

# Evolución en el diseño del pistón.

Como pasó mucho tiempo, uno pensaría que los pistones en los motores de hoy son radicalmente diferentes de las de sus antepasados. Los materiales del pistón y los diseños han evolucionado a lo largo de los años y seguirán haciéndolo hasta que las pilas de combustible, baterías exóticas, coches híbridos o alguna otra cosa hagan el motor de combustión interna obsoleto. Pero hasta que eso ocurra, los pistones seguirán en los vehículos que conducimos.

Una cosa que no ha cambiado a lo largo de los años, es la función básica de un pistón. El pistón, forma la mitad inferior de la cámara de combustión y transmite la fuerza a través del perno y la biela al cigüeñal. El diseño básico sigue siendo más o menos el mismo. Es una torta de metal que se desliza hacia arriba y hacia abajo en un cilindro. Los aros todavía se utilizan para sellar la compresión, reducir al mínimo el cabeceo y controlar el aceite.

## ¿Qué ha cambiado?

...el entorno operativo. Los motores de hoy funciona más limpios, el trabajo es más pesado y se calientan más que nunca. Al mismo tiempo, se espera que duren más tiempo que antes, hasta 250.000 km o más con un mantenimiento mínimo. En consecuencia, el manejo del calor es la clave para la durabilidad.

El diseño del pistón, solía ser un proceso de ensayo y error. Había que hacer y probar un diseño de tres a cuatro veces antes de que quede bien. Hoy, todo es modelado en 3D en una computadora, luego se evalúan con un software de análisis exigente, antes de que se fabrique. Esto acelera el diseño y el ensayo, reduce el tiempo de espera para crear nuevos pistones, y produce un mejor producto.



De acuerdo con un libro producido por Mahle Inc. llamado “Pistones para motores de combustión interna” , los ingenieros utilizan dos métodos para evaluar los nuevos diseños del pistón antes de que se produzcan para comprobar los motores en el banco de pruebas : análisis exigente y análisis de esfuerzos foto elástico . La idea detrás de análisis exigente, (llamado finito) es dividir un pistón en un modelo fijo (finito) de elementos. El resultado son las formas y líneas de la cuadrícula que se entrecruzan y conectan. Los programas del computador generan ecuaciones para cada elemento individual y predicen la rigidez global de todo el pistón.

El análisis de los datos muestra cómo se comportará el pistón en un motor real y permite al ingeniero ver donde las cargas y las temperaturas serán mayores y cómo va a reaccionar.

Con el análisis de tensión foto elástico, un modelo 3D de resina transparente se convierte de un pistón. Cuando el pistón modelo es sometido a cargas, las propiedades de refracción de la variación del plástico causan la luz polarizada que pasa a través del pistón para cambiar los colores. Esto revela cómo el pistón se deforma bajo carga y las zonas en que está experimentando el mayor estrés.

## **Pistones calientes.**

El área más crítica para la gestión de calor es la zona del aro superior (aro de fuego). Uno de los diseños nuevos del motor para reducir las emisiones fue trasladar el aro de fuego, más cerca de la parte superior del pistón. Hace una década, el ancho entre la ranura del aro superior y la cabeza del pistón era de 7,5 a 8,0 mm. Hoy esa distancia se ha reducido a sólo 3,0 a 3,5 mm en muchos motores.

La distancia pequeña en la parte superior del pistón entre la cabeza y el aro de fuego, crea una zona muerta de la mezcla aire / combustible. Cuando se produce la ignición, esta área no se quema completamente dejando sin quemar combustible en la cámara. La cantidad no es mucha, pero cuando se multiplica el combustible residual en cada cilindro por el número de cilindros del motor por la velocidad, puede agregar una porción significativa de hidrocarburos sin quemar.

