retenes radiales del motor.

Si la emisión de gases de fuga aumenta, esto indica que, o bien hay un desgaste considerable de los segmentos de pistón tras un largo período de rodaje, o bien la cabeza del pistón ya presenta grietas por las que los gases de combustión penetran en el compartimiento del cigüeñal. Pero también una geometría del cilindro errónea (véase el capítulo 2.3.5 Geometría del cilindro y redondez) puede causar una mayor emisión de gases de fuga.

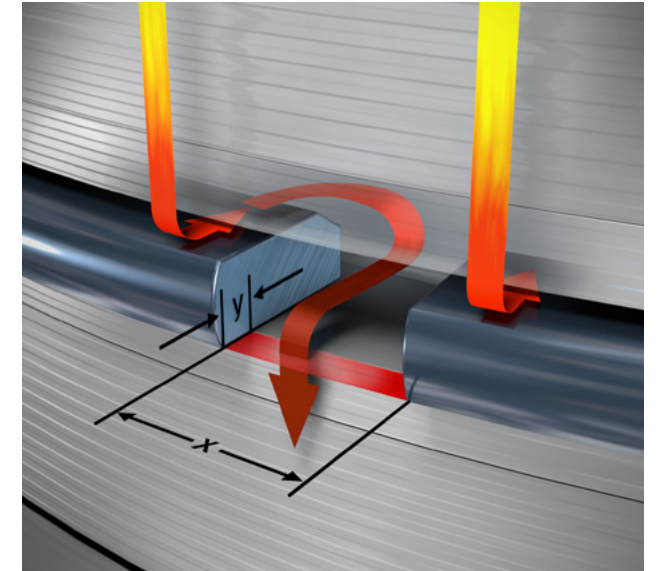


Fig. 4: Ventana estranguladora

En los motores estacionarios o los bancos de prueba para el motor se mide y supervisa continuamente la emisión de gases de fuga, así como se usa como indicador de advertencia para posibles averías en el motor. Si la cantidad de gas de escape supera el valor máximo admisible, el motor se detiene automáticamente. De esta forma se evitan averías graves y costosas en el motor.

1.6.8 HOLGURA VERTICAL DE LOS SEGMENTOS

La holgura vertical de los segmentos (Fig. 1) no es el resultado del desgaste en la ranura para segmentos. La holgura vertical es una cota funcional importante para garantizar la correcta función de los segmentos de pistón. La holgura vertical de los segmentos garantiza que los segmentos puedan moverse libremente en las ranuras de los segmentos de pistón (véase también el capítulo 1.6.11 Movimientos del segmento de pistón).

Debe ser lo suficientemente grande para que el segmento no se atasque a temperatura de servicio y para que pueda entrar suficiente presión de combustión en la ranura y situarse detrás del segmento (véase también al respecto el capítulo 1.6.3 Refuerzo de la presión de apriete mediante la presión de combustión).

Pero, considerando esto a la inversa, la holgura vertical de los segmentos no puede ser demasiado grande, ya que el segmento tiene así menos guiado axial. Por tanto, aumenta la tendencia al bamboleo del segmento (capítulo 2.6.7 Bamboleo del segmento) y también a la torsión excesiva. Esto produce un desgaste desfavorable del segmento de pistón (abombamiento excesivo de la superficie de deslizamiento del segmento) y mayor consumo de aceite (capítulo 1.6.6 Superficies de estanqueidad del segmento de pistón).

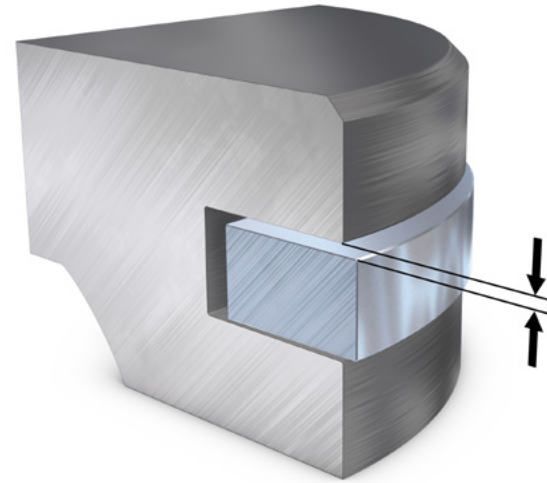


Fig. 1: Holgura vertical de los segmentos

1.6.9 RETORCIMIENTO DE LOS SEGMENTOS

El ángulo interior o el chaflán interior en los segmentos de pistón originan una torsión cuando están montados y tensados. Cuando los segmentos están desmontados y destensados, la torsión no actúa (Fig. 2) y el segmento se apoya plano en la ranura para segmentos.

Cuando el segmento se monta, es decir, se tensa, este se inclina al lado más débil donde falta material debido al ángulo interior o al chaflán interior. El segmento se tuerce o torsiona. En función de la posición del chaflán o del ángulo en el borde inferior o superior, se habla de segmento de pistón con torsión positiva o negativa (Fig. 3 y 4).

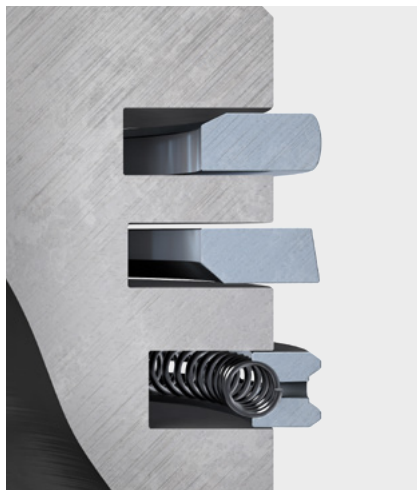


Fig. 2:
Segmentos de pistón destensados,
la torsión aún no tiene efecto



Fig. 3:
Torsión positiva

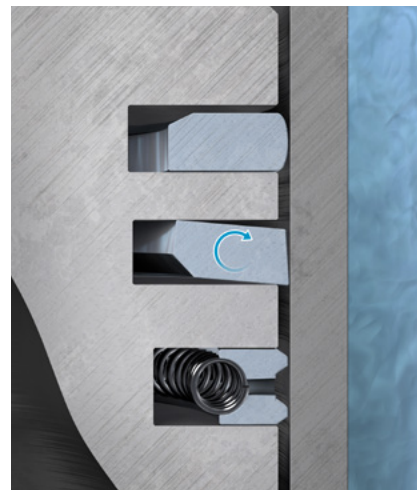


Fig. 4:
Torsión negativa

RETORCIMIENTO DEL SEGMENTO EN CONDICIONES DE SERVICIO

En los segmentos con torsión positiva y negativa dicha torsión actúa cuando actúa la presión de combustión en el segmento (Fig. 5). En cuanto la presión de combustión llega a la ranura para segmentos, el segmento de pistón se presiona plano sobre el flanco de ranura inferior, lo que permite un mejor control del consumo de aceite (Fig. 6).

En principio, los segmentos de sección rectangular y los de periferia cónica con torsión positiva presentan un buen comportamiento rascador de aceite. Si se produce fricción en la pared del cilindro durante el movimiento descendente del pistón, el segmento puede separarse un poco del flanco de ranura inferior, de manera que, a pesar de todo, el aceite penetra en el intersticio sellante y aumenta su consumo.

El segmento con torsión negativa sella contra la ranura para segmentos en la parte exterior del flanco de ranura inferior y en la parte interior del flanco de ranura superior. De forma que el paso de aceite a la ranura queda bloqueado. Por eso los segmentos con torsión negativa pueden tener un efecto positivo sobre el consumo de aceite, especialmente, en el servicio de carga parcial y en caso de vacío en la cámara de combustión (régimen de desaceleración). En los segmentos de periferia cónica con torsión negativa, el ángulo es aprox. 2° mayor en la superficie de deslizamiento que en los segmentos de periferia cónica normales. Esto es necesario, ya que vuelve a separarse parcialmente debido a la torsión negativa del ángulo.



Fig. 5:
Sin presión de combustión



Fig. 6:
Con presión de combustión

1.6.10 CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN A LA FORMA

Con el término capacidad de adaptación a la forma se describe cómo de bien se adapta el segmento a la forma de la pared del cilindro para obtener un buen efecto obturador. La capacidad de adaptación a la forma de un segmento depende de la elasticidad del segmento y del cuerpo del segmento (segmentos rascadores de aceite de dos piezas) o de las láminas de acero (segmentos rascadores de aceite de varias piezas), así como también de la presión de apriete del segmento/cuerpo del segmento en la pared del cilindro. A este respecto, la capacidad de adaptación a la forma es mejor cuanto más elástico sea el segmento/cuerpo del segmento y cuanto mayor sea la presión de apriete. Las alturas elevadas y las secciones transversales grandes de los segmentos presentan una gran rigidez y provocan fuerzas de inercia más grandes durante el funcionamiento debido a su mayor peso. De ahí que no sean tan favorables para la capacidad de adaptación a la forma como los segmentos con alturas más bajas y secciones transversales más reducidas y, por tanto, fuerzas de inercia menores.

Los segmentos rascadores de aceite de varias piezas presentan una muy buena capacidad de adaptación a la forma, ya que tienen cuerpos del segmento o láminas de acero muy flexibles, sin tener que proporcionar al mismo tiempo una tensión elevada.

Como se ha explicado en este folleto, en los segmentos rascadores de aceite de varias piezas la fuerza de apriete proviene del muelle expansor correspondiente. El cuerpo del segmento o las láminas de acero son muy flexibles y tienen una gran capacidad de adaptación.

Una buena capacidad de adaptación a la forma es especialmente importante cuando se producen falta de redondez o irregularidades en el cilindro debido a deformaciones. Estas están causadas tanto por deformaciones (térmicas y mecánicas) como por fallos de mecanización y montaje. Véase también al respecto el capítulo 2.3.5 Geometría del cilindro y redondez.

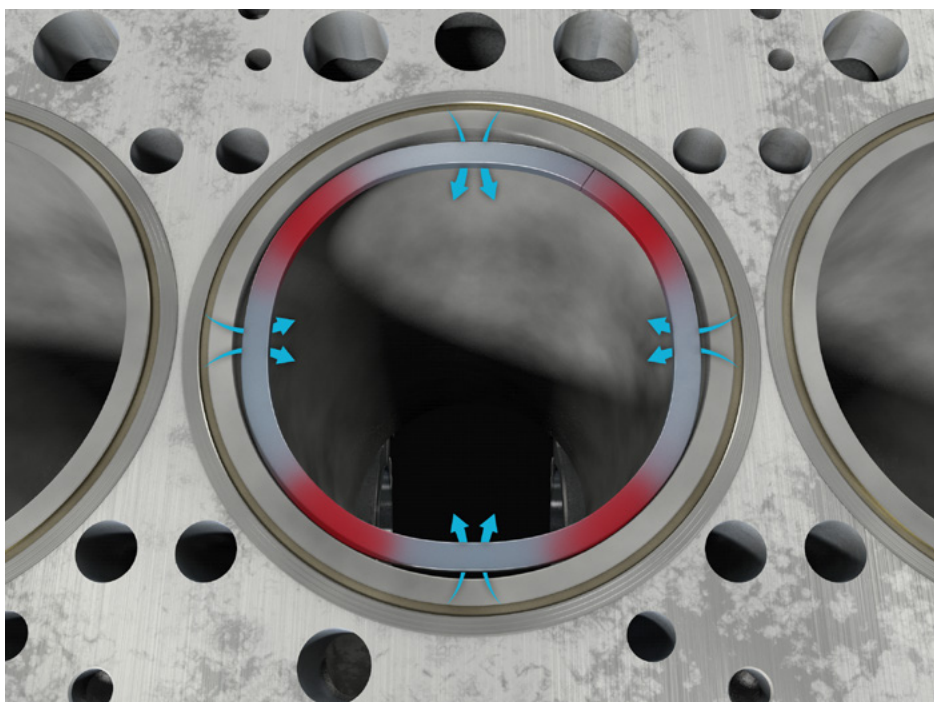


Fig. 1: Mala capacidad de adaptación a la forma

1.6.11 MOVIMIENTOS DEL SEGMENTO DE PISTÓN

ROTACIÓN DEL SEGMENTO

Para poder obtener un rodaje y estanqueizado perfectos, los segmentos de pistón deben poder girar en las ranuras para segmentos. La rotación del segmento se genera, por una parte, debido a la estructura bruñida (rectificado en cruz), por otra, mediante el movimiento de vaivén del pistón en los puntos muertos superior e inferior del pistón. Los ángulos de bruñido llanos obtienen una menor rotación del segmento y los ángulos más agudos originan mayores tasas de rotación del segmento. Además, la rotación del segmento depende del número de revoluciones por minuto del motor. De 5 a 15 revoluciones por minuto es una tasa de rotación realista que nos da una impresión de la magnitud de la rotación del segmento.

En los motores de dos tiempos los segmentos están asegurados contra rotación. Así también se evita la amortiguación de las puntas de juntura en los canales de gas. Los motores de dos tiempos se utilizan principalmente en vehículos de dos ruedas, herramientas de jardín y similares. Tanto el desgaste irregular de los segmentos que resulta de impedir la rotación del segmento como la posible carbonización en las ranuras para segmentos y la durabilidad limitada son factores que se asumen al comprarlos. De todos modos, este tipo de aplicación está diseñada para una durabilidad más breve del motor. En un motor normal de cuatro tiempos de un vehículo que circule por carretera el kilometraje está sometido a unas exigencias considerablemente mayores.

El giro de 120° de las hendiduras del segmento entre sí aplicado durante el montaje sirve únicamente para mejorar el arranque del nuevo motor. Durante el funcionamiento posterior es posible cualquier posición imaginable de los segmentos de pistón en la ranura para segmentos, siempre que la rotación no esté impedida por cuestiones constructivas (motores de dos tiempos).

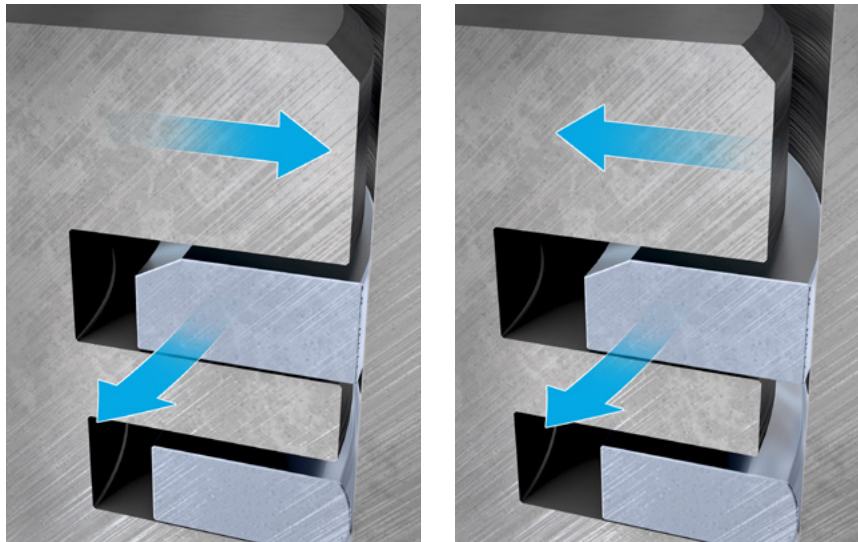
MOVIMIENTO AXIAL

En un caso ideal los segmentos se apoyan en el flanco de ranura inferior. Esto es importante para la función de estanqueización, ya que los segmentos realizan esta función no solo en las superficies de deslizamiento del segmento, sino también en los flancos inferiores del segmento. El flanco de ranura inferior sella el segmento frente a gas o la penetración de aceite en el dorso del segmento. La superficie de deslizamiento del segmento de pistón sella la parte delantera respecto a la pared del cilindro (véase a partir del capítulo 1.6.6 Superficies de estanqueidad del segmento de pistón).

