

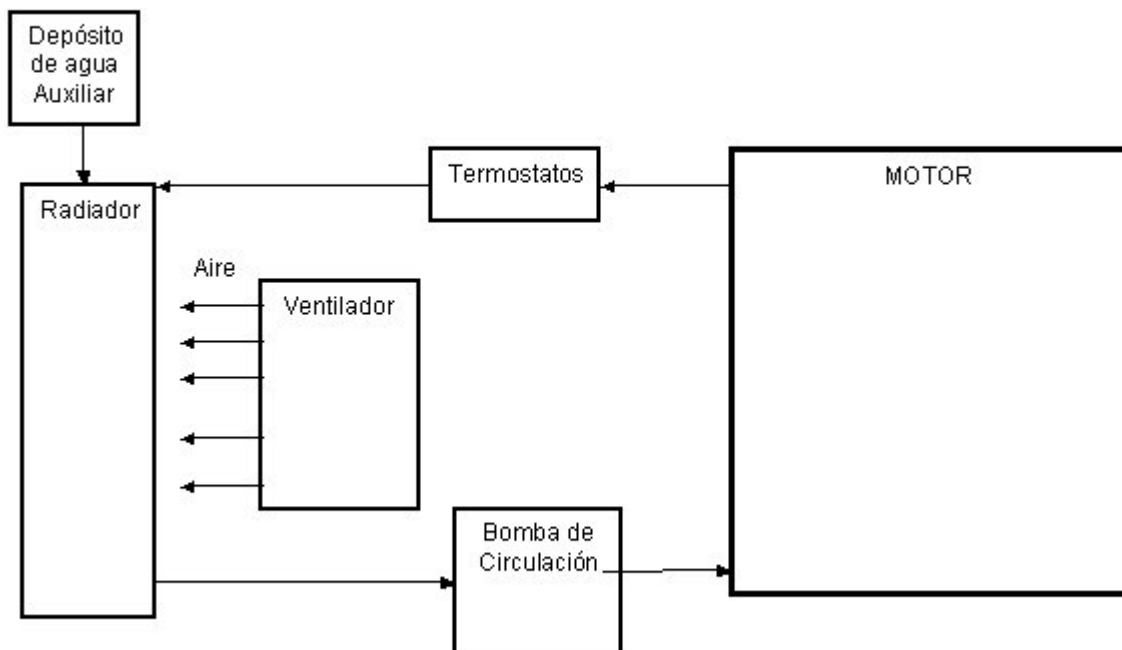
Sistema de refrigeración.

Este sistema elimina el exceso de calor generado en el motor.

Es de suma importancia ya que si fallara puede poner en riesgo la integridad del motor.

Su función es la de extraer el calor generado en el motor para mantenerlo con una temperatura de funcionamiento constante, ya que el motor por debajo o por encima de la temperatura de funcionamiento, tendría fallas pudiendo hasta no funcionar por completo.

SISTEMA DE REFRIGERACION



Consta de una bomba de circulación (hay sistemas que no la utilizan), un fluido refrigerante, por lo general agua o agua más producto químico para cambiar ciertas propiedades del agua pura, uno o más termostatos, un radiador o intercambiador de calor según el motor, un ventilador o u otro medio de circulación de aire y conductos rígidos y flexibles para efectuar las conexiones de los componentes.

En la mayoría de los sistemas de refrigeración, la bomba de circulación toma el refrigerante (fluido activo) del radiador, que repone su nivel del depósito auxiliar, y lo impulsa al interior del motor refrigerando todas aquellas partes más expuestas al calor, puede incluir refrigerar el múltiple de admisión, camisas, culatas o tapa de cilindro, radiador de aceite, etc., pasa a través de uno o varios termostatos y regresa al radiador donde se enfría al circular por tubos pequeños de gran superficie de disipación, el intercambio de calor generalmente se realiza con el aire circundante el cual es forzado a través del radiador utilizando un ventilador que generalmente es accionado por el mismo motor. Existen sistemas de refrigeración donde el fluido activo es el aire circundante, el cual es forzado por las partes del motor que se quieren refrigerar, cilindros, tapas de cilindros, radiador de aceite, etc.,. Estos sistemas generalmente utilizan también un circuito auxiliar con otro fluido activo, por ejemplo el aceite del motor, el cual consta de otro radiador que intercambia calor con el aire exterior y refrigera sobre todo aquellas partes internas del motor donde es difícil o imposible que pueda alcanzar otro fluido refrigerante (agua o aire).

Para verificar que el sistema funciona bien, los motores disponen de uno o varios termómetros que indican en cada instante la temperatura del refrigerante en la parte del motor que se desea medir. La temperatura medida por los termómetros deben encontrarse en el rango de temperatura aceptado por el fabricante para las condiciones de funcionamiento del motor. Temperaturas anormales pueden indicar dos cosas: a) Hay una falla en el sistema de refrigeración, por ejemplo falta de fluido refrigerante o b) Hay una falla o defecto en una parte o en todo el motor.

Para que este sistema funcione es primordial controlar periódicamente el correcto nivel del fluido refrigerante; controlar que los termostatos abran a la temperatura indicada por el fabricante; que el radiador esté libre de incrustaciones que obturen los canales de circulación de fluido y del aire por el exterior; que el fluido refrigerante tenga la proporción correcta de anticongelante acorde al clima de la zona; que el accionamiento de la bomba de circulación esté en buen estado y esté funcionando correctamente.

Las fallas se detectan precozmente si observamos los indicadores de temperatura, estando atentos a incrementos inusuales de la misma; por eso es aconsejable instalar protecciones y/o alarmas que paren el motor por alta temperatura. Si hubiera indicadores de nivel de refrigerante sería otro parámetro para prevenir fallas del sistema.

Los cuidados pueden abarcar desde un buen mantenimiento, rellenar fluido refrigerante y limpieza externa del radiador hasta reparaciones con el reemplazo de componentes dañados como bomba de agua, termostatos, radiador, mangueras, conexiones, etc.

