جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

السيارات

الصف الثالث - الصناعي



تأليف

الدكتور المهندس سعد عباس خضر الدكتور المهندس عمار علي حسين

المهندس وليد احمد الجراح المهندس صباح حسن مصراع

المهندس دريد خليل إبراهيم

الطبعة الرابعة 1440هـ -2019 م

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة:

تماشياً مع التطور الحاصل في تكنولوجيا السيارات وما لهذا الاختصاص من أهمية في حياتنا، واستجابة للنهج الوطني الذي اتبعته المديرية العامة للتعليم المهني في تطوير المناهج الدراسية ولكافة الاختصاصات بالتعاون مع أساتذة الجامعات والمعاهد العراقية، وتلبية لحاجة طلبتنا الأعزاء وضعت لجنة التأليف كتاب العلوم الصناعية لاختصاص السيارات المرحلة الثالثة والذي جاءت مفرداته مكملة لمفردات مناهج العلوم الصناعية للمرحلتين الأولى والثانية آملين أن يسهم في تهيئة جيل مهني قادر على التعامل مع التحديث في تطور السيارات.

لقد عملت لجنة التأليف على أن يكون الكتاب بأسلوب يسهل فهمه معزز بالأشكال التوضيحية الملونة وأدخلت فيه المصطلحات الانكليزية للعناوين الرئيسة مع إضافة جدولاً في نهاية كل فصل للتسميات العربية و ما يقابلها بالانكليزية.

يتالف الكتاب من ستة فصول يبدأ بالمحرك وأجزائه في فصله الأول وأنواع غرف الاحتراق ومنظومة وقود الديزل، واحتوى الفصل الثاني على حسابات معامل أداء المحرك، أما الموقفات فقد تضمنها الفصل الثالث، وتناول الفصل الرابع المحور الأمامي ومنظومة التعليق والسحب الأمامي، وتضمن الفصل الخامس منظومة التوجيه والوسائد الهوائية، وأخيرا فقد كانت الإطارات المطاطية ومواصفاتها والنظام الالكتروني لمراقبة ضغط ودرجة حرارة الإطار من حصة فصله السادس.

وفي الختام نرجو من الله مرضاته والتوفيق لأبنائنا الطلبة الأعزاء في مستقبل مشرق خدمةً لبلدنا العزيز، ونأمل من الإخوة المدرسين إبداء ملاحظاتهم وموافاتنا بمقترحاتهم التي من شانها تطوير هذا الكتاب وتحقيق الفائدة المرجوة من تأليفه خدمة للأهدافالمهنيةوالعلمية.

ومن الله التوفيق

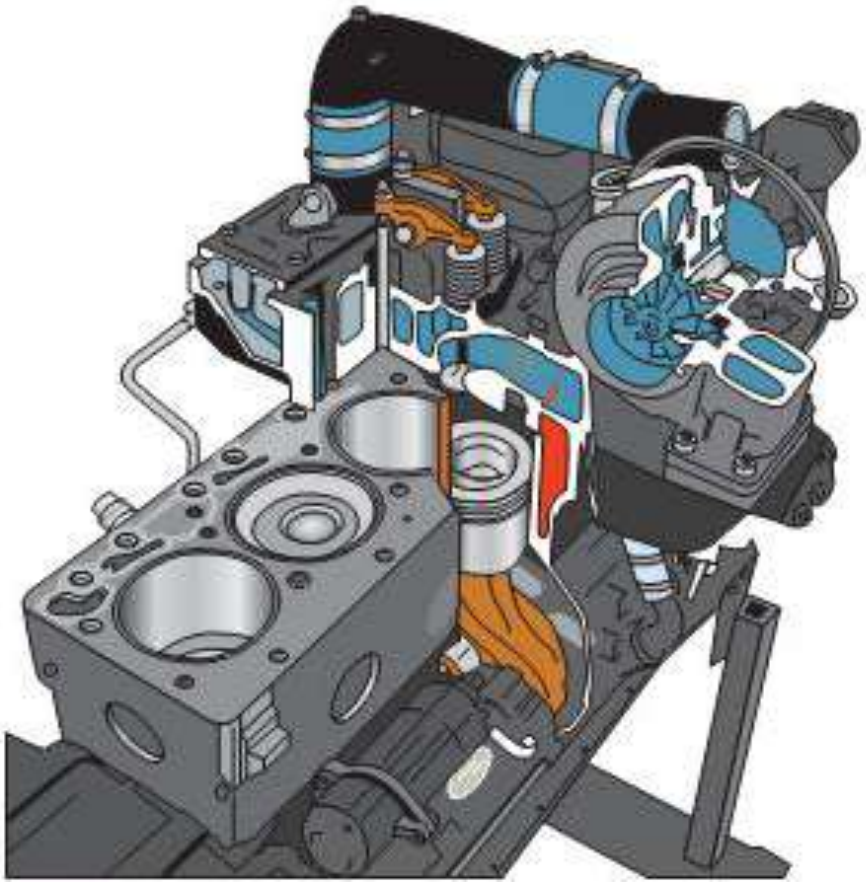
المؤلفون



الموضوع	الصفحة
الفصل الأول المحركات	9
1-1 مقدمة	10
2-1 نبذة تاريخية عن المخترع والمحرك	10
3-1 وقود الديزل	12
4-1 أنواع محركات الديزل	13
5-1 اجزاء الرئيسة لمحرك ديزل رباعي الشوط	21
6-1 الاجزاء الرئيسة لمحرك ديزل ثنائي الشوط	34
7-1 أجزاء منظومة وقود محرك الديزل	36
8-1- التحكم الالكتروني لمحرك الديزل	55
9-1- شاحن الهواء التوربيني	57
10-1 طرق كسح العادم في محركات الديزل الثنائي الأشواط	61
11-1- شمعات التسخين (نظام التسخين المتقدم)	64
12-1- غرف الإحتراق	66
13-1 مقارنة بين مضخات حقن الوقود المكبسية (المستقيمة) والدوارة	71
14-1المحرك الدوار(محرك وانكل)	74
أسئلة الفصل الأول	81
الفصل الثاني أداء محركات الإحتراق الداخلي	83
2. 1 العوامل المحددة لمواصفات اداء محركات الإحتراق الداخلي	84
2.2 الشغل (Work)	88
2. 3 القدرة (Power)	89
2. 4 العزم (Torque)	91
5.2 معاملات أداء محركات الإحتراق الداخلي	92
6.2 كفاءة المحرك واستهلاك الوقود	100
أسئلة الفصل الثاني	112

الفصل الثالث منظومة الموقف	115
1-3 المقدمة	116
2-3 وظائف نظام الموقف	117
3-3 أنواع الموقفات	117
4-3 منظومة الموقف الهيدروليكي	119
5-3 اجزاء الموقف الهيدروليكي	119
6-3 تصنيف الاسطوانة الرئيسية للموقف	124
7-3 أجزاء الاسطوانة الرئيسة نوع (مزدوجة المكبس) للموقف	126
8-3 عمل الاسطوانة الرئيس للموقف	128
9-3 الموفقات القرصية	132
10-3 الاجزاء الرئيسية للموقف القرصي	133
3- 11 حذاء الموقف (الموقف الهلالي)	137
12-3 الموقف اليدوي	142
13-3 خواص سائل الموقف	143
14-3 نظام منع قفل العجلات	144
15-3 نظام التحكم الفعال في السير	153
16-3 نظام التحكم في أتزان السيارة	154
أسئلة الفصل الثالث	156
الفصل الرابع منظومة التعليق	157
1-4مقدمة	158
2-4 التعليق في السيارات	158
3-4 التعليق الأمامي	159
4-4 أنواع التعليق الأمامي	159
5-4أنواع التعليق الخلفي	163
6-4 المحور الأمامي ذو علبة تروس فرقية	166
7-4 أعمدة القيادة	168
8-4 مقارنة بين السحب الأمامي والدفع الخلفي	170
9-4 مميزات كل من السحب الأمامي والدفع الخلفي	171
10-4 عيوب السحب الأمامي والدفع الخلفي	172
أسئلة الفصل الرابع	174

الفصل الخامس منظومة التوجيه	175
1-5 مقدمة	176
2-5 أنواع أجهزة القيادة	176
3-5 أجهزة التوجيه المساعدة	181
4-5 مكونات أجهزة التوجيه المساعدة	182
5-5 نظام التوجيه الالكتروني	186
6-5 حقيبة الهواء (الوسائد الهوائية)	190
7-5 زوايا االعجلات	194
8-5 موازنة العجلات	203
أسئلة الفصل الخامس	207
الفصل السادس الإطارات المطاطية	209
1-6 مقدمة	210
2-6 واجبات الإطارات المطاطية	210
3-6 صناعة الإطارات	211
4-6 أنواع الإطارات	211
5-6 ضغط الإطار المطاطي	213
6-6 مقاسات الإطارات المطاطية	214
7-6 الرموز والأرقام الموجودة على الإطار المطاطي	215
8-6 أجزاء الإطار	220
9-6 تبديل (تدوير) مواضع الإطارات في السيارة	225
10-6 نظام المراقبة الالكتروني لضغط الإطار (T P M S)	226
11-6 الاحتفاظ بالضغط داخل الإطار	227
اسئلة الفصل السادس	230



الفصل الأول

المحركات

ENGINES



الأهداف :

بعد الانتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على ان :

- يعرف الدورة الرباعية لمحركات ديزل رباعية الشوط .
- يعرف الطالب الدورة الثنائية لمحركات ديزل ثنائية الشوط .
- يعرف الطالب الأجزاء الرئيسة لمحرك ديزل .
- يعرف الطالب اجزاء منظومة وقود محرك ديزل .
- يعرف الطالب منظومة التحكم الألكتروني لمحرك ديزل .
- يعرف الطالب منظومة الشاحن التوربيني .

محرك الديزل (Diesel Engine)

1-1 مقدمة

محرك ألديزل هو أحد المحركات ذات الاحتراق الداخلي حيث يتم احتراق خليط الوقود والهواء داخل اسطوانات المحرك وبذلك تتحول الطاقة الحرارية الى شغل ميكانيكي يستفاد منه.

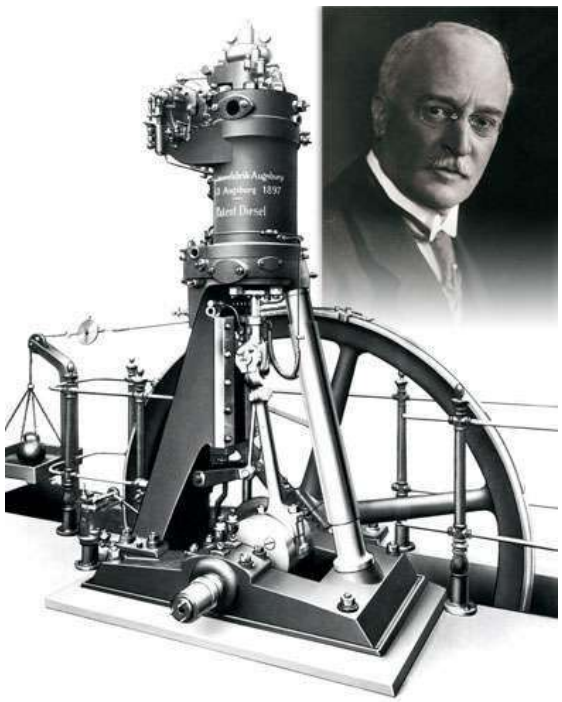
في عام 1892حصل (رودلف ديزل)على براءة اختراع محرك ذي إشعال ذاتي وهو مايسمى بمحرك ديزل . يعمل محرك الديزل رباعي الأشواط كمثيله محرك رباعي الأشواط البنزين غير ان الوقود في محرك الديزل يدخل الى الاسطوانة في نهاية الضغط بشكل رذاذ مما يؤدي الى احتراقه بسبب الحرارة العالية المتولدة من جرّاء ضغط الهواء الداخل الى المحرك في بداية شوط السحب حيث ان انفجار الوقود تتولد قدرة عالية تدفع المكبس في شوط القدرة الى الأسفل لتدير المحرك ذاتيا ولتتعاقب الأشواط التالية .

2-1 نبذة تاريخية عن المخترع والمحرك

ولد (رودولف كريستيان كارل ديزل) في 18 مارس1858في باريس حيث كانت تعيش عائلته وانتقل ديزل الى المانيا في ثمانينات القرن التاسع عشر حيث عمل مهندساً للآت البخارية في مدينة ميونيخ، ولكنه عاد مرة اخرى الى باريس لمواصلة تجاربه على المحركات ، وهناك حصل على براءة اختراع

أول محرك ديزل عام 1892 شكل (1-1) وواصل عمله بعد ذلك لسنوات طويلة في تطوير النموذج الاول لهذا المحرك .لقد احدث اختراع هذا المحرك ثورة على صعيد حركة القطارات والسفن التي كانت تعتمد في تشغيلها على الفحم الحجري بشكل كامل

وتقوم فكرته على أن المحرك الجديد يجب أن يعتمد على مبدأ الإحتراق الداخلي بتحويل الطاقة الكيميائية الكامنة في الوقود الى طاقة حركية، مما يعني الحصول على محرك ذي كفاءة أكبر مقارنة مع المحركات الأخرى.



شكل (1-1) اول محرك ديزل تم اختراعه 1892

ومنذ ذلك التاريخ انتشر اختراع ديزل ومحركه الجديد في كل أنحاء العالم وبدأ استعماله في كل المجالات سواء في تسيير الآلات الكبيرة في المعامل أو توليد الطاقة أو تسيير القطارات والسيارات بمختلف أحجامها وأنواعها.

طور ديزل فكرة المحرك الذي يعمل عن طريق الاشعال المضغوط في العقد الاخير من القرن التاسع عشر، والتي اثمرت عن اختراع أول محرك ديزل في التاريخ.

محرك ديزل يمكن ان يكون ذا اربعة اشواط او ذا شوطين وسيتم شرح كل نوع بالتفصيل.

ان تشغيل محركات ديزل اقتصادية نظرا لأن هذه المحركات تستعمل وقودا أرخص من البنزين وهي تقدم طاقة أكبر. كما انها أبسط ميكانيكيا وهي ليست بحاجة الى نظام الإشعال المعقد ولا تحتاج الى (المفحم) الكاربويتور الموجود في محركات الإحتراق الداخلي العادية. إلاّ انها أثقل - لأن جدران الاسطوانة أسمك كي تكون أقوى لتتحمل الضغط العالي المطلوب - فهي تستعمل عموما لتزويد السيارات بالطاقة .وهي تلاقي تطبيقا واسعا مع ذلك في الشاحنات الضخمة، والحافلات، وعربات الجر في القطارات والسفن وفي المعدات الصناعية ذات الاداء العنيف ، حيث تتطلب الامور طاقة تصل الى 5000 hp قدرة وعليه فان ادء هذه المحركات أكفأ من المحركات الأخرى.

الفرق بين محرك الديزل والبنزين

1- ان المادة المستعملة هي مختلفة وإسم كل من هذين المحركين يأتي من إسم المادة الداخلة في الإحتراق .

2- الضغط الذي يتولد أثناء عمل المحرك في محركات الديزل بطبيعة الحال أقوى من ذلك المتولد في محركات البنزين

3- الحرارة في محركات الديزل ايضا تكون أكبر .. لأن الحرارة متأثرة بالضغط .

4- القدرة المتولدة في محرك الديزل تكون أكبر والتي نعرفها بقدرة حصانية (hp)

والكيلو واط (KW) ولذلك نرى ان كل الشاحنات تقريبا تعمل على محركات الإحتراق الداخلي الديزل وهي من الأكثر شهرة ورواجاً . (أكثر من محركات الإحتراق الخارجي) كما وتعد هذه المحركات أكثر اماناً .. وأكثر صداقة للبيئة .وتشابه في كثيرٍ من المعايير على المستوى الفيزيائي والكيميائي ، فهناك مزيج وقودي في الإثنين يتم حرقه داخل الأسطوانات وتتم فيها العمليات الأربع سواء في الأشواط الأربعة او الثنائية الشوط .

5- التبريد أفضل وهذا أيضا يعود للحرارة العالية في محركات الديزل وفي محركات البنزين فهناك

تبريد ولكنه ليس بحجم ذلك الموجود في ديزل .

6- طريقة الإشتعال في محرك ديزل (بخ الديزل دون استعمال الشمعات) تصدر أصواتا وضجيجاً ينما نلاحظ أن البنزين أكثر هدوءاً.

3-1 وقود الديزل (Diesel Fuel)

يُعرف وقود الديزل بأنه زيت خفيف يستخرج من النفط الخام بطرق التكريرنفسها التي ينتج فيها وقود البنزين ، لزوجة الزيت يجب أن تكون ضمن مواصفات معينة ورقم ستيني (Cetan Number) للاستعمال كوقود ديزل .ومن خواص وقود الديزل :

1- مصاحبة التفاعل الكيميائي له بطاقة والتي ستتحول الى طاقة ميكانيكية .
2- تزييت الأجزاء الميكانيكية لدورة الوقود مثل المضخة والحاقن .
3- تبريد أجزاء المضخة والحاقن (البخاخ) .

4-1 أنواع محركات الديزل :

هناك نوعان رئيسان من محركات الديزل ، المحرك الرباعي الأشواط شكل (1-2). والمحرك الثنائي الأشواط حيث انهما الأكثر شيوعاً في الحياة العملية سيتم الاطلاع عليها لاحقاً.

1-4-1 الدورة الرباعية لمحرك الديزل (الأشواط الأربعة) The Four Stroke Of Diesel Engine

بالنسبة للدورة ذات الاشواط الاربعة فإن المكبس يتحرك أولاً نحو الأسفل بينما تكون فتحة الدخول مفتوحة (السحب). وهذه المرحلة تؤدي الى امتلاء الإسطوانة بالهواء ثم تنغلق فتحة دخول الهواء، وعندما يبتدء المكبس مرحلة الصعود الى الأعلى حيث يضغط الهواء في الإسطوانة (شوط الانضغاط) وقبل أن يصل المكبس الى ذروة ارتفاعه يتم حقن الوقود عبر فوهة خاصة. عندها يمتزج الوقود مع الهواء المضغوط ويشتعل المزيج بتأثير درجة الحرارة الناتجة عن الإنضغاط الشديد والذي ينضغط فيه المزيج الى 1 على 20 مما يسبب ارتفاع حرارة المزيج الى 600°C وأكثر مما يجعل المزيج يشتعل ذاتيا فيحدث الإنفجار. وهكذا يندفع المكبس بشدة نحو الأسفل بتأثير انفجار مزيج الهواء فى الوقود (شوط التمدد أو شوط الطاقة). بعدها يرتفع المكبس من جديد حيث يكون صمام الطرد مفتوحا هذه المرة حيث يدفع أمامه غازات الإحتراق بأسرها (شوط التفريغ). وهكذا تبدأ العملية من جديد بدخول هواء جديد بينما يبدأ المكبس شوطا جديدا للإمتصاص .

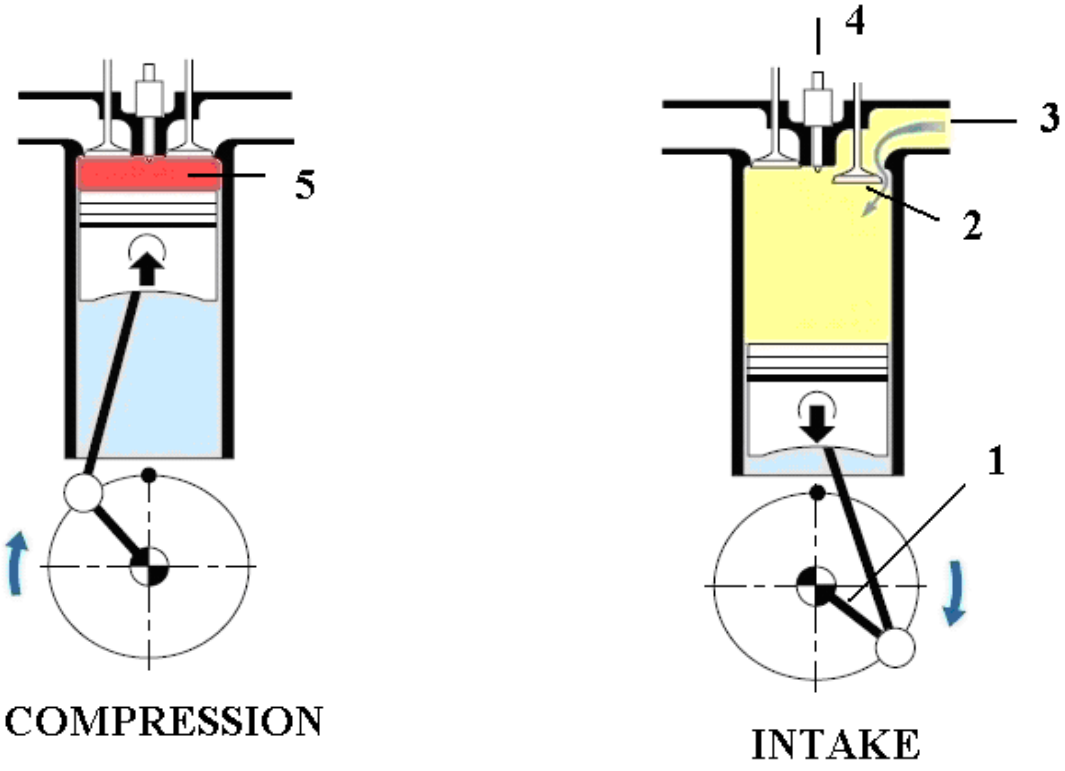
تتكون الأشواط الأربعة من الآتي:

1- شوط السحب حيث يكون فيه صمام السحب مفتوحاً وصمام العادم مغلقاً وذلك لدخول الهواء من خلال صمام السحب .

2- شوط الضغط عنده يكون صماما السحب والعادم مغلقين لضمان ضغط الهواء الداخل الى الاسطوانة في شوط السحب .

3- شوط القدرة حيث يحقن الوقود على شكل (رذاذ) داخل غرفة الإحتراق ليولد قدرة عالية نتيجة تمدد الغازات ويدفع المكبس الى النقطة الميتة السفلى ويكون صماما السحب والعادم مغلقين .

4- شوط العادم حيث يفتح صمام العادم لطرد الغازات المحترقة.لاحظ الشكل (1-2)



شوط السحب شوط الضغط

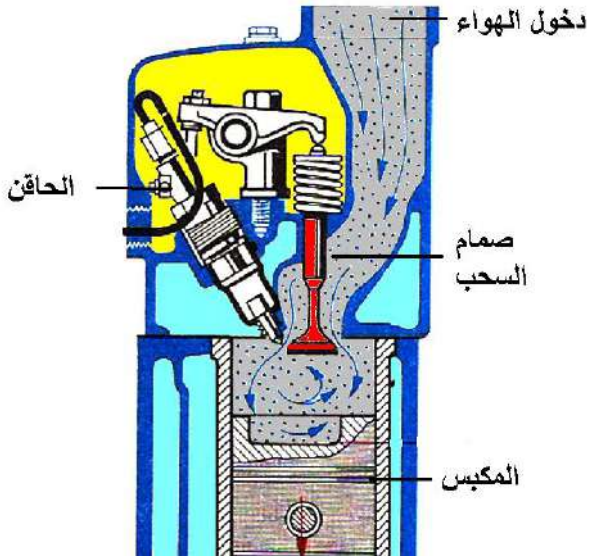
شوط القدرة شوط العادم

1-محور عمود المرفق	2- صمام الدخول	3- دخول هواء
4- حاقن	5- هواء ساخن	6- حقن 7- النقطة الميتة العليا
8- النقطة الميتة السفلى	9- خروج العادم	

شكل (1-2) مخطط الأشواط الأربعة لمحرك الديزل

1- شوط السحب (Intake Stroke):

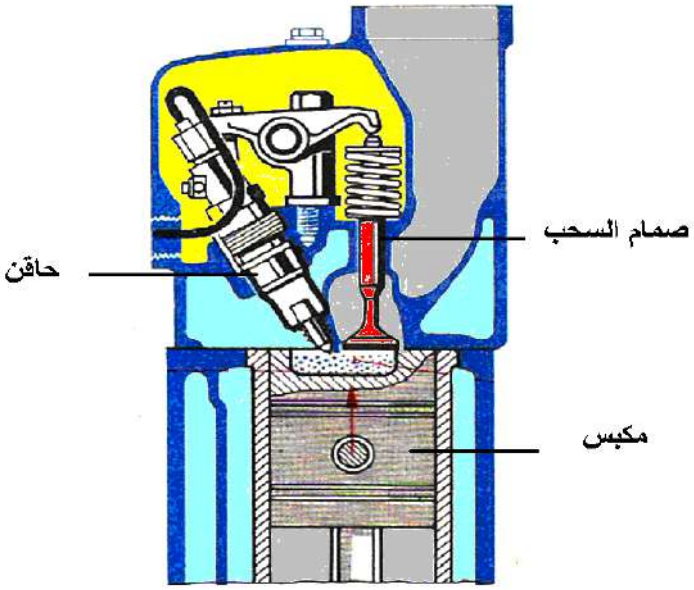
وفيه يكون صمام السحب مفتوحاً وصمام العادم مغلقاً ، ويتحرك المكبس من (ن.م.ع) وهي النقطة الميتة العليا (أعلى نقطة يصلها المكبس في الإسطوانة عند صعوده الى الأعلى) الى (ن.م.س) وهي النقطة الميتة السفلى (أوطأ نقطة يصلها المكبس في الإسطوانة عند نزوله الى الأسفل) شكل (1-2) مسبباً انخفاض قيمة الضغط داخل الإسطوانة مما يؤدي الى سحب الهواء لملء حيز الإسطوانة فوق سطح المكبس وعند وصول المكبس لنهاية مشواره عند (ن.م.س) يكون عمود المرفق قد دار ° 180 من زوايا عمود المرفق شكل (1-3) .



شكل (1-3) شوط السحب

2- شوط الضغط (Compression Stroke) :

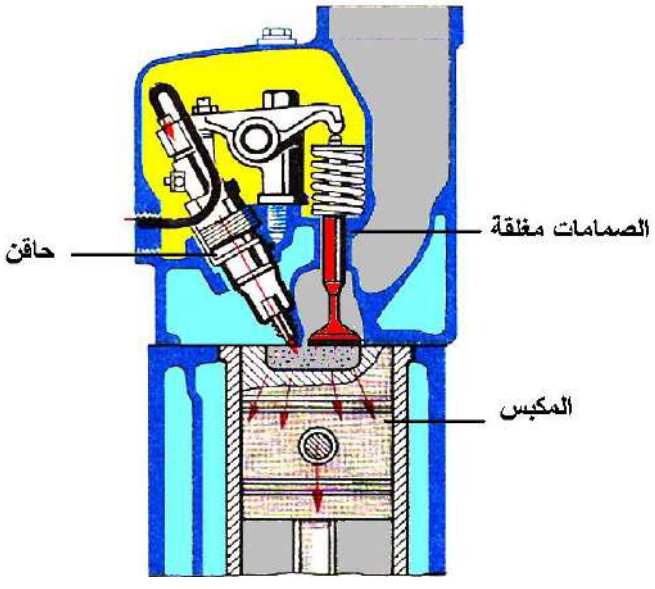
وفيه يكون صمام السحب والعادم مغلقين ويتحرك المكبس من (ن.م.س) الى (ن.م.ع) مسبباً ارتفاعاً كبيراً في ضغط الهواء يتراوح بين (30bar الى 37bar) مسبباً رفع حرارة الهواء لتصل من(500°C الى 600°C). وقبل وصول المكبس الى (ن.م.ع) بعدة درجات من زوايا عمود المرفق يحقن الوقود السائل ذو الضغط المرتفع على صورة مخروط من الرذاذ يتفاعل مع الهواء المضغوط الساخن حتى يبدأ ظهور اللهب وتبدأ مرحلة الارتفاع السريع في الضغط داخل حيز سطح المكبس ويدفع هذا الضغط المكبس للحركة لأسفل لبدء شوط القدرة . وعند وصول المكبس الى (ن.م.ع) في نهاية شوط الضغط يكون عمود المرفق قد دار°360 درجة من زوايا عمود المرفق شكل (1-4).



شكل (1-4) شوط الضغط

3- شوط القدرة (Power Stroke) :

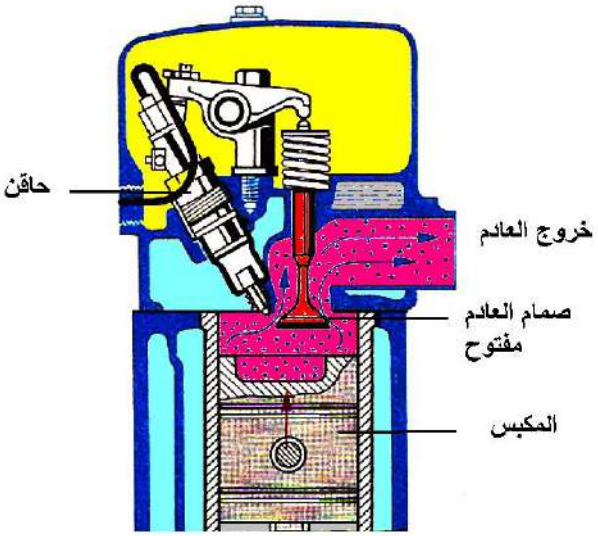
وفيه يعمل ضغط الإحتراق على دفع المكبس للحركة نحو الأسفل وتتحول هذه الحركة عن طريق ذراع التوصيل الى قدرة مستفادة عند المرفق ويصل ضغط الإحتراق حوالي 150 bar فوق سطح المكبس وتصل درجة الحرارة بين (1600 °C الى 2000 °C) وقبل وصول المكبس الى (ن.م.س) بحوالي 20° من زوايا عمود المرفق يفتح صمام العادم حيث يستفاد من قيمة الضغط العالي داخل الإسطوانة لطرد جزء كبير من العادم . وعند وصول المكبس الى (ن.م.س) في نهاية شوط القدرة يكون العمود قد دار 540° من زوايا عمود المرفق شكل (1-5) .



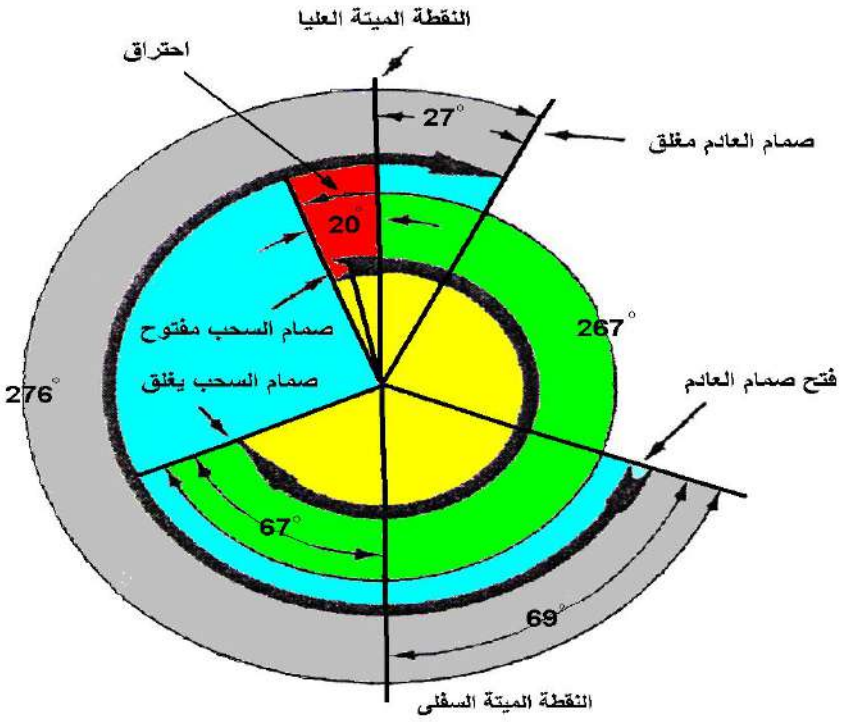
شكل (1-5) شوط القدرة

4- شوط العادم (Exhaust Stroke) :

وفيه يكون صمام العادم مفتوحاً وصمام السحب مغلقاً ويتحرك المكبس الى ألأعلى طارداً العادم من الإسطوانة حتى يصل الى (ن.م.ع) ، وقبلها بعدة درجات من زوايا عمود المرفق يفتح صمام الشحن (السحب) استعداداً لشحن المحرك بشحنة جديدة في بداية دورة جديدة شكل (1-6) . وعند وصول المكبس إلى (ن.م.ع) يكون عمود المرفق قد دار °720من زوايا عمود المرفق أي لفتين كاملتين . والشكل (1-7) يبين مخطط توقيت الصمامات لمحرك الديزل الرباعي الأشواط .



شكل (1-6) شوط العادم



شكل (1-7) مخطط توقيت الصمامات لمحرك الديزل الرباعي الاشواط

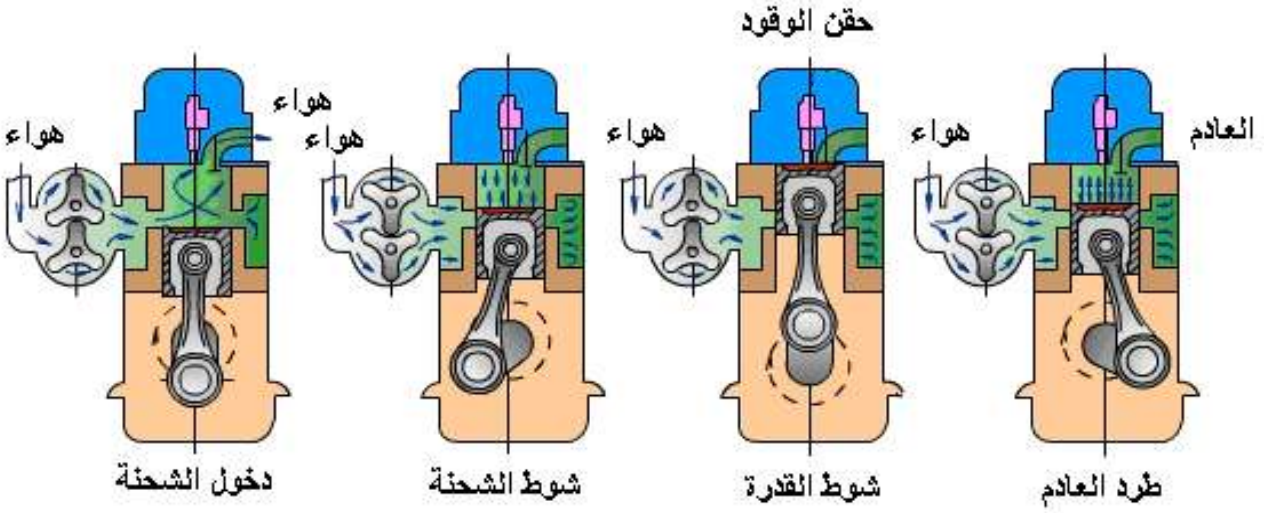
1-4-2- محرك الديزل الثنائي الدورة (Two Cycle Diesel Engine) :

تستعمل محركات الديزل الثنائية الدورة في مجال الأحمال العالية والقدرات الكبيرة . يعد مجال استعمال محرك البنزين الرباعي الدورة هو مجال الأحمال الخفيفة

ان محرك الديزل ذا الشوطين مماثل لنظيره ذي الأشواط الأربعة باستثناء ان غازات تطرد من الإسطوانة بوساطة طارد خاص عندما يكون المكبس في وضعية الحجم الأعظم تقريبا. وفي الوقت ذاته تزود مروحة هواءً جديداً لمزجه مع الوقود عندما يصل المكبس الى وضعية الحجم الأعظم. في هذا المحرك فان الإحتراق يحدث كل دورة، بينما يحدث كل دورتين بالنسبة للمحرك رباعي الأشواط، كما ان معظم محركات الديزل الكبيرة تستعمل الدورة ذات الشوطين.

1-4-2-1- دورة محرك ديزل الثنائي الأشواط :

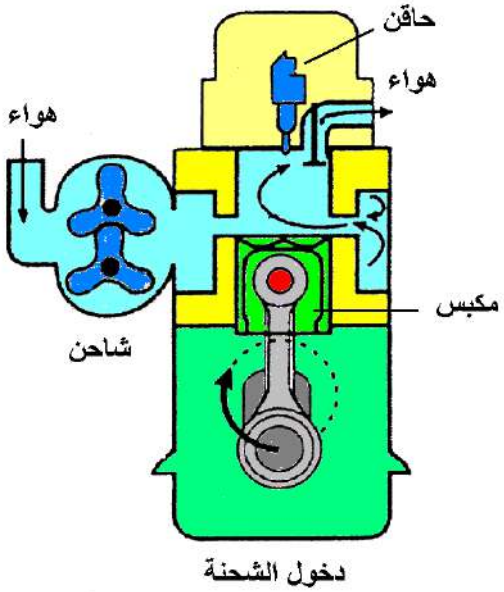
يوجد في هذه الدورة شوطان للمكبس أحدهما للأعلى والآخر للأسفل شكل (1-8) ، عند حركة المكبس الى الأعلى يتم دخول الهواء وضغطه عن طريق المكبس وتدخل شحنة الوقود عن طريق البخاخات فيبدأ شوط القدرة وعند حركة المكبس الى الأسفل يحصل شوط القدرة مع طرد (كسح) لغازات العادم .



شكل (1-8) دورة محرك ثنائي لمحرك ديزل

1- دخول الشحنة (Intake) :

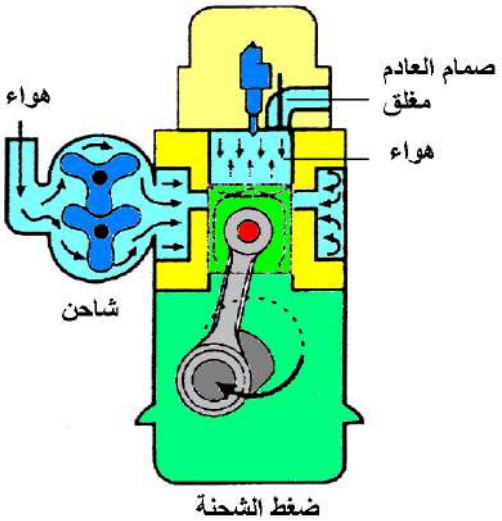
عند بدء المكبس من (ن.م.س) الى (ن.م.ع) تكون فتحات الشحن المشكلة بجدران الإسطوانة مكشوفة ويدفع الهواء عن طريق شاحن خارق (Supercharger) يدفع الهواء الى الإسطوانة مسبباً حركة دوامية كبيرة داخل الإسطوانة بسبب ارتفاع ضغط الشحن أو بسبب وجود تشكيل بسطح المكبس وتعمل هذه الدوامة على طرد (كسح) بقايا العادم المتخلفة من الدورة السابقة خلال صمام العادم العلوي شكل (1-9) .



شكل (1-9) دخول الشحنة الى محرك ديزل ثنائي الشوط

2-ضغط الشحنة (Compression) :

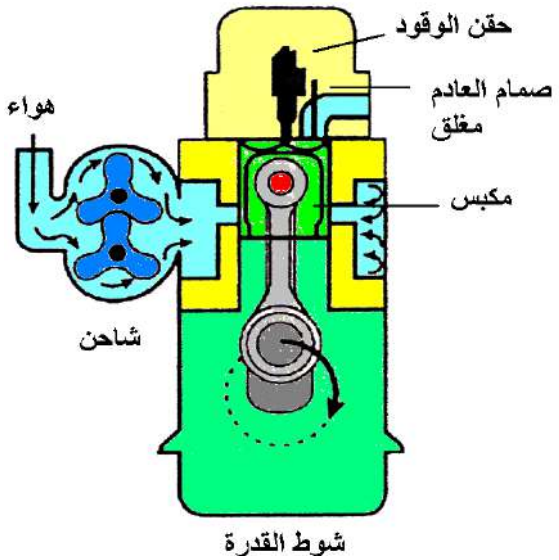
يبين الشكل (1-10) حركة المكبس نحو الأعلى بعد اغلاق جسم المكبس لفتحات الشحن ، ومع استمرار حركة المكبس الى الأعلى يرتفع الضغط داخل الاسطوانة وقبل وصول المكبس الى (ن.م.ع) بعدة درجات من زوايا عمود المرفق يحقن الوقود السائل ذي الضغط العالي على شكل مخروط من الرذاذ يتفاعل مع الهواء المضغوط الساخن حتى يبدأ ظهور اللهب وتبدأ مرحلة الارتفاع السريع للضغط داخل حيز الخلوص ليضغط على سطح المكبس ويدفعه نحو الأسفل وبذلك يتم الحصول على القدرة المطلوبة.



شكل (1-10) ضغط الشحنة في محرك ديزل ثنائي الشوط

3- شوط القدرة (Power stroke) :

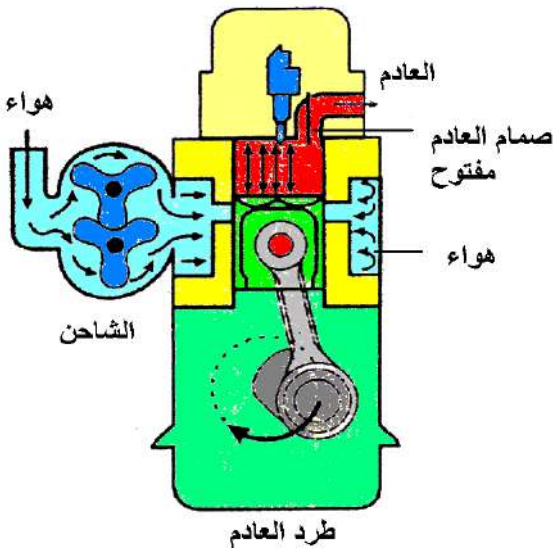
عند حركة المكبس من (ن.م.ع) الى الأسفل تحت تأثير ضغط اللهب نحصل على قدرة عالية على عمود المرفق وتستمر حركة المكبس الى الأسفل حتى تظهر فتحات الشحن مرة أخرى . شكل (1-11) .



شكل (1-11) شوط القدرة في محرك ديزل ثنائي الشوط

4- طرد العادم (Exhaust) :

قبل ظهور فتحات الشحن بفترة وجيزة تفتح صمامات العادم حيث تندفع غازات العادم العالية الضغط للخارج ويساعد الهواء المضغوط القادم من فتحات الشحن على اكمال عملية طرد العادم شكل (1-12) ، فضلاً عن تبريد جسم المحرك حيث يبنى حول الاسطوانات ما يطلق عليه صندوق الهواء والذي يحيط بالإسطوانات على طول محيطها .



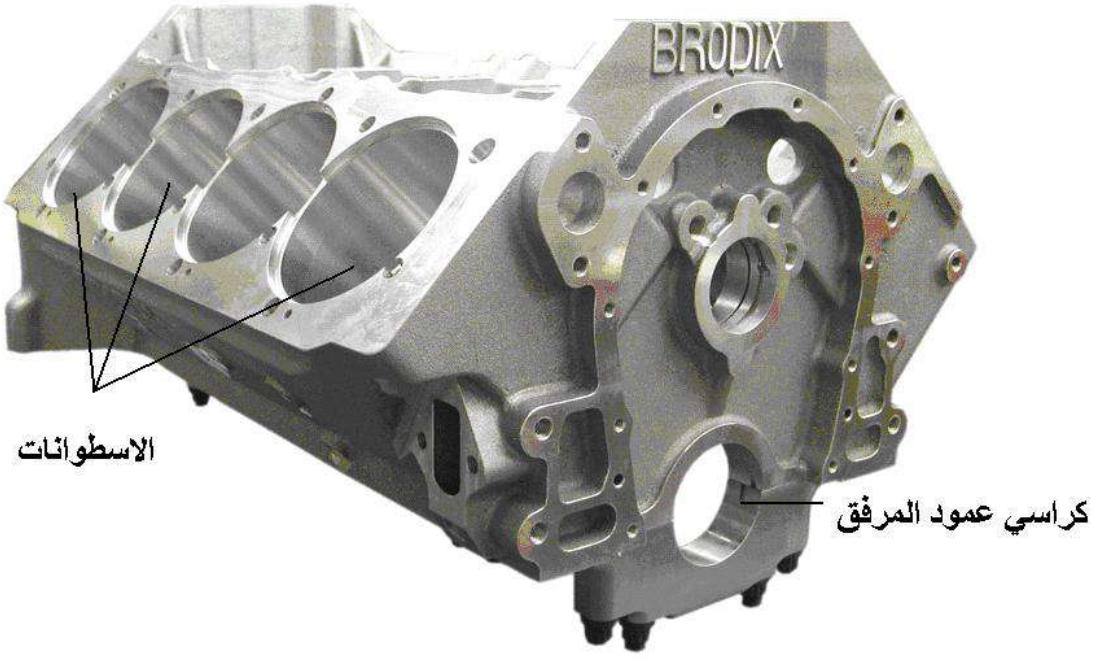
شكل (1-12) طرد العادم في محرك ديزل ثنائي الشوط

5-1 اجزاء الرئيسة لمحرك ديزل رباعي الشوط

1- كتلة الإسطوانات (Cylinder Block) :

تصنع غالباً من الحديد الزهر الرمادي لما له من خواص تزليق عالية ، ويستعمل حديد الزهر الرمادي بصفة خاصة لصنع الإسطوانات المبردة بالماء أما الإسطوانات المبردة بالهواء فتصنع غالباً من سبائك الألمنيوم وتمتاز بالتوصيلة الآلية للحرارة الى جانب خفة الوزن وتبلغ موصليتها الحرارية نحو ثلاثة أمثال قيمتها للحديد الزهر .

ومع زيادة الموصلية الحرارية يمكن تسريب كمية حرارة عالية تسمح برفع نسبة الإنضغاط مما يؤدي الى زيادة الكفاءة الحرارية للمحرك أو انخفاض استهلاك الوقود وزيادة القدرة المستفادة .وتطلى الأسطح الداخلية للإسطوانات المصنعة من سبائك الألمنيوم بالكروم لتحسين خواص التزليق أو قد تصب جلبة خفيفة من حديد الزهر شكل (1-13) .

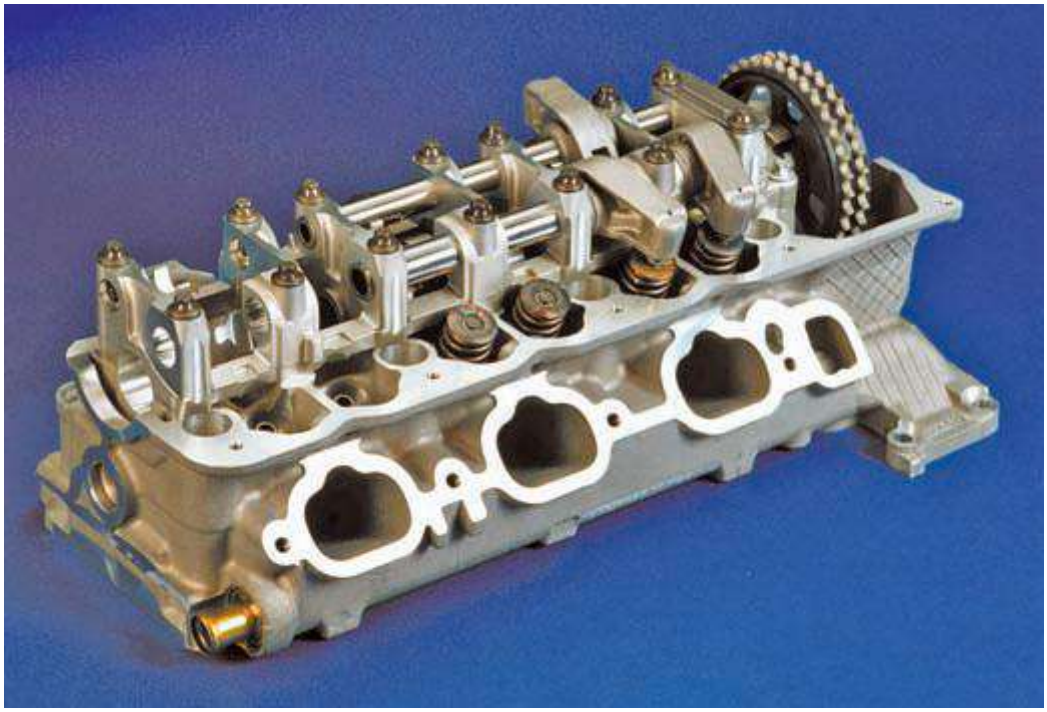


شكل (1-13) كتلة الإسطوانات لمحرك ديزل (نوع V8)

2- رأس كتلة الإسطوانات (Cylinder head) :

تصنع من الحديد الزهر أو من سبيكة من الألمنيوم وتحتوي على قنوات ومجاري مياه التبريد والتزييت ، كما تحتوي على تجاويف تشكل غرف الإحتراق ، وتحتوي أيضاً على قواعد وأدلة الصمامات ، كذلك تشكل أثناء عملية السباكة مجاري لدخول الهواء أو الشحن وخروج العادم .

وقد تحتوي على فتحات مقلوظة لتركيب الحاقنات ، وأيضاً في المحركات ذات الإحتراق غير المباشر يحتوى الرأس على غرف أو خلية هواء لعمل احتراق متقدم لجزء من الوقود ، وفي الأنظمة الأكثر حداثة أصبحت الغرف جميعها مشكلة في سطح المكبس شكل(1-14) .



شكل (1-14) رأس كتلة الاسطوانات

3- حشوة رأس كتلة الاسطوانات (Head Gasket) :

تصنع من الاسبستوس والمعدن وتستعمل لمنع تسرب غازات الإحتراق الى الغرف المجاورة أو الى مجاري الزيت أو الماء والجزء المعدني يتكون من لوحين مصنوعين من الحديد أو النحاس.

4- المكبس (Piston) :

يتعرض المكبس الى مجموعة من الإجهادات العالية الناتجة عن ضغط الإحتراق وعن الحرارة العالية التي تبلغ عند مركز السطح نحو 400 °C فضلاً عن الإحتكاك مع جدران الإسطوانة ، ولذلك يصنع من سبائك الألمنيوم التي تصنع بالكبس ولا يستعمل الحديد الزهر نظراً لزيادة وزنه مقارنة بالألمنيوم .

أجزاء المكبس :

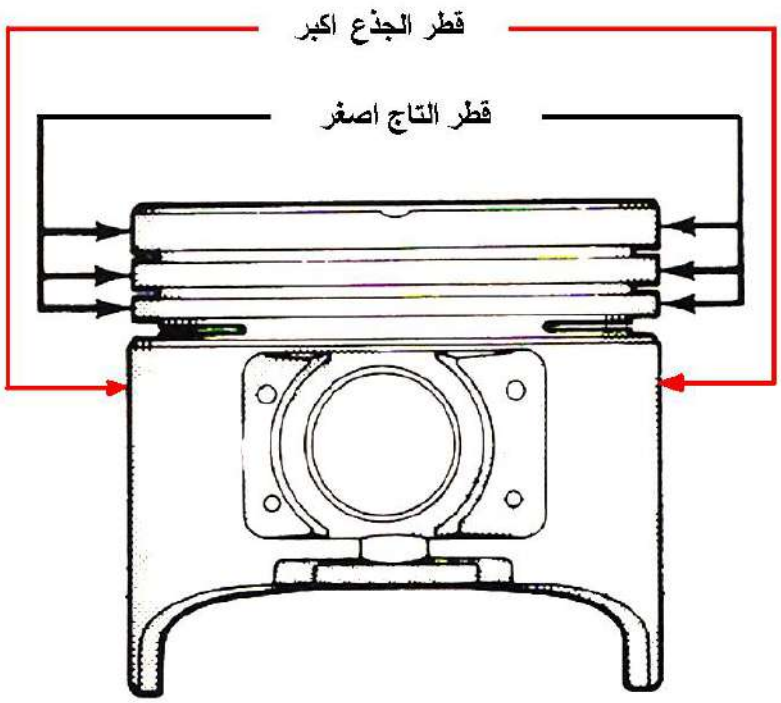
يتكون المكبس من (تاج المكبس) و(منطقة الحلقات) و(الجذع) و(محور المكبس) لاحظ الشكل (1-15) .



شكل (1-15) أجزاء المكبس

خلوص المكبس

تتوقف درجة حرارة المكبس على طريقة تشغيل المحرك ونوع التبريد ، ان درجة حرارة مركز سطح المكبس في محرك الديزل قد تتجاوز400°C وتصل درجة الحرارة عند الجذع لنحو 120°C وينشأ عن هذا الاختلاف في درجات الحرارة اختلافاً كبيراً من مقدار التمدد الحراري لرأس المكبس عن جذعه ويؤدي التجمع الكبير للمعدن عند رأس المكبس الى تمدد حراري أكبر في هذه المنطقة وفي اتجاه محور(صرة) المكبس ولذلك فان قطر المكبس عند التاج دائما يكون أقل من قطر الجذع كما هو في الشكل (1-16) .



شكل (1-16) رسم تخطيطي لأجزاء المكبس يبين قطر التاج (رأس المكبس) دائماً يكون اصغر من قطر الجذع

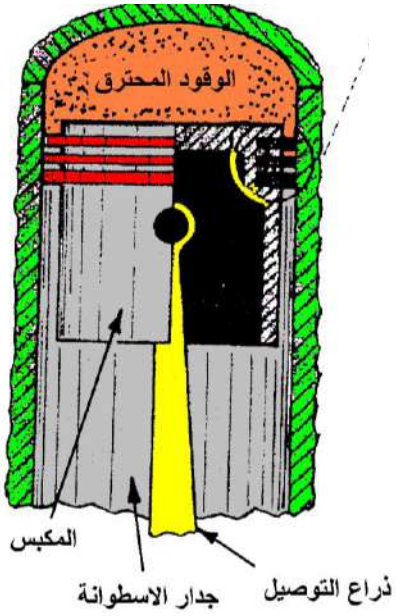
حلقات المكبس (رنكات) (Piston Rings) :

تعمل حلقات المكبس على منع تسرب غازات الإحتراق الى علبة المرفق وكذلك منع وصول زيت التزييت لغرف الاحتراق فضلاً عن تقليل أسطح احتكاك المكبس مع الإسطوانة وتسريب حرارة المكبس خلالها . وتقسم هذه الحلقات الى نوعين :

أ- حلقات إحكام الضغط (Compression Rings) :

يتميز هذا النوع والذي يركب في المجرى العلوي الأول والثاني للمكبس بمعالجة حرارية عالية حيث يضاف اليه النيكل كروم الذي يتحمل درجات الحرارة العالية وتركب في محركات البنزين حلقتي ضغط وحلقة تزييت واحدة أما في محركات الديزل فقد تستعمل الى جانب حلقتي الضغط حلقتين من حلقات التزييت وخاصة في المحركات الكبيرة حيث تركب حلقة في أعلى محور المكبس والأخرى تحتها . ولكل حلقة من الحلقات خلوص طرفي يزداد كلما زاد قطر المكبس شكل (1-17) .

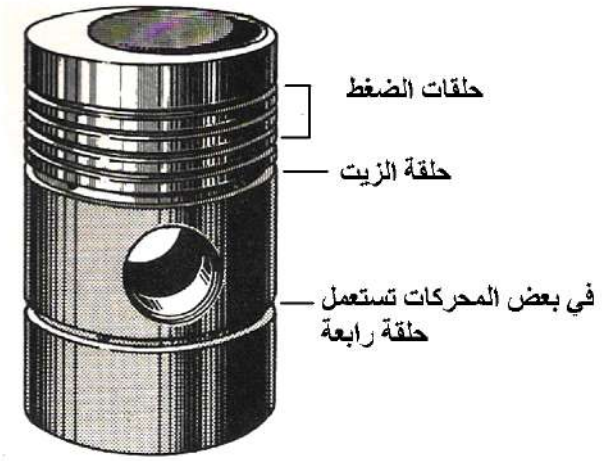




شكل (1-17) حلقات المكبس

ب- حلقات التزييت (Oil Rings) :

تقوم بكسح زيت التزييت الزائد من على جدران الإسطوانة وتمنع تسربه الى داخل غرف الإحتراق حيث يجمع خلال مجاري وثقوب الحلقات ويعود الى حوض الزيت من خلال ثقوب في مجرى حلقات التزييت بالمكبس شكل (1-18) .

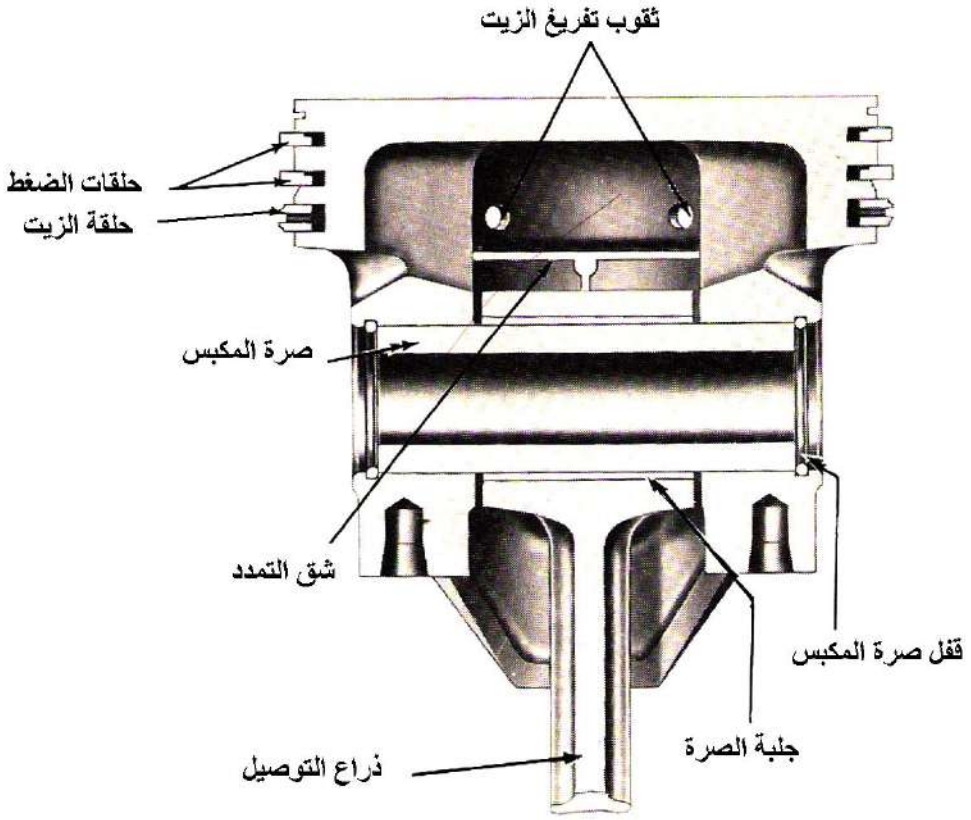




شكل (1-18) مناطق حلقات الضغط والتزييت

محور المكبس (Piston Pins) :

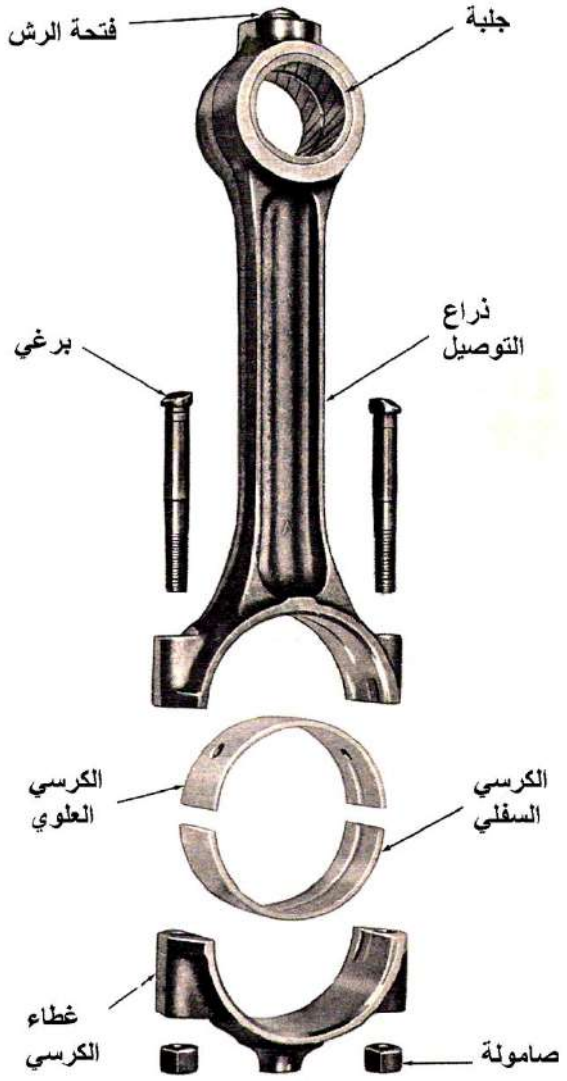
يقوم المحور بنقل القوة الناتجة عن ضغط الإحتراق على سطح المكبس الى ذراع التوصيل ، ويتعرض لإجهاد وقص وانحناء و يصنع من الصلب الصلد ويركب المحور(البنز) في سرة المكبس بخلوص حر من الحركة الطولية والخروج من موضعه بوساطة حلقتي إحكام نابضة مشقوقة تركب في تجويف في محور المكبس شكل (1-19) .



شكل (1-19) رسم تخطيطي لمحور المكبس

5- ذراع التوصيل (Connecting Rod) :

يقوم ذراع التوصيل بنقل قوة ضغط الإحتراق من المكبس الى عمود المرفق ،وكذلك تحويل الحركة الترددية الى دورانية عند المرفق شكل (1-20) . يتعرض ذراع التوصيل لاجهادات عديدة منها الضغط والشد والإنحناء وتصنع أذرع التوصيل من سبائك الصلب المحتوية على الكروم والمنغنيز والسليكون . يتم تزييت محور المكبس من الزيت المتساقط من مجاري المكبس ومجاري الزيت وكذلك من الزيت الذي يصله من خلال ثقب النهاية الصغرى لذراع التوصيل .

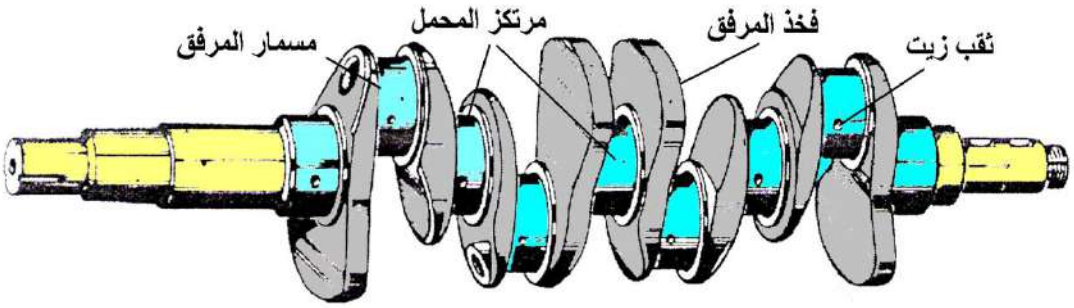


شكل (1-20) ذراع التوصيل

يشكل مقطع الساعد على شكل عصب حرف H والذي يتميز بمقاومة عالية للانبعاج كما يسمح بانتقال متدرج للساعد الى كل من النهايتين الصغرى والكبرى . وتحيط النهاية الكبرى لذراع التوصيل بالمحور المتحرك لعمود المرفق وتصنع من نصفين بمحامل انزلاق منقسمة الى قسمين لسهولة التركيب حول محور عمود المرفق ويثبت النصفين بوساطة براغي مقاومة للإنهيار وتركب السبائك (المحامل) بين النهايات الكبرى ومحاور عمود المرفق والتي تصنع من حديد الصلب المبطن بطبقة لينة تتكون من سبيكة نحاس ورصاص أو نحاس وانتيمون حيث تكون لينة ولاتسبب تآكل كبير لمحاور عمود المرفق عند عدم وصول الزيت اليها .

6- عمود المرفق (Crankshaft) :

يتعرض عمود المرفق الى إجهادات انحناء والتواء واحتكاك ولذلك يصنع العمود من الصلب المشكل بوساطة الحدادة ، ثم تخرط أماكن المسامير وتثقب قنوات الزيت ثم تصلد أسطح المحامل وأسطح محامل العمود . وفي المحركات الثنائية يكون عمود المرفق مقسوماً الى جزئين بحيث يسمح بتركيب أذرع توصيل ذات نهايات كبرى غير مقسمة شكل (1-21) .

