بسم الله الرحمن الرحيم

الأجهزة التكميلية للمحرك

ENGINE DEVICES

إعداد

أ.د. مُحب محمد أنيس الشرباصي

أستاذ الهندسة الزراعية

ووكيل الكلية لشئون التعليم والطلاب

الأجهزة التكميلية للمحرك ـ Engine devices

1- جهاز تنقية الهواء: Air cleaning system

يحتاج المحرك إلى كمية من الهواء اللازم لحرق الوقود سواءً في محركات البنزين أو الديزل، ونظراً للضرر الذي تتعرض له الأسطح الداخلية للمحرك بسبب وجود المواد الغريبة وجب تنقية الهواء الداخل للمحرك من معظم الأتربة التي يحملها. وتشتمل وحدة تنقية الهواء على ماسورة السحب الرئيسية ومرشح لإزالة الأتربة ويلاحظ أن الهواء الجوي عادةً يكون ملوثاً بجزيئات الرمال التي تعمل على زيادة معدل التآكل.

- أنواع مرشحات الهواء:

أ- مرشحات الهواء الابتدائية ب- مرشحات الهواء الجافة

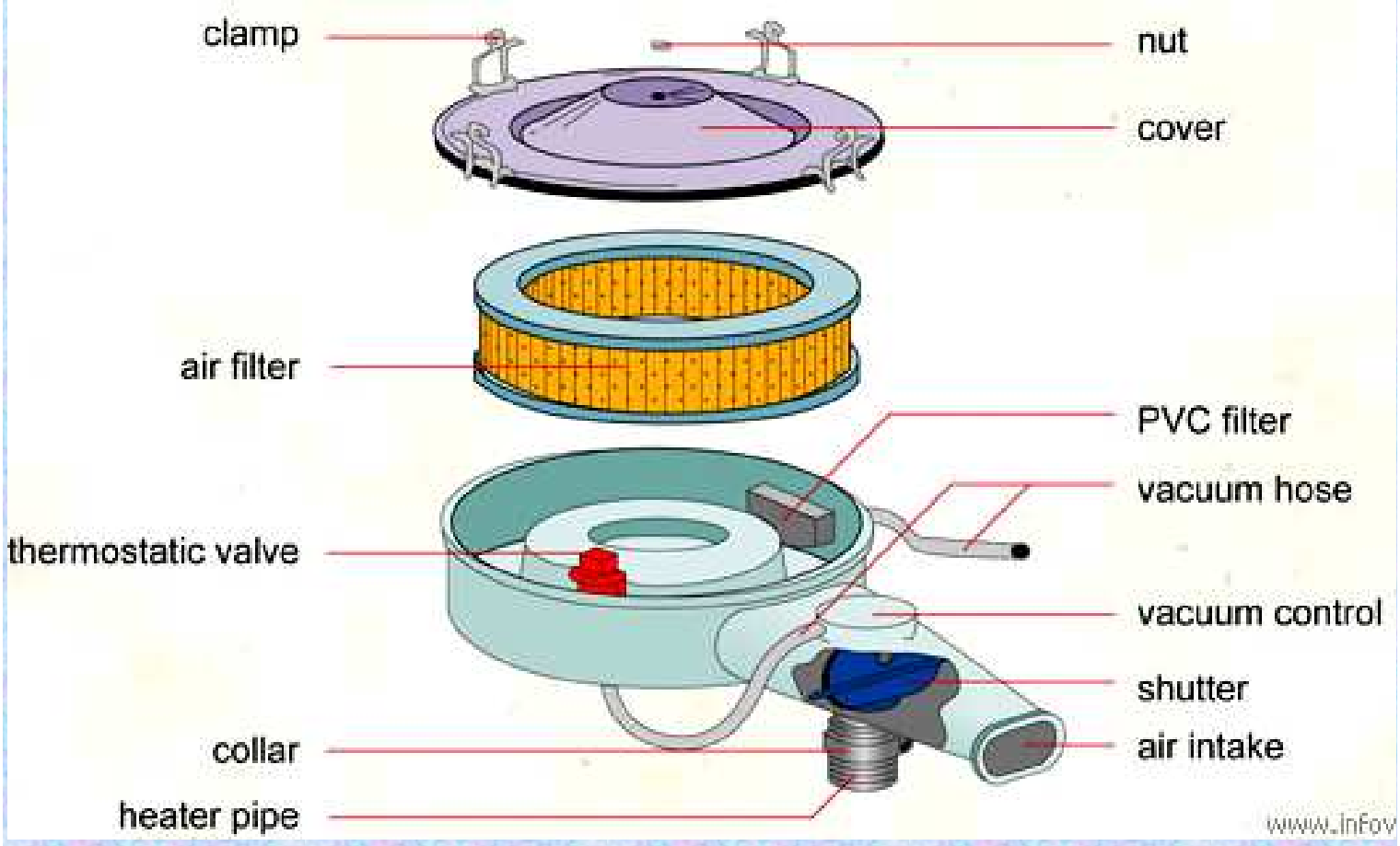
جـ- مرشحات اللزوجة د- مرشحات الهواء ذات حمام الزيت

أ- مرشحات الهواء الابتدائية: Primary filters

تستخدم هذه المرشحات لتنقية الهواء من الشوائب الكبيرة قبل دخولها إلى مرشح الهواء الرئيسى مما يقلل كثيراً من الحمل الواقع عليه بالإضافة إلى إطالة الفترة بين عمليات الصيانة التي تجري على المرشح الرئيسي. معظم مرشحات الهواء الابتدائية يكون ملحقاً بها مصفاة سلكية لمنع دخول القش والأوراق إلى ماسورة سحب الهواء.

ب- مرشحات الهواء الجافة : Air filter

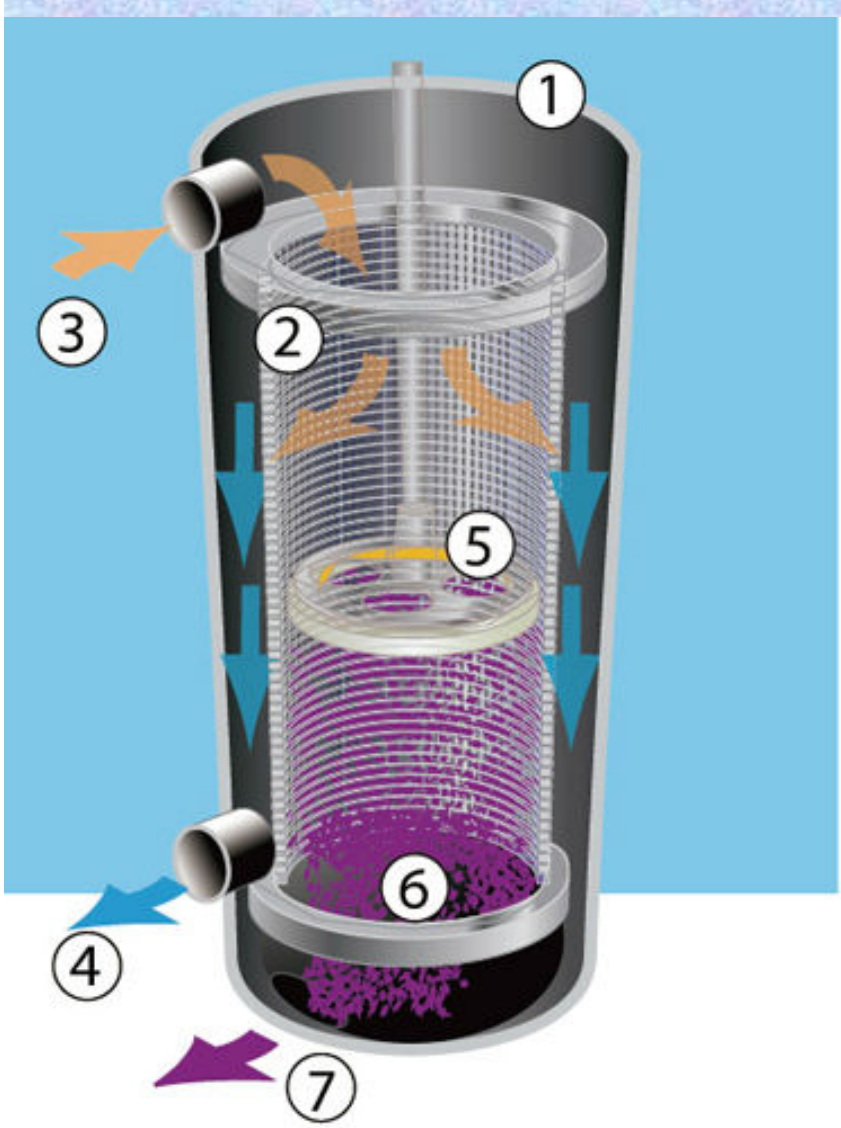
يثبت هذا النوع من المرشحات على فتحة دخول المغذي (الكاربيراتير) أو على فتحة سحب الهواء وتعمل هذه المرشحات على تنقية الهواء بالعمل على مروره خلال أنسجة من اللباد أو القماش وعندما تتراكم به كمية من الأتربة يجب تنظيفه حتى لا يعوق تدفق الهواء. في بعض الأنواع من المرشحات الجافة تتم عملية التنقية على مرحلتين بحيث يتم فصل الشوائب الكبيرة في المرحلة الأولي وجمعها في وعاء جانبي وفي المرحلة الثانية يتم حجز باقي الشوائب.



مرشح الهواء الجاف

جـ- مرشحات اللزوجة : Viscosity filters

في هذا النوع من المرشحات يتدفق الهواء في ممر خلال كمية من الأسلاك أو الشبك المغطي بزيت كثيف مما يعمل على تلاصق الأتربة مع الزيت عند مرور الهواء، ولتنظيف المرشح يغسل بسولار نقي.



1.INOCO filter vessel

2.SS304 / 316L V-slot element

3.Inlet

4.Outlet

5.Mechanical cleaning disc

6.Removing particles

7.Drain / discharge.

