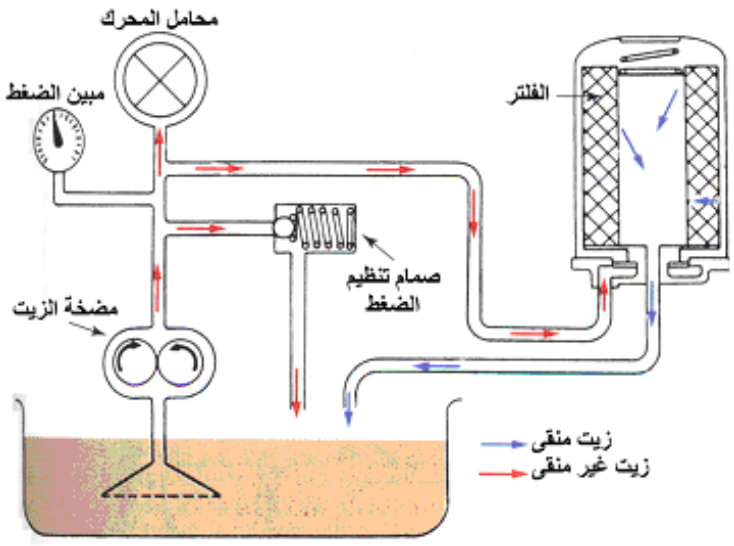


شكل ٤- ٢٤: نظام التنقية ذو السريان التحويلي

٢- نظام التبريد: Cooling System

تصل درجة حرارة الغاز داخل أسطوانات المحرك أثناء الاحتراق إلى حوالي ٢٥٠٠ درجة مئوية، وهي حرارة شديدة تكفي لصهر المعادن. وإذا لم يكن هناك وسيلة لتبريد المحرك فإنالمحرك يتعرض لحرارة عالية (overheating) تؤدي إلى انهياره.

من المعروف أن حوالي من ٢٥٪ إلى ٣٥٪ فقط من حرارة الاحتراق هو ما يستفاد به كشغل ميكانيكي، في حين أن جزءاً من الحرارة يخرج مع العادم، والجزء المتبقي يتسرب إلى أجزاء المحرك كالأسطوانات والمكابس والصمامات، وهكذا. في حالة عدم تبريد المحرك، ترتفع درجة حرارة هذه الأجزاء عن القدر المحتمل مما قد يؤدي إلى تغيير خواص معادنها وقدرتها على تحمل الإجهادات، كما يترتب على ارتفاع الحرارة احتراق أغشية الزيت الموجودة بين الأجزاء المتحركة مما قد يؤدي إلى انهيار المحرك بأكمله. وعلى هذا كان من الضروري استخدام نظام للتبريد بالمحركات ليمتص ما نسبته من ٢٠ إلى ٣٠ ٪ من حرارة الغاز.

وبالرغم من أن التخلص من جزء من الحرارة العالية أمر ضروري، إلا أن المحرك يجب أن يحتفظ بجزء من الحرارة تكون ضرورية لتشغيله. فالتبريد الزائد (overcooling) يسبب هبوطاً في قدرة المحرك، كذلك تهبط كفاءة التزييت نظراً لزيادة سمك الزيت وثقله عند البرودة، وأيضاً يتكثف جزء من مخلوط الوقود مما قد يؤدي إلى غسل غشاء الزيت الموجود على جدران الأسطوانة ويترتب على ذلك زيادة التآكل. فعلى سبيل المثال، سوف لا تتمدد بالحرارة المكابس المصنعة من الألمنيوم في المحرك البارد، مما يسبب وجود خلوص أكبر من اللازم بين المكابس وجدران الأسطوانات. كما أن خليط الوقود بالمحرك البارد سوف لا يتبخر ويحترق بفعالية مما يؤدي إلى استهلاك عالٍ للوقود.

٢- ١ وظائف نظام التبريد:

يمكن تلخيص الوظائف الرئيسة لنظام التبريد كما يلي:

١- التخلص من الحرارة الزائدة بالمحرك

٢- الاحتفاظ بدرجة حرارة المحرك ثابتة تحت جميع ظروف التشغيل

٣- سرعة وصول المحرك إلى درجة حرارة التشغيل عند بدء الإدارة على البارد

٤- المساعدة في تدفئة السيارة في الأجواء الباردة

٢- ٢ أنواع نظم التبريد:

في محركات السيارات هناك نوعان رئيسان لنظم التبريد:

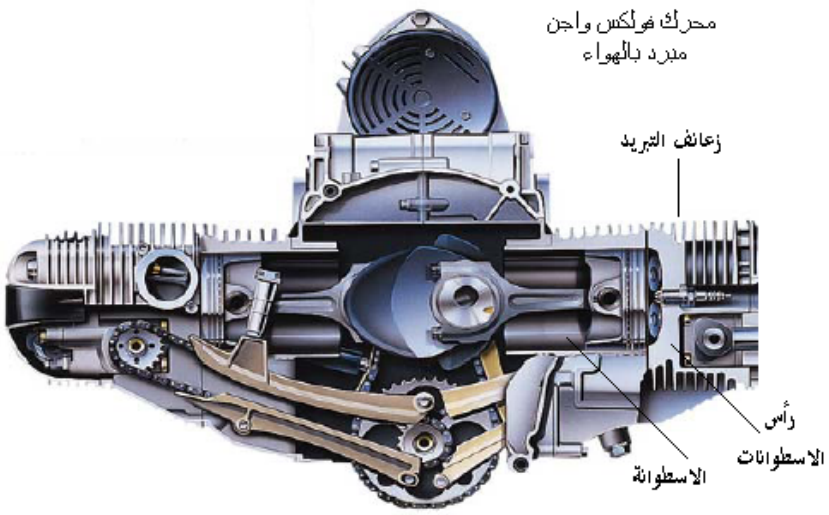
١- نظام التبريد بالهواء (يستخدم الهواء كوسيط للتبريد)

٢- نظام التبريد بالماء (يستخدم الماء والهواء كوسائط للتبريد)

٢- ٢- ١ نظام التبريد بالهواء: Air Cooling System

تجهز أسطوانات المحرك المبرد بالهواء بزعانف (يطلق عليها زعانف التبريد) لزيادة المساحة السطحية لأجزاء المحرك وبالتالي تعريض مزيداً من الأسطح للهواء الجوي ومن ثم إزالة الحرارة الزائدة من الأسطوانات. يخصص للمنطقة القريبة من غرف الاحتراق الزعانف الأكبر حجماً عن أي منطقة أخرى لأن هذه المنطقة تتطلب تبريداً أكثر. وتستخدم معظم محركات السيارات نظام التبريد المائي، إلا أن المحركات المبردة بالهواء تستخدم في بعض أنواع السيارات، والدراجات النارية، والطائرات، وماكينات

تسوية الحشائش (الجزارات)، والمحركات الثابتة. شكل ٤- ٢٥ يبين مثالاً لمحرك فولكس واجن أفقي ذي أسطوانات متقابلة مبرد بالهواء.



شكل ٤- ٢٥: مثال لمحرك مبرد بالهواء

تستخدم مروحة تبريد مدارة بالمحرك لتوفير الهواء اللازم للتبريد، ويمكن أن يتم التحكم فيها بواسطة حساس حرارة. يتم توجيه الهواء حول المحرك إلى الزعانف في مسار محدد وسرعة معينة بواسطة استخدام موجهات هواء وواقيات معدنية، وحواجز. وهذا يؤدي إلى الحفاظ على درجات حرارة منتظمة للمحرك عند جميع ظروف التشغيل مع تغير الأحمال والسرعة.

وتستخدم بعض المحركات الصغيرة المبردة بالهواء مروحة مدمجة مع حدافة المحرك. وهذه المروحة تعمل دائماً بنفس سرعة دوران الحدافة، فلا يمكن زيادة سرعتها عند الحاجة إلى وجود سريان إضافي من هواء التبريد مع ارتفاع حرارة المحرك، ولا يمكن أيضاً تقليل سرعتها أو فصلها عندما يبرد المحرك.