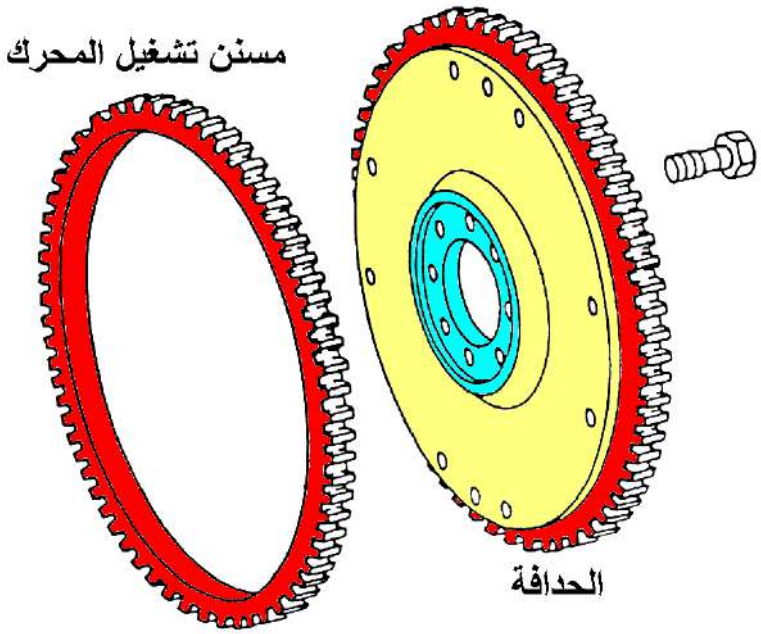


شكل (1-21) عمود المرفق

تتم عملية موازنة عمود المرفق عن طريق تشكيل مجموعة من كتل الإتزان على طول عمود المرفق وعند دوران العمود بسرعة تتراوح في المتوسط مابين (2000rpm إلى 3000) ، وعند وجود اختلاف في توزيع الكتل تحدث اهتزازات كبيرة قد تؤدي الى كسر العمود ، ولتفادي ذلك يتم عمل موازنة للعمود ، ويستعمل في ذلك معدات موازنة خاصة ، وفي محركات الديزل الكبيرة يمكن فك وتركيب كتل الإتزان على العمود .

7- الحدافة (Flywheel) :

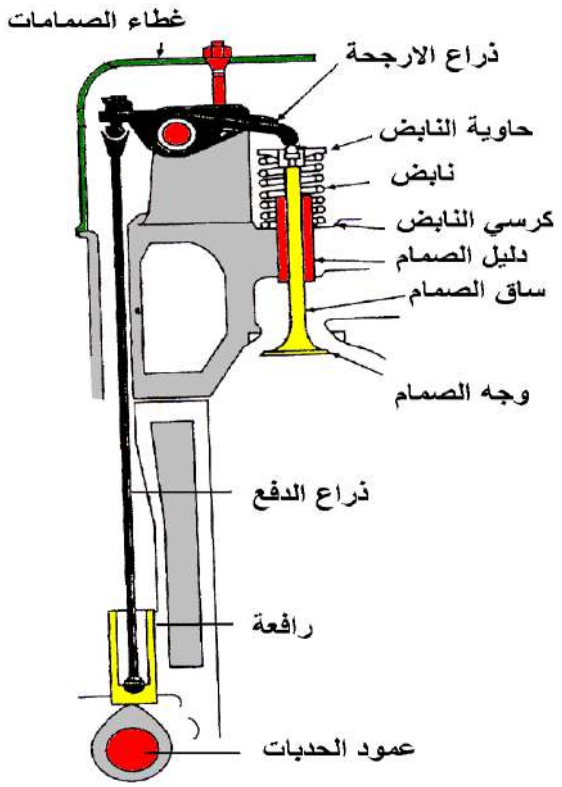
تتصل بعمود المرفق وتعمل كمخزن للطاقة خلال الشوط الفعال وتدير المحرك خلال الأشواط غير الفعالة . ويثبت على محيط حافة الحدافة ترس حلقي خاص ببدء التشغيل وتصنع الحدافة من الصلب أو من حديد زهر خاص تقل فيه نسبة الكرافيت شكل (1-22) .



شكل (1-22) الحدافة

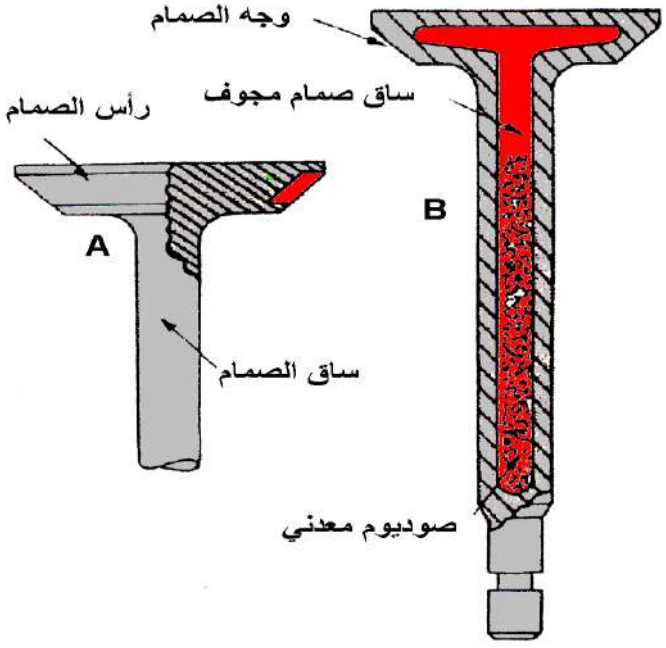
8- آلية توقيت الصمامات : (Timing Gears)

تستعمل الصمامات للتحكم في دخول الشحنة (محرك البنزين) أو دخول الهواء (محرك ديزل) أو لخروج غازات العادم بعد اكتمال شوط القدرة ويتكون الصمام من رأس وساق ويشكل رأس الصمام بشكل مخروطي ،يعمل على الإحكام الجيد لمنع تسرب الضغط من خلال مقعد الصمام . وعادة يكون قطر رأس صمام دخول الشحنة أكبر من قطر صمام العادم نظراً للزيادة الكبيرة لسرعة سريان العادم ذي الضغط العالي عن سرعة الشحنة المنخفضة الضغط عند صمام الدخول ، الشكل (1-23) يبين آلية توقيت الصمام حيث يؤثر عمود الحدبات (Camshaft) على التابع (Lifter) الذي يدفع ساق الدفع (Push Road) ليحرك الذراع المتأرجح (Rocker Arm) للصمام فيدفع الحافضة العليا للنابض (Spring Retainer) لتضغط نابض الصمام (Spring) وبالتالي يتحرك الصمام (Valve) داخل دليل الصمام (Guide) حيث يتم فتح الصمام .



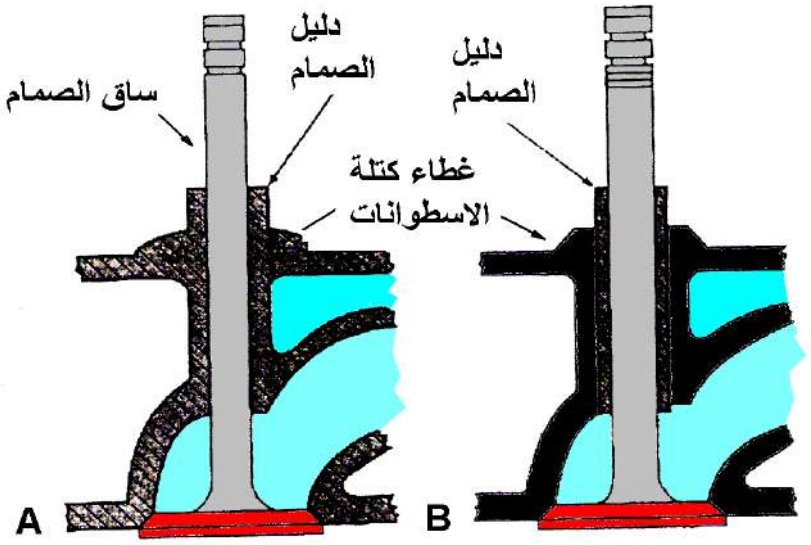
شكل (1-23) آلية توقيت الصمامات

وقد يصنع ساق الصمام بحيث يحتوي على صوديوم معدني يتحول الى سائل عند درجات الحرارة العالية ، وينقل السائل الحرارة العالية من رأس الصمام الى الساق ومنه الى دليل الصمام ، حيث يتم تسريب الحرارة الى رأس الإسطوانات شكل (1-24) .



شكل (1-24) الصمامات التي تحتوي على صوديوم

يعمل دليل الصمام على تحديد مركز حركة الصمام فضلاً عن تسريب الحرارة من الساق الى جسم رأس الاسطوانة وتصنع أدلة الصمامات من الحديد الزهر الرمادي وتركب في رأس الاسطوانات بحيث يمكن استبدالها عند زيادة تآكل القطر الداخلي لها . كما يوجد نوع آخر من أدلة الصمامات يتكامل مع رأس الاسطوانات أي مشكل مع الرأس ولا يمكن تغييره شكل (1-25) .



شكل (1-25) A- دليل صمام لايمكن تبديله B - دليل صمام يمكن تبديله

تعمل نوابض الصمامات على سرعة غلق واحكام الصمامات على قواعدها وغالبا يستعمل نابضين متداخلين ، وذلك لمنع سقوط الصمام داخل الاسطوانة في حالة انهيار أحد النوابض .

9- عمود الحدبات (Cam Shaft) :

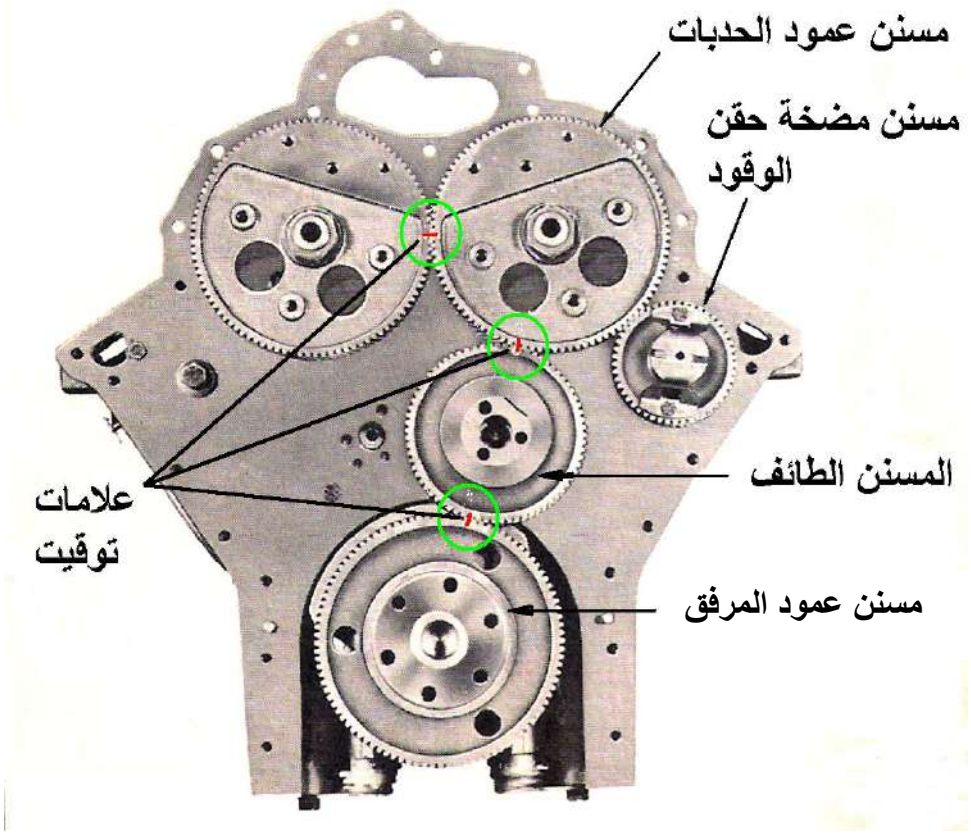
يعمل عمود الحدبات على فتح الصمامات حسب التوقيت المناسب، وقد يؤثر العمود على نوابض الصمامات مباشرة كما في ادارة الصمامات العلوية أو عن طريق سيقان دفع ، ويصنع العمود من الحديد المصلد أو حديد زهر ذي جرافيت كروي ويركب على عمود الحدبات ترس إدارة يستمد حركته من ترس عمود المرفق شكل (1-26) .



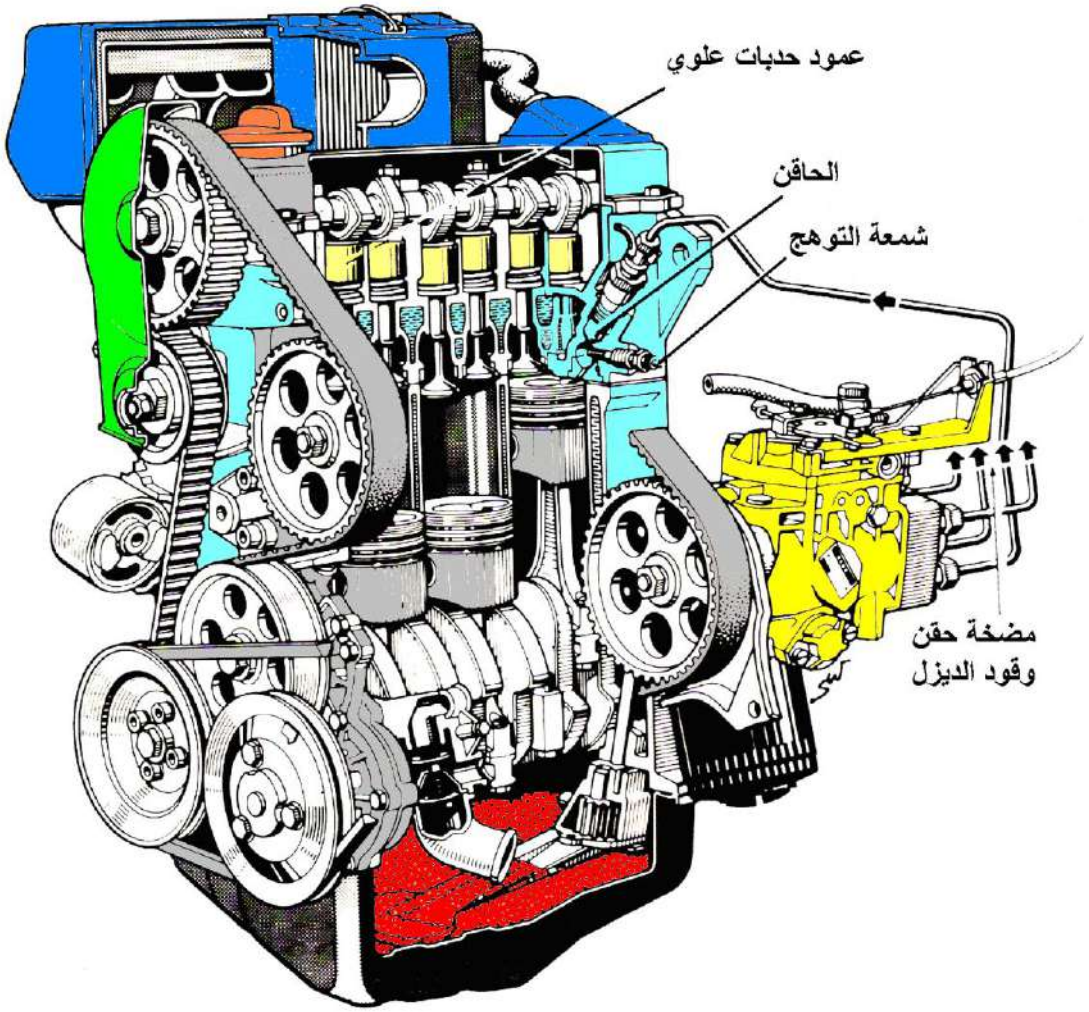
شكل (1-26) عمود الحدبات

وتوجد علامات (Timing Marks) على أسنان التروس حتى تضمن التوقيت الصحيح لآلية الصمامات وتوقيت حقن الوقود في نهاية شوط الضغط وقد يتم إدارة العمود بوساطة سير مطاطي أو سلسلة معدنية ، وفي المحرك الرباعي الأشواط يدور عمود الحدبات بنصف سرعة عمود المرفق ولذلك نجد أن عدد أسنان ترس عمود الحدبات ضعف عدد أسنان ترس عمود المرفق شكل (1-27) .

في معظم المحركات الحديثة الآن تستعمل آلية توقيت الصمامات ذات عمود الحدبات العلوي الذي يعمل على الصمامات مباشرة لتوفير آلية سيقان الدفع وتقليل قوى القصور الذاتي للكتل عند السرعات العالية شكل (1-28) حيث يتم استعمال المسنن الطائف شكل (1-27) كوسيط لإيصال الحركة من مسنن عمود المحور عمود المرفق الى مسنني عمود الحدبات.



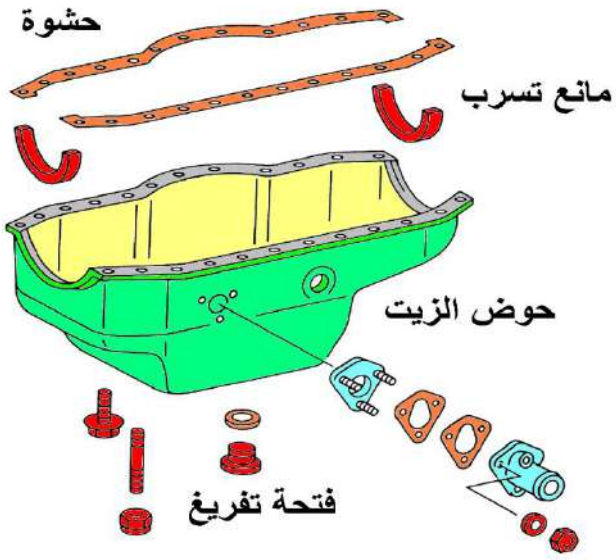
شكل (1-27) علامات التوقيت على مسننات التوقيت



شكل (1-28) آلية توقيت الصمامات ذات عمود الحدبات العلوي لمحرك ديزل

10- حوض الزيت (Oil Pan) :

اخر جزء يركب أسفل المحرك ويثبت مع كتلة الإسطوانات بوساطة حشوة من الفلين أو الاسبستوس ومجموعة من البراغي ، ويصنع حوض الزيت من شرائح الصلب أو الألمنيوم ، وتوجد استعمالات حديثة لاحواض البلاستيك المعالج . ويمثل حوض الزيت مخزن للزيت وغطاء لعمود المرفق ، وتوجد فتحة سفلى لتفريغ الزيت تثبت في نهايتها قطعة مغناطيس لتجميع القطع معدنية ناتجة عن تآكل الأجزاء المعدنية في المحرك ، شكل (1-29) .



شكل (1-29) حوض الزيت لمحرك ديزل

6-1 الاجزاء الرئيسة لمحرك ديزل ثنائي الشوط

لا تختلف مكونات محرك ديزل ثنائي الشوط عن مكونات محرك ديزل رباعي الشوط الا في شكل الاسطوانة ، ووجود النافخ في محرك ديزل ثنائي الشوط والذي يتكون من :

أ- الاسطوانة (Cylinder) :

اسطوانة محرك ديزل ثنائي الشوط النوع المبتل في الشكل (1-30) ، تصنع من سبيكة حديد الزهر وتثبت في كتلة الإسطوانات وذلك عن طريق ادخالها حشرياً من الأعلى . اما من الأسفل فتثبت بوساطة حلقة مطاطية مثبتة في كتلة الإسطوانات لتجنب نضوح سائل التبريد الى علبة المرفق أو صندوق الهواء تحتوي الإسطوانة على فتحات لدخول الهواء ، هذه الفتحات متساوية في المسافات ومصنوعة لتكون حركة الهواء دوامات متماثلة للهواء عند دخوله الى الاسطوانة نتيجة الضغط المتولد من ضاغط الهواء .

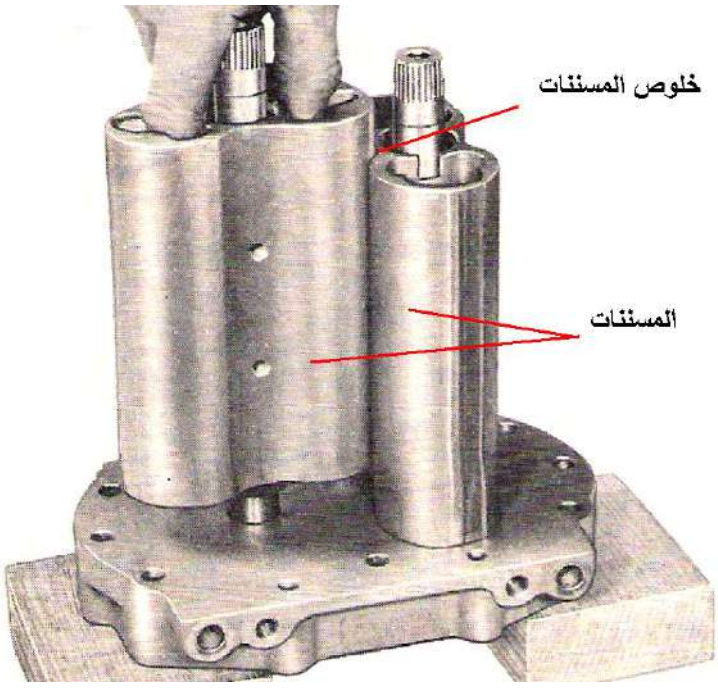
ب- الضاغط (المنفاخ) (Blower) :

المنفاخ عبارة عن مضخة تقوم بتجهيز المحرك بالهواء المطلوب للإحتراق . عمل المنفاخ يشبه عمل مضخة الزيت ذات التروس ، إذ أن مسننين طويلين شكل (1-31) متراكبين يدوران في بيت المنفاخ مثبتين الى جانب المحرك شكل (1-32) يأخذان الحركة من مسننات التوقيت ، وفي المحركات التي تكون على شكل حرف V المنفاخ يوضع بين الإسطوانات شكل (1-33) .

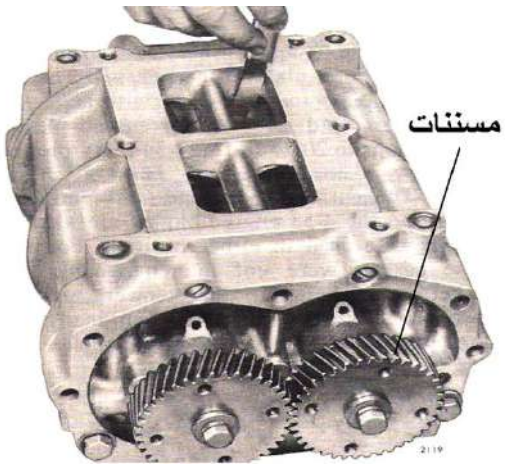


شكل (1-30) جلبة اسطوانة محرك ديزل ثنائي الشوط

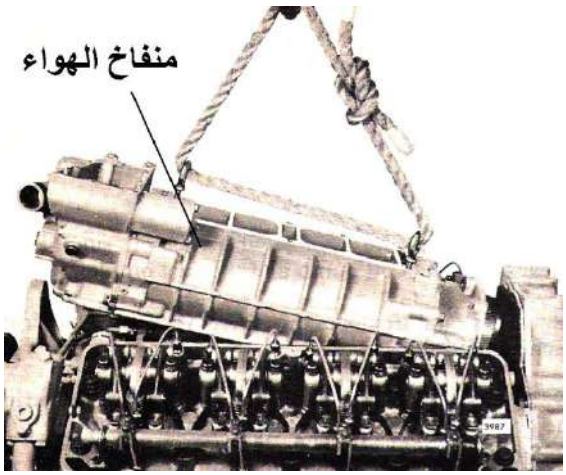
يوفر دوران المسننان ضغط مستمر للهواء من خلال الخلوص بين المسننين الطويلين المصنوعان من الالمنيوم للتقليل من وزنيهما ، لايحتاج المسننان الى تزييت وذلك لعدم تلامسهما ولوجود الخلوص بينهما .



شكل (1-31) المسننان الطويلان المكونان للمنفاخ



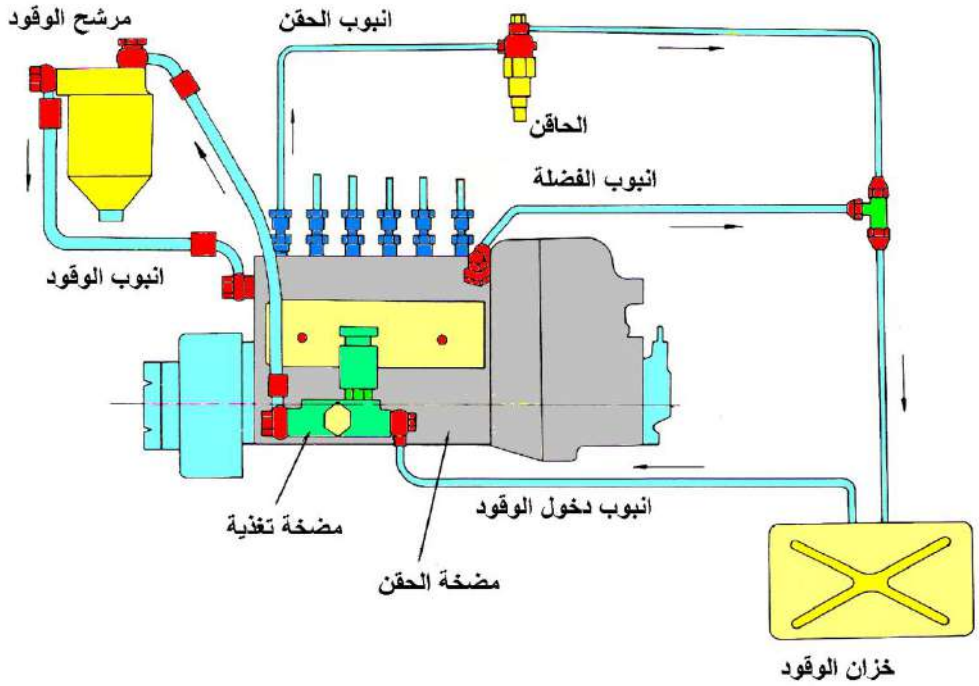
شكل (1-32) المنفاخ مثبت الى جانب المحرك ،يأخذ الحركة من مسننات التوقيت



شكل (1-33) المنفاخ مثبت بين الإسطوانات

7-1 أجزاء منظومة وقود محرك الديزل :

تتكون دورة وقود محرك الديزل النموذجية من خزان وقود ومرشح الوقود (فلتر) ومضخة تحضير (مضخة وقود ابتدائية) ومضخة الحقن والحاقنات ويعد هذا الانموذج من أكثر الأنظمة شيوعاً ويكون الاختلاف عن الترتيب الموضح في الشكل (1-34) في حدود ضيقة جدا تتعلق بنظام التقنية أو استعمال مضختي تحضير أو تغيير أنواع الرشاشات أو المضخة من مضخة موزعة أو ذات الصف الواحد الى وحدة مضخة حاقنة.

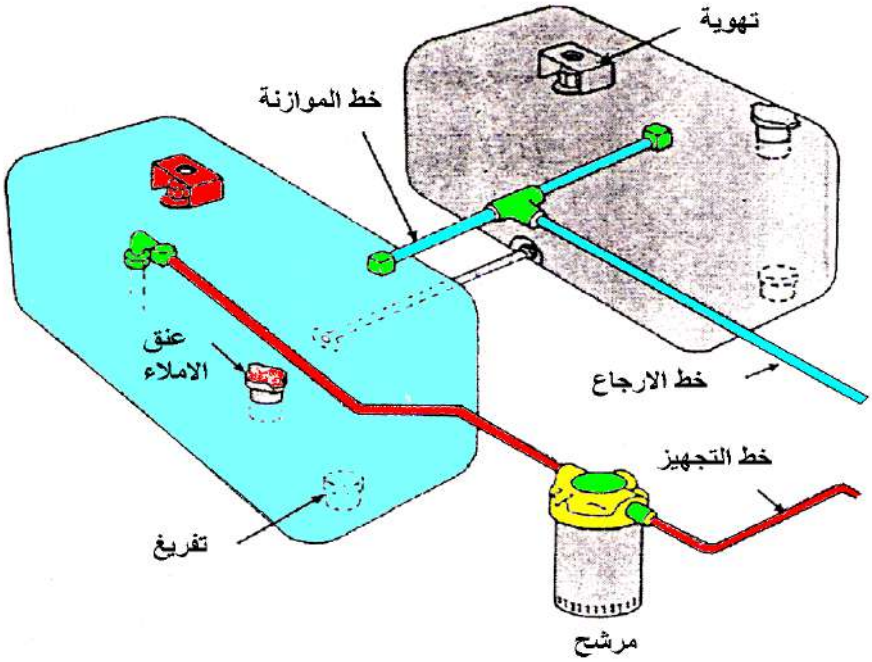


شكل (1-34) أجزاء منظومة وقود محرك الديزل

1- خزان الوقود (Fuel Tank) :

يقوم الخزان بحفظ الوقود اللازم لادارة المحرك فضلاً عن تبريد الوقود الفائض ذو درجة الحرارة العالية العائد الى الخزان . ويصنع الخزان من شرائح الصلب أو سبائك الألمنيوم وعلى الرغم من ان الصلب قليل الكلفة الى ان سبائك الألمنيوم تستعمل بشكل أكبر لخفة وزنها ، ويحذر من استعمال الصلب المغلون لأنه يتفاعل مع الوقود مكونا شوائب دقيقة ، قد تسبب انسداد المرشحات أو قد تؤدي الى تلف المضخة والرشاشات .

تنص معظم دوريات الصيانة على تفريغ الخزان وغسله وتفريغ الماء منه مرة سنويا ، وقد يكون هناك مرشح لفصل الماء عن الوقود يتم عن طريقه التخلص منه بصفة دورية . في معظم السيارات وفي بعض الاستعمالات الأخرى قد يستعمل خزانين متصلين كما في الشكل (1-35) .



شكل (1-35) خزان الوقود في منظومات وقود الديزل

2- مضخة التحضير (مضخة الوقود الابتدائية) (Supply Pump) :

تقوم هذه المضخة بنقل الوقود من الخزان ودفعه الى مضخة الحقن حيث يتراوح الضغط بين (2bar إلى 4bar)

أنواع مضخات التحضير الابتدائية :

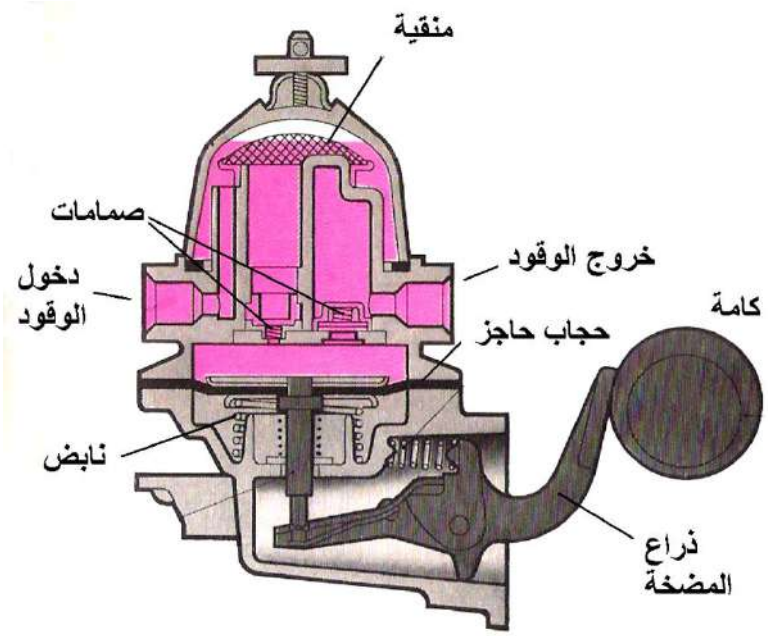
أ- المضخة الميكانيكية ذات الحجاب الحاجز (Fuel Transfer Pump) :

يشبه تركيب هذه المضخة الى حد كبير مضخة محرك البنزين ، حيث تتركب من ذراع تشغيل ونابض إرجاع أسفل الحجاب الحاجز فضلاً عن صمامي دخول وخروج حيث تقوم حدبة لامركزية

مشكّلة على عمود حدبات مضخة تشغيل مضخة الحقن (مضخة ذات الصف) أو عمود حدبات المحرك بتشغيل ذراع مضخة التحضير المتصل مع ذراع تشغيل الحجاب الحاجز الذي يقسم المضخة الى جزئين علوي وسفلي وعند حركة الحجاب الى الأسفل تمتلىء الغرفة العليا .

وعند عودة الحجاب الى الأعلى يضغط الوقود ويخرج من صمام التسليم الى مضخة الحقن مروراً بالمرشح الثانوي لاحظ الشكل (1-36) .

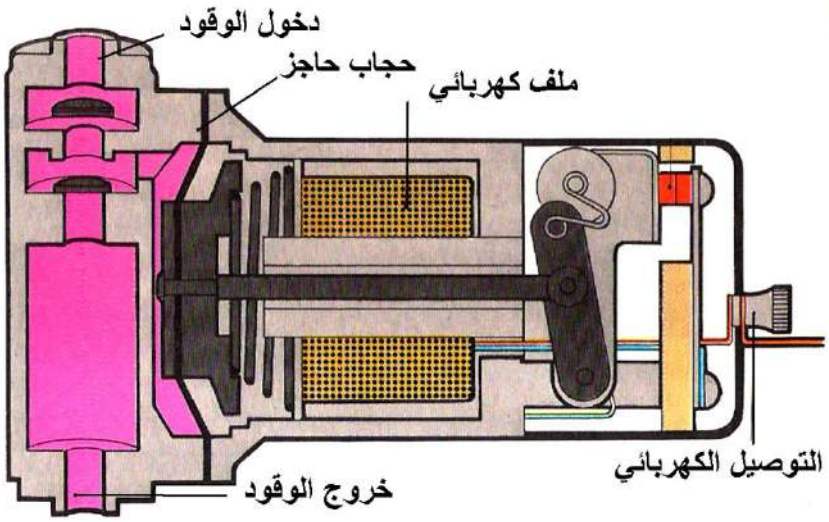
وتحتوي المضخة على ذراع تشغيل يدوي يستعمل عند اجراء عملية استنزاف الهواء من دائرة الوقود أثناء عمليات الصيانة وعدم تشغيل المحرك .



شكل (1-36) المضخة الميكانيكية ذات الحجاب الحاجز(مضخة التحضير)

ب- المضخة الكهربائية (Electric Transfer Pump) :

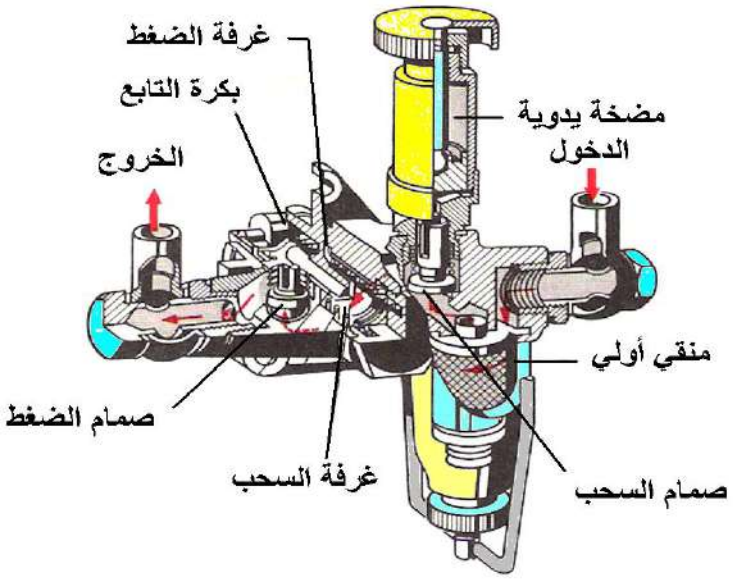
تعمل هذه المضخة بنظرية مضخة الوقود الكهربائية نفسها المستعملة في محرك البنزين ، حيث تتركب من ملف كهرومغناطيسي المتصل مع حجاب حاجز عن طريق القلب الحديدي للملف وعند مرور التيار الكهربائي في الملف الكهرومغاطيسي ينجذب القلب لأسفل وعند نهاية المشوار تفتح نقاط الإتصال ويتولد ضغط منخفض أعلى الحجاب يسبب دخول الوقود لملء الغرفة ، وعند فتح نقاط الإتصال يرتد القلب مرة أخرى لأعلى بتأثير نابض مسببا ضغط الوقود والخروج من صمام التسليم وهكذا تتكرر الدورة شكل (1-37)



شكل (1-37) مضخة الوقود الكهربائية

ج- مضخة الوقود الإبتدائية ذات المكبس (Plunger transfer pump) :

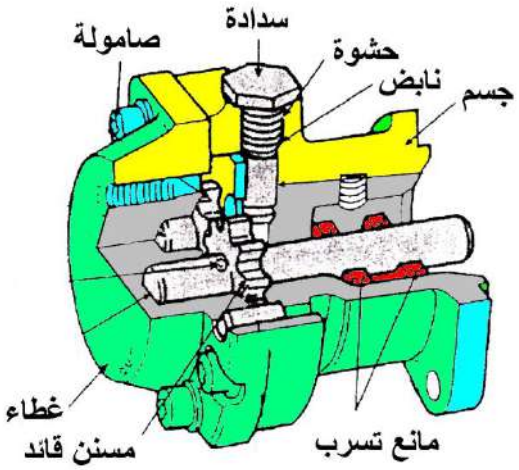
يبين الشكل (1-38) مضخة الوقود ذات المكبس ،حيث تضخ هذه المضخة الوقود بضغط عالي يصل الى 4 بار تركب المضخة على عمود حدبات مضخة الحقن ، وعند حركة المكبس تجاه كامة العمود يدخل الوقود الى المضخة . وعند عودة المكبس للداخل نتيجة تأثير حركة عمود حدبات المضخة يدفع الوقود للخروج من صمام التسليم ، وعند وصول مضخة الحقن الى درجة الإمتلاء بالوقود تغلق صمامات الدخول والخروج ويمنع المكبس من الحركة تجاه عمود الحدبات وبالتالي لاتسحب كمية وقود جديدة ، وعندما تقل الكمية المخزونة داخل المضخة يبدأ المكبس في التحرك مرة أخرى .



شكل (1-38) مضخة الوقود الإبتدائية ذات المكبس

د- مضخة الوقود ذات التروس (Gear transfer pump):

عمل هذه المضخة مشابه لعمل مضخة الزيت ذات التروس وتركّب على نهاية عمود المنظم أي تركّب عند نهاية مضخة الحقن وتتكون من ترس قائد مركّب على عمود المنظم وترس منقاد مركّب في تجويف داخل المضخة فضلاً عن صمام تصريف لتأمين المضخة عند زيادة الضغط أو انخفاضه وعند دوران الترس المنقاد فانه ينقل الوقود من جانب الدخول الى جانب الخروج بعد رفع ضغطه وتقوم المضخة بالإمداد المستمر للوقود وعند زيادة الضغط يقوم صمام التصريف بإعادة الوقود مرة أخرى الى جانب الضغط المنخفض الشكل (1-39) .



شكل (1-39) مضخة الوقود ذات التروس

3- منقيات الوقود (فلاتر الوقود) (Fuel Filters) :

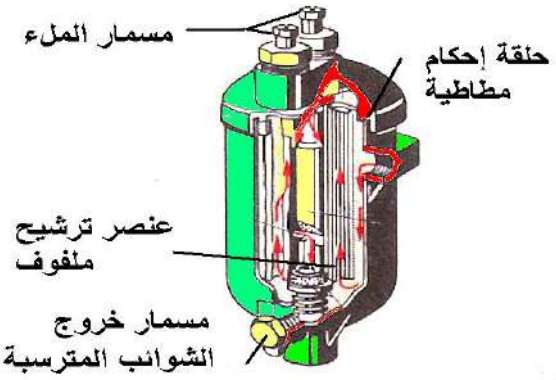
تعد عملية تنقية الوقود في دورة وقود الديزل من أهم العوامل التي يجب الإهتمام بها لضمان عدم تلف مضخة الحقن والرشاشات حيث تبلغ خلوصات هذه اللأجزاء نحو (0.001mm). ولذلك تتعدد درجات التنقية حسب قيمة هذه الخلوصات في الورقة .

أ- الفلتر الإبتدائي (Primary Filter) :

يوضع بين الخزان ومضخة التحضير (مضخة الوقود الابتدائية) حيث لاتوجد أجزاء متحركة ، ويعد هذا النوع هو المسؤول عن حجز الشوائب الكبيرة والتي يصل قطرها الى نحو 25 ميكرون أو أكبر أما الشوائب ذات الأقطار أقل من ذلك فيتم حجزها في المنقية الثانوية .هناك عدد من هذه الأنواع مبينة في الأشكال (1-40) (1-41) .

1- فلتر الترسيب (Sedimenters) :

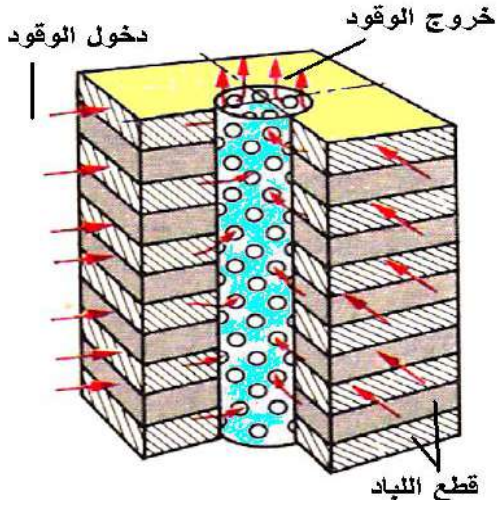
يقوم هذا النوع بحجز الشوائب كبيرة الحجم وكذلك فصل الماء عن الوقود شكل (1-40) وفي هذا النوع يدخل الوقود من الأعلى من خلال مقطع مخروطي ويتجه بسرعة الى محيط الفلتر ثم يتجه الى مركزه ليخرج من فتحة الخروج .



شكل (1-40)) فلتر الترسيب

2- فلتر ذو عنصر ترشيح عميق (Depth Filter Element) :

يبين الشكل (1-41) تركيب هذا النوع من الفلاتر ويصنع في الغالب من اللباد المصنوع من القطن حيث يضغط بوساطة لوح معدني معرض لنابض قوي ، ويمكن استعمال هذا النوع من الفلاتر القابلة للتفكيك واستبدال المرشح الداخلي بدلاً عن الفلاتر الورقية في أنواع من المحركات .



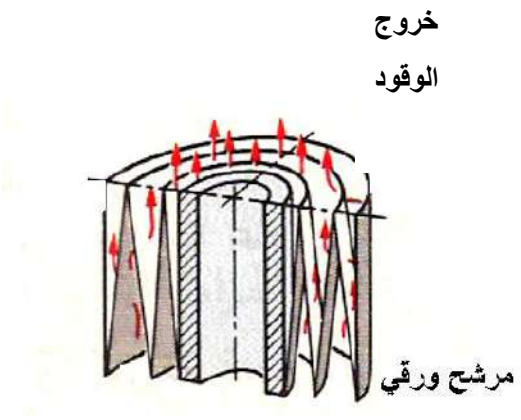
شكل (1-41) فلتر ذو عنصر ترشيح عميق

3- الفلتر ذو الترشيح السطحي (Surface Filter Element) :

يبين الشكل (1-42) هذا النوع من الفلاتر، وتصنع مادة الترشيح من شرائح ورقية مصنعة من ألياف سيليلوزية موضوعة داخل حاوية معدنية ، وتتوقف جودة الترشيح على عدد الطيات ومساحة سطح المرشح وسمكه .



ا- الفلتر ذو الترشيح السطحي داخل عبوة معدنية على المحرك

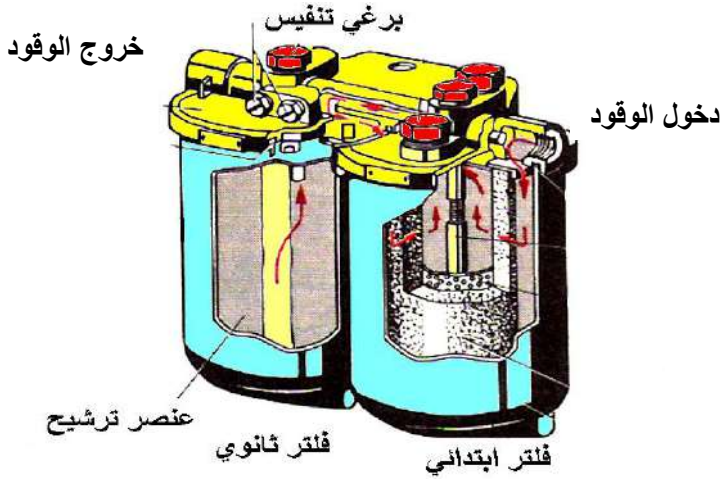


ب- مكونات الفلتر ذو الترشيح السطحي

شكل (1-42 ا- ب) الفلتر ذو الترشيح السطحي

ب- الفلتر الثانوي (Secondry Filter) :

يعد هذا النوع من أكثر الأنواع شيوعا حيث يستعمل فلتر ابتدائي الى جانبه فلتر ثانوي ، حيث يحجب الشوائب التي يصل قطرها الى 0.001 mm والتي تؤدي الى تلف الكباسات في مضخة الحقن والبخاخات شكل (1-43) .



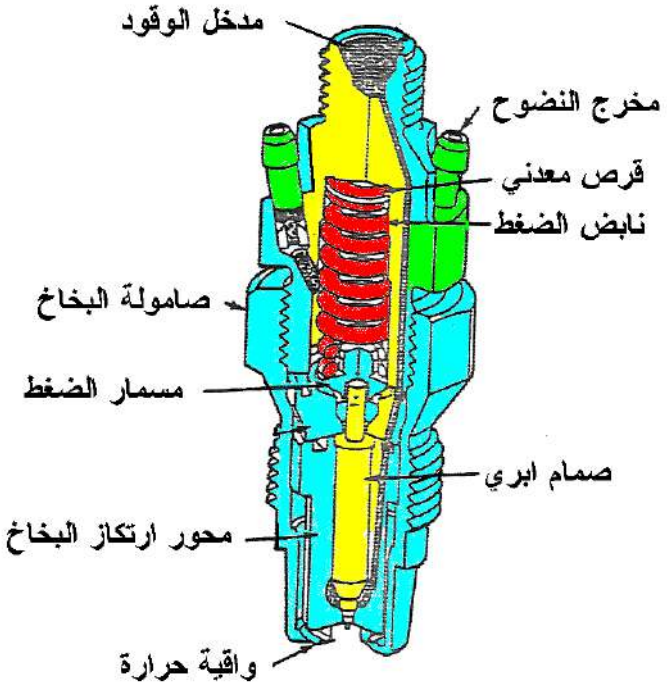
شكل (1-43) الفلتر الثانوي

ملاحظة :استنزاف الهواء من دورة الوقود (Fuel System Bleeding):

عند تغيير المنقيات (الفلاتر) يحدث دائما تسرب هواء داخل الدورة ، ولابد من طرد هذا الهواء حتى يمكن إدارة المحرك .

4- الحاقن (INGECTOR) :

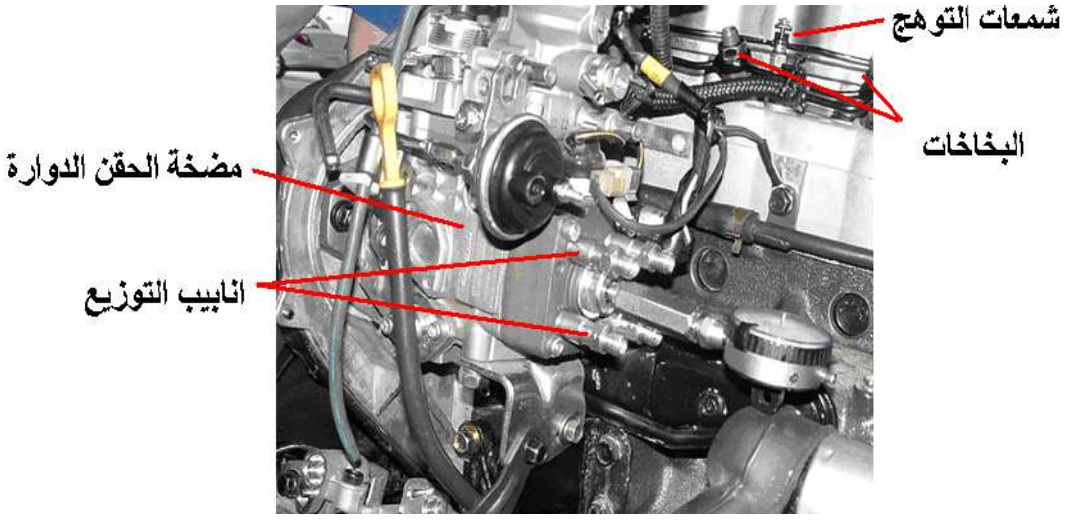
يمثل الشكل (1-44) حاقن تقليدي ، حيث ان النابض يسيطر على الصمام الابري ويبقيه مسدود أو لحين وصول ضغط الوقود الى درجة عالية في أنابيب الحقن ، هذا الضغط يدفع الصمام الى الحركة عند قاعدته مؤدياً الى بخ الوقود داخل الإسطوانة .



شكل (1-44) حاقن تقليدي لمحرك ديزل

5- مضخة حقن وقود ديزل (Diesel Fuel Injection Pump)

هناك نوعان من مضخات الوقود تستعمل في محركات الاحتراق الداخلي الديزل،الأولى هي : الدوارة شكل (1-45) والنوع الثاني الخطية والمشغلة بوساطة حدبات (Inline Cam) يحتوي هذا النوع من المضخات على كّباس لكل اسطوانة من المحرك شكل (1-46) . تختلف مضخات حقن الوقود الدوارة والخطية من حيث شكلها إلاّ أنها تؤدي العمل نفسه شكل (1-47) .



شكل (1-45) مضخة حقن وقود دوارانية مثبتة على محرك ديزل



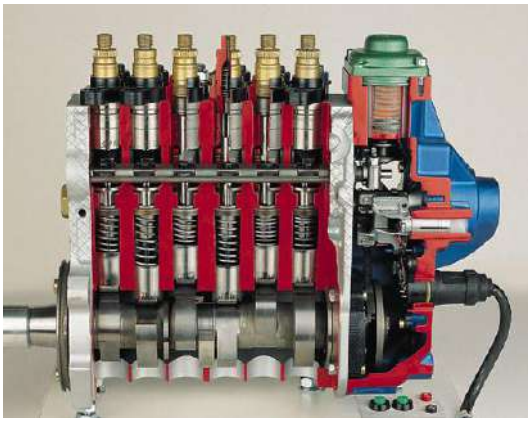
شكل (1-46) مضخة حقن وقود خطية



أ- مضخة دورانية



ب- مضخة دورانية



ج- مضخة دورانية



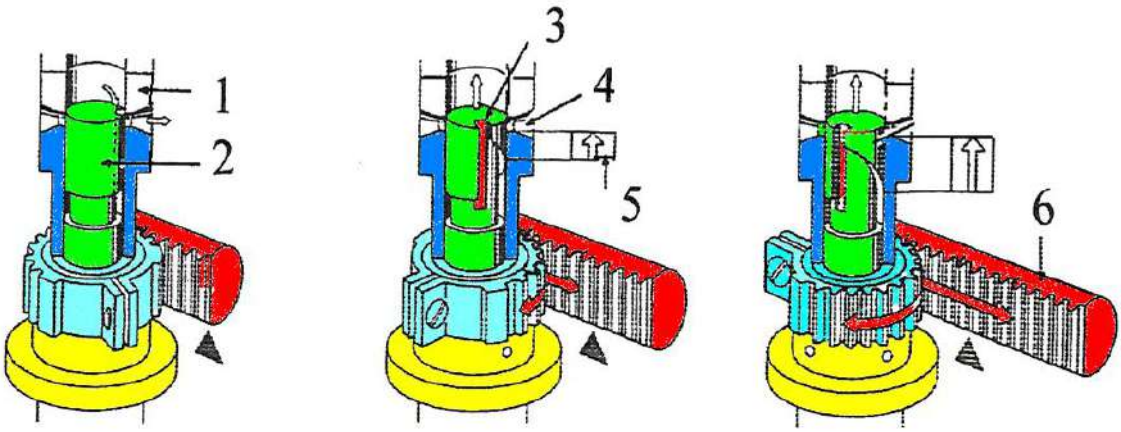
د- مضخة خطية

شكل (1-47) أنواع مضخات حقن الوقود

1-7-1 طريقة عمل مضخة حقن الوقود الخطية

يبين الشكل (1-48) تركيب الاسطوانة والكبّاس حيث الوقود تحت ضغط واطئ قادم من مضخة التجهيز يتدفق من خلال منفذ الدخول الى الحيز فوق الكبّاس. الكبّاس فيه متدحرج يركب على حدبة عمود الحدبات شكل (1-49)، عند دوران الحدبة تاتي على الكبّاس فإنها ترفع الكبّاس مما يوفر ضغطاً عالياً على الوقود

المحجوز فوق الكباس عندها يجبر الوقود على الجريان في الأنبوب إلى بخاخ الحاقن في الاسطوانة في أثناء وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا (TDC) في شوط الضغط تنثر الوقود في هذه اللحظة ويبدأ بالاشتعال من جراء حرارة انضغاط الهواء .



أ- ضخ الوقود لكمية كبيرة **ب- ضخ الوقود جزئياً** **ج- عدم ضخ الوقود**

1- اسطوانة الضخ . **2- الكبّاس .** **3- شق طولي (مجرى).**
4- دخول الوقود. **5- الشوط الفعال .** **6- ذراع السيطرة .**
7- عدم ضخ الوقود. **8- ضخ وقود جزئي.** **9- ضخ وقود عالي.**

شكل (1-48) حركة الجريدة المسننة تغيّر من كمية الوقود المحقونة وبالتالي تغيّر من سرعة المحرك

1-7-2حالات عمل الكبّاس

1- حالة الوقوف (No Fuel Delivery) :

يبين الشكل (1-48ج) حالة الوقوف حيث لايوجد حقن نهائياً ، في هذه الحالة تسحب الجريدة المسننة إلى نهاية حركتها فيصبح الشق الطولي (3) في الكبّاس مقابلاً لفتحة الفائض مباشرة وهذا يسبب خروج الوقود من فتحة الفائض مباشرة ولايحصل أي حقن ولايوجد شوط فعال ،ولذلك لايعمل المحرك .

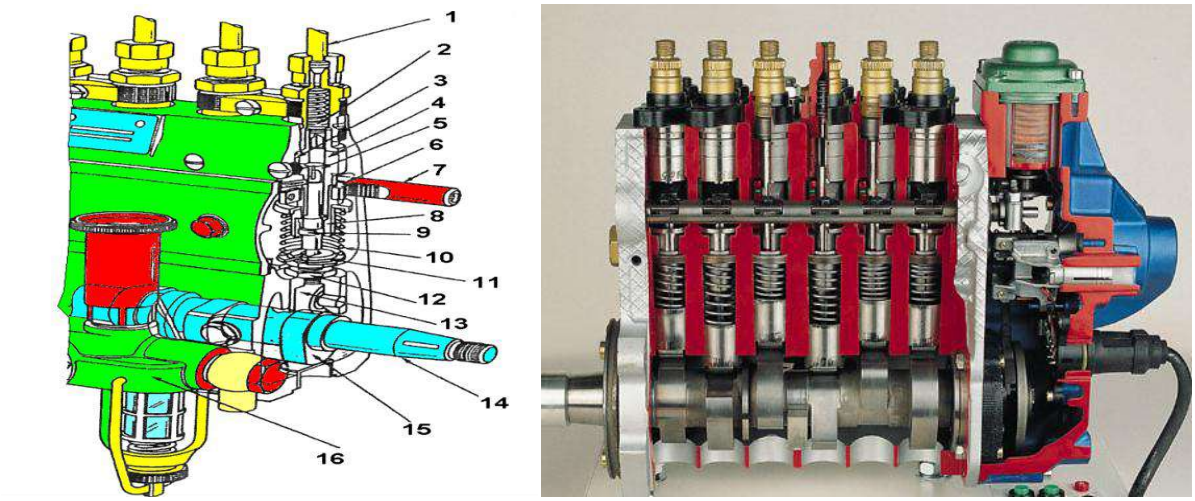
2- حالة كمية الحقن للوقود جزئية (Partial Fuel Delivery) :

يبين الشكل (1-48ب) حالة حقن كمية وقود جزئية، في هذه الحالة تكون فتحة الدخول والفائض مغلقة بوساطة سطح الكبّاس والشق الطولي لايقابل فتحة الفائض ، فإذا ارتفع الكبّاس الى أعلى فإن شوطه الفعال يمثل بالمسافة (5) ، وتزداد هذه المسافة كلما دار الكبّاس باتجاه السهم المبين بالشكل . أي خلال هذا الشوط لايحصل أي اتصال بين الفتحات والحيز فوق الكبّاس .

اقصى حالة حقن للوقود (Maximum Fuel Delivery):

يبين الشكل (1-48 أ) الوضع الأعلى لكمية الوقود المحقونة إذ أن طول الشوط الفعّال يبدأ من شفة الكبّاس العليا الى آخر نقطة من شفة المجرى الحلزوني وهي القيمة العظمى للشوط الفعّال .

كلما حصلت زيادة في سرعة المحرك حيث تتيح الفرصة الكافية أمام الوقود للإحتراق وإنتاج القدرة العالية بدون تقديم الحقن سوف تكون القدرة الناتجة من شوط القدرة ضعيفة عند السرعات العالية للمحرك .



1- أنبوب حقن الوقود.
2- صمام التوزيع.
3- مجال الوقود .
4- خزان .
5- كباس.
6- ترس السيطرة.
7- جريدة مسننة.
8- سيطرة .
9- كباس .
10- نابض الكباس .
11– مقعد نابض .
12- برغي معايرة.
13- نقار متدحرج.
14- عمود حدبات.
15- حدبة.
16- مضخة تجهيز الوقود.

شكل (1-49) مضخة حقن وقود خطية

1-7- 3- مضخة حقن الديزل الدائرية Distributor Fuel – Injection Pump

تعد مضخة حقن الديزل الدائرية شكل (1-50) من أكثر المضخات المستعملة في حقن الوقود لمحركات الديزل بعد المضخة الخطية حيث تمتاز بقلة صيانتها وأخف ضوضاءً من المضخة الخطية عند دورانها ولأنها ذات ضغوط منخفضة فهي تستعمل في سيارات الركوب والشاحنات الصغيرة . وتسمى بعدة أسماء منها :

- **مضخة حقن الديزل الدائرية .**
- **مضخة حقن الديزل الرحوية .**
- **مضخة حقن الديزل الموزعة .**

تمتاز مضخة حقن الديزل الدائرية بأنها :

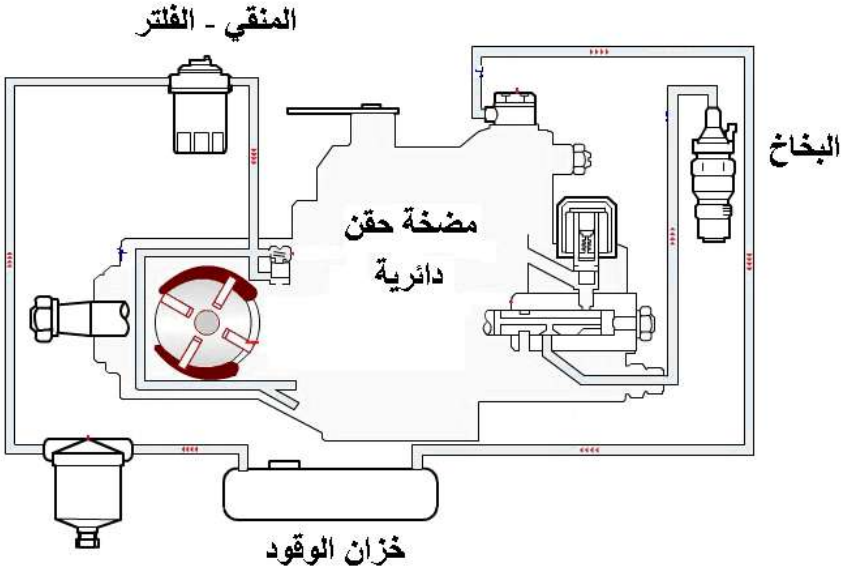
1- ذات مكبس واحد يقوم بتوزيع الوقود على جميع البخاخات .

2- لاتحتاج لحيز كبير بجوار المحرك .

3- أخف ضوضاءً .

4- لاتحتاج لقدرة كبيرة في الدوران .

أما عيوبها فهي لاتستعمل للمحركات الكبيرة وتحتاج الى صيانة في فترات قصيرة .



شكل (1-50) أجزاء دورة الوقود لمضخة حقن ديزل دائرية

1-7-4-أجزاء مضخة الحقن الدائرية

من ملاحظة الشكل (1-51) الذي يبين الأجزاء الداخلية لمضخة الحقن الدائرية والتي تتكون من :

1- مضخة توريد الوقود .

2- عمود دوران الحقن .

3- تجهيز تقديم الحقن.

4- صحن الحدبات .

5- طوق التحكم .

6- مكبس المضخة .

7- صمام التوصيل .

8- عنصر قطع الوقود الكهرومغناطيسي .

9- منظم كمية الحقن الميكانيكي .

10- مجرى الوقود الفائض .

11- قاطع الوقود الميكانيكي .

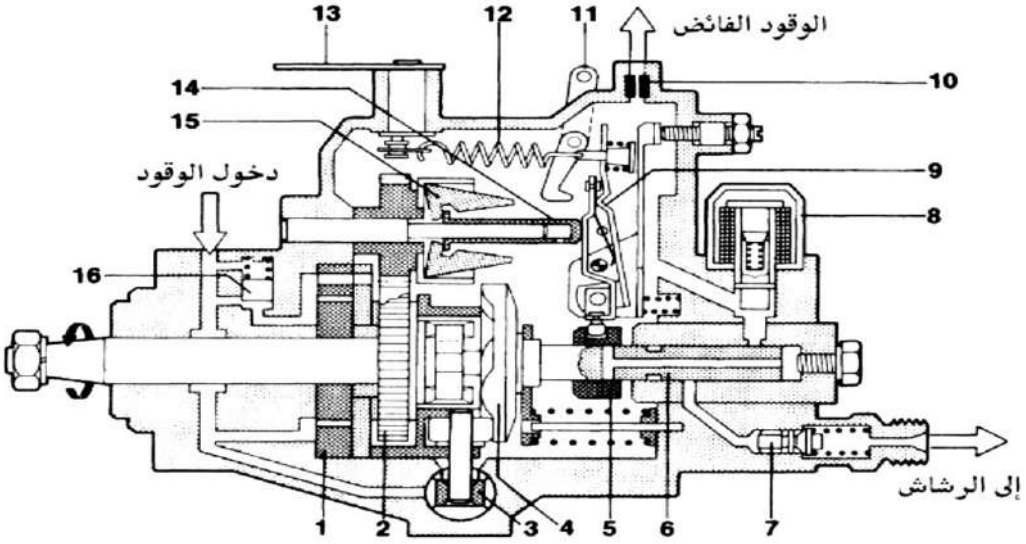
12-نابض منظم الحقن .

13-مستوى التحكم بالسرعة .

14-جلبة (بوشة) التحكم .