Una de las consecuencias de la reubicación del aro más cerca de la parte superior del pistón es que expone el aro y la ranura a temperaturas de funcionamiento más alto. Los aros superiores en muchos motores funcionan a mucha temperatura. Estas temperaturas extremas pueden ablandar el metal y aumentar el peligro de la distorsión del aro y la ranura. El reducido espesor de la superficie entre la parte superior del pistón y el aro también aumenta el riesgo de fisuras



Los avances que permiten a los pistones de hoy funcionar, incluyen cambios en la geometría, aleaciones más fuertes, anodizado de la ranura superior y utilización los materiales más duros en los aros. El anodizado se ha convertido en un método popular de mejorar la durabilidad de la ranura para el aro superior y ahora se utiliza en muchos motores de última generación. Pero no puede hacer milagros: un pistón anodizado puede fallar si está demasiado caliente.

El anodizado es realizado por tratamiento de la ranura del aro con ácido sulfúrico. El ácido reacciona con el metal para formar una capa dura de óxido de aluminio, que es muy duro y resistente al desgaste. Parte de la capa está dentro del metal y otra está en la superficie.

En promedio, la capa es de aproximadamente 0.025 mm de espesor por lo que el fabricante de pistones compensa el grosor añadido maquinándolo. Otro enfoque que algunos fabricantes han utilizado para mejorar la durabilidad del aro superior, es soldar aleaciones de níquel en la ranura para el aro.

## **Aros finos.**

Para complicar aún más el problema del calor, los aros son cada vez más finos. A partir de la década de 1980, comenzaron a aparecer en muchos motores. Los tamaños típicos de aros de hoy son de 1,2 mm para el aro de compresión superior, 1,5 mm para el segundo aro, y 3,0 mm para el aro de aceite. Algunos son aún más delgados. Los fabricantes de motores fueron usando aros más y más delgados para mejorar la economía de combustible debido a que los aros representan hasta el 40 por ciento de las pérdidas por fricción en el motor. Aros finos, producen menos fricción y roce con las paredes del cilindro. Pero el inconveniente es que también reducen la transferencia de calor entre el pistón y el cilindro debido a la menor área de contacto entre los dos. En consecuencia, los pistones con aros finos, se calientan más que los pistones con aros más grandes.

Los aros finos, también presentan otro problema. Son menos capaces de afrontar la distorsión. Para maximizar la compresión, el cilindro debe ser lo más redondo posible. Esto a menudo requiere del uso de una placa de par de torsión para simular la distorsión que se produce al apretar la culata.

## **Geometría del pistón.**

Los cambios en la geometría del pistón también se han hecho para mejorar su capacidad de sobrevivir a temperaturas más altas. El diámetro del pistón en la superficie superior es más pequeña para permitir la expansión térmica y disminuir cualquier tipo de contacto.



También, son más cortos y livianos. Parte de la reducción de peso se ha logrado mediante la reducción de la altura y el uso de polleras cortas. La distancia desde el centro del perno, a la parte superior del pistón (llamado, altura de compresión) es menor. El cambio del perno más arriba en el pistón permite también el uso de bielas más largas, que mejoran el par y hacen más durables los cojinetes.

Algunos pistones de recambio, ya están disponibles con pernos desplazados hacia arriba, para compensar la rectificación en el block y la cabeza de cilindros. La otra alternativa es devastar la parte superior del pistón si el block ha sido rectificado, pero esto reduce la profundidad de los relieves para la válvula y puede aumentar el riesgo de daño.

### **Recubrimiento del pistón.**

Cuando el motor se pone en marcha frío, sin una adecuada lubricación puede causar raspaduras al pistón. Lo mismo puede suceder si el motor se recalienta. Los cilindros se cierran y ciñen el pistón contra la camisa. La puesta en marcha de un motor recién construido, también es un riesgo y es de especial interés para los fabricantes de motores porque es cuando se producen muchos problemas de garantía.

La aplicación de una capa permanente de baja fricción, a los lados de los pistones proporciona una capa de protección contra el desgaste. Muchos han encontrado que el uso de pistones recubiertos prácticamente ha eliminado los problemas de garantía debido al desgaste.

## **Barrera térmica.**

El recubrimiento cerámico metálico, en la parte superior de los pistones es otro tipo de recubrimiento que se ha utilizado en algunos pistones de motores Diesel y pistones de alto rendimiento. Mejora la retención de calor en la cámara de combustión, mejora la eficiencia térmica y produce mayor energía. También ayuda a funcionar a menor temperatura al pistón.

