vibraciones del cigüeñal logrando las cualidades de resistencia semejantes a los aceros. Las unicas desventajas de los cigüeñales de fundición son : el costo del material de fierro fundido de aleación es mayor que el de los aceros, en el proceso de fundición en producción de cigüeñales aparecen todavía relativamente grandes desechos.

La empaquetadura de la caja del cigüeñal ( cárter) se realiza por aplicación de juntas adecuadas y anillos deflectores de aceite montados en los extremos del cigüeñal.

Ademas se monta ( mediante tornillos) a un lado de él, la rueda-volante para equilibrar las irregularidades del trabajo en el mecanismo de la manivela.

Los cigüeñales con manivelas son fijados en cojinetes de deslizamiento y muy raramente en cojinetes de rodamiento. Las aleaciones básicas utilizadas en esos cojinetes de deslizamiento son aleaciones de estaño, plomo, cobre-plomo y de aluminio-estaño.

## 16. REFRIGERACION DE LOS MOTORES.

La aplicacion de los sistemas de refrigeracion en motores de combustión interna es necesaria para asegurar la temperatura correcta del trabajo del mismo. Como fue escrito en el cap.6, solo del 25 a 40% del calor producido se transforma en trabajo efectivo, y del 60 al 75% se pierde, por acción especial del diseñador que crea los sistemas de refrigeración. El recalentamiento del motor puede causar problemas muy graves en su funcionamiento y por eso se deben refrigerar aunque signifique prácticamente la pérdida de una parte del calor producido. Hasta ahora no se han encontrado los sistemas mejores para aplicarlos en motores de combustión interna hay generalmente dos sistemas de refrigeración:

1. sistema directo ( por ejemplo por aire).
2. sistema indirecto ( por ejemplo por agua).

Cerca de 25 a 32% del calor producido esta derivado por un sistema de refrigeración. El más común es el sistema indirecto en que lo más frecuentemente se utiliza agua ( debe ser neutral quimicamente) o agua mezclada con unas composiciones quimicas anticorrosivas con muy bajas temperaturas de congelación.



### 16.1. REFRIGERACION INDIRECTA.

Principalmente todos los líquidos de refrigeración deben tener las propiedades siguientes:

1. anticorrosividad,
2. alta temperatura de ebullición,
3. baja temperatura de congelación ( solidificación),
4. alto calor especifico c [ kcal/kg.·°K ] ó [ kJ/kg.·°K ], [ Btu/lb.·°R ].

Generalmente se utilizan tres grupos de mezclas refrigerantes ( fuera del agua pura) :

1. mezclas de agua-glicol., [ glicol= $C_2H_4(OH)_2$ ],
2. mezclas de agua-alcohol, [ alcohol= etanol = $C_2H_5OH$ ],
3. mezclas de agua-alcohol-glicerina, [ glicerina= $C_3H_5(OH)_3$ ].

Todos los aditivos en agua sirven para satisfacer las necesidades de un buen medio refrigerador . Principalmente se utilizan tres tipos de refrigeración indirecta:

1. refrigeración por evaporación del agua } refrigeración automática.
2. refrigeración por termosifón } refrigeración automática.
3. refrigeración forzada.

La refrigeración por evaporación del agua no se utiliza frecuentemente, pero sobre todo para los motores estacionarios. El agua sin movimiento rodea los cilindros y el cabezal del motor calentandose hasta la temperatura de ebullición que causa la evaporación del mismo.

La disminución del agua compensada cuando es necesario y así sucede la refrigeración de este tipo. Además en ductos y depósitos de agua aparece la incrustación que disminuye la eficiencia del sistema.

La refrigeración por termosifón esta aplicada en algunos casos para los motores de poca potencia. Su funcionamiento se muestra en la fig.100.

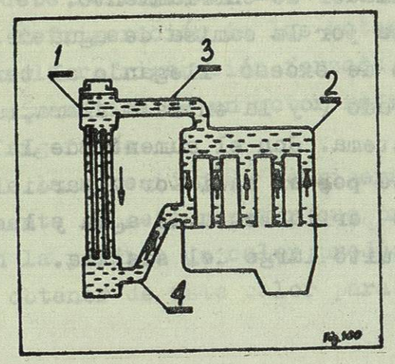


Fig.100.
Esquema de funcionamiento de la refrigeración por termosifón en motores :
1. radiador, 2. camisa de agua ( de cilindros), 3. ducto del rechazo de agua, 4. ducto de suministro de agua.