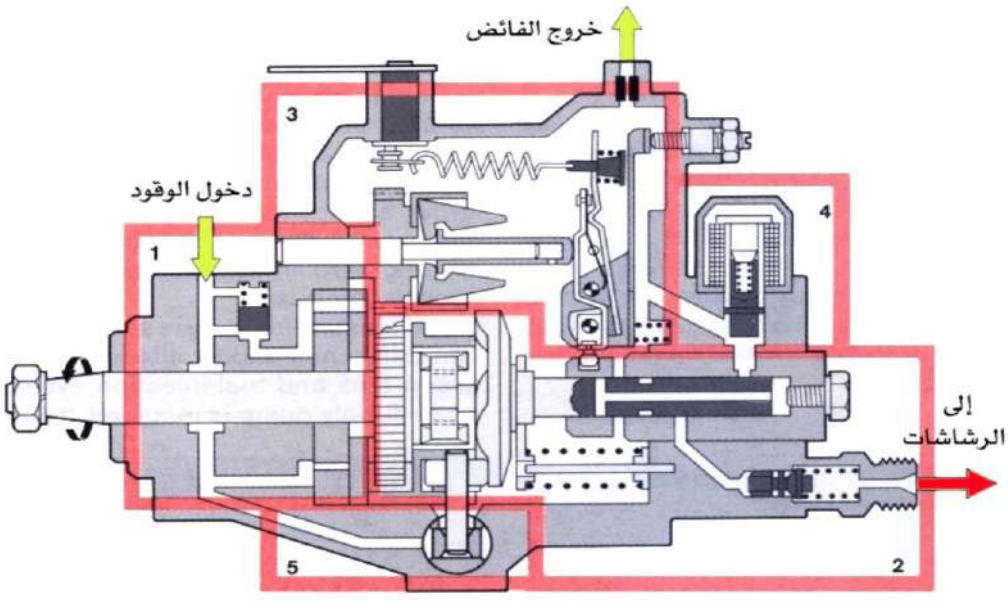
15-أثقال منظم الحقن .

16- صمام التحكم بالضغط .



شكل (1-51) يبين الأجزاء الداخلية لمضخة الحقن الدائري

ويمكن تقسيم أجزاء مضخة حقن الديزل الدائرية الى خمسة أقسام رئيسة يعمل كل قسم وظيفة معينة ،والشكل (1-52) يبين كيفية تقسيم أجزاء المضخة الدائرية .



شكل (1-52) أقسام مضخة الحقن الدائرية

يمكن تعريف هذه الأقسام كما يأتي :

1- قسم مضخة توريد الوقود (مضخة التحضير أو توصيل الوقود) :

يقوم بسحب الوقود من خزان الوقود الى داخل مضخة الحقن .

2- قسم الضغط العالي للوقود والتوزيع :

يقوم بضغط الوقود وتوزيعه الى أسطوانات المحرك عبر الحاقنات (الرشاشات) .

3- قسم منظم الحقن :

يتحكم بسرعة المحرك عن طريق التحكم بكمية الوقود المحقونة .

4- قسم عنصر قطع الوقود الكهرومغناطيسي :

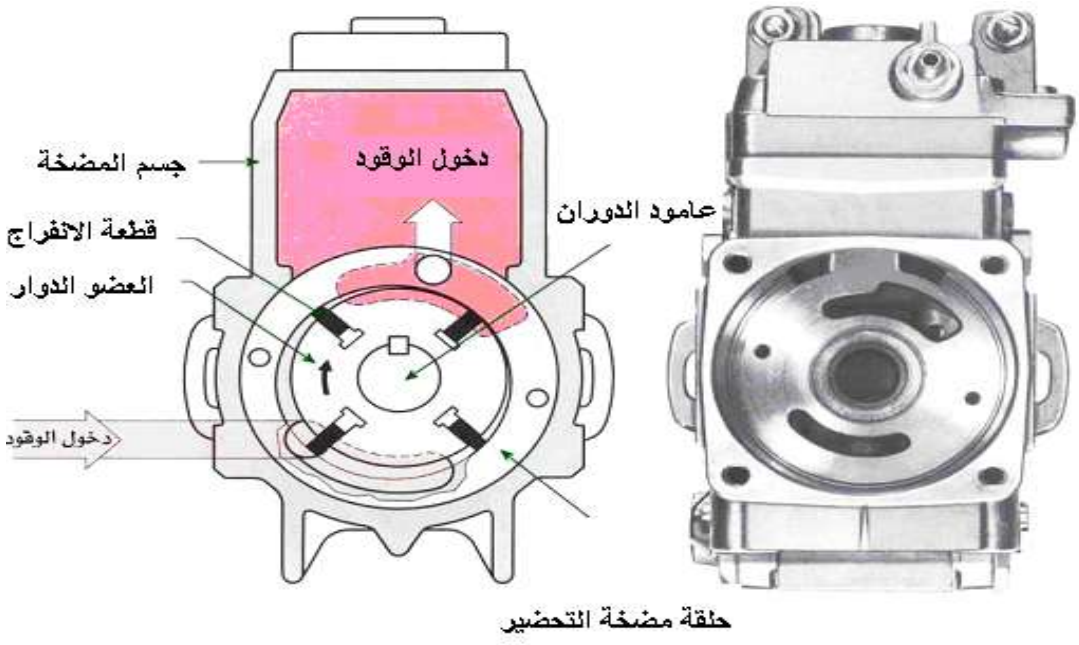
ويعمل في حالة قفل مفتاح تشغيل المحرك لقطع الوقود نهائياً عن المضخة .

5- قسم توقيت الحقن :

يتحكم ببدء حقن الوقود وتقديمه حسب سرعة المحرك .

مضخة توريد الوقود (مضخة التحضير أو توصيل الوقود) :

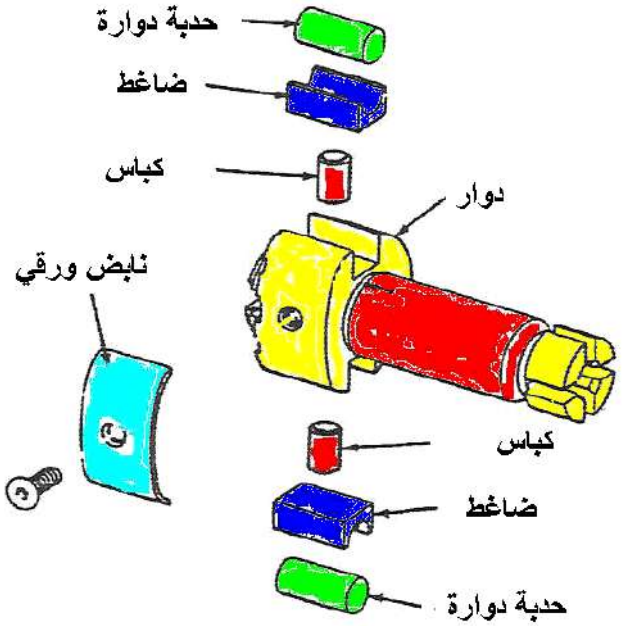
تقوم مضخة توريد الوقود بسحب الوقود من خزان الوقود لمضخة حقن الديزل الدائرية . ويبين الشكل (1-53) كيفية سريان الوقود بداخل مضخة التوريد بالوقود .حيث تعمل بوساطة دوران ريش المروحة المتصلة بعمود المضخة بسرعة تؤدي الى سحب الوقود من خزان الوقود وضغطه الى داخل المضخة . وفي حالة امتلاء المضخة فإن الضغط سوف يؤثر على الريش لتعود للخلف مما يقلل سحب الوقود من الخزان الرئيس للوقود .



شكل (1-53) سريان الوقود بداخل مضخة توريد الوقود

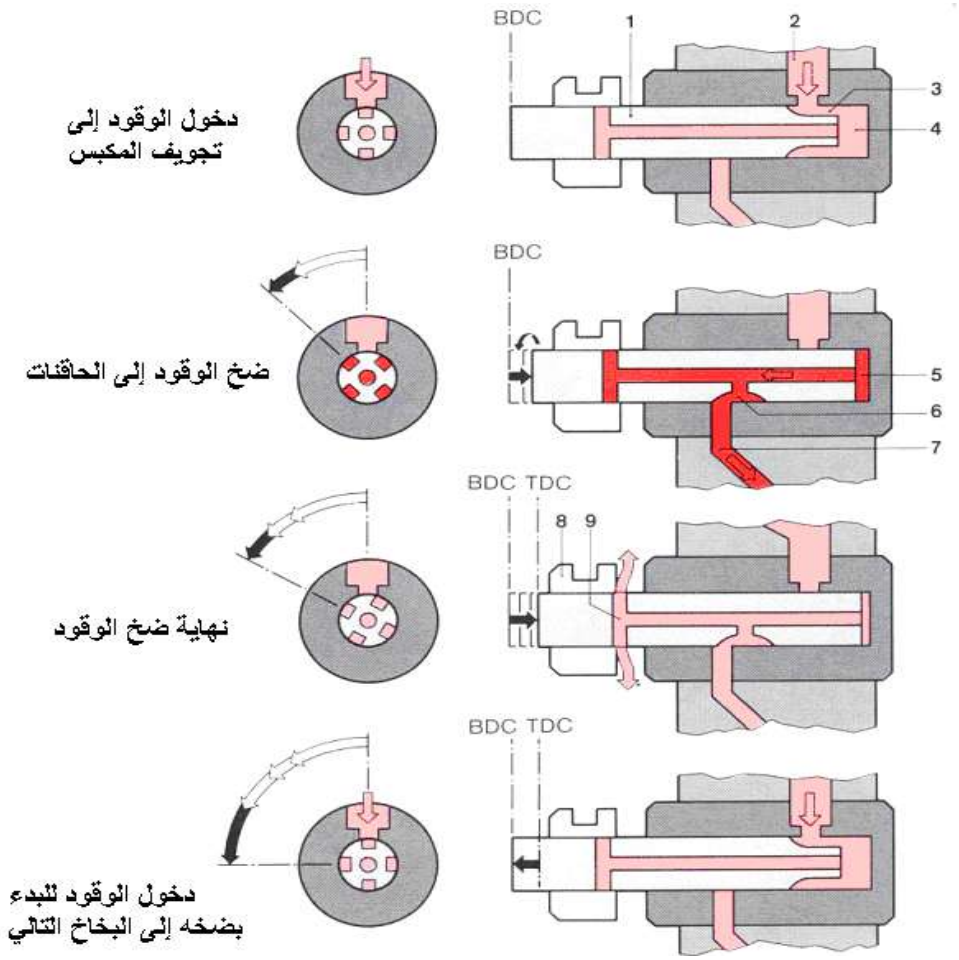
5-7-1- طريقة عمل مضخة حقن الوقود الدائرية (الدوارة) (Operation Of Rotary Injection Pump) :

تتكون مضخة حقن الوقود الدوارة من عضو دوار الشكل (1-54) المزوّد بزوج من حدبات (كامة) مدحرجة وكبّاس ، هذه المدحرجات تتدحرج داخل الوجه الداخلي للحدبة (الكامة) الداخلية ، تتحرك دخولا وخروجا عند دورانها. عندما تتدحرج خروجا تسبب في حركة الكبّاس الى الخارج مما يزيد في حجم الحجرة الداخلية وزيادة تدفق الوقود الى الغرفة ذاتها ،عندها تقوم المدحرجة بالضغط على الكبّاس مما يؤدي الى زيادة ضغط الوقود مجبرا إياه للخروج من خلال فتحة الدوار ، هذه الفتحات والتي عددها بعدد اسطوانات المحرك ، حيث ان كل فتحة تتصل بوساطة أنبوب معدني الى الحاقن الخاص بالإسطوانة المعنية .



شكل (1-54) الأجزاء المكونة لمضخة حقن دورانية

يقوم المكبس بتوزيع الوقود المضغوط الحاقنات ومنها الى اسطوانات المحرك . ويعمل المكبس على إدخال الوقود في المجاري الموجودة به وتسمى شقوق الإمتلاء ثم يقوم بضغطها الى الحاقنات عند ارتفاعه الى الأعلى بتأثير الحدبة (الكامة) الموجودة بصحن أو صفيحة الحدبة . والشكل (1-55) يبين حركة المكبس الترددية أثناء عملية الحقن .



BDC = النقطة الميتة السفلى

TDC = النقطة الميتة العليا

1- مكبس المضخة . 2- فتحة دخول الوقود . 3- مجرى الوقود .

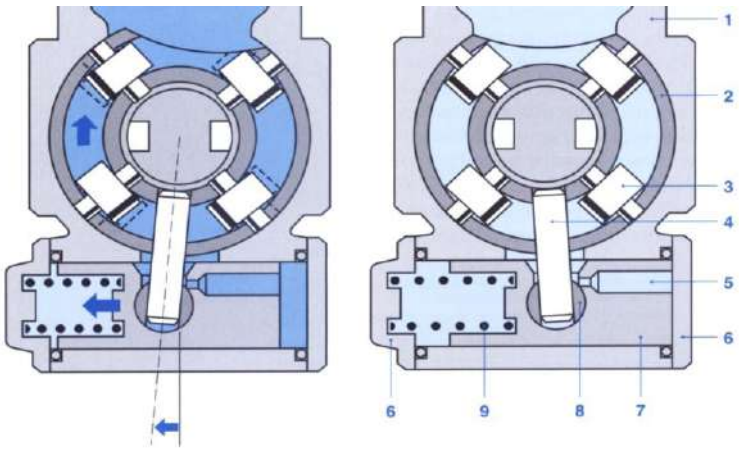
4+5 – حيز ضغط الوقود 6- فتحة توزيع الوقود . 7- مجرى الوقود إلى البخاخ .

8- انهيار الضغط لارتفاع المكبس عن طوق التحكم . 9- طوق التحكم .

شكل (1-55) كيفية امتلاء الشق بالمكبس عند تقابله مع فتحة دخول الوقود

1-7-6- تقديم حقن الوقود في المضخة الدوارة

يتم تقديم حقن الوقود بوساطة منظومة تقديم الحقن المثبتة بجانب المضخة شكل (1-56) حيث يتحكم ضغط الوقود الداخل (حسب سرعة المحرك) الى أنبوب منظومة تقديم الحقن بتحريك المكبس المتصل بالذراع المعدني الذي بدوره يقوم بتدوير حامل البكرات بزاوية معينة لتقديم الحقن وفي حالة نقص ضغط الوقود يقوم النابض بإرجاع المكبس الى وضعه السابق .

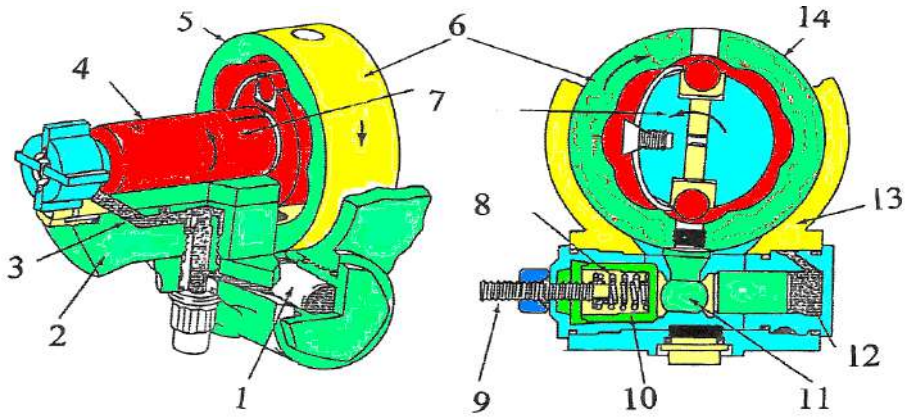


1- جسم المضخة . **2- حامل البكرات.** **3- بكرة التدوير .**
4- ذراع معدني . **5- مدخل الوقود .** **6- غطاء المنظومة.**
7- مكبس المنظومة . **8- حلقة إتصال مرنة .** **9- نابض إرجاع .**

شكل (1-56) الحركة بين منظومة تقديم الحقن وحامل البكرات لتقديم الحقن

1-7-7- مسيطرات مضخة التوزيع Distributor Pump Control Units

هناك اثنان من المسيطرات في مضخة التوزيع الأولى تسيطر على التوقيت والثانية تسيطر على كمية الوقود المحقون ، جهاز التوقيت متصل بحلقة الحدبة الداخلية حيث بزيادة سرعة المحرك تقوم حلقة الحدبة بالتقدم إلى الأمام والتي تؤدي بالكبّاسين الى الحركة الى الخارج ومن ثم الى الداخل ، تتم بهذه الحركة تقديم بداية الحقن الشكل (1-57) وفي الوقت نفسه فان الحاكم الداخلي يقوم بتنظيم كمية الوقود الموصلة الى كل اسطوانة .



1- مكبس التقديم . **2- منبع الضغط الهيدروليكي .** **3- ممر .**
4- دوار التوزيع . **5- حدبة.** **6- اتجاه التقديم .**
7- دوران الطاحونة . **8- نابض التقديم .** **9- برغي المعايرة .**
10- مكبس التقديم . **11 - مسمار التقديم .** **12- ضغط هيدروليكي .**
13- حاضنة . **14- حدبة.**

شكل (1-57) مسيطر مضخة توزيع وقود الديزل الدوارة

1-7-8- الحاكم الميكانيكي في مضخة حقن الوقود (Mechnical Governer)

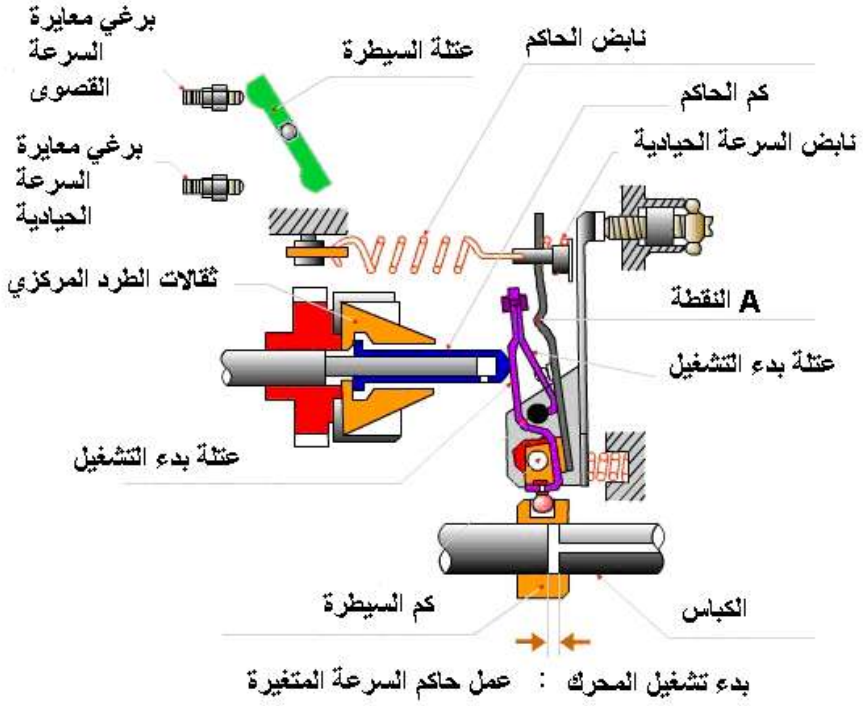
إن حركة دوّاسة التعجيل تقوم بتغيير تنظيم جهاز الحاكم عندما يقوم الحاكم اوتوماتيكيا بالسيطرة على كمية الوقود المحقون ، ومن المعروف إن محرك الديزل ينطفئ عند السرعات الواطئة بدون وجود الحاكم الميكانيكي أو يستمر في زيادة السرعة الى إن يدمر نفسه ، لذلك يستعمل في محركات الديزل يعمل ميكانيكيا أو هوائيا أو عن طريق الطرد المركزي .

وفي المحركات الحديثة يستعمل الحاكم الكهربائي وتسمى هذه الأجهزة بأجهزة السيطرة على السرعات ألمتغيّره.

ملاحظة : المحركات التي تدور بسرع ثابتة مثل المحركات التي تشغل مولدات الكهرباء يستعمل فيها حاكم السرعات الثابتة **(Constant Speed Governer)**

1-7-8-1- عمل الحاكم الميكانيكي

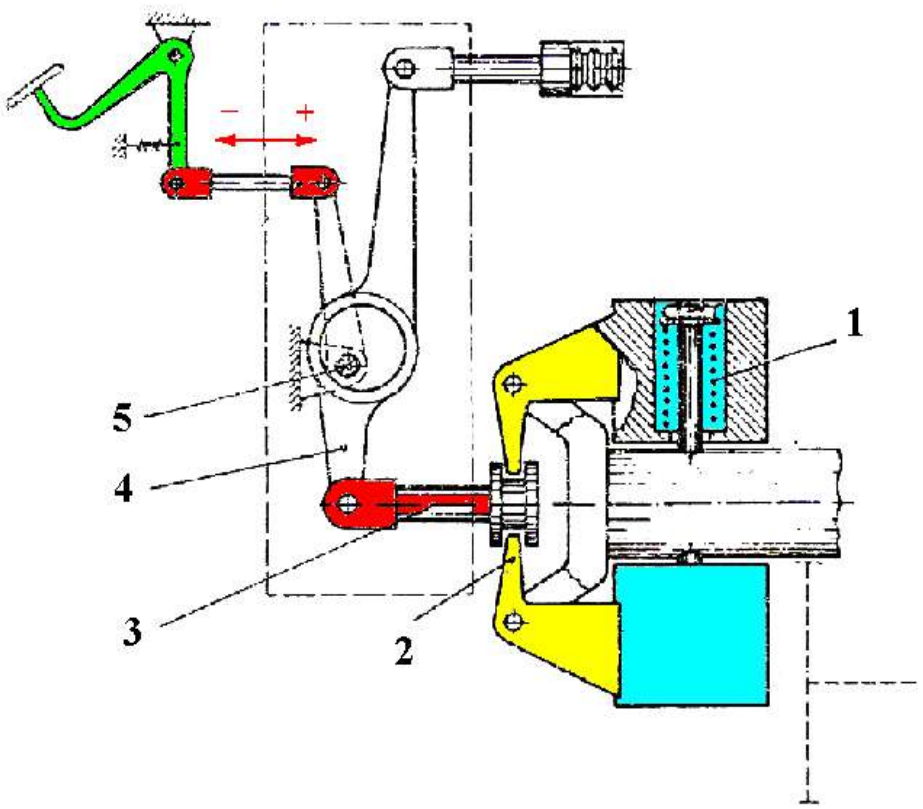
يبين الشكل (1-58) أحد المنظمات الميكانيكية . يعمل هذا المنظم عند السرعات البطيئة والسرعة النهائية وفيما يأتي شرح لعمل المنظم في حالات التشغيل الآتية :



شكل (1-58) حاكم ميكانيكي لتحديد السرعة العظمى والدنيا لمضخة حقن دائرية

1- التشغيل عند السرعات البطيئة (بدون حمل)

في حالة عمل المحرك دون حمل عند السرعة البطيئة تكون دوّاسة الوقود حرة (غير مضغوط عليها) فتتحرك الجريدة المسننة الى اليسار بصورة يقل معها عدد الدورات لدرجة يقف عندها المحرك عن العمل شكل (1-59) . وبما أن القوة الطاردة عن المركز في هذه الحالة أقل من قوة ضغط النوابض (1) فانها تدفع الأثقال نحو الداخل مما يؤدي الى انزلاق الجريدة المسننة نحو اليمين عن طريق رؤوس الروافع (2) التي تتحرك الى اليسار والتي تدفع الساق (3) ثم عن طريق ذراع الموازنة (4) الى أن تصل الحركة الى الجريدة المسننة . فيزداد بذلك تدفق الوقود ويحصل المحرك على الوقود اللازم لجعله يستمر في الدوران وإذا ازدادت سرعة الدوران عن حد السرعة البطيئة تعمل الأثقال بشكل عكسي يقل معها تدفق الوقود ويدور ذراع موازنة التنظيم (4)بهذه الحالة حول المحور اللامركزي (5) وهكذا تتكرر العملية ويبقى المحرك ضمن عدد دورات بطيئة .



1- نوابض الاثقال. 2- الروافع. 3- ساق . 4- ذراع الموازنة. 5- محور لامركزي .

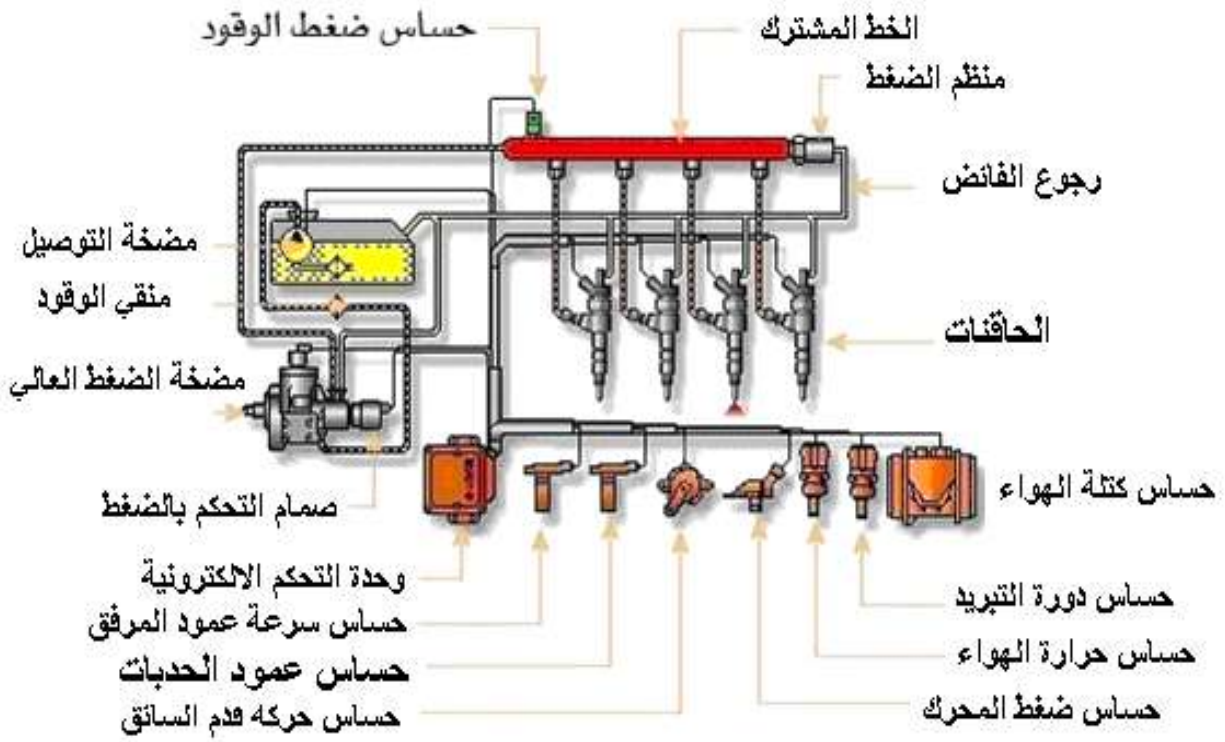
شكل (1-59) حاكم ميكانيكي لمضخة حقن خطية

2- التشغيل عند السرعة العالية والحمل الكامل

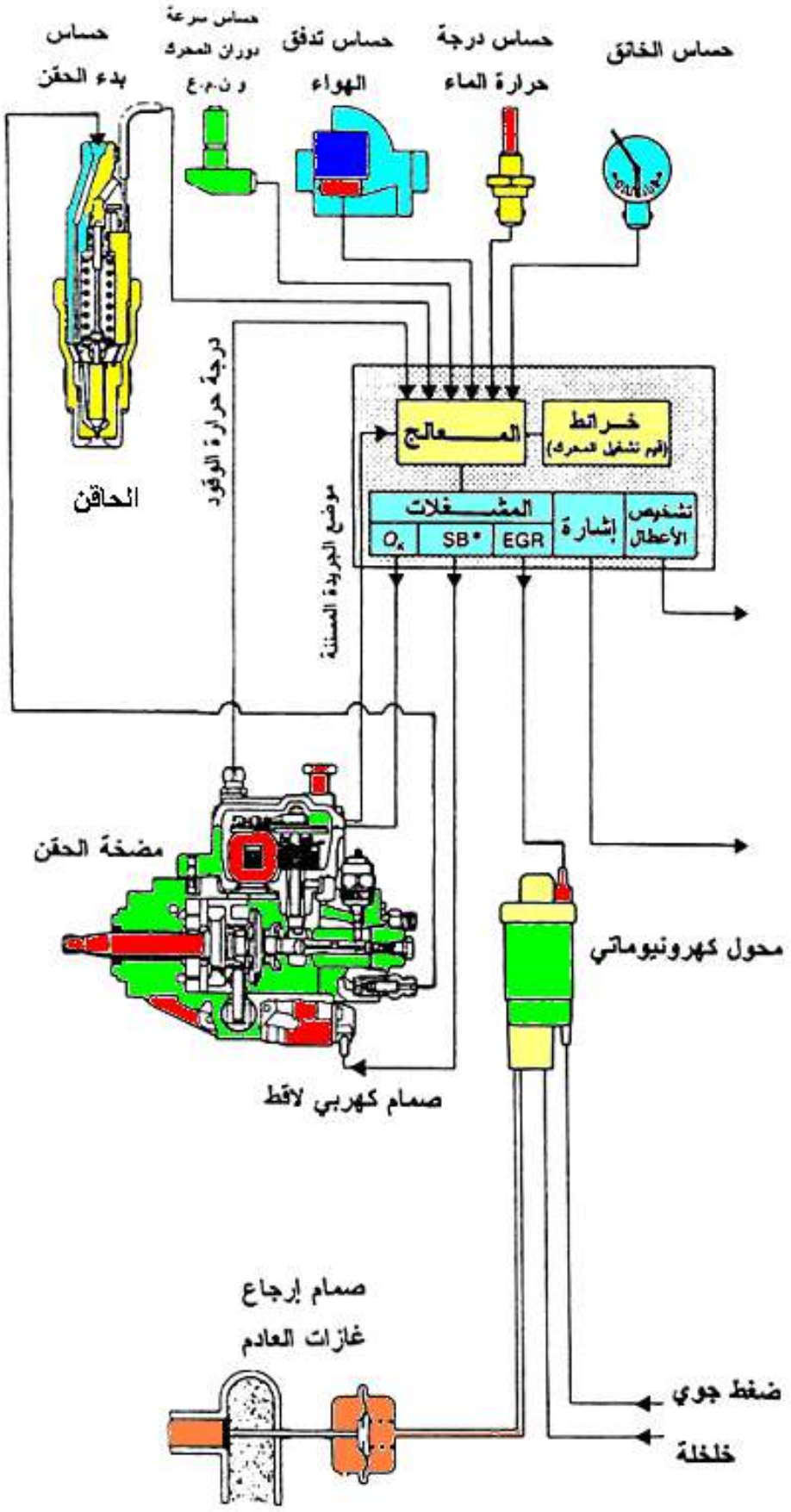
عند الضغط على دواسة الوقود يدور ذراع موازنة التنظيم (4) من الشكل (1-59) حول المحور الداخلي عن طريق المحور اللامركزي (5) وبالتالي تنزلق الجريدة المسننة نحو اليمين فتزداد سرعة الدوران بشكل سريع وتعمل القوة الطاردة عن المركز الناتجة من الأثقال على ضغط النوابض (1) فإذا قل الحمل على السيارة ولم يقلل السائق من تدفق الوقود فإن سرعة المحرك ترتفع إلى حد كبير .

8-1- التحكم الالكتروني لمحرك الديزل Electronic Control Diesel Engine

تقوم وحدة التحكم بأخذ جميع البيانات المقاسة من الحساسات ومن ثم مقارنتها مع البيانات المخزنة في شرائح الذاكرة التي يوجد فيها جميع القراءات المثالية من قبل الصانع لتظهر النتائج على شكل اوامر كهربائية للمشغلات التي تعمل على تحديد كمية الوقود المحقونة لتصحيح وضعها للحصول على افضل كمية لحقن المحرك بالوقود لاحظ الشكل (1-60) والشكل (1-61).



شكل (1-60) أجزاء منظومة حقن ديزل حديثة بتحكم الكتروني



شكل (1-61) الأجزاء الخارجية لمنظومة حقن الديزل ذات مضخة حقن دوّارة بتحكم الكتروني

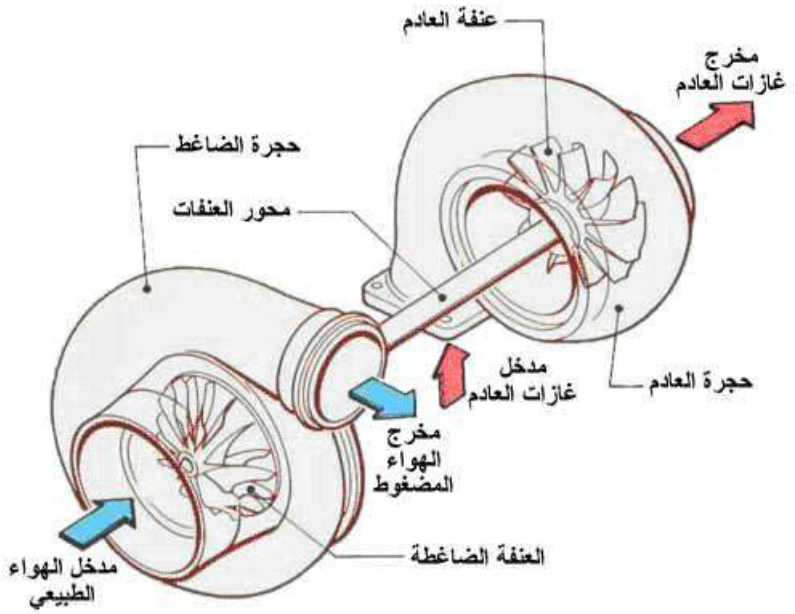
1-9- شاحن الهواء التوربيني (Turbocharger)

تعتمد فكرة شاحن الهواء على استعمال ضغط غازات العادم التي يخلفها المحرك لإعادة تزويد المحرك بالهواء النقي . ويتم خلط الهواء الجديد مع الوقود في محركات البنزين عن طريق وحدة التحكم بالمحركECU (Engine Control Unit) .مما يؤدي إلى إعطاء المحرك طاقة أعلى فور تزويده بالهواء والوقود الإضافي شكل (1-62) . بالنسبة للمحركات العادية غيرالمزودة بشاحن يتوجب على المحرك سحب الهواء عبر منقية الهواء (الفلتر) ومنظم جريان الوقود ومجاري التغذية المتعددة مما يؤدي الى حدوث انخفاض في الضغط الموجود داخل غرفة الإحتراق ليصبح أدنى من الضغط الجوي الطبيعي ، مع الشاحن التوربيني يتم دفع الهواء الى غرفة الاحتراق مع ضغط زائد فيدخلها كمية هواء ووقود أكثر .

شاحن الهواء النموذجي يولد ضغطاً يتراوح ما مقداره (1.3 bar) كحد أقصى ، يتم تركيب شاحن الهواء مباشرةً على مخرج العادم ليستفيد من ضغط الهواء الخارج من العادم في تدوير عنفة توربينية مثبتة من محورها على ذراع قصير يقوم بدوره بتدوير عنفة توربينية أخرى مثبتة على الطرف الآخر منه لتسحب الهواء النقي عبر منقية الهواء الى غرف الإحتراق ، إذاً تعتمد الفكرة الأساسية للشاحن التوربيني على الاستفادة من قوة دفع غازات العادم والتي تهدر في المحركات العادية لتشغيل مضخة تعيد تزويد المحرك بالهواء شكل (1-63) ،ويستعمل الشاحن التوربيني في محركات البنزين للغرض نفسه شكل (1-67) .

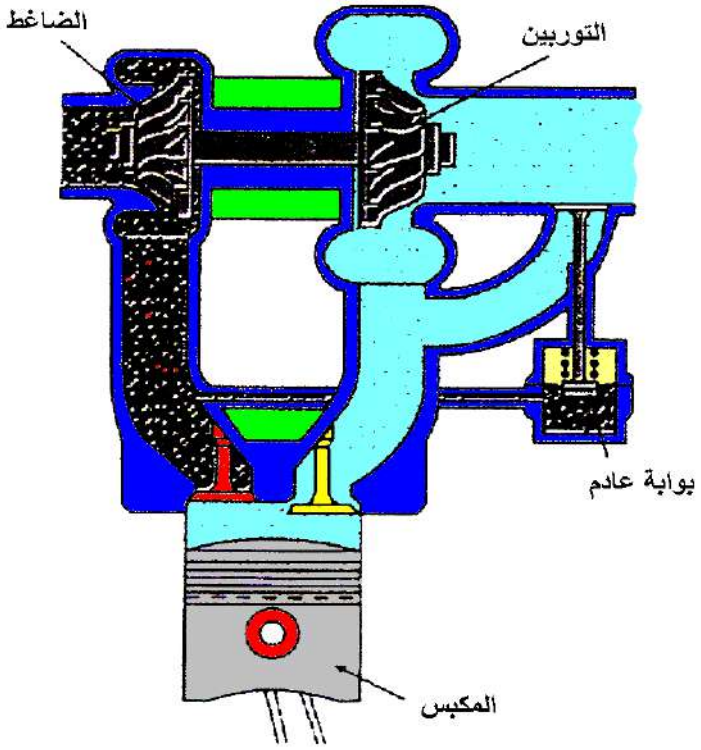


شكل (1-62) محرك ديزل مزوّد بشاحن توربيني



شكل (1-63) شاحن الهواء التوربيني

وفي محرك الديزل وخاصة عند عمل السيارة في طرق أعلى من سطح البحر بمقدار كبير يؤدي ذلك الى انخفاض كتلة الهواء الداخل للمحرك لانخفاض كثافته لذلك يؤمن الشاحن التوربيني الهواء الكافي لعملية الإحتراق وقد يزوّد نظام الشحن الجبري بصمام أمان للعمل على عدم زيادة سرعة التوربين عند زيادة السرعة حيث يوجد بوابة عادم (Wastegate)تتصل مع مسار الهواء المضغوط وتعمل على فتح صمام في مجمع العادم يعمل بتسريب جزء من العادم وعدم توجهه الى التوربين شكل (1-64) .



شكل (1-64) بوّابة عادم

1-9-1- مكونات الشاحن التوربيني

يتكون الشاحن التوربيني من الأجزاء الآتية:

1- فتحة ادخال الهواء للمحرك (Intake) :

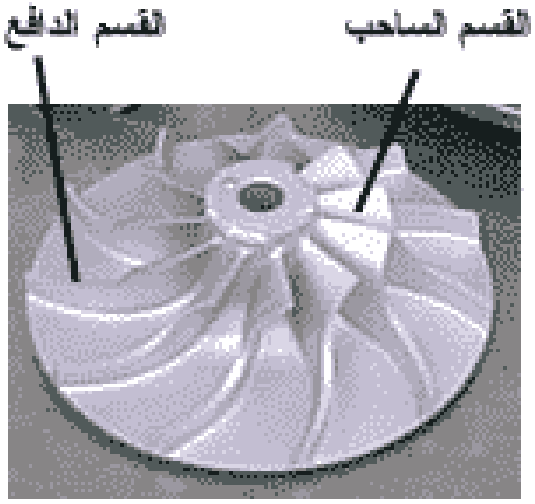
فتحة ادخال الهواء وهى الفتحة المسؤولة عن ادخال الهواء اللازم للإحتراق الى المحرك.

2- فتحة اخراج العادم (Exhaust)المسؤولة عن اخراج العادم الناتج من الإحتراق داخل المحرك.

3- فلتر الهواء (منقية الهواء).

4- عجلة التوربين (العنفة الضاغطة) (Turbine wheel).

يمكن مشاهدة القسم الساحب من العنفة الضاغطة عن طريق النظر الى مدخل هواء الشاحن وهو يبدو كالمروحة ، وشفرات هذه المروحة تمتد الى داخل الشاحن ليكبر حجمها ولتشكل القسم الدافع ، القسم الساحب من العنفة الضاغطة مسؤول عن شفط الهواء الى داخل الشاحن ، أما القسم الدافع فيدفع الهواء عبر جنيحاته الى خارج الشاحن شكل (1-65) .



شكل (1-65) العنفة الضاغطة

5- عنفة العادم.

تقسم عنفة العادم الى قسمين أيضاً (الساحب والدافع) شكل (1-66) لكن بسبب مهمتها المعاكسة لمهمة العنفة الضاغطة فقد تم تبديل شكل ومكان القسمين.



شكل (1-66) عنفة العادم

يتم تصميم عنفة العادم للموازنة بين أمرين مهمين هما الإفادة من قوة خروج غازات العادم قدر الإمكان ودون ممانعة خروج هذه الغازات أيضاً ، وهذين الأمرين يتأثران جداً بحجم حجرة العادم وعنفتها ، فكلما زاد حجم عنفة العادم استطاعت العنفة استغلال طاقة أكبر وتحويلها الى حركة دورانية لمحورها، لكنها أيضاً بزيادة حجمها ستؤدي الى إعاقة خروج غازات العادم مما يؤثر سلباً على أداء المحرك . وبشكل إنموذجي يكون حجم القسم الساحب أكبر بقليل من حجم القسم الدافع في عنفة العادم.يتم تزيت وتبريد محور عنفات التوربين عن طريق خط زيت من المحرك ، وبما أن غازات العادم ذات حرارة عالية فقد تصل حرارة مخرج العادم الى مئات الدرجات ، مما يؤدي الى احتراق الزيت وتركه رواسب فحمية في مجاري الزيت وهو أمر يسبب أذىً خطير للمحرك ، لذلك يتوجب استبدال زيت المحرك في السيارات المزوّدة بشاحن هواء كل 3000 km كحد ادنى . يستعمل الشاحن التوربيني في محركات البنزين للاسباب نفسها التي يستخدم فيها محركات ديزل شكل (1-67) .

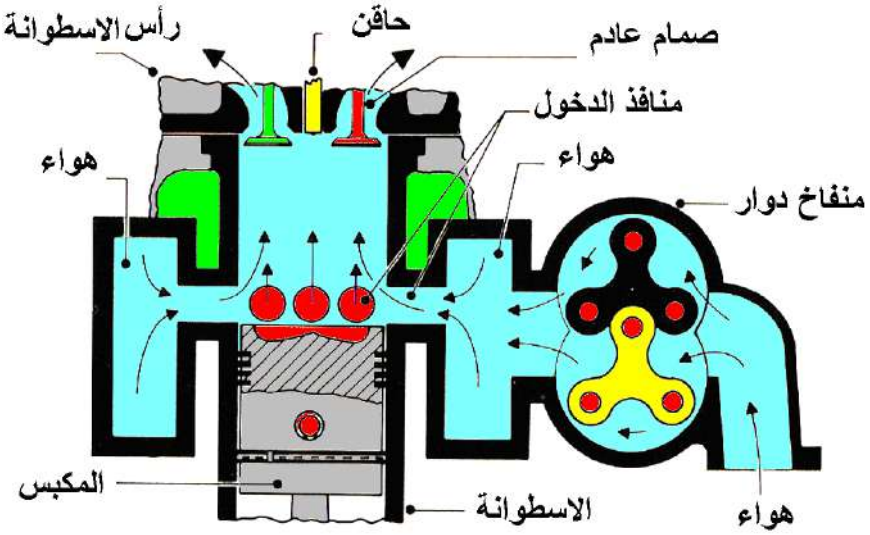


شكل (1-67) محرك بنزين مزود بشاحن توربيني

1- 10 طرق كسح العادم في محركات الديزل الثنائي الأشواط (Methods of scavenging)

يستعمل الكسح في المحرك الثنائي الأشواط للتخلص من غازات العادم لزيادة جودة الإحتراق ، وكذلك زيادة شحن الإسطوانة مما يؤدي الى زيادة القدرة الناتجة .

في بعض محركات ديزل يتم ارغام الهواء على الدخول الى الاسطوانات عن طريق منفاخ أو شاحن خارق (Supercharger) شكل (1-68) ،والذي يقوم بضغط الهواء الداخل الى الاسطوانات لحد 50 KN\ m^2 .

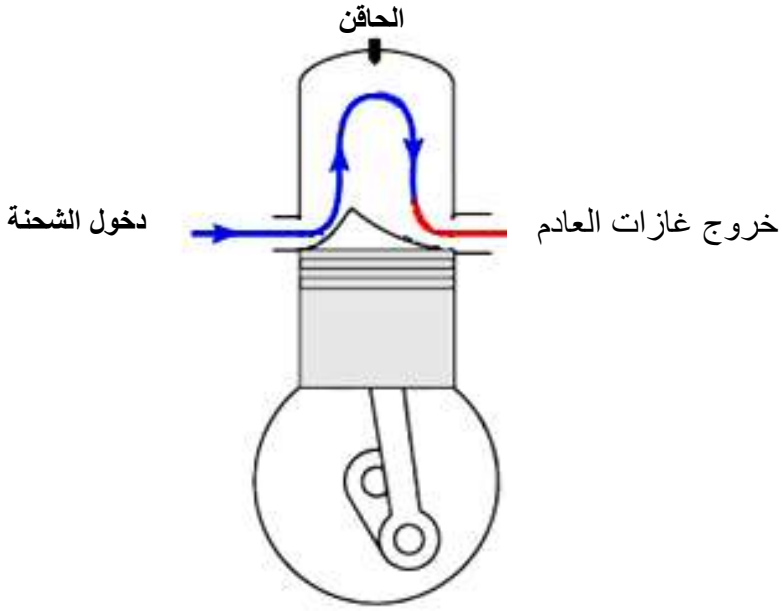


شكل (1-68) الشاحن الخارق

انواع الكسح لغازات العادم :

1- الكسح العرضي (Cross flow) :

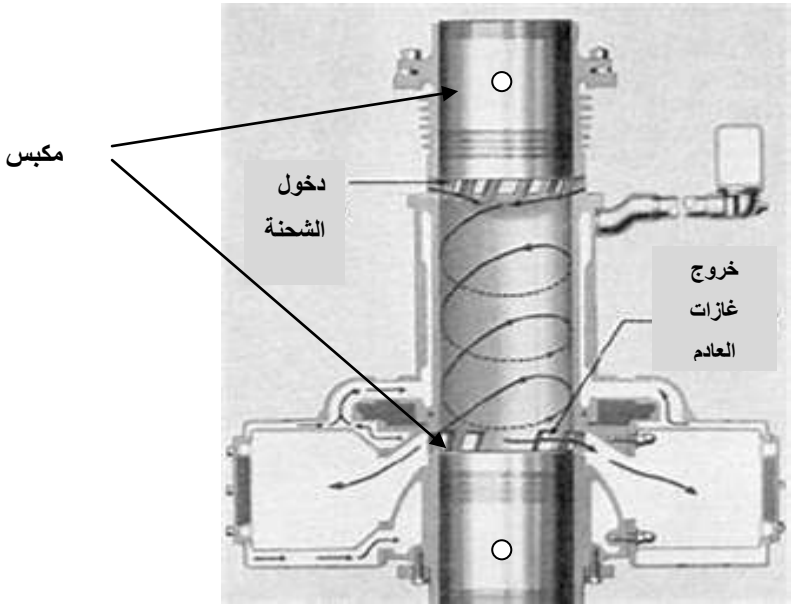
يستعمل في المحركات الصغيرة وفيه ترتب ثغور الشحن والعادم بحيث تكون متقابلة وعند دخول الشحنة تصطدم بالتشكيل في سطح المكبس يؤدي الى توجيه الشحنة للحركة بطول الاسطوانة وتكسح أمامها غازات العادم وتخرج من فتحة العادم شكل (1-69) ، وعيب هذا النوع هروب جزء كبير من الشحنة خلال عملية الكسح .



شكل (1-69) الكسح العرضي

2- الكسح الرجوعي (Uniflow)

وفيه تكون ثغور الشحن والعادم فوق بعضها البعض ، بحيث تدخل الشحن خلال مجموعة من فتحات الشحن تعمل حركة دوامية في الغرفة ثم تعود للخروج من فتحات العادم كما في الشكل (1-70) ، وميزة هذا النوع هي توفير قدر أكبر من الوقود المتسرب أثناء عملية الكسح وتحسين عملية الكسح نفسها



شكل (1-70) الكسح الرجوعي

3- الكسح الطولي (Valve uniflow) :

في هذا النوع لاتغيّر الشحنة اتجاهها وبذلك لاتسبب إثارة كبيرة ولا تتلوث الشحنة بغازات العادم فضلاً عن امكانية التحكم في توقيت فتح وغلق صمامات العادم شكل (1-71) .

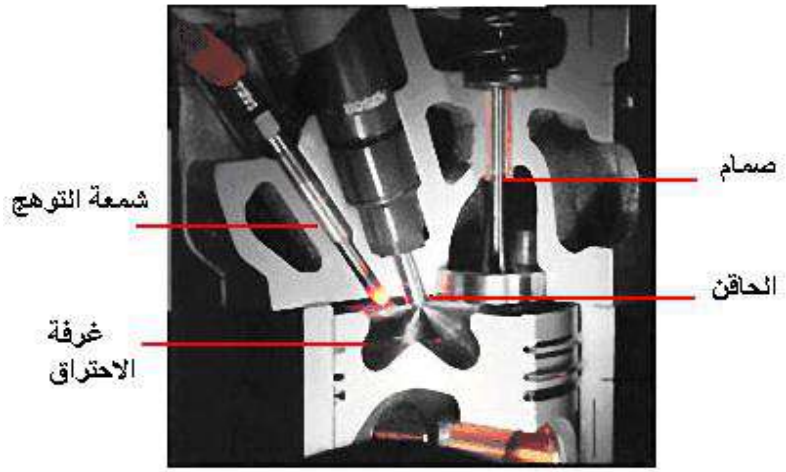


شكل (1-71) الكسح الطولي

1-11- شمعات التسخين (نظام التسخين المتقدم) Glow Plug

1-11-1- وظيفة شمعات التسخين :

تجهزمحركات الحقن غيرالمباشرأوبعض المحركات الصغيرة الحديثة ذات الحقن المباشر بدائرة كهربائية متصلة بشمعات تسخين شكل (1-72) ،تركب بجوار البخاخ وبداخل غرف الاحتراق لتسخين الهواء بداخلها لمساعدة المحرك على تشغيله في حالات الطقس الباردة أوتوقف المحرك لفترات طويلة دون العمل وتركب بوضع تكون فيه قريبة من البخاخ .



شكل (1-72) موقع شمعة التوهج

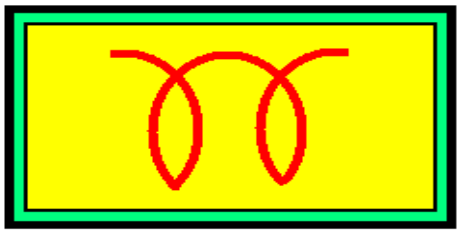
2-11-1- انواع شمعات التسخين:

1- نوع حاكم شمعة الوهج .
2- نوع التأخير الثابت .
3- نوع الوهج العالي .
4- نوع الوهج العالي التقليدي .

3-11-1- ضوء بيان التوهج (Glow indicator light) glow plug diesel:

يوضع ضوء بيان التوهج في لوحة العدادات ومهمته هي إخطار السائق بأن المحرك جاهز لبدء التشغيل يتم ذلك بانطفائه في هذا الوقت شكل (1-73) ، يعمل ضوء بيان التوهج مستقلاً عن نظام تسخين شمعة التوهج ولا يبين إذا كانت الشمعات فعلياً قد سخنت أم لا .



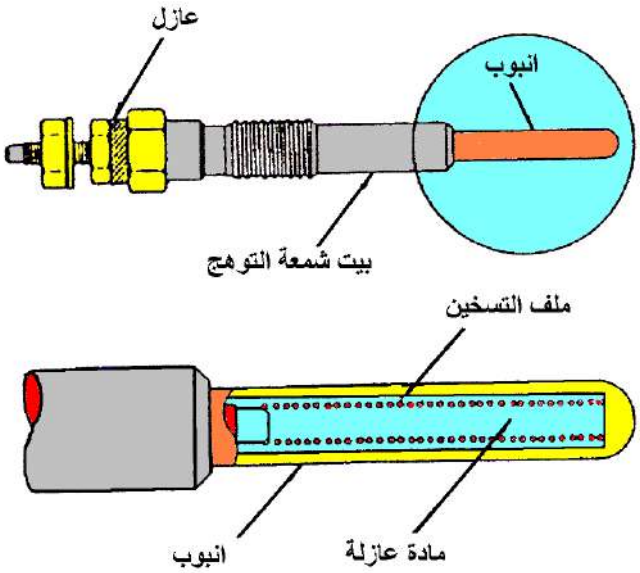


شكل (1-73) ضوء بيان التوهج

يتكون نظام التسخين من نوع حاكم شمعة الوهج (التسخين) من :

- شمعات الوهج .
- حاكم شمعة الوهج .
- مرحل شمعة الوهج .

تربط شمعة الوهج (التسخين) بقلاووظ في جدار كل غرفة احتراق . يحتوي جسم شمع الوهج على ملف تسخين داخل أنبوب يمر التيار الكهربائي داخل ملف التسخين ، يسخن الأنبوب ، الأنبوب له مساحة سطح كبيرة وذلك لاستقطاب طاقة حرارية أكبر ، يملأ الفراغ داخل الأنبوب بمادة عازلة وذلك لمنع ملف التسخين من ملامسة السطح الداخلي للأنبوب في حالة اهتزازه شكل (1-74).

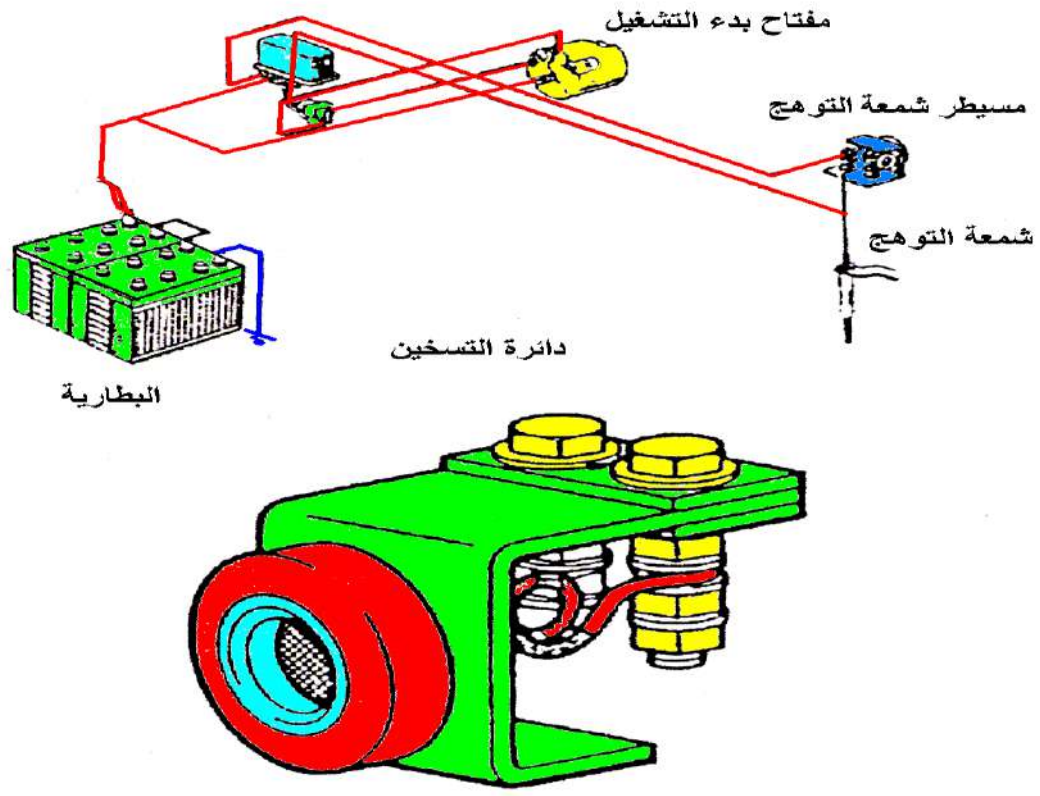


شكل (1-74) مكونات شمعة التوهج

1-11-4- دائرة التسخين المتقدم

يوضح الشكل (1-75) حاكم شمعة الوهج الموجود في لوحة العدادات ويحتوي على مقاومة موصلة مع خط تغذية الطاقة نفسه والتي تحمر في الوقت نفسه الذي تحمر فيه شمعة الوهج عادة يجب أن يحمر هذا الحاكم بعد حوالي (15 sec-20) من وضع المفتاح في وضع (ON) .

تسخين شمعات الوهج لفترة أكبر من المحدد قد يتلف حاكم الوهج ، ويلاحظ أن تسخين شمعات الوهج لفترة اكبر من الزمن المحدد قد يتلف حاكم شمعات الوهج .



شكل (1-75) دائرة تسخين شمعات الوهج

1-12- غرف الإحتراق (Combustion Chamber)

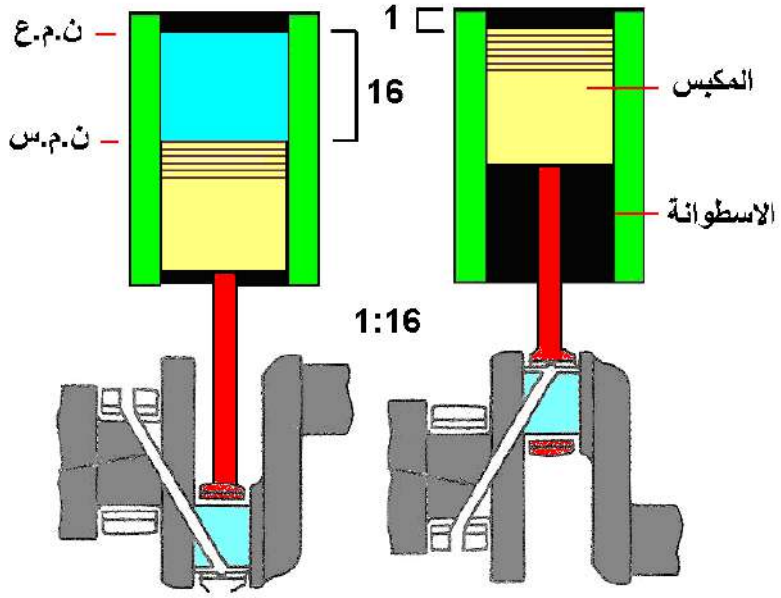
1-12-1 تصميم غرف احتراق محرك الديزل (Diesel engine combustion chamber design)

إن الاختلاف الرئيسي لمحرك الديزل عن محرك البنزين هو شكل غرف الإحتراق (بالاضافة لنوع الوقود وطريقة الاحتراق) . وقد تم تصميم غرف الإحتراق على أساس الحصول على نسبة انضغاط عالية تصل إلى 1 : 22 ، وكذلك تصغير حجم الغرفة مع زيادة السطح الخارجي لتحسين جودة التبريد ، ولذلك فقد تم تشكيل غرف الإحتراق في معظم محركات الديزل في راس المكبس .

2-12-1 نسبة الإنضغاط (Compression Ratio) :

نسبة الإنضغاط هي النسبة بين حجم الهواء قبل الإنضغاط إلى حجم الهواء بعد الإنضغاط .

وفي تعريف آخر هي النسبة بين الحجم فوق المكبس عندما يكون عند (ن.م.س) الى الحجم فوق المكبس عندما يكون عند (ن.م.ع) ويطلق على الحجم فوق (ن.م.ع) تسمية حجم الخلوص اما الحجم فوق (ن.م.س) فيسمى حجم الإسطوانة . كما هو موضحاً في الشكل (1-76) .



شكل (1-76) نسبة الإنضغاط في الإسطوانة

وعادة تتراوح نسبة الإنضغاط في محركات البنزين بين 6 : 1 حتى 12 : 1 . والإفراط في زيادة نسبة الإنضغاط في محركات البنزين يؤدي الى زيادة درجات حرارة التشغيل والتي قد تؤدي إلى حدوث سبق إشعال (حريق قبل بدء حدوث الشرارة) أو قد تؤدي الى حدوث الصفع (حريق لجزء من الخليط قبل وصول موجة اللهب إليه) .

في محركات الديزل تستعمل نسبة انضغاط أعلى منها في محرك البنزين حتى يمكن الحصول من عملية الانضغاط على حرارة كافية لإحتراق الوقود والهواء دون حاجة الى شرارة بوساطة شمعة إشعال فضلاً عن أن زيادة نسبة الإنضغاط تعمل على إثارة جيدة للخليط داخل المحرك . وتتراوح نسبة الإنضغاط في محركات الديزل بين 16 : 1 وتصل الى 22 : 1 كحد أقصى وتعمل معظم هذه المحركات في مدى 18 : 1 .

1-12-3- أنواع غرف الاحتراق :

أولاً : غرف الحقن المباشر (Direct injection chamber) :

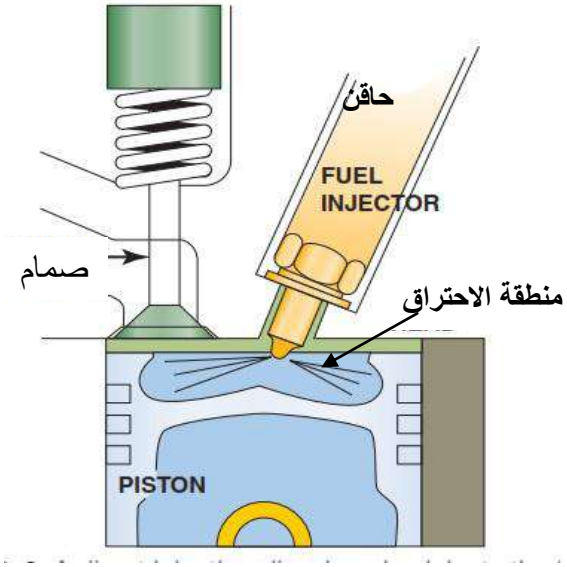
تصمم معظم المحركات التي تعمل عند السرعات العالية والأحمال الكبيرة المستعملة حالياً ، بحيث تكون ذات غرف احتراق تعمل بالحقن المباشر . وفي هذا التصميم يحقن الوقود مباشرة داخل الغرفة بوساطة رشاش (حاقن) متعدد الثقوب وعند ضغط عالي . وتأخذ الغرفة شكل تجويف في تاج

المكبس بشكل نصف كروي أو ربع كروي متقابل كما هو مبين في الشكل (1-77) ، لجعل الإثارة للخليط قوية وقريبة من النقطة الميتة العليا وذلك للعمل على تقليل عدد ثقوب الرشاش أو تقليل ضغط حقن الوقود .

1-2-7-1- مميزات غرفة الحقن المباشر :

1- ارتفاع الكفاءة الحرارية للوقود .

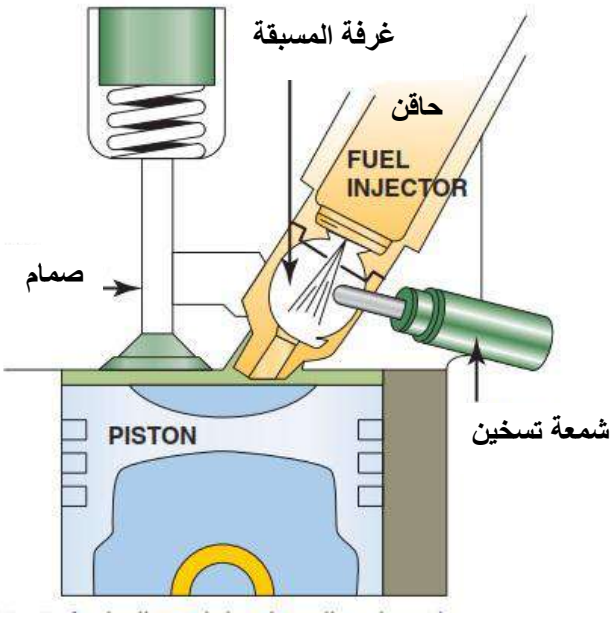
2 - بساطة تصميم رأس الاسطوانات .



شكل (1-77) الحقن المباشر

ثانياً : غرفة المسبقة الإحتراق (Precombustion chamber) :

في هذا التصميم تقع غرفة احتراق جزئي منفصلة في رأس الإسطوانة وتشغل نحو 25% من حجم الخلوص وتتصل هذه الغرفة بوساطة ممر ضيق أو اكثر ويركب رشاش (حاقن) الوقود بحيث يحقن الوقود في الغرفة المتقدمة وعند ضغط الهواء في شوط الضغط فوق المكبس يتسبب ذلك في رفع قيمة الضغط وإحداث إثارة عالية للهواء تمر خلال الممرات الى الغرفة المتقدمة للإحتراق . وعند حقن الوقود في الغرفة الجزئية المتقدمة يحترق جزء من الوقود مسبباً موجة ضغط عالية تؤدي الى دفع الخليط (هواء + وقود) الى الخروج للغرفة الرئيسة لتكتمل عملية الإحتراق وفي هذا النوع يتم الإحتراق بنعومة وهدوء ولكن عيب هذا النوع هو زيادة معدل استهلاك الوقود بنسبة من 10% الى 15% بالنسبة للحقن المباشر ولذا يكثر استعمال غرفة الحقن المباشر مقارنة مع هذا النوع شكل (1-78) .