بعض المحركات الأخرى المبردة بالهواء تحافظ على حرارة المحرك عند ظروف تشغيل مختلفة باستخدام مروحة متغيرة السرعة، كما هو مبين بشكل ٤- ٢٦. يقوم صمام تحكم يتم تشغيله بواسطة ضغط زيت المحرك بالتحكم في المروحة. تستخدم هذه النوعية من المحركات حساس حرارة يركب أحياناً في مجمع العادم؛ لتسجيل بيانات عن درجات حرارة المحرك، ومع زيادة الحمل تزداد درجات الحرارة نتيجة

لزيادة كمية الوقود المحترقة، فيقوم حساس الحرارة بإرسال إشارة لصمام التحكم لزيادة سرعة المروحة ويحدث العكس مع انخفاض الحمل.

ولا يتم التحكم في حرارة المحرك بدقة بالمحركات المبردة بالهواء، ولكن تلك المحركات لا تستخدم مضخة مياه ولا مشع (راديياتير) وبالتالي تمتاز تلك النوعية من المحركات بقلة حاجتها للصيانة.

شكل ٤- ٢٦: مروحة تبريد متغيرة السرعة لمحرك تبريد هواء

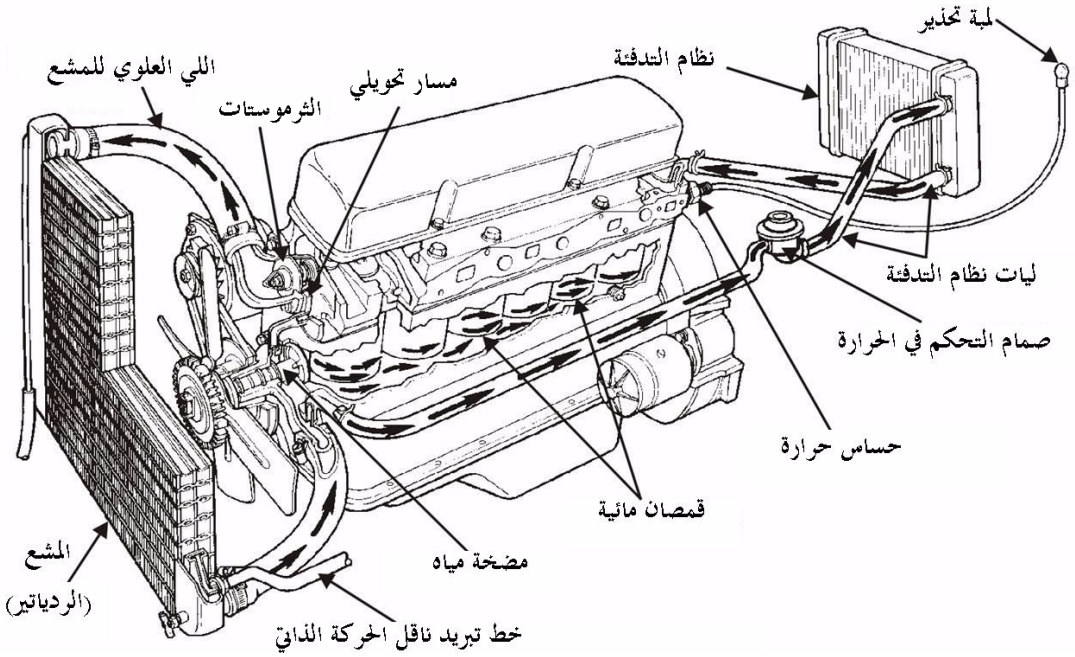
٢- ٢- ٢ نظام التبريد بالماء: Water Cooling System

يستخدم نظام التبريد بالماء سائلاً للتبريد يتكون من الماء ومحلول مانع تجمد (جليكول الإيثيلين). ويقوم النظام بتدوير سائل للتبريد داخل مجارٍ مائية حول أسطوانات المحرك وفي رأس الأسطوانات (قمصان التبريد)، فتنتقل الحرارة الزائدة من الأسطوانات إلى السائل. يمر السائل عندئذ حاملاً الحرارة إلى المشع (الراديياتير) الذي يقوم بالتخلص من الحرارة بسائل التبريد إلى الهواء الجوي. وبعد تبريد السائل في المشع يعود السائل للدخول إلى قمصان التبريد وتستمر دورته وهكذا.

أجزاء نظام التبريد بالماء ونظرية عمله:

يتكون نظام التبريد من الأجزاء الرئيسة التالية، انظر شكل ٤- ٢٧:

١- سائل التبريد
٢- القمصان المائية
٣- مضخة المياه
٤- المشع
٥- مروحة التبريد
٦- المنظم الحراري (الثرموستات)
٧- مبرد نظام ناقل الحركة الذاتي (في السيارات التي تستخدم ناقل حركة ذاتي)
٨- نظام التدفئة
٩- ليات المشع
١٠- خزان الفائض (القربة)
١١- مبين درجة حرارة السائل



شكل ٤- ٢٧: أجزاء نظام التبريد

نظرية عمل النظام:

عند بدء إدارة المحرك تبدأ المضخة بتدوير سائل التبريد الذي يمر بكتلة أسطوانات المحرك من الأمام للخلف، حيث يدور حول الأسطوانات. يمر السائل بعد ذلك للأعلى إلى راس الأسطوانات خلال مجاري التبريد بالرأس، ومن هناك يتحرك للأمام في اتجاه مقدمة رأس الأسطوانات. تسمح مجاري التبريد برأس الأسطوانات بتبريد المناطق المعرضة للحرارة العالية مثل: منطقة شمعة الاشتعال، ومنطقة صمامات العادم.

قبل خروج سائل التبريد من رأس الأسطوانات يمر عبر المنظم الحراري (الثرموستات) الذي يكون مغلقاً في حالة أن درجة حرارة السائل ما زالت منخفضة، فيعود السائل إلى المضخة عبر مسار تحويلي ومنها يعاد تدويره إلى قمصان التبريد بالمحرك مرة أخرى. مع تسخين سائل التبريد ووصوله لدرجة الحرارة المحددة لتشغيل المحرك يفتح الثرموستات تدريجياً فيسمح لسائل التبريد الساخن بالمرور من رأس الأسطوانات إلى المشع، وبهذه الطريقة يتم الحفاظ على درجة حرارة تشغيل ثابتة للمحرك. تتراوح درجة حرارة التشغيل الأكثر كفاءة في محركات السيارات الحديثة ما بين ٩٠ إلى ١٠٤ درجة مئوية.

يمر السائل بالمشع عبر ممرات داخلية عبارة عن أنابيب وزعانف تبريد تسمى قلب المشع، ويبرد السائل بواسطة الهواء الذي تسحبه مروحة التبريد وتمرره خلال المشع. يعود السائل المبرد بعد ذلك إلى مخرج المشع ومنه إلى مضخة المياه ويستمر تدويره بالنظام مرة أخرى.

٢- ٢- ٢- ١ سائل التبريد: Coolant

السائل المستخدم في نظم تبريد المحركات بالماء يتكون من ماء وسائل مانع تجمد (Ethylene Glycol) بنسبة ٥٠٪ إلى ٥٠٪ لتحسين خصائص الماء المطلوبة في عملية التبريد، ويستخدم الماء كسائل للتبريد في المحركات للاعتبارات التالية:

١- توفر الماء ورخص تكلفته
٢- سهولة انسيابه وامتصاصه للحرارة (موصل جيد للحرارة)
٣- أمان التعامل معه

ولكن عيوب الماء التي أدت إلى استخدام سائل مانع التجمد معه في نظام التبريد هي كما يلي:

١- انخفاض درجة غليانه نسبياً وتبخره بسهولة (يغلي الماء عند درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية)
٢- تجمد الماء عند درجة حرارة مرتفعة نسبياً (عند صفر درجة مئوية)
٣- يؤدي إلى الصدأ وتكون رواسب بالمنظومة

ويؤدي خلط الماء مع سائل مانع التجمد إلى:
١- تخفيض درجة حرارة تجمد الماء (يتجمد سائل التبريد عند - ٣٧ درجة مئوية)
٢- رفع درجة حرارة الغليان (درجة حرارة غليان السائل عند خلط الماء مع مانع التجمد بنسبة ٥٠٪ تصل إلى حوالي ١٠٧ درجة مئوية)
٣- يحتوي محلول مانع التجمد على مواد مقاومة للصدأ ومنع تكون الرواسب داخل قمصان التبريد بالمحرك والتي من شأنها إعاقة حركة السائل، وبالتالي التأثير على أداء المحرك.