Las precauciones de seguridad se basan fundamentalmente en trabajar con el motor detenido y frío para evitar incidentes con objetos en movimiento y quemaduras. Para cuidar el medio ambiente debe disponerse adecuadamente el fluido refrigerante cuando se reemplaza evitando derrames.

Los fluidos refrigerantes actuales son a base de alcoholes especialmente los glicoles, que mezclados con agua en distintas proporciones protegen al sistema de refrigeración y al motor de daños por congelamiento cuando funciona en regiones con muy bajas temperaturas. Según la proporción de fluido anticongelante en el agua, variará el punto de congelamiento de la mezcla, debiéndose adecuar la misma a cada región de trabajo

Cuando un motor de automóvil está funcionando, ya sea de diesel o gasolina, por desgracia no toda la energía contenida en el combustible es transformada en energía para poner el vehículo en movimiento. En proporciones diferentes, dependiendo de las revoluciones del motor y de las condiciones de marcha, aproximadamente un 30% de la “energía química” contenida en el combustible se disipa como calor generado por la combustión. Si el calor no se controla, el aumento de temperatura que origina puede alcanzar valores críticos para la integridad estructural del motor en sí. El principal objetivo del sistema de refrigeración es el de mantener la temperatura de las partes metálicas dentro de los límites previstos, a fin de garantizar el buen rendimiento y la fiabilidad del motor.

Los principales componentes del sistema de refrigeración del motor son los intercambiadores de esa parte de energía contenida en el combustible y que no es convertida en energía disponible. El calor del automóvil están compuestos de una serie de diminutos tubos que contienen el fluido líquido: valiéndose de la conductividad de su estructura metálica, ellas “extraen” el calor de los tubos que las rodea. Un radiador DENSO con una superficie frontal de 0,2 m² dispone de más de 6 m²

Los tubos y las aletas de un intercambiador de calor de automóvil están hechos de metales con un alto índice de conductividad y poco peso, con lo que el espesor de la superficie a mecanizar es

reducido. El cobre y el aluminio poseen estas propiedades.

El contacto entre los tubos y las aletas se logra con dos tipos de técnicas:

1 Soldadura de cobre;

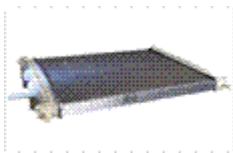
2 Deformación mecánica: “presionando” el tubo contra la aleta.

Algunos fabricantes optan por intercambiadores de calor aplicando las dos tecnologías. En el primer caso, el contacto se establece mediante soldadura de cobre en hornos continuos de atmósfera controlada. En el segundo caso, por expansión mecánica en cadenas de producción automatizadas.

El rendimiento del intercambiador de calor depende, de hecho, de la tecnología aplicada. La soldadura produce un contacto "más estrecho" entre tubo y aleta y garantiza una transmisión más eficiente del calor en comparación con el contacto logrado por deformación mecánica. Sin embargo, los costes de producción de intercambiadores de calor por soldadura de cobre son mayores que los del proceso de expansión mecánica, con lo que se asegura un equilibrio entre costes y rendimiento.

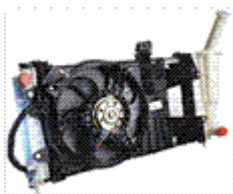
Dentro de esta gama de tecnologías, DENSO desarrolla intercambiadores de calor idóneos para el automóvil y el motor en los que se se deben instalar usando su capacidad de calcular de antemano el rendimiento de los productos y estudiando la efectividad de las decisiones a tomar con la ayuda de un avanzado equipamiento de pruebas.

El desarrollo de intercambiadores de calor en DENSO está basado en un proceso que comprende una serie de rigurosas pruebas en las que se estudian todas las propiedades del producto antes de procederse a la fabricación en serie. Se efectúan ensayos de resistencia mecánica, pruebas a alta temperatura, tests de resistencia a la presión y a la corrosión antes de darse la aprobación para comprobar la fiabilidad del producto.



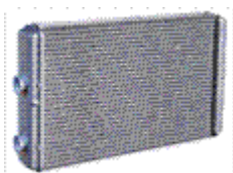
Radiadores

El radiador es el principal componente del sistema de refrigeración de motores y tiene la importante función de arrojar a la atmósfera el calor...



Ventilador refrigerante

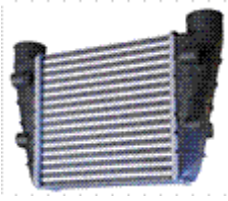
El ventilador de refrigeración, diseñado para aplicaciones automotrices, normalmente está ubicado detrás del radiador. En ciertas aplicaciones, los...



Calentador

El radiador de calefacción de cabina es realmente un radiador pequeño que, desde el punto de vista funcional, pertenece tanto al

sistema de refrigeración...



Intercooler

El intercooler es un intercambiador de calor que enfría el aire comprimido que alimenta los motores equipados con un turbocompresor. La sobrealimentación...

► [Lea más](#)



Radiador del aceite

Los radiadores de aceite son indispensables para mantener controlada la temperatura del aceite, lo que es necesario para el funcionamiento del motor y...

► [Lea más](#)



Condensadores

El condensador es un intercambiador de calor que forma parte del sistema de aire acondicionado del vehículo. Tiene la función de condensar el...

► [Lea más](#)

Por refrigeración entendemos el acto de evacuar el calor de un cuerpo, o moderar su temperatura, hasta dejarla en un valor determinado o constante.

La temperatura que se alcanza en los cilindros, es muy elevada, por lo que es necesario refrigerarlos.

La refrigeración es el conjunto de elementos, que tienen como misión eliminar el exceso de calor acumulado en el motor, debido a las altas temperaturas, que alcanza con las explosiones y llevarlo a través del medio empleado, al exterior.

La temperatura normal de funcionamiento oscila entre los 75° y los 90°.

El exceso de calor propiciaría dilatación y como consecuencia agarrotaría las piezas móviles. Por otro lado, estropearía la capa aceitosa del engrase, por lo que el motor se griaría al no ser adecuado el engrase y sufrirían las piezas vitales del motor.