Este tipo de refrigeración consta de dos depósitos de agua que, conside--rando el dibujo, son : camisa de agua (2) y radiador(1) conectados por ductos por abajo y por arriba.
El movimiento de agua es causado por la diferencia de densidades ( pesos-especificos) de agua caliente y fría. En motores contemporaneos este sistema no funciona muy bien porque el flujo de agua no es muy rápido y la - camisa y radiador construidos adecuadamente, aumentarían mucho el tamaño-del motor y su peso. Por ello se utiliza solo en motores pequeños.
La refrigeración forzada es ahora comunmente aplicada en motores de combustión interna de cualquier tipo. La constitución es muy semejante a la-idea anterior solamente que en el circuito del refrigerador se encuentra una-bomba que mueve el flujo de agua o un medio refrigerante. Su funcionamiento se muestra en la fig. 101.

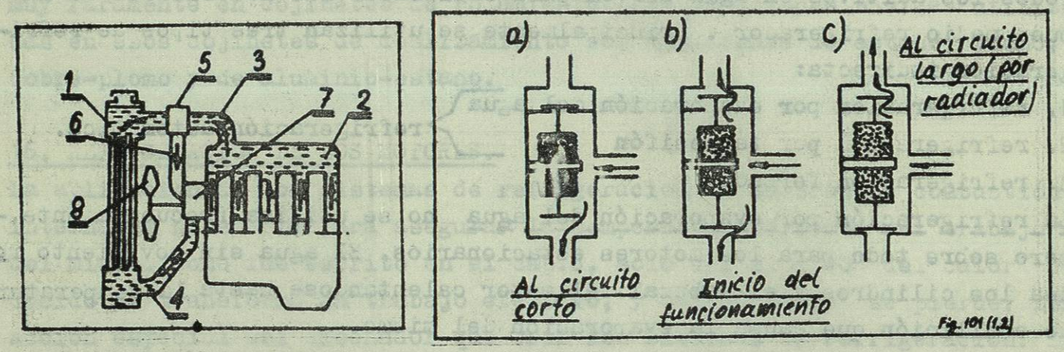


Fig.101. Esquema de funcionamiento de la refrigeración forzada y del - termostato en su circuito:
1. radiador, 2. camisa de agua( de cilindros), 3. ducto del exceso , 4. ducto de suministro, 5. termostato, 6. ducto de recirculación, 7. bomba de agua, 8. ventilador de enfriamiento.

El flujo de agua accionado por bomba pasa por la camisa de agua de los cilindros calentandose y sale por el ducto de exceso llegando al termostato. Inicialmente el termostato esta cerrado ( y la entrada al radiador) y el agua gira en el circuito corto del sistema. Con el aumento de la temperatura, primero el agua pasa parcialmente por el radiador y parcialmente-por el circuito corto accionado y movido por la bomba de agua y luego solo por el radiador, es decir por el circuito largo del sistema.



El ventilador mejora el proceso de refrigeración aumentando la velocidad-del flujo de aire. El movimiento de agua esta forzado por una bomba accionada por el cigüeñal del motor ( que acciona también muy frecuentemente - el ventilador.)

## 16.2. REFRIGERACION DIRECTA.

La refrigeración directa de motores es prácticamente el proceso de enfriamiento por el flujo de aire. Para aumentar la superficie de conducción de calor, las paredes de los cilindros se construyen con aletas que facilmente se pueden observar en motores de motocicletas.
Las temperaturas de motores refrigerados por aire son mucho mayores ( de-470° a 520°K, es decir, de 200° a 250° C) que los refrigerados por agua ( menos de 370°K, es decir, de 100°C). En este caso también se pueden distinguir dos tipos de refrigeración:
1. refrigeración automática,
2. refrigeración forzada.
La refrigeración automática directa sucede durante el movimiento del vehículo, por aparición del flujo de aire. Este tipo de refrigeración se aplica sobre todo en motocicletas con motores de 2 o 4 tiempos.
La refrigeración forzada directa se realiza por aplicación de un soplador (máquina soplante) el cual excita el flujo de aire independiente del movimiento del vehículo. El soplador es accionado por el motor y el flujo de-aire es dirigido por las cubiertas formadas adecuadamente a las aletas de cilindros u otras partes del motor. A veces para dirigir correctamente el flujo de aire se construye también unos ductos como tuberias hechas de láminas de acero o materiales artificiales ( plasticos, goma,hule etc.) para que los flujos de aire penetren correctamente a las regiones o partes que se debe refrigerar. En conclusión se debe decir que el método más usual para refrigeración de los motores de combustión interna de cualquier - tipo, es la refrigeración forzada indirecta. En la fig. 102 se muestra la vista esquemática de un motor refrigerado por el flujo reforzado de un medio refrigerante.
Fuera de la necesidad de refrigeración para que los motores trabajen correctamente se debe repetir que prácticamente la refrigeración significa también la pérdida de calor producido por la energía que se podría obtener de este calor para aprovecharla en el trabajo.