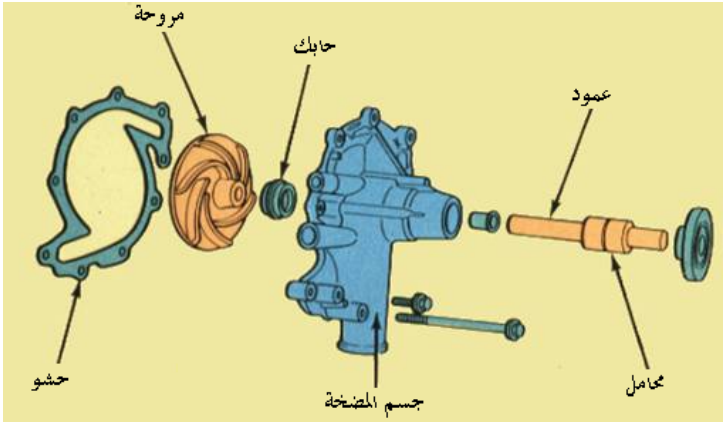
٢- ٢- ٢- ٢ القمصان المائية: Water Jackets

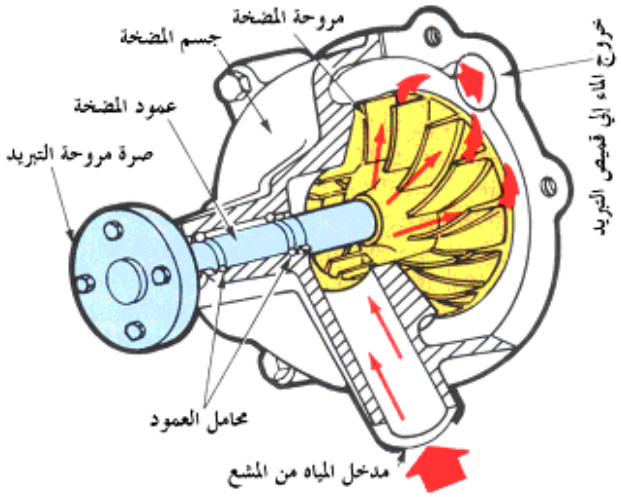
القمصان المائية عبارة عن تجاويف وممرات لسائل التبريد داخل كتلة أسطوانات المحرك ورأس الأسطوانات تحيط بأكثر الأماكن المعرضة للحرارة ويمر بها سائل التبريد لامتصاص الحرارة من الأجزاء الساخنة.

٢- ٢- ٢- ٣ مضخة المياه: Water Pump

وظيفة مضخة المياه هي تدوير ودفع المياه عبر نظام التبريد، وتركب المضخة عند مقدمة المحرك. وتدار، في معظم السيارات، بواسطة سير متصل بعمود المرفق، شكل ٤- ٢٨. فمع دوران عمود المرفق، يدير سير المروحة المضخة التي تدفع سائل التبريد وتسبب دورانه داخل القمصان المائية في جسم المحرك، ورأس الأسطوانات، ومجمع السحب، والليات، والمشع. تتكون مضخة المياه من الأجزاء الرئيسة التالية:
١- مروحة المضخة (قرص مركب عليه مجموعة ريش مع دورانه يتم ضغط الماء وإحداث السريان)
٢- عمود المضخة (عمود من الصلب ينقل عزم الدوران من الصرة إلى المروحة)
٣- حابك مضخة المياه (يمنع تسرب سائل التبريد بين عمود المضخة والجسم)
٤- محمل مضخة المياه (يسمح لعمود المضخة بالدوران بحرية داخل الجسم)
٥- صرة المضخة (تزود المضخة بوسيلة لتركيب بكرة سير المضخة ومروحة التبريد)
٦- جسم مضخة المياه (حديد أو ألمنيوم مسبوك يشكل الجسم الرئيس للمضخة)

تركب مضخة الماء عادة في مقدمة المحرك، وفي بعض المحركات المركبة بالعرض، تركب المضخة في جانب المحرك وتمتد في اتجاه مقدمته. يركب مانع تسرب (حشو أو جوان) بين المضخة وجسم المحرك لمنع تسرب سائل التبريد.





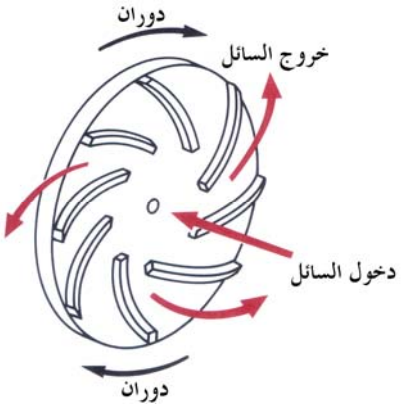
أ- قطاع في مضخة مياه بسيطة ب- أجزاء مضخة المياه مفككة

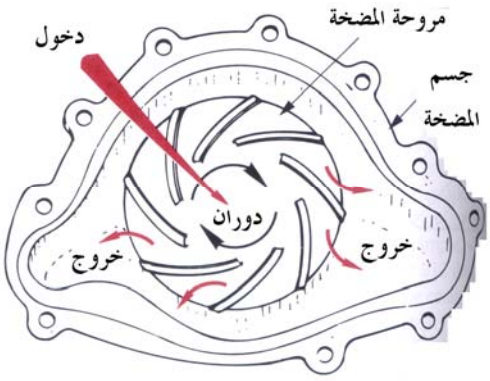
شكل ٤- ٢٨ : أجزاء مضخة المياه

طريقة عمل مضخة المياه:

تسمى مضخة المياه بمضخة الطرد المركزي، حيث تقوم قوى الطرد المركزية بضغط الماء المسحوب إلى مركز المضخة ودفعه إلى نظام التبريد، شكل ٤- ٢٩. ودوران عمود المضخة من عمود المرفق يؤدي إلى دوران ريش مروحة المضخة التي تقوم بدفع الماء إلى الخارج. هذا يؤدي إلى تولد سحب (خلخلة) في المنطقة المركزية لجسم المضخة، ويولد أيضا ضغطاً عند منطقة خروج الماء من جسم المضخة.

حيث إن فتحة الدخول إلى المضخة قريبة من المركز، فيسحب الماء من المشع من خلال لي المشع السفلي إلى المحرك. بعد ضغطه ودفعه خارج المضخة، يقوم السائل بالدوران داخل قمصان التبريد بكتلة الأسطوانات حول أسطوانات المحرك ثم إلى الأعلى إلى رأس الأسطوانات، ثم العودة إلى المشع.





شكل ٤- ٢٩ : مضخة الطرد المركزي تسحب السائل إلى مركز ريش المروحة وتقوم قوى الطرد المركزي بدفعه للخارج

٢- ٢- ٢- ٤ المشع (الراديتر): Radiator

.وظيفة المشع في نظام التبريد هي نقل الحرارة من السائل إلى الهواء الجوي، وغالباً يثبت في مقدمة السيارة أمام المحرك في مواجهة الهواء الخارجي للاستفادة من سريان الهواء خلاله في عملية التبريد أثناء تحرك السيارة بسرعة عالية.

يتكون المشع من الأجزاء الرئيسة التالية، شكل ٤- ٣٠.