Para comenzar, debemos considerar que apenas entre el **20 y 30% de la energía liberada** por el combustible es aprovechada, mientras que el resto es liberada en forma de calor, causando que las paredes interiores del cilindro **alcancen los 800°C**.

Entre los métodos de enfriamiento comunmente utilizados está el **aire del** medio ambiente, el

tiro de aire forzado utilizando un ventilador, o sistemas más complejos para motores que alcancen

potencias superiores.

El más eficaz es el de hacer circular agua a presión por todo el interior del bloque y la culata, contando con un radiador externo (compuesto por tubos y aletas de enfriamiento) para extraer el agua una vez que realizó el recorrido.

En la actualidad, el sistema de refrigeración está constituido por un circuito cerrado en el que existe una **cámara de expansión** donde el vapor de agua caliente se enfría y condensa, siendo a su vez un depósito que mantiene la circulación de agua fresca **en el interior del motor**.

En invierno, es necesario añadir al agua **sustancias “anticongelantes”** ya que el efecto de expansión de la misma al congelarse puede causar la **ruptura de los tubos del sistema**, causando que el motor se funda.

Tipos de refrigeración:

El medio empleado puede ser:

Aire.

Líquido (agua).

Por aire

La refrigeración por aire se usa frecuentemente en motocicletas y automóviles de tipo pequeño y principalmente en los que en sus motores los cilindros van dispuestos horizontalmente.

En las motocicletas, es aprovechado el aire que producen, cuando están en movimiento.

En los automóviles pequeños la corriente de aire es activa por un ventilador y canalizada hacia los cilindros.

Los motores que se refrigeran por aire suelen pesar poco y ser muy ruidosos, se enfrían y calientan con facilidad, es decir, son motores fríos, lo que obliga a usar frecuentemente el estarter.

Por agua

En la refrigeración por agua, ésta es el medio empleado para la dispersión del calor, dado que al circular entre los cilindros por una oquedades practicadas en el bloque y la culata, llamadas cámaras de agua, recoge el calor y va a enfriarse al radiador, disponiéndola para volver de nuevo al bloque y a las cámaras de agua y circular entre los cilindros.

Elementos:

Para la refrigeración por aire, nos basta que ésta se logre mediante un ventilador. La corriente de aire AB enfría el cilindro provisto de aletas (Fig. 1).

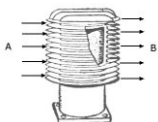


Fig. 1.

En el sistema de refrigeración por agua, sigue siendo el aire un elemento principal (Fig. 2).

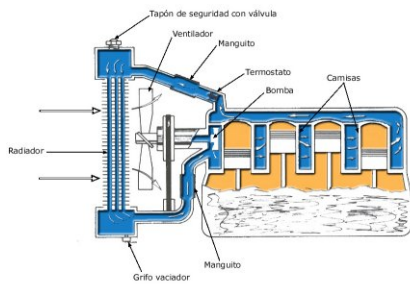


Fig. 2.

Una polea accionada accionada por el cigüeñal hace funcionar el ventilador que lleva a pasar el aire por el radiador.

El radiador es un depósito compuesto por láminas por donde circula el agua. Tiene un tapón por donde se rellena y dos comunicaciones con el bloque, una para mandarle agua y otra para recibirla.

Hay varios tipos de radiador, los mas comunes, son (Fig. 3):

- Tubulares.
- De láminas de agua.
- De panal.

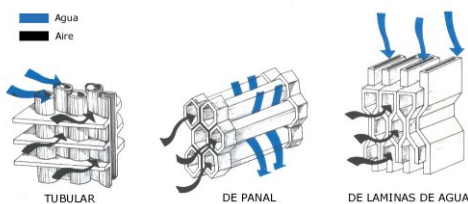


Fig. 3.

Los conductos que comunican con el bloque son de goma dura, llamados manguitos y sujetos por abrazaderas.

Los sistemas de ventilación más empleados, son:

- Por termosifón.
- Por bomba.
- Por circuito sellado.

En los sistemas por bomba y por circuito sellado, llamado también de circulación forzada, la corriente de agua es accionada por una bomba de paletas que se encuentra en el mismo eje que el ventilador.

En tiempo frío, desde que se arranca el motor hasta que alcance la temperatura ideal de los 75° ó 90°, conviene que no circule agua fría del radiador al bloque, por lo que se intercala, a la salida del bloque, un elemento llamado termostato y que, mientras el agua no alcance la temperatura adecuada para el motor, no permita su circulación.

Para evitar que en tiempo de demasiado frío se congele el agua del circuito, se suelen utilizar otros líquidos, que soportan bajas temperaturas sin solidificarse, denominados anticongelantes.

El termostato está formado por un material muy sensible al calor y consiste en una espiral bimetálica (Fig. 4) o un acordeón de metal muy fino ondulado y que debido a la temperatura del agua abre o cierra una válvula, regulando así la circulación del refrigerante.