Debido al movimiento ascendente y descendente del pistón y al cambio de dirección, sobre los segmentos actúan también fuerzas de inercia que los separan del flanco de ranura inferior. Una película de aceite dentro de la ranura amortigua esta separación de los segmentos de pistón del flanco de ranura inferior causada por las fuerzas centrífugas. A este respecto, los problemas aparecen principalmente cuando las ranuras para segmentos se ensanchan debido al desgaste y, por tanto, se genera una holgura vertical excesiva de los segmentos. Esto provoca que el segmento se separe de su superficie de apoyo en el pistón y que haya bamboleos del segmento que, sobre todo, comienzan en las puntas de juntura. Se produce una pérdida de estanqueidad del segmento de pistón y un consumo de aceite elevado. Este es el caso que se da, sobre todo, en el ciclo de aspiración, cuando debido al movimiento descendente del pistón y al vacío que se genera en la cámara de combustión los segmentos se separan del fondo de ranura y el aceite pasa por la parte posterior del segmento y se aspira en la cámara de combustión. Durante los tres tiempos restantes se produce el apriete de los segmentos en el flanco inferior debido a la presión de la cámara de combustión.

MOVIMIENTO RADIAL

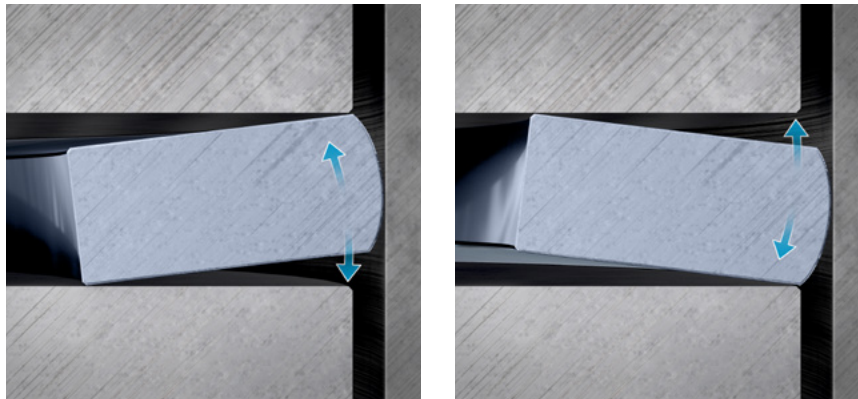
Los segmentos no se mueven en sentido radial sin ningún criterio, sino que el pistón efectúa un cambio alternante de contacto de una a otra pared del cilindro mediante el movimiento alternativo dentro del calibre del cilindro. Esto ocurre tanto en el punto muerto superior como en el punto muerto inferior del pistón. Así se genera el movimiento radial del segmento dentro de la ranura del segmento del pistón. Esto sirve para destruir una posible capa carbonizada de aceite en formación (especialmente en los segmentos trapezoidales), así como también para la rotación del segmento en combinación con el rectificado en cruz.



Movimiento radial del segmento del pistón

RETORCIMIENTO DEL SEGMENTO

Mediante las fuerzas de inercia, así como mediante el retorcimiento y la holgura vertical de los segmentos, se produce el movimiento de los mismos como se muestra en la imagen. Los segmentos de pistón adquieren con el tiempo una forma abombada como se ha explicado en el capítulo 1.5.5 Formas abombadas de la superficie de deslizamiento.



Retorcimiento de los segmentos

2 MONTAJE Y SERVICIO DE POSVENTA

2.1 EVALUACIÓN DE COMPONENTES USADOS

Como parte de un sistema de selladura que consta de pistón, cilindro, aceite de motor y segmentos de pistón, los segmentos de pistón solo pueden cumplir su tarea en la medida que lo permita la función del resto de componentes. Dado que, si el grado de eficacia de un componente de selladura es deficiente debido al desgaste, el grado de eficacia global del sistema de selladura se reduce como consecuencia.

La reutilización de partes deslizantes de segmento de pistón usadas (pistones y cilindros) debería comprobarse con minuciosidad. El sistema de selladura es tan bueno como bueno sea el componente más débil que contiene. Por tanto, no es conveniente intentar reparar un motor solo con la sustitución de los segmentos de pistón. Si los segmentos están desgastados, debe suponerse que las partes deslizantes de los segmentos de pistón también lo estarán. Sustituir solo los segmentos para reutilizar un pistón desgastado o una camisa de cilindro desgastada no aportará los resultados deseados. La reparación de pérdidas de potencia o de consumos de aceite elevados es, por lo tanto, una tarea inútil y, en todo caso, solo será eficaz por poco tiempo.

Las causas en las que se basa este estado de hechos se describen, entre otros, en el capítulo 1.6.6 Superficies de estanqueidad del segmento de pistón.



2.2 EVALUACIÓN DE PISTONES USADOS

2.2.1 MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS RANURAS PARA SEGMENTOS

Si deben montarse nuevos segmentos de pistón en un pistón ya usado, la holgura vertical de los segmentos resulta decisiva en cuanto a la capacidad de reutilización del pistón. El segmento de pistón correspondiente se introduce en la ranura para segmentos limpia como se muestra en la Fig. 1 y se mide con un calibre de espesores. Si debe medirse un segmento de pistón nuevo en un pistón usado, el método mostrado en la figura es mejor que montar el segmento de pistón en el pistón. Al montar y desmontar repetidamente el segmento de pistón en el pistón, en algunas circunstancias se produce una deformación del material del segmento de pistón que perjudica su función.



Fig. 1: Medición de la holgura vertical de los segmentos

ATENCIÓN

La magnitud del desgaste se refiere a los bordes exteriores de la ranura para segmentos que debe medirse, es decir, no puede ser posible que un calibre de espesores con una medida de 0,12 mm como se muestra en la Fig. 2 pueda introducirse entre el segmento de pistón y la ranura para segmentos. En ese caso la ranura para segmentos se considera desgastada.

Holgura vertical de los segmentos (mm)	Capacidad de uso del pistón
0,05-0,10	Pistón útil
0,11-0,12	Exige el máximo de precauciones
>0,12	El pistón está desgastado y debe sustituirse

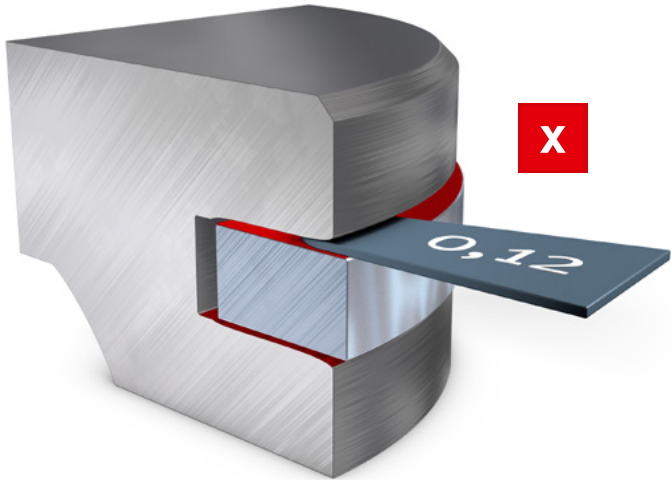


Fig. 2: Ranura para segmentos desgastada

La comprobación de la holgura vertical de los segmentos no es posible en los segmentos trapezoidales en estado expandido y destensado. Debido a la forma trapezoidal la holgura vertical correcta de los segmentos solo se ajusta en la ranura trapezoidal cuando el segmento de pistón se comprime a la medida del cilindro o se monta en el cilindro.

Por tanto, la medición es posible, pero con dificultad. Por este motivo, la comprobación debe limitarse a una inspección visual de la ranura en cuando a desgaste (Fig. 3).

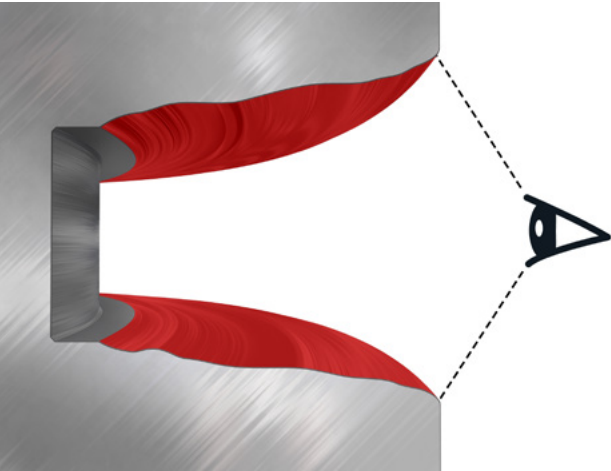


Fig. 3: Inspección visual de la ranura

2.3 EVALUACIÓN DE CALIBRES DE CILINDRO DESGASTADOS

2.3.1 SUPERFICIES DE RODADURA DEL CILINDRO BRILLANTES (CILINDROS DE FUNDICIÓN GRIS)

Las superficies de cilindro brillantes y muy lisas en las que ya no quedan estrías de bruñido son el resultado del desgaste natural tras un período de rodaje largo, o bien de la suciedad y la fricción mixta tras un período de rodaje breve.

El hecho de que el desgaste elimine todas las estrías de bruñido es un indicador inequívoco de que el calibre del cilindro está desgastado. En tal caso ya no hace falta realizar la medición con los aparatos de medición correspondientes. Estos cilindros deben sustituirse en todos los casos (camisas

de cilindro) o volver a taladrarse y bruñirse de nuevo (bloques de motor).

Los puntos brillantes localizados sobre la superficie de fricción del cilindro tras un período de rodaje relativamente corto (la estructura bruñida también ha desaparecido por completo en esa zona) son la demostración de que en la zona de dichos puntos brillantes se ha producido fricción mixta y, por lo tanto, un mayor desgaste del cilindro. En torno a estos puntos brillantes localizados se cuestionan dos causas principales.

2.3.2 PUNTOS BRILLANTES LOCALIZADOS DEBIDO A DEFORMACIONES DEL CILINDRO

Las deformaciones del cilindro originan ovalaciones en puntos indeterminados dentro del cilindro (Fig. 1). La posición de los puntos brillantes es el mismo lugar en que se genera la deformación. Los segmentos de pistón ruedan sobre esas contracciones y desgastan el material especialmente ahí. La contracción origina su propio aumento al deslizarse el

segmento de pistón por encima y, asociado a ello, se produce el contacto puntual con la pared del cilindro que da lugar a falta de lubricación y fricción mixta.

Causas

- Las deformaciones térmicas debido a los sobrecalentamientos localizados a causa de una mala transmisión de calor (suciedad) al agente refrigerante
- Inobservancia de los pares de apriete prescritos, uso de los anillos tóricos erróneos u otras deformaciones por tensión

Ayuda

- Limpieza a fondo y, dado el caso, mecanización posterior del calibre del cilindro en calibres de cilindro tanto húmedos como secos
- Observar exactamente los pares de apriete prescritos durante el montaje de la culata
- Limpieza regular de las aletas de refrigeración de los cilindros de aletas refrigerados por aire
- Garantizar el funcionamiento conforme a lo prescrito del sistema de refrigeración (velocidad de circulación, limpieza)
- Uso de los retenes prescritos (dimensiones, composición del material)

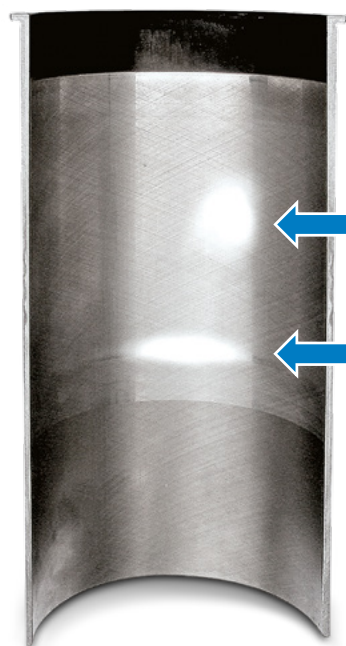


Fig. 1: Puntos brillantes localizados

2.3.3 PUNTOS BRILLANTES Y PULIDOS EN LA ZONA SUPERIOR DEL CILINDRO (PULIDO DEL TALADRO)

Los puntos pulidos se encuentran en la zona superior de la superficie de rodadura del cilindro por la que pasa la pared de fuego (Fig. 2). El motivo reside en los sedimentos duros en la pared de fuego debido a la combustión irregular, la mala calidad del aceite o las temperaturas de combustión más bajas, condicionado todo por las fases de ralentí frecuentes o el servicio de carga parcial. A este respecto, la capa carbonizada de aceite (Fig. 3) causa el desgaste abrasivo en la pared del cilindro, daña la película de aceite, provoca fricción mixta, un desgaste elevado del segmento de pistón y, como consecuencia, un consumo de aceite excesivo.

Ayuda

- Funcionamiento del motor conforme a lo prescrito
- Uso de las calidades del aceite prescritas
- Uso de combustibles de marca
- Mantenimiento conforme a lo prescrito, comprobación y ajuste del sistema de inyección



Fig. 2: Puntos brillantes y pulidos en la zona superior del cilindro



Fig. 3: Capa carbonizada de aceite en la pared de fuego

2.3.4 DESGASTE DE LA SUPERFICIE DESLIZANTE DEL CILINDRO

El desgaste de la superficie deslizante del cilindro (Fig. 1) aparece tras un período de rodaje largo en los puntos de inversión de los segmentos de pistón en los puntos muertos superior e inferior. En esa zona la velocidad del pistón es reducida y en el punto de inversión incluso se produce una breve parada. Esto hace que el efecto lubricante se vea afectado, ya que por un período breve el segmento de pistón no se desliza sobre la película de aceite debido a la falta de velocidad relativa respecto a la pared del cilindro y se produce el contacto metálico con la misma.

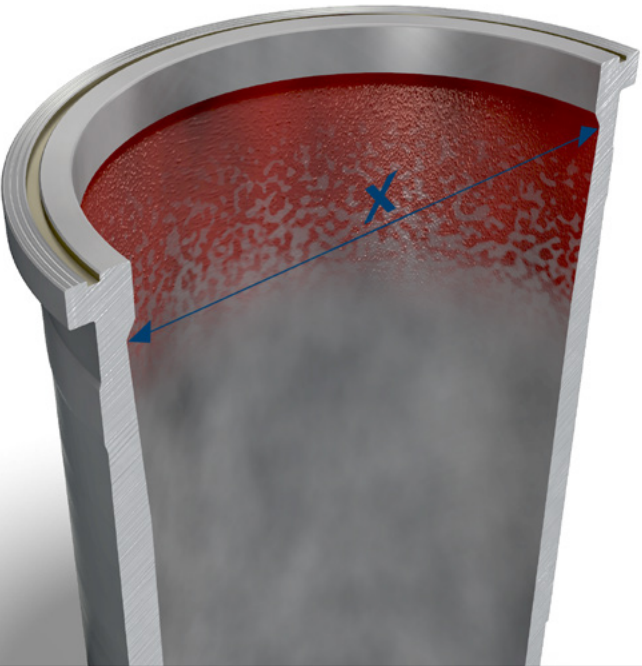


Fig. 1: Desgaste de la superficie deslizante del cilindro

Debido a la construcción el desgaste de la superficie deslizante del cilindro es mayor en la zona de inversión del segmento cercana al punto muerto superior del pistón, ya que aquí la superficie del cilindro está sometida a la combustión caliente y esto afecta a la lubricación.

La magnitud del desgaste de la superficie deslizante del cilindro es determinante para la capacidad de reutilización de la camisa de cilindro o del bloque de motor. Si el desgaste de la superficie deslizante del cilindro supera los valores indicados en la tabla, la camisa de cilindro debe renovarse o debe volver a bruñirse el bloque de motor. Si aparece un desgaste de magnitud similar en otro punto del cilindro, las magnitudes del desgaste mencionadas a continuación también son válidas en tal caso.

La Fig. 3 muestra lo que pasa cuando se emplea un nuevo pistón en un calibre del cilindro desgastado. Dado que el nuevo pistón no presenta ningún desgaste de la ranura para segmentos y los segmentos de pistón aún tienen bordes afilados, durante el funcionamiento se producen golpes del borde del segmento de pistón en el borde de desgaste del cilindro. Como consecuencia se producen elevadas fuerzas mecánicas, gran desgaste y bamboleo de los segmentos de pistón asociados a un mayor consumo de aceite.