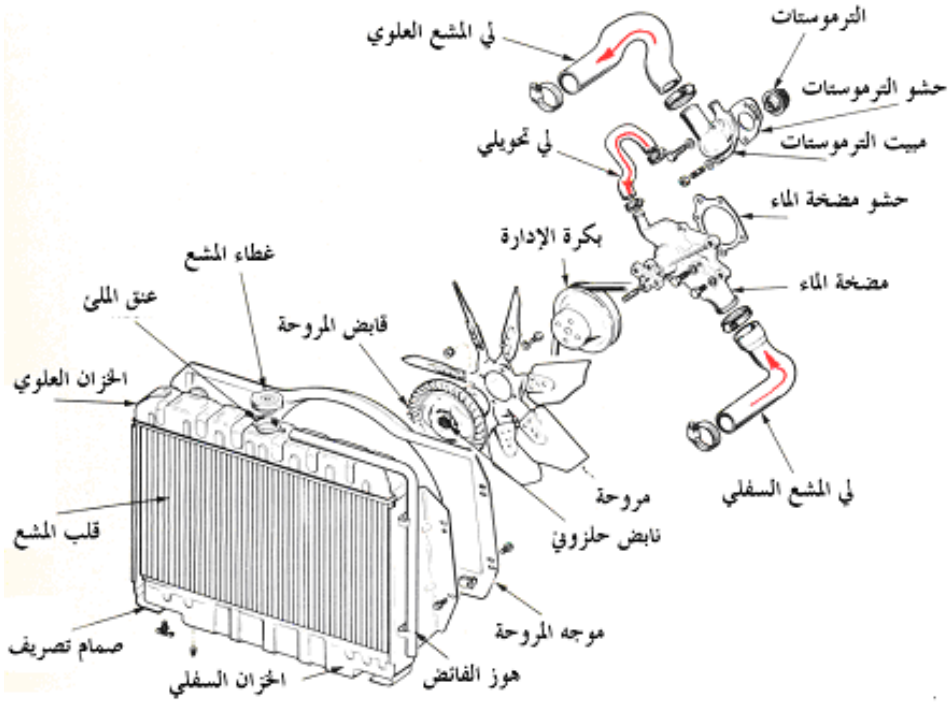
١- قلب المشع: الجزء المركزي من المشع ويتكون من مجموعة أنابيب وزعانف تبريد.

٢- خزانات: خزانات معدنية أو بلاستيكية تركب فوق قلب المشع، وتقوم بتخزين سائل التبريد وتحتوي على وصلات تثبيت الليات.

٣- عنق الملء: فتحة لتزويد النظام بالسائل ويركب عليها غطاء المشع ولي خزان الفائض.

٤- صمام تصريف: يركب تحت الخزان السفلي لتصريف سائل التبريد من المنظومة.

٥- مبرد زيت ناقل الحركة الذاتي: خزان داخلي لتبريد زيت ناقل الحركة يركب بالخزان السفلي بالسيارات المزودة بناقل حركة ذاتي.



شكل ٤- ٣٠: أجزاء المشع مع المكونات الملحقة

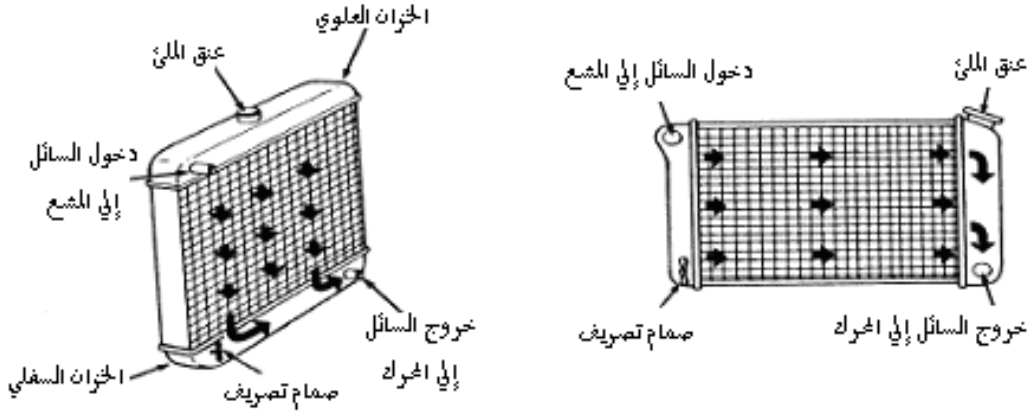
يطلق على الأنابيب والزعانف بالمشع "بقلب المشع" وهو مصنع من النحاس الأصفر أو الألمنيوم أو تركيبة من المعدنين. وتستخدم تلك المعادن بسبب سرعة نقلهما للحرارة مما يجعل المشع أكثر كفاءة في عملية التبريد. يستخدم بالسيارات مشع ذو قلب واحد، أو اثنين، أو ثلاثة، أو أربعة اعتمادا على حجم المحرك ومتطلبات التبريد. يوجد بالمشع خزان دخول وخزان خروج لسائل التبريد، ويمكن تصنيعهما من المعدن أو البلاستيك. هذه الخزانات تمتلئ بالسائل قبل الدخول إلى قلب المشع أو قبل الدخول إلى جسم المحرك، ويحتوي خزان الدخول على وصلة للسماح للسائل بالسريان من المحرك إلى المشع، وخزان الخروج على وصلة للسماح للسائل بالرجوع إلى المحرك. وتوجد فتحة عنق الملء في أحد الخزانين ويركب عليها غطاء المشع.

بالنسبة للمشع الموضح بالشكل ٤- ٣٠ فخزان الدخول هو الخزان العلوي، وخزان الخروج هو عبارة عن الخزان السفلي، وفتحة عنق الملء موجودة بالخزان العلوي.

أنواع المشع:

يوجد نوعان شائعان من المشع المستخدم مع محركات السيارات؛ المشع ذو السريان العمودي أو الرأسي والمشع ذو السريان العرضي أو الأفقي، شكل ٤- ٣١.

في السريان العمودي ينساب سائل التبريد من الأعلى إلى الأسفل، أما في السريان الأفقي، فينساب السائل من أحد جانبي المشع إلى الجانب الآخر عرضياً. يوجد المشع ذو السريان العمودي في السيارات القديمة، والمشع الأفقي أكثر استخداماً في السيارات الحديثة نظراً لانخفاض مقدمة تلك السيارات.

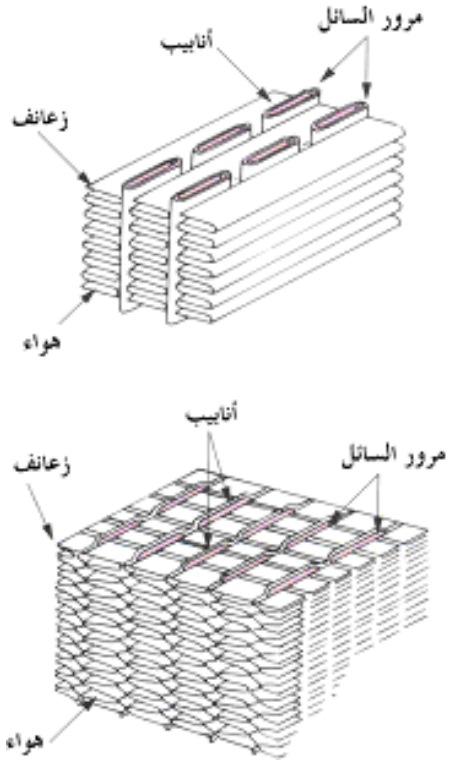


أ- المشع ذو السريان الأفقي ب- المشع ذو السريان العمودي

شكل ٤- ٣١: أنواع المشع

طريقة عمل المشع:

يقوم المشع بالسماح للهواء الخارجي بتبريد السائل الساخن الخارج من المحرك، بواسطة سريان سائل التبريد داخل الأنابيب. مع سريان السائل خلال الأنابيب واندفاع الهواء حولها، يتم انتقال الحرارة من السائل الساخن إلى الهواء. هذه العملية تسمى بالمبادلة الحرارية، وفي هذه الحالة يحدث تبادل للحرارة من السائل (سائل التبريد) إلى الهواء. شكل ٤- ٣٢ يبين مقطعاً داخلياً في مشع، لاحظ انسياب سائل التبريد في الأنابيب وانسياب الهواء خلال زعانف التبريد.