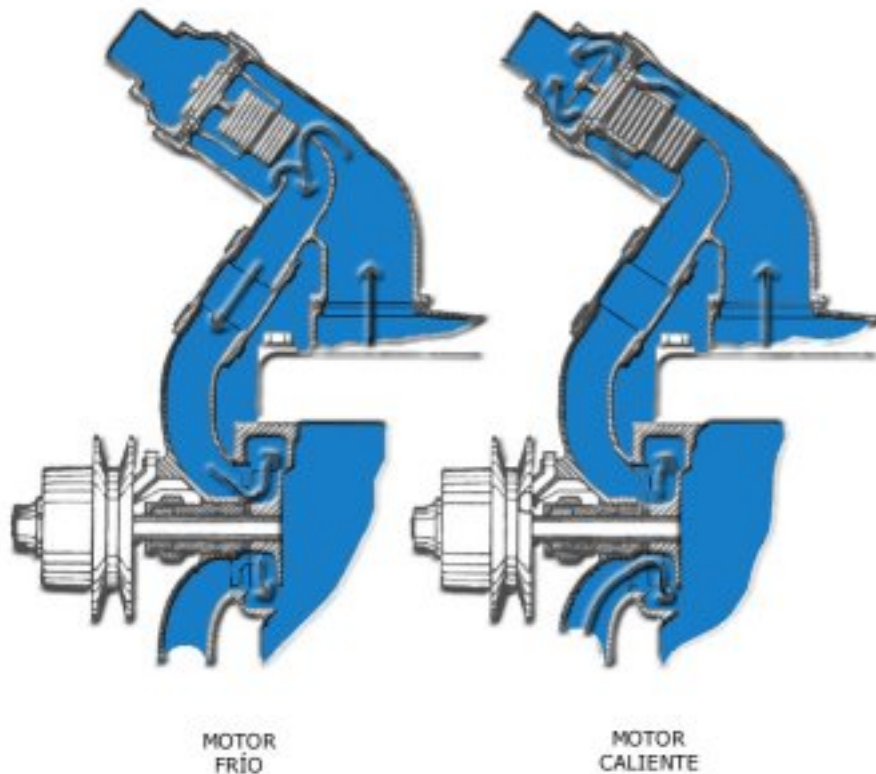


Fig. 4.

Termosifón:

El sistema de termosifón basa su funcionamiento en la diferencia de peso del agua fría y el agua caliente, esta última pesa menos.

Dispone en principio de un radiador de grandes dimensiones y de conductos y camisas de agua amplias y sin estrecheces ni codos pronunciados para facilitar así la circulación.

Bomba:

En el sistema de bomba, el radiador no necesita ser tan grande y sus conductos ya son más regulares, pues una bomba fuerza la circulación del agua.

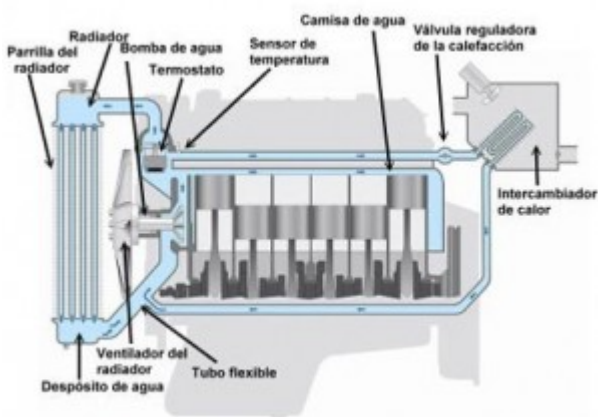
La bomba está en el eje del ventilador que mueve el cigüeñal mediante una polea, en la entrada del radiador al motor.

En el conducto, que comunica el motor con el radiador y que sirve para la salida del agua del motor, se intercala el termostato (Fig. 2).

Circuito sellado:

Para evitar trabajo al conductor, se creó el circuito sellado, que es copia del forzado por bomba, diferenciándose de él en que el vapor de agua no se va a perder, teniendo que rellenar cada cierto tiempo el radiador, sino que el vapor de agua, cuando ésta se calienta bastante, es recogido por un vaso de expansión, que comunica con el exterior mediante una válvula de seguridad y que cuando el agua se enfría, por diferencia de presión, vuelve al radiador.

Funcionamiento del sistema de refrigeración del motor



Para comenzar, debemos considerar que apenas entre el 20 y 30% de la energía liberada por el combustible es aprovechada, mientras que el resto es liberada en forma de calor, causando que las paredes interiores del cilindro alcancen los 800°C.

Entre los métodos de enfriamiento comunmente utilizados está el aire del medio ambiente, el tiro de aire forzado utilizando un ventilador, o sistemas más complejos para motores que alcancen potencias superiores.

El más eficaz es el de hacer circular agua a presión por todo el interior del bloque y la culata, contando con un radiador externo (compuesto por tubos y aletas de enfriamiento) para extraer el agua una vez que realizó el recorrido.

En la actualidad, el sistema de refrigeración está constituido por un circuito cerrado en el que existe una cámara de expansión donde el vapor de agua caliente se enfría y condensa, siendo a su vez un depósito que mantiene la circulación de agua fresca en el interior del motor.

En invierno, es necesario añadir al agua sustancias “anticongelantes” ya que el efecto de expansión de la misma al congelarse puede causar la ruptura de los tubos del sistema, causando que el motor se funda.



Estudio de un sistema combinado de refrigeración y climatización del habitáculo para vehículos

El presente proyecto parte del análisis de los sistemas de control y regulación de temperatura de vehículos con el objetivo de mejorar la configuración del conjunto de subsistemas presentes en la refrigeración motor y la climatización del habitáculo de la concepción actual de vehículos con motores de combustión interna. La unificación entre los sistemas de refrigeración motor y climatización del habitáculo persigue una disminución del número de componentes y del espacio invertido dentro del vehículo, así como la concentración en un único bloque de los dos sistemas actuales comentados. La metodología empleada consiste en el estudio de los subsistemas de refrigeración motor y subsistemas de climatización habitáculo, identificando los circuitos e intercambiadores que intervienen junto con sus características y ubicación en vehículo. Considerando el sistema de refrigeración motor compuesto por el circuito de refrigeración líquida con un intercambiador radiador, y considerando, el circuito de calefacción para el habitáculo provisto de un intercambiador calefactor, se intenta unificar ambos circuitos y ambos intercambiadores. Para realizar esta unificación de intercambiadores, se debe de idear un sistema que respetando las funciones actuales de refrigeración motor y climatización habitáculo permita situar en el vehículo el intercambiador (calefactor-radiador) con la aportación necesaria de aire. A parte de la concepción del sistema que incorpore dicho intercambiador, se estudian las necesidades de refrigeración motor y calefacción en los vehículos actuales y se concreta el diseño del conjunto para un sector de vehículos de motorizaciones bajas. Para estos vehículos se establecen unos límites de refrigeración motor y unas condiciones de funcionamiento para determinar la configuración, dimensiones y diseño de un intercambiador de altas prestaciones y del grupo ventilador (ambos integrados en el sistema concebido). La elección del intercambiador más apropiado se determina, por medio de una comparativa de diferentes tipologías de intercambiadores para automoción mediante un proceso de simulación, se concreta el diseño y características geométricas del mismo, así como su tecnología de fabricación. Su dimensionado esta condicionado al tipo de vehículos a los que se establece la aplicación pensada. En este sentido se realiza un estudio de mercado para determinar la afectación en el mercado automovilístico del sistema propuesto, resultando factible su aplicación a un 20 % aproximadamente de vehículos turismos del mercado actual. La comparación del sistema propuesto frente a los convencionales se realiza mediante un estudio de viabilidad del conjunto pensado frente a la solución actual. Resultando más económico y más compacto que los sistemas convencionales, pero con algunas limitaciones dimensionales y de posibilidad de integración en vehículo.