Tipo de construcción del motor	Límite del desgaste de la superficie deslizante del cilindro «X»
Motores de gasolina	≥ 0,1 mm
Motores diésel	≥ 0,15 mm



Fig. 2: Golpeo del segmento de pistón en un pistón usado



Fig. 3: Golpeo del segmento de pistón en un pistón nuevo

2.3.5 GEOMETRÍA DEL CILINDRO Y REDONDEZ

Las geometrías perfectas de cilindro son condición indispensable para obtener la mejor selladura del segmento del pistón posible. Las divergencia de la forma del cilindro, las ovalaciones, las mediciones erróneas y las deformaciones de los calibres de cilindro dan lugar a problemas de estanqueizado en

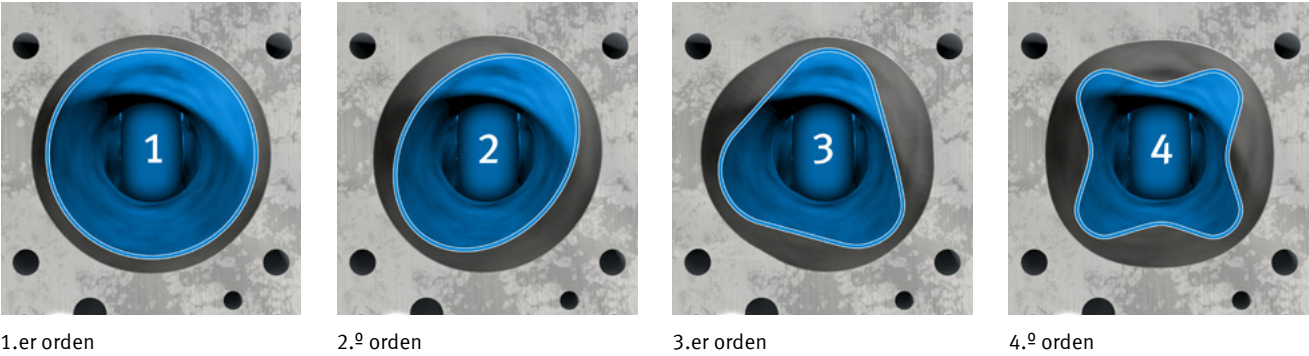
los segmentos de pistón. Esto provoca una penetración de aceite considerable en los cilindros, una mayor emisión de gases de fuga, así como problemas de temperatura y potencia. Lo que vuelve a ser causa de un desgaste prematuro y, no menos importante, de daños del pistón.

CLASIFICACIÓN DE LAS OVALACIONES DE LOS CILINDROS

Las ovalaciones en la geometría del taladro se clasifican en niveles de orden. En caso de un calibre del cilindro sin ningún tipo de ovalación o deformación en sentido axial hablamos de un calibre de 1.er orden. Los calibres ovalados, que muchas veces se deben a mecanizaciones defectuosas o una mala disipación térmica, se denominan ovalaciones de 2.º orden. Las ovalaciones triangulares de 3.er orden resultan casi siempre de la superposición de deformaciones de 2.º y 4.º orden. Las ovalaciones de 4.º orden, es decir, errores de forma rectangulares, están generalmente causadas por deformaciones condicionadas por el apriete de los tornillos de culata.

La magnitud de la ovalación pueden oscilar entre cero y algunas centésimas de milímetro. Las reducidas holguras de montaje y de rodaje del pistón en algunos motores pueden causar que las deformaciones de más de una centésima de milímetro (0,01 mm) ya resulten excesivas. Los segmentos de pistón solo pueden estanqueizar de forma segura cuando presentan ovalaciones reducidas de 2.º orden, es decir, calibres de cilindro ligeramente ovalados y formas trapezoidales no muy pronunciadas en sentido axial. Las ovalaciones de 3.er y 4.º orden, que aparecen frecuentemente debido

a deformaciones de los tornillos y/o mecanizaciones defectuosas, dejan a los segmentos de pistón casi al límite de su función hermetizadora. Especialmente en las construcciones de pistón de nuevos tipos constructivos, en las que las alturas del segmento de pistón son de apenas un milímetro o incluso menos, los problemas de estanqueidad se agudizan en el caso de calibres de cilindro ovalados. La reducción constructiva de las alturas del segmento de pistón sirve para disminuir las pérdidas de fricción en el interior del motor y, con ello, reducir el consumo de combustible. La reducción de las superficies de apoyo de estos segmentos en la pared del cilindro requiere una menor tensión del segmento del pistón. De lo contrario la presión superficial específica de los segmentos sería excesiva y las propiedades tribológicas empeorarían. Con unas geometrías correctas del calibre la reducción constructiva de la tensión del segmento del pistón no tiene ningún tipo de efecto negativo. Los segmentos realizan muy bien su función de estanqueizado, solo originan pérdidas de fricción reducidas y presentan una elevada durabilidad. En los cilindros ovalados y deformados la baja tensión del segmento del pistón provoca que los segmentos no se ajusten a la pared del cilindro o lo hagan muy lentamente y, por lo tanto, no pueden cumplir con su función hermetizadora según lo prescrito.



1.er orden

2.º orden

3.er orden

4.º orden

2.3.6 CAUSAS DE LAS OVALACIONES Y DEFORMACIONES EN LOS CALIBRES DE CILINDRO

Las ovalaciones y deformaciones en los calibres de cilindro pueden tener las siguientes causas:

- Deformaciones térmicas que resultan durante el funcionamiento debido a una mala disipación térmica por un error en la circulación del agente refrigerante, o bien debido a aletas de refrigeración sucias o cubiertas de aceite y/o problemas de ventilación en los motores enfriados por aire. Los sobrecalentamientos localizados de la superficies de fricción que aparecen en el cilindro ocasionan una mayor dilatación térmica en esa zona y, con ello, deformaciones de la forma ideal del cilindro
- Deformaciones térmicas de tipo constructivo que resultan de una dilatación térmica irregular durante el servicio del motor
- Deformaciones térmicas ocasionadas por la mala lubricación y refrigeración durante la mecanización del cilindro
- Ovalaciones debidas a presiones de mecanización excesivas o al uso de herramientas erróneas en el bruñido
- Deformaciones por tensión de los cilindros debido a imprecisiones de la forma y al apriete de tornillos no conforme a lo prescrito

En la Fig. 1 puede verse una deformación del cilindro de 4.º orden condicionada por la construcción incluso con un apriete de los tornillos de culata conforme a lo prescrito.

- 01 Fuerza de tornillo de los tornillos de fijación de la culata
02 Fuerza de apriete de la culata y de la junta de culata
03 Deformación del cilindro (representado de forma exagerada)

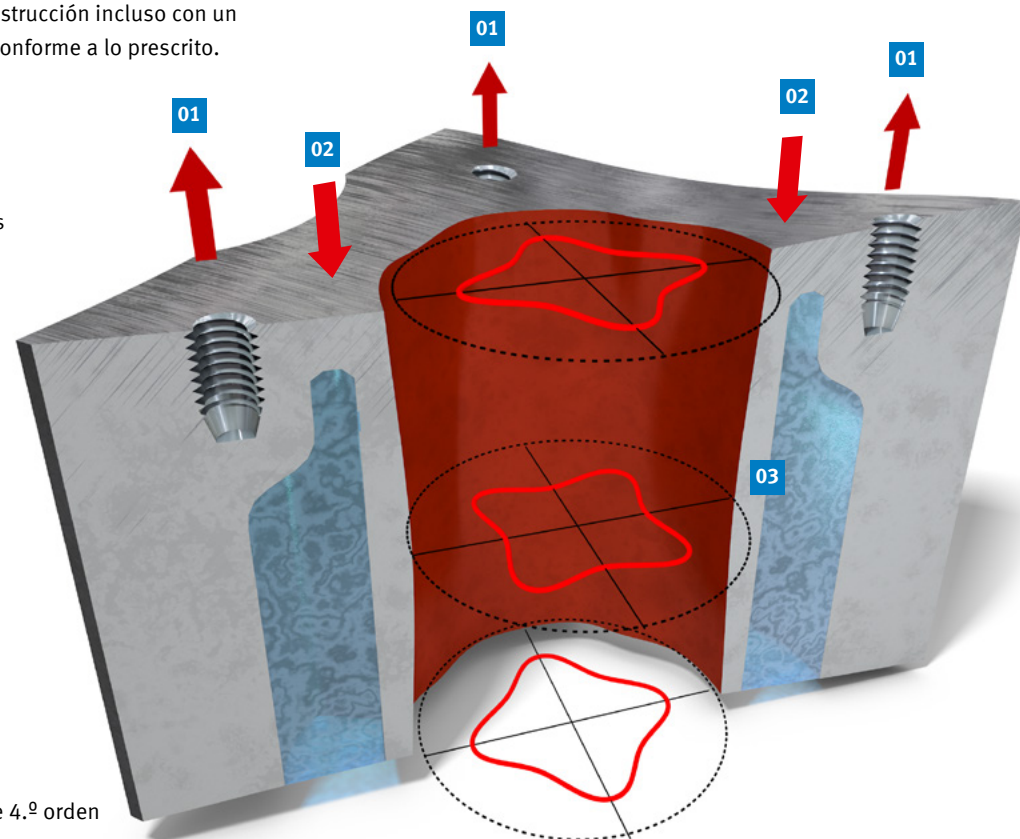


Fig. 1: Deformación del cilindro de 4.º orden

2.3.7 MECANIZACIÓN POSTERIOR DE CALIBRES DE CILINDRO USADOS

Al sustituir pistones o cambiar segmentos de pistón, en la práctica muchas veces se trabaja con los llamados cepillos de bruñido o piedras de bruñir presionadas por resorte (Fig. 2 y 3). No obstante, este paso de mecanización no tiene mucho que ver con un bruñido correcto. En este proceso la superficie de rodadura del cilindro más o menos desgastada únicamente se somete a una limpieza y se trata ligeramente con grano rugoso. De ahí que en este punto no pueda mejorarse la geometría del cilindro. Dado que los cuerpos rectificadores están presionados por resorte, estos pasan por encima siguiendo cada ovalación y cada deformación. No puede mejorarse, por tanto, la geometría del cilindro. Además, debido a la baja presión de apriete apenas se obtienen profundidades de rugosidad suficientes que podrían contribuir a la mejora del efecto lubricante. Solo se genera un poco más de resistencia a la fricción para los nuevos segmentos de pistón que, por tanto, se ajustan algo más rápido a la pared del cilindro. El desgaste presente en la superficie del cilindro no puede anularse ni mejorarse así. Es decir, con los cepillos de bruñido o las piedras de bruñir presionadas por resorte no pueden obtenerse mejoras duraderas de las superficies de fricción del cilindro, únicamente pueden obtenerse pequeñas mejoras ópticas y un rodaje algo más breve. Por tanto, este método no puede considerarse un método de reacondicionamiento o reparación.

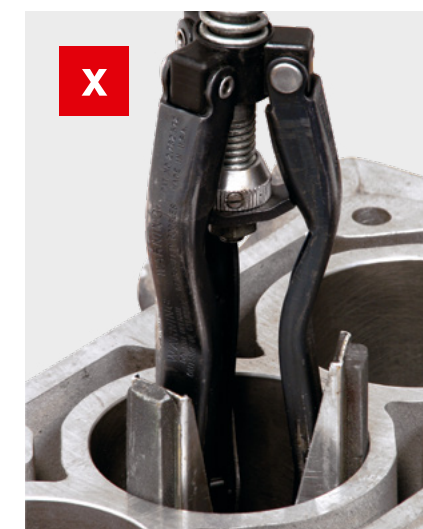


Fig. 2: Piedras de bruñir presionadas por resorte

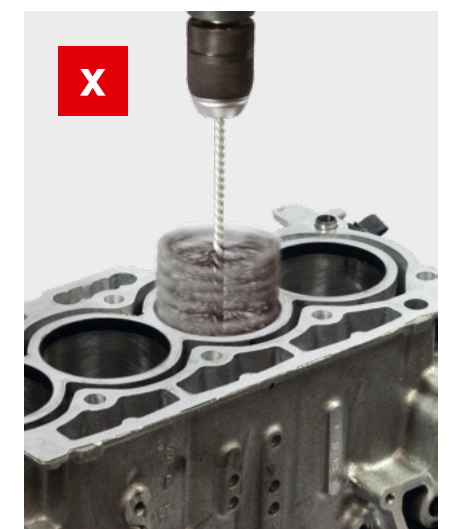


Fig. 3: Cepillo de bruñido

2.4 MONTAJE DE PISTONES Y SEGMENTOS

Los mayores problemas y daños en los segmentos de pistón se generan debido a un montaje incorrecto de los segmentos en los pistones. Aquí es donde el segmento de pistón se somete al mayor esfuerzo mecánico. La expansión incorrecta para el montaje actúa de forma permanente en el contorno obtenido durante la producción y en la distribución de la presión radial del segmento. Como consecuencia, la función de estanqueización deseada solo se establece al principio o no tiene efecto en absoluto.

Un segmento de pistón solo puede expandirse hasta que el diámetro interior pueda pasar ligeramente rozando el diámetro exterior del pistón. Si se sigue expandiendo el segmento, este se dobla, especialmente en el dorso del segmento (Fig. 1), lo que conlleva problemas de estanqueizado importantes cuando está montado.

Tanto las roturas y los desprendimientos de la capa (sobre todo, en segmentos rellenos de molibdeno) como las menores fuerzas de apriete en el dorso del segmento y las ranuras en forma de hoz que se generan (Fig. 2) son problemas que menoscaban la función del segmento de pistón o que lo hacen fallar por completo.



ATENCIÓN

¡Los segmentos de pistón usados para aumentar la tensión no se pueden abrir doblando nunca! Al separar las puntas de juntura, el segmento se dobla solo en un punto: el dorso del segmento. La tensión del segmento no aumenta de esta forma. Por el contrario, al abrirlo o cerrarlo doblando excesivamente, el segmento pierde su forma redonda y ya no puede realizar la función de estanqueizado.



Fig. 1: Apertura excesiva del segmento de pistón

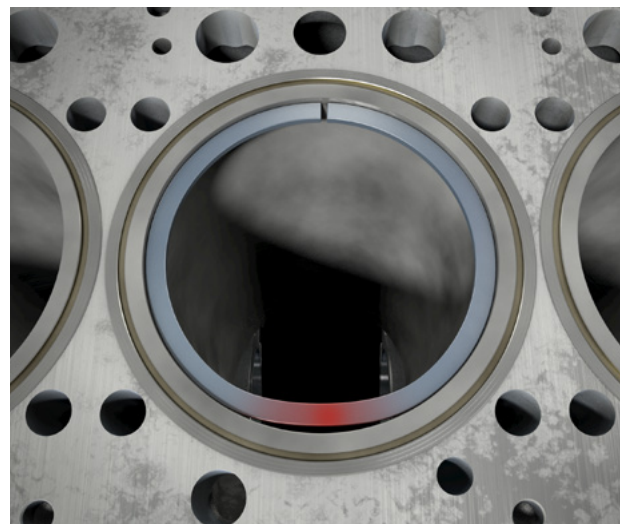


Fig. 2: Formación de ranuras en forma de hoz debido a una expansión excesiva

2.4.1 MONTAJE Y DESMONTAJE DE SEGMENTOS DE PISTÓN

- Limpie los pistones usados cuidadosamente eliminando la suciedad adherida. Las ranuras para segmentos deben quedar especialmente libres de aceite carbonizado y suciedad. Dado el caso, limpie los orificios de drenaje del aceite con una broca u otra herramienta adecuada.
- Tenga cuidado de no dañar los flancos de ranura al eliminar el aceite carbonizado. En caso del flanco de ranura inferior se trata de una superficie de estanqueidad. Los daños por arañazos pueden causar un aumento del consumo de aceite en el servicio del motor o una mayor emisión de gases de fuga.
- En el montaje y desmontaje de los segmentos de pistón es indispensable emplear una tenaza para colocar segmentos. Otros medios auxiliares como, p. ej., lazos de alambre o destornilladores, dañan tanto el segmento como el pistón.
- No expanda nunca los segmentos a mano (excepción: segmento rascador de aceite de láminas de acero). No solo hay peligro de que el segmento se rompa, doble y dilate, sino que también hay peligro de lesiones si se rompe el segmento o a causa de los canto afilados del mismo.