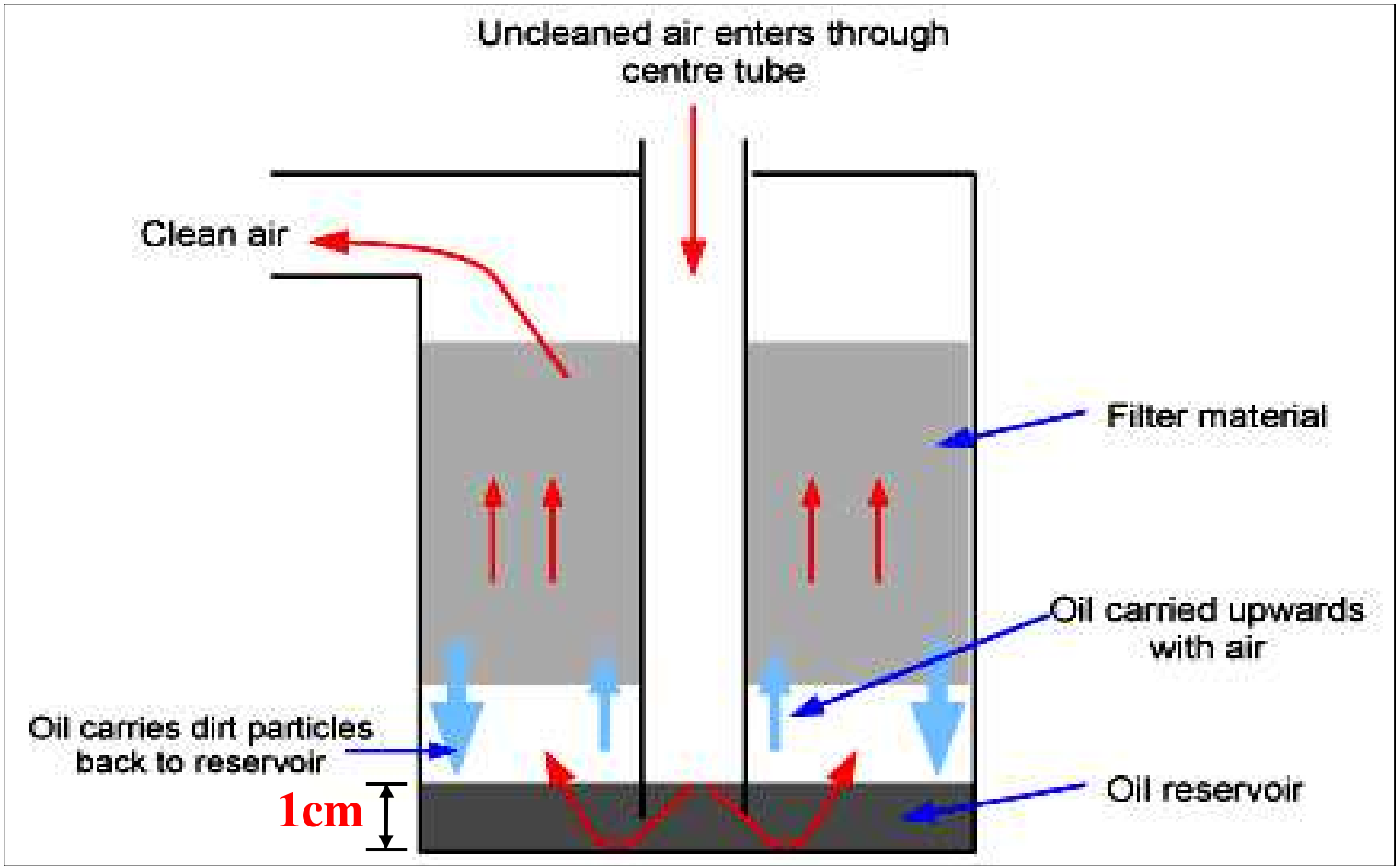
مرشحات اللزوجة

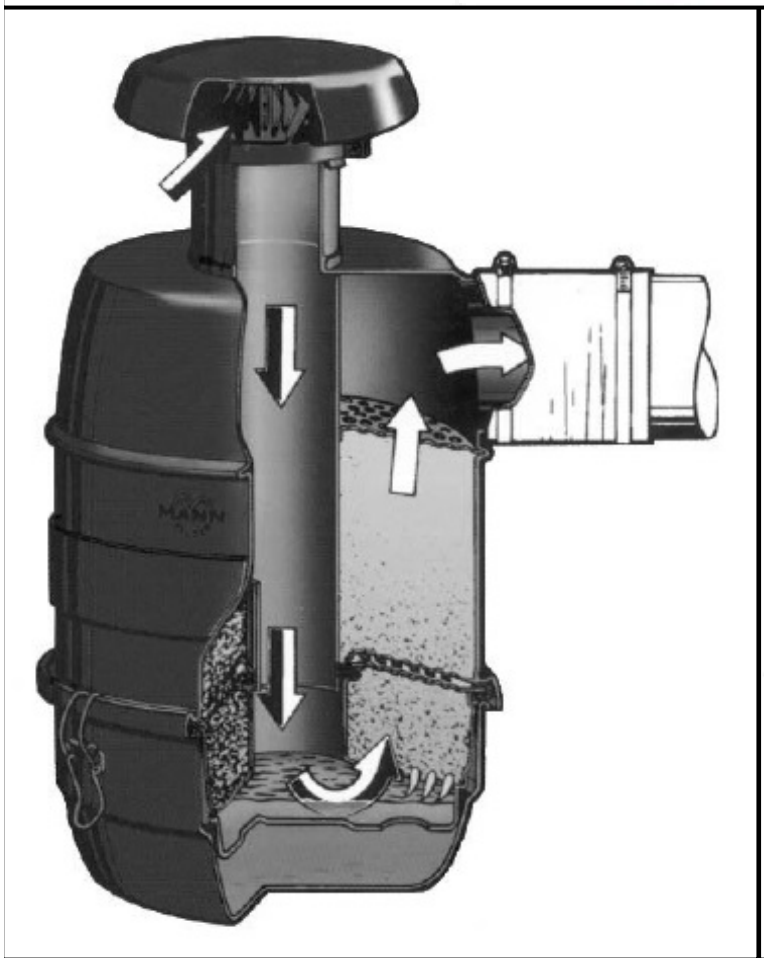
د- مرشحات حمَّام الزيت: Oil bath filters

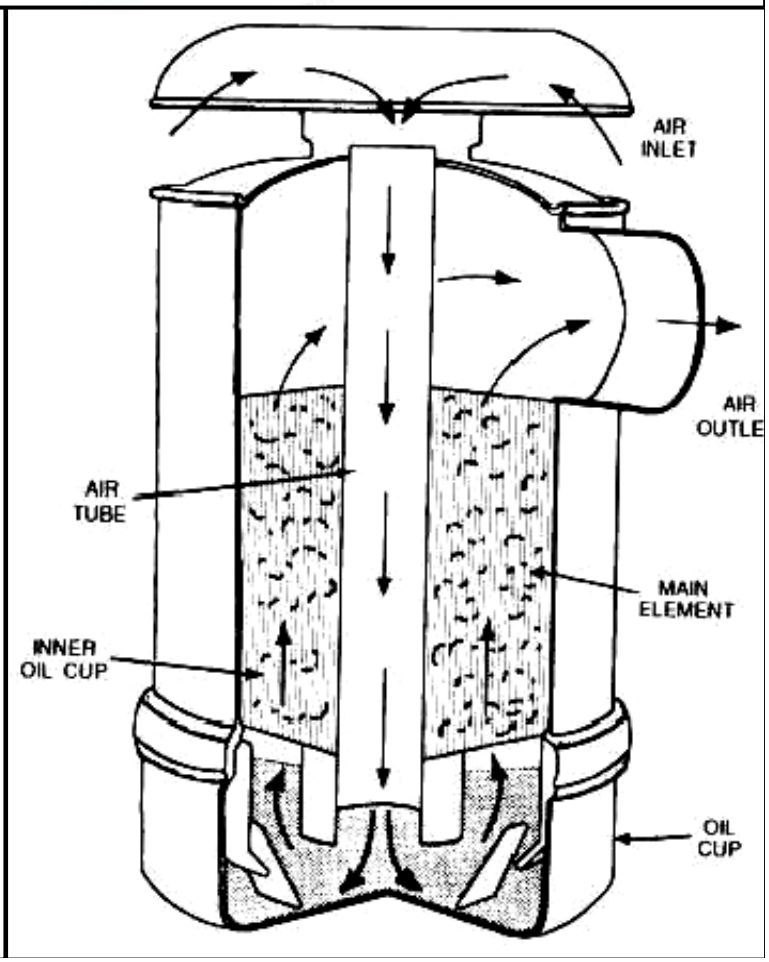
يتم ترشيح الهواء في هذا النوع أثناء مروره خلال رذاذ من الزيت تعلق بجزيئاته الأتربة ويغطيها بطبقة من الزيت فيزيد وزنها ويترتب على ذلك سقوطها في حوض من الزيت، أما الجزيئات الخفيفة فتمر دون أن تسقط ولكنها تحجز بواسطة شبكة معدنية. وحيث أن ما يصل من الأتربة إلى هذه الشبكة يكون قليلاً فالمرشح يبقي نظيفاً لمدة طويلة أما الزيت الذي بالحوض فيجب استبداله كلما تراكمت فيه الأتربة. والمرشح عبارة عن وعاء يحتوي على زيت على ارتفاع معين وتثبت فوقه اسطوانة تحتوي على شبكة من السلك الرفيع وبداخلها أنبوبة رأسية لمرور الهواء الداخل إلى المرشح.

ولزيادة كفاءة عمل المرشح يجب أن تكون الأنبوبة الرأسية منغمسة في الزيت بمقدار (1cm) وإلا انخفضت درجة تنقية الهواء. أما إذا انخفضت الأنبوبة أكثر من ذلك فإن الهواء يجد مقاومة عند المرور مما يؤدي إلى خنق المحرك وأحياناً قد يحمل الهواء كمية من الزيت إلى داخل غرفة الاحتراق مما يؤدي إلى حرقه وترسيب الكربون داخل الاسطوانات.

يجب الكشف يومياً على المرشح الابتدائي وتنظيفه من الأتربة والشوائب، وفي حالة المرشح ذو حمام الزيت فيجب الكشف على مستوى الزيت بعد كل يوم عمل (8 ساعات تشغيل) وتنظيف وعاء الزيت من الرواسب المتجمعة عند القاع.


Uncleaned air enters through centre tube
Clean air
Filter material
Oil carried upwards with air
Oil carries dirt particles back to reservoir
1cm
Oil reservoir




AIR INLET
AIR OUTLE
AIR TUBE
MAIN ELEMENT
INNER OIL CUP
OIL CUP

2- جهاز الوقود في محركات الاشتعال بالضغط: Fuel system

تتكون دورة الوقود في محركات الاشتعال بالضغط من الأجزاء الرئيسية الآتية:

أ- خزان وقود السولار: Fuel tank

عبارة عن مستودع للوقود مثبت إما فوق المحرك مباشرة في مقدمة الجرار أو في مؤخرة الجرار، ويوجد مؤشر أمام السائق يبين كمية الوقود في الخزان.

ب- طلمبة توصيل السولار: Fuel pump

وظيفتها سحب السولار من خزان الوقود ودفعه داخل مرشحات الوقود ومنها إلى طلمبة الحقن تحت ضغط معين.