La industria automotriz esta siendo remecida por la incorporación de un nuevo material que presenta interesantes ventajas sobre el acero: la cerámica.

El reciente descubrimiento de los superconductores al parecer no es más que el inicio de una explosión de conocimiento nuevo respecto de la utilización de la cerámica con fines industriales. La idea, por cierto es que, en la medida que vayan quedando de manifiesto sus capacidades intrínsecas, vaya desplazando a los metales en sus diversas utilizaciones. En líneas generales, las cerámicas poseen una gran resistencia al calor, una extraordinaria capacidad termoaislante y mayor resistencia a la corrosión y al desgaste. Es más liviana y fuerte que el acero y, como si fuera poco, materias primas que las constituyen se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza.

Las nuevas áreas que parecen incorporarse al uso de la cerámica son múltiples y su utilización incluye la tabulación de partes y piezas en microelectrónica, biomateriales, herramientas, cojinetes, soportes, válvulas, sellos, células solares, etc. Recientemente, la empresa Kyocera de Tokio ha fabricado un fantástico cuchillo de cerámica que literalmente "corta un pelo en el aire", muy superior a cualquier cuchillo de metal, fabricado en circonio. Esta empresa ya ha colocado en el mercado productos de cerámica que superan los tres mil millones de dólares y se piensa que en 1990, Japón estará vendiendo productos de cerámica por una suma superior a los 9 mil millones de dólares.

Una de las propiedades de la cerámica que más interés ha provocado en la industria es su resistencia al calor, lo cual lo constituye en el material de elección en la industria aeroespacial. Las naves espaciales de hoy, incluido el Challenger, son recubiertos por baldosas de cerámica. Su temperatura de operación puede alcanzar los 8000 ° C.

A pesar del justificado optimismo que ha generado el uso de la cerámica, el reemplazo de piezas metálicas convencionales por su contraparte en cerámica se irá produciendo en forma paulatina, al menos así se está procediendo en la industria automotriz en donde fuera de las bujías - que son de cerámica - las bombas de inyección se están fabricando de cerámica. Las cámaras de combustión de los motores Diesel también se han incorporado al universo de la cerámica. Según los fabricantes, en muy poco tiempo más se podrá estar fabricando un motor entero en este material.

También en la industria automotriz la cerámica está jugando un importante papel descontaminador. En efecto, utilizando elementos alveolares cerámicos de corderita cubiertos de metales nobles se ha logrado depurar los gases del escape con una gran eficiencia. En los motores Diesel también se propone imitar las emisiones de hollín utilizando un dispositivo cerámico.

Los problemas por resolver

No todo son ventajas para la cerámica. También presenta inconvenientes que seguramente han retrasado su utilización masiva. Uno de los más graves problemas que presenta la cerámica en la actualidad es su escasa resistencia a la tracción, que plantea problemas casi insolubles en los motores a turbinas. Otro grave inconveniente es la fragilidad. Mientras las piezas metálicas son capaces de contrarrestar y compensar las tensiones mecánicas y los momentos de tensión aguda, mediante procesos de fluidez, la cerámica se rinde, debido a su escasa elasticidad.

Resultado de esta falta de elasticidad, se producen grietas microscópicas en el material, que luego se van agrandando, hasta llegar a la inevitable rotura. Investigadores del Instituto Max Planck de Stuttgart (Alemania Federal) han desarrollado un sistema que en los hechos "ataja" las

grietas impidiendo su propagación. Lamentablemente funciona sólo a temperaturas bajas y por ende su utilización futura no se ve clara.

El futuro

Los esfuerzos que investigadores de todo el mundo despliegan hoy para sacar el máximo provecho al uso de la cerámica se pueden agrupar en:

1. El estudio del recubrimiento de piezas de metal con cerámica, como un modo de evitar el desgaste y la corrosión.
- 2.
2. Utilización de fibras cerámicas o de monocristales (Whiskiers) para mejorar específicamente las características de los metales.
- 3.
3. La búsqueda de materiales cerámicos nuevos - aparte de los ya conocidos- y que eventualmente serían los más adecuados para la fabricación de motores. Así se está considerando el titanato y aluminio, el óxido de circonio, el carburo de silicio y otros.
- 4.
- En el presente y futuro cercano se vislumbra la utilización de piezas de motor recubierta con cerámica, como la alternativa más posible de la utilización de este nuevo recurso en la industria. En los hechos, ya se utilizan algunas piezas de pistón recubiertas por cerámica e incluso el estudio de la cámaras de explosión de los motores Diesel va suficientemente avanzado, como para pensar en su uso cercano. Acá, la idea es aprovechar mejor la "bola de fuego" producida por la explosión y aproximarse de este modo al modelo del motor "adiabático" que no requiere refrigeración. En estos estudios se han utilizado fibras de cerámica de distintos diámetros en forma de tejido de apoyo. Se ha probado fibras de óxido de aluminio y otras cubiertas con silica.
- 5.
- Las piezas de fibra son prensadas y recubiertas con aluminio fundido a presiones superiores a los 1000 bares, lo que incrementa la resistencia a los esfuerzos permanentes y a los cambios de temperatura.
- 6.
- En resumen, el uso de la cerámica hasta ahora ha reducido a reemplazar piezas en un motor convencional, diseñado para elementos metálicos se lograran resolver todos los problemas que entraban la utilización masiva de este material y pudiera, por ejemplo, fabricar un motor de automóvil entero de cerámica, no habría necesidad refrigeración y el motor se refrigeraría sólo por medio del aire. Como ventaja adicional se podría disminuir el consumo de combustible en un 6%. Si ello fue posible, sólo en Alemania se podría ahorrar aproximadamente 4 000 millones de litros de combustible.
- 7.
- Como podemos ver, la cerámica representa material de enorme potencial industrial cuya aplicación masiva dependerá del éxito de actuales investigaciones que ya se presentan promisorias.