ATENCIÓN

Una expansión manual rápida del segmento de pistón sin romperlo evidencia la destreza del mecánico, pero, en la mayoría de los casos, daña el segmento de pistón en el montaje.



Kit para montaje de segmentos de pistón
N.º de artículo 12 00001 16 900 (turismos)
N.º de artículo 12 00002 16 900 (vehículos industriales)



- No coloque nunca el segmento en el pistón de la forma que se muestra. Si el segmento se dobla y ya no se apoya plano en la ranura, no puede girar dentro de la misma, se desgasta por un lado y no cumple con la función de estanqueizado. No obstante, aún es peor un desconchado o resquebrajamiento de la capa de molibdeno en el caso de segmentos con revestimientos de molibdeno. Si la pérdida de la capa de deslizamiento no se presenta ya durante el montaje, lo hará, como muy tarde, durante la marcha del motor. La capa de deslizamiento se desprende, se dañan el pistón y el cilindro y se produce el gripado del pistón en el calibre del cilindro, ya que los gases de combustión calientes pasan entre el pistón y la pared del cilindro. Las piezas sueltas causan daños en los pistones y las superficies de fricción del cilindro.
- Evite montar y desmontar los segmentos de pistón innecesariamente. Los segmentos se doblan un poco en cada montaje. No retire los segmentos de los pistones ya premontados, p. ej., para volver a medirlos.
- Cumpla con el orden de montaje de los segmentos: primero, se monta el segmento rascador de aceite, después, el segundo segmento de compresión y, por último, el primer segmento de compresión.



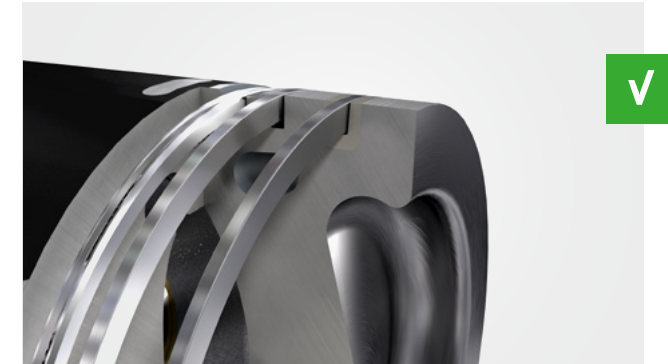
- Observe las marcas de montaje. «Top» significa que ese lado del segmento debe señalar hacia arriba en dirección a la cámara de combustión. Si no está seguro o no hay ninguna marca «Top», monte entonces el segmento con la inscripción hacia arriba.



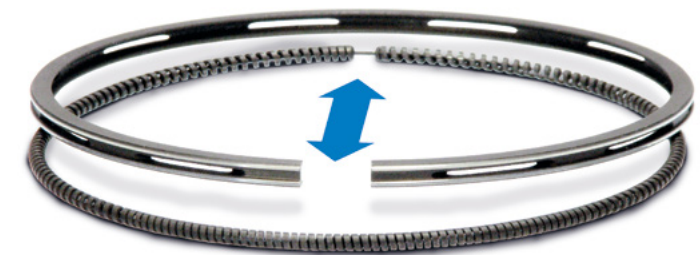
- Comprobar si los segmentos pueden girar (rotar) libremente en las ranuras para segmentos.



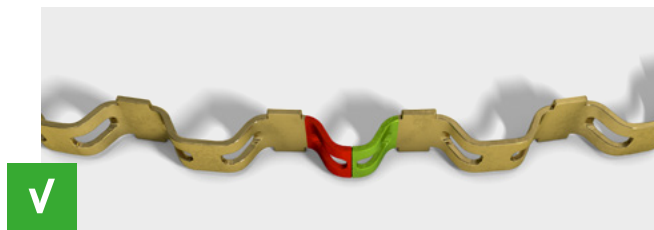
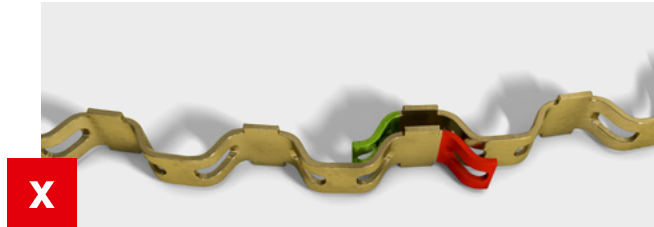
- Comprobar si el segmento se introduce en todo su contorno en la ranura para segmentos, es decir, la superficie de deslizamiento del segmento no puede sobresalir de la falda del pistón. Esto es importante porque, si no hay juego en el fondo de ranura (segmento erróneo o fondo de ranura carbonizado), no queda garantizada la función del segmento.



- En el montaje de los segmentos rascadores de aceite de dos piezas observe siempre la posición de los resortes helicoidales. Los extremos del resorte helicoidal deben encontrarse siempre opuestos a la hendidura del segmento.



- En los segmentos de tres piezas resulta indispensable tener en cuenta la posición correcta del muelle expansor para garantizar la función rascadora de aceite. Antes del montaje del pistón compruebe siempre la posición de los muelles expansores también en los pistones con segmentos premontados. Los extremos del resorte durante el transporte se encuentran destensados y pueden quedar superpuestos al resbalarse. Las dos marcas de color en los extremos del resorte deben ser visibles. Si no lo son, el resorte está solapado y el segmento no funciona. Todas las hendiduras de segmento del segmento rascador de aceite de tres piezas (ambas láminas de acero y el muelle expansor) deben montarse giradas en 120° unas respecto de otras.



- Girar las hendiduras de los segmentos del pistón listo para el montaje, de manera que dichas hendiduras estén giradas en aproximadamente 120° unas respecto de otras. Estas ayudan al pistón y a los propios segmentos durante el primer arranque del motor. Causa: la compresión es algo menor durante el primer arranque del motor, ya que los segmentos de pistón aún no están rodados. Mediante el giro de las puntas de juntura unas respecto de otras se evita una producción excesiva de gases de fuga al arrancar por primera vez el motor, así como también un arranque deficiente.



2.4.2 COLOCACIÓN DEL PISTÓN EN EL CALIBRE DEL CILINDRO

- Limpiar a fondo los restos de material de las juntas de la superficie de estanqueidad del bloque de motor, en caso de que estos no se hubieran mecanizado durante el reacondicionamiento.
- Limpiar con cuidado la suciedad, el aceite y el agente refrigerante que aún pueda quedar en todos los orificios de rosca.
- Efectuar todos los trabajos de limpieza antes de montar los pistones en los cilindros.
- Humedecer todas las superficies del cilindro con aceite de motor limpio, no deben olvidarse el bulón del pistón ni los cojinetes de la biela.
- Prestar atención a la dirección de montaje del pistón (marcas de montaje en la cabeza del pistón, cajas de válvula).
- Limpiar de nuevo el calibre del cilindro con un paño y humedecerlo también con aceite de motor.
- Comprobar si la cinta de sujeción de segmentos de pistón presenta daños y muescas y repararlos, o bien sustituir la herramienta.
- Al montar el pistón, prestar atención a que la cinta de sujeción o el casquillo cónico de montaje se apoyen planos en la superficie de estanqueidad de la culata.
- No montar los pistones en el motor sin la herramienta de montaje (peligro de lesiones, peligro de rotura del segmento).





Fig. 1: Chaflán demasiado grande en el calibre del cilindro: el segmento de pistón rebota durante el montaje entre la cinta de sujeción de segmentos de pistón y el cilindro y el pistón se bloquea



Fig. 2: Chaflán pequeño en el calibre del cilindro: el segmento de pistón se desliza por el intersticio

- Al montar el pistón, no debe ser necesario aplicar una presión excesiva. Si un pistón no puede introducirse en el cilindro, es imprescindible comprobar la cinta de sujeción. No girar la abertura de la cinta de manera que coincida con las puntas de junta del segmento.
- Si se utiliza un mango de martillo para el montaje, solo puede actuar sobre la cabeza del pistón el peso propio del martillo. No utilizar nunca el martillo para introducir el pistón a golpes en el cilindro. Aunque los segmentos de pistón no lleguen a romperse durante el montaje, estos pueden doblarse y no cumplirán satisfactoriamente con su función durante la marcha del motor.
- Un montaje forzado no solo daña los segmentos, sino que también puede dañar los pistones. Esto se da especialmente en los pistones de motores de gasolina. En estos la pared de fuego o la parte plana entre ranuras son a veces muy finas y se rajan o rompen fácilmente en caso de cargas por impacto. Las consecuencias son pérdida de potencia y caras reparaciones prematuras.
- Debe impedirse que la suciedad o la arena penetren en los cilindros después de colocar los pistones. Dado el caso, coloque o introduzca toallas limpias en/dentro de los calibres para impedir que penetre el grado de suciedad que pueda evitarse. Especialmente si se trabaja en un entorno polvoriento y/o al aire libre.

2.5 PUESTA EN MARCHA Y RODAJE DEL MOTOR

2.5.1 GENERALIDADES

Cuando se habla del rodaje del motor, normalmente se piensa en todos los componentes móviles que deben adaptarse entre sí. Esto es esencialmente correcto, pero, no obstante, afecta especialmente a los segmentos de pistón. Los segmentos de pistón son aquellos componentes que debido a sus tareas se ven sometidos al máximo esfuerzo. No solo se ajustan a la superficie del conjunto, sino que, además, deben garantizar después un estanqueizado perfecto. De ahí que los segmentos de pistón sean los componentes que más se benefician de un rodaje conforme a lo prescrito y, por tanto, bien realizado. Los componentes alimentados con aceite a presión no tienen que afrontar en absoluto unos esfuerzos tan exigentes durante el rodaje como lo hacen los segmentos de pistón.

Entre clientes y técnicos aparecen una y otra vez diferentes criterios en lo que respecta a la puesta en funcionamiento y el rodaje de motores reacondicionados. Por un lado, se tiene la opinión de que un período de rodaje de 500 a 1.500 km es necesario tanto ahora como antes, por otro, también se defiende el criterio de que no es necesario un período de rodaje. No hay que olvidar que esta última afirmación aparece en las indicaciones de algunos fabricantes de motores que no prevén un rodaje del motor especial. Ambas afirmaciones son correctas y tienen su justificación. En este punto solo debe diferenciarse entre motores nuevos de fábrica y reacondicionados.



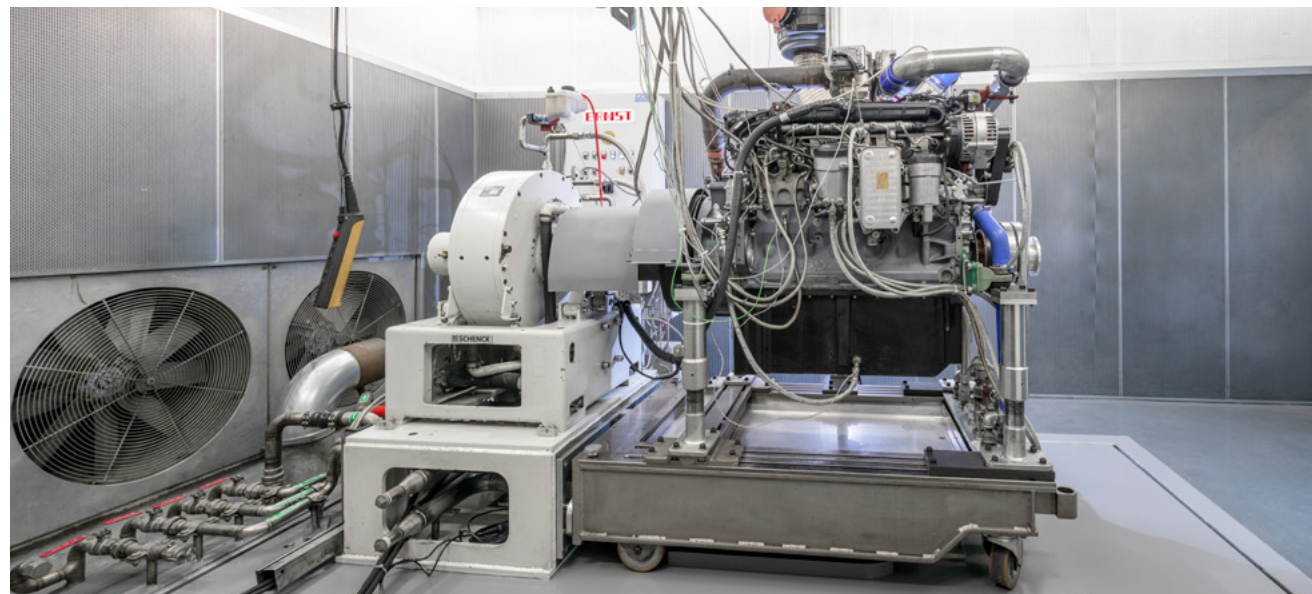
2.5.2 RODAJE DE MOTORES NUEVOS DE FÁBRICA

Los motores nuevos se fabrican hoy siguiendo los más modernos procesos de producción. Las partes deslizantes se fabrican con tanta precisión que el ajuste, que normalmente tenía lugar antes durante el tiempo de rodaje, ya se proporciona de antemano mediante procesos de fabricación especiales de los componentes. Esto se consigue mediante procesos de fabricación especiales (p. ej., en las superficies de rodadura del cilindro), así como también con el mecanizado de alta precisión del resto de las partes deslizantes. Fundamentalmente, se trata de procesos de bruñido para limpiar las superficies de las rebabas e irregularidades superficiales más finas generadas durante las etapas de rectificado. Antes, este proceso de ajuste se dejaba en manos de las partes deslizantes, que debían ajustarse entre sí durante el tiempo de rodaje. Sin embargo, esto suponía también una pérdida de material considerable. Por ejemplo, los segmentos de pistón consumen ya desde las primeras horas de funcionamiento una parte importante de sus reservas frente al desgaste. Hoy en día, cuando se lucha por cada miligramo de emisiones de sustancias contaminantes, se exige a los motores desde el arranque que cumplan con sus valores definidos de consumo de combustible y, por tanto, también con los límites de sustancias contaminantes.

Un rodaje del motor en el que las superficies deslizantes deban ajustarse primero entre sí mediante fricción o sufriendo un

desgaste excesivo ya no puede imaginarse hoy en día en la construcción de motores modernos. Por último, el consumidor final espera un kilometraje del motor que sea muy superior a lo que se consideraba óptimo hace 25 años. No menos importante es el hecho de que un vehículo nuevo de fábrica recorre una verdadera maratón de arranques en frío hasta que ha pasado por todos los centros de logística y transporte y llega a manos del cliente. No es raro que un motor deba soportar hasta 150 arranques en frío sin alcanzar entretanto la temperatura de servicio. En este contexto también debe pensarse en el transporte por barco a otros países y continentes. Un motor que tuviera que pasar después por el rodaje, tendría un previsible mal arranque en estas circunstancias.

Otro motivo para unas prescripciones de rodaje más laxas en los vehículos nuevos de fábrica es que los vehículos apenas pueden funcionar al límite de su potencia debido a las densidades actuales del tráfico. Incluso en las autopistas exentas de límite de velocidad ya es casi imposible solicitar la velocidad máxima del vehículo o la potencia nominal del motor durante un período prolongado. Un conductor que antes manejaba con frecuencia un vehículo de 30 kW con una velocidad máxima real más baja conseguía marchar con el vehículo sin problemas en una carretera normal a plena carga durante un tiempo más largo.