شكل (1-78) غرفة الاحتراق المسبق(الجزئي)

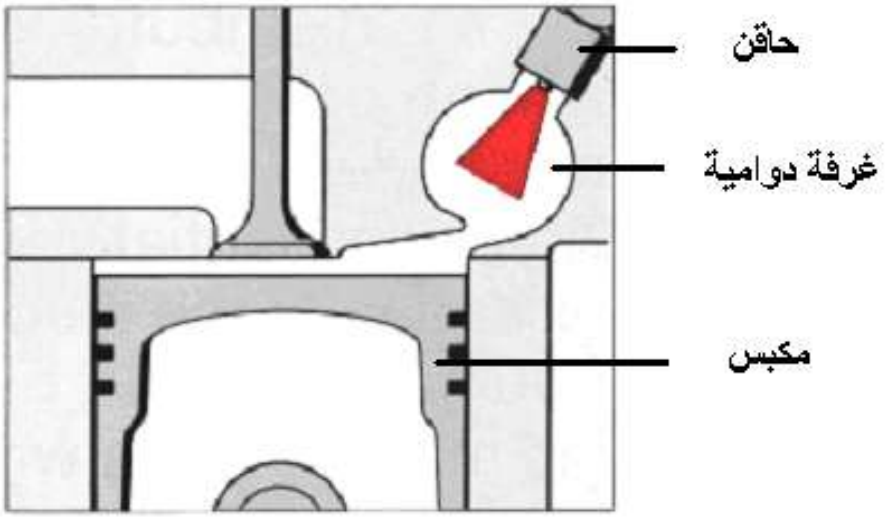
ثالثاً الغرف الدوامية (Swirl Chamber):

يشابه هذا التصميم غرف الإحتراق الجزئي المتقدم ولكن قد تقع الغرفة في رأس الإسطوانة أو في جدار الإسطوانة كما في الشكل (1-79) ، ويشغل حجم هذه الغرفة نحو 50% من حجم الخلوص وتأخذ الغرفة شكلاً كروياً ويركب الحاقن بحيث تبرز فوهته في اتجاه مقابل لمنطقة الإختناق التي تصل بين غرفة الدوامة وباقي حيز الخلوص . وعند ارتفاع الضغط أثناء شوط الإنضغاط تحدث إثارة عالية للهواء المضغوط داخل الغرفة الدوامية وعند حقن الوقود يبدأ الحريق داخل الغرفة وينشر خلال منطقة الاختناق الى باقي حيز الخلوص ليحترق مع ما تبقى من هواء في الحيز أعلى المكبس .

مميزات هذه الغرف :

معدل استهلاك الوقود اقل من المحركات ذات غرف احتراق متقدم .

عيب هذا النوع هو صعوبة التصميم وتحتاج الى شمعات تسخين .



شكل (1-79) غرفة الإحتراق الدوامية

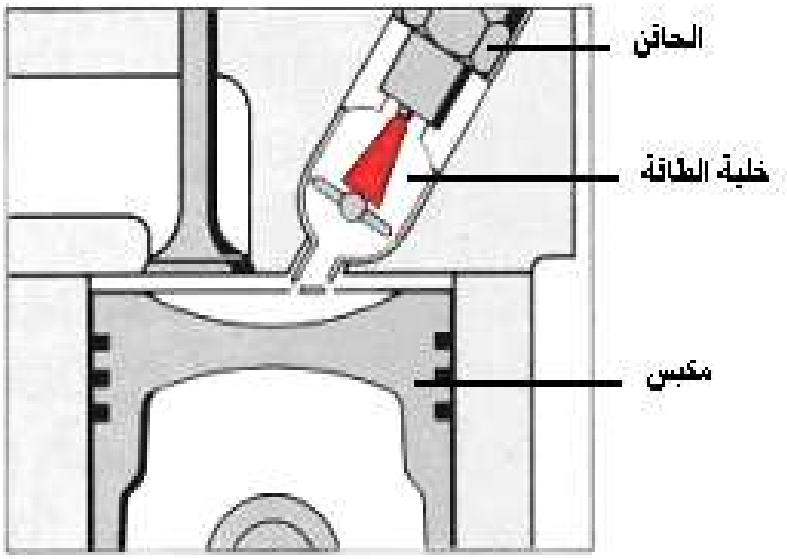
رابعاً : خلية الطاقة (Energy Cell) :

في هذا النوع من الغرف يحقن الوقود مباشرة داخل غرفة الإحتراق الرئيسة وان كان يرتب وضع الصمام بحيث يقابل فتحة خلية الطاقة أو بالقرب منها شكل (1-80) . وتصمم الخلية بحيث تولد طاقة دوامية عالية لخليط الوقود والهواء وعادة يستعمل حاقن ذو فوهة ذات ثقب واحد وتشغل خلية الطاقة نحو 15% إلى 20% من حجم الخلوص وتركب في رأس الاسطوانة بوساطة برغي .

وعند حقن الوقود يختلط مع الهواء في الغرفة الرئيسة اعلى المكبس وأيضا يدخل جزء من الخليط إلى الخلية وعندما يتجانس الخليط في الغرفة الرئيسة والخلية يبدأ الإحتراق يؤدي ذلك الى عودة الخليط والحريق من خلية الطاقة الى الغرفة الرئيسة بسرعة عالية جداً تسبب دوامات داخل الحريق تحسن عملية الإحتراق وترفع كفاءته ويقل استهلاك الوقود .

مميزات هذة الخلية :

أهم ما يميز خلية الطاقة هو أن انتقال الخليط والحريق الى الغرفة الرئيسة يحدث بمعدل هادىء مسبباً أداء ناعماً .

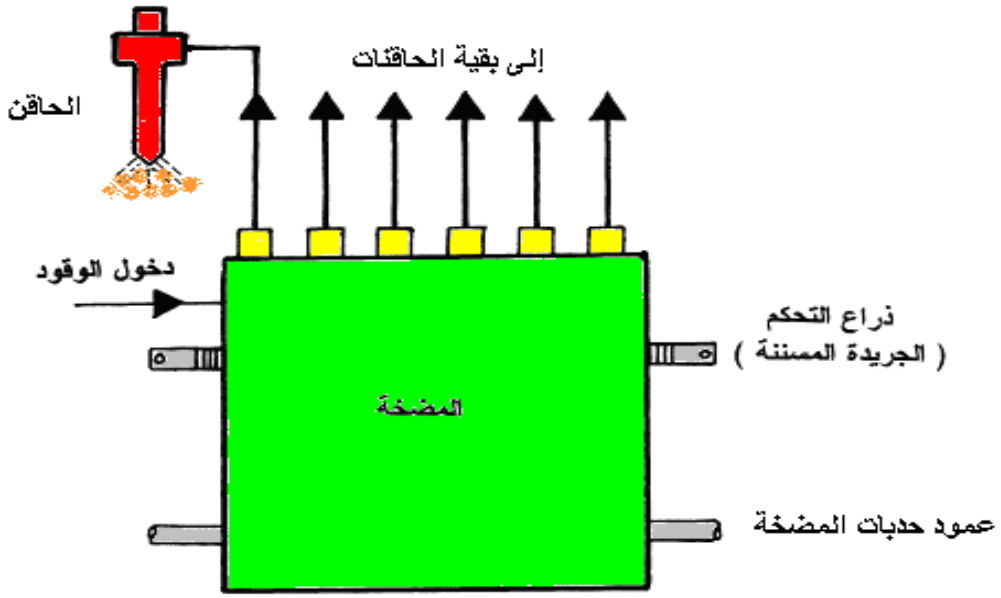


شكل (1-80) خلية الطاقة

13-1 مقارنة بين مضخات حقن الوقود المكبسية (المستقيمة) والدوارة

1-13-1- مضخة حقن الوقود المكبسية :

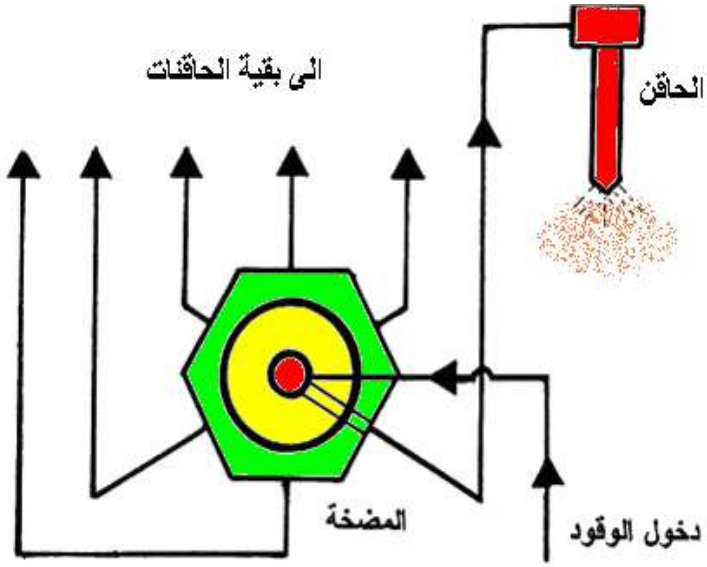
وهي عبارة عن عدد من المضخات تساوي في عددها اسطوانات المحرك ، وتتصل كل منها بحاقن خاص عن طريق انابيب خاصة وجميع هذه المضخات مركبة ضمن جسم واحد ،الشكل (1-81) يمثل مخطط مضخة الحقن المكبسية (المستقيمة) .



شكل (1-81) مخطط مضخة حقن مكبسية (مستقيمة)

1-13-2- مضخة الحقن الدوّارة

تؤلف مضخة الحقن هذه والتي تحتوي على منظم حساس لجميع السرع وحدة متماسكة مناسبة لمحركات ديزل ذات السرعات العالية ، فضلاً عن كون تصميم هذه المضخة بسيطاً نسبياً فإنها تمتاز كذلك بكونها لاتحتوي على مضاجع كروية أو أسطوانية أو مسننات أو نوابض مضغوطة . ولا يتغير عدد الأجزاء المتحركة للمضخة مهما كان عدد أسطوانات المحرك الواجب تغذيتها بالوقود شكل (1-82) .



شكل (1-82) مخطط مضخة الحقن الدوارة

مقارنة بين مضخة حقن مكبسية ودوارة

تسلسل	النظام	ضغط الوقود	كمية الحقن	توقيت الحقن	ملاحظات
1	المضخة المستقيمة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	تحتوي على وحدة حقن لكل اسطوانة
2	المضخة الدوارة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	عن طريق المضخة	تعد مضخة مفردة يقوم المكبس بتوزيع الوقود للاسطوانات

مقارنة بين محرك البنزين ومحرك الديزل

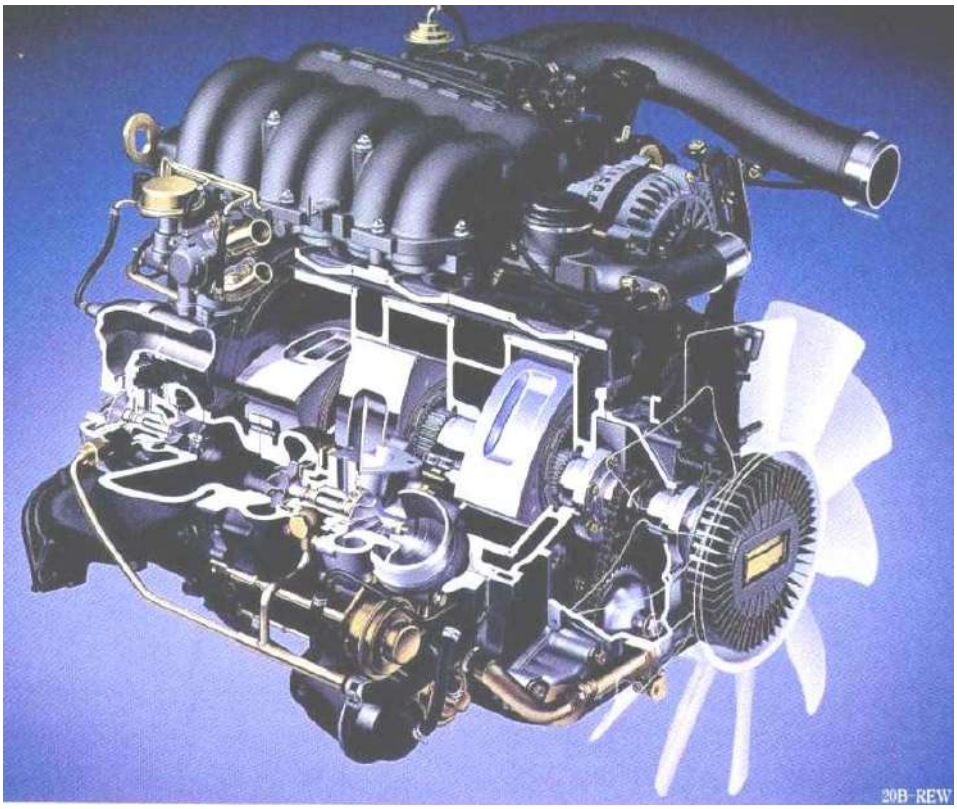
تسلسل	محرك البنزين	محرك الديزل
1	الدورة الحرارية لها هي دورة أوتو ثم أشعال الخليط بوساطة شرارة .	الدورة الحرارية لها هي دورة ديزل ويتم أشعال الخليط نتيجة للضغط .
2	نسبة الانضغاط للخليط أقل من الديزل حيث تتراوح (6:1) ~(12:1) .	نسبة الانضغاط للخليط أكبر منها في البنزين حيث تتراوح (16:1) ~(22:1).
3	سرعة دوران المحرك أعلى منها في الديزل (7000-3000) rpm.	سرعة دوران المحرك أوطأ منها في البنزين (6000-1000) rpm
4	الكفاءة الحرارية أقل منها في الديزل ودرجه حرارة العادم أعلى نسبةً لذلك .	الكفاءة الحرارية عالية وهناك انخفاض في درجةحرارة العادم .
5	القدرة أعلى لكل وحدة أزاحة .	القدرة أقل لكل وحدة أزاحة .
6	عملية التشغيل أسهل وأقل جهداً .	عملية التشغيل أصعب وأكثر جهداً .
7	وقودها أغلى ، قيمته الحرارية أعلى، سريع التبخر، أكثر عرضه للأخطار .	وقودها أرخص قيمته، الحراريه أقل، وأقل عرضة للأخطار.
8	كلفة الصيانة أقل وتصدر ضجيجاً أقل .	كلفة الصيانةأعلى وتصدر ضجيجاً أكبر.
9	غازات العادم تكون خطرة على الصحة العامة.	تكون غازات العادم أقل خطورة على الصحة .

14-1المحرك الدوار(محرك وانكل) (Rotary or Wankel Engine):

يبين الشكل (1-83) المحرك الدوراني الذي ابتكره المهندس الالماني (فانكل) والذي حصل على براءة اختراع فيه في عام 1929، وبدأ تطويره في أوائل الخمسينات من قبل شركةNSU، وتم الانتهاء من أول إنموذج عملي له في عام 1957. وبفضل هذا التصميم تم تضمين محرك وانكل الدوراني في أجهزة ومركبات متنوعة مثل السيارات (فضلاً عن سيارات السباق)، الطائرات، مكائن القطع (المناشير) ووحدات الطاقة المساعدة. ويجدر الإشارة الى أنه تم استعمال محرك وانكل بشكل كبير في السيارات من قبل الشركة اليابانية مازدا.

(التركيب) :

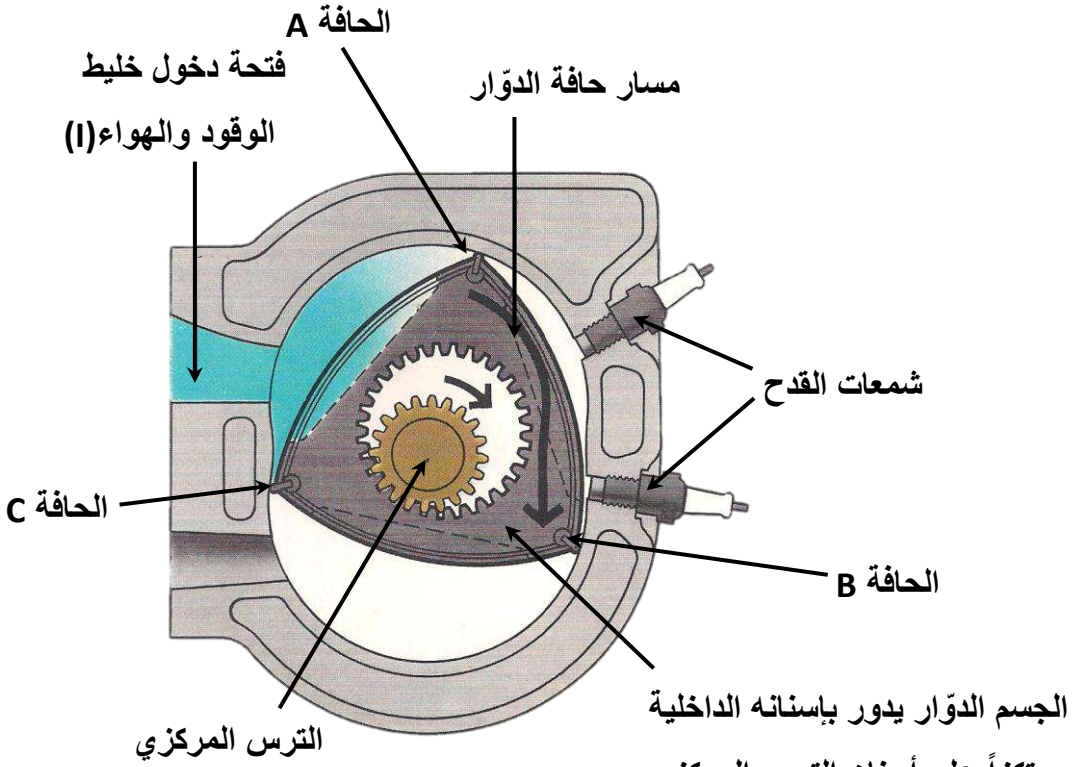
وهو يتكون من قرص دوّار على شكل جسم ثلاثي الشكل جوانبه محدبة يدور بطريقة لا مركزية داخل جسم المحرك (الكتلة) بحيث تبقى حافاته الثلاث ملامسة للجدران الداخلية لحيز المحرك الداخلي مكونة ثلاث حجرات يتغيّر حجمها باستمرار نتيجة لحركة القرص الدوّار.وفي هذه الحجرات تتم العمليات المعروفة للمحرك وهي السحب والضغط والإحتراق والعادم.



شكل (1-83) محرك وانكل الدوار

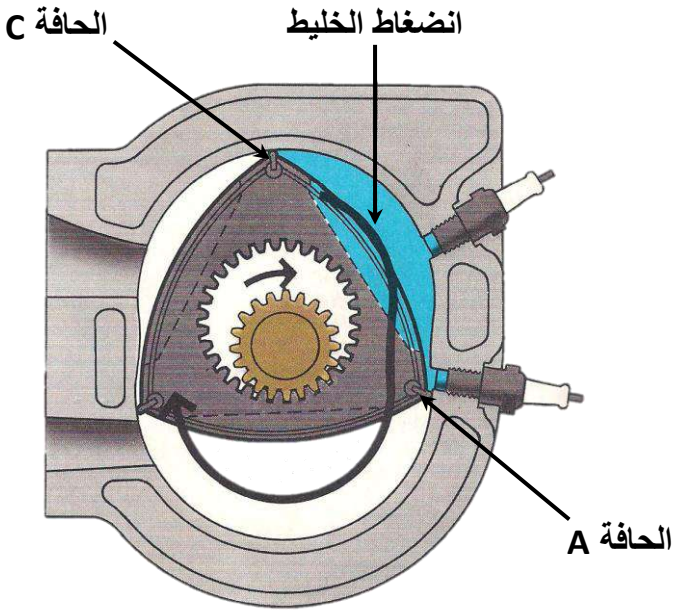
1-14-1عمل المحرك الدوّار(Wankel Engine Operation):

1- شوط السحب(Induction Stroke) : يبدأ شوط السحب باتصال جوف الإسطوانة بالوسط الخارجي عن طريق فتحة السحب (I) ويزداد حجم هذه الحجرة عند دوران المكبس باتجاه عقرب الساعة حتى تجتاز الحافة (C) فتحة السحب (الشكل 1-84).



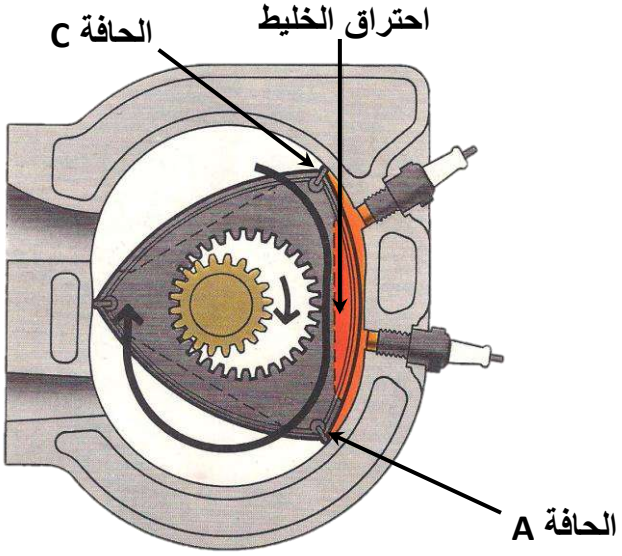
شكل (1-84) شوط السحب

2- شوط الإنضغاط(Compression Stroke): يبدأ شوط الإنضغاط بتوقف الإتصال بين الحجرة (CA) (اي الحجرة التي رؤوسها الحافتينAو C) وفتحة السحب ويصبح الخليط محصوراً في حيز معين تتناقص قيمته باستمرار مع دوران المكبس (الشكل 1-85).



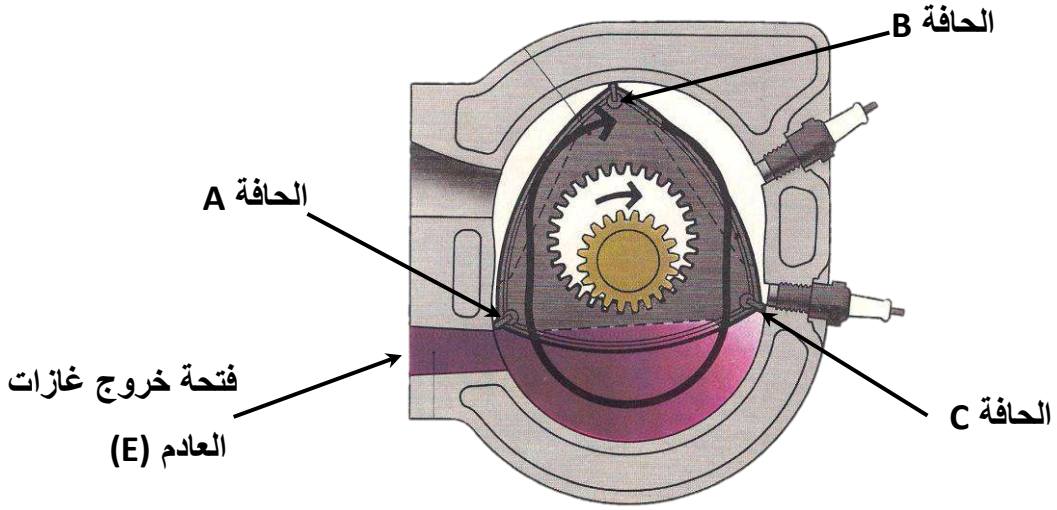
شكل (1-85) شوط الإنضغاط

3- شوط الطاقة(Power Stroke) : عندما يصبح المكبس في الوضعية المبينة في الشكل (1-86) تنطلق الشرارة بين قطبي الشمعة وتبدأ عملية الإحتراق وعندها يقع المكبس نحت تأثير قوة تعمل على تدويره وهذا ما يؤدي الى زيادة حجم الحجرة (CA) .



شكل (1-86) شوط الطاقة

4- شوط العادم(Exhaust Stroke): الشكل (1-87) يمثل بداية شوط التمدد حيث يزداد حجم الغازات المحصورة باستمرار عندها تفتح حافة المثلث (A) طريق الخروج (E) وتبدأ الغازات ذات الضغط العالي بالإنطلاق إلى الوسط الخارجي ويتضائل حجم الحجرة باستمرار مع دوران المكبس الذي يقوم بدفع نواتج الإحتراق أمامه وطردها عبر الممر (E) الى الوسط الخارجي.

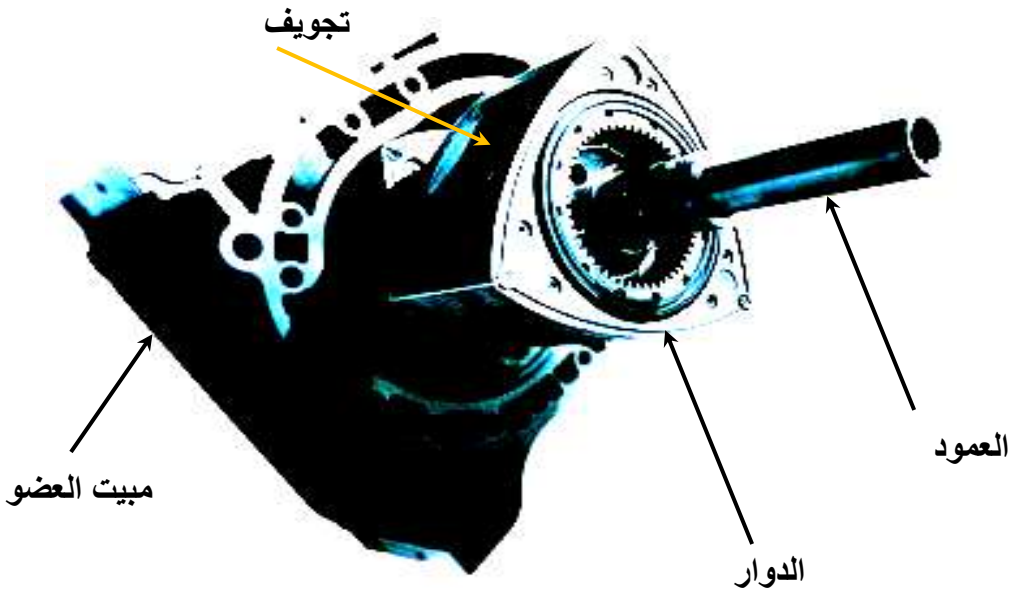


شكل (1-87) شوط التمدد

وهكذا تكون قد اكتملت الدورة في الحجرة (CA) ولكن من البديهي أن عمليات مماثلة تماماً قد أخذت مجراها في الحجرتين المتبقيتين (AB) و (BC).

1-14-2 الأجزاء الرئيسة للمحرك الدوّار:

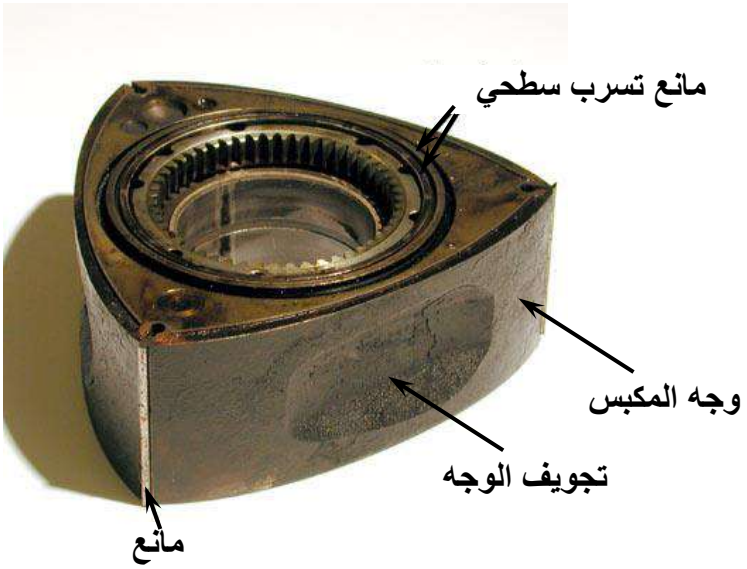
يتكون محرك وانكل من الأجزاء الرئيسة التالية (لاحظ الشكل 1-88).



شكل (1-88) أجزاء محرك وانكل

أ- الجزء الدوّار(Rotor) :

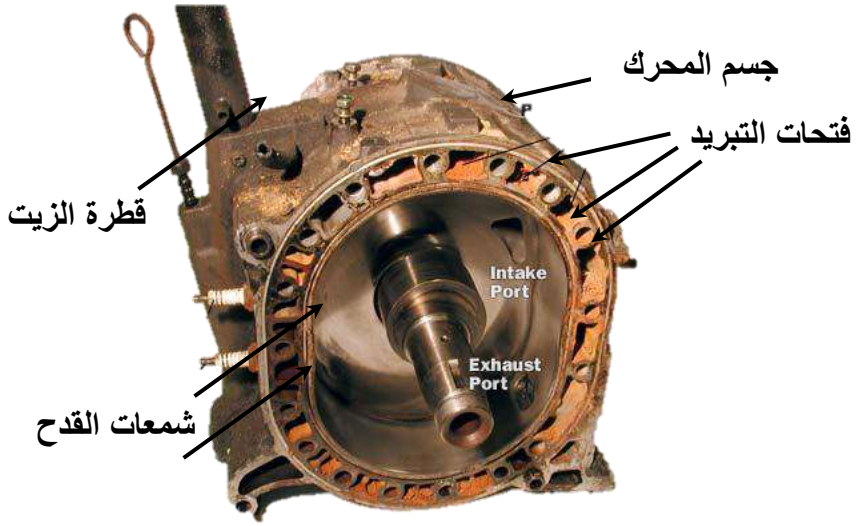
يتكون الجزء الدوّار من ثلاثة أوجه محدّبة بحيث يشكّل كلّ وجه مكبس كما في محركات المكابس ، وكل وجه يحتوي على تجويف لزيادة سعة الحجرة وبالتالي زيادة حجم الوقود والهواء وكما موضح بالشكل (1-89). ويتم التخلص من أيّ تسربات أو ثقوب عن طريق قطع معدنية عند كل قمة ناتجة من التقاء أيّ وجهين فضلاً عن الى الحلقات على الأوجه الثلاثة لضمان الإحتراق بشكل صحيح (كما تعمل الحلقات الموجودة في محركات المكابس).



شكل (1-89) الدوّار

ب- مبيت العضو الدوّار (Housing) :

وهو جسم مبرد بالماء ذو مقطع يأخذ السطح الداخلي له شكل الرقم 8 تقريبا. ويحتوي المبيت على فتحتين: واحدة لدخول خليط الوقود والهواء، والأخرى لخروج العادم في احدى الجهات، وفي الجهة المقابلة تركب شمعة قدح او شمعتين لإشعال شحنة الوقود والهواء، ويصنع جسم المبيت من السبائك المعدنية الخفيفة مع طلاء السطح الداخلي بمادة الكروم أو النيكل لتقليل التآكل (لاحظ الشكل 1-90).



شكل (1-90) مبيت العضو الدوّار

ج- العمود اللامركزي (Eccentric Shaft or Output shaft)

عمود القدرة يحتوي على أجزاء محدبة مثبتة بشكل غير مركزي و ذلك لكي تتحرك على مركز المحور (المقصود بمركز المحور : مركز محور القدرة أو عمود القدرة) . الجزء الدوّار يكون متصل مع العمود ويعمل مثل عمود المرفق حيث يعمل الجزء الدوّار على تحريك الكامات المثبتة على عمود القدرة ليتحرك حركة دورانية ويعطي العزم المطلوب (لاحظ الشكل 1-91).



شكل (1-91) العمود اللامركزي

مصطلحات فنية

انكليزي	عربي
Diesel Engine	محرك ديزل
Diesel Fuel	وقود ديزل
Two Cycle Diesel Engine	محرك ديزل ثنائي الدورة
Charger	شاحن
Cylinder Block	كتلة الاسطوانات
Cylinder Head	رأس الاسطوانات
Head Gasket	حشوة رأس الاسطوانات
Piston	مكبس
Oil Ring	حلقة الزيت
Compression Ring	حلقة الضغط
Piston Crown	تاج المكبس
Connecting Road	ذراع التوصيل
Flywheel	الدولاب الطيار (الحدافة)
Timing Gears	مسننات التوقيت
Push Road	ذراع الدفع
Rocker Arm	ذراع الارجحة
Guide	دليل
Spring	نابض
Fuel Transfer Pump	المضخة الميكانيكية ذات الحجاب الحاجز
Oil Pan	حوض الزيت
Blower	منفاخ
Supply Pump	مضخة التجهيز
Fuel Filters	مرشح الوقود

أسئلة الفصل الأول

س1 : عرّف محرك الديزل ، ثم عدد بالتفصيل خواص وقود الديزل.

س2 : اشرح مع الرسم محرك الديزل رباعي الأشواط.

س3 : اشرح مع الرسم محرك الديزل ثنائي الأشواط.

س4 : عدّد مع شرح مختصر كل جزء من أجزاء محرك ديزل رباعي الأشواط.

س5 : ارسم مكبس محرك الديزل مؤشراً على الأجزاء.

س6 : عدّد مع الشرح حلقات مكبس محرك الديزل.

س7 : لماذا تحتوي صمامات الديزل على الصوديوم ؟ ارسم صمامات تحتوي على الصوديوم .

س8 : ارسم مؤشراً على الأجزاء علامات التوقيت على مسننات التوقيت لمحرك الديزل.

س9 : ارسم مؤشراً على الأجزاء جلبة اسطوانة محرك ديزل ثنائي الشوط.

س10: عدّد مع رسم مخطط لأجزاء منظومة وقود محرك ديزل.

س11: عدّد أنواع مرشحات وقود الديزل مع الرسم.

س12: لماذا يتم استنزاف الهواء من منظومة الوقود ؟

س13: عدّد عشرة أجزاء من مضخة الحقن الدائرية لمحرك ديزل.

س14: اشرح سبب وجود الحاكم الميكانيكي في مضخة حقن وقود الديزل.

س15: اشرح مع الرسم فكرة عمل شاحن الهواء التوربيني.

س16: عدّد مع الرسم مكونات الشاحن التوربيني في محرك ديزل.

س17: عدّد مع شرح مختصر طرق ازالة العادم في محرك ديزل.

س18: ماهي وظيفة شمعات التسخين في محرك ديزل ؟

س19: ارسم دائرة التسخين المتقدم في محرك ديزل.

س20: عرّف نسبة الإنضغاط في محرك ديزل مع الرسم.

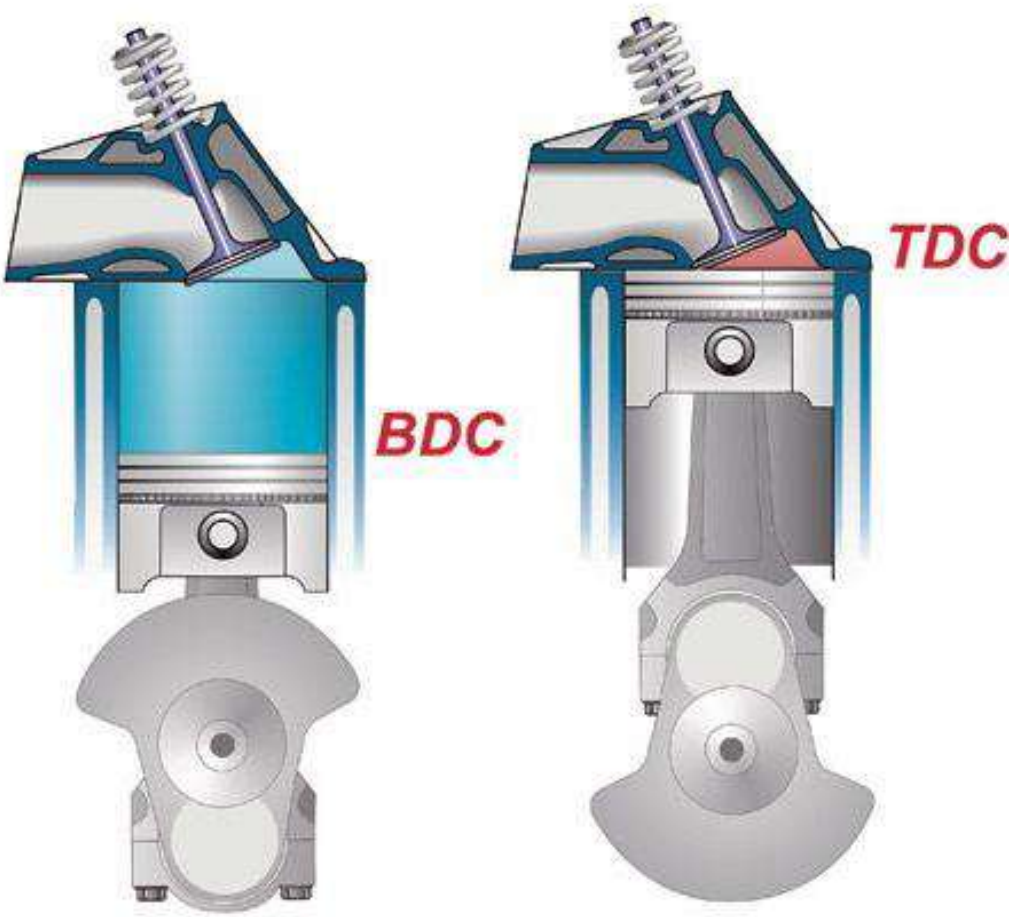
س21 : عدّد مع رسم مبسط أنواع غرف الإحتراق لمحرك ديزل.

س22: قارن بين مضخة حقن مكبسية دوّارة وخطّية لمحرك ديزل.

س23: اذكر خمساً من الفروقات بين محرك الديزل والبنزين.

س24 : كيف يعمل المحرك الدوّار ؟ استعن بالاجابة بالرسوم التوضيحية .

س25: عدد الأجزاء الرئيسة للمحرك الدوار .


BDC
TDC

الفصل الثاني
أداء محركات الإحتراق الداخلي

Performance of Internal Combustion Engine



الأهداف :

بعد الإنتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على أن:

- يعرف العوامل المحددة لمواصفات اداء المحركات.
- يحسب القدرة البيانية والضغط المتوسط البياني والقدرة الفرملية.
- يحسب الكفاءة الميكانيكية والكفاءة الحجمية.
- يحسب الكفاءة الحرارية والكفاءة الحرارية الفرملية.

2. 1 العوامل المحددة لمواصفات اداء محركات الإحتراق الداخلي :

من أهم العوامل التي تحدد المواصفات الفنية لمحركات الإحتراق الداخلي ما يأتي:

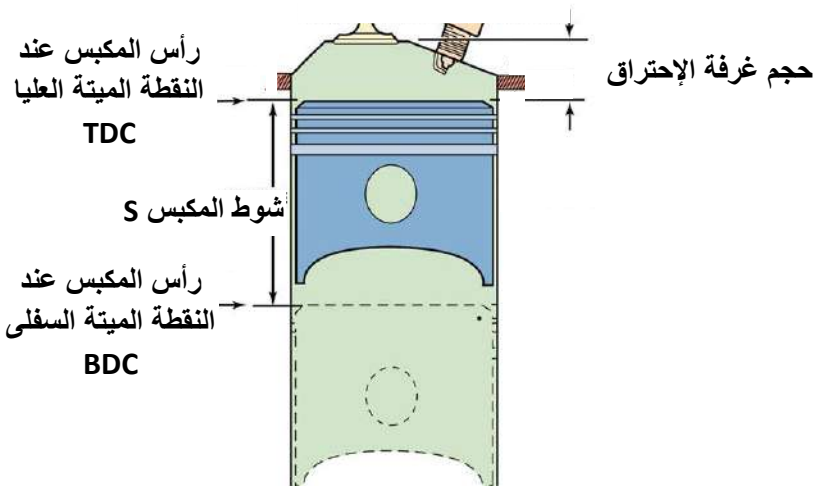
1. عمل أجزاء المحرك المختلفة لأطول مدة ممكنة.
2. فعالية عمل المحرك وكفاءته.
3. وزن المحرك وابعاده الهندسية.
4. معدل وطبيعة مكونات غازات العادم الناتجة عن احتراق الوقود.
5. مستوى ضجيج المحرك.
6. سهولة التركيب والصيانة والاصلاح.
7. سهولة تشغيل المحرك.

ولدراسة أداء محركات الإحتراق الداخلي لابد من معرفة ما يأتي :

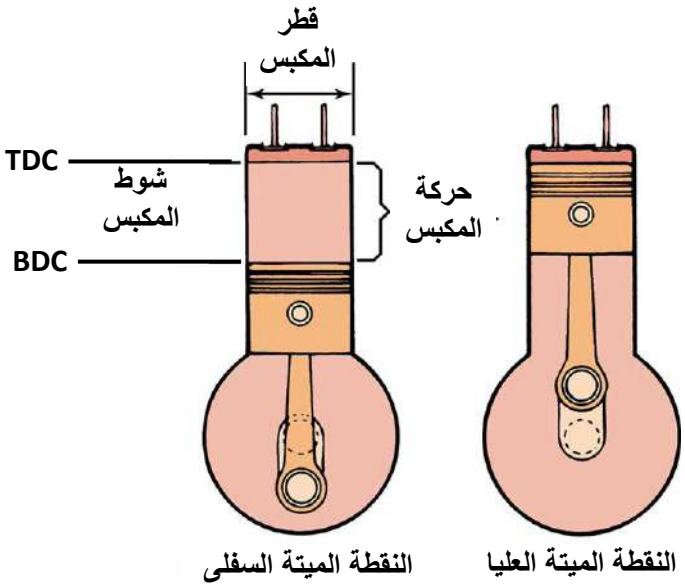
أ. **غرفة الإحتراق (Combustion Chamber) :** هي حيز مغلق محصور بين نهاية شوط المكبس في أثناء حركته للأعلى وبين رأس المحرك ويتم فيها ضغط مزيج الوقود واحتراقه، الشكل (2-1).

ب. **النقطة الميتة العليا (Top Dead Center TDC) :** هي أعلى نقطة يصل اليها المكبس في أثناء صعوده للأعلى داخل الأسطوانة، الشكل (2-2).

ج. **النقطة الميتة السفلى (Bottom Dead Center BDC) :** وهي أدنى نقطة يصل اليها المكبس في اثناء نزوله الى الأسفل داخل الاسطوانة.



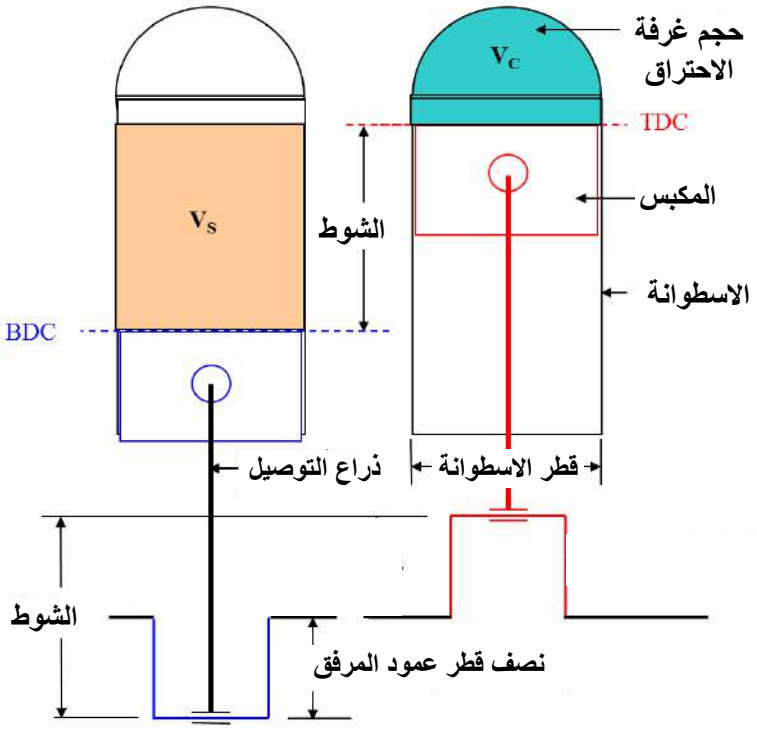
شكل (2-1) حجم غرفة الإحتراق



الشكل (2-2) النقطة الميتة العليا والنقطة الميتة السفلى

د. شوط المكبس (Stroke S) : هو المسافة المحصورة بين النقطة الميتة العليا والنقطة الميتة السفلى، الشكل (2-2).

هـ. نسبة الإنضغاط (Compression Ratio) : وتساوي حجم الاسطوانة نسبة الى حجم غرفة الإحتراق ، وكما موضح في الشكل (2-3).



شكل (2-3) نسبة الانضغاط : حجم الاسطوانة الى حجم غرفة الاحتراق

حجم الاسطوانة = حجم الشوط + حجم غرفة الاحتراق

وتتراوح نسبة الإنضغاط في المحركات كما يأتي (لاحظ الشكل2-4):

1. محركات البنزين (6:1) ~(12:1) .
2. محركات الديزل (16:1) ~(22:1)
3. محركات سيارات السباق (14:1)

ويمكن حساب حجم (سعة) الاسطوانة كما يأتي :

$$V_s = A_c \times L_s$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

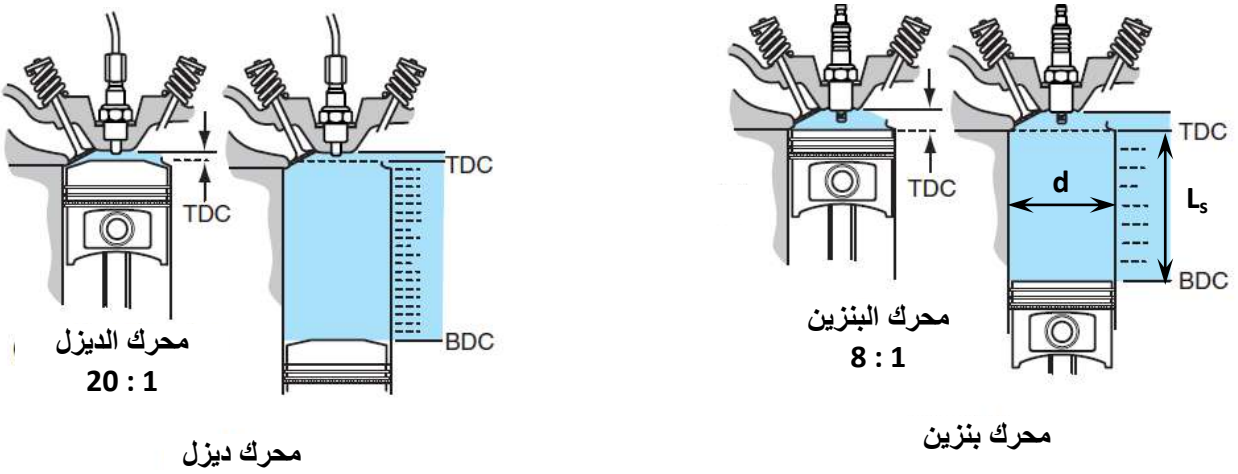
حيث أن :

V_s = حجم اسطوانة واحدة بالسنتيمتر المكعب (cm^3) .

d = قطر أسطوانة المحرك بالسنتيمتر(cm).

A_c = مساحة مقطع الاسطوانة بالسنتيمتر المربع (cm^2).

L_s = طول الشوط بالسنتيمتر (cm).



الشكل (2-4) مقارنة نسبة الانضغاط بين محركات البنزين والديزل

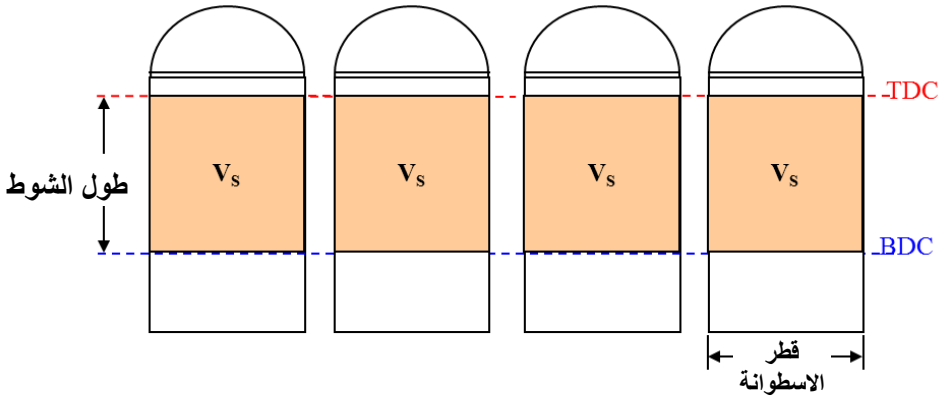
ولحساب الحجم الكلي للمحرك (لاحظ الشكل 2-5) :

$$V_e = A_c \times L_s \times N_c$$

حيث أن :

V_e = الحجم الكلي للمحرك(Engine swept volume) بالسنتيمتر المكعب (cm^3) .

N_c = عدد اسطوانات المحرك.



الشكل (2-5) الحجم الكلي للمحرك

مثال :

محرك احتراق داخلي سداسي الاسطوانات قطر اسطوانته (84 mm) وطول شوطه (80 mm)، أوجد حجم اسطوانته ومن ثم الحجم الكلي له.

المعطيات: $N=6, L_s=80\ mm, d=84\ mm$

الحل:

$$V_e = A_c \times L_s \times N_c$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} \times d^2 = \frac{3.14}{4} \times \left(\frac{84}{10}\right)^2 = 55.3\,cm^2$$

حجم الاسطوانة الواحدة

$$V_s = A_c \times L_s = 55.3 \times \left(\frac{80}{10}\right) = 442.4\,cm^3$$

الحجم الكلي للمحرك

$$V_e = 55.3 \times \frac{80}{10} \times 6 = 2654.4\,cm^3$$

ولحساب نسبة الإنضغاط (Compression Ratio) تستعمل المعادلة الآتية:

$$r = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

ومن هذه المعادلة، فأن حجم غرفة الإحتراق يساوي :

$$V_c = \frac{V_s}{(r-1)}$$

حيث أن :

r = نسبة الإنضغاط (Compression ratio).

V_c = حجم الخلوص (Clearance volume) بالسنتيمتر المكعب (cm^3).

مثال :

احسب حجم غرفة الإحتراق لإسطوانة محرك احتراق داخلي إذا علم أن نسبة انضغاطه تساوي 6.5 وحجم الاسطوانة الواحدة يساوي 49 cm^3.

المعطيات : V_s= 49 cm^3 , r = 6.5

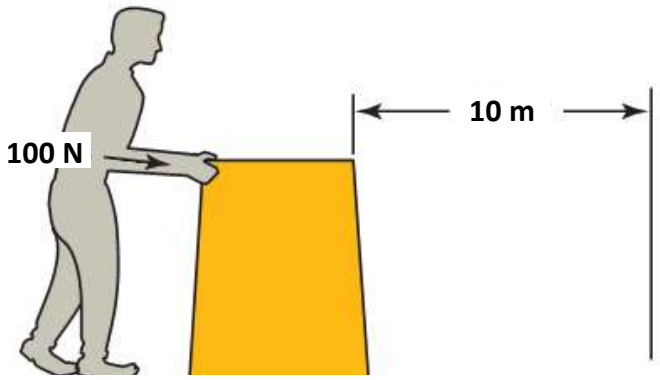
الحل:

$$V_c = \frac{V_s}{(r-1)} = \frac{49}{(6.5-1)} = 8.9\,cm^3$$

2.2 الشغل (Work):

يعرف الشغل هندسيا كالآتي : هو تغيير وضع الجسم ضد قوة معاكسة لهذا التغيير. ويجب ان يكون تحريك الجسم عن طريق استعمال القوة: (الرفع، الدفع، السحب)، فمثلا عند رفع ثقل من مكان ما يعني انه تم انجاز شغل على هذا الثقل، لأنه قد تم تحريكه الى الأعلى مع وجود قوة مضادة له، وهي الجاذبية الأرضية.

ويقاس الشغل بدلالة المسافة والقوة. فمثلا إذا دفعت صندوق وزنـــــــــه (100 نيوتن [N])مسافـــة (10 مترات [m]) فان الشغل المنجز يساوي (100×10=1000 N.m) لاحظ الشكل (2-6).



الشكل (2-6) الشغل المنجز على الصندوق يساوي حاصل ضرب القوة في الازاحة

الشغل = القوة ×الازاحة

$$W = F \times S$$

حيث أن :

W = الشغل (Work) بالجول (J).

F= القوة (Force) بالنيوتن (N).

S = الازاحة (Distance) بالمتر (m).

2. 3القدرة (Power):

يمكن أن ينجز الشغل بسرعة أو ببطء. والقدرة هي المعدل الزمني لإنجاز الشغل وتقاس بوحدات الواط (W)–وان الماكنة العالية القدرة هي التي تؤدي قدراً كبيراً من الشغل في وقت قصير. اما الماكنة التي تأخذ وقتاً طويلا لتؤدي مقداراً صغيراً نسبياً من الشغل فهي ماكنة ضعيفة القدرة.

$$P = \frac{W}{t}$$

حيث أن :

P = القدرة بالواط (W).

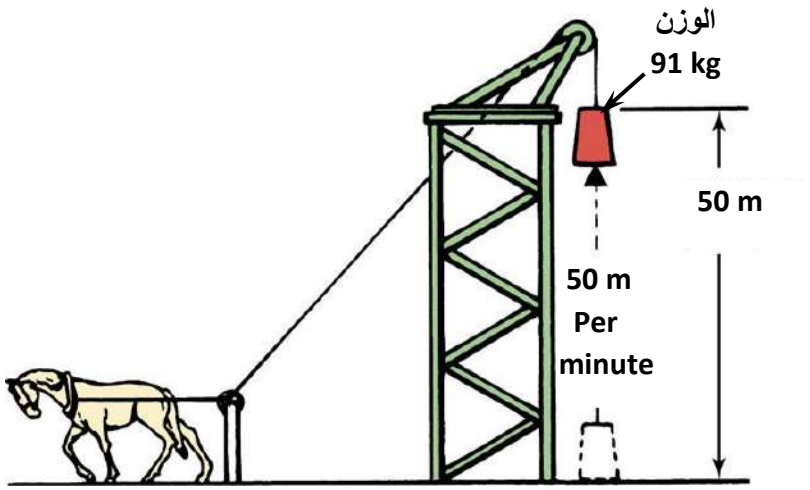
W = الشغل بالجول (J).

t = الزمن بالثانية (s).

1.3.2 القدرة مقاسة بوحدة القدرة الحصانية (Horse Power):

القدرة الحصانية هي مقياس لمعدل ما يستطيع حصان سليم البنية عمله. وقديما، عندما كانت المحركات في دور التطور كانت تقارن قدرة المحركات على انجاز الشغل بقدرة الخيول على انجاز الشغل نفسه، فمثلا يعمل محرك قدرته 10 خيول شغلا يساوي الشغل الذي تستطيع عشرة خيول على ادائه. وقد وجد أن قدرة

الحصان تساوي (746 واط[W]). فالحصـــــان يستطيع رفــع (91 كيلو غرام[kg]) لمسافة (ارتفاع)(50متر [m]) في الدقيقة الواحدة، لاحظ الشكل (2-7).



الشكل (2-7) القدرة الحصانية: يستطيع الحصان رفع 91 kg مسافة 50 m

القدرة الحصانية = القدرة بالواط (W) ÷ 746

$$\text{Horse Power(hp)} = \frac{\text{Power(W)}}{746} \quad : \quad (\text{hp} = \text{Horse Power})$$

أو

$$\text{Power(hp)} = \frac{F \times S}{t \times 746}$$

مثال (1) :

اذا كان لديك صندوق ثقيل مملوء بالرمل، واردت سحبه لمسافة (150 m) في مدة دقيقتين وكانت القوة اللازمة لسحبه هي (880 N) فما هي القدرة (بوحدة الحصان).

المعطيات : F = 880 N, S = 150 m, t = 2 min

الحل :

نستطيع حساب مقدار القدرة بالتعويض في المعادلة الاتية :

$$\text{Power(hp)} = \frac{F \times S}{t \times 746}$$

$$P = \frac{880 \times 150}{2 \times 60 \times 746} = 1.4\ hp$$

مثال (2):

اذا طلب اليك اختيار محرك يعمل بالبنزين بحيث يستطيع رفع مصعد لمنجم فحم وزنه (13 kN) لمسافة (70 m) في الدقيقة.

فما هي أقل قدرة بالحصان يمكن لك ان تختارها لمحرك يقوم بهذه المهمة؟

المعطيات : F = 13kN, S = 70 m, t = 1 min

الحل :

عند التعويض في المعادلة الاتية :

$$Power(hp) = \frac{F \times S}{t \times 746}$$

$$P = \frac{13 \times 1000 \times 70}{1 \times 60 \times 746} = 20.33\ hp$$

2. 4 العزم (Torque) :

هو احد وسائل قياس الشغل، ويعرف على أنه القوة الالتوائية (الدوارة). وينتج العزم بالمحركات عند عمود المرفق نتيجة قوى ضغط الاحتراق المؤثرة على المكبس و على ذراع التوصيل والتي تؤدي الى دوران عمود المرفق، أي أن الشغل الذي ينتجه المحرك يقاس كعزم دوران عند النهاية الخلفية لعمود المرفق.

عزم القوة= القوة×ذراعها (لاحظ الشكل 2-8)

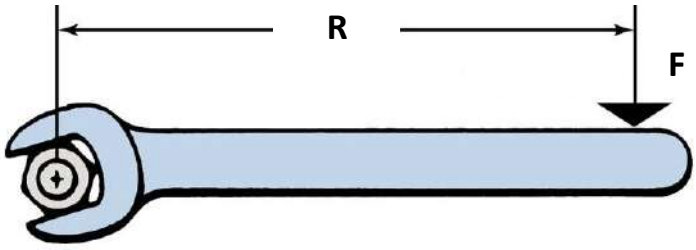
$$T = F \times R$$

حيث أن :

T = العزم بوحدات نيوتن - متر (N.m).

F = القوة بوحدات نيوتن (N).

R = ذراع القوة بوحدات متر(m).



الشكل (2-8) عزم القوة المسلط على ذراع التوصيل

مثال (1):

إذا كانت قوة ضغط الإحتراق (F = 100 N) وطول ذراع المرفق (R = 30 cm)، احسب عزم الدوران للمحرك.

المعطيات : F = 100 N, R = 30 cm

الحل :

$$T = F \times R$$

$$T = 100 \times \frac{30}{100} = 30\,N.m$$

مثال (2):

إذا كانت القوة المؤثرة على عمود المرفق في محرك احتراق داخلي تساوي (1200 kN)، وكان طول ذراع المرفق (0.5 m). احسب عزم الدوران للمحرك.

المعطيات : F = 1200 kN, R = 0.5 m

الحل :

عزم الدوران يساوي:

$$T = F \times R$$

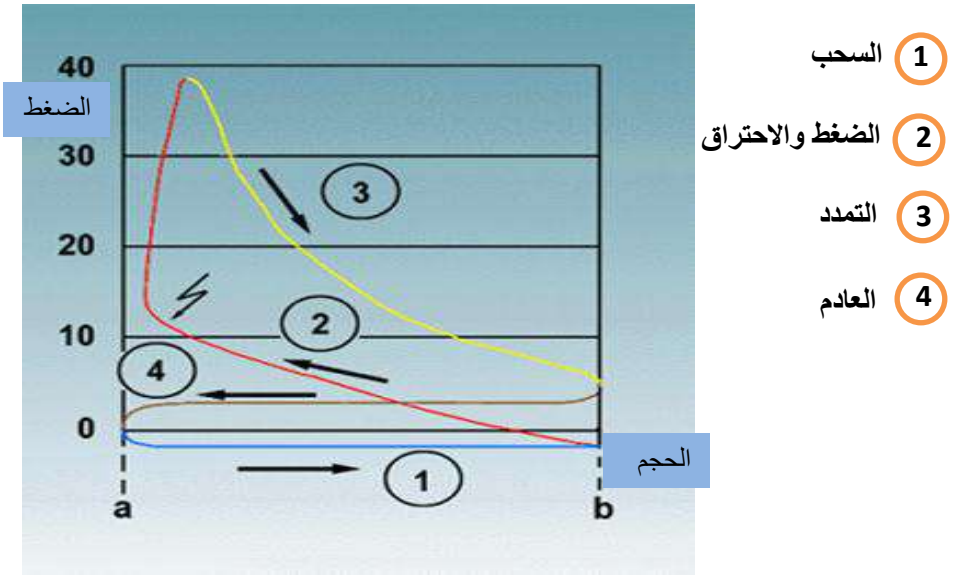
1 kN = 1000 N

$$T = 1200 \times 1000 \times 0.5 = 600000\ N.m \text{ or } 600\ kN.m$$

5.2 معاملات أداء محركات الإحتراق الداخلي :

1.5.2 القدرة البيانية (Indicated power) :

تعرف القدرة البيانية للمحرك بأنها القدرة المتولدة من ضغط الغازات المحترقة في الاسطوانة، وهي أول خطوة يتم عندها تحويل الطاقة الحرارية للوقود الى طاقة ميكانيكية في المحرك، وتسمى بيانية نظراً لأنها يمكن قياسها باستعمال جهاز المبين وهو الجهاز الذي يقوم برسم المنحني البياني للعلاقة بين الضغط والحجم داخل الأسطوانة عند مختلف أوضاع المكبس خلال أشواطه المتتابعة طبقاً لمقياس رسم معين وعلى ورقة حساسة (بطاقة المبين) وكما هو موضح في الشكل (2-9).



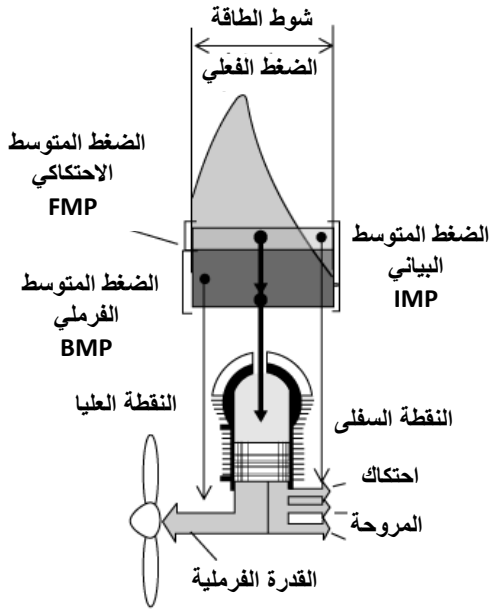
الشكل (2-9) الشكل البياني النموذجي لمحرك رباعي الأشواط

ويمكننا بعد قياس مساحة المنحني البياني للمحرك أن نستنتج مقدار الطاقة الميكانيكية الناشئة من الغازات المحترقة في الاسطوانة وبذلك نحسب قدرتها البيانية.

ويقتصر استعمال المنحنيات البيانية لقياس قـــدرة المحرك على المحركات الكبيـــرة بطيئة الســـرعة(أو المتوسطة)، كذلك تستعمل المنحنيات البيانية لدراسة أداء محرك الديزل عند تغيير تصميم بعض أجزائه، مثل غرفة الاحتراق أو صمامات الحقن . . . الخ، إذ يتضح من انتاج قدرة بيانية أكبر عند احتراق كمية محددة من الوقود أنه بالإمكان تحويل الطاقة الحرارية بكمية أكبرالى طاقة ميكانيكية في المحرك.

2.5.2 الضغط المتوسط البياني (Indicated Mean Pressure IMP):

الضغط المتوسط البياني IMP هو الضغط الافتراضي الثابت الذي اذا تعرض له المكبس خلال شوط الطاقة لاعطاء كمية الشغل نفسها التي يتم الحصول عليها اثناء دورة كاملة ، الشكل (2-10).



شكل (2-10) الضغط المتوسط البياني

نعلم أن الشغل (Work) = القوة (F)×الازاحة (S)

∴ **الشغل لدورة واحدة = الضغط المتوسط البياني × مساحة المكبس × طول الشوط**

$$A = \pi \times \frac{d^2}{4}$$

حيث أن :

W = الشغل لدورة واحدة بالجول(J).

IMP = الضغط المتوسط البياني بوحدات الباسكال (Pa)(1 Pa = 1 N/m^2) .

A = مساحة المكبس (او الاسطوانة) بالمتر المربع (m^2).

L_s = طول الشوط بالمتر (m).

d = نصف قطر المكبس بالمتر(m).

$$\therefore \quad IMP = \frac{W}{A \times L_s}$$

أي أن الضغط المتوسط البياني يساوي الشغل الناتج عن كل وحدة حجم من ازاحة المكبس

$$IMP = \frac{W}{V_s}$$

حيث أن :

V_s = حجم الشوط بالمتر المكعب (m^3).