MOTOR ADIABATICO

Para poder entender las diferencias entre los sistemas de sobrealimentación hay que conocer primero el significado de la eficiencia adiabática. Se dice que un proceso es adiabático cuando, durante el mismo, no se produce ninguna variación de calor. Así, si medimos la temperatura del aire antes y después de ser sometido a un proceso y comprobamos que no hay variación alguna se dice que dicho proceso tiene una eficiencia adiabática de un 100%. En la sobrealimentación, el aire aspirado por el cilindro tiene diferente temperatura al que se encuentra en la atmósfera, es

decir, su eficiencia adiabática es inferior al 100%. La variación de temperatura existente en el proceso puede entenderse mejor al comprobar los pasos que realiza el aire:

- 1°. El aire aspirado por la mecánica tiene una densidad que depende, entre otros factores, de la altitud y de la temperatura ambiente.
- 2°. Antes de llegar al sistema de sobrealimentación el aire puede ser previamente enfriado mediante el intercooler.
- 3°. Al pasar por el sistema de sobrealimentación el aire sufre un proceso de compresión.
- 4°. Debido a la compresión, el aire disminuye su densidad y aumenta su temperatura y su volumen.
- 5°. Las nuevas características implican menor entrada de aire al cilindro de la que sería posible a temperatura ambiente.

Fue precisamente la cuestión de la eficiencia adiabática la que llevó a la proliferación de los intercambiadores térmicos en los motores dotados de turbo. Al añadir un radiador que enfriara el aire antes de pasar por el sistema de sobrealimentación la eficiencia del sistema aumentaba porque la diferencia de temperatura entre el aire ambiente y el aire comprimido resultaba menor y, por tanto, mejoraba su eficiencia adiabática. Ahora bien, al obligar al aire a pasar por el intercambiador térmico se generan pérdidas de presión en la sobrealimentación, lo que va en detrimento de la potencia final. Aun así, el aire más frío a menor presión genera mayor potencia que un aire más caliente a mayor presión, precisamente porque la densidad del aire frío puede ser mayor que la del aire caliente independientemente de la presión. Como puede verse, un sistema de sobrealimentación que tenga mayor eficiencia adiabática (que implique menor aumento de temperatura) conseguirá mejores resultados porque permitirá una mayor entrada de aire en los cilindros, a la postre, objetivo final de la sobrealimentación.

MOTOR CASI-ADIABATICO

Un motor de combustión interna novedoso incluye un cilindro, una cabeza que cierra un extremo del cilindro y un pistón montado deslizablemente del cilindro para un movimiento recíprocante, en la manera usual, cuya reciprocación se convierte en movimiento giratorio mediante, por ejemplo, un cigüeñal convencional. En la superficie superior del pistón, la cabeza de cilindro y el cilindro sirven como paredes que definen una cámara de sistema, con una bolsa formada en una de las paredes de la cámara de sistema para recibir el combustible y servir como una cámara de combustión localizada ahí. En la modalidad descrita, el cilindro está dividido en dos secciones con el aislamiento térmico, sirviendo como una barrera al calor, colocado entre las dos secciones y el pistón tienen un interior hueco conteniendo uno o más escudos de calor extendiéndose al interior hueco. El método de operación involucra la inyección de combustible adentro de un área restringida dentro de la cámara definida entre la cabeza de pistón, la cabeza de cilindro y el cilindro por ejemplo, la bolsa antes mencionada. El gas de expulsión y/o el aire dentro de la cámara rodeando el área restringida de combustión localizada sirve como aislamiento térmico, protegiendo las paredes del cilindro. La operación es adecuada con una temperatura de gas pico de 900-1100°C y una presión de gas pico de 500-1000 psi. El aire es introducido en una cantidad proporcionando 4-5 veces la cantidad estequiométrica de oxígeno.

EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN LA ENERGIA NI SE CREA NI SE DESTRUYE

En esta investigación hablaremos de los factores que lo determinan, así como del esfuerzo tecnológico que están realizando los fabricantes en para aprovechar al máximo la energía disponible, sólo nos queda hablar de esa otra parte de la energía que tras la combustión, aún no somos capaces aprovechar. El tema no es baladí, ya que estaríamos hablando de unas pérdidas de entre el 65 y el 75% sobre el total de la energía disponible en el combustible.

Y no sólo eso. Semejante derroche energético, además, supone un serio problema. Gran parte de esas pérdidas afloran en forma de calor que, irradiándose por el motor, debemos evacuar a tiempo para evitar que acaben con su vida útil. De hecho, esa es la tarea fundamental del sistema de refrigeración. Pero antes de hablar de él, creo que merece la pena entrar en más detalles en el asunto del despilfarro energético. Dos son las causas de esa ineficiencia:

Por un lado las pérdidas mecánicas y de diseño de los elementos del motor, y por el otro, las pérdidas térmicas provocadas por los materiales con los que se construyen. Las pérdidas por diseño mecánico son achacables a un sinnúmero de causas como, por ejemplo, el de la gasolina que se queda sin quemar por una mala carburación y que puede llegar a suponer hasta un 5% sobre el total. Aunque gracias a los modernos sistemas de alimentación por inyección y encendido electrónicos están disminuyendo de forma notable. Otra de las causas es el deficiente llenado de la cámara de combustión.