Comprobación de rodaje y desgaste en el banco de pruebas para motores

2.5.3 RODAJE DE MOTORES REACONDICIONADOS O REPARADOS

Al contrario que en el caso de los motores nuevos de fábrica, en los motores reacondicionados en los que se han utilizado camisas de cilindro nuevas, o bien se han taladrado y bruñado los calibres de cilindro hasta la siguiente sobredimensión, es necesario efectuar un rodaje. En el taller de reacondicionamiento de motores no puede trabajarse siempre en la práctica (según el parque de máquinas y el equipamiento de servicio disponibles) con toda la precisión y ausencia de suciedad que durante la primera producción del fabricante.

Los motores usados no vuelven a estar como nuevos tras un reacondicionamiento. Con frecuencia se combinan piezas nuevas y usadas, y los motores no se revisan minuciosa y completamente por motivos de costes. El rodaje es completamente necesario cuando se mecanizan posteriormente calibres de cilindro, culatas de cilindros o cigüeñales. Muchas veces no es posible obtener en la práctica los mismos parámetros de mecanización que durante la primera producción, ya que con frecuencia no se conocen los valores o las máquinas disponibles solo permiten mecanizados estándar. Por este motivo se recomienda cumplir con las siguientes prescripciones de rodaje que se describen en el caso de motores reacondicionados.



2.5.4 RECOMENDACIONES DE RODAJE PARA MOTORES REACONDICIONADOS

- Realizar siempre el rodaje del motor en la calle o en un banco de pruebas para motores
- No cargar completamente el vehículo
- Hacer funcionar el motor con un número de revoluciones que cambie constantemente hasta un máximo de 2/3 de las r. p. m. máximas
- Cambiar ascendentemente las marchas de forma fluida durante el recorrido, evitar los estados de marcha en régimen bajo, no apurar las marchas
- No realizar recorridos cuesta arriba durante largo tiempo (carga excesiva)
- No realizar recorridos cuesta abajo durante largo tiempo (carga insuficiente y régimen de desaceleración desfavorable)
- No hacer uso de los dispositivos de freno del motor
- No realizar recorridos por autopista ni con la velocidad máxima, evitar los recorridos en tramos propensos a los atascos
- Los trayectos interurbanos y el tráfico fluido en ciudad resultan ventajosos, no así, el tráfico en ciudad con temperaturas exteriores extremadamente cálidas ni en hora punta con muchas paradas en semáforos y tiempos de espera

⚠ ATENCIÓN

Para los vehículos nuevos de fábrica hay prescripciones de rodaje. Lo mismo se aplica a los motores reacondicionados. Si no hay ningún banco de pruebas para ejecutar un programa de rodaje definido, es necesario hacer funcionar el motor en la calle.

CONTROL PERMANENTE DEL NIVEL DE ACEITE DURANTE LA FASE DE RODAJE

El consumo de aceite en la fase de rodaje puede ser elevado. Es aconsejable controlar el nivel de aceite después de 50 a 100 km y rellenar aceite si es necesario. En caso de un descenso considerable del nivel de aceite en la varilla indicadora del nivel de aceite, seguir controlando a intervalos más breves. No rellenar en exceso.

CAMBIO DE ACEITE DESPUÉS DE 1.000 KM

Aunque en los motores modernos de los vehículos nuevos de fábrica ya hace mucho tiempo que no se necesita un cambio de aceite después de los primeros 500 a 1.000 km, sí que se

recomienda en el caso de los motores reacondicionados. Con frecuencia la suciedad de averías previas en el motor o del mecanizado posterior de diversas piezas se encuentra todavía en el circuito de aceite del motor. Además, todavía hay que añadir la abrasión metálica debido a los procesos de rodaje de las piezas de motor renovadas. Estas impurezas, que favorecen el desgaste, deberían eliminarse después del rodaje con un cambio de aceite.

⚠ ATENCIÓN

En este cambio de aceite también debe cambiarse el filtro de aceite.

⚠ ATENCIÓN

¡Un funcionamiento con marcha en ralentí durante horas es absolutamente perjudicial para el motor!

El rodaje del motor no se produce durante la marcha en ralentí. Al contrario, esto puede causar incluso una avería. Durante la marcha en ralentí los cojinetes y los pistones no se alimentan bien con aceite. Se pone en cuestión la lubricación, ya que la bomba de aceite impulsa poco aceite con la velocidad de la marcha en ralentí. El paso de aceite por los cojinetes se reduce al mínimo, y esto sucede en un momento poco oportuno. Justo cuando se genera un calor elevado a causa del calor de fricción debido a los procesos de ajuste de los componentes, falta el aceite necesario para la lubricación y la refrigeración.

Los canales de alimentación de aceite y las tuberías no se purgan ni enjuagan bien debido a la falta de paso de aceite. La carbonilla metálica, así como la suciedad residual procedente del reacondicionamiento o de una avería previa y que aún se encuentra en el sistema de alimentación de aceite, no se enjuagan suficientemente rápido de los cojinetes de fricción ni se eliminan de la pared del cilindro. Permanece en el punto de rodaje y origina allí un nuevo desgaste.

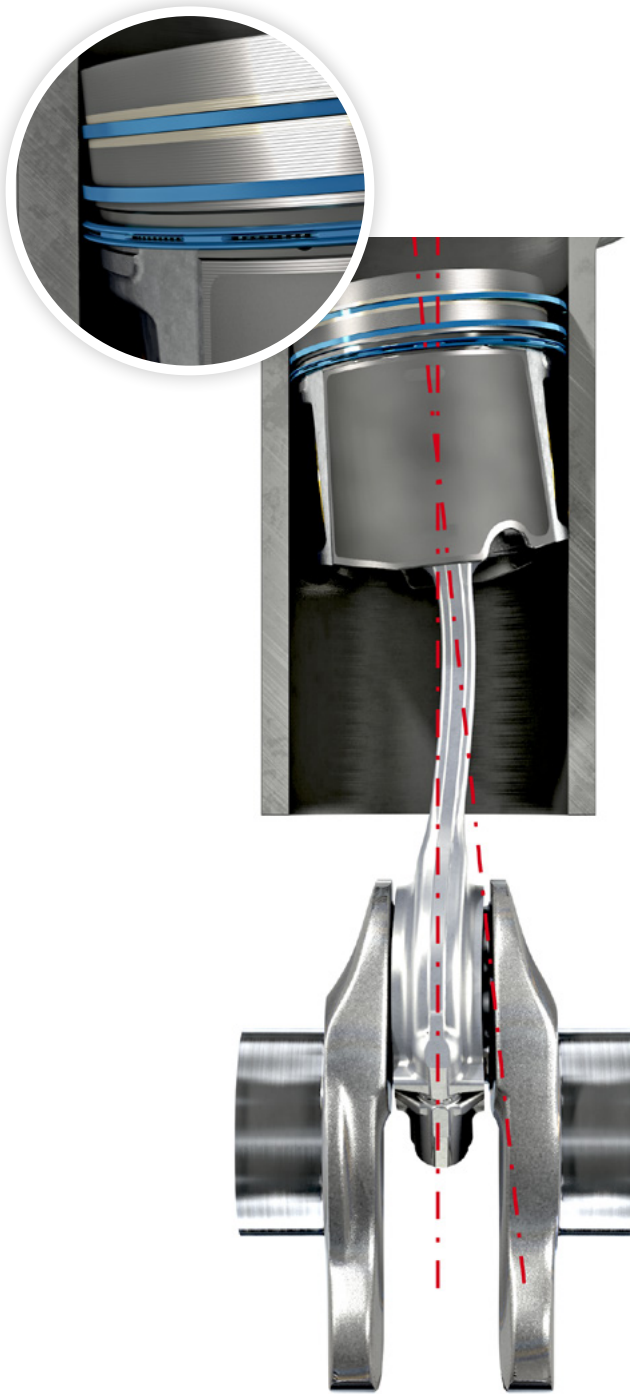
Tampoco puede olvidarse el sistema de alimentación de combustible. Concretamente en los motores diésel con inyectores nuevos o reacondicionados es importante que estos se enjuagen bien. Sin embargo, las cantidades de combustible inyectadas en marcha en ralentí son muy escasas. Una aguja de inyector que se mueva con algo de dificultad puede no abrirse en algunas circunstancias o no pulverizar el combustible correctamente.

2.6 PROBLEMAS DE ESTANQUEIZADO Y DAÑOS EN LOS SEGMENTOS DE PISTÓN

2.6.1 MARCHA LADEADA DE PISTONES

Como consecuencia de averías en el motor siempre aparece también el doblez/la torsión de la biela. Si durante el reacondicionamiento no se comprueba la paralelidad de los ojos grande y pequeño de biela o si no se alinea la biela, en el servicio posterior del motor se produce una marcha ladeada del pistón en el cilindro. Los segmentos de pistón no se mueven de forma circular en el cilindro, si no que toman una forma elíptica. Esto ocasiona problemas graves de estanqueizado. Los segmentos de pistón se apoyan en un lado del cilindro con el borde inferior y con el borde superior, en el otro. Siempre que el segmento esté aún en situación de girar en la ranura para segmentos, este adoptará en poco tiempo una forma abombada. Ese abombamiento sobrepasa el deseado desde el punto de vista constructivo en un grado considerable, de manera que la película lubricante se vuelve mucho más espesa y, por tanto, no es posible efectuar un buen rascado del aceite. Además, debido a la marcha ladeada del pistón se produce un efecto de bombeo en los segmentos y aumenta la entrada de aceite a la cámara de combustión.

Con frecuencia los segmentos de pistón no están en condiciones de girar debido a la marcha ladeada y rebotan en la elipse. Esto da lugar a un desgaste radial irregular, lo que muchas veces da lugar a la rotura de los segmentos de pistón.



2.6.2 CALIBRE OVALADO

En los cilindros con calibres ovalados la baja tensión del segmento del pistón provoca que los segmentos no se ajusten a la pared del cilindro o lo hagan muy lentamente y, por lo tanto, no pueden cumplir con su función hermetizadora según lo prescrito.

2.6.3 ADHERENCIA DE LOS SEGMENTOS Y OBSTÁCULOS DE LA ROTACIÓN

Los problemas de estanqueidad aparecen frecuentemente cuando los segmentos en los motores de cuatro tiempos no pueden moverse libremente en las ranuras para segmentos. En tal caso las averías de los pistones y cilindros no se harán esperar (sobrecalentamiento y gripado en el pistón). Los segmentos trapezoidales (véase el capítulo 1.3.1 Segmentos de compresión) son menos propensos a la adherencia o al bloqueo en las ranuras para segmentos debido a su conformación.

Motivos del bloqueo del segmento y opciones para impedirlo

- Los segmentos no pueden atascarse en la ranura en sentido axial. La superficie lisa de los segmentos de pistón debe estar garantizada. Debe evitarse en cualquier caso que los segmentos se doblen en el pistón debido a un montaje inapropiado (véase el capítulo 2.4.1 Montaje y desmontaje de segmentos de pistón).
- Las dimensiones de la ranura para segmentos deben ajustarse al segmento de pistón.
- Las ranuras para segmentos deben estar libres de suciedad y otros sedimentos (Fig. 1).
- El aceite de motor debe ser el indicado por el fabricante del motor en las especificaciones prescritas. El uso del aceite incorrecto propicia la carbonización y la adherencia de los segmentos en sus ranuras.
- Funcionamiento del motor con aceites vegetales y combustibles alternativos.
- Bielas dobladas y, por tanto, marcha ladeada de los pistones en el calibre del cilindro.



Fig. 1: Sedimentos de suciedad en la ranura para segmentos

2.6.4 SUCIEDAD

La penetración de suciedad en el motor es uno de los motivos más frecuentes para el desgaste prematuro del motor y, como consecuencia, también de los segmentos de pistón. Las averías debidas a suciedad tienen dos causas principales:

Causa 1

La suciedad llega a los cilindros con el aire de aspiración. Esto siempre pasa cuando se descuida el mantenimiento del filtro de aire. Cuando se circula sin filtro de aire o si el sistema de aspiración no es estanco y la suciedad pasa por el filtro de aire hasta la cámara de combustión. La suciedad que se encuentra en la cámara de combustión también penetra como consecuencia en las ranuras de los segmentos de pistón donde se mezcla con el aceite presente allí y se convierte en una pasta para rectificar (Fig. 2). La altura de los segmentos de pistón se ve afectada por el efecto de mecanizado y las ranuras de los segmentos de pistón se ensanchan (Fig. 3). El desgaste causado por la suciedad en los segmentos de pistón se produce principalmente en dirección axial en los flancos del segmento. En sentido radial (en la superficie de deslizamiento) el segmento se desgasta debido a la fricción mixta que se genera, no obstante, el desgaste no es en absoluto tan fuerte como en los flancos. Un indicio frecuente de suciedad en las ranuras para segmentos son las huellas de rodadura en los flancos del segmento. Aquí la suciedad, casi siempre arena fina, ejerce un efecto de raspado, junto con el giro de los segmentos y el movimiento de vaivén del pistón, creando los característicos patrones en el flanco del segmento.

Ya que durante el funcionamiento los segmentos casi siempre se apoyan en el flanco de ranura inferior, el desgaste aparece principalmente en el flanco del segmento superior. Allí también pueden encontrarse las huellas de rodadura (Fig. 4 y 5).

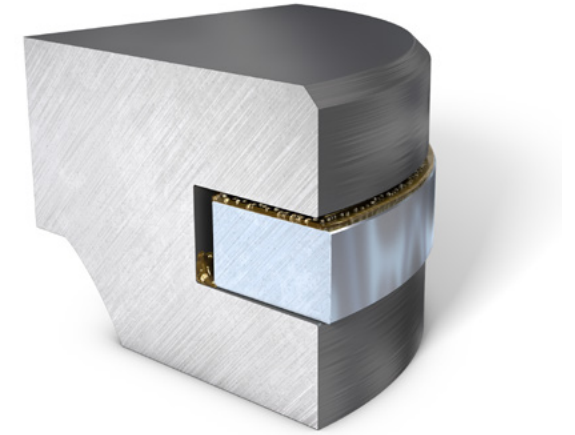


Fig. 2: Sedimentos de suciedad y de aceite en la ranura para segmentos se combinan y forman una pasta para rectificar.

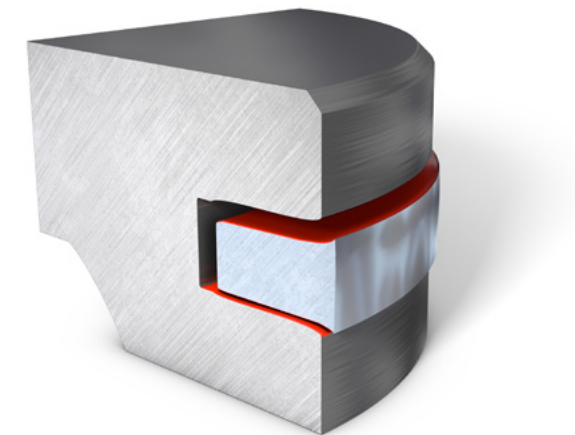


Fig. 3: Ensanchamiento de la ranura debido a un segmento del pistón sometido al desgaste

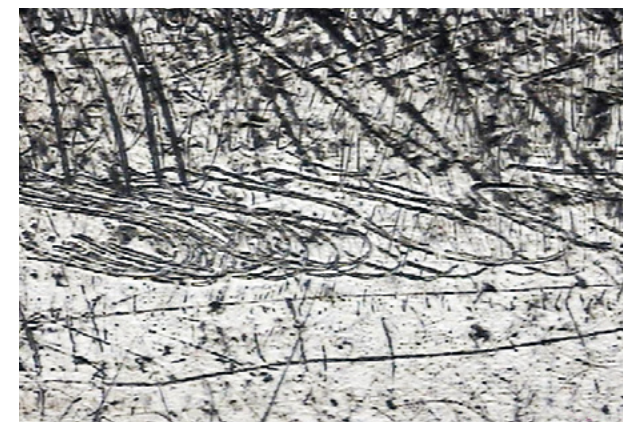


Fig. 4 y 5: Ejemplos de huellas de rodadura en el flanco del segmento superior

Causa 2

La suciedad todavía se encuentra en el circuito de aceite como consecuencia de una avería previa y/o una reparación/un reacondicionamiento mal efectuados. La suciedad comienza el desgaste desde el compartimiento del cigüeñal en las paredes de cilindros y los pistones. Las partículas de suciedad también penetran en las posiciones de cojinete en el motor a través de circuitos de aceite con impurezas. El aceite se filtra con el filtro de aceite, pero muchas veces el circuito de aceite no se limpia correctamente. La suciedad que ya se encuentra en la parte limpia del circuito de aceite llega a las posiciones de cojinete y allí causa un desgaste prematuro o averías.