جـ- مرشحات الوقود: Fuel filters

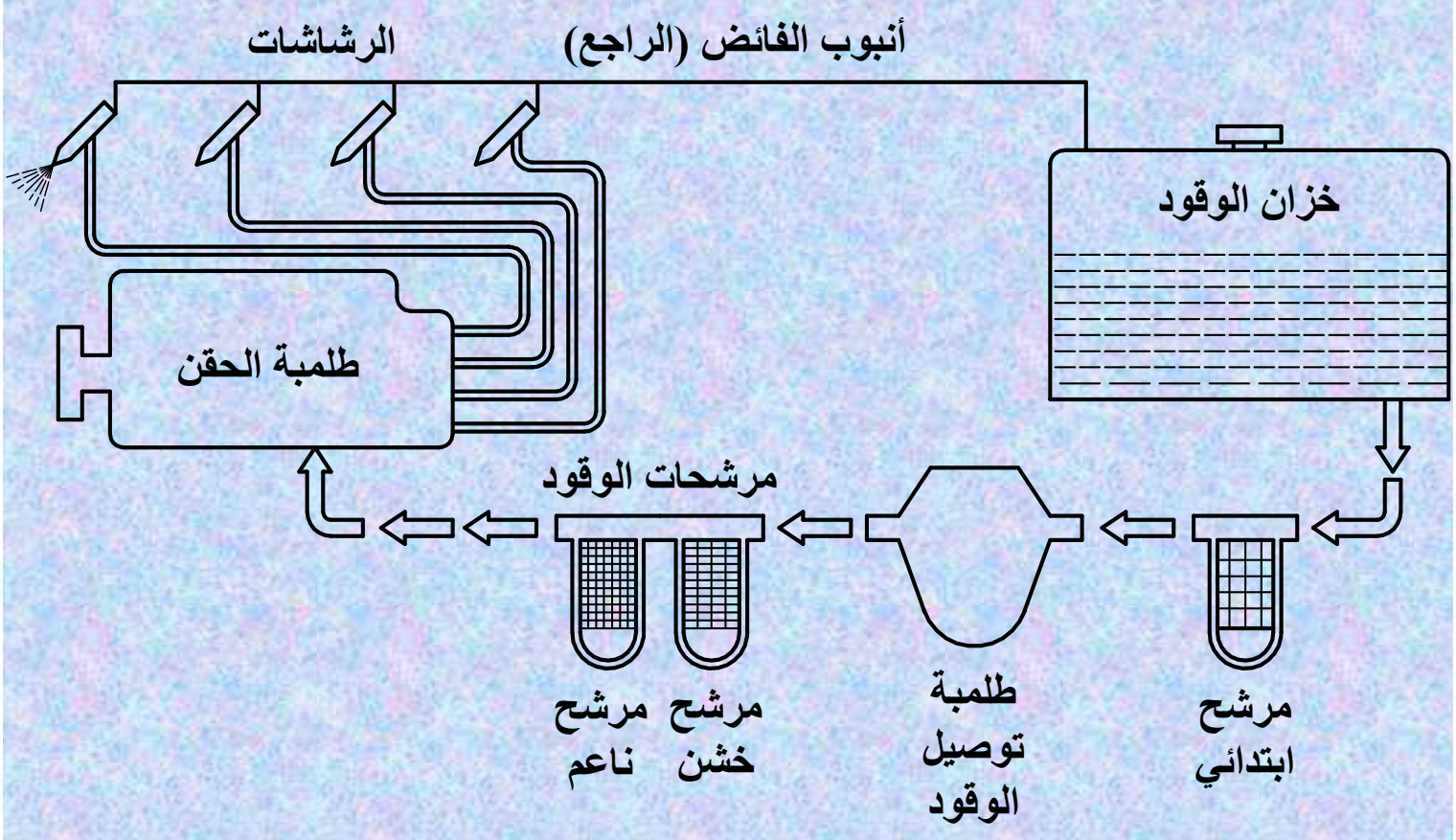
يوجد على الأقل مرشحين أو ثلاثة للوقود وهي المرشح الابتدائي ويمر به الوقود قبل وصوله إلى طلمبة التوصيل والمرشح الخشن والمرشح الناعم يمر بهما الوقود قبل دخوله إلى طلمبة الحقن والرشاشات، ويتوقف العمر الافتراضي لطلمبة الحقن والرشاشات على المرشحات.

د- طلمبة الحقن: Injection pump

وظيفتها ضغط كمية معينة من السولار ضغطاً مرتفعاً يبلغ حوالي ($150\ kg/cm^2$) وفي زمن محدد إلى الرشاشات وذلك في نهاية شوط الضغط في الدورة الحرارية.

هـ- الرشاشات: Injectors

وظيفتها تذرير السولار إلى ذرات صغيرة تندفع بضغط شديد داخل غرف الاحتراق باسطوانات المحرك لكي يحدث الاشتعال.



دورة الوقود في محركات الديزل

◆ **خط سير الوقود:**

يُسحب الوقود من الخزان بواسطة طلمبة التوصيل فيمر قبل دخوله لهذه الطلمبة خلال مرشح ابتدائي ثم تدفعه الطلمبة إلى المرشح الخشن ثم المرشح الناعم ثم تسحبه طلمبة الحقن وتدفع الكمية المطلوبة من الوقود بضغط مرتفع إلى الرشاشات ومنها إلى غرف الاحتراق بالمحرك في نهاية شوط الضغط لكي يحدث الاشتعال.

3- جهاز التبريد: Cooling system

تصل درجة حرارة الغازات داخل غرف احتراق المحرك إلى (1500-2000°C) نتيجة لاحتراق الوقود. لذلك فإن وجود جهاز التبريد ضروري لتخفيف درجة حرارة المحرك وإلا نشأ من حرارة احتراق الوقود ما يلي:

- يتأثر معدل كبس المحرك بسبب شدة الحرارة فيتمدد المكبس ويزداد الاحتكاك أو يتوقف عن الانزلاق داخل الاسطوانة.
- قد تتمدد الصمامات فلا تكون مقفلة جيداً أثناء القفل.
- تتأثر خواص زيت التزييت المستعمل بالمحرك بارتفاع الحرارة فتقل لزوجة الزيت وتصبح عديمة الفائدة فيزداد الاحتكاك.
- قد يحدث الاشتعال التلقائي لمخلوط الهواء والوقود في محركات الاشتعال بالشرارة نتيجة للحرارة العالية وذلك قبل حدوث الشرارة الكهربية مما ينتج عنه خلل في التشغيل وفقد في القدرة.

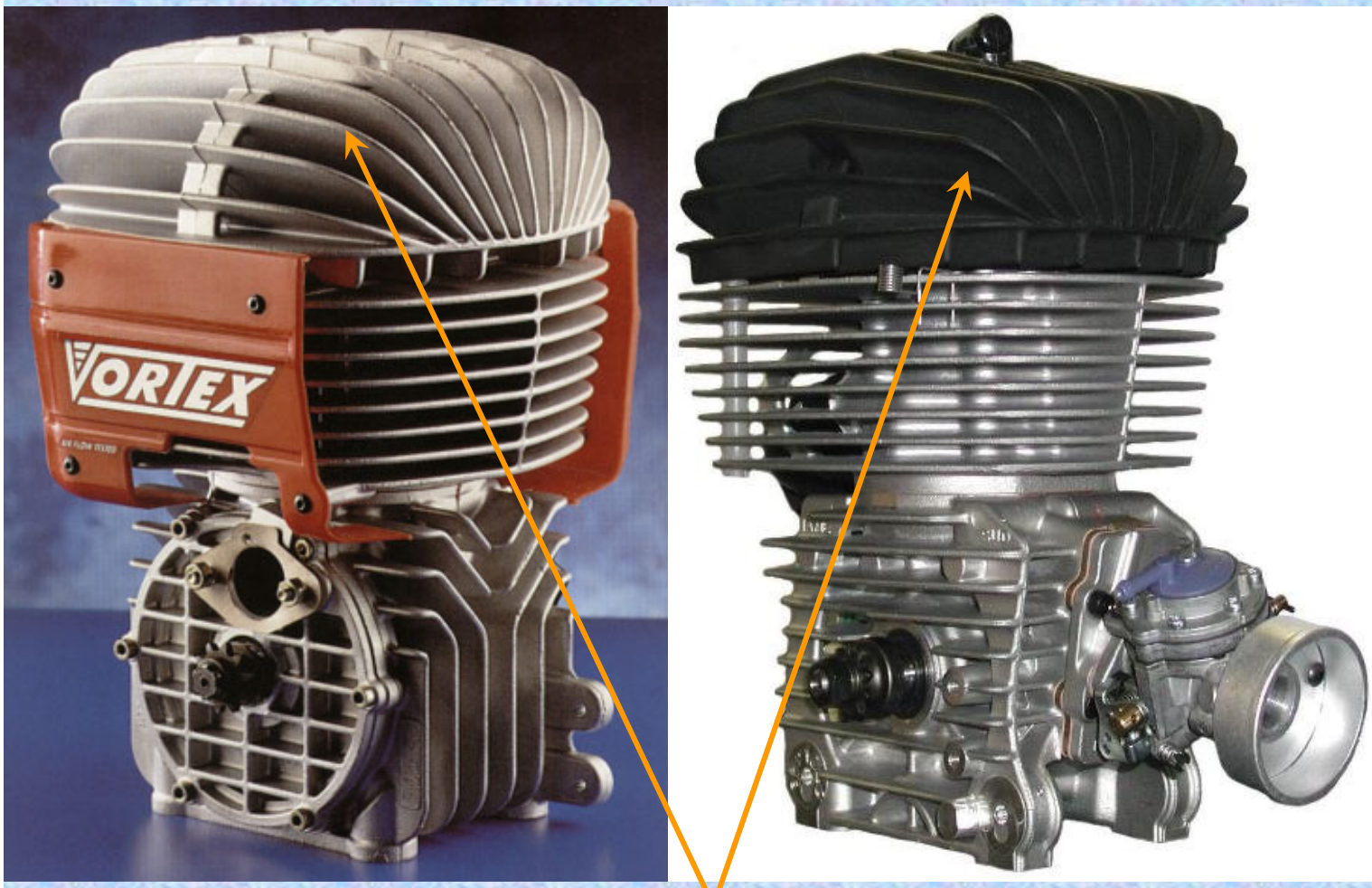
ولكي نضمن درجات حرارة مناسبة حول السطح الخارجي للاسطوانة (75-95°C) يجب نقل كمية كبيرة من الحرارة من داخل الاسطوانة إلى خارج المحرك تصل إلى (30%) من الطاقة الحرارية للوقود.

إن الغرض من عملية التبريد بالمحرك هو الحفاظ على درجة حرارة مناسبة للمحرك أثناء تشغيله بحيث يعمل بأحسن صورة له عند كل السرعات وعند كل ظروف الإدارة والتشغيل. ويوجد نوعان أساسيان لتبريد المحركات هما:

- تبريد مباشر بواسطة الهواء. - وتبريد غير مباشر بواسطة الماء.

أ- التبريد المباشر بواسطة الهواء: Air cooling

التبريد بالهواء فكرته الأساسية هي تسريب الحرارة الزائدة بواسطة تيار هوائي موجه خلال الزعانف على السطح الخارجي لاسطوانات المحرك، عن طريق وضع نافخ للهواء يأخذ حركته من المحرك، وهذا يستنفذ جزء من قدرة المحرك، بجانب أن صوت المحرك يكون عالى نسبياً لعدم وجود الماء الذى يعمل ككاتم للصوت.



Metal fins for better air cooling

نظام التبريد بالهواء

- ميزة التبريد بالهواء:

قلة وزن المحرك وبساطة التصميم والتغلب على المشاكل التي تنتج من استخدام الماء وهي الصدأ وترسيب الأملاح والتجمد في الجو البارد.