De eso hemos estado hablando largamente en los últimos artículos técnicos dedicados al par motor y la potencia. Aquí debemos destacar los esfuerzos realizados por los fabricantes para conseguir un llenado óptimo en todos los regímenes de giro (VTEC, el EXUP, el YCC-I, etc.). Aunque el factor que mayor importancia adquiere en lo que a pérdidas mecánicas se refiere es el de las fricciones mecánicas entre los elementos móviles del motor, que pueden llegar a superar el 10%. Eso sin olvidarnos de la energía que debemos dedicar a mover los sistemas auxiliares necesarios para dar vida al motor tales como: la bomba de aceite, la de agua, el alternador o incluso la bomba de gasolina, que sumadas podrían llegar a suponer otro 5% más.

Conviene aclarar que estos porcentajes son aproximados y pueden variar sustancialmente en función del motor que se analice. Así, las pérdidas por motivos puramente mecánicos y de diseño podrían llegar a estar entre el 20 y 25% sobre el total de la energía disponible. El otro 40 o 50% se debe a las transferencias térmicas que ocasionan los materiales con los que se construyen los motores. El problema está en las diferencias de temperatura entre los gases de combustión, que alcanzan unos 2.000° centígrados, y las piezas que configuran la cámara (culata, cabeza de pistón y cilindro) que en los puntos más críticos debemos evitar que superen los 400° centígrados (dependiendo del material).

Esa diferencia de temperatura entre las partes implica que una parte de la energía se pierda, dedicándose a calentar las piezas “frías” en vez de transformarse en energía mecánica. Es decir, en par motor. Ya sé que la explicación no ha sido excesivamente rigurosa, pero sirve para hacernos una idea aproximada de lo que sucede. Si queréis profundizar más en esta materia, deberéis empezar por echar un vistazo al ciclo de Carnot.

EL FUTURO ESTÁ EN LA CERÁMICA

Hace años que la industria trabaja para luchar contra esa ineficiencia, pero no es fácil. La solución pasa por sustituir el aluminio y el acero por compuestos cerámicos capaces de resistir sin problemas elevadísimas temperaturas de trabajo. El problema de estos “composites” cerámicos es su elasticidad. Son frágiles ante impactos o situaciones de tracción y además no son fáciles de mecanizar. Aunque, eso sí, son extremadamente duros y ligeros. En el laboratorio ya han conseguido mecanizar cilindros y cabezas de pistones para motores diesel con “composites” cerámicos capaces de trabajar a 1.200° centígrados durante unas 300 de combustión de la gasolina).

Dando alas a la imaginación, podríamos llegar a pensar en motores sin sistema de refrigeración e increíbles rendimientos mecánicos. Por el momento, sin embargo, eso es una utopía. Aunque Honda, en 1979, ya inició esa senda con la maravillosa y decepcionante NR500 de gran premio. Y lo hizo aplicando pequeños recubrimientos cerámicos en las válvulas y la culata oval. Actualmente, en la F1, los recubrimientos cerámicos en el interior del motor son práctica habitual, y supongo que en MotoGP, también deben serlo.

Hablamos de la gran cantidad de energía contenida en el combustible que no somos capaces de transformar en aprovechamiento mecánico. Es decir: En par motor. Y también hablamos de las investigaciones que se están llevando a cabo para reducirlas, utilizando materiales espaciales y recubrimientos cerámicos en las piezas que forman la cámara de combustión. Hoy hablaremos de cómo y por qué debemos evacuar esa energía desaprovechada, que en gran parte aflora en forma de calor.

En el momento de la explosión, la mezcla de gasolina/aire aprisionada en la cámara de combustión produce un foco de llama que llega a 2.000° centígrados. Esta altísima temperatura sería capaz de fundir el pistón en muy poco tiempo (el aluminio no resiste en estado sólido más de 700° centígrados). Pero eso no pasa por tres razones. Primero porque el frente de llama desaparece casi al instante. Segundo porque el pistón huye de ese infierno a toda prisa iniciando su carrera descendente.

Y tercero porque la curva de avance del encendido se encarga de coordinar el salto de chispa con la velocidad de giro del motor y con el tiempo de quemado de la gasolina, evitando, entre otras cosas, sobre exposiciones de calor en la cabeza del pistón. Aunque momentáneamente hemos salvado la vida del pistón, todavía nos queda otro conflicto por solucionar. Como hemos dicho antes, la energía desaprovechada se acaba transformando en calor. Y afloran tal cantidad de calorías que si no conseguimos desprendernos de ellas, acabarán por dilatar los componentes metálicos del motor hasta llegar a engancharlos para finalmente fundirlos. Vamos, que nos quedaríamos sin motor en mucho menos tiempo del que imaginamos. Existen varios sistemas para evacuar el calor hacia la atmósfera. En algunos motores se produce por contacto directo y en otros se realiza mediante algún elemento que hace de intermediario como el agua o aceite.

AL AIRE

Este sistema transfiere a la atmósfera directamente las calorías sobrantes del motor. El mecanismo de transferencia es bastante sencillo. Consiste en incrementar enormemente la superficie de contacto del motor con el aire mediante unas aletas convenientemente dispuestas alrededor de la cámara de combustión o incluso, si es necesario, en los cárteres. En las zonas del motor donde la acumulación de calor es crítica, (culata y parte superior del cilindro) las aletas acostumbran a ser más grandes. La ventaja de la refrigeración por aire es su simplicidad. No

necesita piezas ni sistema mecánico alguno. Es barato de fabricar. Apenas incrementa el peso del conjunto. Casi no consume espacio para alojar otros componentes y sobre todo, ni necesita mantenimiento ni tiene averías, a no ser que rompas las aletas con algún golpe. Sus inconvenientes, si los comparamos con los más modernos sistemas de transferencia de calorías mediante un elemento interpuesto en el interior del motor, léase: por líquido o por aceite (SACS de Suzuki) o por ambos líquidos a la vez, son varios. Estos motores acostumbran a sufrir especialmente durante un uso ciudadano; momento en el que la moto permanece parada o a poca velocidad, mientras el motor sigue en marcha acumulando calorías. En los motores refrigerados por aire no forzado, (aletas a la vista) es conveniente que la moto esté en movimiento para conseguir que el mayor caudal de aire posible entre en contacto con las aletas.