أما القدرة البيانية (IP) فتساوي :

$$IP = \frac{IMP \times A \times L_s \times N}{2 \times 60} \times N_c$$

حيث أن :

IP = القدرة البيانية (واط)[W].

N_c = عدد الاسطوانات.

N = سرعة دوران المحرك (دورة بالدقيقة) [rpm].

ويمكن كتابة القدرة البيانية للمحركات بوحدات القدرة الحصانية كالآتي :

$$IP = \frac{IMP \times A \times L_s \times N}{2 \times 60 \times 746} \times N_c \qquad [hp]$$

والمعادلة اعلاه تستعمل للمحركات رباعية الأشواط (حيث ان لكل دورتين لعمود المرفق يوجد شوط فعال واحد).

اما للمحركات ثنائية الأشواط فان القدرة البيانية تساوي

$$IP = \frac{IMP \times A \times L_s \times N}{60} \times N_c$$

$$IP = \frac{IMP \times A \times L_s \times N}{60 \times 746} \times N_c \qquad [hp]$$

وعليه فان معادلة القدرة البيانية هي :

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{120} \times N_c$$ ← للمحركات رباعية الاشواط بوحدات الواط

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{89520} \times N_c$$ ← للمحركات رباعية الاشواط بوحدات حصان

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{60} \times N_c$$ ← للمحركات ثنائية الاشواط بوحدات الواط

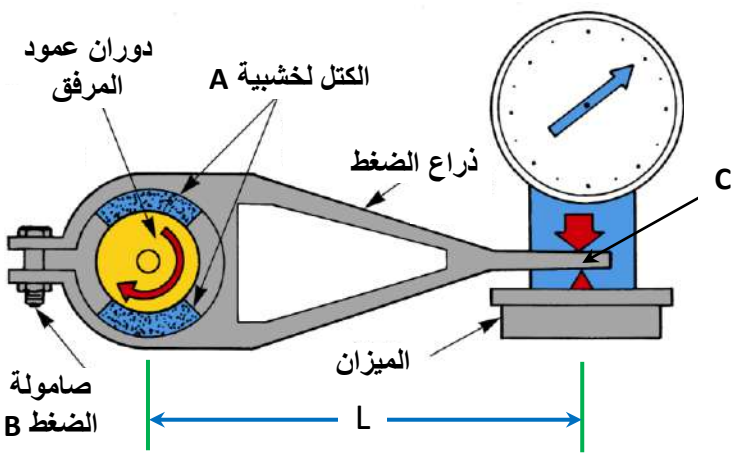
$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{44760} \times N_c$$ ← للمحركات ثنائية الاشواط بوحدات حصان

3.5.2 القدرة الفرملية (Braking Power):

وهي مقدار القدرة الفعلية الناتجة والمنتفع بها عند عمود المرفق،وتقاس القدرة الفرملية للمحرك بالكيلوواط أو بالقدرة الحصانية، وتسمى بالقدرة الفرملية (أو القدرة المكبحية) لأنه يتم قياسها عملياً بجهاز يسمى الفرملة (الكابح)، ويبين الشكل (2-11) أحد أنواع أجهزة قياس القدرة الفرملية، وتعرف باسم فرملة بروني حيث يتم امتصاص قدرة المحرك بوساطة المقاومة الإحتكاكية الناتجة عن وجود مجموعة الكتل

الخشبية (A) التي تحيط بحذافة المحرك، وتضغط عليها بوساطة ذراع ملتف حولها، ويرتبط من نهايته بذراع الفرملة (L) تقوم بدورها عند النقطة (C) بالضغط على قاعدة ميزان.

وتكون صامولة الضغط (B) مفككة (سائبة) قبل البدء في قياس قدرة المحرك، حتى لا تؤثر بأي ضغط على الكتل الخشبية المحيطة بحذافة المحرك، وتسجل قراءة وضع الاتزان لثقل الميزان عندئذ، ولنفرض أنها (M_1) وهو وزن الذراع (L) فحسب.



الشكل (2-11) فرملة بروني

ثم يتم تشغيل المحرك حتى يدور بسرعته المعتادة، وتربط الصامولة (B)، فتزداد مقاومة الاحتكاك بين الكتل الخشبية والحذافة، وتضغط ذراع الفرملة (L) على قاعدة الميزان بقوة جديدة تتناسب مع القدرة الفرملية للمحرك، وتسجل قراءة وضع الاتزان الجديد لثقل الميزان، ولنفرض أنها (M_2)، وبذلك تكون القوة الفعلية الناتجة عن شغل المحرك هي تأثير الفرق الناتج بين قراءتين (M_2)و(M_1) للميزان أي أن :

$$F = (M_2 - M_1) \times g$$

حيث : F = قوة الفرملة بالنيوتن (N).

M_2 = قراءة وضع الاتزان النهائي لثقل الميزان بالكيلو غرام (kg).

M_1 = قراءة وضع الاتزان الابتدائي لثقل الميزان بالكيلوغرام (kg).

g= ثابت الجاذبية الأرضية ($9.81\ m/s^2$).

فإذا أردنا حساب الشغل لدورة واحدة للمحرك فلا بد أن نقوم باعتبار القوة الناتجة فضلاً عن مسافة تأثيرها، أي عند محيط الدائرة التي يكون نصف قطرها هو طول ذراع الفرملة (L) وهي المسافة بين مركز الحذافة ونقطة ارتكازها على قاعدة الميزان بالمتر (m)، أي أن:

الشغل الفعال في دورة واحدة = القوة × المسافة

$$W = F \times 2\pi \times L \quad (Joule)$$

حيث : W = الشغل بالجول (Joule = N.m).

π= النسبة الثابتة وتساوي 3.14.

L = المسافة بين مركز الحذافة ونقطة تأثير القوة في الميزان بالمتر m .

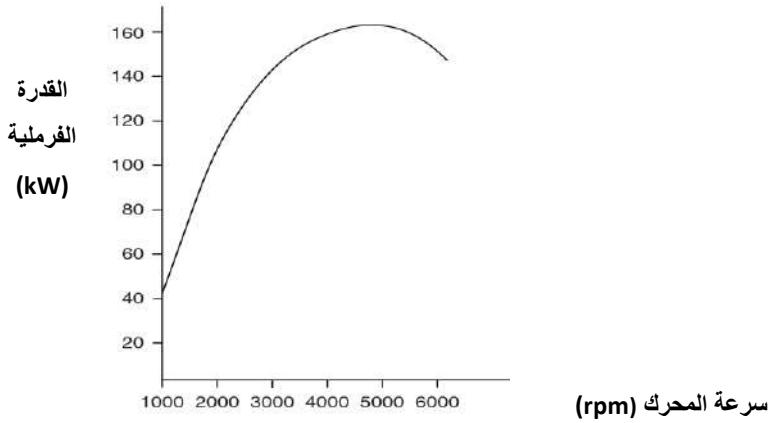
والمعروف أن القدرة هي معدل الشغل المبذول في الثانية الواحدة وبذلك يكون :

$$BP = \frac{F \times 2\pi \times L \times N}{60}$$

حيث : BP = القدرة الفرملية بالواط (W).

N = عدد الدورات في الدقيقة **(revolution per minute)(rpm).**

ويبين الشكل (2-12) منحني القدرة الفرملية لمحرك البنزين مرسومة مع القاعدة التي تمثل سرعة المحرك حيث تزداد القدرة الفرملية للمحرك مع زيادة السرعة حتى تصل قيمتها العظمى عند اعلى نقطة في المنحني. بعد ذلك يحدث انتكاس في المنحني عند سرعات المحرك المتزايدة ويعزى ذلك لانخفاض الكفاءة الحجمية للمحرك (الكفاءة الحجمية سوف تعرف لاحقا).



شكل (2-12) منحي يبين القدرة الفرملية مع سرعة المحرك (محرك بنزين)

مثال :

يدور محرك رباعي الأشواط بسرعة (300 rpm)وقد وجد أن القوة الفرملية الناشئة على حافة الحذافة مقدارها (65 kN) احسب القدرة الفرملية إذا كان القطر الفعال لعجلة الحذافة هو (1.8 m).

المعطيات : $N = 300\ rpm, \quad F = 65\ kN, \quad 2\times L = 1.8\ m$

الحل:

$$F = 65\,kN \times \frac{1000\,N}{1\,kN} = 65000\,N$$

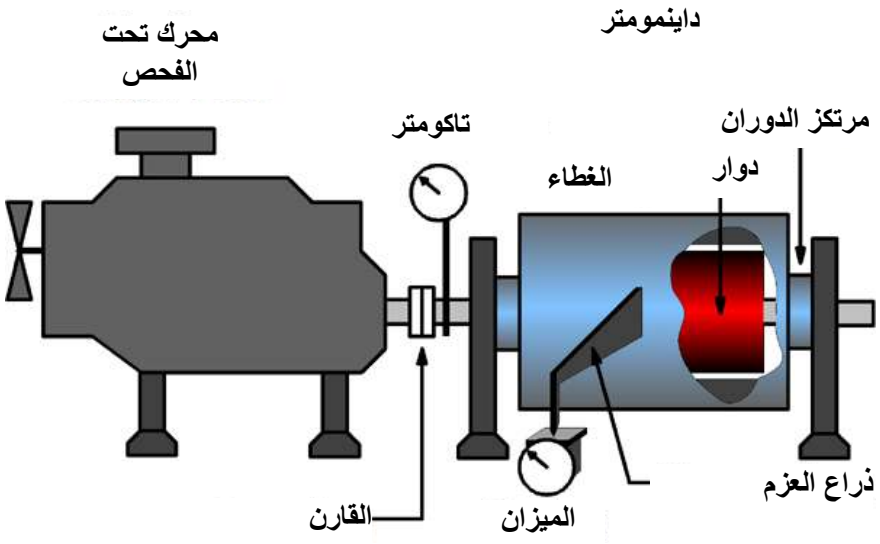
$$L = 0.9\ m$$

$$BP = \frac{F \times 2\pi \times L \times N}{60}$$

$$BP = \frac{65000 \times 2 \times 3.14 \times 0.9 \times 300}{60}$$

$$\therefore BP = 1836900\ W \text{ or } 1836.9\ kW$$

وتستعمل طرق اخرى لقياس القدرة الفرملية للمحركات خلاف جهاز فرملة بروني، ففي واحدة منها شائعة الاستعمال يوصل المحرك بمولد كهربائي ثم يقاس عزم الدوران لهذا المولد باستعمال جهاز التاكوميتر أو مقدار الطاقة الكهربائية المتولدة منه كما في الشكل (2-13).



شكل (2-13) دينمومتر (لقياس القدرة)

4.5.2 القدرة الاحتكاكية (Friction Power):

لقد سبقت الاشارة الى أن القدرة البيانية للمحرك هي مقدار القدرة الناشئة من ضغط الغازات في الاسطوانة والتي تنتقل بوساطة أجزاء المحرك المتحركة الى عمود الادارة لينتفع بها، حيث تسمى القدرة الفرملية. ومن البديهي ان تكون القدرة المنتفع بها عند عمود المرفق (عمود الادارة) أقل من القدرة المتولدة من ضغط الغازات في الاسطوانة، بمقدار يساوي الخسائر الناتجة عن مقاومة الاحتكاك الموجود عند الأجزاء المتحركة للمحرك بما فيها من أجهزة مساعدة، والذي يسمى القدرة الاحتكاكية للمحرك، اي ان :

القدرة البيانية = القدرة الفرملية + قدرة الاحتكاك

$$IP = BP + FP$$

حيث أن :

IP = القدرة البيانية بالواط (W).

BP = القدرة الفرملية بالواط (W).

FP = القدرة الاحتكاكية بالواط (W).

ويمكننا في المحركات الكبيرة حساب القدرة الاحتكاكية بطرح الفرق بين القدرة البيانية المحسوبة من أشكال البيان والقدرة الفرملية التي يتم قياسها بالداينمومتر.

أما في المحركات الأصغر والتي يصعب قياس قدرتها البيانية، فقد يستعمل محرك كهربائي لإدارة المحرك مع قطع الوقود عنه حتى تصل سرعته الى السرعة المعتادة، ويتم قياس القدرة الكهربائية المستعملة لذلك، وبذلك تكون القدرة الاحتكاكية للمحرك هي القدرة المستعملة لإدارته بالمحرك الكهربائي.

5.5.2 العلاقة بين القدرة والعزم :

لقد عرفنا بان عزم الادارة هو قدرة المحرك على أنجاز شغل، وكما نعلم فان :

الشغل (W) = القوة (F)× المسافة (S)

$$W_{cycle} = F_{cycle} \times 2\pi \times d$$

أي ان حاصل ضرب القوة في محيط الحذافة ($2\pi \times d$) يساوي الشغل لدورة واحدة.

ولكن العزم يساوي

$$T = F \times d$$

∴ الشغل لدورة واحدة يساوي

$$W(\text{for one cycle}) = 2\pi \times T$$

الشغل المبذول لعدد من الدورات في الدقيقة(N) يساوي

$$W(\text{for N cycle}) = 2\pi \times T \times N$$

$$\therefore \quad P = \frac{2\pi \times T \times N}{60}$$

حيث :

T = عزم الدوران بالنيوتن.متر(N.m) .

N = عدد الدورات في الدقيقة (rpm).

π = النسبة الثابتة 3.14.

أو القدرة بوحدات القدرة الحصانية (hp)

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{60 \times 746}$$

أو

$$P = \frac{2\pi \times T \times N}{44760}$$

6.2 كفاءة المحرك واستهلاك الوقود :

تعبر كلمة الكفاءة عن النسبة بين ما يدخل الى المحرك من طاقة، وما يستفاد به من شغل ناتج، فإذا طبقنا ذلك على محرك الديزل فإن الكفاءة هي النسبة بين ما يدخله من حرارة الوقود المستعمل، وما ينتفع به منه على صورة شغل فعال.

وتقدر الكفاءة في العادة بنسبة مئوية حتى يسهل مقارنتها، وتقل قيمتها عن المائة وذلك بسبب الخسائر الناتجة عن تحويل الطاقة من شكل الى اخر حيث يكون الفرق هو مقدار النسبة المئوية للطاقة المفقودة.

وهناك أنواع مختلفة من الكفاءة، وفيما يأتي مختلف أنواع الكفائات المستعملة في تحديد أداء المحركات:

1. **الكفاءة الميكانيكية.**
2. **الكفاءة الحرارية البيانية.**
3. **الكفاءة الحرارية الفرملية.**
4. **الكفاءة الحجمية.**

1.6.2 الكفاءة الميكانيكية (Mechanical Efficiency) :

تستعمل الكفاءة الميكانيكية لتقدير مقدار الفقد الناشئ في تحويل القدرة البيانية الى قدرة فرملية وعلى ذلك تكون :

$$\eta_m = \frac{BP}{IP} \times 100$$

حيث أن:

η_m= الكفاءة الميكانيكية.

IP = القدرة البيانية بالكيلو واط (kW) .

BP = القدرة الفرملية بالكيلو واط (kW).

مثال :

احسب الكفاءة الميكانيكية لمحرك إذا كانت قدرته الفرملية (570 kW) عند سرعة معينـــة ويحتاج إلى (190 kW) ليدور بمحرك كهربائي عند السرعة نفسها مع قطع الوقود عنه.

المعطيات : BP = 570 kW, FP = 190 kW

الحل :

القدرة البيانية للمحرك تساوي

IP = FP + BP

IP = 190 + 570 = 760 KW

الكفاءة الميكانيكية للمحرك هي

$$\eta_m = \frac{BP}{IP} \times 100$$

$$\eta_m = \frac{570}{760} \times 100 = 75\%$$

وتختلف الكفاءة الميكانيكة للمحركات باختلاف طرازها، كما تتغير قيمتها بالنسبة للمحرك الواحد تبعاً لسرعته ومقدار تحميله وظروف تشغيله المختلفة، مثل التبـــريد والتزييت ودرجـــات الحرارة... الخ، وتزداد الكفاءة الميكانيكية للمحرك كلما قلت الخسائر الميكانيكية وذلك من خلال العناية في تركيب وتشغيل أجزائه المتحركة، كما تقل الكفاءة الميكانيكية عند الحمل الجزئي عن قيمتها عند الحمل الكامل، وذلك لثبات الخسائر الميكانيكية في الحالتين (تقريباً)، وتتراوح الكفاءة الميكانيكية لمعظم محركات الديزل عند الحمل الكامل في حدود (70-90 %).

2.6.2 الكفاءة الحرارية البيانية (Indicated Thermal Efficiency) :

تعرف الكفاءة الحرارية البيانية بأنها نسبة الشغل الناتج من الغازات في الأسطوانة في مدة محددة (والتي تعرف بالقدرة البيانية) الى الطاقة الحرارية المستخلصة من الوقود المستعمل في المدة نفسها، وعلى ذلك تكون :

$$\text{الكفاءة الحرارية البيانية } \% = \frac{\text{القدرة البيانية}}{\text{الطاقة الحرارية الداخلة}} \times 100$$

$$\eta_{ith} = \frac{IP \times 3600}{\dot{m} \times CV} = \frac{IP \times 3600}{\dot{V} \times \rho \times CV}$$

حيث أن :

η_{ith} = الكفاءة الحرارية للمحرك.

IP = القدرة البيانية بالكيلوواط (kW).

$\dot{m}$ = كتلة الوقود المستهلكة في الساعة بوحدات الكيلوغرام في الساعة (kg/h) .

$\dot{V}$ = حجم الوقود المستهلك في الساعة بوحدات المتر المكعب في الساعة (m^3/h) .

ρ = كثافة الوقود بوحدات الكيلو غرام على المتر المكعب (kg/m^3) .

CV = القيمة الحرارية للوقود بوحدات الكيلوجول على الكيلوغرام (kJ/kg or kW.s/kg).

وتستعمل الكفاءة الحرارية البيانية في الاختبارات المعملية والبحوث التي يجريها صنّاع محركات الاحتراق الداخلي.

مثال :

يدور محرك سداسي الاسطوانات ثنائي الأشواط بسرعة (126 rpm) فإذا كان طول الشوط (1.6 m) وقطر الاسطوانة (0.8 m) ويستهلك (2900 kg/h) من وقود قيمته الحرارية (44000 kJ/kg)، فإذا كان متوسط الضغط البياني (IMP) يساوي (12 bar).

أحسب : أ. القدرة البيانية.

ب. الكفاءة الحرارية البيانية.

المعطيات : $N_c = 6$, $N = 126$ rpm, $L_s = 1.6$ m, $d = 0.8$ m, $\dot{m} = 2900$ kg/h,

$CV = 44000$ kJ/kg , $IMP = 12$ bar

الحل :

القدرة البيانية تساوي

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{60} \times N_c$$

$$V_s = A \times L_s = \frac{3.14}{4} \times (0.8)^2 \times 1.6 = 0.8\,m^3$$

$$IP = \frac{12 \times 100000 \times 0.8 \times 126}{60} \times 6 = 12096000\,W = 12096\,kW$$

الكفاءة الحرارية البيانية تساوي

$$\eta_{ith} = \frac{IP \times 3600}{\dot{m} \times CV} = \frac{12096 \times 3600}{2900 \times 44000} \times 100\% = 34\,\%$$

3.6.2 الكفاءة الحرارية الفرملية (Braking Thermal Efficiency) :

تعبر الكفاءة الحرارية الفرملية عن النسبة المئوية بين القدرة المنتفع بها من المحرك عند عمود الإدارة والمسماة بالقدرة الفرملية والطاقة الحرارية الناتجة من الوقود لتوليد تلك القدرة أي أن:

$$\text{الكفاءة الحرارية الفرملية\%} = \frac{\text{القدرة المنتفع بها}}{\text{الطاقة الحرارية الداخلة}} \times 100$$

$$\eta_{bth} = \frac{BP \times 3600}{\dot{m} \times CV} = \frac{BP \times 3600}{\dot{V} \times \rho \times CV}$$

حيث أن :

η_{bth} = الكفاءة الحرارية الفرملية.

وهنا تختلف الكفاءة الحرارية الفرملية عن الكفاءة الحرارية البيانية في أن الأولى قد أخذت في اعتبارها جميع الخسائر الميكانيكية في المحرك والناتجة من تحويل القدرة البيانية الى قدرة فرملية عند عمود الإدارة وبذلك يمكننا استنتاج العلاقة الاتية:

الكفاءة الحرارية الفرملية = الكفاءة الحرارية البيانية × الكفاءة الميكانيكية

$$\eta_{bth} = \eta_{ith} \times \eta_m$$

حيث أن :

η_{bth} = الكفاءة الحرارية الفرملية.

η_{ith} = الكفاءة الحرارية البيانية.

η_{m} = الكفاءة الميكانيكية.

مثال (1):

يدور محرك ديزل بسرعة (900 rpm) ويعطي عزم دوران قدره (2.6 kN.m) ويستهلك مـــن الوقود (32 kg/h)، فإذا كان عدد أسطواناته 8 وقطر كل منها (90 mm) وطول الشوط (95 mm) ، والقيمة الحرارية للوقود (44000 kJ/kg) احسب :

أ. القدرة الفرملية .

ب. الكفاءة الحرارية الفرملية.

المعطيات: N=900 rpm, T=2.6 kN.m, $\dot{m}$=32 kg/h, N_c=8, d=90 mm

L_s=95 mm, CV=44000 kJ/kg

الحل :

القدرة الفرملية تساوي :

$$BP = \frac{2\pi \times T \times N}{60}$$

$$BP = \frac{2 \times 3.14 \times 2.6 \times 1000 \times 900}{60} = 244920\,W = 244.9\,kW$$

اما الكفاءة الحرارية الفرملية فهي:

$$\eta_{bth} = \frac{BP \times 3600}{\dot{m} \times CV}$$

$$\eta_{bth} = \frac{244.9 \times 3600}{32 \times 44000} \times 100\% = 62\,\%$$

مثال (2):

يدور محرك ديزل رباعي الأشواط بسرعة (400 rpm) فيعطي (3200 kW) قدرة فرملية، فإذا كانت كفاءته الميكانيكية (85 %) واستهلاك الوقود (1150 kg/h) وعدد أسطواناته (8)، والقطر (400 mm) وطول الشوط (540 mm) والقيمة الحرارية للوقود (42000 kJ/kg).

احسب :

أ. الضغط المتوسط البياني.

ب. الكفاءة الحرارية الفرملية.

المعطيات: N=400 rpm, BP=3200 kW, $\dot{m}$=1150 kg/h, N_c=8, d=400 mm

L_s=540 mm, CV=42000 kJ/kg, η_m=85 %

الحل :

يمكن حساب الضغط المتوسط البياني كالآتي:

$$\eta_m = \frac{BP}{IP}$$

$$0.85 = \frac{3200}{IP}$$

$$IP = \frac{3200}{0.85} = 3765 \text{ kW}$$

ولكن :

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{120} \times N_c$$

$$IMP = \frac{3765 \times 1000 \times 120}{\frac{3.14}{4} \times \left(\frac{400}{1000}\right)^2 \times \frac{540}{1000} \times 400 \times 8} = 2081674.63 \text{ Pa}$$

$$IMP = 2082 \text{ kPa}$$

وتحسب الكفاءة الحرارية الفرمليةمن المعادلة الاتية:

$$\eta_{bth} = \frac{BP \times 3600}{\dot{m} \times CV}$$

$$\eta_{bth} = \frac{3200 \times 3600}{1150 \times 42000} = 23.8\,\%$$

4.6.2 الكفاءة الحجمية (Volumetric Efficiency) :

تعبر الكفاءة الحجمية عن النسبة بين مقدار الهواء المسحوب فعلياً في اسطوانة المحرك وبين أكبر مقدار يمكن سحبه من الهواء أثناء شوط الشحن، وتمثله إزاحة المكبس، والتي هي عبارة عن مساحة المكبس مضروبة في طول الشوط، ويتم تقدير حجم الهواء الداخل فعلياً الى الأسطوانة أثناء شوط الشحن عند درجة حرارة وضغط قياسيين أي عند (15 ^oC) وضغط (736 mm-Hg) ، وبذلك تكون :

$$\text{الكفاءة الحجمية (بالمائة)} = \frac{\text{حجم الهواء المسحوب}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$$

$$\eta_v = \frac{V_{air}}{V_s}$$

حيث أن :

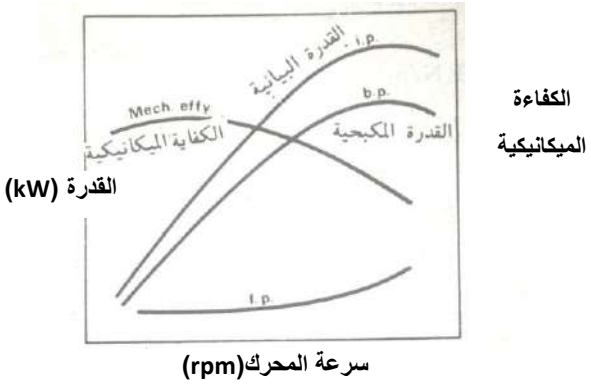
η_v= الكفاءة الحجمية.

V_{air} = الحجم الفعلي للهواء (المسحوب داخل الاسطوانة) بالمتر المكعب (m^3).

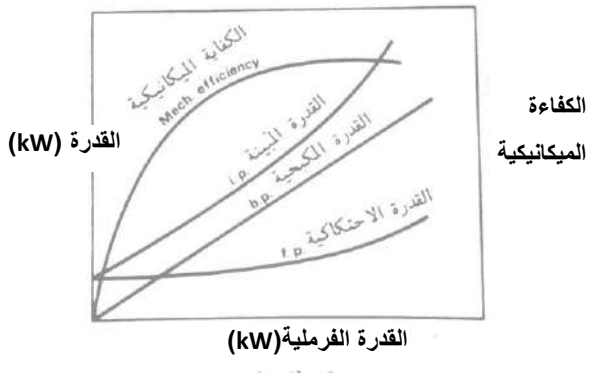
V_s = حجم الاسطوانة بالمتر المكعب (m^3).

والشكل (2-14) يبين منحنيات مثالية للقدرة البيانية والقدرة الفرملية والقدرة الاحتكاكية والكفاءة الميكانيكية مرسومة على احداثي افقي يمثل سرعة المحرك.

اما الشكل (2-15) فيعطي العلاقة بين القدرة البيانية والقدرة الفرملية والقدرة الاحتكاكية والكفاءة الميكانيكية وبين القدرة الفرملية أو الحمل عند سرعة ثابتة.



الشكل (2-14) منحني مثالي للقدرة البيانية، القدرة الفرملية،الكفاءة الميكانيكية مع سرعة المحرك



الشكل (2-15) منحني مثالي للقدرة البيانية، القدرة الفرملية،الكفاءة الميكانيكية مع القدرة الفرملية

أمثلة محلولة

مثال(1) :

محرك سيارة ذو إشعال بالشرارة رباعي الأشواط والاسطوانات، يدور بسرعة (3000 rpm). قطر الاسطوانة (100 mm) وطول الشوط (127 mm)، والضغط المتوسط البياني ($85\ N/cm^2$)(IMP). فما هي القدرة البيانية للمحرك؟

المعطيات: $N_c=4,\ N=3000\ rpm,\ d=100\ mm,\ L_s=127\ mm,\ IMP=85\ N/cm^2$

الحل :

$$IMP = 85\frac{N}{cm^2}\times\frac{10000\,cm^2}{1\,m^2} = 850000\frac{N}{m^2} = 85\times10^4\ Pa$$

$$d = 100\,mm = 100\,mm\times\frac{1\,m}{1000\,mm} = 0.1\,m$$

$$L_s = 127\,mm = 127\,mm\times\frac{1\,m}{1000\,mm} = 0.127\,m$$

$$A = \frac{\pi}{4}\times d^2 = \frac{3.14}{4}\times(0.1)^2 = 0.0079\,m^2$$

∴ القدرة البيانية (IP) تساوي

$$IP = \frac{IMP\times A\times L_s\times N}{2\times60}\times N_c$$

$$IP = \frac{85\times10^4\times0.0079\times0.127\times3000}{2\times60}\times4$$

IP = 85280 W = 85.28 kW

وبدلالة القدرة الحصانية

$$IP = \frac{Power(kW)}{0.746} = 114\,hp$$

مثال (2):

محرك ثنائي الاشواط ذو اسطوانة واحدة قطرها (16 cm) وطول الشوط (18 cm) وسرعة دورانية (1500 rpm). أحسب الضغط المتوسط البياني (IMP) اذا كانت القدرة الحصانية البيانية (80 hp) ؟

المعطيات: N_c=1, N=1500 rpm, d=16 cm, L_s=18 cm, IP=80 hp

الحل :

حجم الاسطوانة يساوي:

$$V_s = A \times L_s$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2 = \frac{3.14}{4} \times \left(\frac{16}{100}\right)^2 = 0.02\,m^2$$

$$V_s = 0.02 \times \left(\frac{18}{100}\right) = 0.004\,m^3$$

∴ القدرة الحصانية البيانية تساوي:

$$IP = \frac{IMP \times V_s \times N}{44760} \times N_c$$

$$80 = \frac{IMP \times 0.004 \times 1500}{44760} \times 1$$

$$IMP = \frac{80 \times 44760}{0.004 \times 1500 \times 1}$$

$$IMP = 596800\ N/m^2 = 5968003\ Pa$$

مثال (3) :

عند استعمال جهاز فرملة لقياس القدرة الفرملية بالحصان لمحرك يدور بسرعة (1150 rpm)وجد الاتي

القراءة الثانية لثقل الميزان = 82 kg

القراءة الأولى لثقل الميزان = 10 kg

الطول الفعال لذراع الفرملة = 50 cm

أوجد القدرة الفرملية بالحصان لهذا المحرك.

المعطيات: M_1 = 10 kg, M_2=82 kg, L = 50 cm, N = 1150 rpm

الحل :

ان مقدار القوة هو:

$$F = (M_2 - M_1) \times g$$

$$F = (82 - 10) \times 9.81$$

$$F = 706\ N$$

∴ القدرة الفرملية تساوي:

$$BP = \frac{F \times 2\pi \times L \times N}{60}$$

$$BP = \frac{706 \times 2 \times 3.14 \times \frac{50}{100} \times 1150}{60}$$

$$BP = 42489\ W = 42.5\ kW$$

$$\therefore \quad BP = \frac{42489}{746} = 57\ hp$$

مثال (4):

اوجد عزم دوران محرك سرعته (850 rpm) وقدرته الفرملية (62 hp) .

المعطيات: N=850 rpm, BP = 62 hp

الحل :

يتم حساب عزم دوران المحرك من المعادلة الاتية:

$$BP = \frac{2\pi \times T \times N}{44760}$$

$$62 = \frac{2\pi \times T \times 850}{44760}$$

$$T = \frac{44760 \times 62}{2 \times 3.14 \times 850}$$

$$T = 519\ N.m$$

مثال (5):

محرك ينتج قدرة مقدارها (59 hp) عند سرعة معينة ويحتاج (19 hp) ليدور بالسرعة نفسها بعد قطع الوقود عنه. أوجد الكفاءة الميكانيكية للمحرك.

المعطيات : BP = 59 hp, FP = 19 hp

الحل :

القدرة البيانية تساوي:

$$IP = BP + FP$$

$$IP = 59 + 19$$

IP = 78 hp

الكفاءة الميكانيكة تساوي:

$$\eta_m = \frac{BP}{IP} \times 100$$

$$\eta_m = \frac{59}{78} \times 100$$

$$\eta_m = 75.6\,\%$$

مثال (6):

أوجد الكفاءة الميكانيكية للمحرك في المثال السابق حين ينتج نصف مقدار القدرة الفرملية على فرض ان الخسائر في الطاقة الميكانيكية تبقى ثابتة في الحالتين.

الحل :

$$BP = \frac{59}{2} = 29.5\,hp$$

مقدار قيمة القدرة البيانية يساوي:

IP = 29.5 + 19 = 48.5 HP

∴ الكفاءة الميكانيكية هي:

$$\eta_m = \frac{29.5}{48.5} \times 100$$

$$\eta_m = 60.8\,\%$$

مصطلحات فنية

انكليزي	عربي
BDC	النقطة الميتة السفلى
BMP	الضغط المتوسط الفرملي
Brake Power	القدرة الفرملية
Brake Thermal Efficiency	الكفاءة الحرارية الفرملية
Clearance Volume	حجم الخلوص
Combustion Chamber	غرفة الاحتراق
Compression Ratio	نسبة الانضغاط
Compression Stroke	شوط الانضغاط
Engine Swept Volume	الحجم المزاح للمحرك (الحجم الكلي)
Exhaust Stroke	شوط العادم
FMP	الضغط المتوسط الاحتكاكي
Horse Power	القدرة الحصانية
IMP	الضغط المتوسط البياني
Indicator	المبين
Indicated Power	القدرة البيانية
Indicated Thermal Efficiency	الكفاءة الحرارية البيانية
Induction Stroke	شوط السحب
Mechanical Efficiency	الكفاءة الميكانيكة
Power	القدرة
Power Stroke	شوط الطاقة
Rotor	دوار
Stroke	شوط المكبس
TDC	النقطة الميته العليا
Torque	العزم
Volumetric Efficiency	الكفاءة الحجمية
Work	الشغل

أسئلة الفصل الثاني

س1. عدّد العوامل التي تحدد الموصفات الفنية لمحركات الاحتراق الداخلي.

س2. عرف مايأتي (مع الاستعانة بالرسومات التوضيحية):

غرفة الاحتراق، النقطة الميتة العليا، نسبة الانضغاط، شوط المكبس، القدرة الحصانية، العزم.

س3. ما وحدة قياس الضغط المتوسط البياني؟ وضح كيفية اشتقاقه من الوحدات الاساسية؟

س4. قارن بين قدرتي المحرك الفرملية والبيانية؟

س5. عرف ما يأتي:

أ. الكفاءة الميكانيكية.

ب. الكفاءة الحرارية البيانية.

جـ. الكفاءة الحرارية الفرملية.

د. الكفاءة الحجمية.

س6. وضح بالرسم كلا من :

1. حجم الاسطوانة.
2. حجم غرفة الاحتراق.
3. شوط المكبس.
4. مواقع النقط الميتة العليا والسفلى.

س7. بين بالرسم منحنيات القدرة البيانية، القدرة الفرملية، والكفاءة الميكانيكية في المحركات.

س8. محرك بنزين (اشعال بالشرارة) بأربع اسطوانات رباعي الاشواط قطر اسطوانته (80 mm) وطـــول الشـــوط (80 mm). نسبة الانضغاط هي 8، احسب سعة المحرك، وحجم الخلوص لكل اسطوانة.

س9. محرك ديزل (اشعال بالضغط) رباعي الشوط، وأربع اسطوانات يعطي قدرة بيانية (125 kW) وقدرة فرملية (100 kW) .

احسب : 1. القدرة الاحتكاكية. 2. الكفاءة الميكانيكية للمحرك.

س10. محرك كفاءته الميكانيكية (80 %) يجهز قدرة فرملية (30 kW) اوجد القدرة البيانية.

لو كانت القدرة الاحتكاكية ثابتة ماهي الكفاءة الميكانيكية عند نصف الحمل.

س11. محرك ديزل رباعي الاشواط ، ذو أربع اسطوانات يمتلك حجم مكتسح يساوي($790\ cm^3$). تم اختبار المحرك عند سرعة (300 rpm) وكان العزم المكبحي المسلط هو (49 N.m) ومنحني المؤشر البياني يؤشر ضغط متوسط فعال (980 kPa).

احسب القدرة الفرملية والكفاءة الميكانيكة للمحرك.

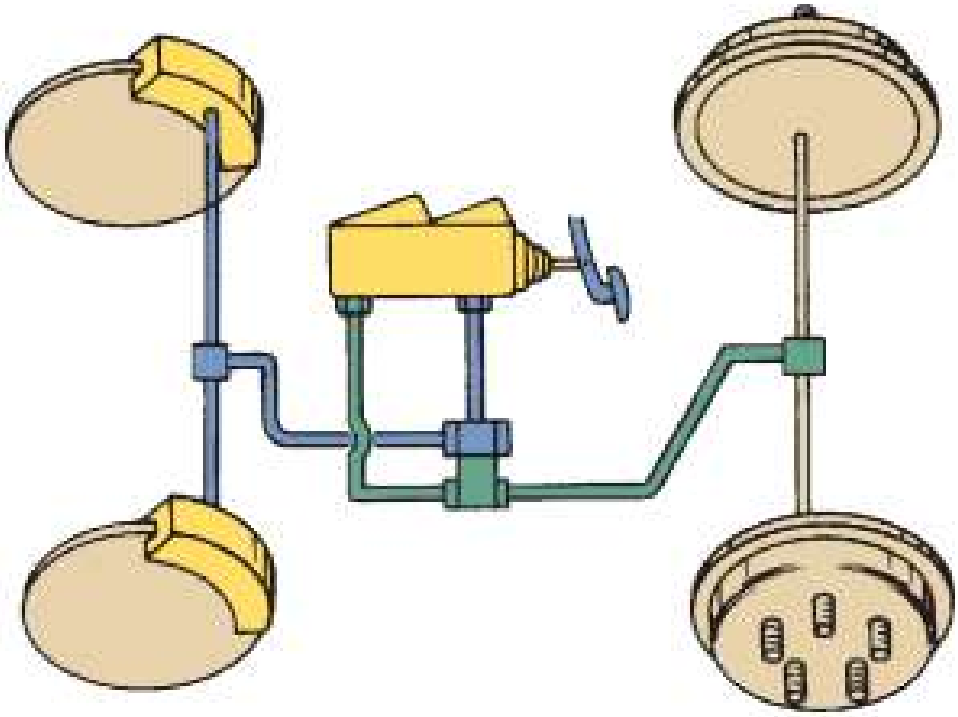
س12. محرك بنزين (اشعال بالشرارة) رباعي الاشواط، قدرته الفرملية(4416kW) وكفاءته الميكانيكة(% 85) ومعدل استهلاك الوقود هي (160 kg/hr).اذا كانت القيمة الحرارية للوقود هي (42000 kJ/kg K) احسب :

1. القدرة البيانية.
2. قدرة الاحتكاك.
3. الكفاءة الحرارية البيانية.
4. الكفاءة الحرارية الفرملية.

س13. محرك ديزل ثنائي الاشواط ينتج قدرة فرملية (368 kW)، تصرف (37.6 kW) للتغلب على الاحتكاك ويصرف (180 kg/hr) من الوقود والقيمة الحرارية للوقود هي (42000 kJ/kg) .

احسب :

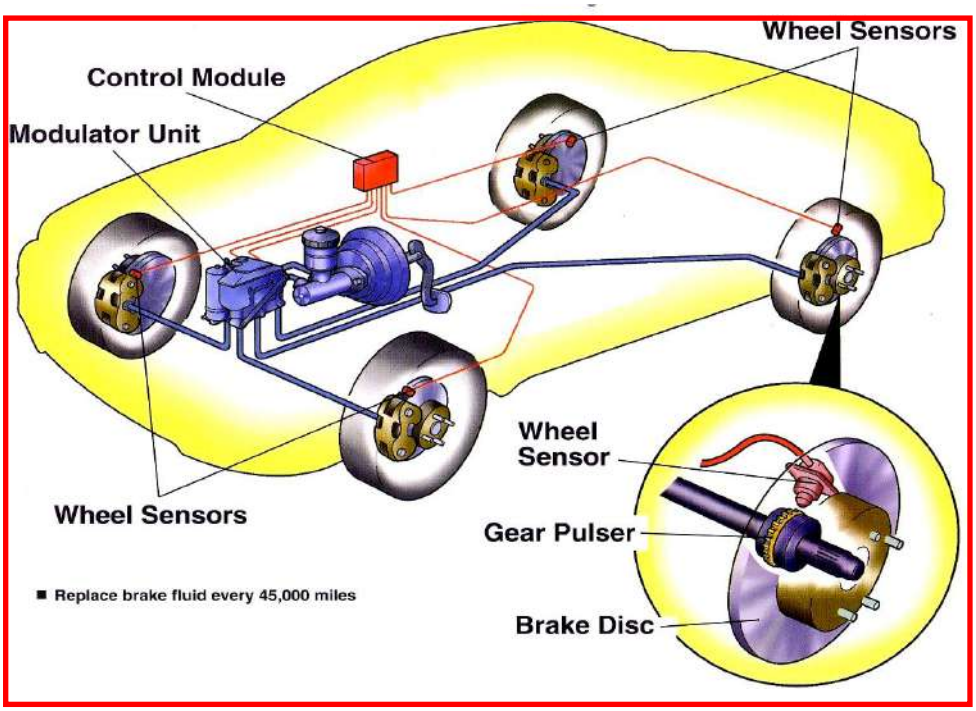
1. القدرة البيانية.
2. الكفاءة الميكانيكية.
3. الكفاءة الحرارية.
4. الكفاءة الحرارية الفرملية.



الفصل الثالث

منظومة الموقف

Brake system



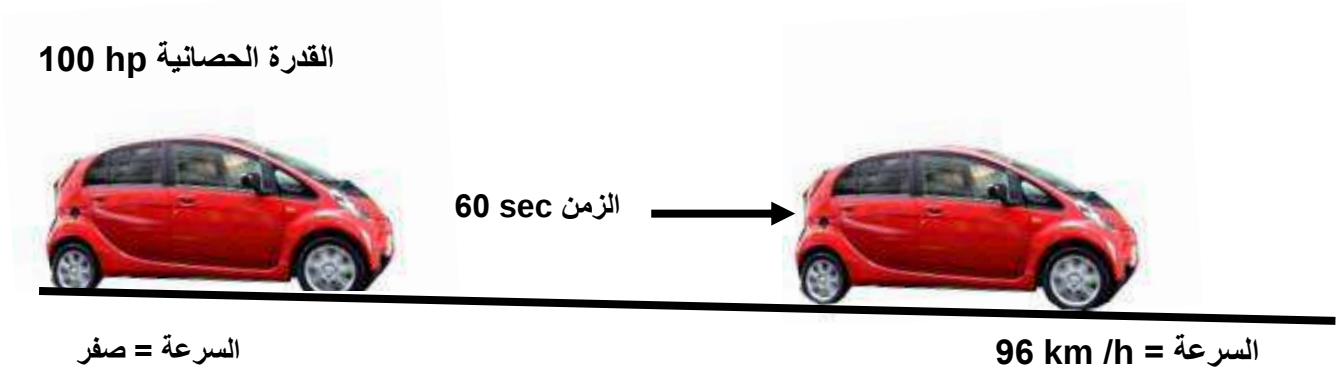
الأهداف

بعد الانتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادرا على آن:

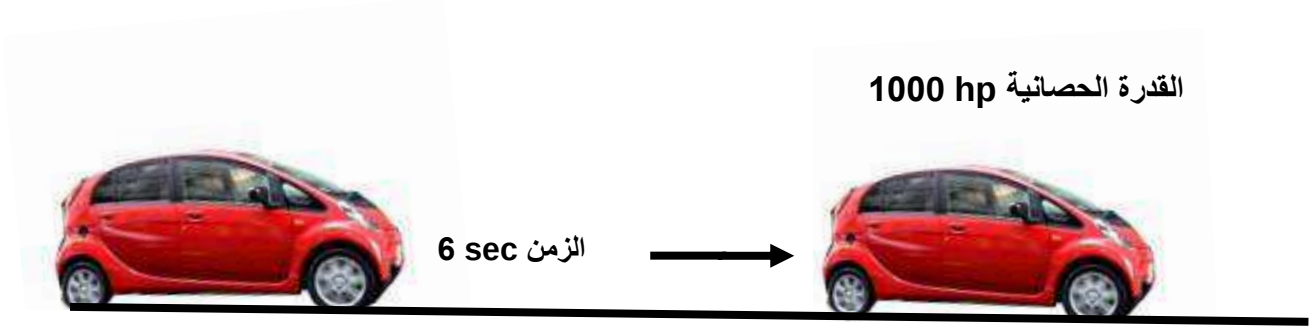
- يعرف أنواع الموقفات المركبة .
- يعرف مكونات النظام الهيدروليكي للموقف.
- يفهم عمل الموقف اليدوي .
- يعرف خواص سائل الموقف.
- يعرف عمل نظام منع قفل العجلات (Antilock Braking System) (ABS).
- يعرف فوائد نظام التحكم في أتزان السيارة.

1-3 مقدمة

يعتبر منظومة الايقاف (Brakes) من أهم المنظومات الموجودة في السيارة حيث ان سلامة وحياة السائق والركاب في السيارة، تعتمد على كفاءة نظام الموقف حيث تقوم الموقفات بامتصاص الطاقة الحركية بالمركبة وتحويل هذه الطاقة الى شغل احتكاكي يعادل في مقدار الطاقة الحركية للمركبة ونحتاج لبذل شغل الاحتكاك الى قوة مكابح تتوزع طبقا لوزن المركبة على كلا لمحوري المركبة ويتم الافاده من الاحتكاك الالتصاقي بين الاطارات وسطح الطريق لكبح المركبة . ومن المعروف ان توقف السيارة من حالة الحركة الى حالة السكون تحتاج إلى وقت اقل من تحريكها من السكون الى الحركة مثال على ذلك سيارة بمحرك قدرته الحصانية (100hp) تحتاج زمن قدره (60 sec) للوصول الى سرعة 96 km / h كما في الشكل (أ 3-1) في حين ان نفس السيارة تحتاج الى زمن (6 sec) للتوقف التام من سرعة مقدارها 96 km /h الى السكون كما في الشكل (ب3-1) مما يعني انها تولد (1000hp) قدرة حصانية للتوقف بتعبير أخر فان السيارة تحتاج الى عشرة أمثال القدرة الحصانية للتوقف .



(أ)- السيارة من من السكون الى الحركة



(ب)- السيارة من الحركة الى السكون

شكل (3-1) (أ)- (ب) التوقف الزمني للسيارة

2-3 وظائف نظام الموقف :

1- تقليل سرعة المركبة وايقافها.
2- الحفاظ على سرعة المركبة عند نزول المنحدرات.
3- تثبيت المركبة عند وقوفها على طريق مائل .

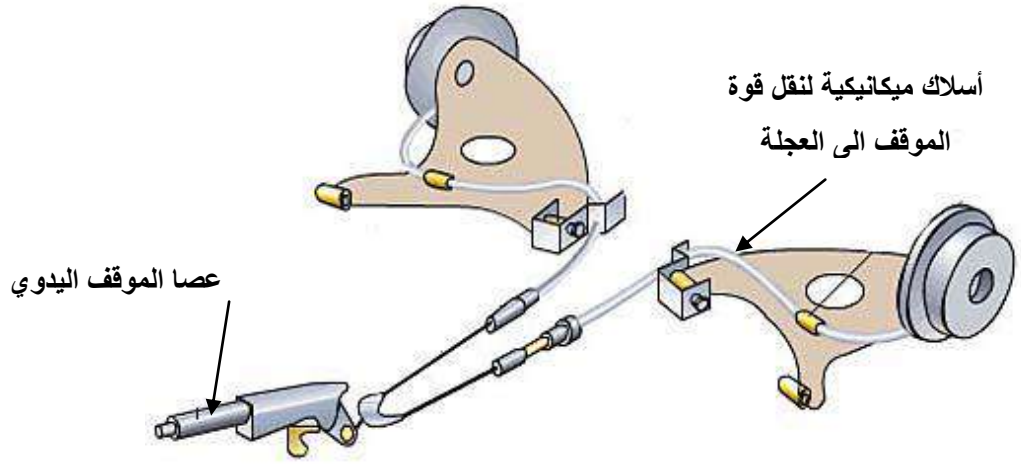
3-3 أنواع الموقفات :

3-3-1- الموقفات الميكانيكية (Mechanical Brakes):

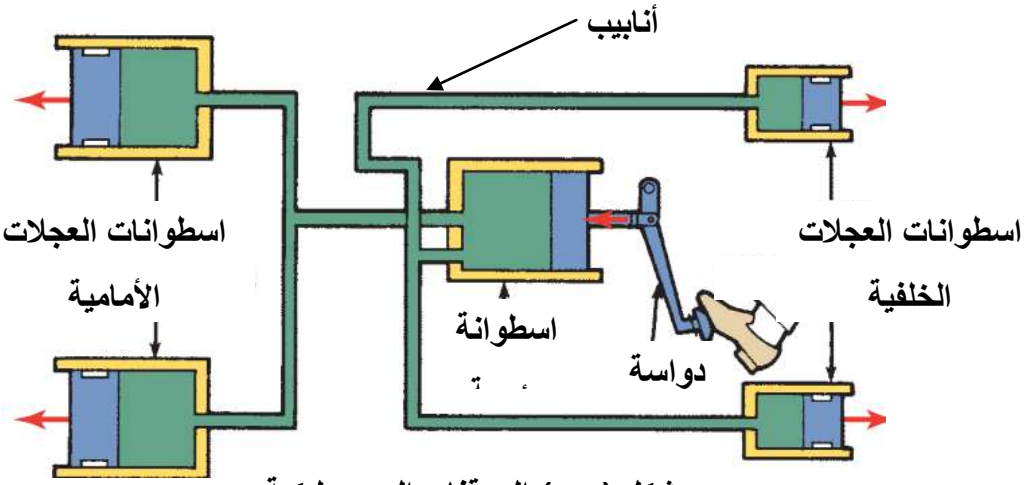
تستخدم الموقفات الميكانيكية الاسلاك الميكانيكية والاعمدة وسيلة لنقل قوة الموقف من عتلة الموقف اليدوي الى العجلات الخلفية بصورة ميكانيكية كما هو الحال في الموقف اليدوي وكما موضح في الشكل (2-3) .

3-3-2- الموقفات الهيدروليكية (Hydraulic Brakes):

يستعمل الموقفات الهيدروليكية الأنابيب والاسطوانات وسائل كوسيلة لنقل قوة الموقف .حيث يتم ذلك بحركة سائل الموقف التي تم ضغطه عن طريق داخل المنظومة الهيدروليكية لإيصال قوة الضغط الهيدروليكي إلى عجلات المركبة كما في الشكل (3-3) .



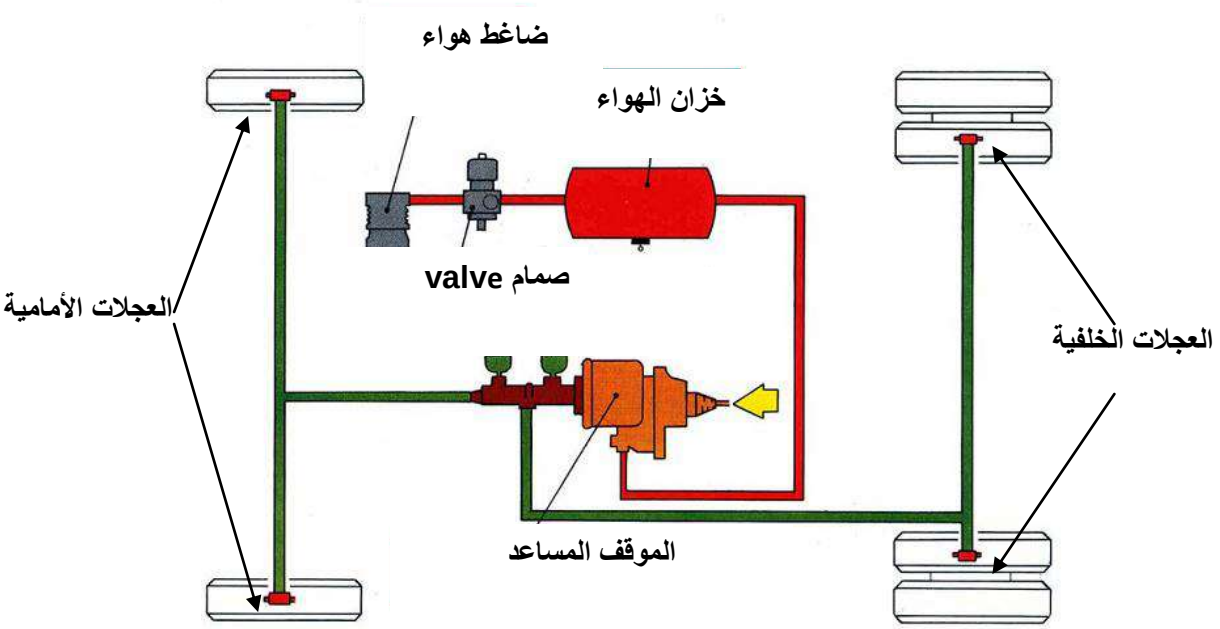
شكل (3-2) الموقفات الميكانيكية



شكل (3-3) الموقفات الهيدروليكية

3-3-3 الموقفات الهوائية (Air Brakes):

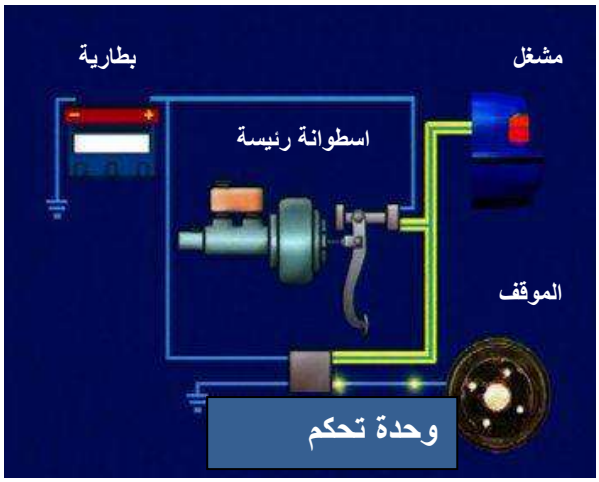
يستعمل الموقفات الهوائية، الهواء المضغوط وسيلة لإيقاف وتتألف المنظومة من عدد من الأجزاء منها الضاغط الهوائي (compressor) والخزانات(Tank) وصمامات valve للتحكم بقوة الهواء الداخل إلى منظومة الهواء، يستعمل الموقفات الهوائية وعادة في الشاحنات والمركبات الثقيلة كما في الشكل (3-4) .



شكل(3-4) الموقفات الهوائية

3-3-4- الموقفات الكهربائية (Electric Brakes) :

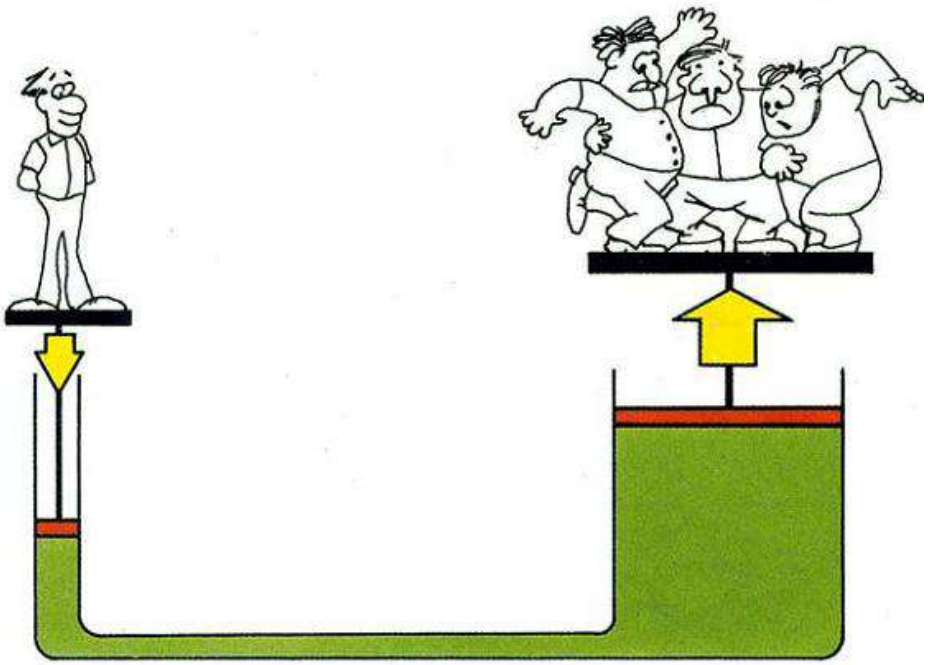
يستعمل الموقفات الكهربائية الأسلاك (wires) الكهربائية والمرحلات(Relay) وسيلة لنقل التيار الكهربائي الى الموقفات الموجودة في عجلة المركبة كما في الشكل (3-5) وان استعمال الموقفات لازال محدودا بسبب حداثه المنظومة وقلة تطبيقاتها.



شكل (3-5) الموقفات الكهربائية

4-3 منظومة الموقف الهيدروليكي (Hydraulic Brake):

ان علم الهيدروليك يدرس الصفات والاستعمالات للسائل الموقف المستعمل في نقل ومضاعفة القوة وتعديل الحركة ، ومثال على دلك عند تسليط قوة على سدادة زجاجية فيها سائل ،فعنده تلامس السدادة مع السائل مع وجود تاثير القوة يعمل السائل على توزيع الضغط في كافة الاتجاهات ان ظاهرة مضاعفة السائل للقوة المنقولة تستعمل في أنظمة الموقفات الهيدروليكية وذلك لتقليل الجهد البشري المبذول للموقف كما في الشكل (3-6) .



شكل (3-6) مضاعفة المائع او السائل للقوى المنقولة

5-3 اجزاء الموقف الهيدروليكي: لاحظ في الشكل (3-7)

1- دواسة الموقف .

2- الموقف المساعد.

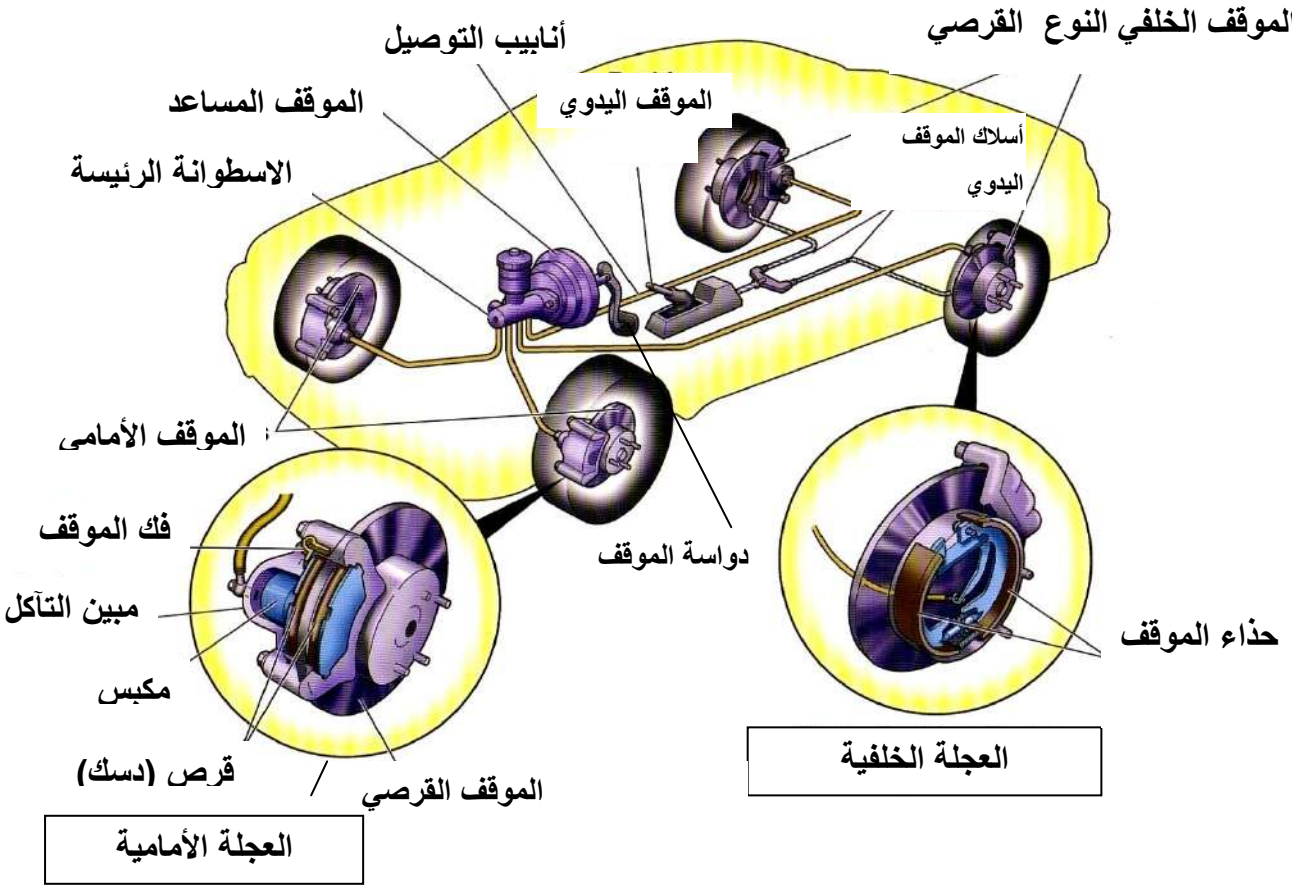
3- الاسطوانة الرئيسة للموقف .

4- أنابيب توصيل سائل الموقف.

5- الموقفات القرصي.

6- مجموعة أحذية الموقف (الموقف الاهلالي).

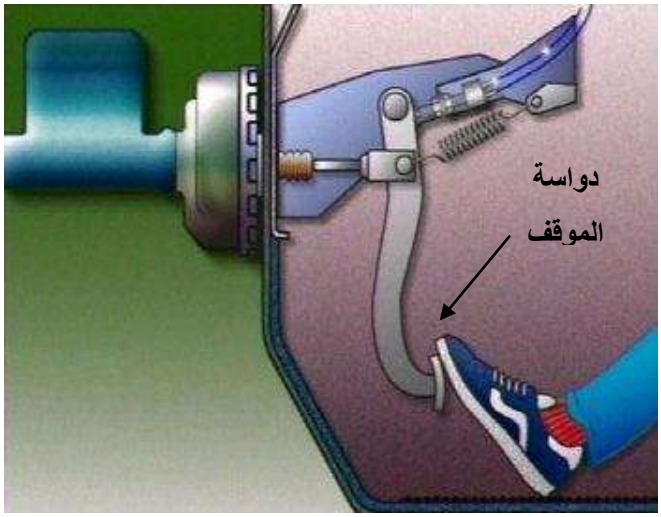
7- اسطوانة العجلة



شكل (3-7) مكونات منظومة الموقف الهيدروليكي

3-5-1 دواسة الموقف (Pedal Brake) :

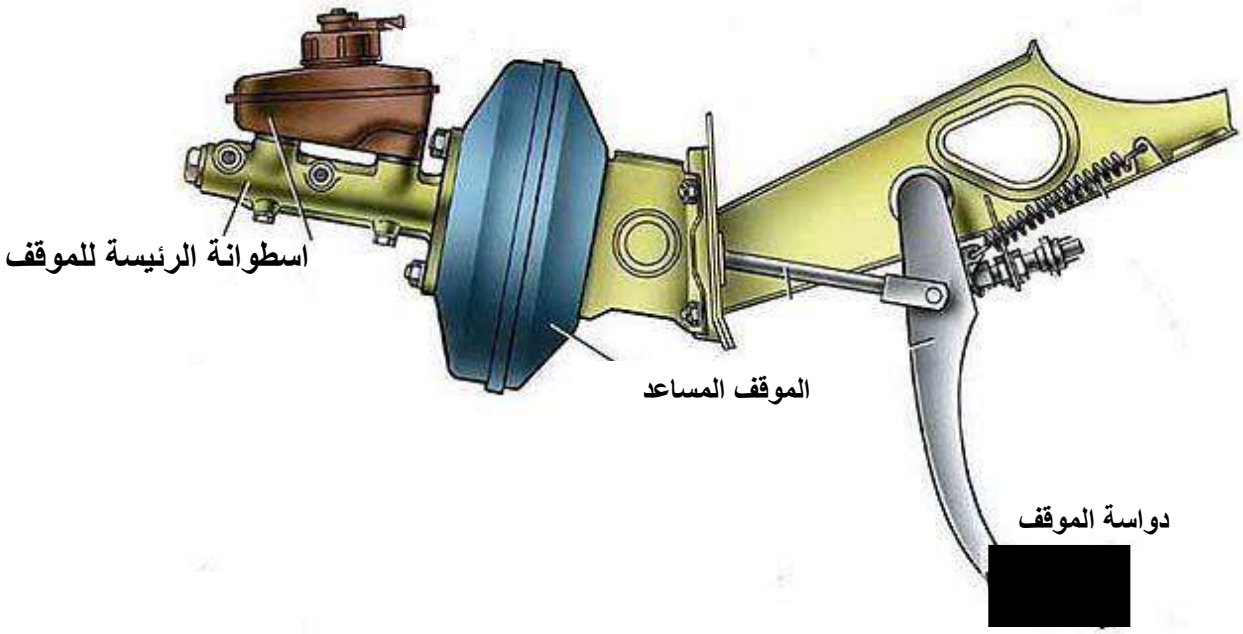
هي وسيلة نقل القوة من القدم الى ذراع الدفع ومن ثم الى الاسطوانة الرئيسة للموقف كما في الشكل (3-8) والوظيفة الأخرى هي تكبير هذه القوة لنقل ودفع المكبس داخل الاسطوانة الرئيسة للموقف عن طريق الموقف المساعد .