Pero demasiado calor en la cámara de combustión también aumenta el riesgo de detonación y pre ignición, que no es un problema con el motor Diesel pero si con motores nafteros. Así que cuando se utiliza un revestimiento, el ajuste del encendido tiene que estar retrasado en varios grados para reducir el riesgo de la detonación.

## **Cabeza del pistón.**

La forma y la terminación de la parte superior de los pistones también ha ido cambiando. Los pistones planos han sido sustituidos por los pistones bombeados o con lóbulos, y los pistones con contornos intrincados se fabrican para lograr una mejor atomización del combustible.

Algunos diseños de la cabeza del pistón pueden ser muy complejos, ya que están diseñados para producir las emisiones más bajas posibles con la mejor eficiencia de combustible. La forma de la cabeza, controla el movimiento de aire y el combustible, (torbellino). Esto, a su vez, afecta la velocidad de combustión y lo que sucede dentro de la cámara de combustión. Los pistones para motores rectificados, con diseños complejos, deben ser iguales que los originales para mantener la misma cantidad de emisiones y características de rendimiento.

Con pistones de alto rendimiento, los diseños pueden ser aún más especializados. Los fabricantes han desarrollado configuraciones de combustión rápida que permiten manejar de forma más segura de compresión sin detonar.



## **Pernos de pistón.**

Los pernos, también han ido cambiando. En lugar de ser redondos y rectos, tienen nuevas formas. Algunos son ovalados y algunos son con forma de trompeta. Estas variaciones son bastante pequeñas, medidas en milésimas de milímetro, pero han demostrado prolongar la vida útil del pistón.

## **Pistones cortos.**

Los pistones, se pueden seguir obteniendo más cortos y más livianos, pero la mayoría de los ingenieros concuerdan, que los aros no pueden ser mucho más finos de lo que son hoy. Sin embargo, se utilizan pistones con dos aros. Algunos motores de carreras Indy ya están funcionando con pistones de dos aros con éxito.



Otras innovaciones de diseño pueden dar forma al desarrollo futuro, como pistones con pernos de aleación liviana.

La mejor indicación de lo que viene, es ver el estado actual de pistones de carreras de última generación: diseños súper livianos, casi sin polleras, agujeros mecanizados en los lados para reducir el peso, y varios cambios de diseño para controlar la expansión térmica y la detonación con carga alta.

Podemos ver algunos de grafito reforzado para motores de alto rendimiento similares a los que ahora se están utilizando en los motores Diesel.

El desarrollo de motores de inyección requiere pozos en la parte superior de los pistones similares a las que ahora se utilizan en muchos motores Diesel. La inyección de combustible, permite mezclas de combustible de hasta 40:1 y una economía mucho mayor. Pero también requiere un control preciso del flujo de aire en la cámara de combustión para la ignición y una combustión completa fiable.

Si los vehículos híbridos a nafta / eléctricos o diesel / eléctricos se vuelven más comunes en un futuro no muy lejano (y muchos creemos que ocurrirá ), no habrá grandes cambios en el diseño del pistón porque la mayoría de estos sistemas utilizan el mismo diseño básico de motor como en la actualidad .

El mayor cambio en el diseño del pistón se producirá siempre y cuando las pilas de combustible se conviertan en una fuente de energía competitiva para aplicaciones de automoción. En ese caso, no habrá necesidad de pistones y estará en la lista de extinción.

La mayoría de los expertos creen que la tecnología de pila de combustible está todavía a años de distancia. Y cuando entre en producción, los volúmenes van a ser muy limitados debido a los altos costos. Con el tiempo el costo bajará.

Pero incluso si las células de combustible finalmente se imponen, muchos expertos creen que los motores de pistón seguirán siendo producidos para vehículos más pequeños y económicos, así como para vehículos pesados.

También habrá un mercado de reposición, siempre y cuando los vehículos propulsados a pistones permanezcan en las rutas.

**Juntas Tek®**