- عيب التبريد بالهواء:

من الصعب التحكم في درجة حرارة الاسطوانات في جميع الظروف المناخية وظروف التشغيل الصعبة.

ب- التبريد الغير مباشر بواسطة الماء: Water cooling

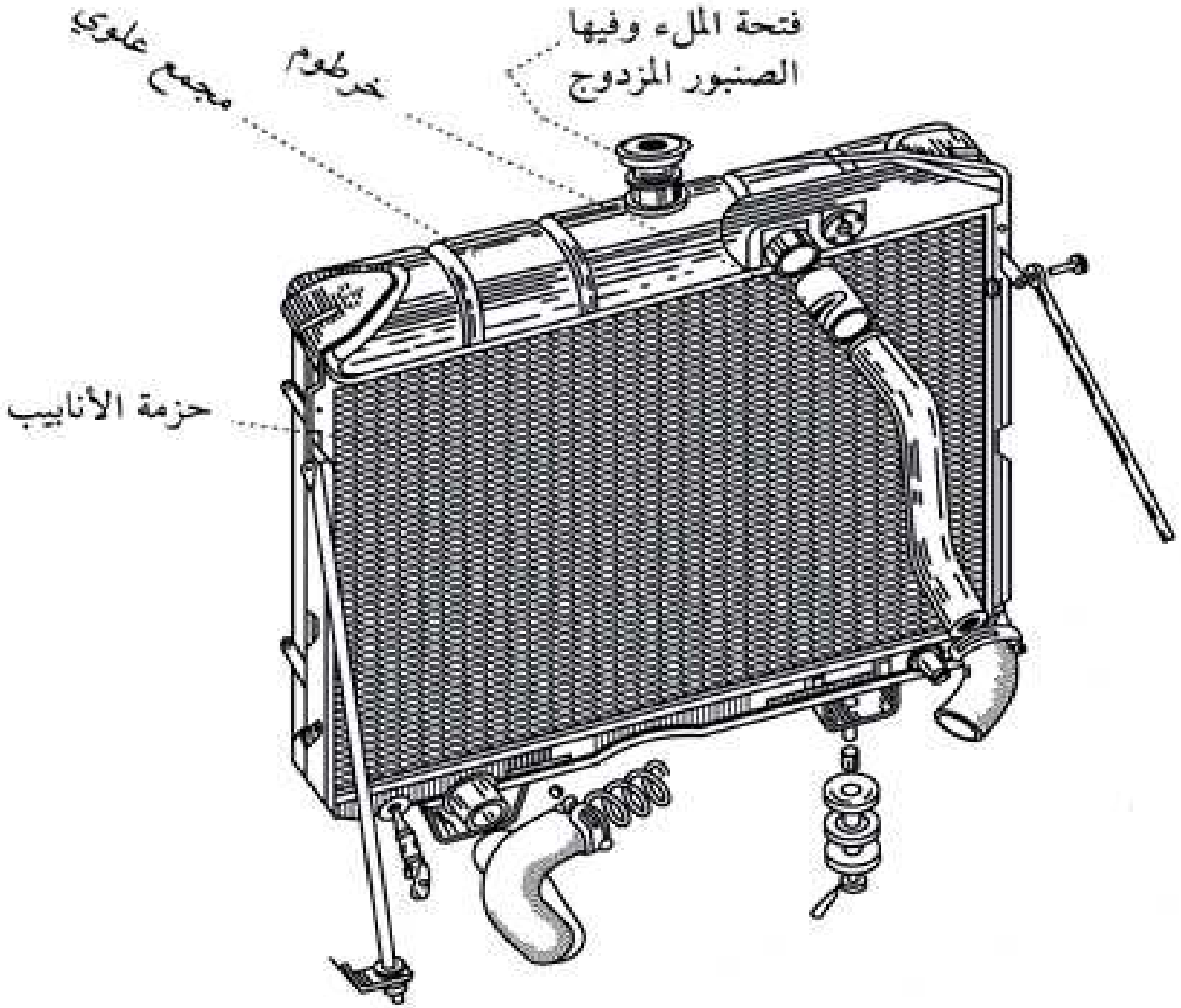
وفيه يستخدم الماء كعنصر وسيط لتسريب حرارة المحرك إلى الهواء الجوي، وتتكون دورة التبريد بالماء من الأجزاء الآتية:

1- مضخة الماء: Water pump

تعمل على سحب الماء البارد إلى المحرك وطرد الماء الساخن منه وتوصيله إلى الرادياتير.

2- الرادياتير (المشع): Radiator

هو عبارة عن أنابيب شعرية دقيقة يسير بها الماء الساخن من أعلى إلى أسفل، وبذلك يعمل تيار الهواء القادم من مروحة المحرك على تبريده. ويتكون الرادياتير من خزان علوي وآخر سفلي بينهما مجموعة كبيرة من الأنابيب الرأسية النحاسية حيث تمر وتبرد بداخلها المياه الساخنة الخارجة من جيوب اسطوانات المحرك.



أجزاء الرادياتير (المشع)

3- خراطيم التوصيل: Hoses

تعمل على توصيل الماء بين الردياتير والمحرك.

4- قميص التبريد: Water jacket

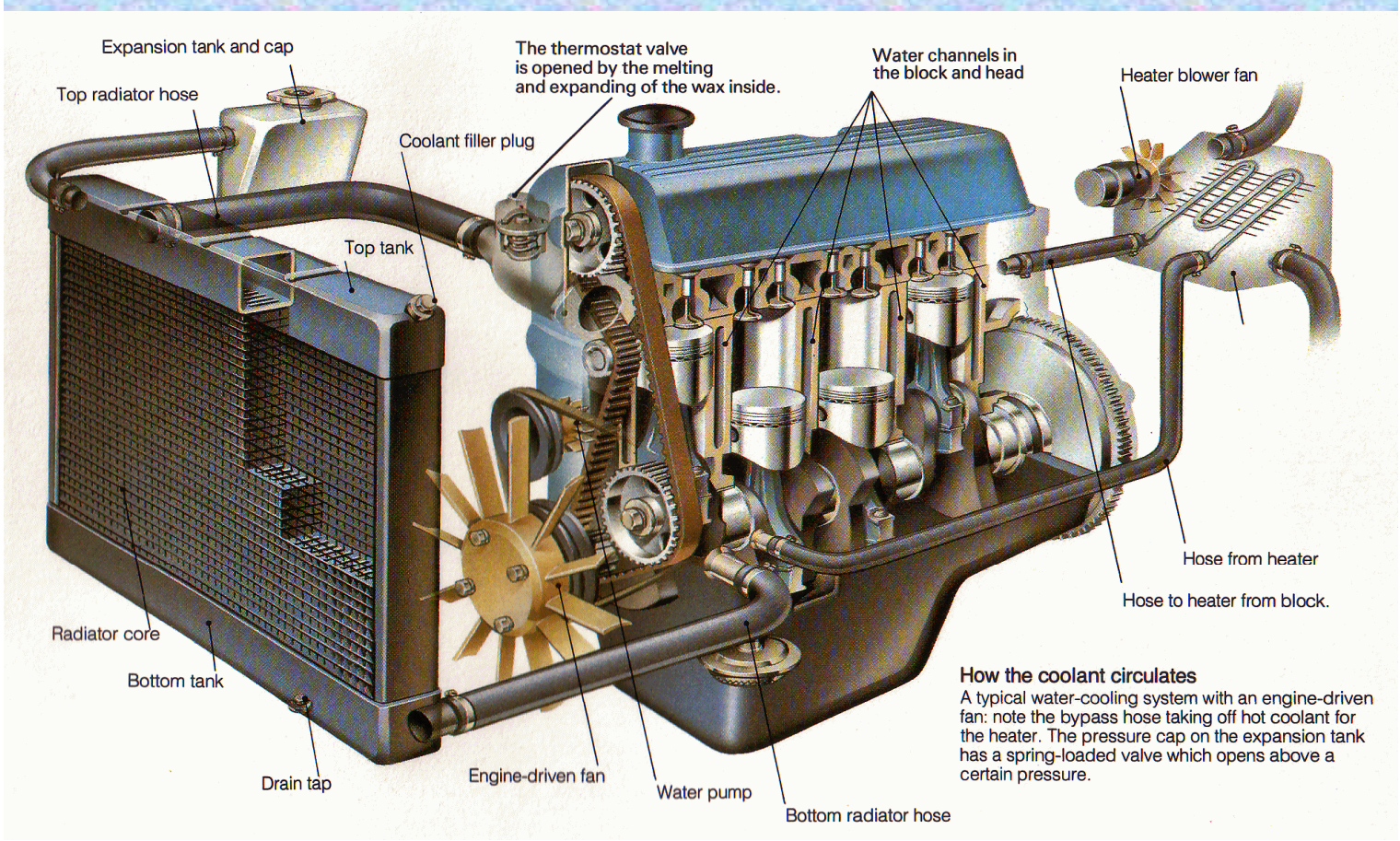
يعمل على حجز الماء بينه وبين الاسطوانات حتى تتم عملية تبريد جسم المحرك ومنطقة الاسطوانات والمكابس.

5- مروحة المحرك: Engine fan

هى المسئولة عن إحداث تيار الهواء الذي يصطدم بأنابيب الرادياتير حتى يتم تبريد الماء.

6- الصمام الحراري (الثرموستات): Thermostat

عبارة عن صمام الغرض منه الوصول بدرجة حرارة المحرك إلى المستوى المطلوب بأسرع ما يمكن عند بدء إدارته حتى تنتظم عملية التزييت ويقل تآكل الأجزاء المتحركة إلى أدنى حد، فهذا الجهاز يمنع مياه التبريد من الوصول إلى الرادياتير عند بدء الدوران إذا كان المحرك بارد بل تعود إلى طلمبة الماء لتمرره حول الاسطوانات ثانيةً وعندما ترتفع درجة حرارة الماء إلى حدٍ معين (حوالي 60 درجة) يفتح الصمام أوتوماتيكياً لتوصيل الماء إلى الرادياتير للتبريد وبذلك يضمن تسخيناً سريعاً لاسطوانات المحرك لتصل إلى (75-95) درجة.