شكل (3-8) دواسة الموقف

3-5-2- مساعد الموقف ألتخلخلي (Vacuum Power Booster):

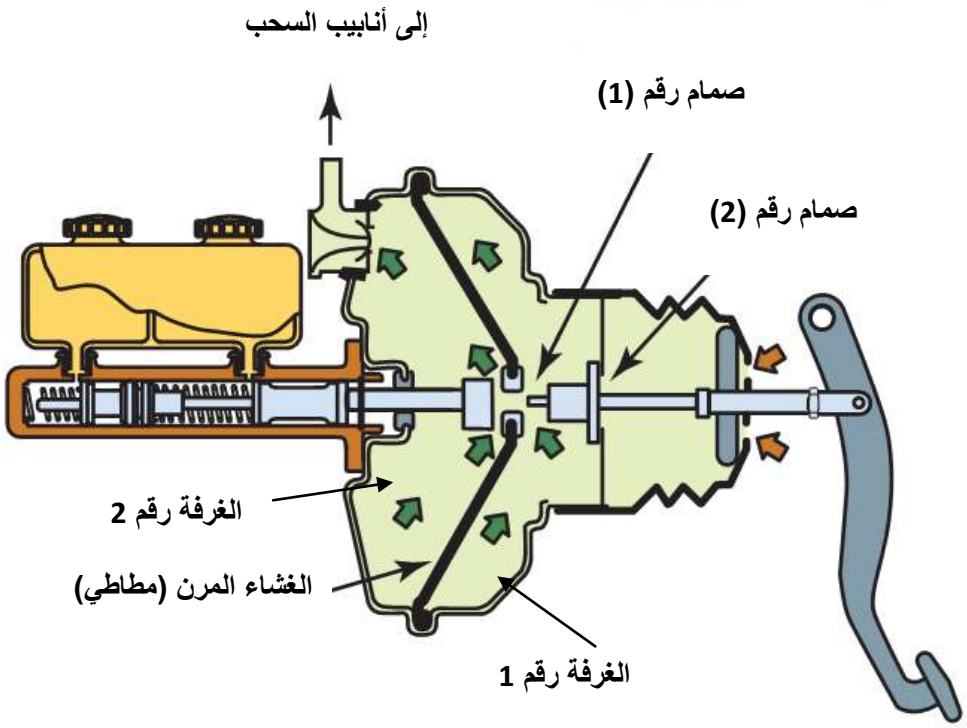
يستعمل نظام مساعد الموقف أو (بوربريك) في معظم السيارات وذلك للتقليل من القوة المطلوبة للضغط على دواسة الموقف عند التوقف ويركب مساعد الموقف بين دواسة الموقف والاسطوانة الرئيسة كما في الشكل (3-9) ،ويثبت بوساطة لوالب تثبيت في جسم المركبة بين دواسة الموقف من الناحية الخلفية للموقف المساعد ومن الناحية الأمامية له بجسم الاسطوانة الرئيسة للموقف.



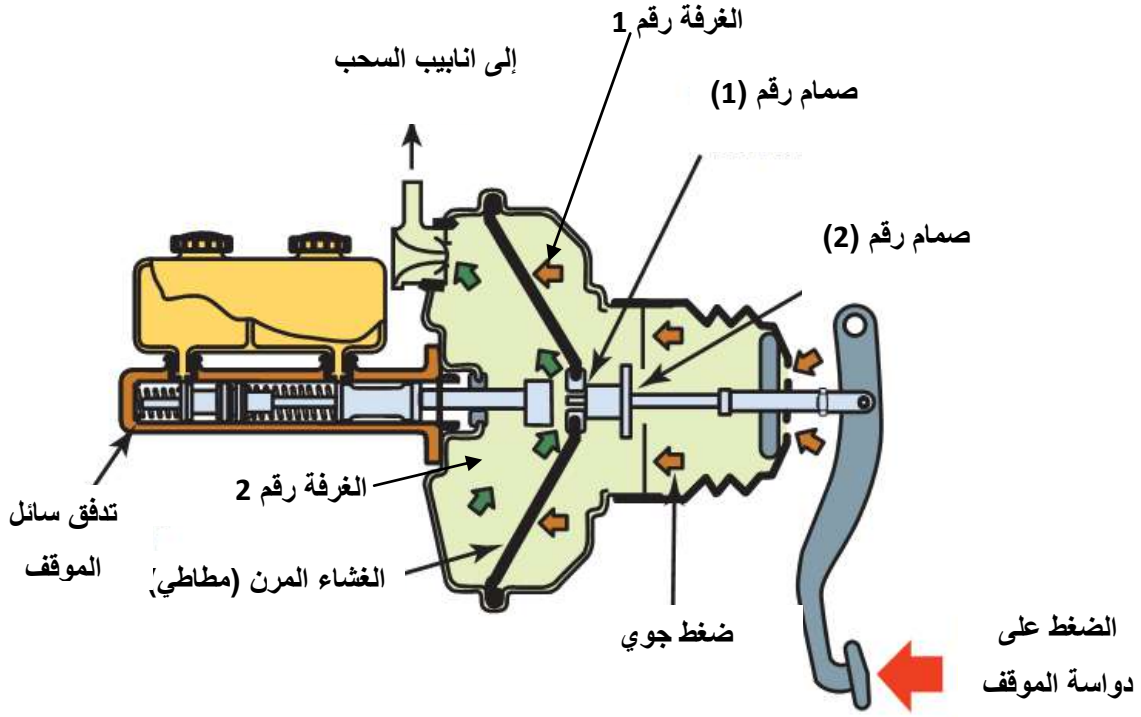
شكل (3-9) مساعد الموقف

مبدأ عمل مساعد الموقف ألتخلخلي :

يتكون مساعد الموقف من غرفتين يفصلهما غشاء مرن (مطاطي)كما في الشكل (3-10) ،إن عمل مساعد الموقف هو في حالة عدم التفعيل أو الضغط على دواسة الموقف فان الصمام رقم 1 يكون مفتوحا تكون الغرفتين في حالة تخلخل إي إن ضغطهما اقل من الضغط الجوي لان أنابيب السحب تودي إلى سحب الهواء من الغرفتين، إما في حالة العمل فيفتح الصمام رقم 2 ويغلق الصمام رقم 1 كما في الشكل (3-11) مما يودي إلى عزل الغرفتين عن بعضهما البعض حيث يكون الضغط في الغرفة رقم 2 (اقل من الضغط الجوي) عندها يدفع الضغط الجوي الغشاء المرن (المطاطي)و بالتالي يدفع ذراع للتوصيل الحركة إلى المكبس الموجود في الاسطوانة الرئيسة للموقف.



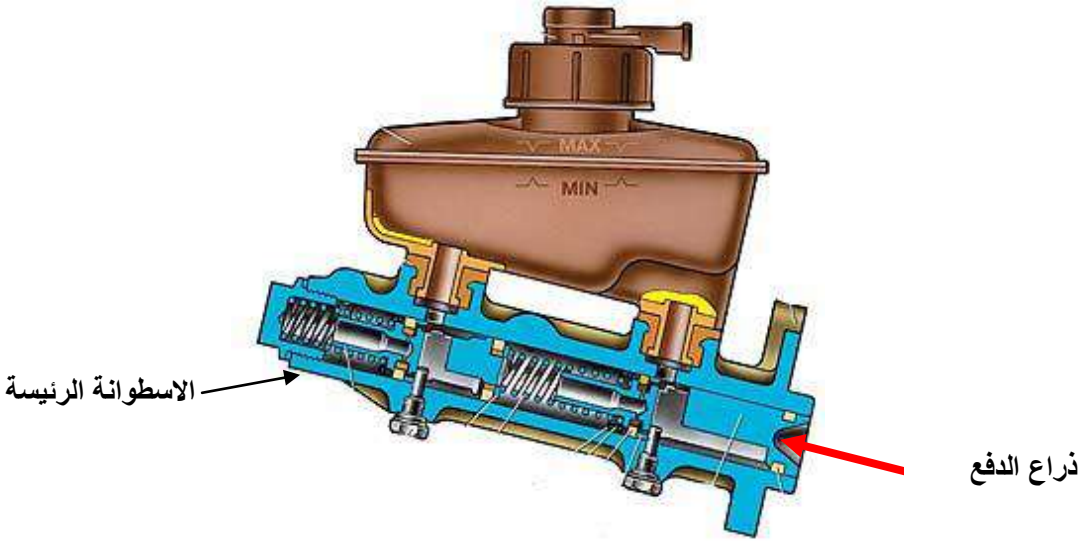
شكل (3-10) حالة تخلخل الضغط في مساعد الموقف



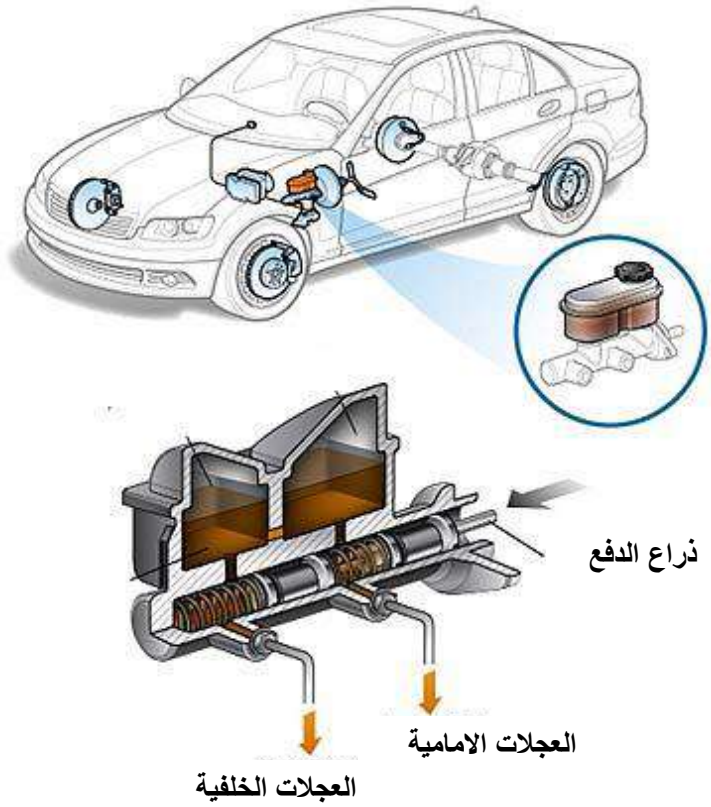
شكل (3-11) حالة الضغط على دواسة الموقف مساعد الموقف

3-5-3- الاسطوانة الرئيسة للموقف (Master Cylinder):

هو الجزء الرئيس في منظومة الموقف الذي يقوم بضخ سائل الموقف إلى بقية أجزاء الموقف من خلال أنابيب التوصيل في دائرة هيدروليكية حيث يتم تحويل القوة المؤثرة في ذراع الدفع الى مكبس الاسطوانة كما في الشكل (3-12) فينظغط السائل المحصور في جسم الاسطوانة ويندفع الى الأنابيب ومن ثم الى اسطوانات العجلات كما في الشكل (3-13) وتصنع الاسطوانة الرئيسية من الألمنيوم .



شكل (3-12) القوة المؤثرة من ذراع الدفع في الاسطوانة الرئيسة للموقف

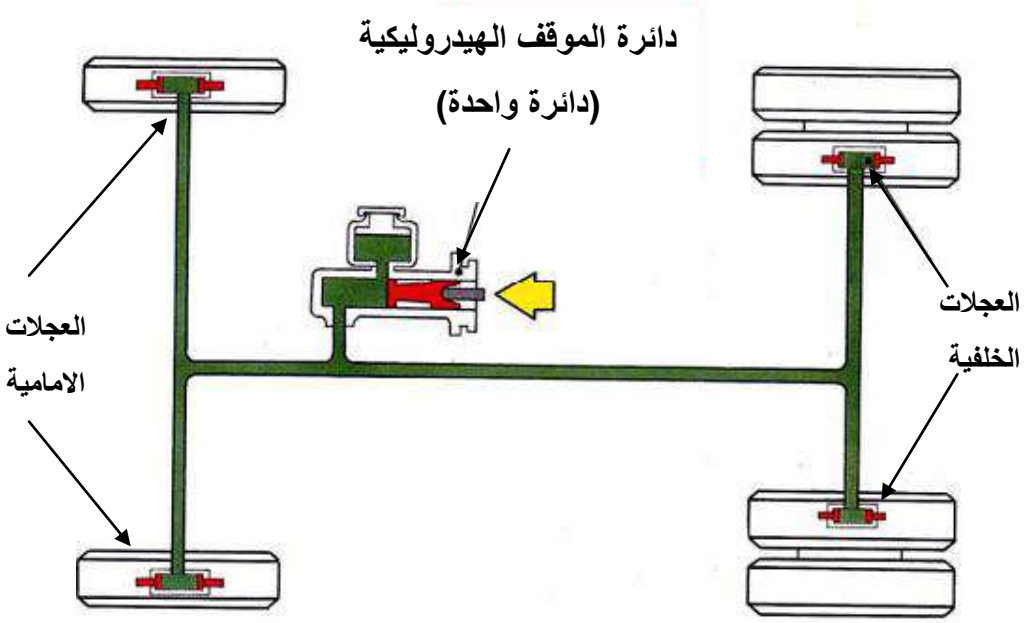


شكل (3-13) دفع السائل من الاسطوانة الرئيسة إلى اسطوانات العجلة الأمامية والخلفية

6-3 تصنيف الاسطوانة الرئيسية للموقف من حيث

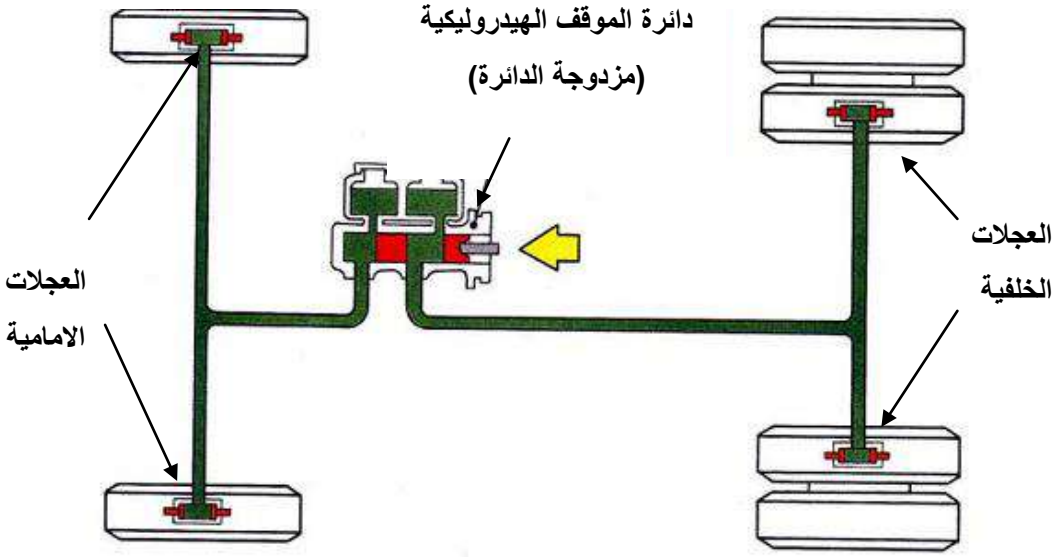
1-دائرة الموقف الهيدروليكية وتنقسم الى :

أ- الدائرة الواحدة للموقف الهيدروليكية: تنتقل القوة المؤثرة على اسطوانات العجلة الأمامية والخلفية من خلال دائرة هيدروليكية وحيدة كما في الشكل (3-14).



شكل (3-14) الدائرة الواحدة الموقف الهيدروليكية

ب- الدائرة المزدوجة الموقف الهيدروليكية: تنتقل القوة المؤثرة الى اسطوانات العجلات الأمامية والخلفية من خلال دائرتين مستقلتين الدائرة الأولى للعجلات الأمامية والثانية للعجلات الخلفية كما في الشكل (3-15) .

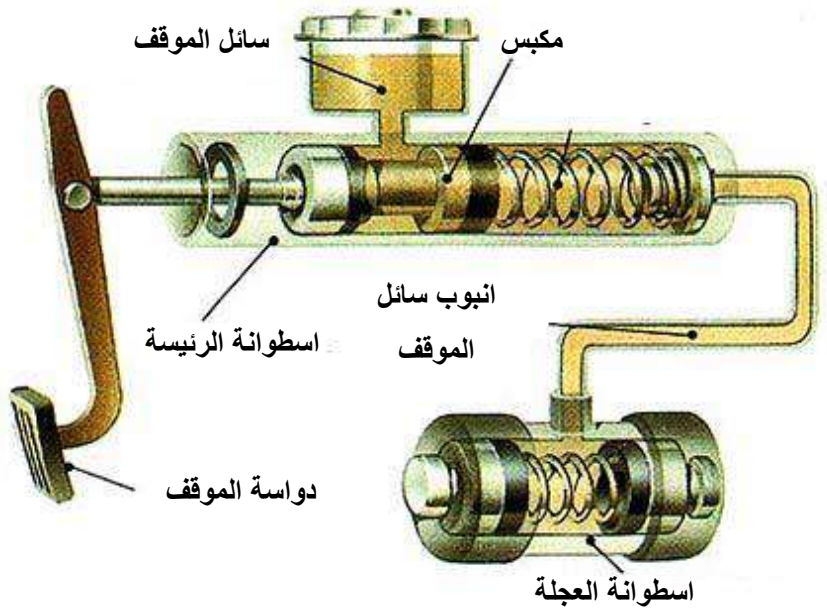


شكل (3-15) الدائرة المزدوجة الهيدروليكية

تصنيف الاسطوانة الرئيسة للموقف حسب عدد المكابس كالاتي:

أ- الاسطوانة أحادية المكبس (Single Piston Cylinder) :

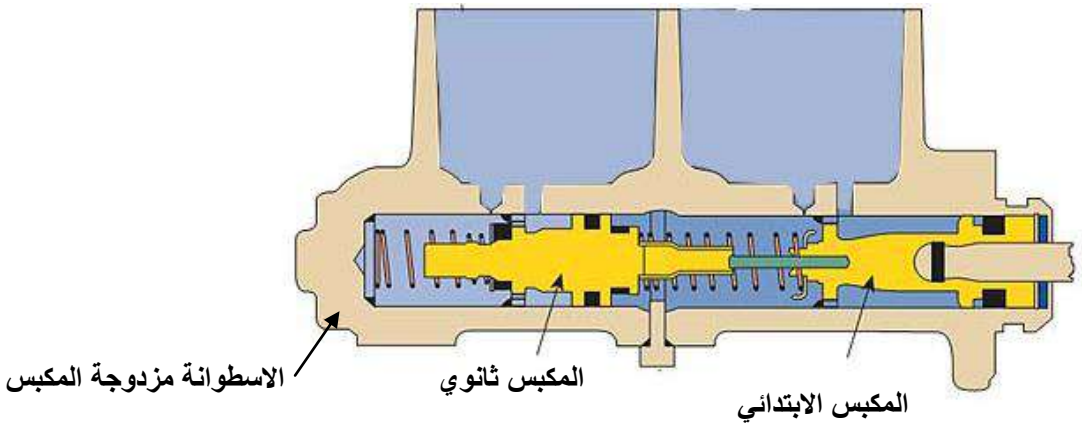
تحتوي هذه الاسطوانة على مكبس يعمل على دفع سائل الموقف الى كل الاسطوانات عن طريق انابيب التوصيل ويسمى هذا النوع من الاسطوانة باحادية المكبس لاحتواه على مكبس واحد كما في الشكل (3-16) ويستعمل في السيارات القديمة .



شكل (3-16) الاسطوانة احادية المكبس

ب- الاسطوانة مزدوجة المكبس (Double Piston Cylinder) :

يحتوي هذا النوع على مكبسين داخل الاسطوانة كلا منهما يعمل دائرة منفصلة وهي بمثابة اسطوانتين احاديتين على التوالي تعملان عن طريق ذراع دفع واحد كما في الشكل (3-17)ويستعمل في السيارات الحديثة .

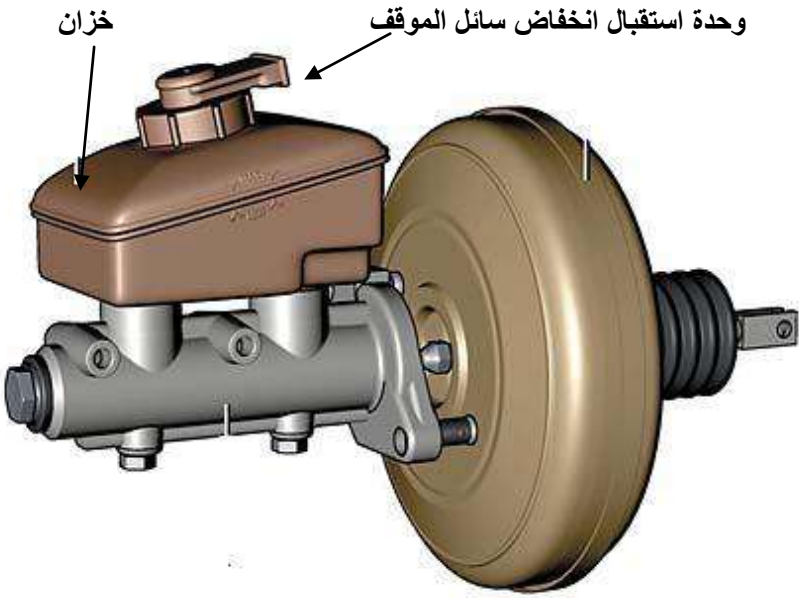


شكل (3-17) الاسطوانة مزدوجة المكبس

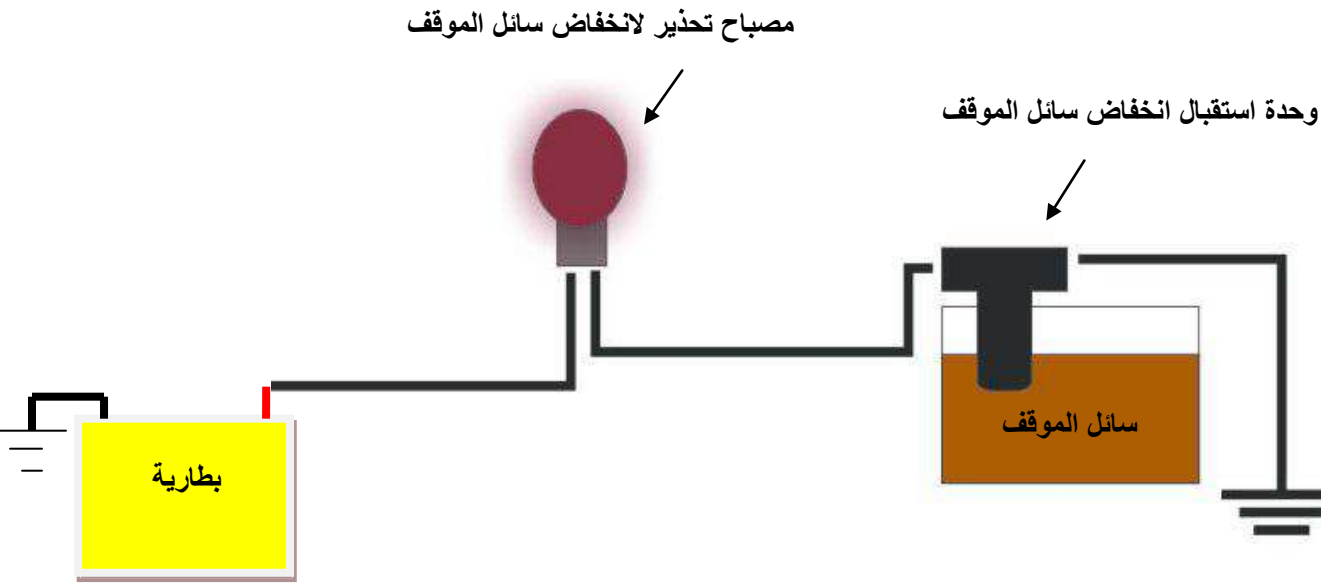
7-3 أجزاء الاسطوانة الرئيسة نوع (مزدوجة المكبس) للموقف

1- الخزان (Tank) :

يصنع الخزان غالبا من البلاستك الشفاف لكي نستطيع معرفة مستوى السائل في الخزان دون اللجوء لفتح الغطاء، ويثبت على غطاء الخزان مقياس تحذير لانخفاض سائل الموقف في الخزان كما في الشكل (3-18) فعند انخفاض سائل الموقف داخل الخزان لحد معين يتم غلق دائرة مصباح التحذير فيضيء لتحذير السائق من انخفاض السائل داخل الخزان كما في الشكل (3-19) .



شكل (3-18) خزان اسطوانة الموقف



شكل (3-19) مقياس التحذير لانخفاض سائل الموقف

2-جسم الاسطوانة Cylinder Body:

تعمل الاسطوانة على تحويل القوة المؤثرة من ذراع الدفع الى ضغط في سائل الموقف وتدفع السائل منها الى انابيب واسطوانات العجلة وتصنع الاسطوانة من الالمنيوم كما في الشكل (3-20).يحتوي جسم الاسطوانة على فتحات هي:

أ- فتحتي المرور By Pass Ports

وهما الفتحتان الأكبر في الاسطوانة والتي تصل الخزان بتجويف الاسطوانة وتسمحان بدخول سائل الموقف الى الجزء الخلفي من المكبس كما في الشكل (3-20) .

ب- فتحتي التعويض Compensating Ports

وهما الفتحتان الأصغر في الاسطوانة كما في الشكل (3-20) وتتصلان بالخزان أيضا بتجويف الاسطوانة ،وتسمحان للسائل المضغوط بالرجوع من خلالهما عند رفع دواسة الموقف وكذلك يمر السائل الموقف من خلالهما عند تمدده وانكماشه تبعا لاختلاف درجة حرارته .

ج- فتحتي الخروج Outlet Ports

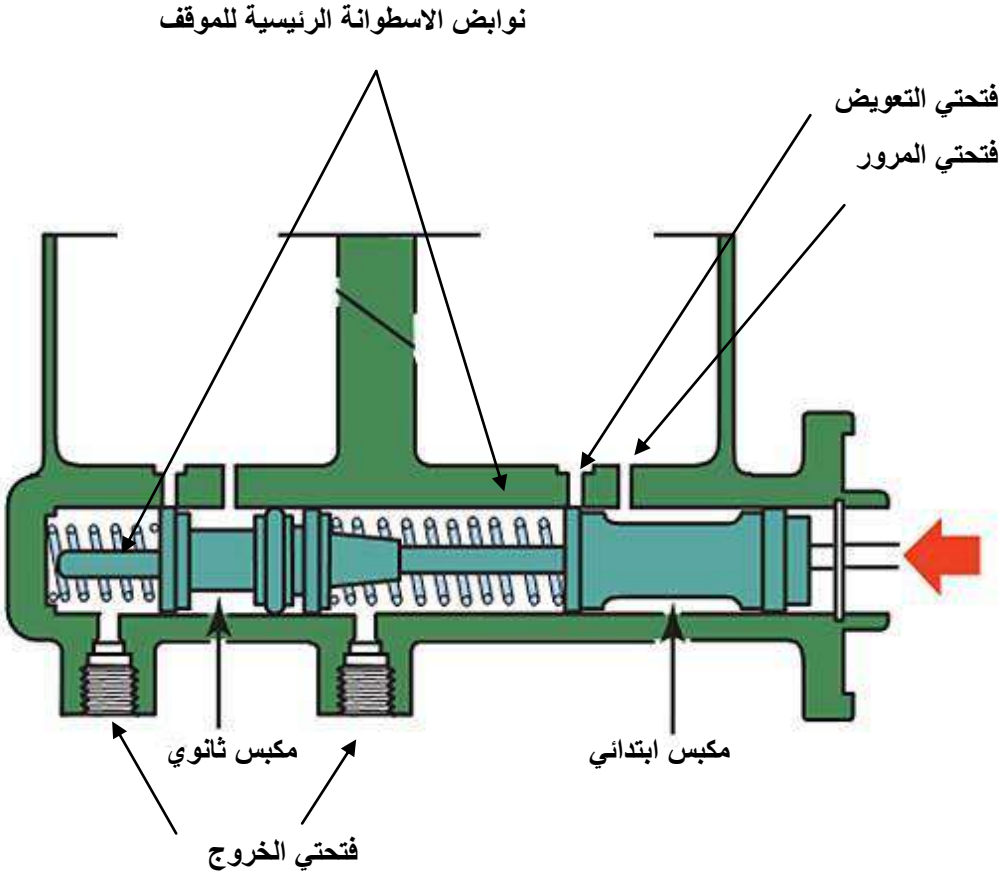
وتقع الفتحتان إمام المكبس حيث يدفع سائل الموقف من خلالهما إلى أنابيب الموقف ومنهما إلى اسطوانات العجلة كما في الشكل (3-20) ،ولتلافي حدوث خطا عند تركيب الأنابيب بالاسطوانة يجب يكون قطر فتحتي الخروج مختلفتين.

3- المكبس الابتدائي والثانوي للاسطوانة الرئيسة للموقف piston &secondary primary

وظيفة المكبس الابتدائي والثانوي هو دفع سائل الموقف من خلال جسم الاسطوانة الرئيسية للموقف إلى العجلات المركبة الخلفية والأمامية عن طريق أنابيب توصيل سائل الموقف ويحتوي المكبس على جلبة مطاطية (Seal) ذي حافة طرية وتركب هذه الجلبة على رأس المكبس بحيث تكون الحافة في الجهة البعيدة من رأس المكبس .يقوم المكبس بدفع الجلبة المطاطية إلى الإمام مما يودي إلى التصاق حافة الجلبة المطاطية بجدار اسطوانة الموقف وبذلك يمنع سائل الموقف من التسرب خلف المكبس إما إذا لم تلتصق حافة الجلبة المطاطية بجدار الاسطوانة فان ذلك يمنع سائل الموقف من التسرب إلى إمام المكبس لتسهيل تسريع عملية رجوع المكبس وتعمل جلبة مطاطي كصمام ذو اتجاه واحد كما في الشكل (3-20) .

4- نوابض الاسطوانة الرئيسة للموقف Master Cylinder Spring

يركب إمام المكبس نابض ارجاع يعمل على إرجاع المكبس لوضعه الطبيعي عند رفع القدم من على دواسة الموقف ، الجلبة المطاطية والنابض يكونان وحدتين منفصلتين يشكلان وحدة واحدة.كما في الشكل (20-3) .



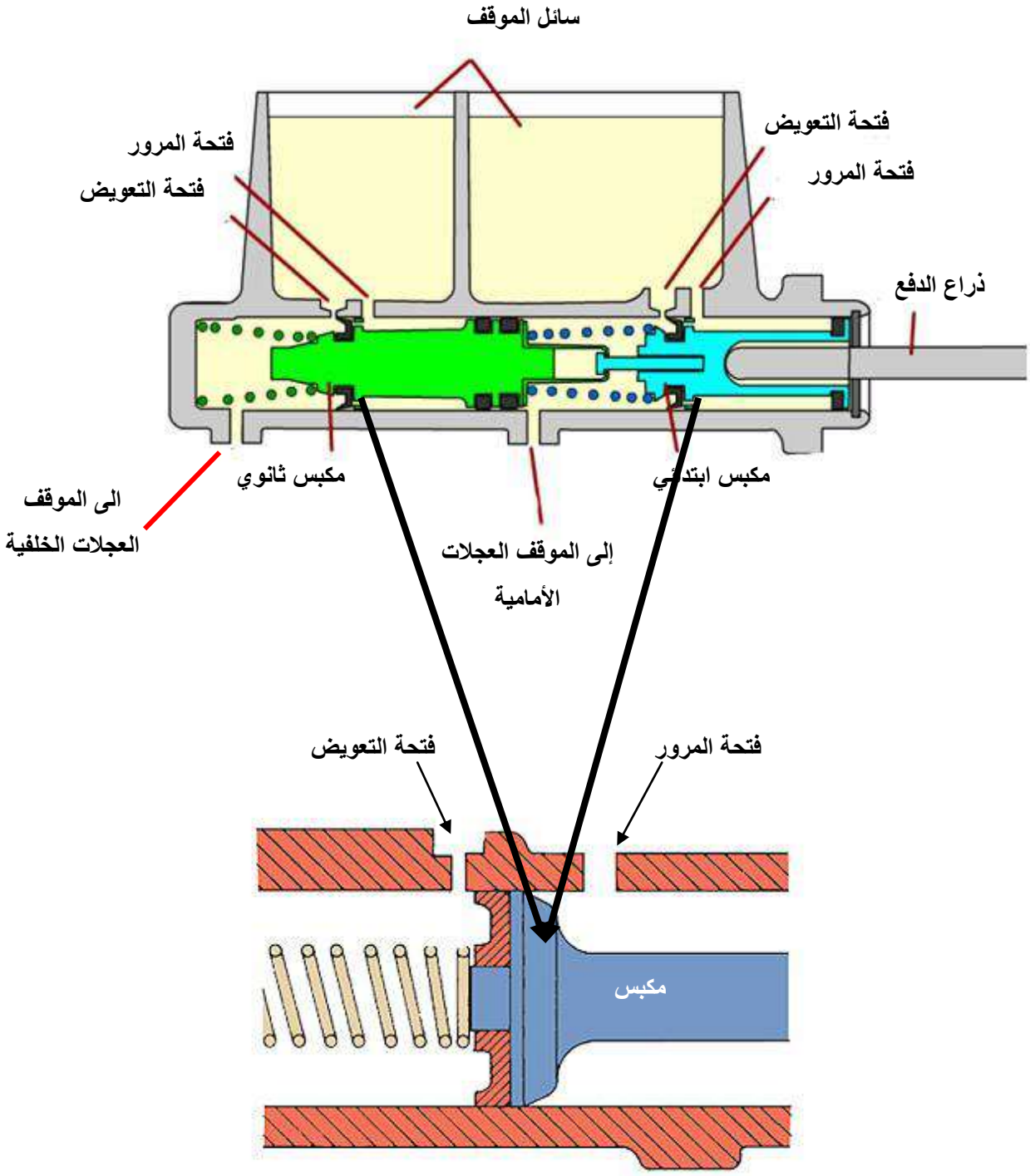
شكل (20-3)أجزاء الاسطوانة الرئيسة للموقف

8-3عمل الاسطوانة الرئيس للموقف (Master Cylinder Operation) :

يمكن إيجاز عمل الاسطوانة إلى :

1- حالة عدم استعمال الموقف

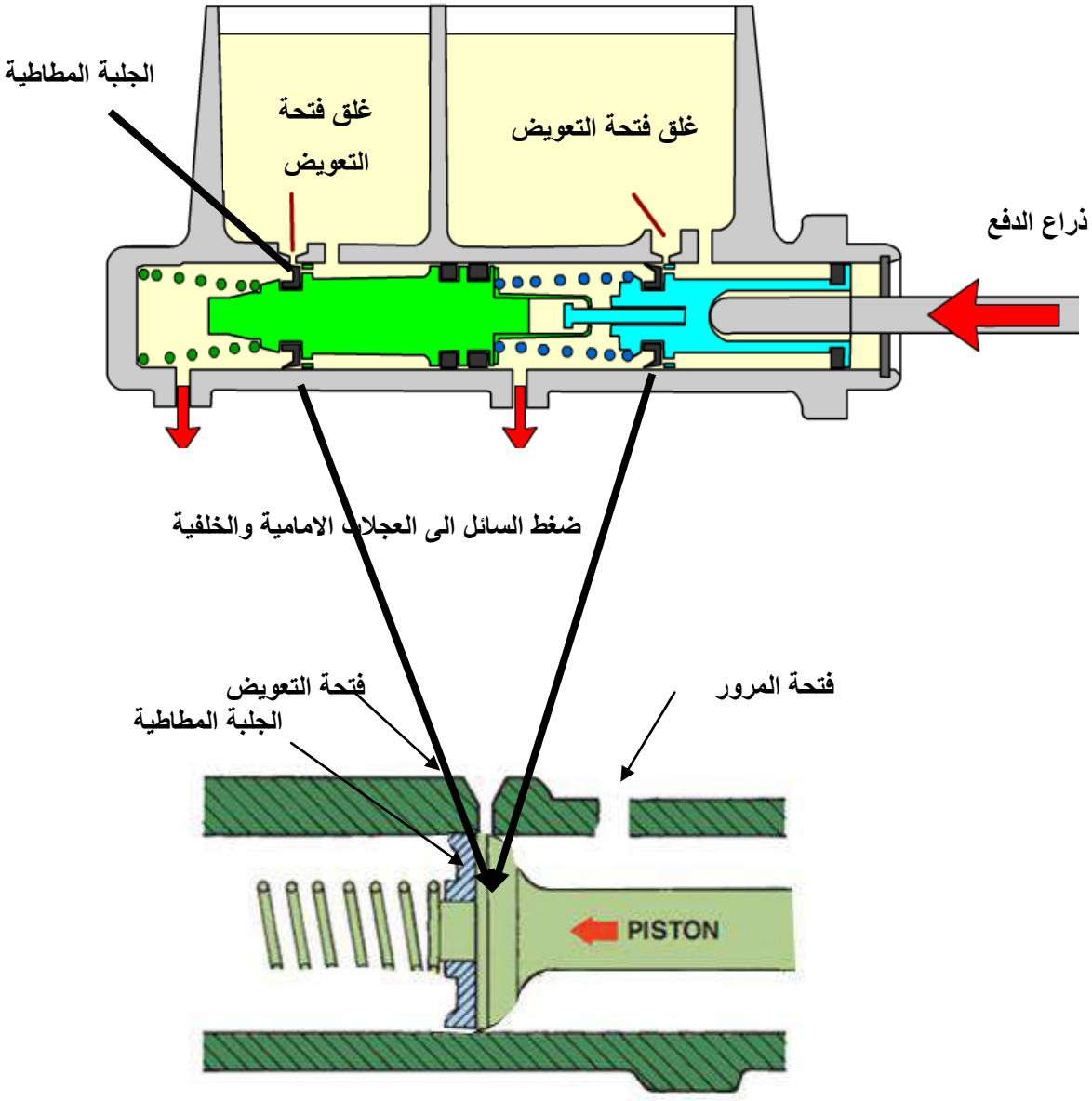
في حالة عدم التفعيل وتكون فيه المكبس بين فتحتي التعويض والمرور كما في الشكل (3-21) .وعند زيادة درجة حرارة السائل يمكن للسائل التمدد والدخول الى الخزان عن طريق فتحة التعويض ويبقى المكبس الابتدائي والثانوي في مكانه .



شكل (3-21) حالة عدم استعمال الموقف

2-حالة الضغط على دواسة الموقف

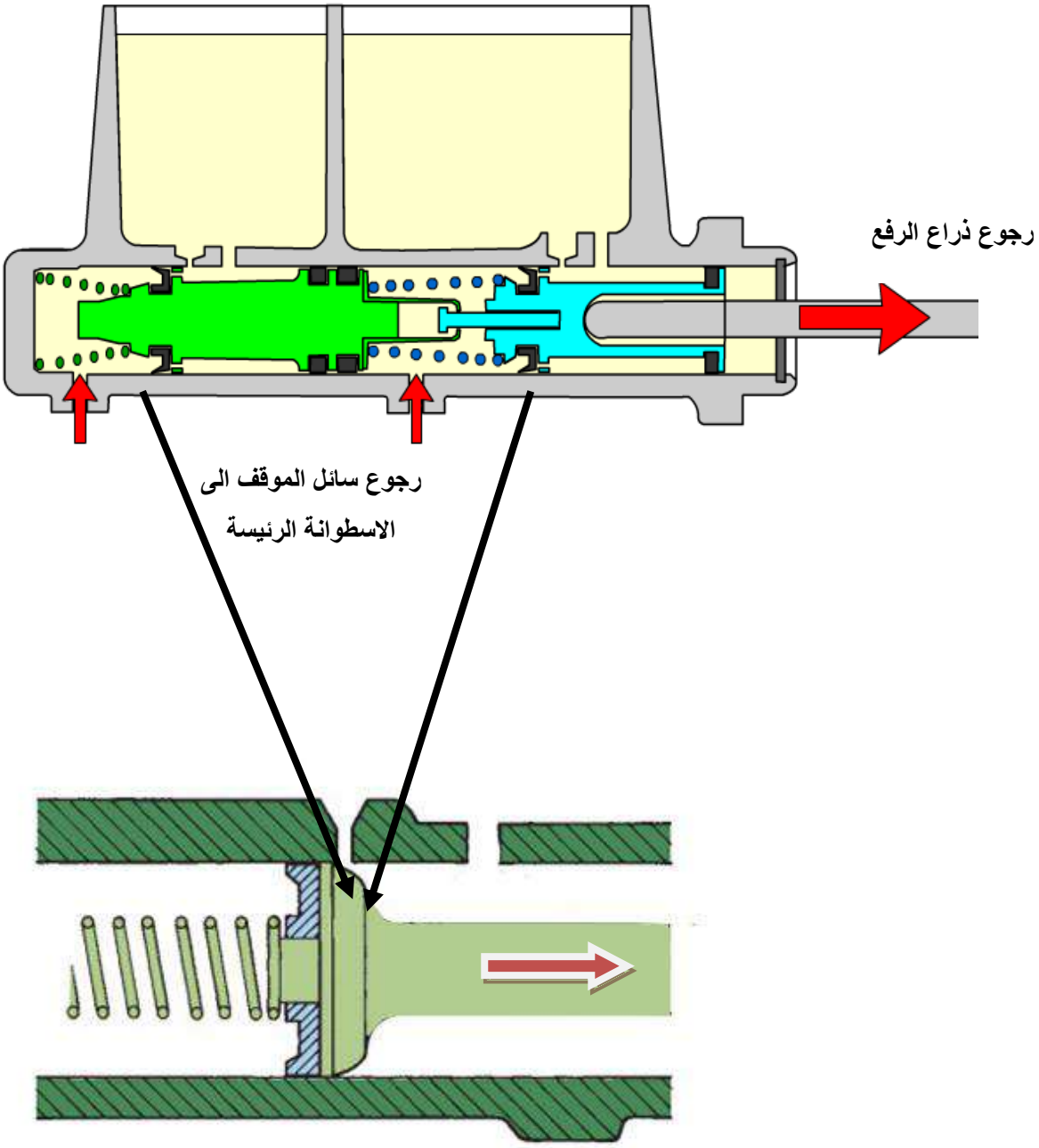
عند الضغط على دواسة الموقف. يبدأ المكبس في التحرك إلى الإمام وتكون فتحة التعويض مفتوحة في هذا الوضع فيعود سائل الموقف إلى خزان الاسطوانة الرئيسة،.ومع استمرار الضغط على الدواسة يتحرك المكبس إلى الإمام فتغلق الجلبة المطاطية الموجودة حول المكبس فتحة التعويض كما في الشكل (22-3).وتكون فتحة المرور مفتوحة في هذا الوضع فيعود سائل الموقف منها إلى الخزان ومع استمرار الضغط على الدواسة يتحرك المكبس وعندها يخرج سائل الموقف من فتحة الخروج إلى أنابيب الموقف ومنها إلى اسطوانات العجلة.



شكل (22-3) حالة الضغط على دواسة الموقف

3- حالة رفع الضغط عن دواسة الموقف

عند رفع القدم من دواسة الموقف فان نابض الرجوع يدفع المكبس بسرعة عالية إلى وضعه الأصلي أسرع من سرعة رجوع سائل الموقف من اسطوانة العجلة إلى الاسطوانة الرئيسة للموقف، مما يؤدي إلى حدوث تخلخل إمام الجلبة المطاطية فتنطبق حافة الجلبة المطاطية للداخل وتسمح لسائل الموقف بالمرور خلف المكبس حول حافة الجلبة المطاطية أو من خلال الثقوب الموجودة في رأس المكبس إلى إمام المكبس ، ويساعد ذلك على سرعة وسهولة حركة رجوع المكبس كما في الشكل (3-23) .



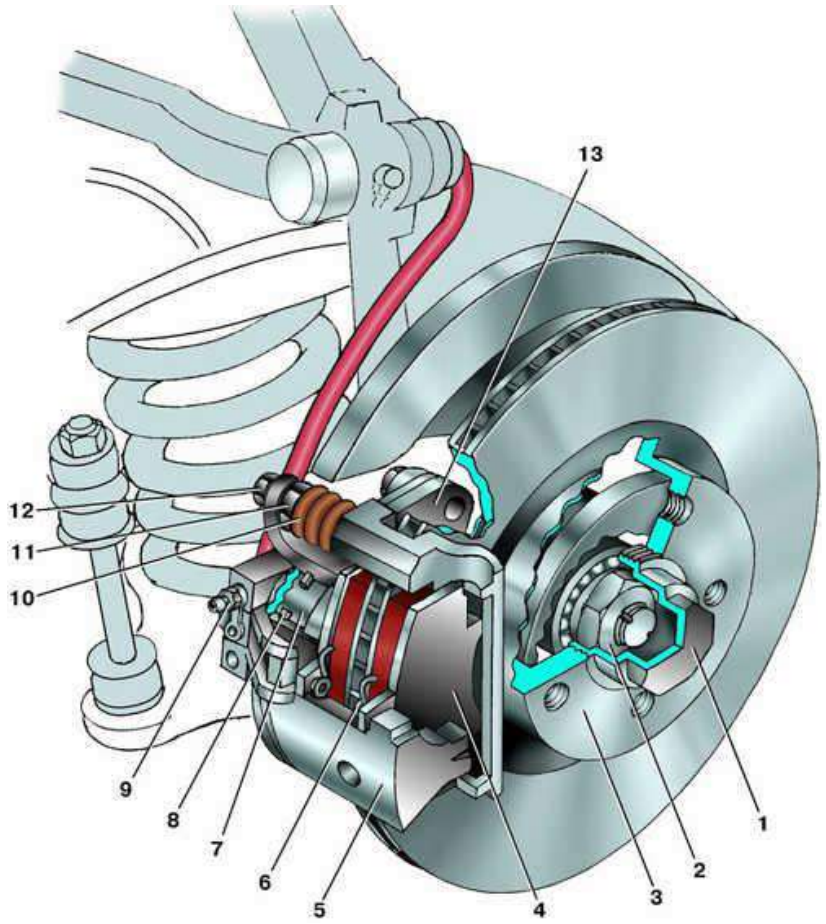
شكل (3-23) حالة رفع الضغط عن دواسة الموقف

أنابيب توصيل سائل الموقف Brake Line

تنقل أنابيب الموقف ضغط السائل من الاسطوانة الرئيسة إلى موقف العجلات.وتصنع الأنابيب من الحديد الصلب وتكون مزدوجة الجدار وغالبا تكون نهايات الأنابيب ذات زيادة في القطر،ويتراوح القطر المستخدم في أنابيب الموقفات الهلالية حوالي (9.7mm) وللموقفات القرصية حوالي (4.6mm) .

9-3 الموقفات القرصية Disc Brake

ظهر هذا النوع من الموقفات في نهاية الستينات تم استعماله بسبب سهولة تركيبه وعدم تعقيد أجزائه وجودة في الأداء وقلة تكاليف إدامته. وتستعمل الموقفات القرصية وسادتان احتكاكيتان على جانب قرص الدوار المعدني المرتبط مع العجلة . وقد توجهت معظم الشركات الى استعمال الموقف القرصي في العجلات الأربعة للمركبة كما في الشكل (3-24) .



1- جسم القرص الدوار.

2- صامولة تثبيت القرص الدوار .

3- محيط ثقوب تثبيت القرص الدوار.

4- وسادة احتكاك.

5- فك الموقف.

6- سلك تحذير لاستهلاك وسادة احتكاك.

7-مكبس دفع.

8-غطاء مكبس.

9- صمام تنفيس.

10- حلقة مطاطية.

11- جلبة.

12- برغي رئيس لربط فك الموقف.

13- الصفيحة الخلفية.

شكل (3-24) الموقف القرصي

إما مميزات الموقف القرصي فهي :

1- كفاءة عالية في عملية التوقف.

2- سهولة في الصيانة.

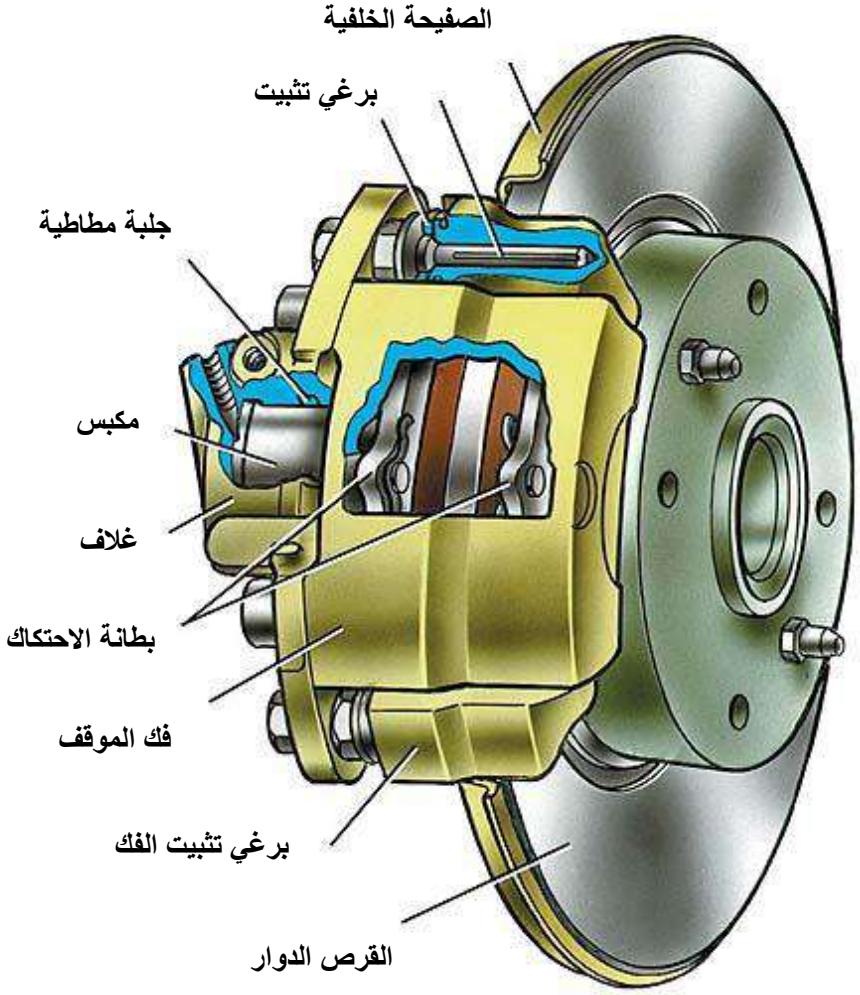
3- بساطة التصميم وقلة الوزن .

4- عدم الحاجة الى معايرة.

5- انخفاض كلفته.

6- قلة الأجزاء المتحركة.

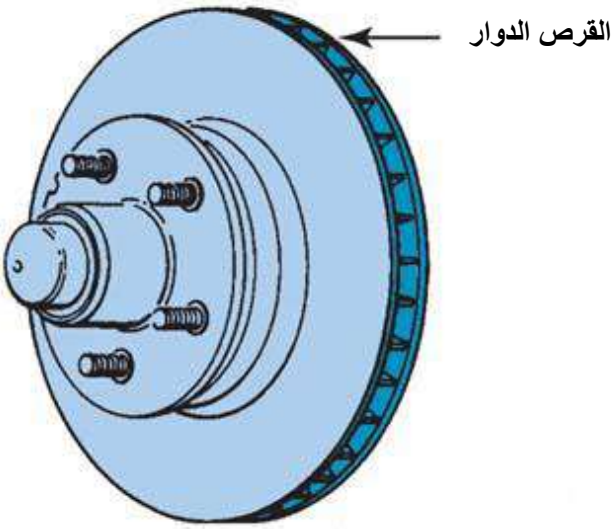
10-3 الاجزاء الرئيسية للموقف القرصي: كما في الشكل (3-25) :



شكل (3-25) أجزاء الموقف القرصي

1- القرص الدوار Rotor Disc

تصنع أقراص الموقف من الحديد الزهر وتكون ذات أقطار مختلفة وتجري عملية تشغيل لسطحي القرص لتوفير سطح احتكاكي ذو درجة خشونة كما في الشكل (3- 26). ويؤثر مقدار قطر القرص على أداء الموقف وكلما كبر قطر القرص أدى إلى عزم احتكاكي اكبر وتبريد أحسن، ويصنع القرص بسمك معين حيث يمكن تشغيل سطح القرص وإزالة طبقة من السطح عند الحاجة الى ذلك، ويسجل على جسم القرص اقل سمك يسمح به.عند وصول سمك القرص إلى سمك اقل من الحد
المسموح به بعد ذلك إجراء عملية التشغيل فيجب في هذه الحالة استبدال القرص .



شكل (3- 26) القرص الدوار

2- فك الموقف Caliper

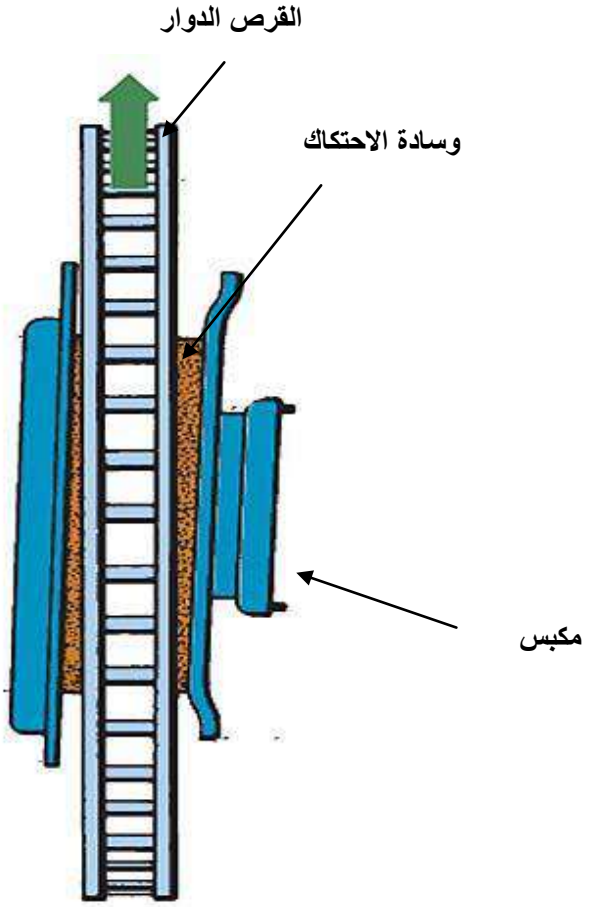
يعمل فك الموقف القرصي على تحويل الضغط الهيدروليكي المتولد بالاسطوانة الرئيسة للموقف إلى قوة ميكانيكية تدفع وسادة الاحتكاك (دسك) لتلامس القرص الدوار عن طريق مكبس اسطوانة العجلة ويصنع الفك عادة من الحديد الزهر وفي بعض الأحيان من الألمنيوم كما في الشكل (3-27).



شكل (3-27) فك الموقف

3- مكبس الموقف القرصي (PISTON) :

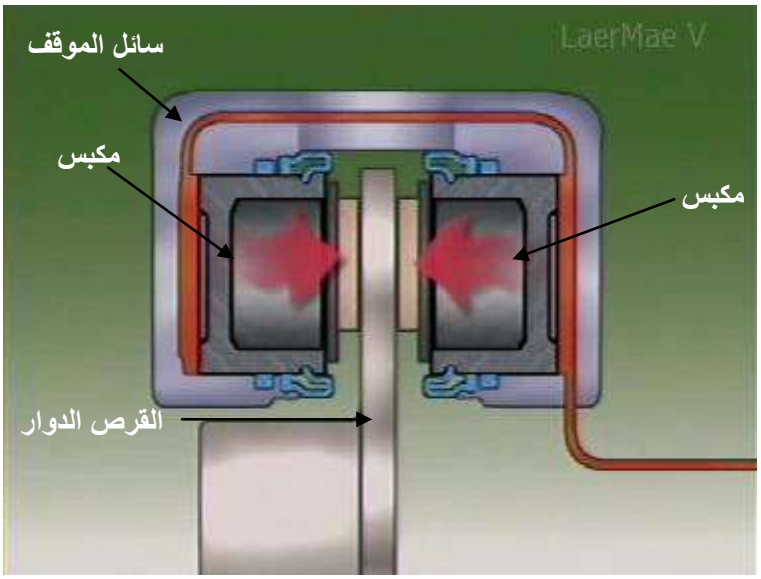
يصنع المكبس عادة من الحديد الصلب وذلك نظرا لتعرضه للتآكل أو الصدأ نتيجة لتلوث سائل الموقف وتعرضه للرطوبة والحرارة، وللتغلب على ذلك تصنع المكابس الجديدة إما من الكروم المطلي أو من الصوف الزجاجي المقوى، والذي يتميز بخفة الوزن ويركب على المكبس جلبة مطاطية واقية يمنع دخول الأتربة والرطوبة إلى المكبس كما في الشكل (3-28).



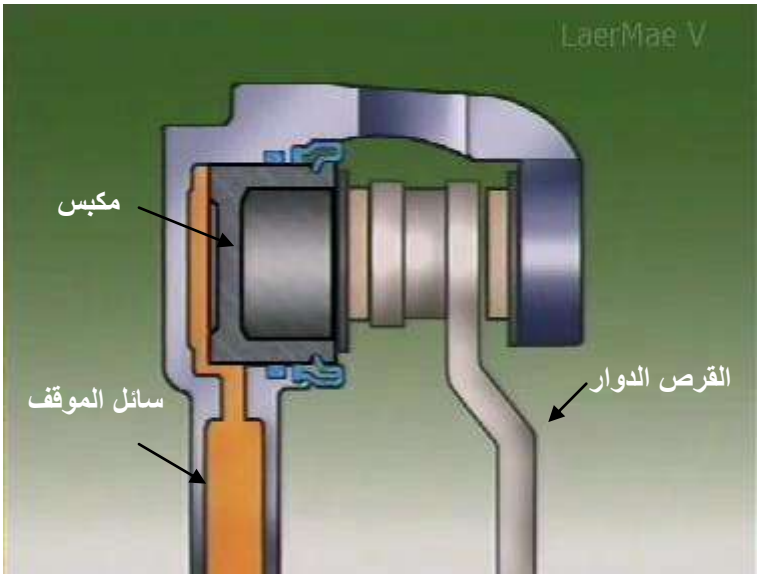
شكل (3-28) المكبس الموقف القرصي

3-10- 1مبدأ عمل الموقف القرصي :

عند الضغط على دواسة الموقف يقوم عمود الدفع بدفع سائل الموقف من الاسطوانة الرئيسية الى الأنابيب الموصلة إلى اسطوانات العجلة، التي تحتوي كل منها على مكبس في كل من جانبي وسادة الاحتكاك (دسك)للموقف ، فيتحركان ويلامسان القرص الدوار، يتم الاحتكاك ويجبر القرص الدوار على إبطاء سرعته ثم التوقف وهذا مايسمى بالمكبس المزدوج كما في الشكل (3-29). ويوجد نوع أخر من الموقفات القرصية تكون ذات مكبس واحد يدفع باتجاه القرص لكن في هذه الحالة يكون جسم الموقف متأرجحا حول مفصله مع المحور ليتيح الحركة، ويتم الاحتكاك من كلا الاتجاهين و هذا ما يسمى بالمكبس المفرد كما في الشكل (3-30).



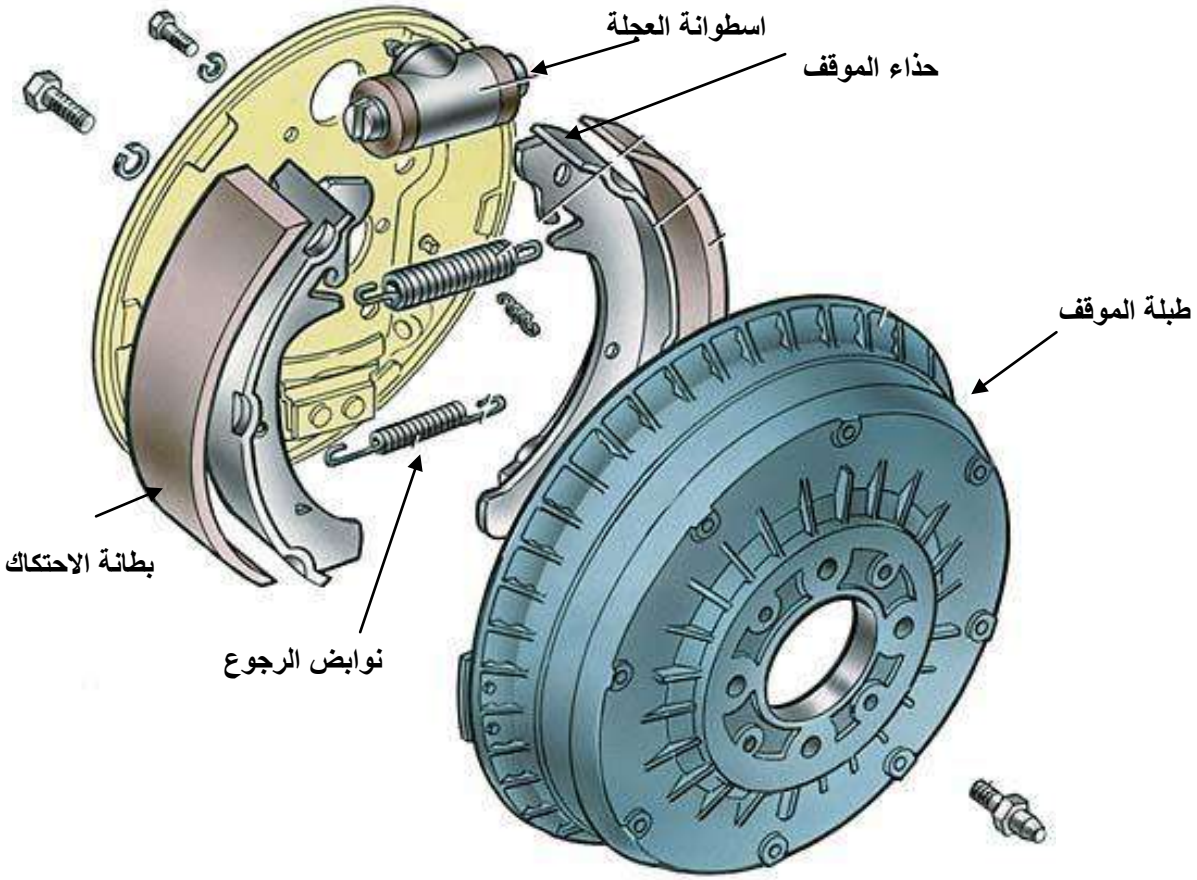
شكل (3-29) المكبس المزدوج



شكل (3-30) المكبس المفرد

11-3 حذاء الموقف (الموقف الهلالي) (Drum Brake):

تتالف الانواع المختلفة للموقف الهلالي من اجزاء متشابه ولكن يكون الاختلاف فيما بينها في طريقة تثبيت الحذاء وأماكن تثبيت النوابض، والأجزاء الرئيسة للموقف الهلالي هي:كما في الشكل (31-3) .