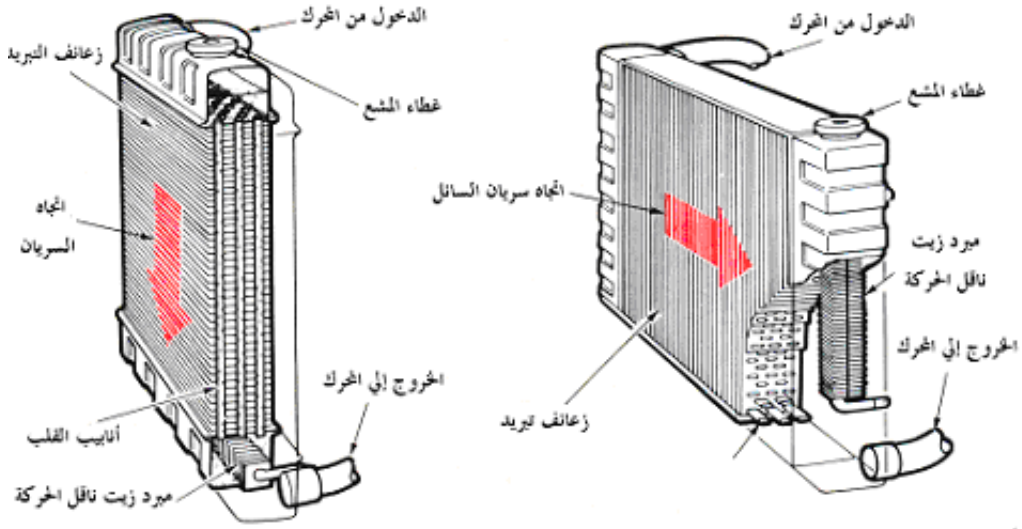


شكل ٤- ٣٢: داخل المشع يوجد أنابيب صغيرة ينساب خلالها السائل، وتساعد الزعانف على التخلص من الحرارة إلى الهواء الجوي

٢- ٢- ٢- ٥ مبرد زيت ناقل الحركة الذاتي: Transmission Oil Cooler

يركب مبرد زيت ناقل الحركة الذاتي داخل خزان الخروج بالمشع في السيارات التي تستخدم ناقل حركة ذاتي. زيادة حرارة زيت ناقل الحركة الذاتي يؤدي إلى تلف الأجزاء الداخلية لناقل الحركة، ولذلك يتم تبريد الزيت بواسطة تمريره من ناقل الحركة إلى المبرد داخل خزان الخروج بالمشع، حيث يتم تبريده بالتبادل الحراري بين الزيت وسائل التبريد، ثم يعود إلى ناقل الحركة.

في المشع ذي السريان العمودي يركب المبرد داخل الخزان السفلي (الدخول)، وفي المشع ذي السريان الأفقي يركب المبرد بالخزان الجانبي المركب به غطاء المشع (خزان خروج سائل التبريد)، شكل ٤- ٣٣.



أ- المشع ذو السريان الأفقي ب- المشع ذو السريان العمودي

شكل ٤- ٣٣: موضع مبرد زيت ناقل الحركة الذاتي

٢- ٢- ٢- ٦ غطاء المشع: Radiator Cap

يقوم غطاء المشع بأداء وظائف متعددة:

١- حبك عنق ملء المشع لمنع تسرب السائل

٢- زيادة الضغط في نظام التبريد من أجل رفع درجة حرارة غليان سائل التبريد ومنعه من التبخر

٣- تخفيف الضغط الزائد لحماية نظام التبريد من التلف

٤- السماح للسائل بالسريان من وإلى القربة

ويحتوي الغطاء على صمام ضغط وصمام خلخلة (تهوية)، انظر إلى شكل ٤- ٣٤ وشكل ٤- ٣٥. ويتكون صمام الضغط من قرص محمل بنابض يركب في عنق الملء ويقوم النابض بدفع الصمام إلى العنق لعمل الحبك المطلوب. مع زيادة الضغط تزداد درجة حرارة غليان الماء، وعادةً تزداد درجة حرارة غليان الماء بمقدار ثلاث درجات فهرنهيت (حوالي ١,٥ درجة مئوية) لكل زيادة في الضغط مقدارها واحد رطل/بوصة مربعة (حوالي ٦,٩كيلوباسكال). وضغط غطاء المشع يتراوح بين ٨٣ إلى ١١٠ كيلو باسكال وهذا يؤدي إلى زيادة نقطة الغليان إلى ما بين ١٢١ إلى ١٢٧ درجة مئوية.

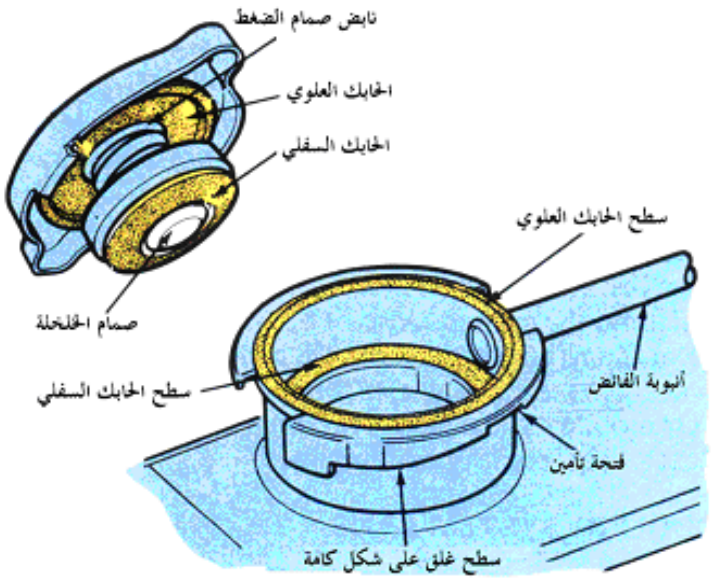
طريقة عمل الغطاء:

إذا زادت حرارة المحرك وزاد الضغط عن ضغط غطاء المشع، فإنصمام ضغط الغطاء يفتح، ويقوم الضغط الزائد بدفع السائل للخارج إلى خزان الفائض عبر أنبوبة الفائض. وهذا يمنع تأثير الضغط العالي من إحداث تلفيات بالمشع، والحشيات، والحوابك، أو الليات.

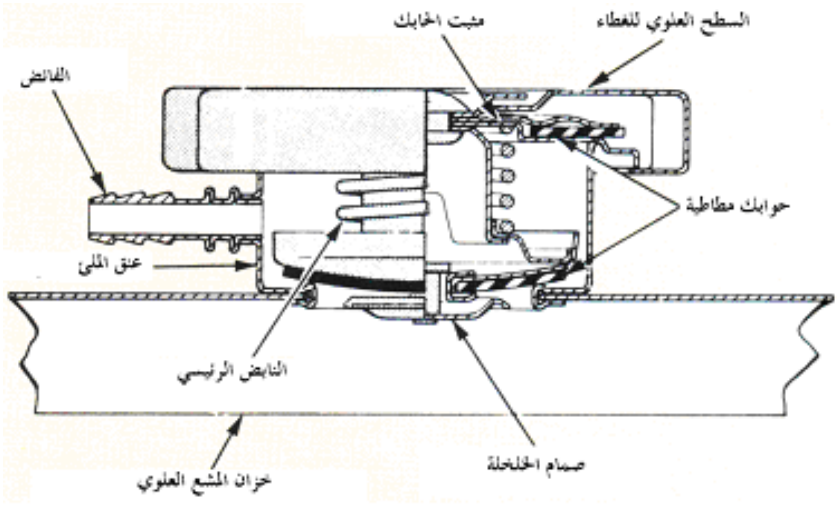
يفتح صمام الخلخلة (أو صمام التهوية) بغطاء المشع للسماح بالسريان العكسي للسائل من القربة إلى المشع عندما تنخفض درجة حرارة سائل التبريد بعد إطفاء المحرك؛ وصمام الخلخلة هو صمام صغير مركب عند المركز بالنهاية السفلى للغطاء، انظر إلى شكل ٤- ٣٥.

عند انخفاض درجة حرارة السائل يقل حجم السائل والهواء بالنظام مما يؤدي إلى تكون خلخلة، وهنا يفتح صمام الخلخلة للسماح للسائل بالرجوع من خزان الفائض (القربة) إلى المشع ما يقلل من تأثير التخلخل بالمنظومة ويكون في ذلك حماية للنظام من الانهيار تحت تأثير الضغط الجوي.

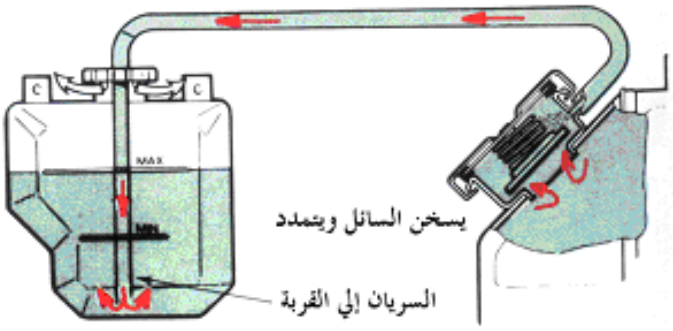
يبين شكل ٤- ٣٦ في أ و ب عمل غطاء المشع. عند سخونة المحرك، في الشكل ٤- ٣٦ أ يتمدد السائل ويفتح صمام الضغط فينساب السائل إلى القربة. وعند البرودة بعد إطفاء المحرك، كما في الشكل ٤- ٣٦ ب، يقل حجم سائل التبريد فيحدث خلخلة ويفتح صمام التخلخل، ويؤدي الضغط الجوي إلى عودة السائل من القربة إلى المشع مما يحافظ على مستوى ثابت لسائل التبريد بالمنظومة ويعوض كمية التسرب البسيطة التي قد تحدث بالمنظومة.