Otro de los inconvenientes de los motores refrigerados por aire es que acostumbran a ser mucho más ruidosos mecánicamente que los refrigerados por líquido, ya que este líquido también hace las veces de amortiguador sonoro. Además, en los motores refrigerados por aire, es difícil mantener cierta estabilidad térmica, ya que el calor evacuado dependerá de factores que pueden variar en cualquier momento como, por ejemplo, la velocidad de movimiento de la moto o incluso hasta de la temperatura exterior ambiental. Ese es el motivo que obliga a los fabricantes a incrementar las tolerancias entre sus elementos móviles para evitar roturas en caso de excesiva dilatación de las piezas por falta una falta puntual de evacuación. Eso acaba por afectar al rendimiento del motor, ya que aunque térmicamente son más eficientes (no pierden tanto calor como los de agua), los rozamientos y las fricciones son mayores por el incremento de las tolerancias y no compensa.

REFRIGERACIÓN POR AIRE FORZADO

En algunas motos, debido a su diseño o distribución de espacios, las aletas del motor quedan escondidas y no es posible que mantengan un contacto directo con el aire exterior. Lo vemos en casi todos los scooters, y en algunos ciclomotores. En ese caso, se fuerza la circulación del aire por el interior del motor. Eso se consigue mediante un ventilador con aspas a modo de turbina, que acoplado a la punta del cigüeñal, capta el aire del exterior forzándolo a circular por una canalización que envuelve todo el grupo termodinámico para poder evacuar las calorías. Este sistema es más estable térmicamente ya que la cantidad de aire que entrará en contacto con el motor sólo dependerá del régimen de giro de éste, y no de la velocidad de vehículo. Esta modalidad se adapta mucho más a las necesidades de las motos ciudadanas que se llevan mucho en España.

Motor Enfriado por Agua

La incidencia del **sistema de refrigeración** en el desempeño de un motor es alta. La estabilidad en la temperatura es sinónimo de carburación y lubricación estable. La temperatura excesiva impide que los fenómenos naturales que se aprovechan en el funcionamiento de un motor le sigan siendo favorables.



Temperatura de Motor

La disipación de calor se controla mediante el agua, el aire y el lubricante. La **temperatura** también depende del **color del bloque** de cilindros. Si es muy claro, los rayos de luz que salen del metal son reflejados y parte del calor no es disipado con la facilidad que se requiere. Por ello se recomienda pintarlos de color oscuro.

Cavitación de Motor

Aun con su sistema de refrigeración lleno de agua, el motor **deja de ser enfriado** si el líquido comienza a ebullicir. Mientras el agua hierve las burbujas impiden la refrigeración del metal en los puntos donde se generan. Esta pérdida de eficiencia en el proceso de disipación de calor también produce corrosión prematura en el metal de las cámaras de agua del block.

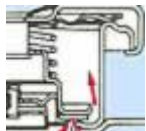
Por su parte, las aspas de la bomba de agua ya no logran impulsar el refrigerante a la velocidad que se requiere. Este fenómeno se conoce en mecánica automotriz como **cavitación** y su nombre obedece a las cavidades que se generan en la masa de un líquido mientras ebulle. Para disminuir o impedir la corrosión por esta razón se utilizan refrigerantes especiales.

Punto de Ebullición

La temperatura que debe alcanzar el agua para hervir depende de la presión que se ejerce sobre ella. A mayor presión, mayor será la temperatura para lograr el **punto de ebullición**, (Blaise Pascal, 1653). En condiciones normales hierve cuando alcanza 100° C y la presión es de 1 Atmósfera o 760 mm de Mercurio (Torricelli). Esta medida equivale aproximadamente a cargar cada centímetro cuadrado con un kilo de peso (Kg/cm²).

Sistema de Refrigeración Presurizado

El refrigerante se mantiene confinado dentro del sistema de enfriamiento y se aísla de la atmósfera. La presión es controlada en forma automática por la **tapa de radiador**.



El agua se calienta, hasta que la presión que genera es capaz de comprimir el resorte principal de la tapa, lo cual separa el sello de su asiento, (ver). Esto permite la salida de líquido y vapor. Como regla general, cada libra (1) por pulgada de presión que se agregue, el punto de ebullición sube en 1,5° C.

Mientras el refrigerante no hierve la condición es normal. Enfriar un motor con agua a 120° C o más no es un problema. Al contrario. Subir la temperatura del agua mejora el rendimiento del motor y el sistema de refrigeración se torna más eficiente. El calor se disipa a mayor velocidad debido a que la **diferencia de temperatura** entre el ambiente y el motor es mayor.

Refrigeración de Alto Rendimiento

Los motores de competición utilizan sistemas de **refrigeración de alta presión**. Esto significa que utilizan tapas de radiador especiales de 22 a 26 libras por pulgada. Esta presión inhibe la ebullición y aumenta la temperatura de funcionamiento lo cual trae consigo un mejor aprovechamiento del calor para generar potencia.



Revisión del Sistema de Enfriamiento

Lo importante a la hora de revisar el sistema de refrigeración es comprobar su estanqueidad. El sello de la tapa debe apoyarse en forma perfecta con el asiento que provee la boca de entrada del radiador. Por otra parte la válvula de vacío, que se encuentra al centro de la tapa, debe sellar totalmente la salida de líquido. Las cañerías, tubos y sellos de motor deben ser estancos.

El sello del sistema de enfriamiento se comprueba con una herramienta especial que permite **presurizar el circuito** de refrigeración y comprobar la existencia de fugas. Al mismo tiempo sirve para probar el resorte y la estanqueidad del sello de la tapa de radiador. Para conocer este instrumento pulse sobre las imágenes que aparecen a continuación.