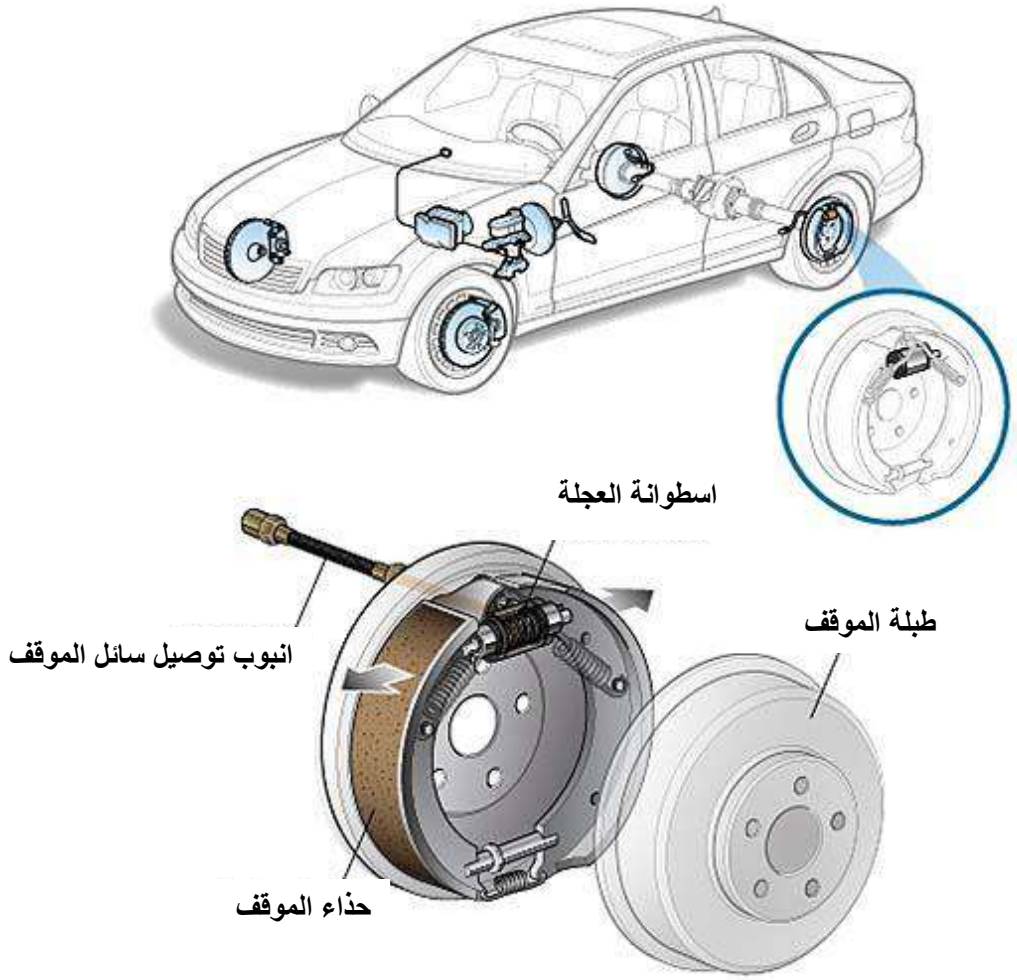


شكل (3-31) الموقف الهلالي

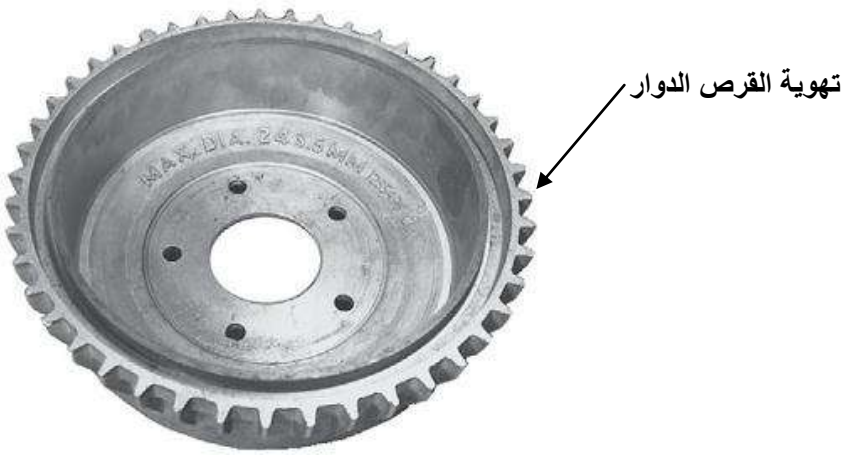
1- طبلة الموقف (Drum Brake):

تصنع طبلة الموقف من الحديد الزهر أو الألمنيوم ويستعمل الحديد في جميع أنواع طبلة الموقف كسطح احتكاك وذلك لاحتواء الحديد على خواص جيدة بالنسبة للاحتكاك وللتوصيل الحراري ،وتركب طبلة الموقف فوق الأجزاء المثبتة بلوح التثبيت وتستعمل حافة طبلة الموقف كسطح احتكاك ويسمى الجزء المغلق بعصب طبلة الموقف كما في الشكل (3-32) وتحتوى الطبلة على ثقوب لتثبيت طبلة

الموقف على محور العجلة ، وقد تحتوي بعض طبلات الموقف على زعانف موجودة على الحافة الخارجية لزيادة كفاءة التبريد كما في الشكل (3-33) .



شكل (3-32) سطح احتكاك طبلة الموقف

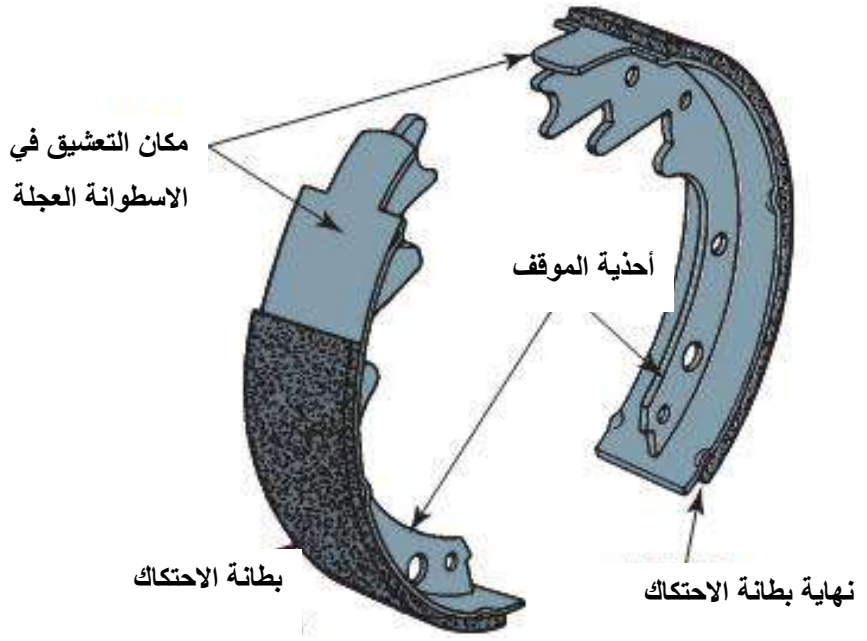


شكل (3-33) زعانف الحافة الخارجية لطبلة الموقف

2- حذاء الموقف (Brake Shoe):

هي الجزء التي تثبت عليها بطانات الاحتكاك والتي يلامس طبلة الموقف وتصنع أحذية الموقف من ألواح الصلب أو من الألمنيوم المصبوب على شكل نصف دائرة للتطابق مع سطح طبلة الموقف ،وتثبت بطانة الاحتكاك بحذاء الموقف إما عن طريق البرشمة أو اللصق وبعض الأحذية فيها نتؤات على جانبي الحافة تلامس نقاط الاحتكاك للوح التثبيت وتحافظ على وضع الأحذية بالنسبة لطبلة الموقف .

كما وتستخدم في الموقفات الاحتكاكية أحذية بإشكال وإحجام مختلفة وذات أعصاب مختلفة الشكل ،حيث تختلف أماكن الثقوب منها حسب نوع حذاء الموقف المستعمل بها كما في الشكل (3-34) .



شكل (3-34) أحذية الموقف

3- نوابض أحذية الموقف

تستعمل هذه النوابض لإرجاع الأحذية عند تحرير الموقف وتبقيها في تلامس مع اسطوانة العجلة وتختلف النوابض اعتماد على الطول الحر ومقدار الشد.وتختلف أنواع وعدد أماكن النوابض من سيارة إلى أخرى إلا انه جميع النوابض تتصل من حذاء لأخر أو من حذاء لمحور ارتكاز نوابض تثبيت الحذاء،وتعمل النوابض على تثبيت الأحذية في الموقف وتتنوع تصميمات وإشكال النوابض طبقا لمواصفات الشركة الصانعة للمركبة كما في الشكل (3-35).

1- صامولة تثبيت قرص العجلة .

2- محيط ثقوب تثبيت الإطار .

3- النابض السفلي.

4- حذاء الموقف1.

5- تثبيت حذاء الموقف بالصفيحة الخلفية.

6- اسطوانة العجلة الموقف الهلالي.

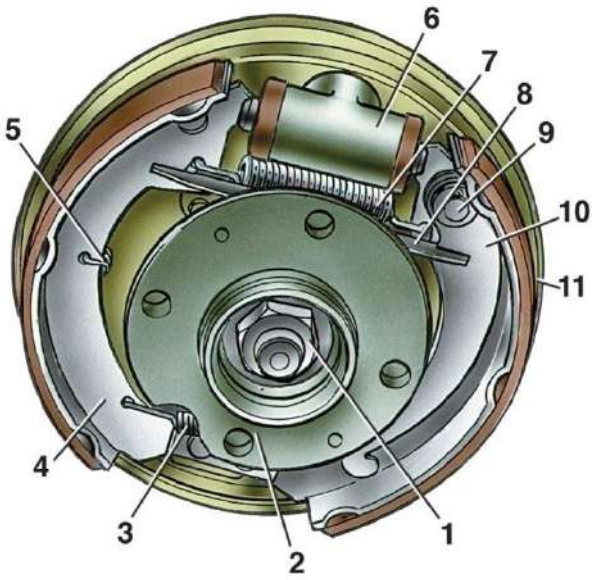
7- النابض العلوي.

8- عتلة معايرة.

9- تثبيت حذاء الموقف الأخر بالصفيحة.

10 حذاء الموقف 2.

11- وسادة أو بطانة الاحتكاك.



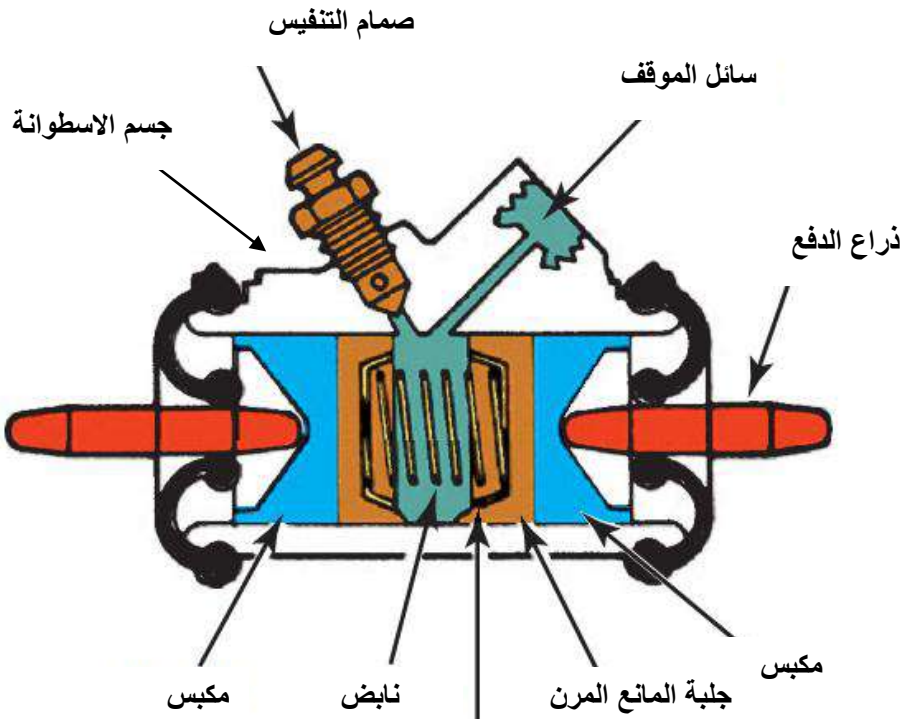
شكل (3-35) نوابض أحذية الموقف

4- اسطوانة العجلة (Wheel Cylinder):

تحول اسطوانة العجلة الضغط الهيدروليكي المتولد في الاسطوانة الرئيسة إلى قوة تؤثر على أحذية الموقف،وتكون الاسطوانة إما اسطوانة (مزدوجة) بمكبسين أو اسطوانة بمكبس واحد (أحادية) وتتكون اسطوانة العجلة من الأجزاء الاتية كما في الشكل (3-36)

1- جسم الاسطوانة 2 – المكابس 3- الجلبة المطاطية 4 - النابض 5- غطاء واقي الأتربة

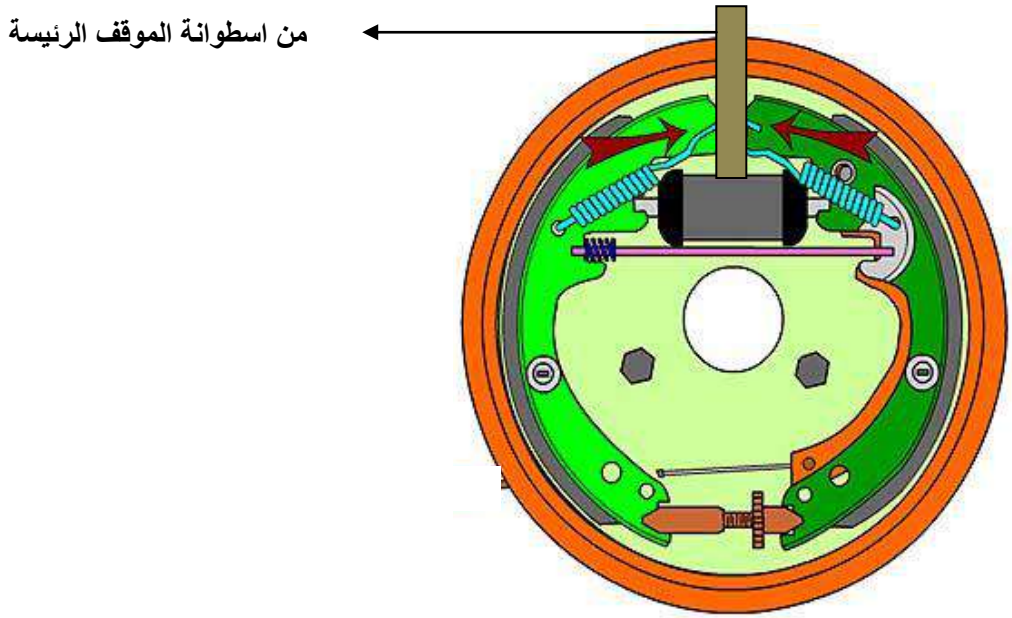
6- صمام التنفيس



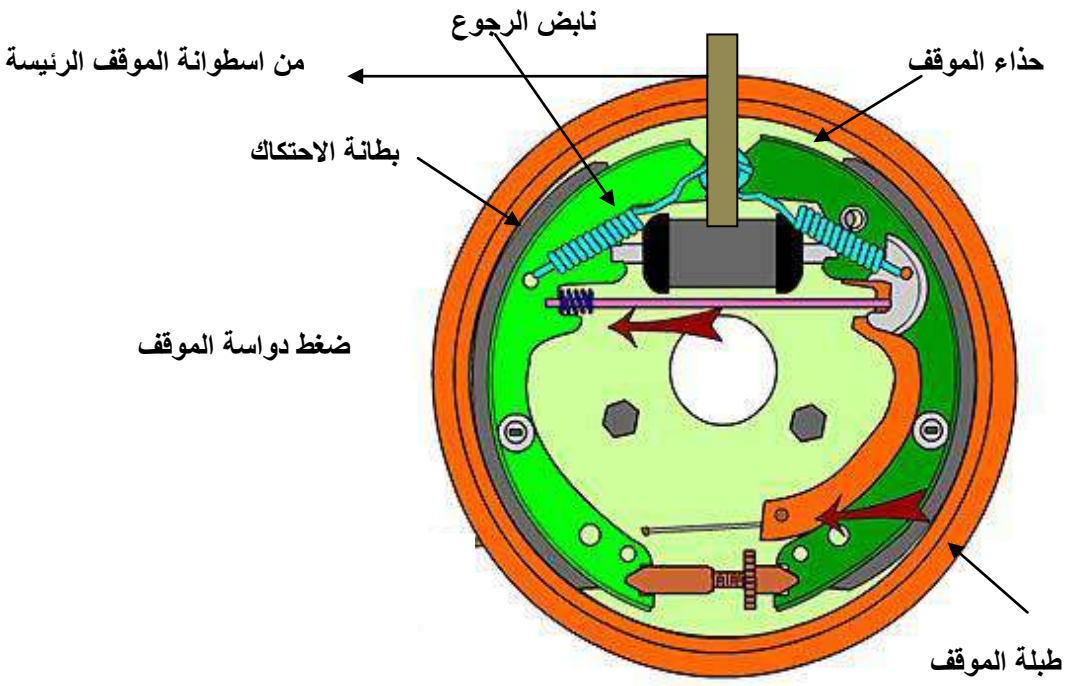
شكل (3-36) اسطوانة العجلة

عمل أحذية الموقف (الموقف الهلالي)

في حالة عدم الضغط على دواسة الموقف يكون حذاء الموقف بعيد عن طبلة الموقف مما يؤدي إلى عدم الإيقاف كما في الشكل (3-37). إما عند الضغط على دواسة الموقف فان الحركة تنتقل إلى اسطوانة العجلة (نوع أحذية الموقف) والتي تؤثر على مكبس الموقف الهلالي مما يؤدي إلى دفع الحذاء نحو طبلة الموقف،فتودي إلى التوقف وذلك نتيجة تاثير اسطوانة العجلة بين حذاء الموقف الموجود في اتجاه دوران فيدفع نحو طبلة الموقف بقوة اكبر من القوة التي يدفع لها الحذاء في الاتجاه العكسي مما يؤدي إلى إيقاف العجلة كما في الشكل (3-38) .



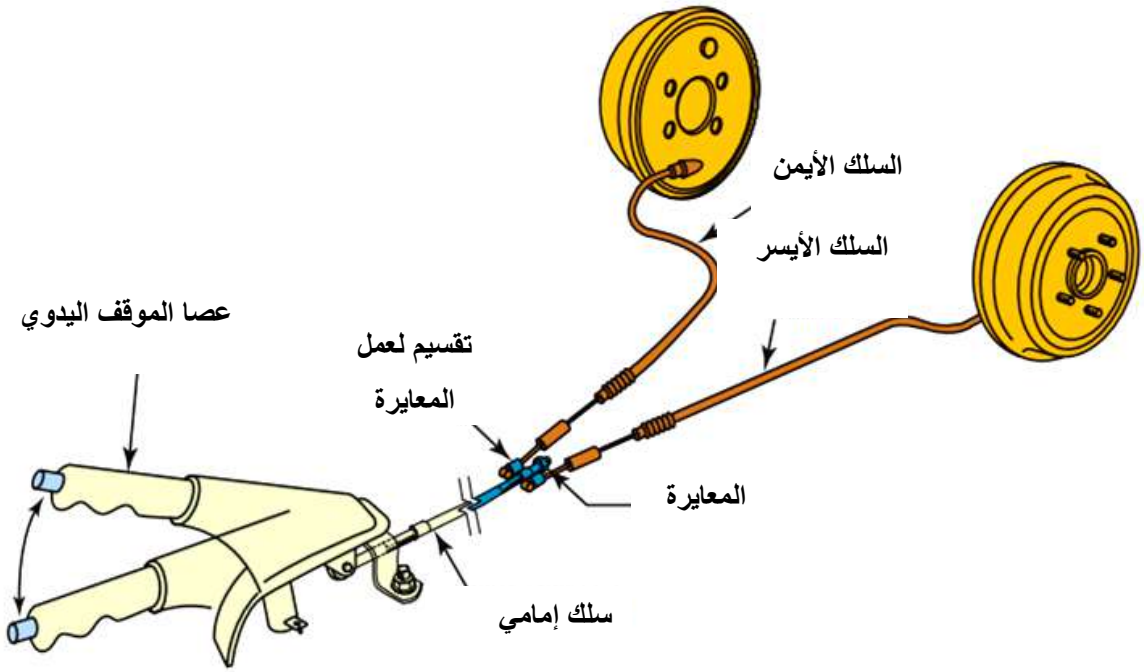
شكل (3-37) حالة عدم الضغط على دواسة الموقف



شكل (3-38) حالة الضغط على دواسة الموقف

2- 12 الموقف اليدوي (Parking Brake)

الغرض الرئيس من الموقف اليدوي هو ابقاء المركبة ثابتة دون حركة او تمنع تحريكها عندما لا تكون في حالة القيادة كما في الشكل (3-39) إن الموقفات اليدوية تعمل في المحور الخلفي فقط ،و تعمل بطريقة ميكانيكية منفصلة تماما عن الموقف الهيدروليكي للمركبة. ويكون مقدار قوة التوقف اقل بكثير من مقدار قوة تدفق المنظومة الهيدروليكية ويستعمل الموقف اليدوي نوع الاحتكاك ميكانيكي، وعند عمل الموقف اليدوي يضئ مصباح استعمال الموقف اليدوي كما في الشكل (3-40) وذلك لتنبيه السائق على وضع التشغيل للموقف اليدوي.



شكل (3-39) الموقف اليدوي



شكل (3-40) إشارة رفع الموقف اليدوي

13-3 خواص سائل الموقف

يصنع سائل الموقف من عدة مواد كيمائية للحصول على الخواص الاتية :

1- نقطة غليان مرتفعة (لكي لا يغلى السائل نتيجة تعرض الموقف لدرجة حرارة مرتفعة إثناء التشغيل وتنتقل منها إلى سائل الموقف).

2- نقطة انجماد منخفضة (لكي يبقى الحالة السائلة في الظروف الجوية الباردة).

3- لايتفاعل مع الأجزاء المطاطية (حتى لا يتلف الجلبة المطاطية الزيت).

4-لا يؤدي إلى صدأ الأجزاء المعدنية للنظام.

5- له انسيابية عالية (سهولة الانسياب) لزوجة مقبولة في جميع ظروف التشغيل (تمكن السائل من الانسياب بسهولة داخل الأنابيب).

6- له خاصية الاستقرار الكيميائي (يحتفظ بخواصه تحت تاثير الحرارة والضغط وكذلك مع مرور الزمن).

7- القدرة على التزييت (يكون قادرا على تزييت الأجزاء المعدنية والمطاطة المتحركة كالمكابس)

ويستعمل سائل الموقف حسب رقم DOT الموصى من قبل الشركة المنتجة للسيارة كما في الشكل (41-3).



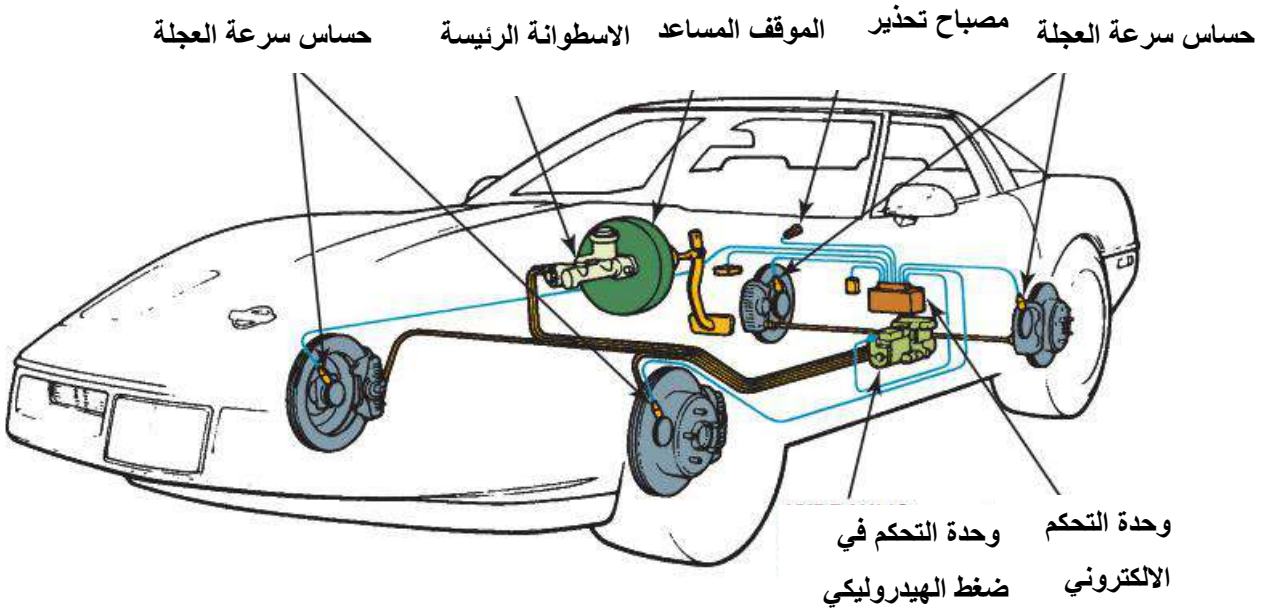




شكل (3-41) سائل الموقف حسب رقم DOT

3- 14 نظام منع قفل العجلات (ABS) (Antilock Braking System)

ان التطور المستمر في أنظمة السيارات عامة ادت الى دراسة أنظمة التوقف وبعد الدراسات المستفيظة من قبل الشركات فقد تم تطبيق نظام الموقف (ABS) في عام 1972، ولقد تم تصميم موقف الممانعة لقفل العجلات ،لتنفيذ عملية التوقف بشكل أوتوماتيكي عن طريق منظومة الكتروهيدروليك ،حيث تعمل وحدة التحكم الالكتروني على تفعيل أو عدم تفعيل منظومة التحكم الهيدروليكي وذلك من خلال صمامات الاشارة المرسلة من حساسات العجلات لتحديد سرعة كل عجلة في المركبة وترسل هذه الإشارات الى وحدة التحكم الالكتروني الخاصة بالموقف ان كانت العجلات على وشك الانطلاق فان وحدة التحكم تصدر اشارات الى المجموعة الهيدروليكية لتخفيف الضغط على الموقفات في تلك الاطارات بشكل متناوب كما في الشكل (3-42).



شكل (3-42) نظام منع قفل العجلات

اما مزايا نظام منع قفل العجلات ABS فهي :

1-الحصول على توازن اكبر للمركبة .

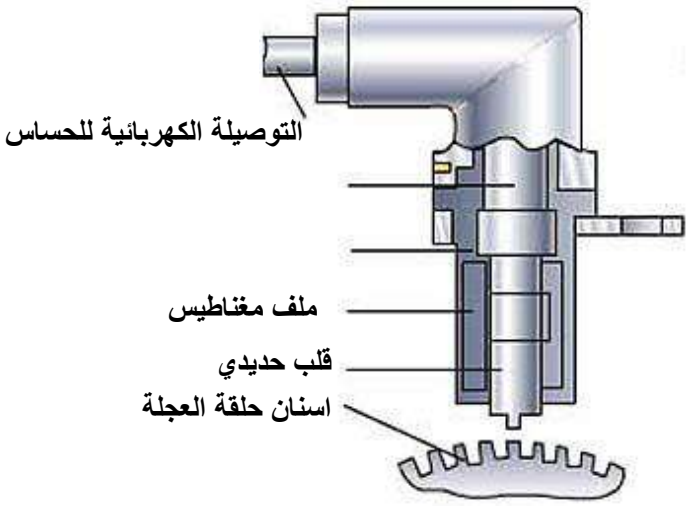
2- تحسين القدرة على التحكم في منظومة التوجيه.

3- تقليل مسافة التوقف.

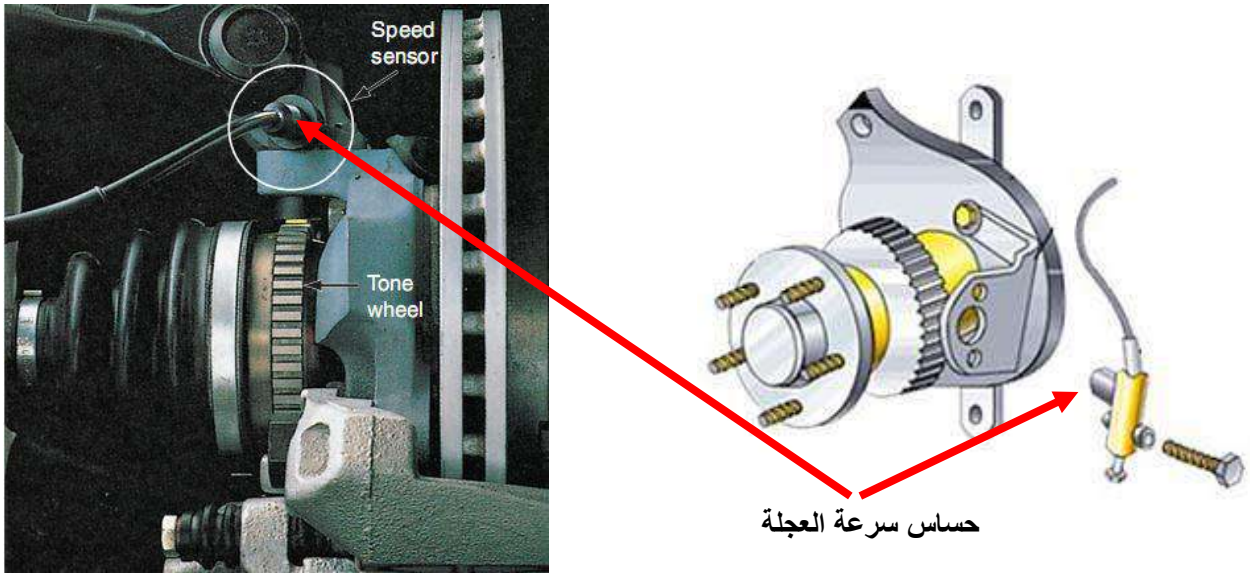
1-14-3 مكونات نظام منع قفل العجلات (Components of Antilock Braking System)

1-1-14-3 حساس سرعة العجلة (Wheel Speed Sensor) :

يتكون حساس سرعة العجلة من قلب حديدي كما في الشكل (3-43) متصل مع مغناطيس محاط بملف كهرومغناطيسي، ويكون الحساس مثبت بشكل مباشر إمام حلقة مسننة متصلة مع العجلة كما في الشكل (3-44) ويبلغ الخلوص بين أسنان الحلقة وحساس سرعة العجلة.(0.5 to 1.3 mm).



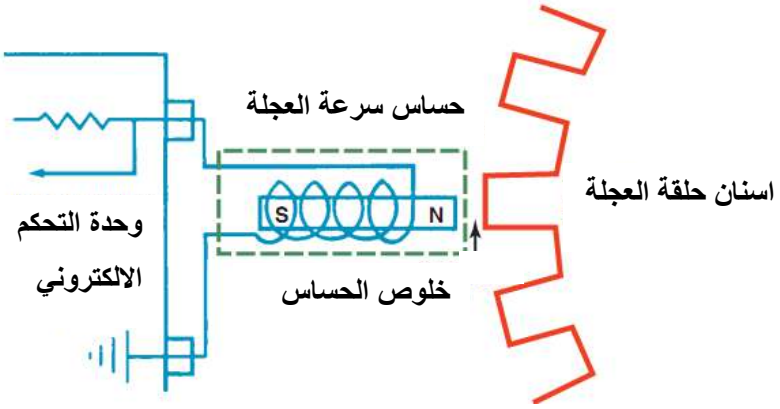
شكل (3-43) الأجزاء الداخلية لحساس سرعة العجلة



شكل (3-44) حساس سرعة العجلة مثبت بشكل مباشر إمام حلقة مسننة

وظيفة حساس سرعة العجلة :

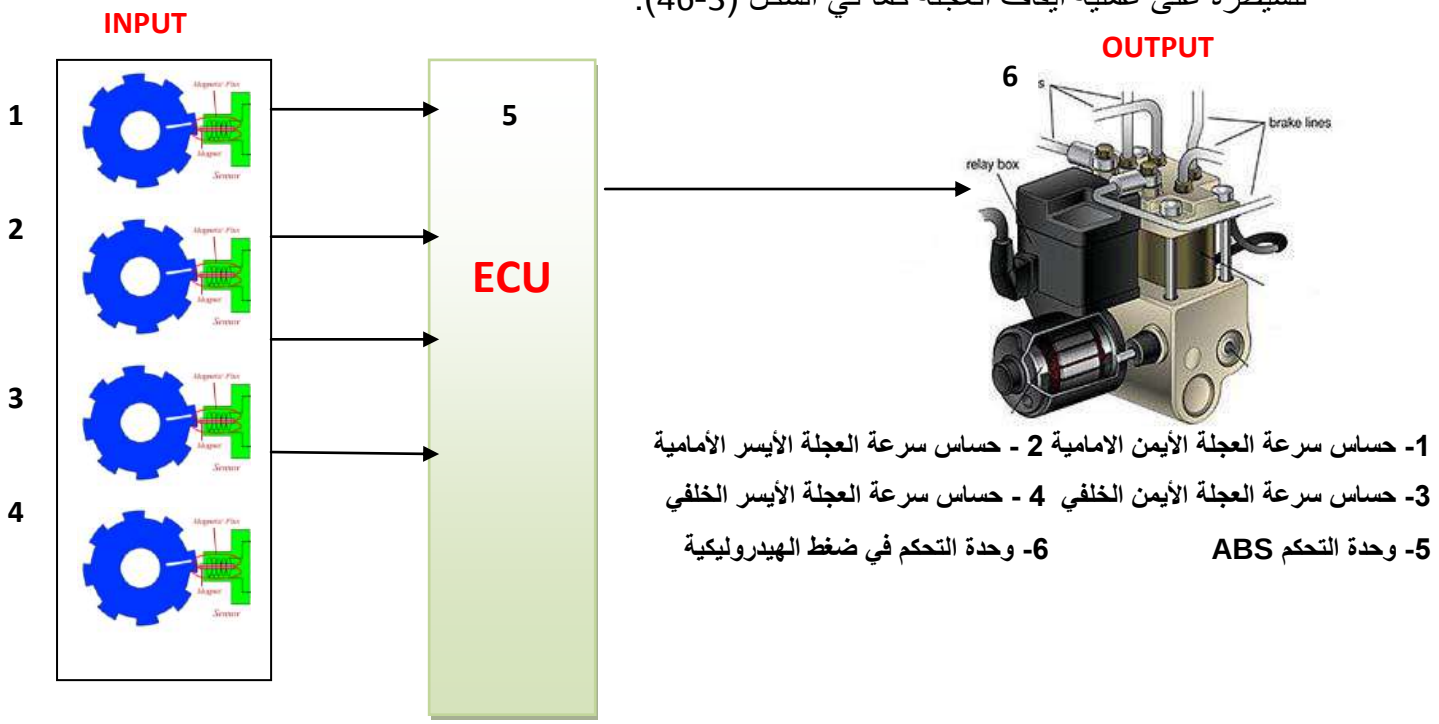
عند دوران الحلقة المسننة إمام حساس سرعة العجلة يتولد مجال مغناطيسي داخل حساس سرعة العجلة ونتيجة تدوير المسننة أمامه ينقطع المجال المغناطيسي فيتولد جهد المنتج من ملف الحساس و لهذا يتناسب الجهد مع سرعة دوران المسنن ويستعمل م هذا الحساس لكشف سرعة العجلة كما في الشكل (45-3).



شكل (3-45) جهد المنتج منملف حساس سرعة العجلة

3-14-1-2وحدة التحكم الالكتروني(Inputs And Outputs For Brake Control Modules)

تقوم وحدة التحكم الالكتروني في نظام (ABS) بالسيطرة على عملية ايقاف المركبة بشكل الكتروني حيث يقوم حساس سرعة العجلة بايصال اشارة ادخال عند سرعة كل عجلة في المركبة على شكل فولتية الى وحدة التحكم الالكتروني الخاص بنظام (ABS) وتقوم هذه الوحدة بمعالجة هذه البيانات وتحديد مقدار قوة الموقف ولكل عجلة ثم ارسال اشارة الى وحدة التحكم الالكتروني في المنظومة الهيدروليكية للسيطرة على عملية ايقاف العجلة كما في الشكل (3-46).

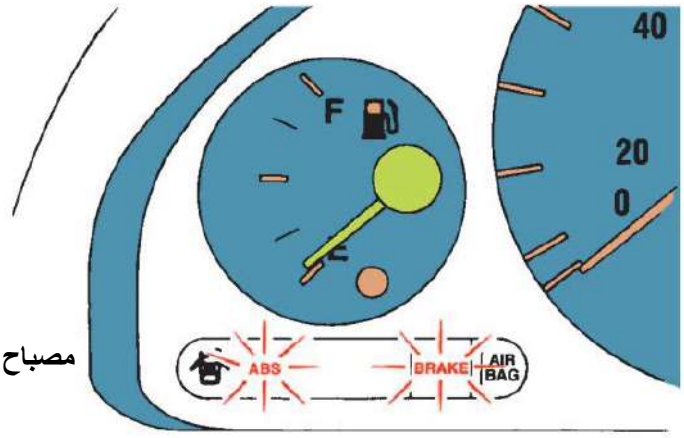


1- حساس سرعة العجلة الأيمن الامامية 2 - حساس سرعة العجلة الأيسر الأمامية
3- حساس سرعة العجلة الأيمن الخلفي 4 - حساس سرعة العجلة الأيسر الخلفي
5- وحدة التحكم ABS 6- وحدة التحكم في ضغط الهيدروليكية

شكل (3-46) وحدة التحكم الالكتروني بنظام (ABS)

3-1-14-3- مصباح التحذير (ABS Warning Lamp) :

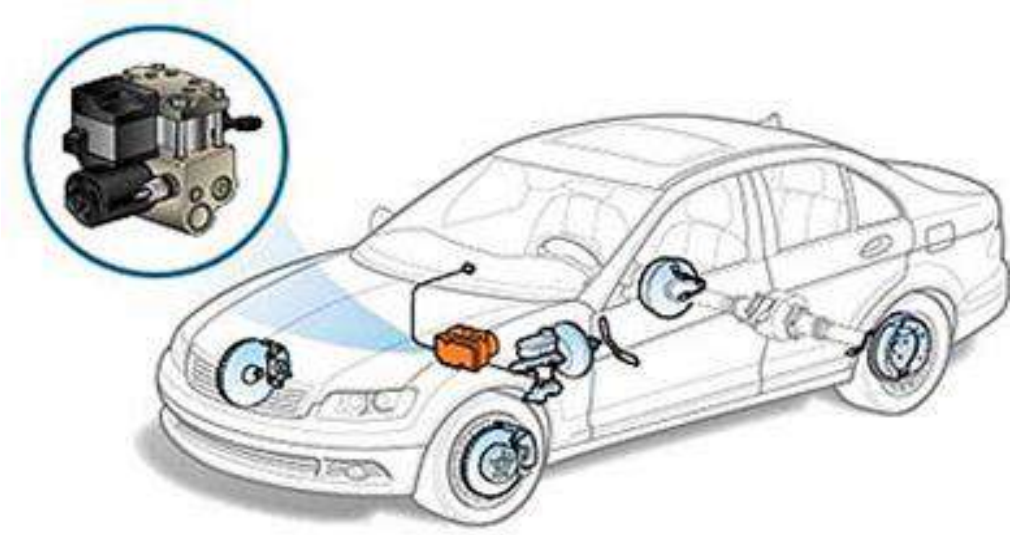
يضئ مصباح التحذير (ABS) لتنبيه السائق في حالة حدوث إي مشكلة في نظام (ABS) كما في الشكل(3-47)



شكل (3-47) مصباح التحذير لنظام ABS

3-1-14-4- وحدة التحكم في ضغط الهيدروليك (Hydraulic Modulator):

تتحكم الوحدة في ضغط سائل الموقف المتصل بكل اسطوانة للعجلات اعتمادا على الاشارة القادمة من وحدة التحكم الالكتروني الخاصة بالموقف ABS،كما في الشكل (3-48) .



شكل (3-48) وحدة التحكم في ضغط الهيدروليك

وتتكون وحدة التحكم في ضغط الهيدروليكي من :

أ- الصمام ذو الثلاث أوضاع.

ب - المضخة والخزان.

أ- صمام ثلاثي الأوضاع (Three Way Valve) :

وهو عبارة عن صمام لا رجوعي يتكون من ملف يعمل عند إرسال إشارة من وحدة التحكم الالكتروني ، وتكون قيمة التيار من (صفر إلى 2A او 5A) حسب قيمة القوة المغناطيسية فيودي ذلك إلى تحريك الصمام إلى الأعلى أوالى الأسفل في ثلاث أوضاع والذي يستخدم لفتح أو غلق فتحات(A&B) كما في الشكل (3-49) .تتكون وحدة التحكم في ضغط الهيدروليكي من صمامات تتحكم في ضغط سائل الموقف إلى اليمن واليسار للعجلات الأمامية والخلفية إلى وجود ثلاث أوضاع للصمام خلال عملية التشغيل في وحدة التحكم في ضغط الهيدروليكي وللصمام ثلاث حالات للتحكم في ضغط سائل الموقف هي:

1-الحالة الأولى : ارتفاع ضغط سائل الموقف .

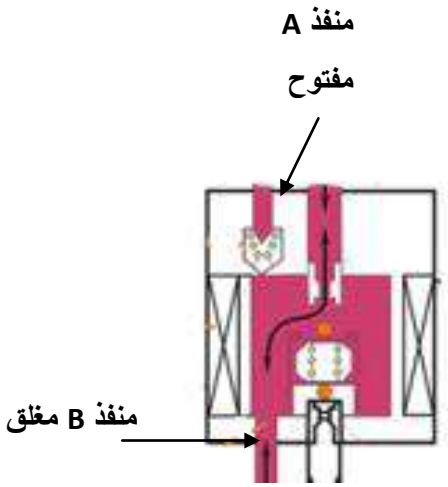
2- الحالة الثانية : انخفاض ضغط السائل الموقف.

3-الحالة الثالثة : ثبات ضغط سائل الموقف .

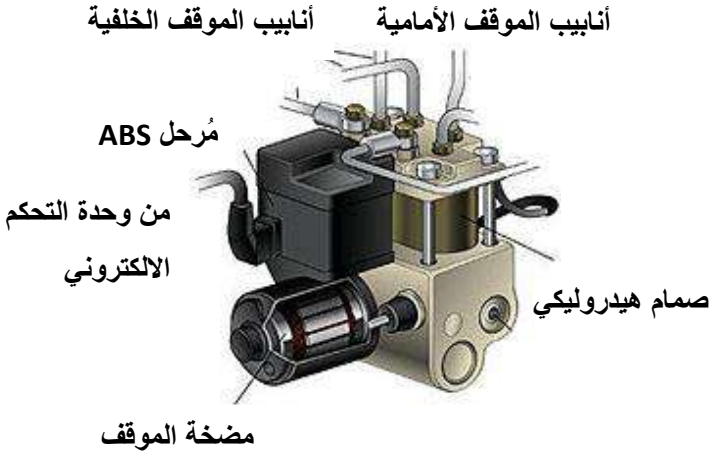
اعتمادا على الإشارة القادمة من وحدة التحكم الالكتروني .

ب- المضخة والخزان :

سائل الموقف القادم من كل اسطوانة فرعية للعجلة يتم خزنه داخل الخزان فعند انخفاض ضغط المضخة يرسل السائل القادم من خزان العجلة إلى الاسطوانة الرئيسة للموقف. وتقوم وحدة التحكم (ABS) بإرسال أشارة إلى المضخة لكي تدور وتحرك المكبس إلى الأعلى والى الأسفل لسحب سائل الموقف من الخزان واعادته إلى الاسطوانة الرئيسية للمضخة التي تعمل دائما بنظام ABS كما في الشكل (3-50) .



شكل (3-49) صمام ثلاثي الأوضاع



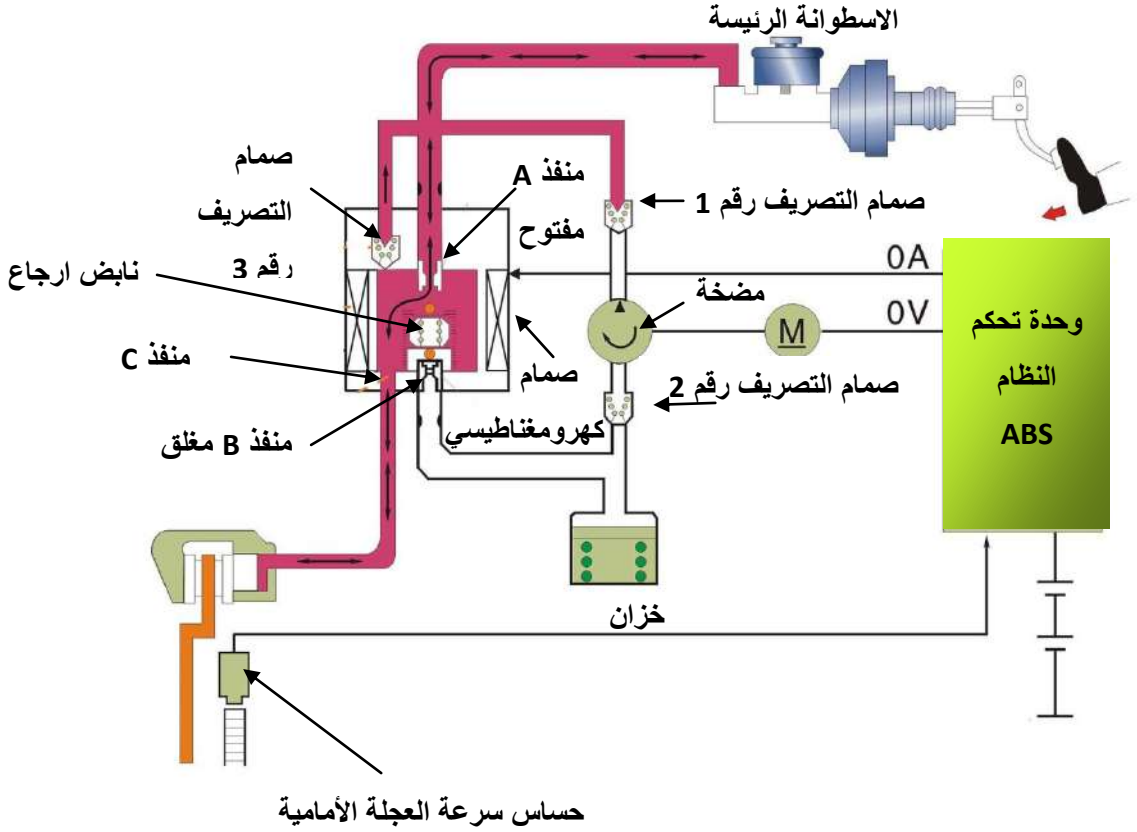
شكل (3-50) المضخة نظام ABS

2-14-3 طريقة العمل الدائرة الهيدروليكية في نظام (ABS)

أ عند توقف النظام (ABS)

عند الاستعمال العادي للموقف نظام (ABS)، لا تعمل وحدة التحكم الالكترونية ولا ترسل إي تيار كهربائي إلى الملف المغناطيسي، ويكون الصمام الثلاثي الأوضاع مدفوعا إلى الأسفل بوساطة النابض. منفذ (A) يكون مفتوحا بينما المنفذ (B) يكون مغلقا .فيرتفع الضغط داخل الاسطوانة الرئيسية ويمر سائل الموقف من منفذ (A) إلى منفذ (C) ثم ويرسل إلى العجلة الفرعية.إن الصمام اللارجوعي رقم 1 الذي يقع في دائرة الموقف يمنع رجوع سائل الموقف إلى المضخة وعند زوال الضغط على دواسة الموقف يعود سائل الموقف من الاسطوانات الفرعية إلى الاسطوانات الرئيسية للموقف حيث يعبر السائل من منفذ (C) إلى منفذ (A) في الصمام اللارجوعي المركب في الصمام ثلاثي الأوضاع كما في الشكل (51-3) .

اسم الجزء	طريقة العمل
الصمام الثلاثي الأوضاع	منفذ (A) مفتوح منفذ (B) مغلق
محرك المضخة	متوقف



شكل (3-51) عند عمل النظام بدون تشغيل ABS

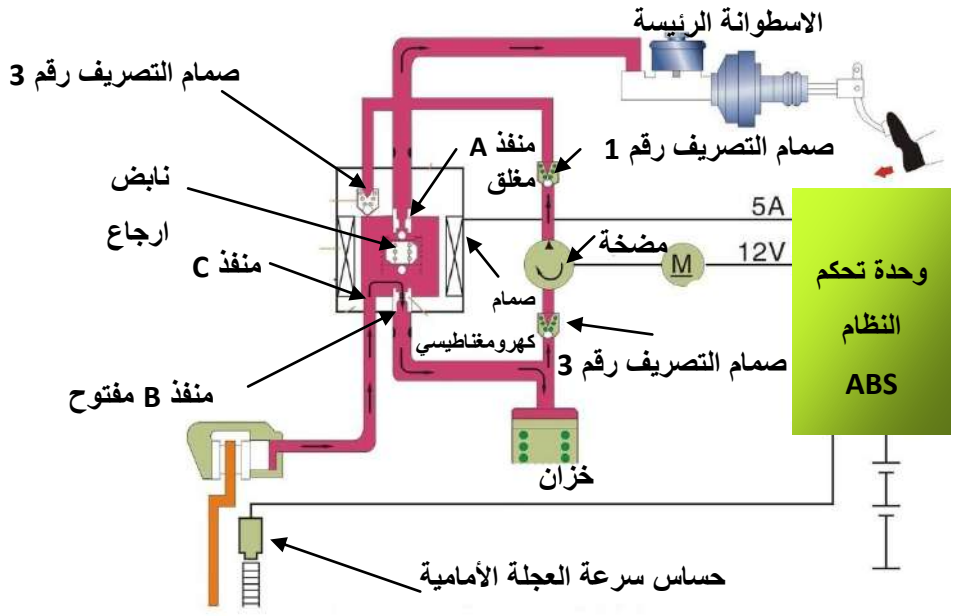
ب- حالة عمل النظام (ABS)

عند حدوث غلق على اي من العجلات الاربع خلال التوقف الفجائي ، فان مشغل (ABS) يتحكم في ضغط سائل الموقف الذاهب لاسطوانة العجلة بما يتناسب مع الاشارة المرسلة من الوحدة الالكترونية وبالتالي يحمي العجلة من الغلق ويمر نظام ABS بالاوضاع الاتية :

1- وضع انخفاض الضغط

عند حدوث غلق على العجلة فان وحدة التحكم الالكتروني ترسل تيارا قيمته التيار5A إلى ملف اللاقط فتتولد قوة مغناطيسية كبيرة نتيجة لذلك يتحرك الصمام ذو الثلاثة أوضاع إلى الاعلي فيغلق منفذ (A) بينما يكون منفذ (B) مفتوحا.فيمر سائل الموقف من الاسطوانة الفرعية خلال منفذ (C) إلى منفذ (B) في الصمام الثلاثي الأوضاع ويعبر إلى الخزان.وفي نفس الوقت تعمل المضخة باشارة من الوحدة الالكترونية فتسحب سائل الموقف. وبذلك يرتفع الضغط الى قيمة اعلى من ضغط الاسطوانة الرئيسية. الضغط العالي يدفع الصمام اللارجوعي رقم 1 الى اعلي ويعود سائل الموقف الى الاسطوانة الرئيسية .ان سائل الموقف القادم من الاسطوانة الرئيسة يمنع الدخول الى الصمام الثلاثي الاوضاع بوساطة منفذ (A) المغلق من قبل الصمام اللارجوع رقم 1 و3 .ونتيجة لذلك ينخفض الضغط داخل الاسطوانات الفرعية ليمنع العجلة من الغلق .يمكن التحكم في نسبة انخفاض الضغط داخل الاسطوانات الفرعية لمنع غلق العجلة عن طريق تكرار خفض الضغط ووضع التثبيت كما في الشكل (3-52)

اسم الجزء	طريقة العمل
الصمام الثلاثي الأوضاع	منفذ (A) مغلق منفذ (B) مفتوح
محرك المضخة	تعمل

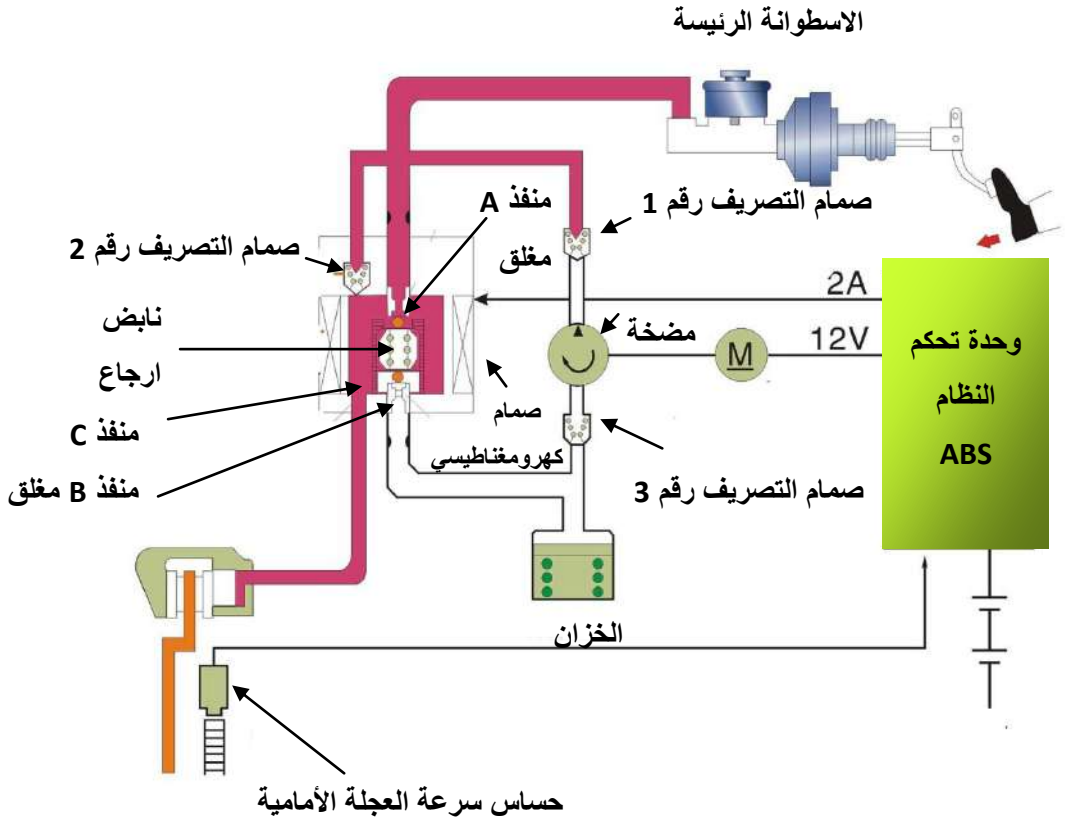


شكل (3-52)وضع انخفاض الضغط

2- وضع التثبيت

إن الضغط داخل الاسطوانات الفرعية يرتفع وينخفض حسب سرعة إشارة حساس سرعة العجلة ترسل الإشارة الى وحدة التحكم الالكتروني والتي تقوم بمد تيار2A إلى ملف اللاقط لتثبيت الضغط في الاسطوانات الفرعية في نفس مستوى التحكم وعندما ينخفض التيار 5A (وضع التخفيض) إلى 2A (وضع التثبيت) فان قوة المغناطيس المتولدة في الملف تنخفض أيضا عند الصمام ذو الثلاثي الأوضاع والذي يتحرك إلى أسفل ضد قوة ضغط النابض فيغلق منفذ(B)كما في الشكل (3-53) .

اسم الجزء	طريقة العمل
الصمام ذو الثلاثي الأوضاع	منفذ (A) مغلق منفذ (B) مفتوح
محرك المضخة	يعمل

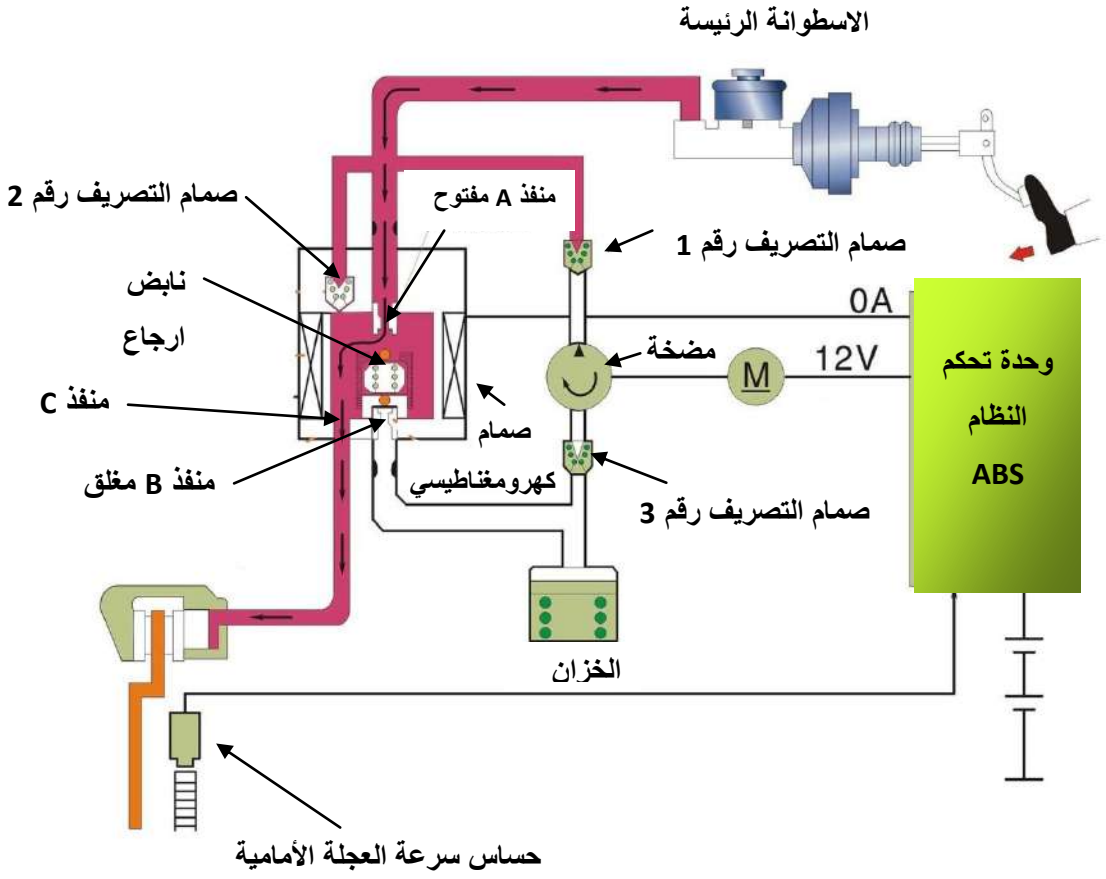


شكل(3-53) وضع التثبيت

3- وضع ارتفاع الضغط:

لرفع اداء الموقف فان وحدة التحكم الالكتروني تتوقف عن ارسال التيار الى ملف اللاقط وبذلك يفتح منفذ (A) ويغلق منفذ (B) فيسمح للسائل داخل الاسطوانة الرئيسة للموقف إن يعبر من منفذ (C) الى الاسطوانات الفرعية كما في الشكل (3-54) ، وبالتالي يرتفع الضغط فيها ويتم التحكم في نسبة ارتفاع ضغط السائل بتكرار رفع الضغط و وضع التثبيت.

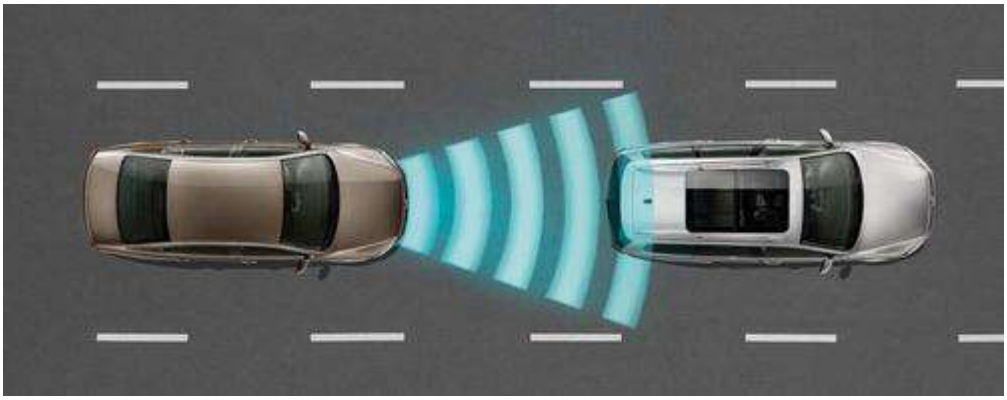
اسم الجزء	طريقة العمل
الصمام ذو الثلاثي الأوضاع	منفذ (A) مفتوح منفذ (B) مغلق
محرك المضخة	يعمل



شكل (3-54) وضع ارتفاع الضغط

15-3 نظام التحكم الفعال في السير Adaptive Cruise Control (ACC)

يتيح نظام التحكم في السير للسائق في الطرق السريعة ضبط سرعة السيارة على معدل السرعة المطلوبة، ويعمل النظام على تثبيت تلك السرعة مع اختلاف المقاومات التي تقابلها السيارة بالطريق،وعند الضغط على دواسة الموقف أو القابض يفصل النظام.كان التحكم في هذا النظام يتم عن طريق التحكم في فتحة الخانق. ولكن النظام الجديد (التحكم الفعال في السير) والذي يعمل على الحفاظ على مسافة مقبولة بين السيارة الاولى التي أمامهاكما في الشكل (3-55) . ويستعمل رادارا مثبت بمقدمة السيارةكما في الشكل (3-56) . فيقوم النظام الحديث بتنبيه السائق في حالة وجود جسم على بعد (100m) في الأمام، وفي حالة الاقتراب منه، يقوم النظام بالتوقف الضعيفة وتحذير السائق عن طريق جذب حزام الأمان. اما في حالة عدم استجابة السائق يقوم النظام بالضغط بقوة على الموقف،حيث يقوم النظام بتقليل سرعة السيارة حسب اختيار السرعة والمسافة من قبل السائق.يمكن فصل النظام عن العمل عندما يقوم السائق بالضغط على دواسة الموقف أو القابض. وفي أحدى نظم فصل أنظمة يوجد حساس للضغط في الاسطوانة الرئيسة فعند الضغط على الدواسة يزداد الضغط داخل الاسطوانة يقوم بتفعيل عمل مفتاح فصل النظام.



شكل (3-55) مسافة مقبولة بين السيارة الأولى التي أمامها



شكل (3-56) الرادارالمثبت بمقدمة السيارة

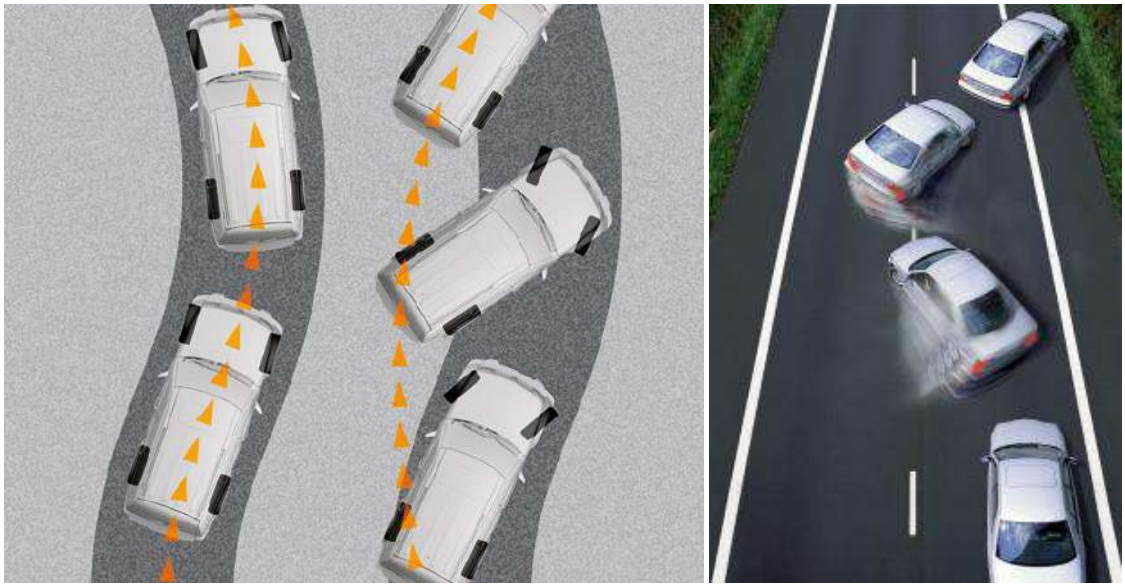
16-3 نظام التحكم في أتزان السيارة Electronic Stability Control (ESC) :

ويعرف النظام إيضاً باسم برنامج الاتزان الإلكتروني(Electronic Stability Program (ESP ، وأيضاً بنظام التحكم في اتزان المركبة Vehicle Stability Control (VSC). وحسب تصميم الشركة المصنعة المركبة

نظام متطور عن نظام منع غلق العجلات (ABS)،حيث ان النظام مصمم لاكتشاف الفرق بين مدخلات التحكم من السائق ورد الفعل الحاصل من السيارة. فعندما يكتشف نظام وجود فرق، يقوم بالتدخل عن طريق تفعيل موقف للعجلة التي عن طريقها يتم تصحيح مسار السيارة. وهذا النظام مصمم لتحسين اتزان السيارة، خصوصاً في المنعطفات الحادة كما في الشكل (3-57) ، وعلى الطرق المنزلقة . وجعل سير السيارة جيدا.