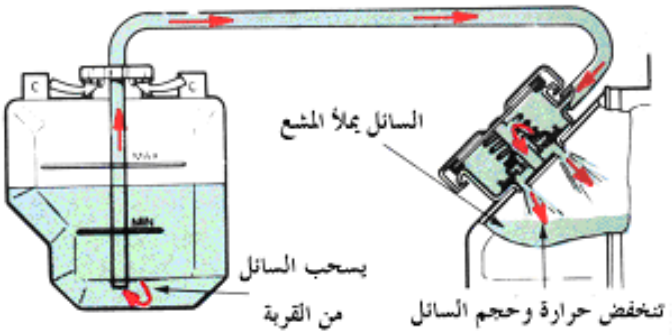
شكل ٤- ٣٤: أجزاء غطاء المشع – يركب الغطاء على فتحة عنق الملء بالمشع



شكل ٤- ٣٥: مقطع يبين كيفية تركيب وحبك الغطاء على عنق ملء المشع



أ- أثناء سخونة المحرك



ب- عند برودة السائل بعد إطفاء المحرك

شكل ٤- ٣٦: عمل غطاء المشع

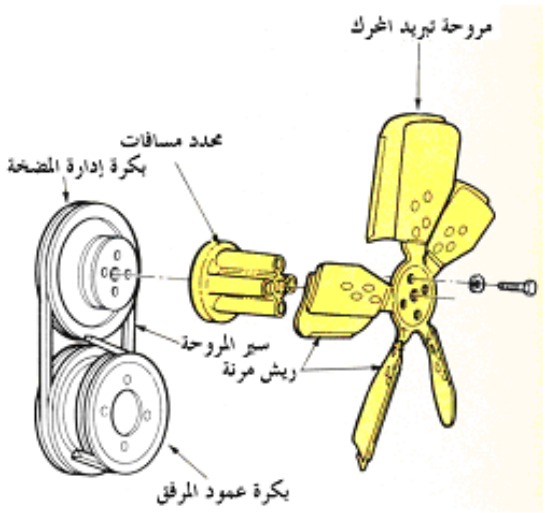
٢- ٢- ٧ مروحة التبريد: Cooling Fan

تقوم مروحة التبريد بسحب الهواء وتوزيعه خلال قلب المشع و المحرك للتخلص من الحرارة، وهي تدار بواسطة سير المروحة أو بواسطة محرك كهربائي. تعمل المروحة على زيادة حجم الهواء المنساب إلى المشع وخصوصاً عندما تكون السيارة متوقفة.

المروحة المدارة بواسطة المحرك:

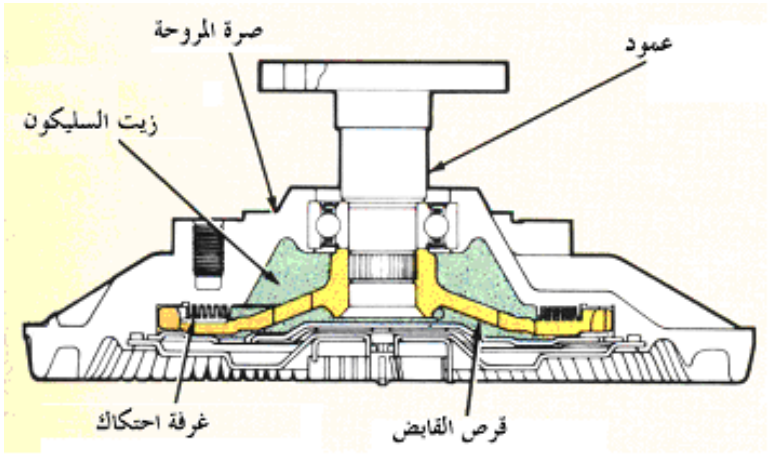
تثبت المروحة المدارة بواسطة المحرك بصرة وبكرة إدارة مضخة المياه، شكل ٤- ٣٧، وأحيانا يستخدم محدد مسافات يركب بين المروحة وبكرة الإدارة لتحريك المروحة وتقريبها من المشع.

تحتوي المروحة المرنة على ريش رفيعة مرنة تعمل على تغير سريان الهواء مع تغير سرعة المحرك، وعند السرعات المنخفضة تحافظ ريش المروحة على انحنائها، وتقوم بسحب الهواء خلال المشع. أما عند السرعات العالية فتتمدد الريش إلى أن تصبح مستقيمة تقريباً وهذا يقلل فعل المروحة ويوفر من طاقة المحرك، شكل ٤- ٣٧.



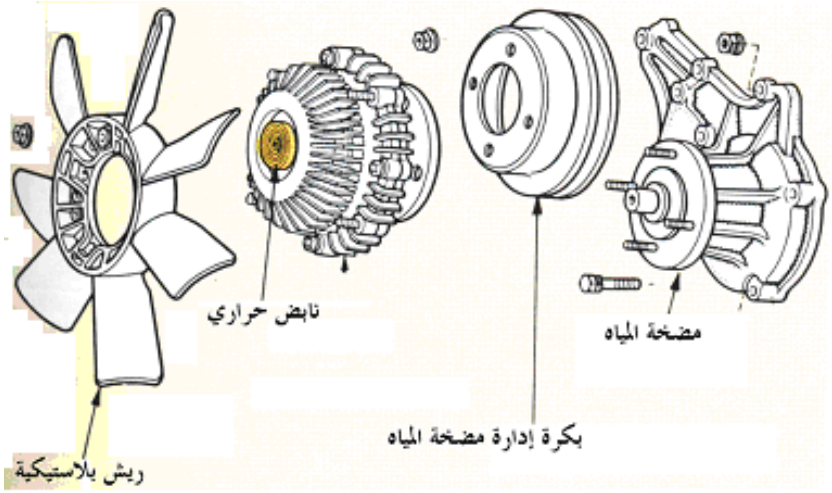
شكل ٤- ٣٧: مروحة تبريد من النوع المرن. السرعة العالية تسبب انفراد الريش مما يقلل فعل سحب الهواء

تحتوي بعض أنواع مراوح التبريد على قابض هيدروليكي مصمم بحيث ينزلق عند السرعات العالية ويقوم بعمل نفس وظيفة الريش المرنة، والقابض ممتلئ بسائل عبارة عن زيت السيليكون، شكل ٤- ٣٨، وعند سرعات محددة للمروحة يكون الحمل على المروحة كافياً لإحداث انزلاق بالقابض.



شكل ٤- ٣٨: قابض المروحة الهيدروليكي

يستخدم قابض حراري مع بعض أنواع مراوح التبريد يحتوي على نابض حساس للحرارة مصنوع من معدن مزدوج للتحكم في عمل المروحة، شكل ٤- ٣٩. يتحكم النابض في سريان الزيت بقابض المروحة، فعند البرودة يتسبب النابض في انزلاق القابض فلا تدور المروحة مما يؤدي إلى تسارع عملية بدء إدارة المحرك، و بعد الوصول إلى حرارة التشغيل يعشق النابض القابض فتقوم المروحة بأداء عملها.