En caso de avería en el motor el filtro de aceite se obtura con frecuencia debido a la carbonilla hasta el punto de que la válvula de by-pass se abre. El aceite de motor penetra entonces sin filtrar hasta los puntos de lubricación. Estas circunstancias se asumen en la construcción de motores para evitar averías graves en el motor debido a una pérdida de aceite completa en los cojinetes.

Muchas veces aún hay grandes cantidades de suciedad en el enfriador de aceite y en sus tuberías tras una avería en el motor. De ahí que resulte irresponsable conectar un enfriador de aceite sucio a un motor nuevo o reacondicionado y poner el motor en funcionamiento.

ATENCIÓN

Si un enfriador de aceite se ensucia debido a una avería en el motor, la limpieza tiene muchas veces poco éxito. En ese caso es mejor utilizar un enfriador de aceite nuevo para descartar el riesgo de avería que supone el uso de un enfriador de aceite usado.

2.6.5 DERRAME DE COMBUSTIBLE

Después de las averías por suciedad, las averías y el desgaste producidos por los derrames de combustible son la segunda causa de avería más frecuente en los segmentos de pistón. En caso de derrame de combustible la película de aceite en la pared del cilindro se ve tan perjudicada que los segmentos de pistón entran en contacto metálico con la pared del cilindro y pierden con rapidez espesor de pared radial. El contacto metálico de los segmentos de pistón con la pared del cilindro (Fig. 1) solo puede producirse brevemente y en casos excepcionales (p. ej., arranque en frío) y no está permitido durante el resto del servicio del motor. La durabilidad de los pistones, los segmentos de pistón y los calibres de cilindro se ve considerablemente perjudicada y se acorta muchísimo. En estado normal las partes deslizantes siempre están separadas metálicamente por una película de aceite (Fig. 2). A este respecto, la película de aceite debe ser más gruesa que las irregularidades de las superficies de las partes deslizantes.

Durante el servicio del motor muchas veces se producen la acumulación y la condensación de combustible en la pared del cilindro debido a fallas de combustión. La película de aceite se diluye o desaparece. La fricción mixta que se genera hace que los segmentos de pistón se desgasten por completo en unos pocos miles de kilómetros. Se reduce la potencia y aumenta el consumo de aceite del motor.

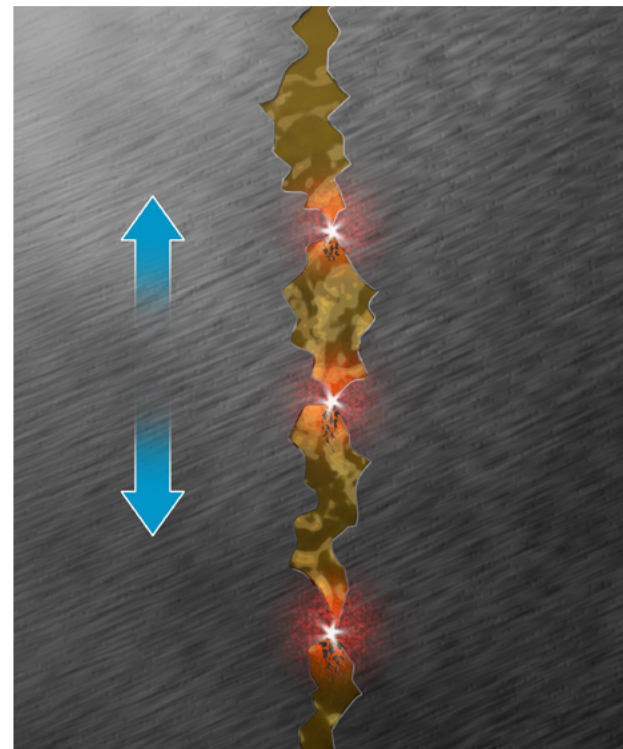


Fig. 1: Fricción mixta, el segmento de pistón y la pared del cilindro tienen contacto metálico

La fricción mixta provoca un desgaste radial muy fuerte en los segmentos de pistón y en la superficie del cilindro. Esta puede identificarse muy fácilmente en ambos labios rascadores del segmento rascador de aceite. En la Fig. 3 puede verse un segmento rascador de aceite nuevo y otro desgastado por la fricción mixta. Ambos labios rascadores están completamente desgastados. El motor del que procede el segmento estuvo sometido a un consumo de aceite excesivo. Este tipo de desgaste radial, que no solo se presenta en los segmentos rascadores de aceite, puede asociarse casi siempre a un derrame de combustible.

Especialmente, cuando el desgaste no está presente de forma regular en todos los pistones, solo puede estar detrás un desgaste por fricción mixta debido a un derrame de combustible. De hecho, este caso se presenta muchas veces y sirve como prueba de que los segmentos no están desgastados debido a una supuesta mala calidad del material o a una mecanización incorrecta del cilindro. En tal caso el desgaste estaría presente uniformemente en todos los pistones y segmentos de pistón y no solo en determinados cilindros.

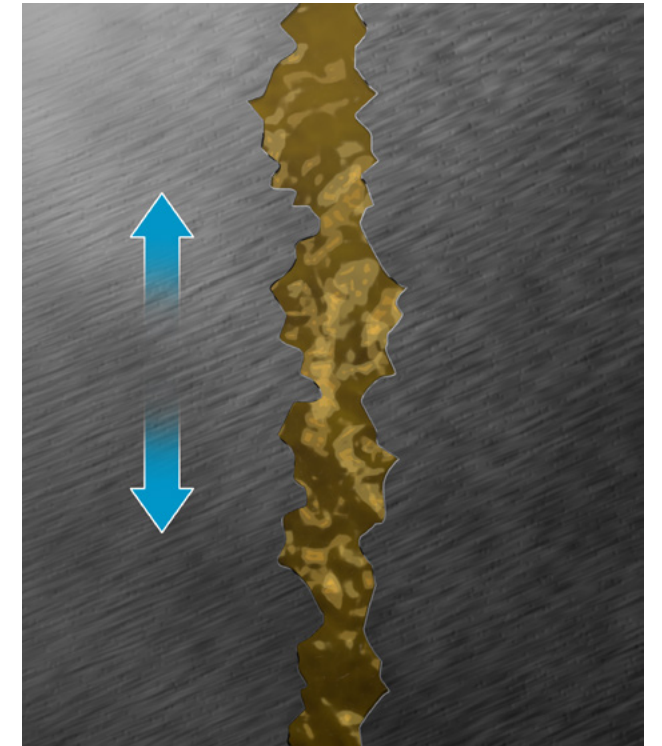


Fig. 2: Película de aceite con espesor suficiente, no hay contacto metálico



Fig. 3: Segmentos rascadores de aceite nuevo y desgastado

El desgaste por fricción mixta debido al derrame de combustible aparece en igual medida en los motores de gasolina y en los diésel.

En el motor de gasolina las causas principales son los trayectos cortos frecuentes (sobre todo, en los motores de carburador antiguos) y las fallas de ignición. Los motores de gasolina necesitan para arrancar y en la fase de calentamiento una cantidad de combustible mucho más elevada que con la temperatura de servicio. Si se dan ciertas condiciones en el funcionamiento frecuente en trayectos cortos, el combustible condensado y adherido a la pared del cilindro no puede evaporarse y se mezcla con el aceite de motor. Esto ocasiona la dilución de aceite y se produce fricción mixta debido a esta pérdida de viscosidad del aceite de motor. En el motor de gasolina puede darse un derrame de combustible debido a bujías o bobinas de encendido defectuosas, ya que el combustible no se inflama y, por tanto, no combustiona.

En los motores diésel la cantidad de combustible inyectada se quema con el aire altamente comprimido de la cámara de combustión. En caso de faltar compresión (llenado incorrecto) o si el combustible es de mala calidad, se produce un encendido retardado, una combustión incompleta y la acumulación de combustible líquido en la cámara de combustión.

Otros motivos del derrame de combustible en el motor diésel son

- Inyectores defectuosos y no estancos
- Avería de la bomba de inyección y su ajuste
- Tuberías de inyección tendidas y fijadas de forma incorrecta (vibraciones)
- Averías mecánicas (golpe de pistón en la culata) debido a un dimensionamiento incorrecto del saliente del pistón, causado por el mecanizado posterior de las superficies de estanqueidad y el uso de juntas de culata con el espesor incorrecto
- Llenado incorrecto por un filtro de aire atascado
- Llenado incorrecto por turbocargador averiado o desgastado
- Llenado incorrecto por segmentos de pistón desgastados o rotos
- Mala calidad del combustible (autoencendido deficiente y combustión incompleta)



ATENCIÓN

También en este tipo de avería debe diferenciarse si el desgaste aparece en algunos o en todos los cilindros. Si la avería aparece en todos los cilindros, se considerará más bien una causa global como una mala calidad del combustible o un llenado incorrecto. Si se trata de cilindros determinados, deberán ponerse en cuestión causas como inyectores, tuberías de inyección, bujías de encendido o líneas de alta tensión defectuosos.

2.6.6 ROTURAS DE SEGMENTOS

Las roturas de segmentos aparecen debido a un desgaste excesivo, o bien a causa del bamboleo del segmento o de un fallo en el montaje de los segmentos.

Las roturas durante el funcionamiento de los segmentos de pistón no aparecen si no se dan unas condiciones de funcionamiento extremas. Al montar los segmentos en el pistón, la carga mecánica es mucho más elevada que durante el funcionamiento. Para pasar por el pistón los segmentos deben soportar mucha más tensión flexora que durante el montaje en los cilindros. Un segmento con errores de estructura o material se rompería solo con expandirlo para el montaje.

Si se encuentran segmentos de pistón rotos justo después de una reparación de los pistones en el motor, la mayoría de las veces estos estaban dañados o rotos previamente debido a un montaje del pistón inapropiado o a las herramientas de montaje incorrectas.

Los segmentos pueden romperse durante el funcionamiento tras un período de rodaje más prolongado. Esto sucede cuando el espesor de pared radial o axial ha descendido considerablemente debido al desgaste. Casi siempre se produce el bamboleo del segmento debido a su mayor holgura vertical y este ya no puede soportar la carga que actúa sobre él. El segmento se rompe a menudo en muchos fragmentos pequeños.

Pero no es obligatorio que los segmentos se hayan visto sometidos a un debilitamiento del espesor del material para romperse. Cuando se producen fallas de combustión durante el funcionamiento, los segmentos pueden romperse sin estar desgastados debido a la carga elevada. También una entrada accidental de agua o aceite en la cámara de combustión puede ocasionar roturas de los segmentos. Los líquidos no pueden comprimirse. Si la cantidad de líquido supera el volumen de la cámara de compresión, dicho líquido debe pasar presionando el pistón o, si no, el pistón y los segmentos se rompen. Asimismo, puede doblarse la biela o romperse la pared del cilindro/la camisa de cilindro.



Segmento de pistón roto

2.6.7 BAMBOLEO DEL SEGMENTO

El bamboleo del segmento puede aparecer especialmente en motores de gasolina a media carga y con números de revoluciones elevados. Como bamboleo se denomina aquí tanto la separación del segmento de pistón de la superficie de apoyo del flanco inferior como la pérdida de efecto obturador del segmento debido a la pérdida de apoyo radial en la pared del cilindro (colapso). Ambas cosas tienen como consecuencia una pérdida de potencia y un elevado consumo de aceite, ya que la función hermetizadora se ve afectada o desaparece.

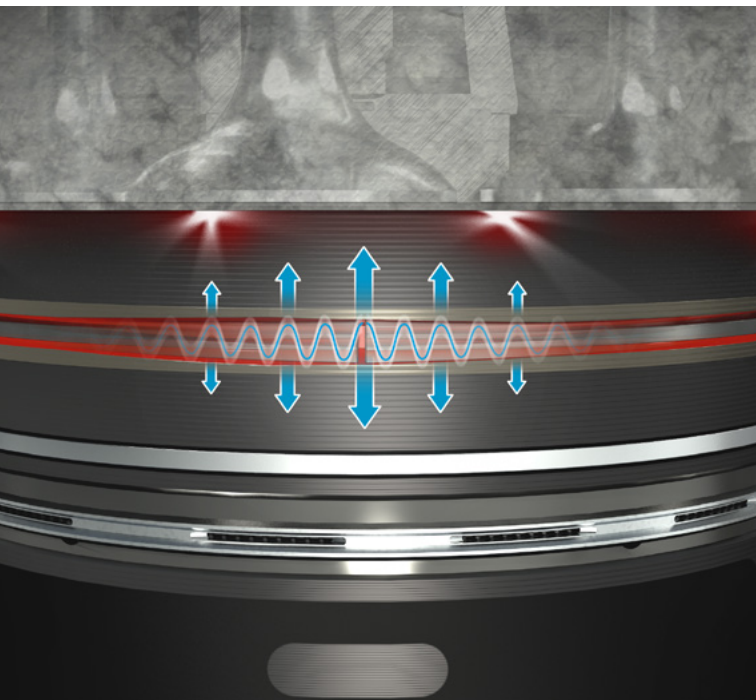


Fig. 1: Bamboleos del segmento debido a contacto mecánico del pistón y la culata

BAMBOLEO AXIAL DEL SEGMENTO

El bamboleo axial del segmento comienza casi siempre en las puntas de junta y se transmite al segmento. Debido a lo expuesto de su posición las puntas de junta tienen una tendencia especial a separarse de la superficie de apoyo inferior en condiciones de funcionamiento desfavorables. Las puntas de junta sometidas a la vibración transmiten entonces este movimiento ondulatorio a todo el segmento de pistón.

ATENCIÓN

Las alturas del segmento más bajas tienden menos al bamboleo debido a las menores fuerzas de inercia. Una mayor presión de apriete en las puntas de junta contrarresta la tendencia al bamboleo.

Motivos del bamboleo axial del segmento

- Holgura vertical excesiva de los segmentos
- Pérdida de la tensión del segmento (desgaste) y, por tanto, mal comportamiento de apriete en las puntas de junta, especialmente en segmentos de pistón con distribución de la presión radial en forma de pera (véase también el capítulo 1.6.2 Distribución de la presión radial)
- Contacto mecánico del pistón con la culata debido a los errores de reacondicionamiento, especialmente en motores diésel (Fig. 1)
- Combustión detonante debido a averías en la gestión del motor (formación de la mezcla, encendido) y a una mala calidad del combustible (índice de octano insuficiente, impurezas del diésel)
- Ranuras de segmentos de pistón desgastadas
- Espacio insuficiente para el gas en el fondo de ranura debido a las sedimentaciones de aceite carbonizado en el mismo (causa: temperaturas de combustión muy elevadas) y/o malas calidades del aceite del motor

BAMBOLEO RADIAL DEL SEGMENTO

Debido a un aumento excesivo de la presión del gas en la superficie de deslizamiento del segmento durante la combustión (Fig. 2) la proporción de fuerzas se ve brevemente perjudicada, el segmento de pistón se separa de la superficie de deslizamiento y ya no puede cumplir correctamente con la función de estanqueizado. La repetición continua del proceso produce el bamboleo del segmento de pistón.