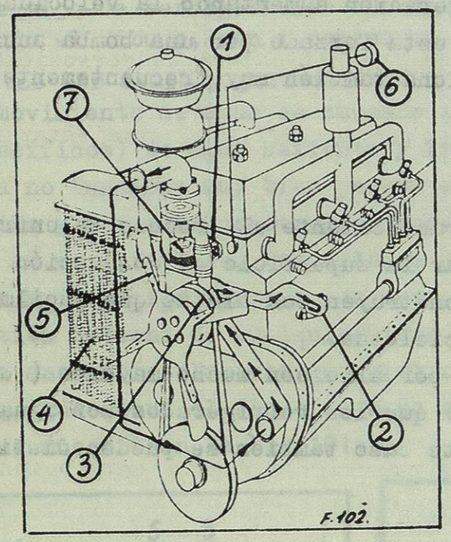


Fig.102.
Vista esquemática de un motor de 4 tiempos con 4 cilindros refrigerado por agua (o un líquido refrigerante) de flujo forzado:

1. ducto de rechazo de agua caliente,
2. ducto de suministro de agua enfriada,
3. bomba de agua,
4. radiador típico,
5. ventilador accionado por cigüeñal,
6. indicador de la temperatura,
7. termostato.

## 17. LUBRICACION DE LOS MOTORES.

La lubricación de los elementos-colaboradores en los motores de combustión interna es muy necesaria para disminuir las pérdidas de energia causadas por fricción. Además el agarrotamiento de los elementos mencionados podrí a parar y destruir un mecanismo o el motor.
Principalmente cada lubricación en los motores, cumple también otras funciones que son :

1. capacidad de limpiar de residuos al motor ( por uso de filtros),
2. características de no formación de espuma,
3. capacidad de dispersión para disolver y transportar partículas extrañas en el aceite,
4. alta seguridad de ser no tóxicos, no inflamables o explosivos,
5. impiden formar depósitos al unirse con el aire, agua, combustible o los



productos de la combustión.
6. protección anticorrosiva ( o disminución significativa de corrosión),
7. refrigeración inferior del motor,
8. proporcionan un bajo punto de fluidez (ver cap.9.2.1.), para estar fluido en bajas temepraturas,
9. una viscosidad conveniente ( vease cap.9.2.1 ),
10. amortiguamiento de las cargas dinámicas,
11. posibilidad de introducción de los aditivos que facilitarán el proceso de rodaje de todos los elementos,
12. alta resistencia de película de aceite para evitar la fricción seca a cargas pesadas y disminuir el desgaste,
13. el costo de aceite debe ser bajo.

Normalmente los lubricantes se encuentran en dos estados de agregación esto es :

1. en el estado quasisolido ( engrasado); son grasas
2. en el estado líquido; son aceites.

La diferencia principal entre grasas y aceites es que las primeras tienen su punto de fluidez relativamente alto ( se logra por aditivos especiales) comparando con los aceites cuyo estado es líquido.
Generalmente se distinguen tres tipos de lubricantes :

1. lubricantes minerales,
2. lubricantes animales ( manteca, aceites de pescados etc)
3. lubricantes vegetales ( aceite de ricino, de girasol, etc.)

Los lubricantes minerales gradualmente desplazaron a los aceites animales y vegetales en la lubricación de piezas mecánicas. Ahora se aplican prácticamente solo lubricantes minerales a cualquier tipo de lubricacíon en máquinaria. Se obtienen a través de varios procesos petroquímicos del petroleo crudo.
En los motores hay 3 sistemas generales de lubricación :

1. lubricación a presión total
2. lubricación por salpicadura
3. lubricación por salpicadura modificada.

Los motores grandes y pucros del tipo automotriz, emplean el sistema de presión total para así facilitar el enfriamiento de los cojínetes. El primer sistema suministra un flujo contínuo de aceite que ayuda a mantener al cojínete a temperatura relativamente baja. El funcionamiento de todos los sistemas de lubricación mencionados anteriormente se muestran en la fig.103.