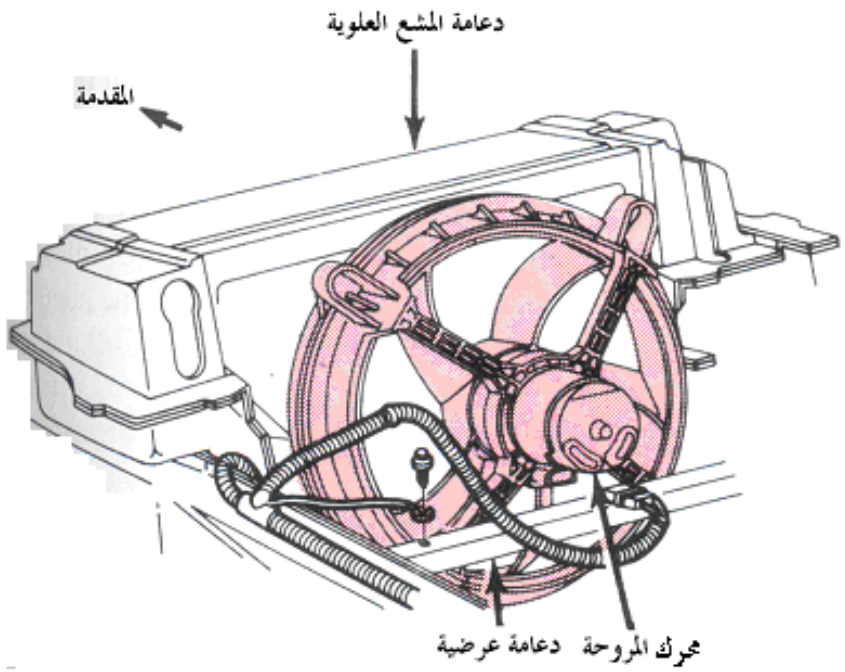


شكل ٤- ٣٩: قابض المروحة الحراري

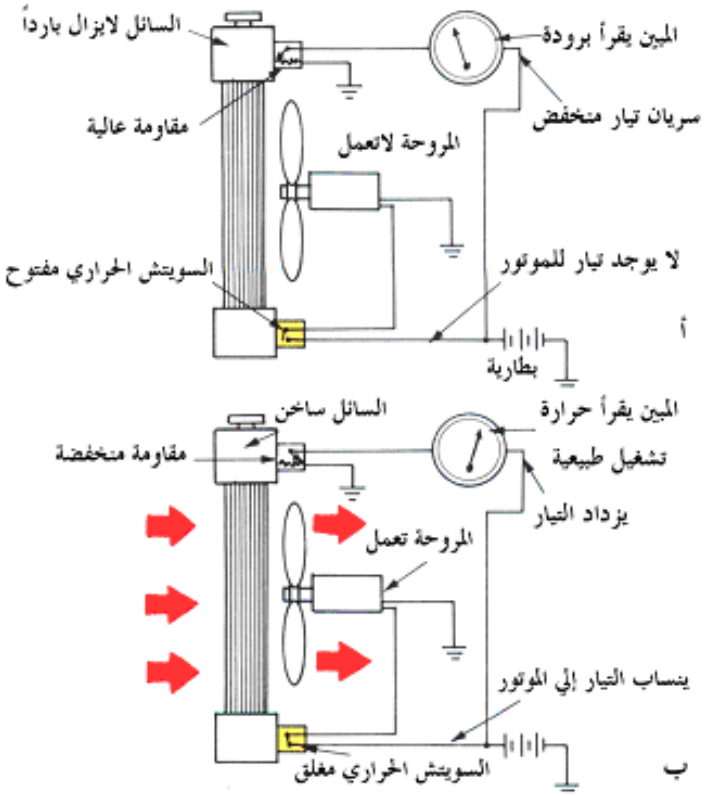
المروحة المدارة بواسطة محرك كهربائي:

تستخدم المروحة المدارة بواسطة محرك كهربائي مفتاحاً حرارياً ومحركاً كهربائياً للتحكم في عمل المروحة، شكل ٤- ٤٠، وتستمد الطاقة اللازمة من البطارية أو المولد. وتتطلب السيارات ذات الدفع الأمامي، والتي يكون المحرك بها مركباً بالعرض مروحة تدار بالكهرباء. ومضخة المياه عادة تكون مركبة بعيداً عن المشع.

المحرك الكهربائي عبارة عن محرك صغير ذي تيار مستمر مركب بواسطة لوح تثبيت على المشع. وتستخدم ريش مروحة معدنية أو بلاستيكية تثبت عند نهاية عمود المحرك. ومفتاح المروحة (أو المفتاح الحراري) هو مفتاح حساس للحرارة، يتحكم في عمل محرك المروحة، فعند برودة المحرك يفتح المفتاح فلا تدور المروحة وبذلك يتسارع بدء إدارة المحرك. وبعد سخونة المحرك يغلق المفتاح فتعمل المروحة وتزود المحرك بالتبريد، شكل ٤- ٤١.



شكل ٤- ٤٠: مروحة مدارة بواسطة محرك كهربائي



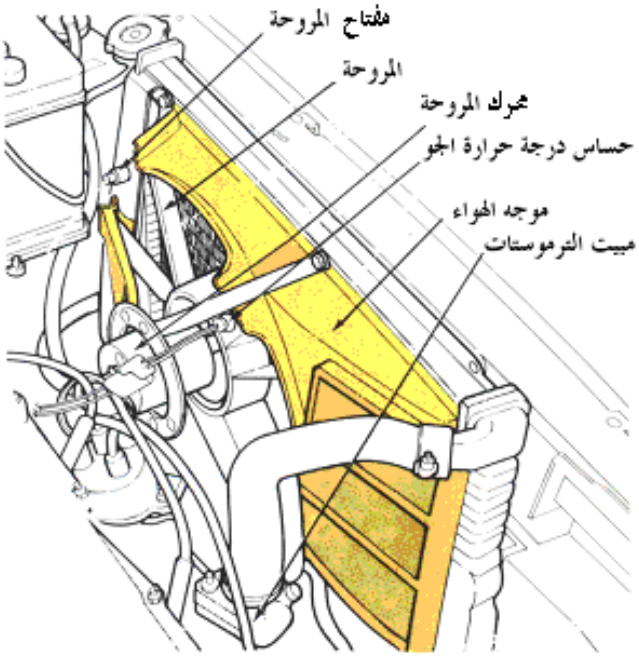
شكل ٤- ٤١: عمل المروحة المدارة بواسطة محرك كهربائي

أ- المحرك بارد- المفتاح الحراري مفتوح فيمنع عمل المروحة الكهربائية

ب- المحرك عند درجة حرارة التشغيل الكاملة- يغلق المفتاح الحراري فيسري التيار إلى محرك المروحة

٢- ٢- ٢- ٨ موجه الهواء بالمشع: Radiator Shroud

يصنع موجه الهواء بالمشع من البلاستيك أو الصاج، ويركب خلف المشع ويحيط بالمروحة. ويعمل الموجه على الحفاظ على عدم دوران الهواء بين خلف المشع ومقدمة المروحة؛ ونتيجة لذلك تنساب كمية كبيرة جداً من الهواء خلال المشع، شكل ٤- ٤٢.



شكل ٤- ٤٢: موجه الهواء بالمشع

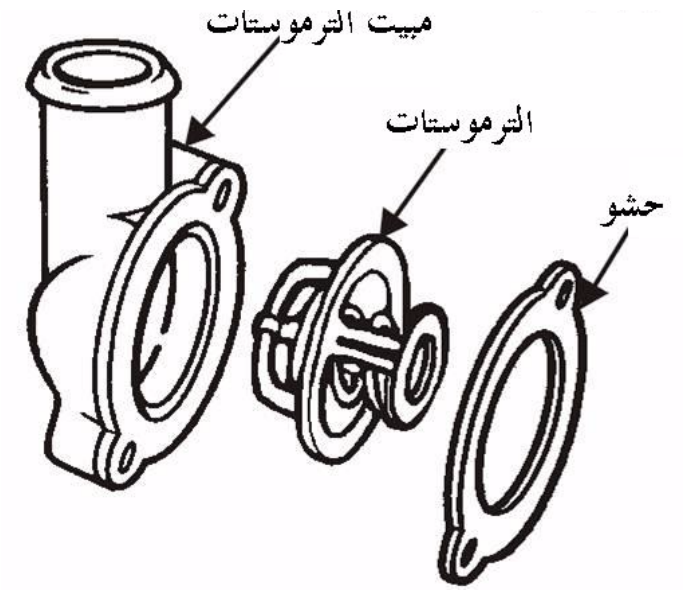
٢- ٢- ٢- ٩ المنظم الحراري (الثرموستات): Thermostat

الوظيفة الرئيسة للثرموستات في نظام التبريد هي: تنظيم درجة حرارة تشغيل المحرك. ويتحكم الثرموستات في درجات حرارة المحرك بواسطة توجيه مسار سائل التبريد إما إلى المشع أو إلى مسار تحويلي أو كليهما معاً.