Motivos del bamboleo radial del segmento

- Segmentos de pistón desgastados (pérdida del espesor de pared radial) y, con ello, pérdida asociada de la fuerza de apriete del segmento de pistón en la pared del cilindro, así como una menor rigidez del segmento
- Calibres de cilindro ovalados y, como consecuencia, mayor entrada de presión de combustión en el intersticio sellante entre la superficie de deslizamiento y el intersticio del segmento
- Desgaste oblicuo de pistones debido a bielas dobladas: el segmento describe una trayectoria ligeramente ovalada debido al desgaste oblicuo dentro del calibre del cilindro. Por lo tanto, en uno de los lados del cilindro, donde menos contacto hace el pistón, aumenta la penetración de gas de combustión en la zona de la pared de fuego y entre el segmento de pistón y la pared del cilindro
- Desgaste abombado excesivo presente en la superficie de deslizamiento del segmento de pistón debido a una holgura vertical de los segmentos demasiado grande
- Daños en los cantos del segmento debido a un bruñido defectuoso (formación de una capa metálica): el segmento está rajado y deshilachado en los cantos (sobre todo, en segmentos simples de fundición sin revestimiento de la superficie de deslizamiento), el gas penetra en el intersticio sellante y separa el segmento de pistón de la superficie de deslizamiento.

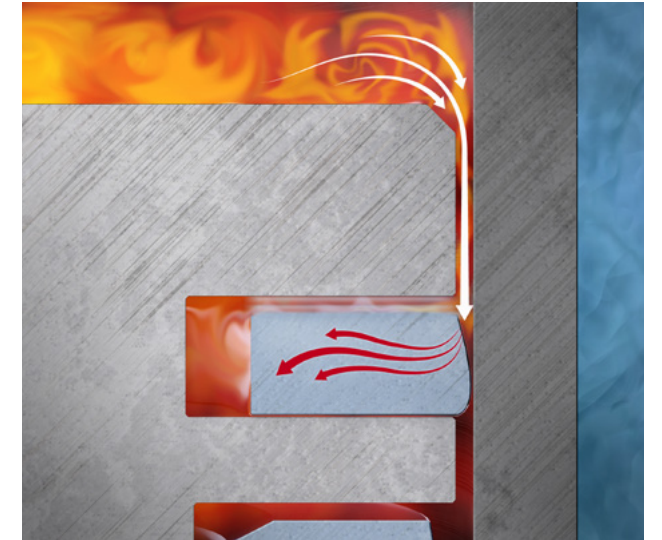


Fig. 2: Presión del gas en la superficie de deslizamiento del segmento

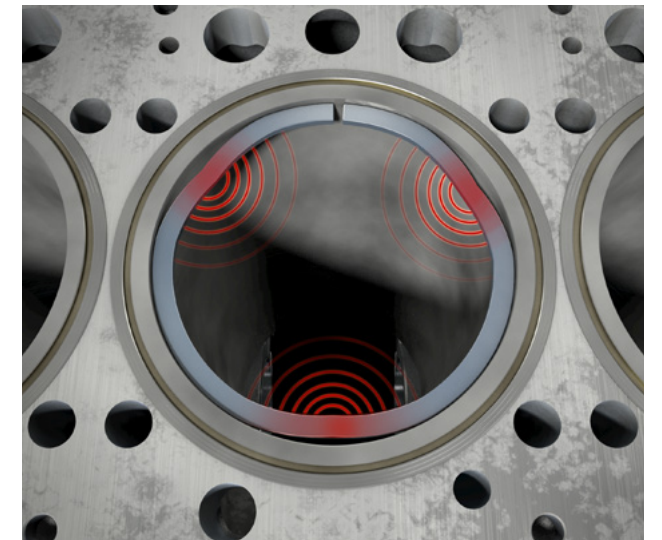


Fig. 3: Separación del segmento de pistón de la superficie de deslizamiento

2.7 LUBRICACIÓN Y CONSUMO DE ACEITE

2.7.1 GENERALIDADES

Fundamentalmente, en un motor de cuatro tiempos el pistón se lubrica mediante aceite inyectado y proyectado desde el cigüeñal. No obstante, las gualderas del cigüeñal no se sumergen en el cárter del aceite en un caso normal. Esto ocasionaría la formación de espuma en el aceite y pérdidas de potencia. El aceite necesario para la lubricación de la pared del cilindro sale conforme a lo prescrito de las posiciones de cojinete de los cojinetes principales y de biela. Dado que el cigüeñal rota, este aceite se distribuye en forma de gotas en todo el compartimiento del cigüeñal y, con ello, se inyecta en la pared del cilindro cuando el pistón se encuentra en la zona superior del cilindro.

En motores que soportan más carga o en los que sale poco aceite de los alojamientos, la lubricación de la pared del cilindro se garantiza utilizando bielas taladradas huecas que llevan aceite adicionalmente a la pared del cilindro en el lado del pistón (Fig. 1). En los motores que disponen de un enfriamiento de pistón por inyección para una mejor disipación

térmica de los pistones no es necesario adoptar estas medidas. Gracias a la refrigeración directa por aceite circula aceite suficiente en el pistón que, de esta forma, lubrica la pared del cilindro.

En función del número de revoluciones por minuto, la presión de aceite y las particularidades constructivas, las cantidades de aceite que se encuentran en la pared del cilindro deben ser rascadas y distribuidas en forma de gotas por los segmentos rascadores de aceite. Para obtener un efecto lubricante óptimo con un consumo de aceite mínimo, la película lubricante en la pared del cilindro solo puede tener un espesor de $1 - 3 \mu\text{m}$. Una película lubricante más fina da lugar a fricción mixta y causa un elevado desgaste de los componentes. Una película lubricante más espesa, por lo general, da lugar a un mayor consumo de aceite. Las causas que llevan a una película de aceite demasiado fina o demasiado espesa se describen, entre otros, en el capítulo 1.5.5 Formas abombadas de la superficie de deslizamiento.



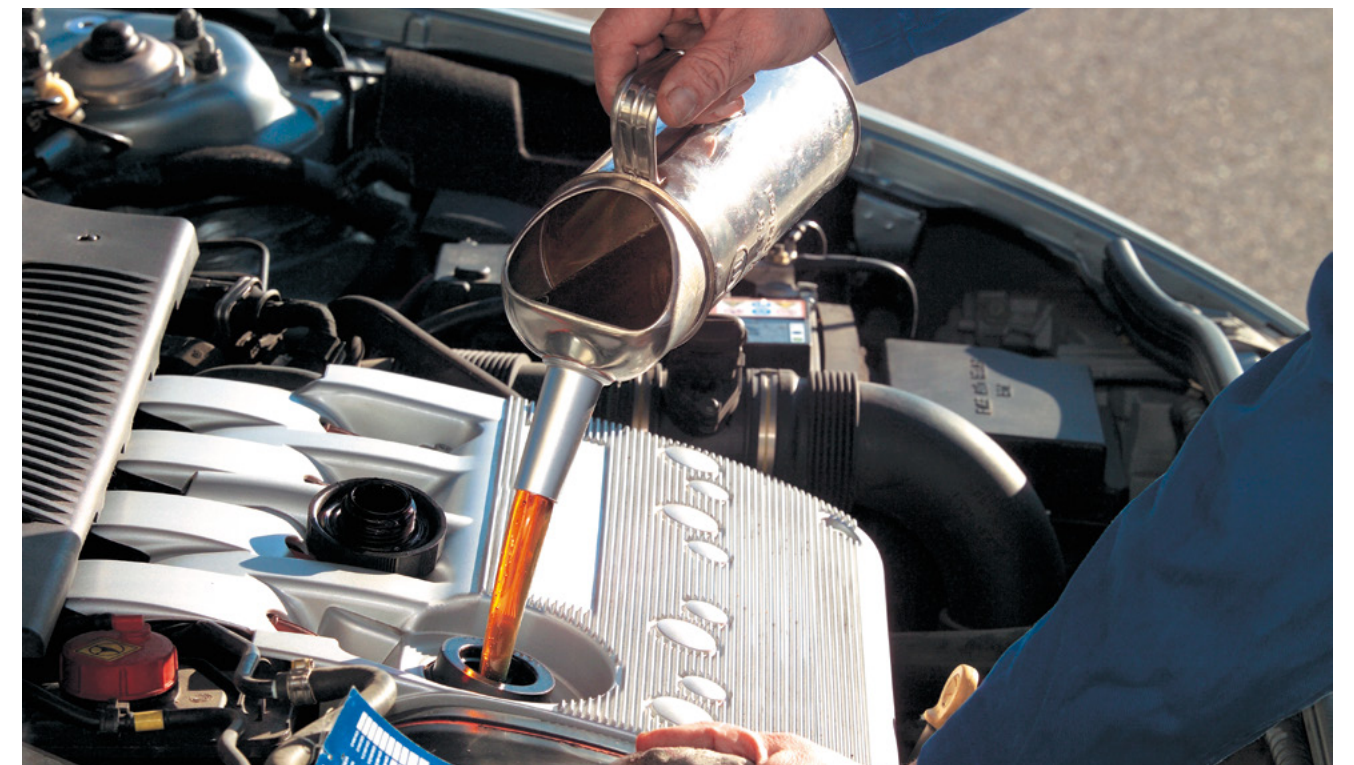
Fig. 1: Los orificios de inyección de aceite en la biela garantizan la lubricación de la superficie de deslizamiento

2.7.2 ACEITE DE MOTOR

El aceite de motor es el componente más importante en el motor. Si los componentes no se lubricaran ni refrigeraran con aceite, no sería posible el funcionamiento de un motor de combustión tal como lo conocemos y utilizamos hoy en día. El aceite separa las partes deslizantes mediante una fina película e impide la fricción metálica por medio de la lubricación y, por tanto, el desgaste entre las partes deslizantes. Además, el aceite de motor tiene la tarea de transportar el calor y la suciedad dentro del motor.

Tareas importantes del aceite de motor

- Lubricación (separación entre sí de las superficies metálicas en movimiento)
- Refrigeración (disipación de calor)
- Transporte de suciedad
- Estabilidad frente a los efectos cizalladores (p. ej., causados por los cantos afilados del segmento de pistón)
- Estanqueizado de la cámara de combustión respecto del cárter del cigüeñal, así como de los canales de aspiración y de escape mediante guías de válvula respecto del mecanismo de distribución por válvulas
- Integración de sustancias extrañas sólidas, polvo, carbonilla y productos de combustión como hollín o ceniza
- Protección anticorrosiva de las piezas de motor frente a productos de combustión agresivos formando capas protectoras sobre la superficie metálica
- Neutralización de productos de combustión ácidos debidos a la transformación química
- Transmisión de fuerzas a los tensores de cadena hidráulicos y a los taqués de válvula
- Limpieza de las piezas de motor desprendiendo los residuos de combustión y de productos antienviejimiento del aceite de motor con jabones solubles en aceite
- Protección frente al desgaste (de las piezas de motor en movimiento entre sí)
- Neutralización de los productos de combustión nocivos





El aceite de motor consta de aceite básico y aditivos. Para mejorar las propiedades del aceite básico se utilizan aditivos. El contenido de aditivos y su composición se deduce de las exigencias a las que se va a someter el aceite.

Los aditivos actúan o tienen influencia en, p. ej.,

- La viscosidad y el comportamiento del flujo
- El comportamiento activo de la superficie
- La capacidad de neutralización
- El comportamiento neutral frente a los materiales sellantes
- La baja tendencia a la formación de espuma
- Una larga vida útil, intervalos de cambio de aceite prolongados
- Un consumo de aceite reducido
- Un consumo de combustible reducido
- La compatibilidad del combustible
- La compatibilidad con el medio ambiente

El aceite de motor se consume debido al envejecimiento y la contaminación. Los aditivos en el aceite se consumen y los productos de combustión agresivos y la suciedad contaminan el aceite. El envejecimiento del aceite está causado, en parte, por las altas temperaturas.

El aceite de motor se compone de moléculas de hidrocarburos de cadena larga. A este respecto, la viscosidad del aceite se determina por la longitud de las cadenas de moléculas. Las moléculas largas tienen mayor viscosidad que las cortas. Las cadenas de moléculas largas se seccionan en fragmentos más pequeños durante el servicio del motor debido a la influencia del cizallamiento. Esto afecta de forma negativa a la viscosidad y las propiedades de lubricación. En situaciones extremas el aceite resulta menos resistente y no se encuentra en situación de garantizar las propiedades de lubricación esperadas.

No sirve de nada someter el aceite de motor a un filtrado fino con procedimientos de filtrado externos al motor para eliminar todas las partículas de suciedad posibles. El problema es el aceite mismo y no la suciedad que ha penetrado en él. Observación: en algunos países el aceite se filtra con piezas de tela y se vuelve a vender.

Debido al proceso de combustión se forman ácidos y otras sustancias nocivas que continúan descomponiendo el aceite. Además, los elevados efectos térmicos hacen que se evapore parte de los componentes del aceite con un bajo punto de inflamación, de manera que se modifica la composición. De ahí que resulte cuestionable el empleo de los llamados «filtros finísimos» que prometen el uso del aceite durante toda la vida útil sin que se necesiten cambios.

Así y todo, es necesario seguir rellenando con aceite y aditivos que resultan caros, ya que todo motor presenta un consumo de aceite natural y, de lo contrario, el motor se quedaría sin aceite antes o después. De ahí que el montaje de dichos sistemas adicionales raramente resulte rentable para el propietario del vehículo.

Resumen

Tanto el aceite básico como los aditivos se consumen con el tiempo, de manera que el aceite debe renovarse en intervalos periódicos (cambio de aceite). Con el cambio de aceite y de filtro se eliminan del motor los productos de combustión nocivos y se neutralizan. El aceite limpio lubrica y limpia mejor, así como proporciona nuevas reservas frente a las influencias perjudiciales a las que se ve sometido el aceite.



2.7.3 GENERALIDADES DEL CONSUMO DE ACEITE

El experto entiende por consumo de aceite la cantidad de aceite que entra en la cámara de combustión y se quema allí. Por tanto, no se trata de que el aceite se abra paso por las juntas y gotee fuera del motor. En ese caso se habla de pérdida de aceite y no de consumo.

Las causa principales del consumo de aceite son

- Averías en el turbocargador (cojinetes defectuosos, tuberías de retorno de aceite obstruidas)
- Averías en las bombas de inyección mecánicas (elementos de la bomba desgastados)
- Retenes y guías de válvula desgastados
- Averías en el sistema de selladura entre pistón-segmento de pistón-calibre del cilindro (véase el capítulo siguiente)



NOTA

Podrá encontrar más información en el folleto «Consumo y pérdida de aceite»



2.7.4 CONSUMO DE ACEITE DEBIDO AL CONJUNTO PISTÓN-SEGMENTO DE PISTÓN-CALIBRE DEL CILINDRO

CONSUMO DE ACEITE NORMAL O CONDICIONADO POR LA CONSTRUCCIÓN

El aceite que llega a la cámara de combustión desde el compartimiento del cigüeñal pasando por el conjunto pistón-segmento de pistón-calibre del cilindro se quema allí y da lugar al consumo de aceite. Debido a la construcción del motor de combustión y del sistema de selladura del conjunto pistón-segmento de pistón-calibre del cilindro se produce de forma natural un consumo de aceite «normal» determinado durante el servicio del motor.

El aceite de motor adopta la forma de una fina película de aceite (aprox. 1-3 µm de espesor) sobre la pared del cilindro y se somete a la combustión caliente durante el movimiento descendente del pistón en el ciclo de trabajo. Debido a los gases de combustión calientes en cada ciclo de trabajo se

evaporan y queman pequeñas cantidades de aceite que se hacen notar como consumo de aceite tras un período largo. Además, se produce la extracción de aceite de los segmentos de pistón debido a la inversión del movimiento del pistón en el punto muerto superior y a las fuerzas de inercia que se generan al mismo tiempo. Dicha cantidad de aceite se quema durante la combustión del siguiente ciclo de trabajo.

CONSUMO DE ACEITE ELEVADO Y EXCESIVO

El consumo de aceite excesivo causado únicamente por el sistema de selladura del conjunto pistón-segmento de pistón-calibre del cilindro siempre debe atribuirse a motivos de los que los segmentos de pistón no son responsables en primera instancia. Los segmentos de pistón están implicados, pero no son los causantes.