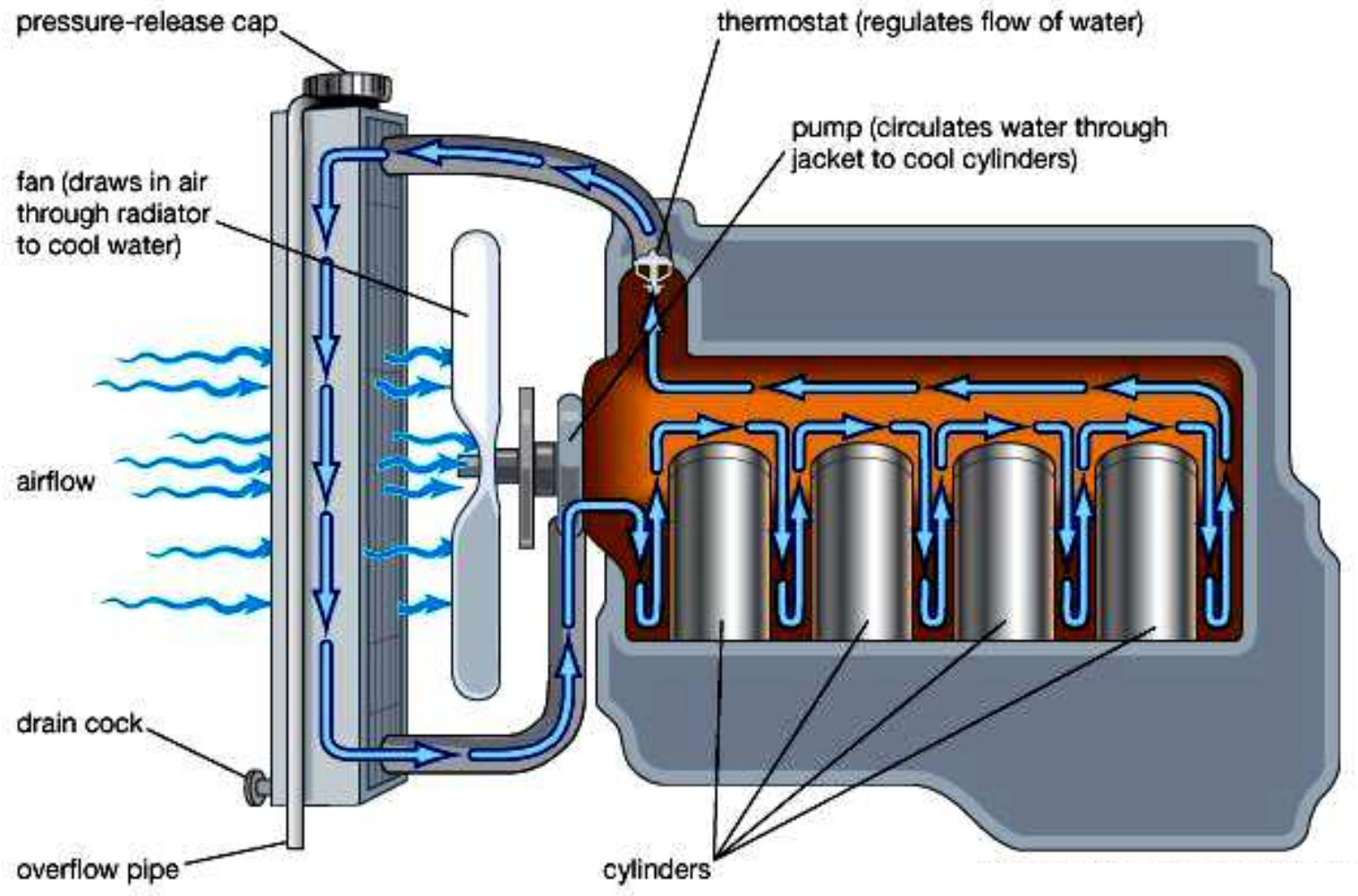
How the coolant circulates
A typical water-cooling system with an engine-driven fan: note the bypass hose taking off hot coolant for the heater. The pressure cap on the expansion tank has a spring-loaded valve which opens above a certain pressure.

- خط سير الماء فى جهاز التبريد:

يُسحب الماء البارد بواسطة الطلمبة من الخزان السفلي للراديياتير ويوزع حول الاسطوانات فترتفع حرارته فيطفو على السطح لأنه أقل كثافة من الماء البارد، ثم يخرج الماء ساخناً من المحرك إلى الصمام الحرارى ثم إلى الخزان العلوى ثم إلى أنابيب الراديياتير.

- وظيفة الراديياتيطر:

يعمل الراديياتير على تبريد الماء عندما يمر من أعلى إلى أسفل خلال الأنابيب الرأسية، كما تعمل مروحة التبريد على سحب الهواء خلال هذه الأنابيب فتزداد كفاءة التبريد.



- كمية الحرارة التى تمتصها مياه التبريد:

تختلف كمية الحرارة التى تمتصها مياه التبريد باختلاف نوع المحرك وكذلك تصميم الاسطوانات وأي أجزاء أخرى يلزم تبريدها بالمياه.

وتتوقف جودة التبريد على ما يلى:

- مدى ارتفاع درجة حرارة مياه التبريد أثناء مرورها فى المجاري الخاصة بها فى المحرك.
- مقدار درجة حرارة مياه التبريد أثناء خروجها من الرادياتير.
- درجة نقاوة مياه التبريد.
- درجة حرارة الوسط المحيط بالمحرك.
- نوع الرادياتير من حيث عدد الأنابيب الرأسية المسئولة عند التبريد.

4- جهاز التزييت: Oil system

نتيجة لحركة الأجزاء المختلفة فى المحرك (المكابس وأذرع التوصيل وعمود الكرنك وعمود الكامات ..... وغيرها). يؤدي هذا إلى حدوث احتكاك شديد بين الأجزاء المعدنية المتلامسة، ومن هنا نشأت فكرة التزييت. فالتزييت يعمل على الحفاظ على طبقة رقيقة من الزيت بين الأسطح وبذلك يقل الاحتكاك لعدم تلامس الأجزاء المعدنية ببعضها.

- أهم الأجزاء التى تحتاج إلى تزييت في المحرك هي:

1- جدران الاسطوانة من الداخل والمكبس.
2- كراسي محور عمود الكرنك.
3- النهايات الكبري والصغرى لذراع التوصيل.
4- كراسي عمود الكامات.
5- الصمامات.
6- الأجزاء المتحركة الأخرى كمروحة التبريد- طلمبة المياه .....إلخ.

♦ **الغرض من عملية التزيطت:**

- حماية الأسطح المتحركة من التآكل.
- تبريد الأجزاء المعدنية المتلامسة.
- زيادة القدرة المستفادة من المحرك لنقص القدرة المفقودة فى الاحتكاك.
- تخفيف حدة الاصطدامات بين الأجزاء المعدنية المتلامسة مما يقلل الصوت بدرجة كبيرة.
- يعمل الزيت كمنظف للمحرك.
- يعمل على ملأ الفراغ بين الأجزاء المتحركة مثل المكبس والشنابر مما يمنع تسريب الشحنة.

♦ **الخواص الواجب توافرها فى زيت التزييت:**

- أن يكون الزيت ذو سيولة كافية.
- أن يحتفظ بدرجة لزوجته فى مختلف أحوال التشغيل.
- يجب ألا يتأثر أو يحترق مع ارتفاع درجة الحرارة.
- يجب أن يكون مقاوم للتأكسد.
- يجب أن يكون مقاوم لعمل الرغاوي.

♦ **طرق تزيطت المحركات:**

- طريقة التزييت بالنثر (الطرطشة).
- طريقة التزييت بالضغط الجبري.
- طريقة التزييت بالنثر والضغط الجبري معاً.

1- التزييت بالنثر (الطرطشة): Lubrication with bestrew

طريقة سهلة وبسيطة للتزييت، حيث تعتمد على حركة عمود الكرنك داخل علبة المرفق فيؤدي هذا إلى تزييت الكرنك وفي نفس الوقت بسبب حركة الكرنك السريعة يتم طرطشة الزيت مما يؤدي إلى تزييت باقي أجزاء المحرك. يعاب على هذه الطريقة عدم انتظام التزييت وتكرار استخدام الزيت بدون تنقية.

2- التزييت بالضغط الجبري: Lubrication with pressure

تعمل جميع المحركات بنظام التزييت بالضغط الجبري. ومن مميزات هذه الطريقة: أنها تتناسب مع جميع أنواع المحركات، ويكون هناك انتظام لعملية التزييت، ووصول زيت التزييت بعد ترشيحه إلى أماكن التزييت بصورة نقية، كما أن ضغط الزيت يكون عند معدل ثابت.

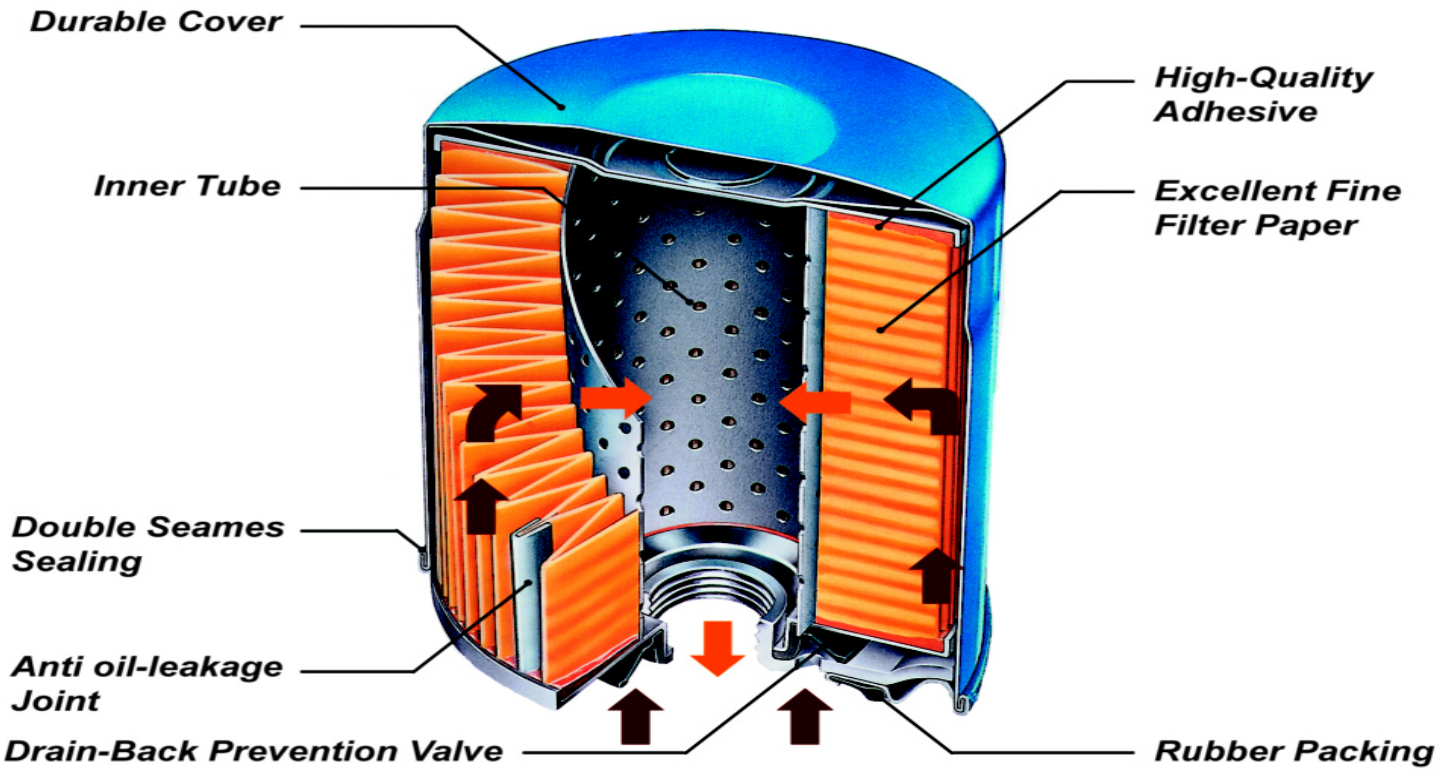
3- طريقة التزييت بالنثر والضغط الجبري معاً:

Lubrication with bestrew and pressure :

تسمى هذه الطريقة بالطريقة المزدوجة وهى الأكثر شيوعاً واستخداماً فى محركات الجرارات. ويتكون جهاز التزييت فى هذه الحالة من الأجزاء الآتية:

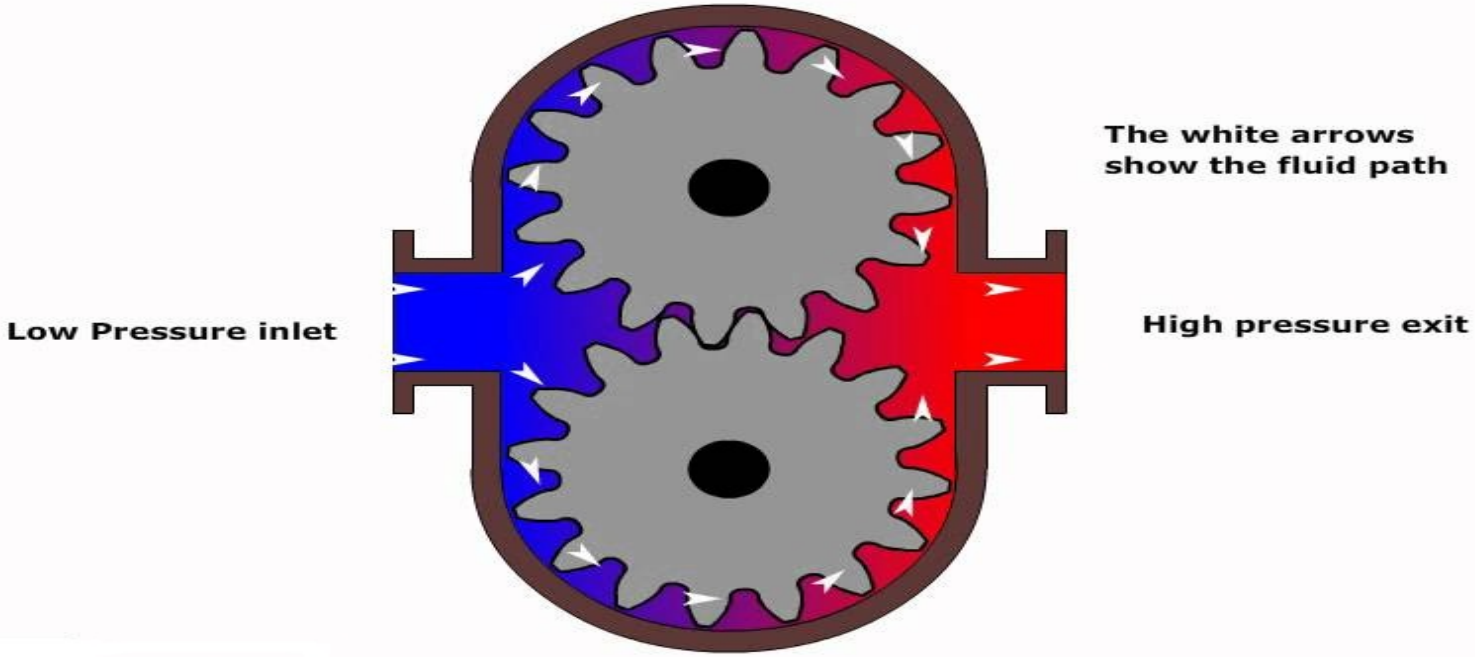
1- مرشح الزيت (الفلتر) : Oil filter

يعمل على تنقية الزيت من الشوائب والرواسب العالقة به.



2- مضخة الزيت: Oil pump

وهى تكون داخل علبة المرفق (الكارتير)، وتعمل على ضخ الزيت إلى الأماكن المراد تزييتها، وهي عادةً ما تكون طلمبة ترسية ذات إزاحة إيجابية لتعطي للزيت ضغطاً عالياً.



3- مبين ضغط الزيت: Oil pressure indicator

عبارة عن مؤشر يوجد أمام السائق ليبين مقدار ضغط الزيت قبل دخوله إلى كراسي المحرك مباشرةً، فإذا كان ضغط الزيت أقل من الضغط المناسب يجب إيقاف المحرك فوراً لحماية أجزائه المتحركة من التآكل.

4- مبين كمية الزيت: Oil quantity indicator

هي عصا مدرجة تدخل فى ثقب فى علبة الزيت (الكارتير) لتبين مستوى الزيت بها، ويجب الكشف على مستوى الزيت يومياً قبل تشغيل المحرك.

5- صمام منظم الضغط: Pressure regulator valve

يعمل على تثبيت وتحديد قيمة الضغط طوال عملية التزييت، فإذا زاد ضغط الزيت الخارج من الطلمبة عن حدٍ معين يفتح هذا الصمام أوتوماتيكياً لإرجاع جزء من الزيت إلى علبة الزيت ثانيةً.

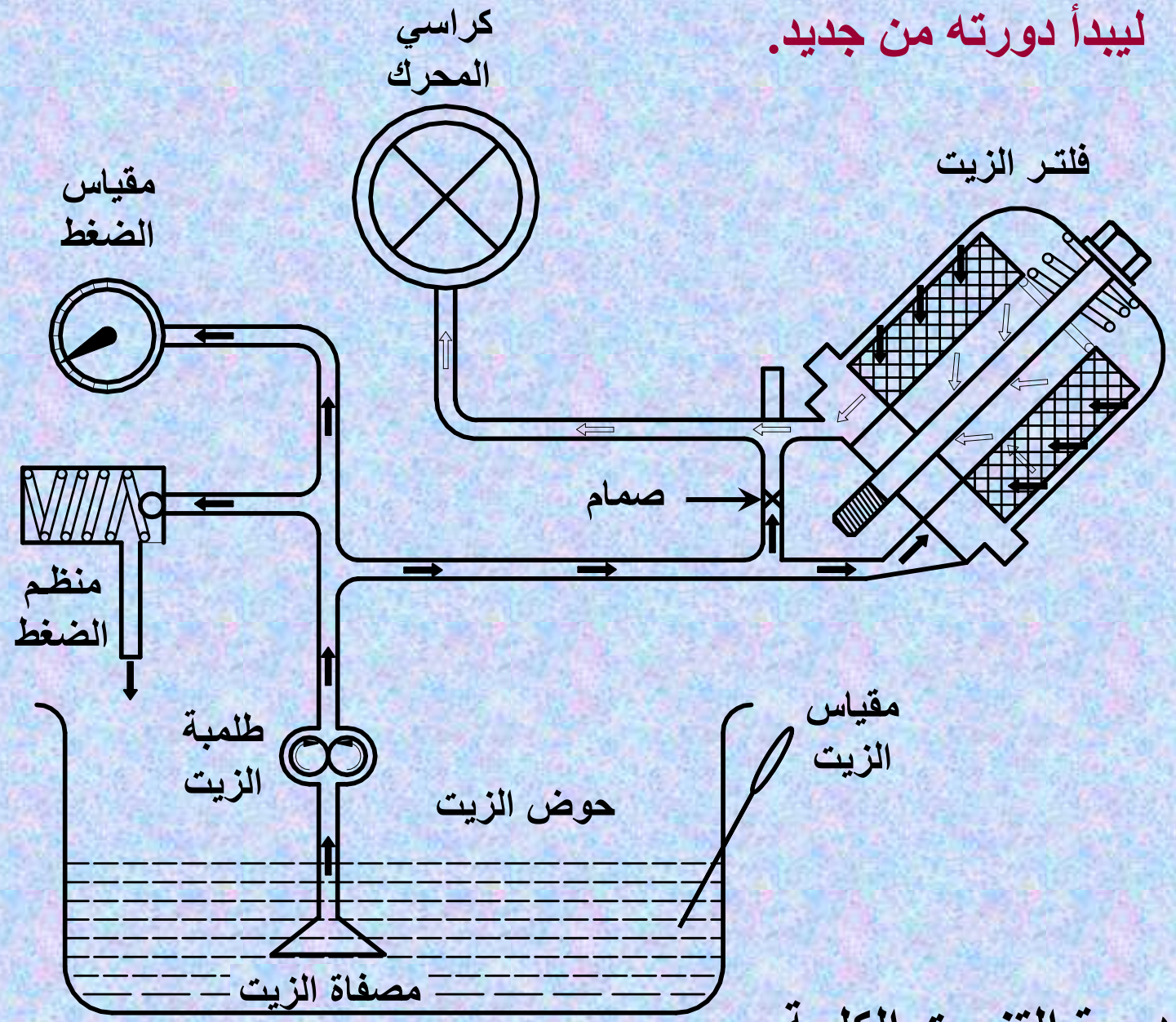
6- علبة المرفق (الكارتير): crankcase

هو خزان الزيت الذي يحفظ فيه الزيت وتترسب فيه الشوائب العالقة ويتم منه تغيير الزيت على فترات متباعدة.

♦ ميكانيكية تشغيل التزييت بالضغط والنثر (الطريقة المزدوجة):