والثرموستات أيضاً يقوم بالتحكم في سرعة سريان السائل داخل المحرك. فهو يقلل من سرعة سريان السائل خلال المحرك حتى عندما يكون في وضع الفتح. وإذا لم يقلل الثرموستات من سرعة سريان السائل، فسوف لا يستطيع السائل امتصاص الحرارة من الأسطوانات؛ نظراً لسرعة سريانه العالية ولعدم وجود الوقت الكافي لذلك، مما يسبب سخونة زائدة للمحرك وما يتبعها من مشاكل في أداء المحرك.

الوظيفة الثالثة للثرموستات هي منع تكون رواسب بعلبة المرفق من خلال عمله على تسارع تسخين المحرك منذ بدء الإدارة. فعند بدء الإدارة يكون المحرك بارداً، فيغلق الثرموستات مسار السائل إلى المشع، ويجبر سائل التبريد على المرور في مسار تحويلي والعودة إلى المحرك مرة أخرى حتى يسخن المحرك فيبدأ الثرموستات عندئذ في الفتح ليمر السائل إلى المشع. والتسخين البطيء للمحرك البارد يؤدي إلى حدوث تكثف بكميات كبيرة قد تجد طريقها إلى علبة المرفق مما يؤدي إلى تكون الرواسب الطينية بحوض الزيت.

يركب الثرموستات في مقدمة المحرك عند أو بالقرب من أعلى رأس الأسطوانات، حيث يثبت داخل مبيت الثرموستات بحيث يكون معرضاً لسائل التبريد الساخن. ويحتوي مبيت الثرموستات أيضاً على وصلة لتركيب لي المشع العلوي، شكل ٤- ٤٣.

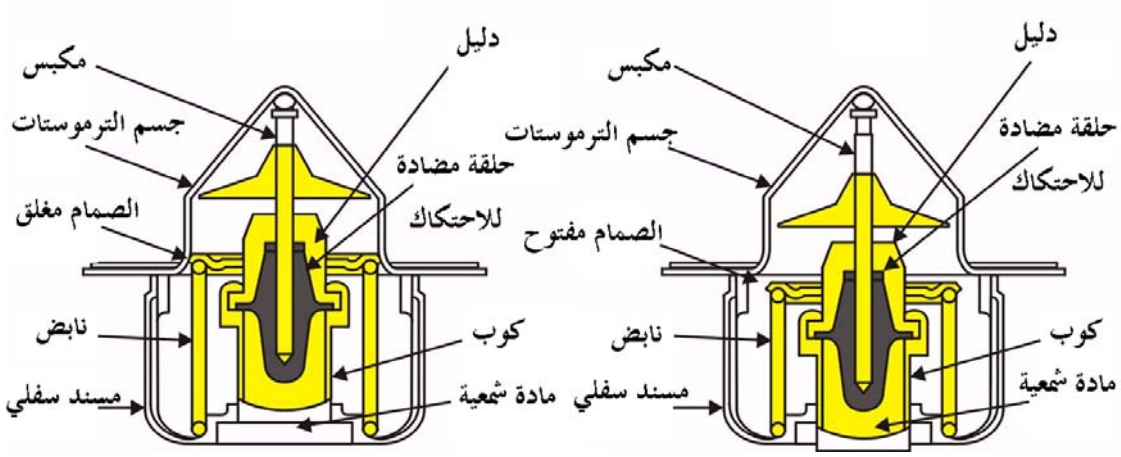


شكل ٤- ٤٣ : الثرموستات ومبيته

طريقة عمل الثرموستات:

شكل ٤- ٤٤ يبين طريقة عمل منظم الحرارة عند الفتح والغلق. توضع مادة شمعية خاصة في مركز الثرموستات محتواة بإحكام داخل كوب من النحاس عالي التوصيل للحرارة. المادة الشمعية، والتي يطلق عليها أيضاً "المحرك الحراري"، موضوعة داخل سائل تبريد المحرك ومتصلة بصمام من خلال مكبس. ومع سخونة سائل التبريد، يتمدد الشمع ويؤثر على المكبس فيسحبه ليفتح الصمام، شكل ٤- ٤٤أ، فيسمح للسائل بالسريان إلى المشع. عندما يبرد سائل التبريد يعيد النابض الصمام إلى الوضع الأصلي (الوضع المغلق) ولا يستطيع السائل السريان إلى المشع، وبدلاً من ذلك يسري السائل من خلال المسار التحويلي (من خلال صمام أو لي) إلى جسم المحرك وكتلة الأسطوانات ومجمع السحب حتى يتم تسخين المحرك.

تتم معايرة المادة الشمعية بحيث يفتح الثرموستات عند درجة حرارة معينة، والتي تدون بأسفله. ويجب أن يسمح الثرموستات بكمية معينة من السائل للتسرب عندما يكون مغلقاً ويسمح بسريان كمية معينة عندما يكون مفتوحاً فتحةً كاملةً.

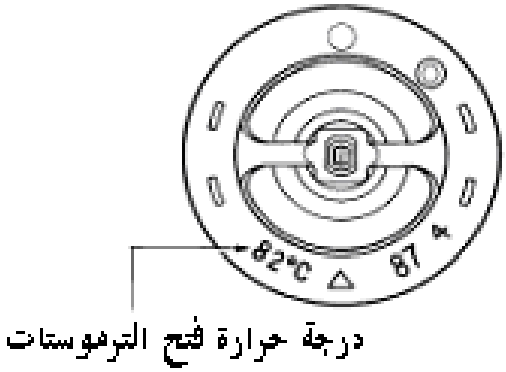


أ- الصمام مفتوح ب- الصمام مغلق

شكل ٤- ٤٤: طريقة عمل الثرموستات

قيم تشغيل الثرموستات:

تطبع درجات حرارة التشغيل على الثرموستات؛ لبيان قيم درجات حرارة التشغيل (الفتح) للثرموستات، شكل ٤- ٤٥. والقيم الطبيعية لتشغيل الثرموستات تقع في حدود ٨٢ إلى ٩١ درجة مئوية، إلا أن المحركات الحديثة تستخدم قيم تشغيل أعلى؛ لتحسين كفاءة الاحتراق بالمحرك وتقليل انبعاثات العادم الضارة.



شكل ٤- ٤٥: درجة حرارة تشغيل الثرموستات

٢- ٣ مقارنة بين أنظمة التبريد بالهواء و التبريد بالماء:

مما سبق يمكننا استخلاص أهم المميزات والعيوب في كل من نظام التبريد بالهواء ونظام التبريد بالماء، كما يلي:

مميزات التبريد بالهواء عن التبريد بالماء:

١- البساطة وخفة الوزن
٢- لا يحتاج صيانة بكثرة
٣- يسخن بسرعة عند بدء الإدارة في البرودة
٤- لا يحتاج مانع التجمد

عيوب التبريد بالهواء عن التبريد بالماء:

١- أكثر ضوضاء
٢- أسطوانات أكبر نتيجة تركيب زعانف التبريد
٣- صعوبة الحفاظ على درجات حرارة متساوية للأسطوانات
٤- معرض للزيادة الكبيرة في الحرارة (overheat) عند الأحمال العالية والخدمة الشاقة

مميزات التبريد بالماء عن التبريد بالهواء:

١- توزيع الحرارة على الأسطوانات بالتساوي
٢- مروحة التبريد أقل ضوضاء وتستهلك قدرة أقل
٣- كتلة أسطوانات المحرك أقل في الحجم
٤- نظام التبريد يسمح بمرونة أكثر في التصميم
٥- أسهل في الوصول للأجزاء لعمل الصيانة
٦- خمد الضوضاء نتيجة لوجود المياه في القميص المائي
٧- تبريد أفضل عند الأحمال الزائدة والخدمة الشاقة

عيوب التبريد بالماء عن التبريد بالهواء:

١- المحرك أثقل في الوزن

٢- المحرك يأخذ وقتا أطول للوصول إلى حرارة التشغيل عند بدء الإدارة

٣- احتياج أكثر للصيانة لأنه معرض أكثر لتسريب الماء

٤- يمكن أن يتلف المحرك إذا تجمد سائل التبريد