Los motivos para un consumo de aceite elevado causado por un mal efecto obturador de los segmentos de pistón son

- Segmentos desgastados (pérdida de los espesores de pared radial y axial)
- Bruñido incorrecto
- Desgaste abrasivo debido a la suciedad (capítulo 2.6.4 Suciedad)
- Cilindros ovalados y/o con pérdida de redondez (véase también el capítulo 2.3.5 Geometría del cilindro y redondez)
- Pistones desgastados (ranuras para segmentos) debido a la suciedad y un período de rodaje largo
- Cilindros desgastados (pérdida de redondez, pulidos, deformados)
- Marcha ladeada del pistón debido a una biela doblada (véase el capítulo 2.6.1 Marcha ladeada de pistones)
- Especificación del aceite incorrecta
- Aceite usado y muy envejecido
- Fricción mixta debida al derrame de combustible (véase el capítulo 2.6.5 Derrame de combustible)
- Bamboleo del segmento (véase el capítulo 2.6.7 Bamboleo del segmento)
- Superficies de estanqueidad arañadas (flancos de ranura inferiores) debido a una limpieza inapropiada de las ranuras para segmentos
- Segmentos adheridos en las ranuras debido a la suciedad, el aceite carbonizado o los segmentos doblados (manipulación inapropiada)
- Falta de juego en el fondo de ranura debido al segmento incorrecto o a carbonizaciones (especificación de aceite incorrecta)
- Equipamiento de segmentos incorrectos, alturas del segmento erróneas, espesores de pared radiales incorrectos, forma incorrecta (segmento de sección rectangular en una ranura trapezoidal o a la inversa)
- Montaje incorrecto de segmentos rascadores de aceite (error de montaje en el muelle expansor)

2.7.5 DETERMINACIÓN DE CONSUMOS DE ACEITE (MAGNITUDES DE REFERENCIA)

El consumo de aceite se puede expresar de diferentes formas. Con el motor en funcionamiento de prueba en el banco de pruebas para motores el consumo de aceite se indica en «gramos por kilovatio-hora». En los sistemas de selladura de buena calidad se alcanzan valores de consumo de aceite de 0,5 a 1 g/kWh. Pero en la práctica este tipo de cuantificación no resulta adecuado, ya que no se puede determinar con exactitud el consumo de aceite en gramos ni se puede medir la potencia del ciclo de conducción.

Por este motivo, el consumo de aceite se indica a menudo en «litros por cada 1.000 km» o en tantos por ciento del consumo de combustible. La indicación en tantos por ciento del consumo de combustible se ha impuesto, ya que es más exacta que la del valor «litro por cada 1.000 km». El motivo es que los motores también se usan de forma estacionaria y los motores de vehículos tienen, en parte, tiempos considerables de marcha al ralentí (atascos, semáforos, tiempos de carga del vehículo, funcionamiento del aire acondicionado). A ello hay que añadir los tiempos en los que el motor se utiliza para hacer funcionar grupos secundarios como grúas de carga o para el accionamiento de bombas sin que el vehículo realice ningún recorrido.



2.7.6 ¿CUÁNDO EXISTE UN CONSUMO DE ACEITE EXCESIVO?

En la práctica hay una diferencia de opiniones considerable entre los diferentes países sobre cuándo existe un consumo elevado de aceite. Una suposición o expectativa muy extendida es que un motor no consuma ningún aceite o no pueda consumirlo, sin embargo, este planteamiento es fundamentalmente erróneo por los motivos mencionados anteriormente.

Todo fabricante de motores tiene valores orientativos o límite para el consumo de aceite en cada uno de sus motores. Si se sospecha de un consumo de aceite elevado, debe conocerse el valor orientativo o límite para el consumo de aceite del fabricante del motor correspondiente. Los manuales para talleres y los de instrucciones también ofrecen con frecuencia información sobre el consumo de aceite del motor.

Si no hay disponible ninguna indicación exacta sobre el consumo de aceite por parte del fabricante del motor, en los vehículos industriales se puede contar con un margen de 0,25 % a 0,5 % de consumo de aceite en relación con el consumo de combustible real. En los motores pequeños de turismos esto puede ser algo menor.

En este caso el consumo de aceite se encuentra entre el 0,1 % y el 0,5 % del consumo de combustible.

Los motores diésel consumen por principio más aceite de motor que los motores de gasolina. Los motores con turbocargador también necesitan más aceite que los motores sin turbocargador debido a la lubricación del mismo.

Sin embargo, está claro que el consumo de aceite de la fase de rodaje es el más bajo y que dicho consumo aumenta durante la vida del motor. De ahí que los valores mínimos deban aplicarse más bien a los motores nuevos y los valores máximos, a los motores que ya han superado 2/3 de su durabilidad. Tampoco puede esperarse quedar por debajo del valor máximo en los motores en los que solo se hayan realizado reparaciones parciales (p. ej., sustitución de pistones o solo de los segmentos de pistón). Casi siempre sucede el caso contrario. Todas las piezas de un motor se desgastan de manera uniforme. Si solo se renueva el 10 % de ellas, la mejora que puede esperarse gracias a la reparación parcial únicamente será del 10 % en el mejor de los casos.



EJEMPLO DE CÁLCULO EN UN VEHÍCULO INDUSTRIAL

Un vehículo industrial consume unos 40 litros de combustible a los 100 km.
En un cálculo aproximado eso supone unos 400 litros de combustible cada 1000 km.

- El 0,25 % de 400 litros de combustible es 1 litro de consumo de aceite.
- El 0,5 % de 400 litros de combustible supone 2 litros de consumo de aceite.



EJEMPLO DE CÁLCULO EN UN TURISMO

Un turismo consume unos 8 litros de combustible a los 100 km.
Eso supone unos 80 litros de combustible cada 1000 km.

- El 0,1 % de 80 litros de combustible supone 0,08 litros de consumo de aceite.
- El 0,5 % de 80 litros de combustible supone 0,4 litros de consumo de aceite.

2.7.7 DEFINICIÓN Y TRATAMIENTO DEL CONSUMO DE ACEITE

EN LO QUE RESPECTA AL CONSUMO DE ACEITE HAY QUE DIFERENCIAR ENTRE DIFERENTES DATOS

CONSUMO DE ACEITE NORMAL

El consumo de aceite se encuentra dentro de las indicaciones de cantidades del fabricante, o bien dentro de los valores mencionados en el capítulo anterior. No hay ninguna deficiencia ni motivo de reclamación.

CONSUMO DE ACEITE ELEVADO

En los vehículos industriales el consumo de aceite es de dos a tres veces el consumo de aceite normal. En los motores de turismos es de aprox. 0,5 a 1 litro/1.000 km. El motor marcha con normalidad y no tiene por qué mostrar indicios de humo azul en el tubo de escape.

Incidencia

Vehículos que ya han superado 2/3 de la vida útil normal del motor. También los motores nuevos, reparados y reacondicionados que aún se encuentren en la fase de rodaje. Motores que funcionen en condiciones desfavorables (temperaturas ambientales elevadas, funcionamiento en trayectos cortos frecuente, funcionamiento con marcha en ralentí, servicio con remolques, etc.).

Medidas de ayuda

No son necesarias o no imprescindiblemente necesarias, no obstante, es necesario observar y realizar controles/rellenos del nivel de aceite para que este no descienda por debajo del mínimo durante el funcionamiento. Asimismo, debería investigarse qué causa el consumo de aceite. Además del motor mismo, también deben considerarse los equipos auxiliares como turbocargadores, bombas de inyección mecánicas y bombas de vacío, o bien una distribución uniforme a todos los equipos auxiliares. Dado el caso, el consumo de aceite puede mejorarse mediante reparaciones específicas. Si hay un avería en uno de los equipos auxiliares que contribuye considerablemente al consumo de aceite, el consumo de aceite también debería aumentar de forma brusca.

No obstante, no hay que esperar estos cambios bruscos en el consumo de aceite con un desgaste normal de los componentes. Las averías en la preparación de mezcla/inyección de combustible que se exteriorizan como humo negro en el tubo de escape también contribuyen enormemente al desgaste de pistones y cilindros y, por lo tanto, elevan el consumo de aceite y deben subsanarse de inmediato.

CONSUMO DE ACEITE EXCESIVO

El consumo de aceite es de más de 1,5 litros en un turismo y de más de 5 litros en un vehículo industrial. El consumo de aceite no solo puede notarse en la varilla de medición de aceite, sino también visualmente en forma de humo azul (especialmente tras el régimen de desaceleración). La cantidad de aceite relleno genera unos costes adicionales importantes que pueden hacer necesario realizar una inspección minuciosa, una reparación o un reacondicionamiento.

Incidencia

En motores completamente desgastados y motores que se han reacondicionado de forma incorrecta o insuficiente. En caso de averías en el motor como gripado en el pistón, roturas de pistón, averías en el turbocargador, averías en la culata o en caso de fallo de otros equipos auxiliares lubricados con aceite.



2.7.8 COMPROBAR Y DETERMINAR CORRECTAMENTE EL NIVEL Y EL CONSUMO DE ACEITE

MEDICIÓN DEL NIVEL DE ACEITE

Con frecuencia se producen errores de lectura al comprobar el nivel de aceite que pueden dar lugar a una interpretación errónea del consumo de aceite real. El vehículo debe encontrarse sobre una superficie plana y hay que dar al aceite cinco minutos de tiempo tras apagar el motor para que retorne al cárter de aceite y gotee correctamente. La varilla de medición de aceite debe mantenerse hacia abajo después de extraerla para que el aceite no fluya hacia atrás sobre ella y se altere el valor de medición.

Si realmente falta aceite, este debe rellenarse despacio y en pequeñas cantidades (en intervalos de 0,1 litro). Si se rellena el aceite demasiado rápido y en exceso, el nivel de aceite después será demasiado elevado. Cuando debido a un nivel de aceite elevado el cigüeñal se sumerge en el cárter del aceite, el aceite se agita, es arrastrado y aumenta su afluencia en forma de gotas a la purga de aire del motor. Dado que la purga de aire del motor está conectada al canal de admisión, el aceite se conduce a la cámara de combustión donde se quema.

Al rellenar un motor tras el cambio de aceite no se añade la cantidad de llenado indicada, sino que solo se rellena hasta la marca de mínimo. Después se arrancará el motor hasta que se haya generado la presión de aceite. Después de apagarse, se espera de nuevo un par de minutos hasta que el aceite retorna al cárter de aceite. Es ahora cuando se vuelve a medir el nivel de aceite y se rellena la diferencia de cantidad de aceite hasta la marca de máximo.

MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ACEITE EN CARRETERA

- Medir correctamente el nivel de aceite y rellenar hasta el nivel máximo.
- Circular 1.000 km con el vehículo y documentar el consumo de combustible.
- Volver a medir el nivel de aceite después de 1.000 km y rellenar hasta la marca de máximo. La cantidad rellenada es el consumo de aceite a los 1.000 km.
- Una alternativa como método más exacto es establecer la relación con la cantidad de aceite rellenada y comparar el resultado con los valores mencionados anteriormente.
- Vaciar y medir el aceite antes y después del recorrido de medición no se ha probado en la práctica. Los errores de medición debido a pérdidas de los recipientes con que se recoge el aceite y similares menoscaban el resultado de una medición precisa.

CANTIDADES DE LLENADO DE ACEITE

Las cantidades de llenado de aceite indicadas en el manual de uso o de instrucciones deben tratarse con especial cuidado. Con frecuencia no se diferencia entre la cantidad de primer llenado (para el motor en seco y sin aceite) y la cantidad de llenado del cambio de aceite (con/sin cambio del filtro de aceite).

El hecho es que en el cambio de aceite hay una cantidad de aceite que permanece en el motor (en las tuberías, los canales, los enfriadores de aceite, la bomba de aceite y los grupos, así como adherida a las superficies). Si en el cambio de aceite se rellena la cantidad de primer llenado, el nivel de aceite será excesivo. Pero también puede ocurrir el caso contrario y que la cantidad determinada para el cambio sea insuficiente. Cuando el motor arranca, en seguida falta aceite. Si no se realiza bien el relleno y no se comprueba más, esto indica casi siempre un consumo de aceite. Prestar siempre atención a la viscosidad correcta del aceite. Un aceite de viscosidad baja (diluido) se consume más rápido que el aceite de viscosidad alta. Utilizar únicamente el aceite prescrito y autorizado por el fabricante del motor.

2.7.9 RECLAMACIONES POR CONSUMO DE ACEITE Y AYUDA

Para ser justos, las reclamaciones debido a un consumo de aceite elevado solo deberían presentarse cuando se ha realizado el mantenimiento del vehículo conforme a los prescrito y se han cumplido siempre los intervalos de inspección. Asimismo, también deben haberse utilizado las piezas de repuesto correctas y el aceite de motor prescrito. El consumo de aceite elevado no aparece de forma repentina. Un motor puede seguir funcionando sin problemas con un consumo de aceite elevado. Los mantenimientos deficientes y el elevado desgaste que estos ocasionan aparecen con frecuencia en vehículos más antiguos. El dinero que se ahorra en el mantenimiento del motor, se paga al final con un consumo de aceite elevado y reparaciones prematuras.

El éxito de las reparaciones para subsanar un consumo de aceite elevado depende en gran medida del esfuerzo empleado en tiempo y dinero. El propietario del vehículo o el taller de reparación determinan por sí mismos cómo de bueno debe ser el resultado de la reparación. No obstante, hay algo seguro: solo con el montaje de nuevos segmentos de pistón puede hacerse funcionar un motor desgastado durante algún tiempo más, pero ya no puede mejorarse el consumo de aceite.



TRANSFERENCIA DE EXPERIENCIAS CONOCIMIENTOS TÉCNICOS DEL EXPERTO

CURSOS FORMATIVOS EN TODO EL MUNDO

Directamente del fabricante

Anualmente, alrededor de 4.500 mecánicos y técnicos se benefician de nuestros cursos formativos y seminarios, que realizamos a escala mundial in situ o también en nuestros centros de formación en Neuenstadt y Dormagen y Tamm (Alemania).

INFORMACIONES TÉCNICAS

De la práctica para la práctica

Con las Product Information, las Service Information, los folletos técnicos y los pósters, estará usted siempre a la vanguardia de la técnica.

VÍDEOS TÉCNICOS

Difusión de conocimientos por vídeo

En nuestros vídeos encontrará indicaciones prácticas para el montaje y aclaraciones sistemáticas sobre nuestros productos.



PRODUCTOS EN EL PUNTO DE MIRA ONLINE

Nuestras soluciones explicadas de forma gráfica

Conozca, gracias a los elementos interactivos, las animaciones y los clips de vídeo, aspectos curiosos de nuestros productos para y acerca del motor.

TIENDA ONLINE

Su acceso directo a nuestros productos

Realice pedidos las 24 horas. Rápida comprobación de la disponibilidad. Amplia búsqueda de productos del motor, el vehículo, las dimensiones, etc.

NOVEDADES

Informaciones regulares por e-mail

Suscríbase de forma online a nuestro Newsletter gratuito y recibirá periódicamente informaciones sobre productos recién incluidos, publicaciones técnicas y mucho más.

INFORMACIONES INDIVIDUALES

Especialmente para nuestros clientes

Le ofrecemos numerosas informaciones y servicios sobre nuestro amplio espectro de prestaciones: como por ejemplo, materiales de promoción de ventas personalizados, asistencias de ventas, soporte técnico y mucho más.



TECNIPEDIA

Informaciones técnicas en torno al motor

En nuestra Tecnipedia compartimos con usted nuestra experiencia. Aquí podrá encontrar conocimientos técnicos directamente del experto.

APLICACIÓN DE MOTORSERVICE

Acceso móvil a la experiencia técnica

Aquí podrá obtener de forma rápida y sencilla las informaciones y los servicios más actuales acerca de nuestros productos.

MEDIOS SOCIALES

Siempre actual



HEADQUARTERS:**MS Motorservice International GmbH**

Wilhelm-Maybach-Straße 14–18

74196 Neuenstadt, Germany

www.ms-motorservice.com

MS Motorservice Aftermarket Iberica, S.L.

Barrio de Matiena

San Prudentzio 12

48220 Abadiano / Vizcaya, España

Teléfono: +34 94 6205-530

Telefax: +34 94 6205-476

www.ms-motorservice.es



4 028977 630675

www.ms-motorservice.com

© MS Motorservice International GmbH – 50 003 98-04 – ES – 10/18 (102018)