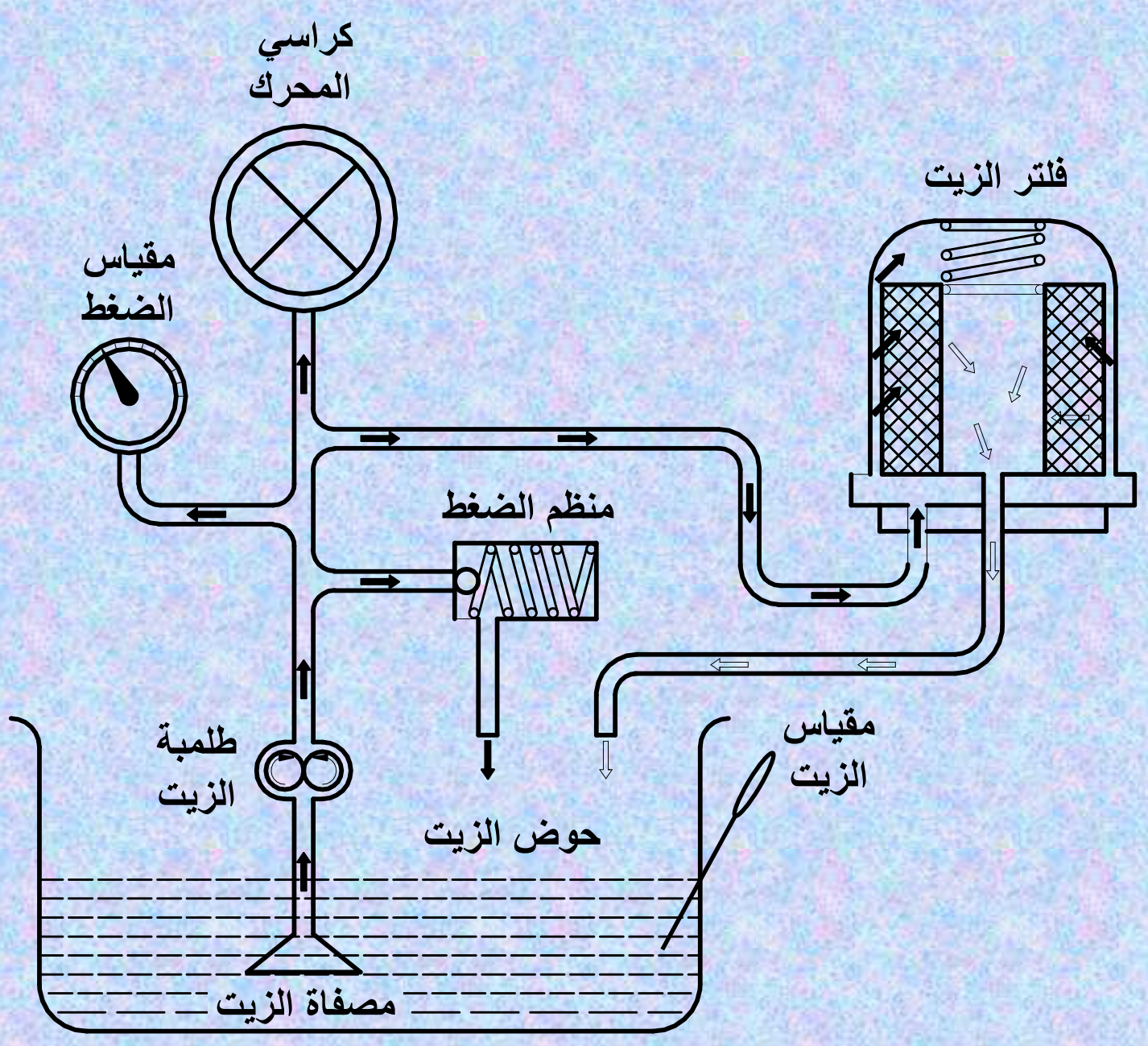
- يدخل الزيت إلى الطلمبة عن طريق ماسورة السحب المغمورة في الزيت قرب قاع علبة الكرنك.
- تضغط الطلمبة الزيت إلى الفلتر ثم إلى كراسي عمود الكرنك وعمود الكامات.

- يمر الزيت من كراسي عمود الكرنك خلال ثقب ليصل إلى النهايات العظمى لذراع التوصيل ثم خلال ثقب في ذراع التوصيل ليصل إلى النهاية الصغرى لذراع التوصيل وبنز المكبس ويقوم شنبر الزيت بتوزيع الزيت على السطح الداخلي للاسطوانة.
- يسقط الزيت بعد كشطه بواسطة شنابر المكبس في علبة الكرنك ليبدأ دورته من جديد.



دورة التزييت الكليـة

• قد يمر الزيت كله مباشرةً إلى كراسي المحرك فيما عدا جزء بسيط منه يمر خلال الفلتر ليرجع ثانية إلى علبة المرفق (تنقية جزئية).



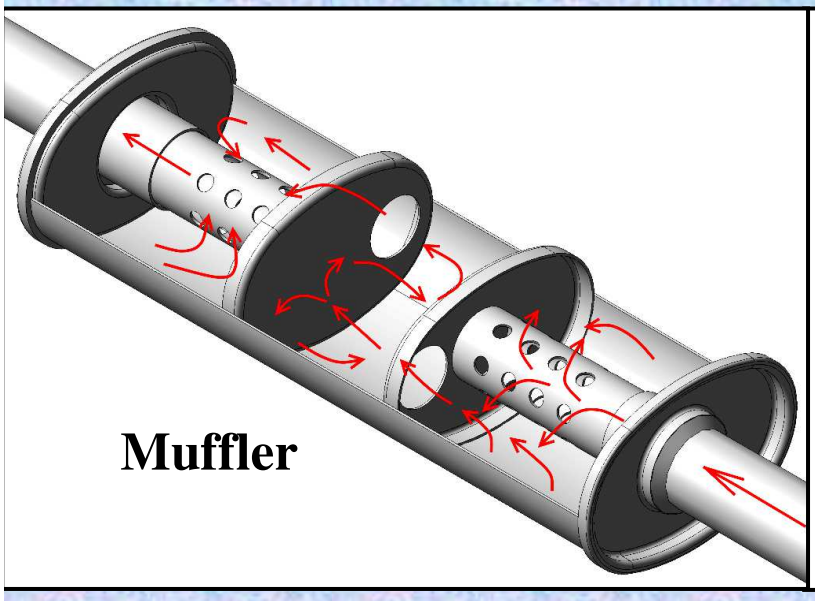
دورة التزييت الجزئية

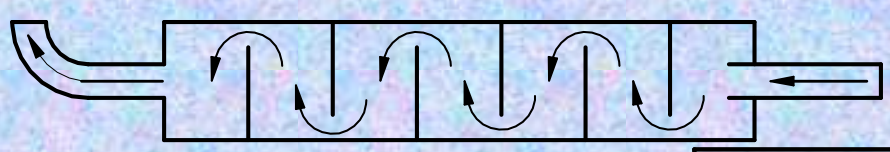
5- جهاز العادم: Exhausted system

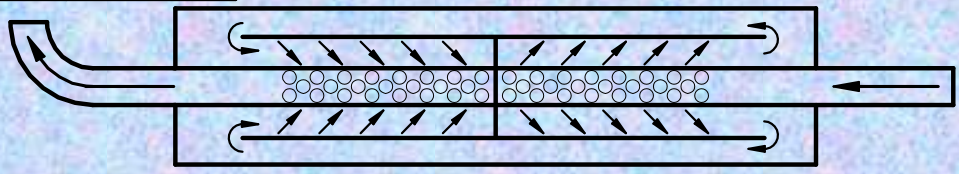
يقوم هذا الجهاز بالوظائف الهامة التالية:

1. نقل غازات العادم من المحرك إلى نقطة تصريفها بالجو دون حدوث أي ضرر.
2. تخفيض الضوضاء الناتجة من دفعات الضغط الشديدة التي تحدث عند تصريف العادم.
3. خفض سرعة غازات العادم وكذلك درجة حرارتها.
4. حجز الشظايا المتوهجة نتيجة إحتراق الكربون في غرفة الإحتراق.

يتركب جهاز العادم من المواسير التي تصل المحرك بالجو، وكذلك على مخفت للصوت (علبة العادم). تصنع مواسير العادم من الصلب أو الزهر ولتخفيض الضغط الخلفي يجب أن تكون مواسير العادم قصيرة ومستقيمة بقدر الإمكان.







Muffler

6- جهاز بدء الحركة: Power starting device

بدء الحركة في محركات البنزين أسهل من بدء الحركة في محركات الديزل ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة الكبس في محركات الديزل، وأن البنزين يحتاج إلى درجة حرارة منخفضة نوعاً لإشعاله علاوة على وجود شمعات الاحتراق التي تساعد على إحداث الشرارة الكهربية، ولا يمكن بدء حركة محركات الديزل ذاتياً وإنما لابد من إدارة عمود المرفق بطريقة ما لكي يتم:

- دخول الهواء اللازم للاحتراق داخل الاسطوانة.
- دخول الوقود عبر الرشاشات.
- إشعال المزيج من الوقود والهواء.

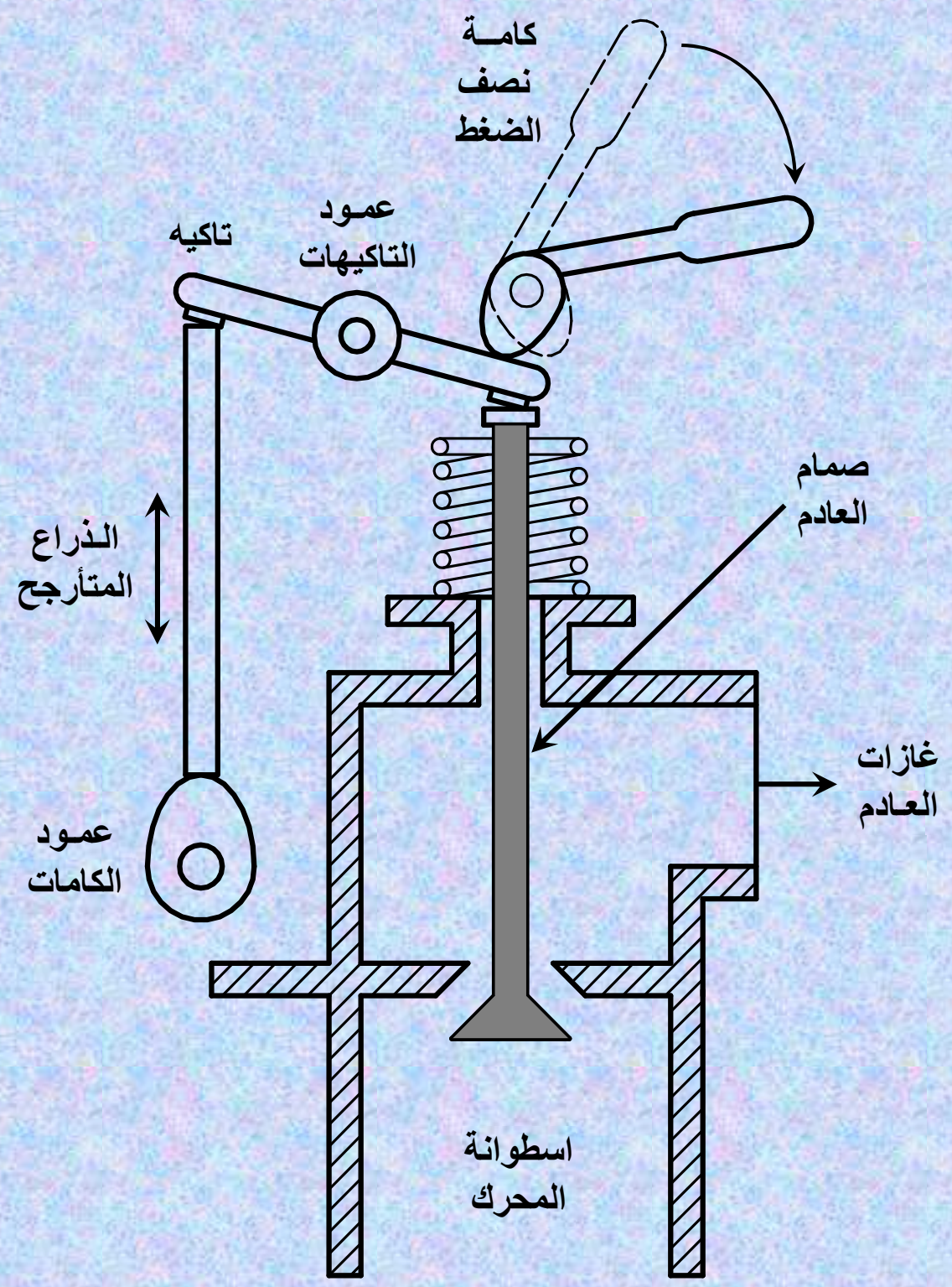
♦ طرق بدء الحركة: Methods of power starting

توجد عدة طرق لبدء الحركة يمكن تقسيمها كالآتي:

1. بدء الحركة يدوياً.
2. بدء الحركة بمحرك بنزين مستقل.
3. بدء الحركة بدورة أوتو ثم دورة ديزل.
4. بدء الحركة بموتور كهربي.

أ- بدء الحركة يدويا: Manually starting

يستخدم لبدء الحركة بهذه الطريقة ذراع مرفقي (مانوفلة)، وهذه الطريقة مناسبة فقط للمحركات الصغيرة، ويلزم لاستعمالها بذل جهد كبير للتغلب على الضغط المرتفع في محركات الديزل، ويزود المحرك دائماً بصمام يدوي لتخفيف الضغط عند بدء الإدارة يسمى (كامة نصف الضغط) وبذلك يمكن إدارة المحرك بسهولة.



بدء الحركة يدوياً

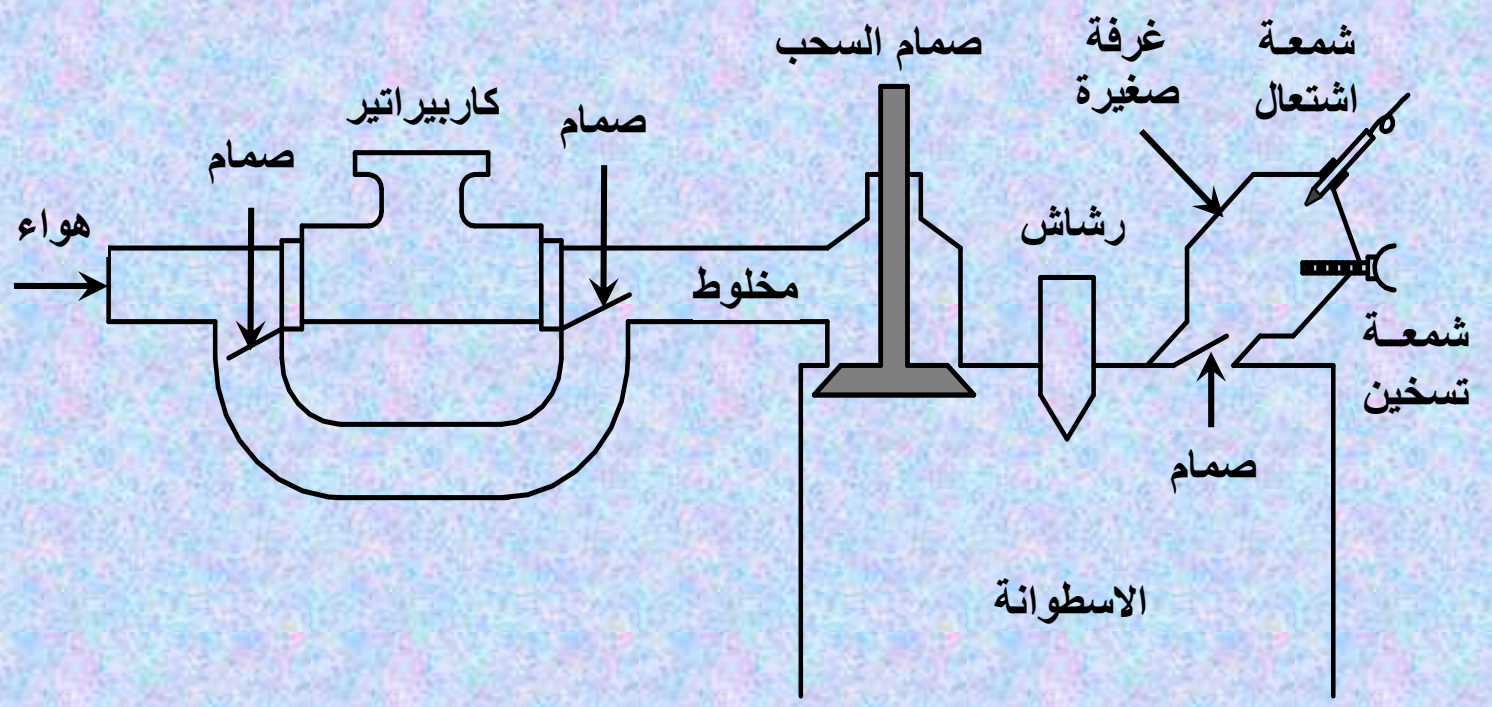
ب- بدء الحركة بمحرك بنزين: Starting with Otto engine

يكون هناك محرك بنزين صغير بجوار محرك الديزل، بحيث يوجد ترس مركب على محور الحركة لمحرك البنزين يمكن تعشيقه في أسنان على محيط حدافة محرك الديزل. يقوم العامل أولاً ببدء حركة محرك البنزين وعند وصوله إلى السرعة المعتادة يعمل على تعشيق ترس بدء الحركة لمحرك البنزين مع حدافة محرك الديزل فيدور محرك الديزل وعندما تزيد سرعته ويحدث الاشتعال تفصل تعشيقة بدء الحركة أوتوماتيكياً.

جـ- بدء الحركة بدورة أوتو ثم دورة ديزل:

Starting with Otto cycle:

تزود اسطوانات محرك الديزل بغرفة صغيرة يوجد بها شمعة لتسخين الهواء وأخرى للاشتعال. عند بدء الحركة يتم فتح الصمام الخاص بهذه الغرفة لتتصل باسطوانة المحرك مما يؤدي إلى خفض نسبة الكبس ويحدث الاشتعال حسب دورة أوتو، حيث تكون الشحنة الداخلة للاسطوانة هي خليط الهواء والبنزين من الكربراتير. وعند دوران المحرك يتم غلق الصمام بين الغرفة الصغيرة واسطوانة المحرك فتزداد نسبة الكبس ويتم إدخال الهواء فقط إلى اسطوانات المحرك ويقوم الرشاش بضخ وقود الديزل وبالتالي يستمر المحرك في الدوران حسب دورة ديزل.



بدء الحركة بدورة أوتو ثم دورة ديزل

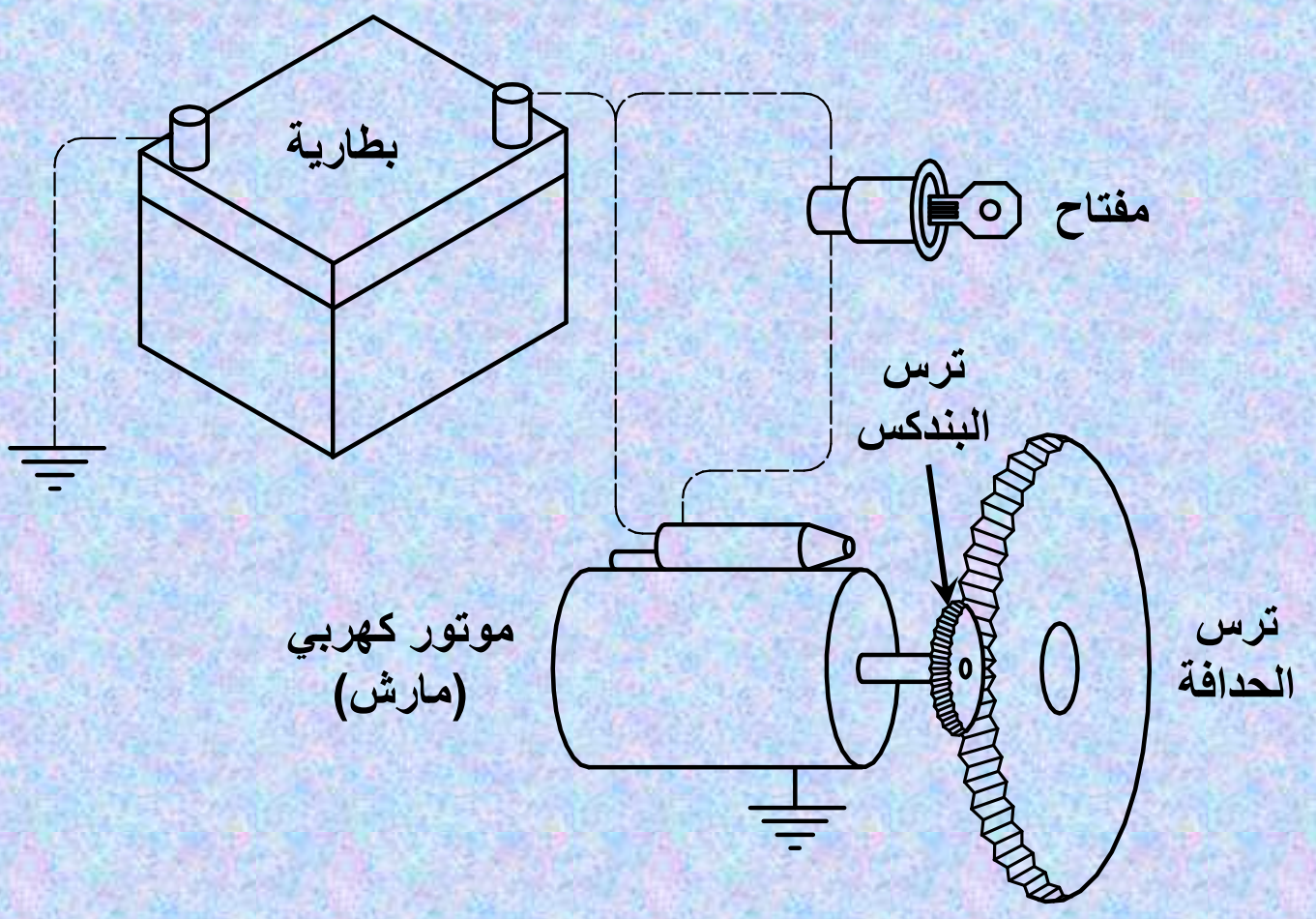
د- بدء الحركة بمحرك كهربي:

Starting with electrical motor:

يستخدم في هذه الطريقة محرك كهربي بطريقتين مختلفتين:

- في حالة المحركات الصغيرة يستعمل محرك كهربي لبدء الحركة باستعمال بطارية جهدها يتراوح ما بين (24-32 Volt).
- في حالة المحركات الكبيرة يستعمل محرك كهربي لبدء الحركة باستعمال بطارية جهدها (64-112 Volt).

في هذه الطريقة يكون هناك موتور كهربي (مارش) بجوار محرك الديزل بحيث يركب ترس (البندكس) على محور الحركة للمحرك الكهربي. فعند توصيل الدائرة الكهربية بواسطة مفتاح الكونتاكت يدور المارش وينتفض ترس البندكس معشقاً مع ترس (الحدافة) لمحرك الديزل فيؤدي إلى حركة جميع أجزاء محرك الديزل ويبدأ بالدوران سريعاً، وعندها يتم فصل التوصيل الكهربي مع المارش.



بدء الحركة بمحرك كهربي