ويستعمل النظام العديد من الحساسات ووحدة تحكم إلكترونية لبيان حالة الاتزان و التدخل في حالة عدم وجود اتزان السيارة. ويمكن لوحدة التحكم العمل للحيلولة دون وقوع توجيه (زائد أو ناقص) للسيارة (Undrsteer Or Oversteer)عن طريق تقليل القدرة في المحرك، أو غلق الموقف

نظام التحكم في اتزان السيارة يعتمد على نظام الموقف في السيارة كوسيلة لتوجيه السيارة. يتم التدخل عن طريق الموقف للتوجيه أحدى العجلات (مثل العجلة الخلفية اليسرى للتغلب على مشكلة التوجيه الناقص، أو العجلة الأمامية اليمنى عند التوجيه الزائد)، للوصول إلى الهدف الأمثل للاتزان، لا يقوم النظام فقط باستعمال الموقف ولكن يمكنه أيضاً التدخل في عمل المحرك لتعجيل العجلات غير المتوقفة.



شكل (3-57) نظام التحكم في أتزان السيارة

مصطلحات فنية

انكليزي	عربي
Brakes	الموقفات
Hydraulic Brakes	الموقف الهيدروليكي
Air Brakes	الموقف الهوائي
PedalBrake	دواسة الموقف
Vacuum Power Booster	الموقف المساعد التخلخلي
Master Cylinder	الاسطوانة الرئيسة
Disc Brake	الموقف القرصي
Drum Brake	الموقف الهلالي
Brake Shoe	حذاء الموقف
Wheel Cylinder	اسطوانة العجلة
Parking Brake	الموقف اليدوي
(ABS) (Antilock Braking System)	نظام منع قفل العجلات
Electronic Stability Control (ESC)	نظام التحكم في أتزان السيارة
Adaptive Cruise Control (ACC)	نظام التحكم الفعال في السير
(ABS Warning Lamp)	مصباح التحذير
Hydraulic Modulator	وحدة التحكم في ضغط الهيدروليك
(Wheel Speed Sensor)	حساس سرعة العجلة

أسئلة الفصل الثالث

س1: عرف الموقفات السيارة ثم عدد وظائف نظام الموقف.

س2:عدد أنواع الموقفات المستعملة في السيارات مع شرح مختصر لكل نوع.

س3:اشرح مبدا منظومة الموقف الهيدروليكي

س4: بين مكونات النظام الهيدروليكي للموقف.

س5: اشرح مبدأ عمل مساعد الموقف التخلخلي مع الرسم .

س6:عرف الاسطوانة الرئيسية للموقف وما هي أجزائها؟

س7:بين عمل الاسطوانة الرئيسية للموقف .

س7:ماهي مميزات الموقف القرصي؟

س8:اشرح مبدأ العمل الموقف القرصي المزدوج .

س9:اشرح مبدأ عمل أحذية الموقف (الموقف الهلالي).

س10: بين خواص سائل الموقف.

س11:عدد فوائد ومزايا نظام منع قفل العجلات(ABS).

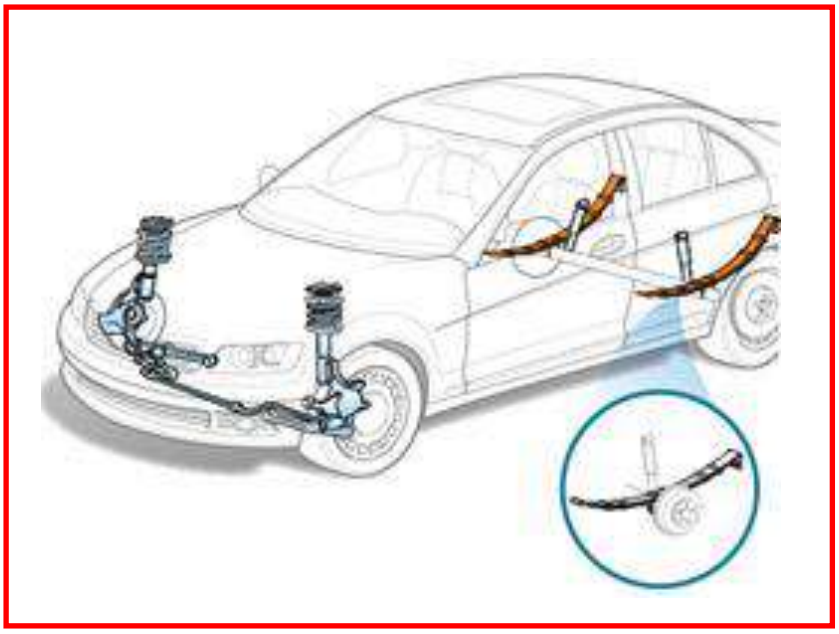
س12:اشرح وظيفة حساس سرعة العجلة.

س13:ماهي طريقة عمل الدائرة الهيدروليكية في نظام(ABS) عند وضع التثبيت؟

الفصل الرابع

منظومة التعليق

The Suspension System



الأهداف:

بعد الانتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادرا على أن:

- يعرف مهمات المحور الأمامي.
- يعرف وظائف التعليق في السيارات.
- يعدد ويشرح أنواع التعليق في السيارات.
- يشرح المحور الأمامي ذو التروس الفرقية.
- يعرف انتقال واتجاه الحركة في السحب الأمامي والدفع الرباعي.
- يعرف الفرق بين السيارات ذات السحب الأمامي والسيارات ذات الدفع الخلفي.
- يعدد مميزات وعيوب كل من السحب الأمامي والدفع الخلفي.

1-4 مقدمة :

يقوم المحور الأمامي بحمل وزن السيارة من الإمام عن طريق النوابض ونقله إلى العجلات الأمامية التي تتحرك بزوايا مختلفة بالنسبة الى هيكل السيارة عند القيادة والتوجيه وكذلك على العجلات أن تتحرك بمرونة الى الأعلى والى الأسفل ولهذا يجب أن تُحمل العجلات الأمامية على المحور الأمامي بوساطة وصلات مفصلية ومن هنا فان المحور الأمامي يختلف عن المحور الخلفي الذي لايتطلب هذا النوع من الوصلات لحمل العجلات الخلفية وقد تطورت أشكال وأنواع المحاور الأمامية وتنوعت طرق التعليق الأمامي لتؤمن اتصال نابضي بين العجلات والإطار المعدني وتكون حركتها حرة وعمودية.

2-4 التعليق في السيارات (The Suspension Of Cars):

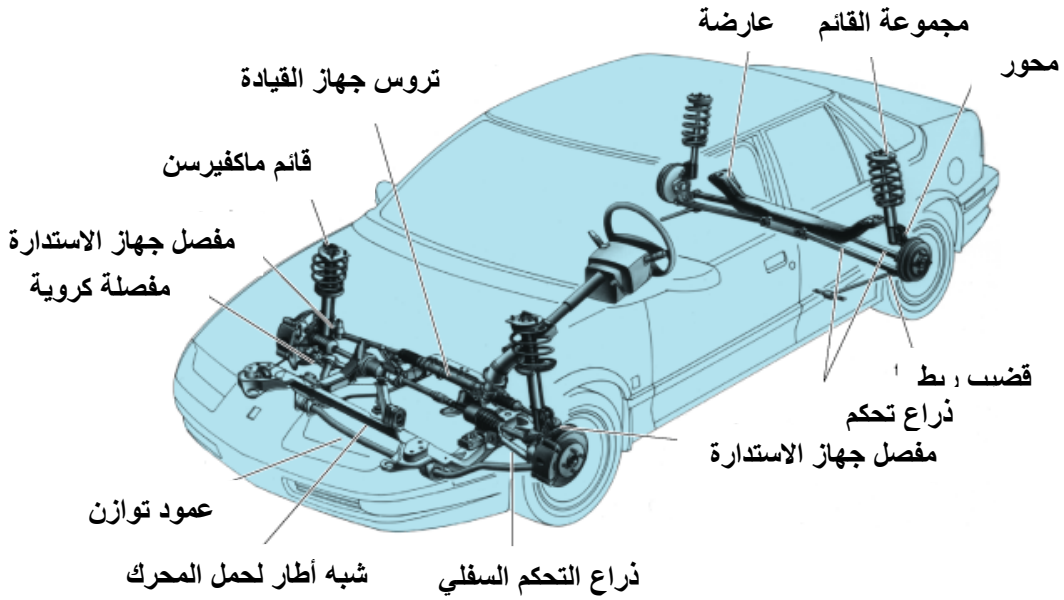
تعمل منظومة التعليق في المركبات على توصيل جسم السيارة بالعجلات وكذلك تقوم بالمهمات الآتية:

1- امتصاص الصدمات والاهتزازات والذبذبات أثناء الحركة الناتجة من تعرج الطريق وذلك لراحة الركاب و حماية البضائع من التلف وتحسين توازن قيادة السيارة.

2- توصيل قوى (القيادة والتعجيل والتوقف) الناتجة من الاحتكاك الحاصل بين العجلات والطريق إلى جسم السيارة.

3- تثبيت جسم السيارة على محاورها.

وتتألف منظومة التعليق بشكل رئيس كما موضح في الشكل(4-1) من النوابض وروادع الارتجاج والمحاور والمفاصل وأجزاء عديدة أخرى تختلف باختلاف نوع المركبة والغرض منها والشركة المصنعة .



شكل (4-1) التعليق في السيارة

3-4 التعليق الأمامي (Front Suspension):

إن منظومة التعليق الأمامي أكثر تعقيدا من منظومة التعليق الخلفي وذلك كون العجلات الأمامية تتوجه بزوايا مختلفة عند القيادة والتوجيه وكذلك عليها أن تتحرك حركة عمودية إلى الأعلى والى الأسفل بوجود النوابض.

4-4 أنواع التعليق الأمامي:

تقسم منظومة التعليق الأمامي المستعمل في المركبات إلى نوعين وهما:

1- التعليق المشترك (الثابت).

2- التعليق المستقل.

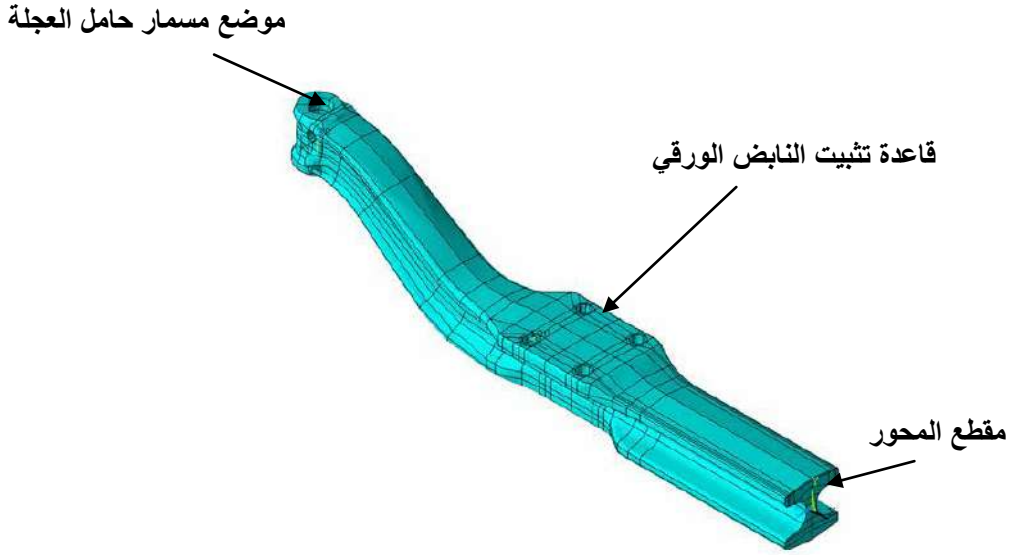
1-4-4 التعليق المشترك (الثابت):

يستعمل بكثرة في السيارات الثقيلة محور أمامي صلب ذو مقطع متين و نوابض ورقية في التعليق بحيث يكون عند كل عجلة نابض ورقي وكما مبين في الشكل (4-2). يمتاز هذا النوع من التعليق بالقوة والمتانة وقدرته على المحافظة على زوايا ميل العجلات لذلك يستعمل في الشاحنات و الباصات ولا يُرغب استعماله في سيارات الركوب الصغيرة لقلة مرونته.



شكل (4-2) التعليق المشترك

تصنع المحاور الأمامية الصلبة عادة من مقاطع على شكل حرفا( ) كما في الشكل (4-3) ويصمم المحور الأمامي وكما مبين في الشكل (4-4) كقطعة واحدة ينتهي طرفيه برأسي المحور الحاملين للمسمارين الرئيسين اللذان يكونان بمثابة محوري تعليق للعجلتين الأماميتين.



شكل (4-3) مقطع لمحور أمامي صلب

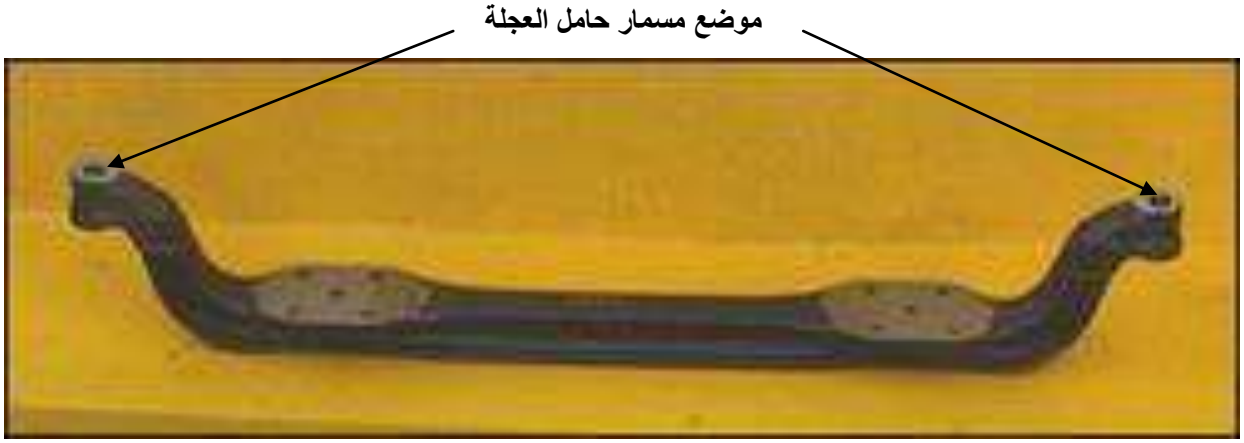


(أ) المحور الأمامي وحامل العجلة (ب) التعليق المشترك

شكل (4-4) المحور الأمامي

وتتخذ المحاور الأمامية شكل حرف (U) أي أنها تكون معقوفة للأسفل من وسطها وذلك لتخفيض ارتفاع بدن السيارة قدر الإمكان للمساعدة على ثبات سيرها عند السرعات العالية ولكي يكون اتصال الهيكل بالمحور في أوطأ ما يمكن، تم تخفيض مقاعد النوابض كما نلاحظ في الشكل (4-5)، وتصنع المحاور

الأمامية في بعض الأنواع من السيارات ذات الدفع الرباعي والتعليق المشترك (الثابت) بشكل أنبوبي كي تدور بداخلها أعمدة نقل الحركة من صندوق التروس الفرقية الأمامي الى العجلات الأمامية.



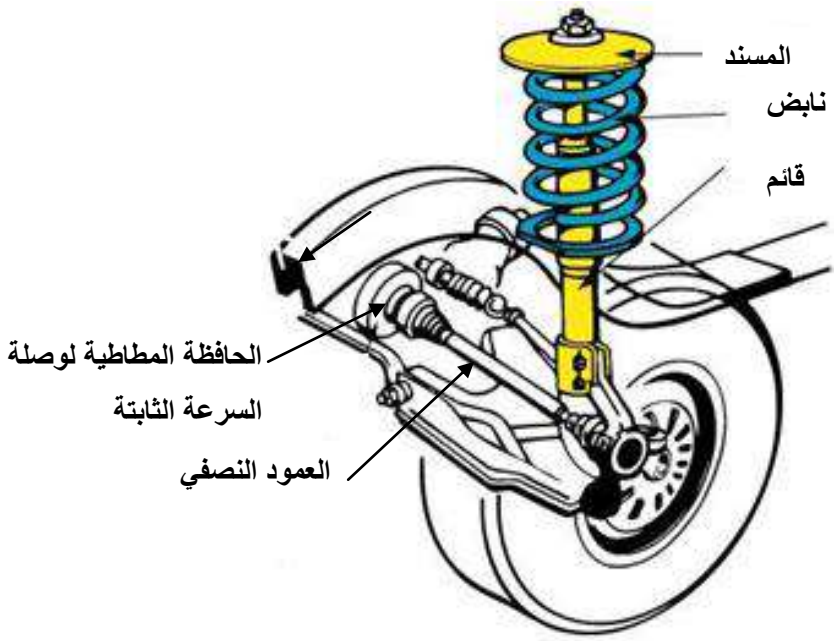
شكل (4-5) محور أمامي صلب

4-4-2 التعليق المستقل (Independent Suspension) :

في هذا النوع من التعليق يمكن أن ترتفع إحدى العجلتين أو تنخفض رأسياً دون تأثير على وضع العجلة الأخرى ويستعمل التعليق المستقل للعجلات الأمامية لمعظم السيارات الحديثة، وفي أنواع أخرى من السيارات يستعمل نظام التعليق المستقل في العجلات الأمامية والخلفية. وتوجد أنواع عدة من التعليق المستقل للمحور الأمامي ومنها :

4-4-2-1 نوع ماكفرسون (Mcpherson Type):

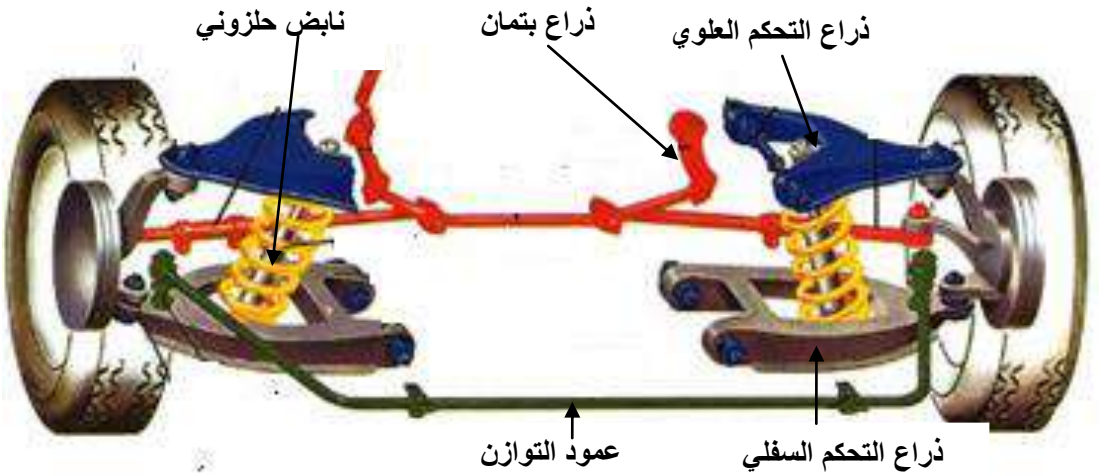
وهو من الأنواع الشائعة الاستعمال في التعليق الأمامي والخلفي للسيارات الصغيرة والمتوسطة حيث يبين الشكل (4-6) التعليق المستقل للمحور الأمامي نوع ماكفرسون الذي يمتاز ببساطة التركيب ولا يحتاج إلى ضبط زوايا ويكتفي بضبط فتح ولم المقدمة، وأجزائه تكون بسيطة وخفيفة الوزن فضلاً عن أنه لا يشغل حيزاً كبيراً.



شكل (4-6) التعليق المستقل للمحور الأمامي نوع ماكفرسون

4-4-2-2 نوع ذراع الأرجحة الثنائي(Bilateral Arm Suspension Type):

وهو أحد أنظمة التعليق المستقل التي عادةً ما تستعمل في التعليق الأمامي للشاحنات الصغيرة وفي سيارات الركوب، وفي الشكل (4-7) نلاحظ أن التعليق المستقل في هذا النوع تكون فيه الأذرع غير متساوية كما إنها غير متوازية وذلك لتحسين الدوران من جهةٍ الى أخرى وكذلك التقليل من تآكل الإطارات.



شكل (4-7) التعليق المستقل للمحور الأمامي نوع ذراع الأرجحة الثنائي

5-4أنواع التعليق الخلفي:

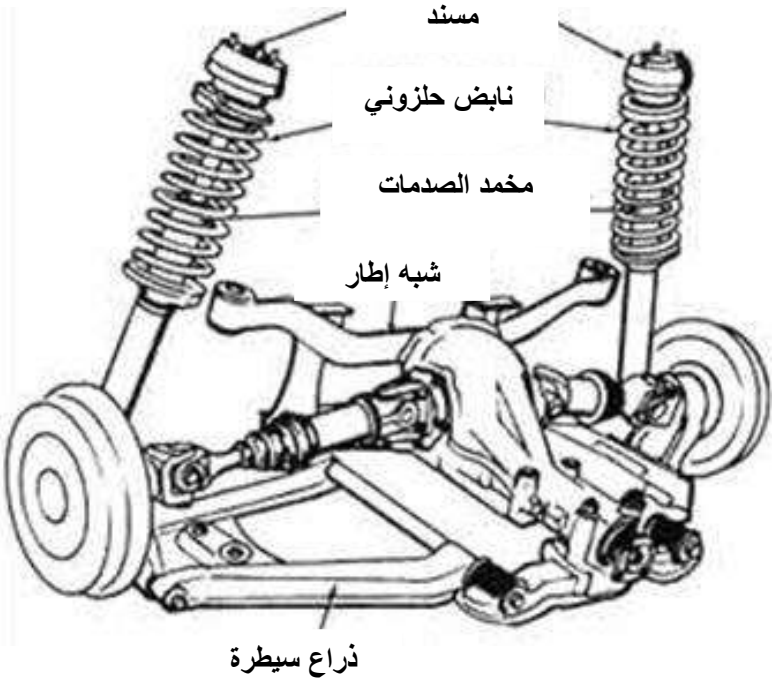
يقسم التعليق الخلفي المستعمل في المركبات الى نوعين وهما:

1- التعليق الخلفي المستقل.

2-التعليق الخلفي المشترك (الثابت).

1-5-4 التعليق الخلفي المستقل:

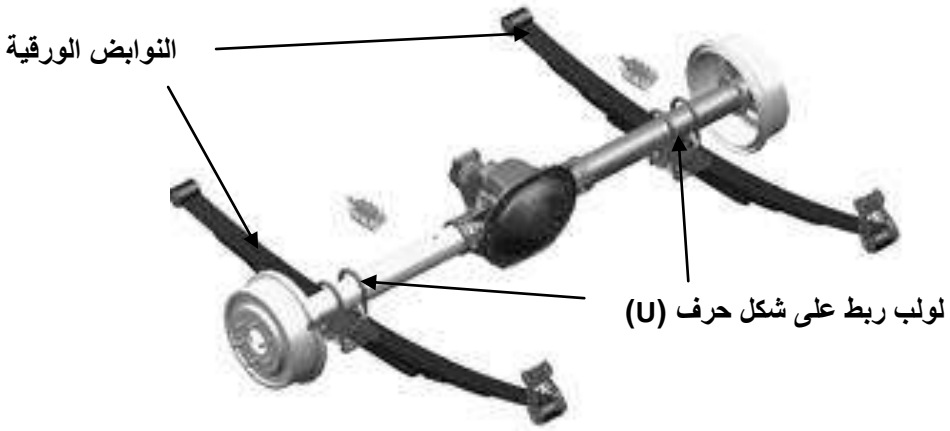
يستعمل في معظم السيارات الحديثة نظام التعليق الخلفي المستقل كما في الشكل (4-8) حيث تكون للأعمدة الناقلة للحركة من صندوق التروس الفرقية الى العجلات الخلفية القابلية على الحركة المفصلية وذلك للسماح للعجلات بالحركة العمودية عند تعرضها النتوءات و مطبات الطريق .



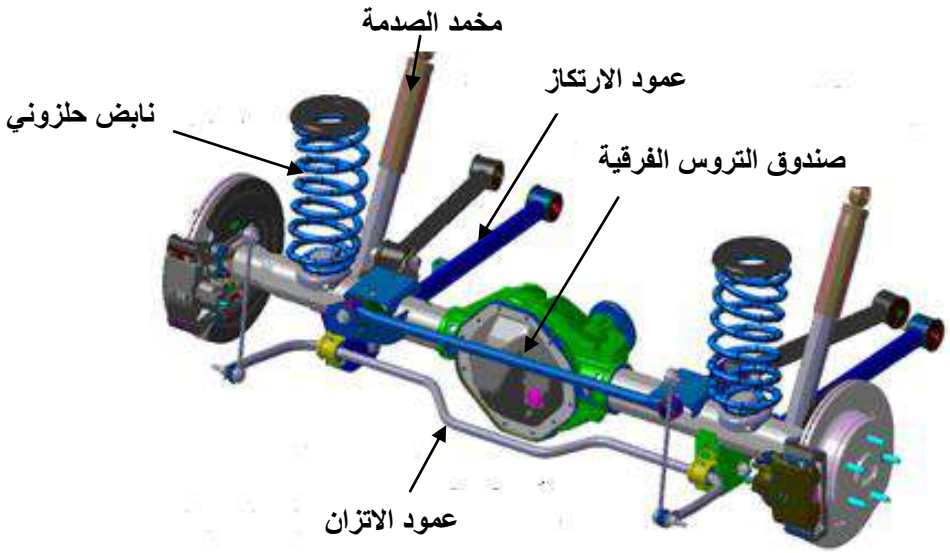
شكل (4-8) تعليق خلفي مستقل

2-5-4 التعليق الخلفي المشترك:

في التعليق المشترك للمحور الخلفي تستعمل النوابض الورقية والمبينة في الشكل (4-9) أو تستعمل النوابض الحلزونية الموضحة في الشكل (4-10)، إلَّا أنه في هذه الحالة تحتاج مجموعة التعليق الخلفية الى طريقة لربطها ولهذا يصل عمودا الارتكاز بين المحور الخلفي والإطار المعدني لهيكل السيارة للسماح بحركة المحور الى الأعلى والى الأسفل ويمنعانه من الحركة الى الأمام أوالى الخلف.



شكل (4 -9) تعليق خلفي مشترك بالنوابض الورقية

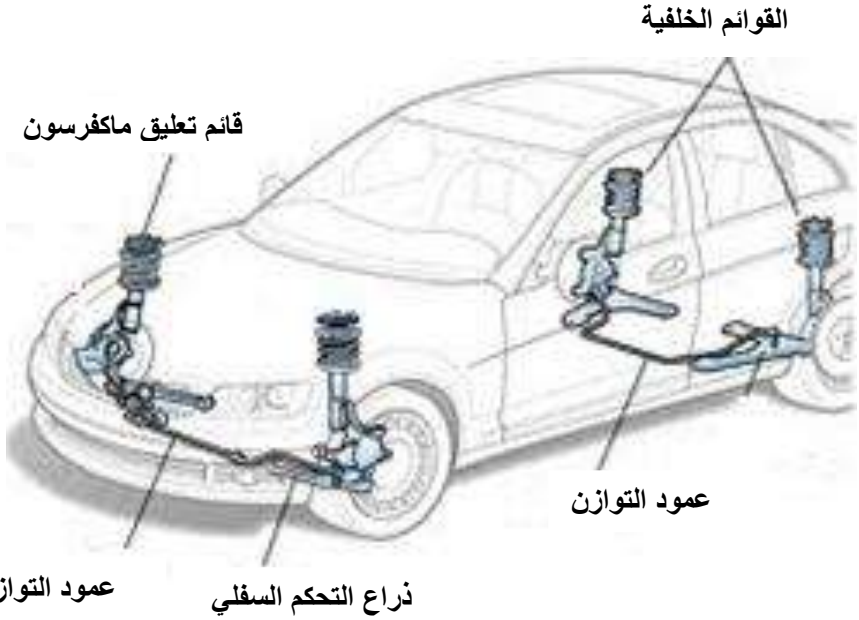


شكل (4-10) تعليق خلفي مشترك بالنوابض الحلزونية

وبشكل عام فإن السيارات بمختلف أنواعها يتم التعليق فيها على النحو الآتي :

1- التعليق المستقل في الأمام والخلف:

وهذا النوع الموضح في الشكل (4-11) يستعمل في أغلب السيارات الحديثة والخاصة والتي يتطلب فيها الراحة التامة للركاب وذلك لما له من القابلية على امتصاص الصدمات في الطرق التي تحتوي على النتوءات (المطبات)، فضلاً عنأنه اقل خطورة عند انفجار الإطار وتحسن انخفاض جسم السيارة ولكنه يكون أكثر تعقيدا وأغلى ثمناً ويحتاج الى صيانة وعناية خاصة لكثرة الوصلات المفصلية .



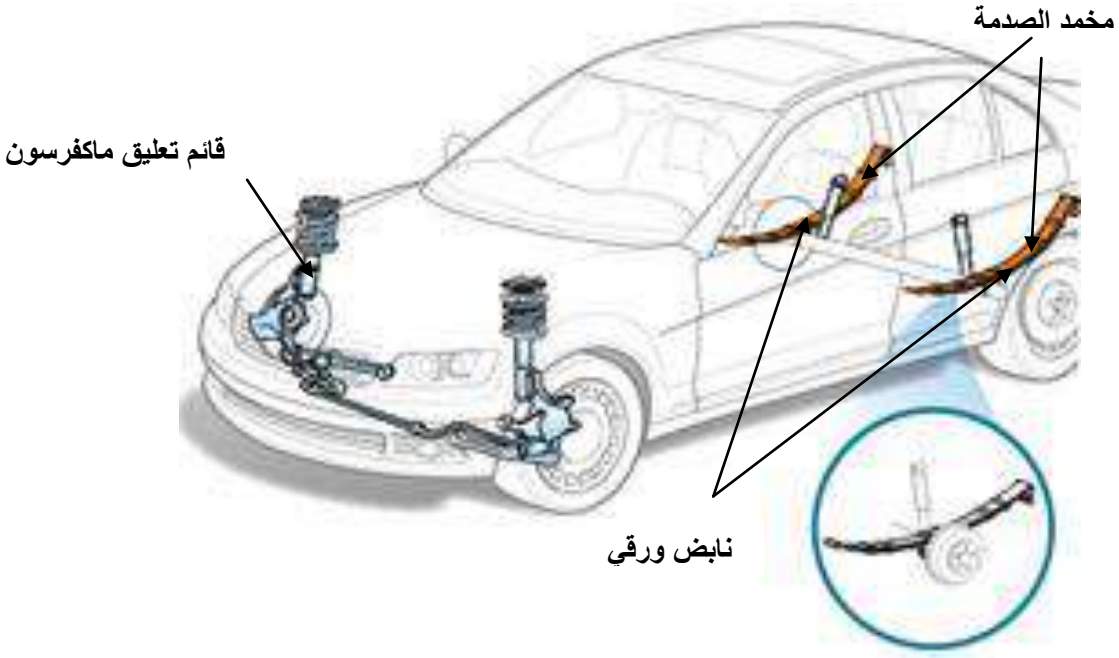
شكل (4-11) تعليق مستقل في الأمام والخلف

2- التعليق المشترك (الثابت) من الأمام والخلف :

استعمل هذا النوع في السيارات القديمة ويستعمل حالياً في السيارات ذات الاستعمالات المتعددة الأغراض كسيارات الحمل و الباصات والسيارات التي تستعمل في الأراضي الوعرة، ويمتاز بالمتانة وقلة العطلات والصيانة وأقل ثمنا مقارنة بالنوع المستقل، ومن عيوبه إن صدمة الطريق لإحدى العجلات تنتقل الى العجلة الأخرى التي تقع على المحور نفسه مما يقلل من راحة الركاب وكذلك حدوث اهتزاز عند تآكل أي من الحشوات الماصة للصدمات.

3- التعليق المستقل في الأمام والمشترك (الثابت) في الخلف :

ويعد هذا النوع الموضح بالشكل (4-12) الأكثر استعمالاً في السيارات إذ أنه أكثر متانة من النوع الأول وأكثر راحة للركاب من النوع الثاني ولكنه اقل تحملاً للطرق الوعرة.

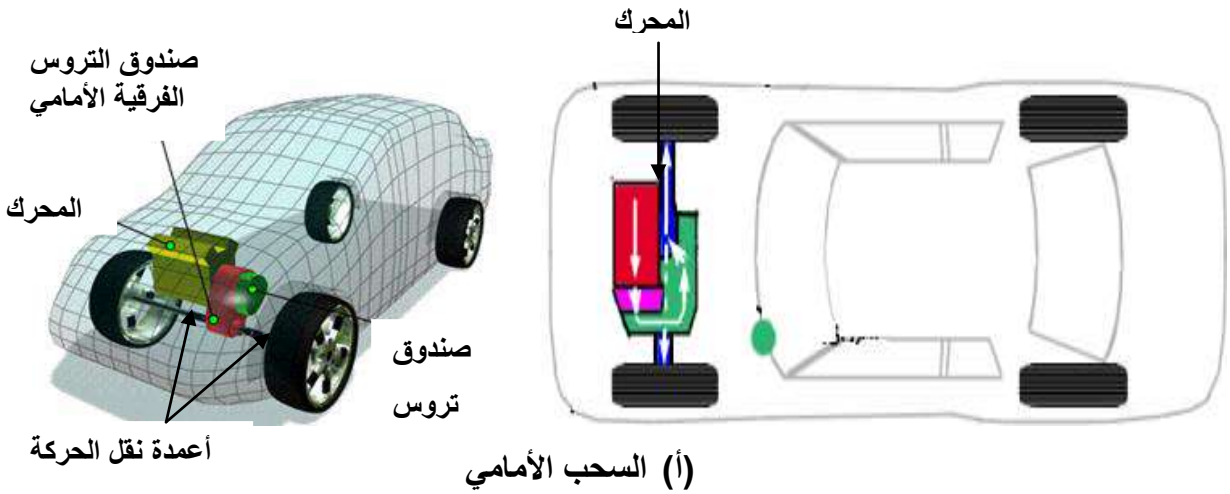


شكل (4-12) تعليق مستقل في الأمام ومشترك (ثابت) في الخلف

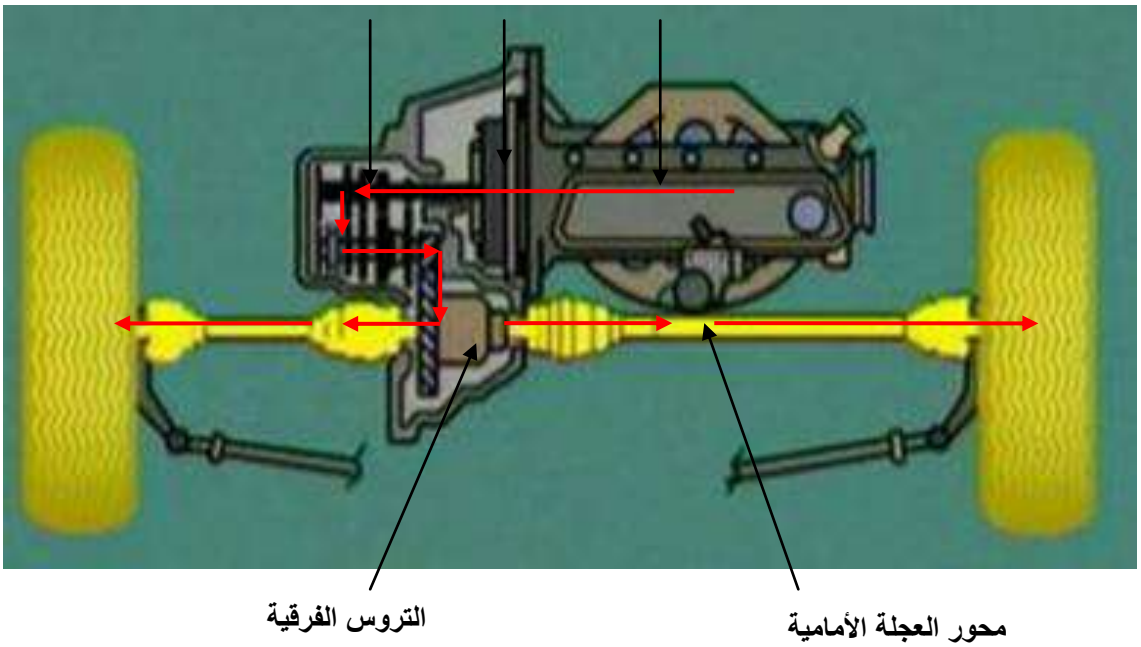
ومع أن نظام التعليق الأمامي المستقل أصبح سائداً في جميع أنواع السيارات، إلّا أن الترتيب المستقل في المقدمة والمؤخرة أكثر استعمالاً في السيارات الحديثة، وعلى الرغم من ذلك لاتزال هناك أنظمة خلفية غير مستقلة (مشتركة)، وكذلك أنظمة خلفية وأمامية غير مستقلة بحسب الغرض من السيارة وما تتطلبه من متانة.

6-4 المحور الأمامي ذو علبة تروس فرقية(Front Wheel Drive FWD):

في حالة السحب الأمامي توضع جميع الأجهزة الناقلة للحركة في مقدمة السيارة كما في الشكل (4-13 أ،ب) ويتم وضع المحرك وصندوق التروس في وضع أفقي أو طولي، وتنتقل الحركة من المحرك الى القابض ثم الى صندوق التروس وبعده الى صندوق التروس الفرقية ثم الى أعمدة نقل الحركة ومنها الى العجلات الأمامية دون وجود عمود الإدارة (الكاردن) وكما يوضحه الشكل (4-14)، أو يكون قصيراً ويوضع على أحد جانبي صندوق التروس.



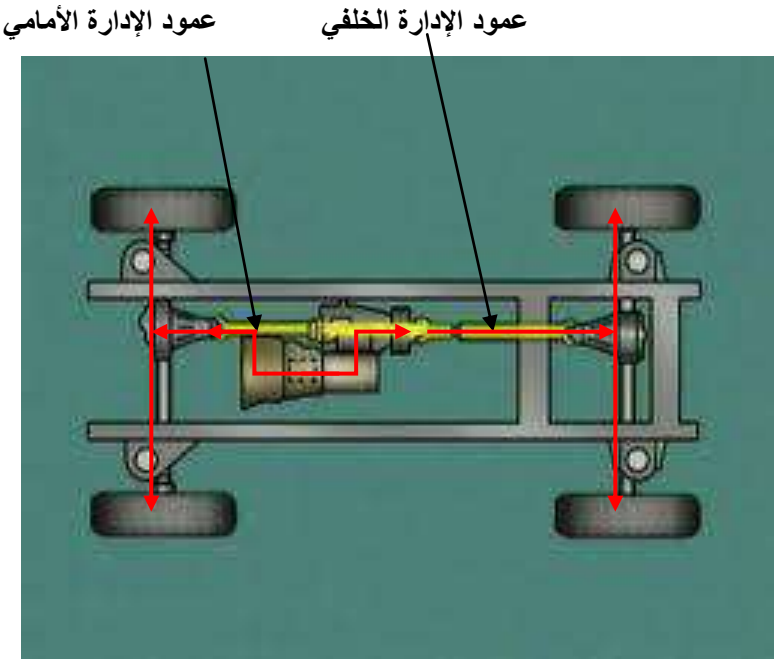
(أ) السحب الأمامي



(ب) انتقال الحركة في سيارات السحب الأمامي

شكل (4-13) السحب الأمامي

تزود السيارات ذات الدفع الرباعي بعمود إدارة طويل لنقل الحركة من المحرك الى التروس الفرقية في المحور الخلفي ومنه الى العجلات الخلفية، وآخر قصير لنقل الحركة الى التروس الفرقية في المحور الأمامي ومنه الى العجلات الأمامية كما في الشكل (4-14).



شكل (4-14) آلية نقل الحركة في العجلات الأربعة لسيارات الدفع الرباعي

7-4 أعمدة القيادة (Driver Shafts) :

وهو أحد أنظمة نقل الحركة المستعملة لنقل الحركة الدورانية من التروس الفرقية الأمامية (جهاز التفاوت) الى العجلات الدافعة شكل (4-15)، كما تسمح للعجلات الأمامية أن تتحرك بشكل مستقل الى الأعلى والى الأسفل أما ثقل السيارة فيحمله نظام التعليق الشكل (4-16).



شكل (4-15) المحاور النصفية الأمامية

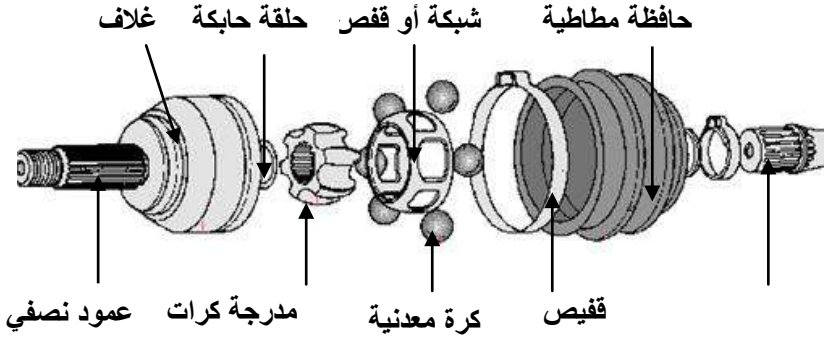


شكل (4-16) المحاور الأمامية مع نظام التعليق

ولتجنب الاهتزازات والدوران غير المتجانس للمحاور النصفية الأمامية و امكانية الحركة العمودية للعجلات لابد من استعمال وصلتين مفصليتين أو أكثر من النوع ثابتة السرعة (C v Joints) لكل محور نصفي وكما مبين في الشكلين (4-17، 4-18)، وهذه الوصلات تتماثل فيها الحركة الدورانية بين العمود القائد و المقاد.

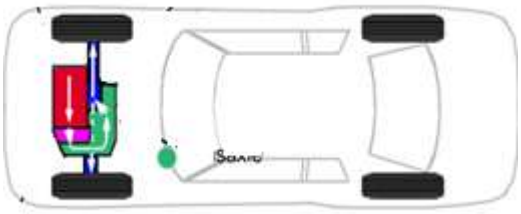
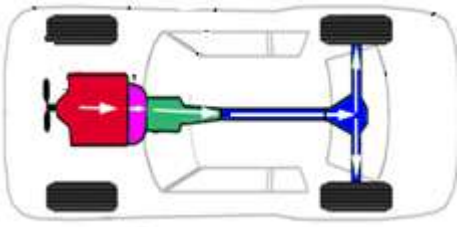


شكل (4-17) الوصلة المفصلية الكروية

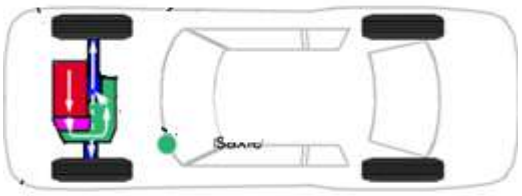
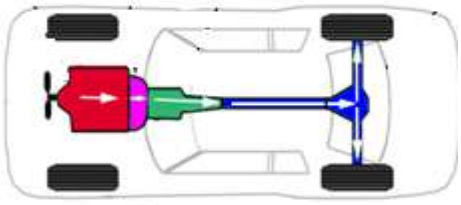


شكل (4-18) أجزاء الوصلة المفصلية الكروية

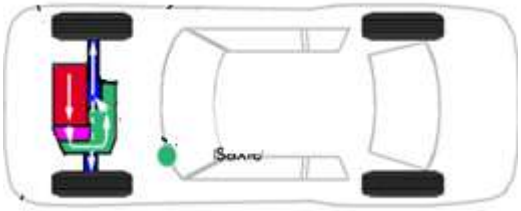
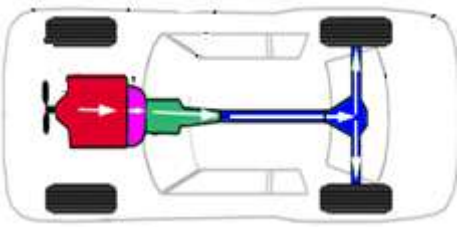
8-4 مقارنة بين السحب الأمامي والدفع الخلفي FWD and RWD

النوع	السحب الأمامي Front Wheel Drive (FWD)	الدفع الخلفي Rear Wheel Drive (RWD)
الشكل		
السحب أو الدفع	- بوساطة العجلات الأمامية	- بوساطة العجلات الخلفية
وضع المحرك	- أمامي عرضي أو طولي	-أ مامي طولي أو وسطي أو خلفي
الاستعمال	- في سيارات الركاب الحديثة	- في السيارات عالية الأداء،الشاحنات، سيارات السباق
اختلاف الأجزاء	- صندوق التروس والتروس الفرقية والمحاور في وحدة واحدة transaxle	- يوجد عمود الإدارة (عمود كاردن) لنقل الحركة الى محور العجلات الخلفية - لمرور عمود الكاردن أسفل السيارة يوجد ارتفاع في منتصفها من الداخل (نفق عمود الإدارة) وهذا الارتفاع يقلل من حيز غرفة الركاب.

9-4 مميزات كل من السحب الأمامي والدفع الخلفي:

	السحب الأمامي	الدفع الخلفي
النوع والشكل		
المميزات	- اخف وزناً و اقل تكلفة في التصنيع و اقل تكلفة في التركيب.	- كلفة الصيانة أقل.
	- أجزاءه أقل (لا يوجد عمود إدارة أو غلاف للمحور الخلفي). - مساحة أكبر تحت السيارة لتوصيل خطوط أنابيب الموقفات والوقود والعادم - حيز داخلي أكبر أي (ليس هناك ارتفاع داخل أرضية السيارة،مما يعطي مساحة للمقاعد الخلفية وخاصة للسيارات الصغيرة. وتزيد من حيز الحقائب.	- لمرور عمود الكاردن أسفل السيارة يوجد ارتفاع في منتصفها من الداخل (نفق عمود الإدارة) وهذا الارتفاع يقلل من حيز غرفة الركاب.
	- أداء أفضل للسيارة على الطرق المنزلقة	- التصاق جيد للإطارات مع الطريق عند التعجيل. - وضع الحمل على المحور الخلفي يزيد من قوة التلاصق بين الإطارات والطريق وبالتالي زيادة الدفع أثناء التعجيل.
	- قابلية سحب جيدة حيث أن وزن المحرك ومجموعة نقل الحركة والأعمدة transaxle فوق العجلات القائدة تقلل من احتمال الانزلاق (توزيع الحمل 60% على المحور الأمامي و 40% على المحور الخلفي)	- توزيع أحسن للأحمال على المحاور، مما يجعل عمل واتزان السيارة أحسن (توزيع الحمل على المحورين يقارب من (50/50) -إن جعل عجلات المحور الأمامي مسؤولة عن التوجيه فقط ، وعجلات المحور الخلفي مسؤولة عن الدفع فقط، يسهل من التعامل مع السيارة.

10-4 عيوب السحب الأمامي والدفع الخلفي

	السحب الأمامي	الدفع الخلفي
		
العيوب	- مشاكل في وصلات أعمدة الإدارة للعجلات الأمامية،وانبعاث صوت أثناء التوجيه عند تلفها، والحاجة لعملية استبدالها (زيادة في عمليات الصيانة). - مشاكل في عملية سحب مقطورة وما شابه ذلك،إن عملية السحب تقلل الحمل على المحور الأمامي مما يؤدي إلى انزلاق الإطارات الأمامية والحاجة إلى وسائل لتوزيع الأحمال لمعالجة هذه الحالة.	- تكلفة التصنيع والتركيب عالية. - أقل حيز داخل السيارة لوجود مرتفع في منتصف السيارة الخاص بعمود الإدارة. - مشاكل في الأداء على الطرق الزلقة،إن دفع السيارة من الخلف يؤديالى انحراف السيارة. - في حالة التعليق الخلفي المستقل تظهر مشكلة في وصلات أعمدة الإدارة كما في العجلات الأمامية ولكن تكون أقل حيث لا يوجد توجيه.

المصطلحات الفنية

انكليزي	عربي
Spring	نابض
Leaf Spring	نابض ورقي
Coil Spring	نابض لولبي
Spring Eye	عين النابض
Macpherson Strut	قائم ماكفيرسون
Stabilizer Bar	عمود التوازن
Control Arms	اذرع السيطرة
Upper Control Arm	ذراع السيطرة العلوي
Lower Control Arm	ذراع السيطرة السفلي
To Body	مسند
Shock Absorber	مخمد الصدمة
Sub Frame	شبه إطار
C. V. Joints	وصلة السرعة الثابتة

أسئلة الفصل الرابع

س1: ما هي مهمة التعليق في السيارات؟

س2: عدد أنواع التعليق.

س3: بماذا يمتاز التعليق المشترك؟

س4: لماذا يستعمل التعليق المشترك في الشاحنات والباصات ولا يستعمل في سيارات الركوب الصغيرة؟

س5: عرف التعليق المستقل، وماهي أنواعه؟

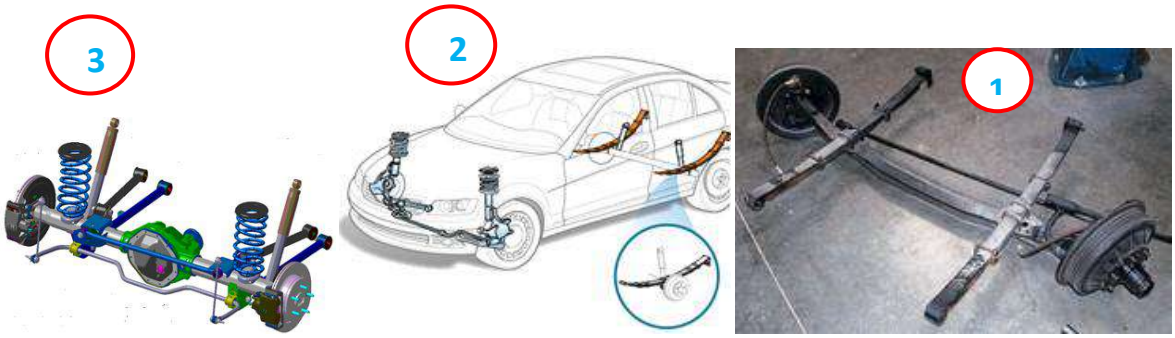
س6: في أي نوع من السيارات أوالعجلات يستعمل التعليق نوع ماكفرسون؟

س7: ما مميزات التعليق نوع ماكفرسون؟

س8: في أي نوع من السيارات يستعمل التعليق نوع الذراع الثنائي؟

س9: ما أنواع النوابض المستعملة في التعليق المشترك؟

س10: حدّد نوع التعليق المبين في الإشكال الآتية:



س11: أين يوضع المحرك وأجهزة المناقلة في سيارات السحب الأمامي؟

س12: اذكر خطوات نقل الحركة من المحرك إلى العجلات الأمامية في سيارات السحب الأمامي.

س13: كيف يتم نقل الحركة من المحرك إلى العجلات الخلفية والأمامية في سيارات الدفع الرباعي؟.

س14: قارن بين السحب الأمامي والسحب الخلفي من حيث:

1- الاستعمال 2- وضع المحرك 3- اختلاف الأجزاء.

س15: اذكر خمساً من مميزات السحب الأمامي للسيارات.

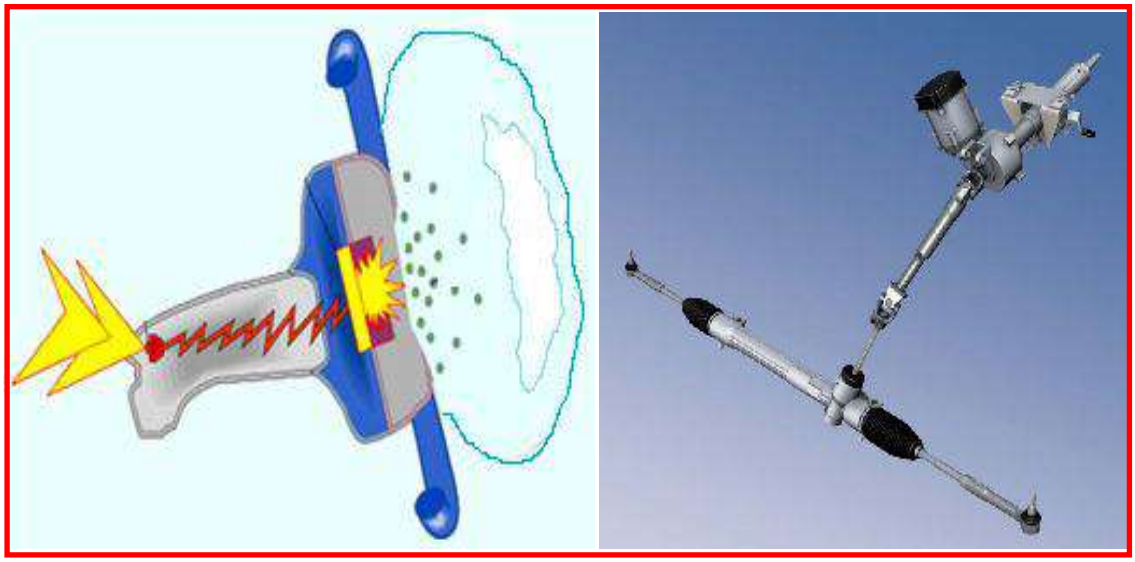
س16: اذكر خمساً من مميزات الدفع الخلفي للسيارات.

س17: عدّد عيوب السحب الأمامي وعيوب الدفع الخلفي للسيارات؟

الفصل الخامس

منظومة التوجيه

Steering System



الأهداف:

بعد الانتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على أن:

- يعرف وظيفة منظومة التوجيه والقيادة.
- يعرف الشروط الواجب توفرها في أجهزة القيادة.
- يعدد أنواع أجهزة القيادة شائعة الاستعمال في السيارات. وأجزائها وطريقة عملها.
- يعدد أنواع أجهزة القيادة المساعدة الشائعة.
- يشرح طريقة عمل أنواع أجهزة القيادة المساعدة الشائعة.
- يعرف طريقة عمل وأشكال ومميزات نظام التوجيه المساعد الالكتروني.
- يعرف وظيفة حقيبة الهواء وطريقة عملها وأماكن تركيبها في السيارة.
- يعرف زوايا ميل العجلة.

1-5 مقدمة:

يعمل جهاز التوجيه على تحويل حركة عجلة القيادة الدائرية الى حركة مستقيمة وتمكين السائق من توجيه الإطارات الأمامية للسيارة الى الجانبين والوصول الى الاتجاه المطلوب

إن أجهزة التوجيه مصممة بحيث تتجه السيارة الى اليمين عندما تدور عجلة القيادة (الاستيرن) الى اليمين وتتجه الى اليسار عند تدوير عجلة القيادة الى اليسار وتكون الزاوية الساكنة (الزاوية التي تدور فيها عجلة القيادة دون تدوير العجلات) أقل ما يمكن وذلك بتجنب أي خلوص (لعب) في توصيلات جهاز القيادة ويجب أن تتوفر الشروط الآتية للحصول على قيادة سهلة وآمنة:

1- يجب أن تتم عملية التوجيه بأقل جهد ممكن من قبل السائق.

2- امتصاص صدمات الطريق وعدم إيصالها الى عجلة القيادة والسائق.

3- يجب أن لا يحدث انزلاق لأي واحدة من العجلات أثناء التوجيه.

4- يجب أن تعود العجلات الأمامية الى الخط المستقيم تلقائيا بعد الانتهاء من عملية الاستدارة.

5- لا تتأثر عملية التوجيه باصطدام الإطارات بنتوءات الطريق ولا تتأثر بانضغاط نوابض التعليق.

6- حركة عجلة القيادة يجب أن تصل الى الإطارات الأمامية بدون فقدان في الحركة.

7- حماية السائق من عجلة القيادة وعمود القيادة في حالة الاصطدام .

2-5 أنواع أجهزة القيادة:

من أنواع أجهزة القيادة الشائعة الاستعمال في السيارات حالياً هي:

1-2-5 جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة (Rack and Pinion Steering Gear):

يستعمل جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة في السيارات الصغيرة وسيارات الركاب المتوسطة ويمتاز بالمميزات الآتية :

1- تعشيق الترس الصغير (البنيون) مباشرة والاستجابة سريعة.

2- صندوق التروس صغير الحجم يأخذ مساحة صغيرة من السيارةواقل تعقيداً من الأنواع الأخرى وخفيف الوزن.

3- الطاقة الضائعة بالاحتكاك قليلة.

4- قلة الأعطال وسهل الصيانة ومحكم الغلق.

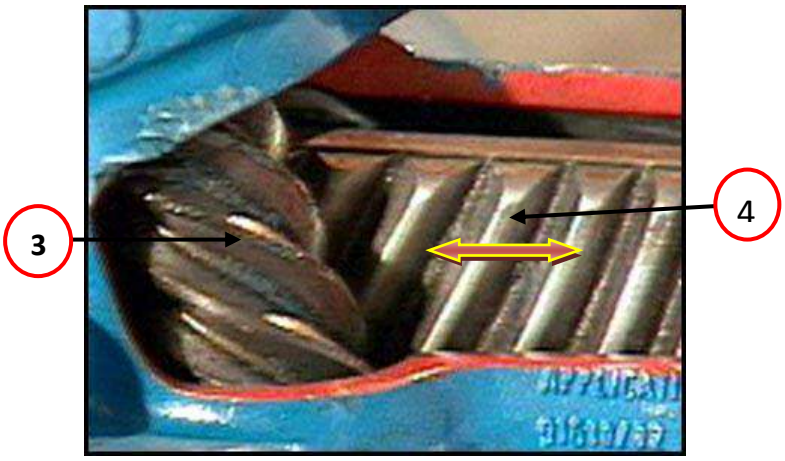
5- يتطلب هذا النوع من أجهزة القيادة اقل عدد من الوصلات المفصلية وبالتالي فانه يتميز بعمر استعمال أطول.

ويتكون من الأجزاء الرئيسة الآتية وكما في الشكل (5-1).

1- عجلة القيادة
2- عمود القيادة
3- ترس دائري صغير.
4- الجريدة المسننة.
5- عمودا ربط من الجانبين.
6- مفاصل كروية لعمود الربط من الجانبين.
7- ذراعا التوجيه من الجانبين.



(ب) (أ)



(ج)

شكل (5-1): (أ) جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة والترس الصغير(البنيون)

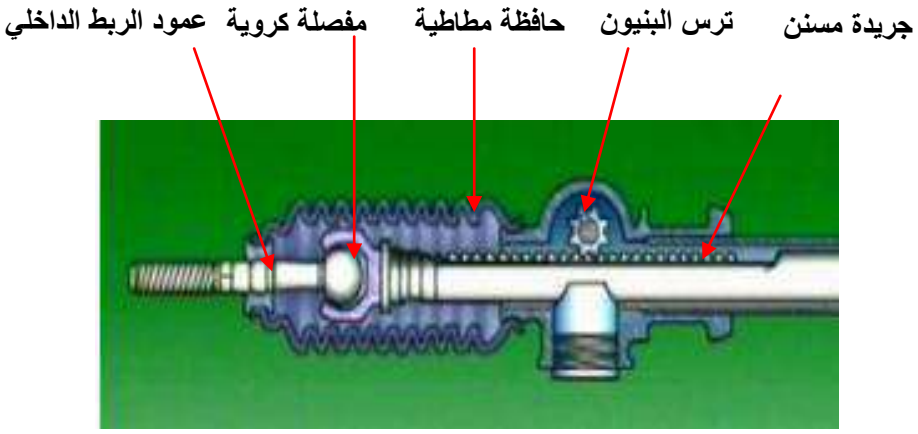
(ب)صندوق التوجيه ذو الجريدة المسننة والترس الصغير(البنيون)

(ج) الجريدة المسننة والترس الصغير(البنيون)

طريقة العمل:

تنتقل الحركة من عجلة القيادة التي يديرها السائق الى عمود القيادة كما نلاحظ في الشكل (5- 1 أ) الذي يقوم بتدوير ترس صغير يسمى (البنيون) معشق مع الجريدة المسننة التي تتحرك الى اليمين و الى اليسار كما في الشكل (5- 1 ب، ج) بحسب اتجاه دوران الترس الصغير حيث تتصل الجريدة المسننة من طرفيها بعمودي ربط مفصليين يتصلا كل واحد منهما بذراع توجيه العجلة وبذلك تنقل حركة التوجيه الى العجلات الأمامية بدفع أحداها و سحب الأخرى نحو الاتجاه المطلوب.

تستعمل حافظات مطاطية من الجانبين لوقاية المفاصل الكروية وتثبت بوساطة مشابك كما في الشكل (5- 2أ)، (5- 2ب) يوصل عمود القيادة بعمود ترس البنيون بوساطة قرص مطاطي مرن كي لا تنتقل الصدمات الى عجلة القيادة ، لهذا الجهاز القدرة على استعادة العجلات الأمامية وعجلة القيادة تلقائياً الى وضعها أي الى حالة الاستقامة بعد الانتهاء من الاستدارة.



(أ)



(ب)

شكل (5-2): (أ) الوصلة الكروية ومقطع للحافظة المطاطية

(ب) الحافظة المطاطية وأعمدة الربط للجهاز

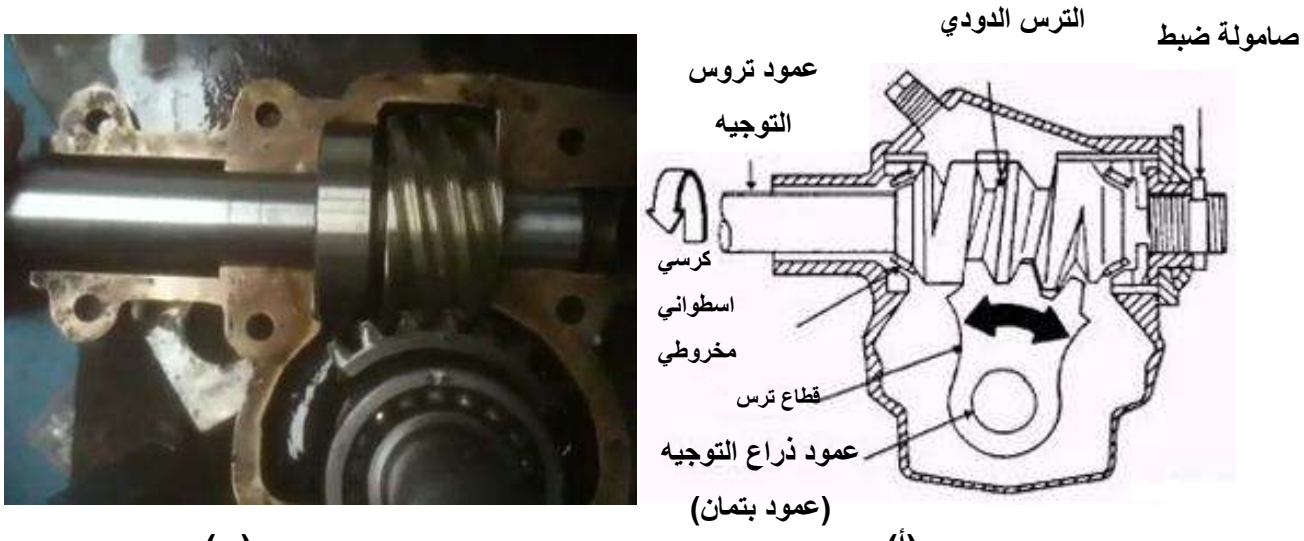
2-2-5 جهاز القيادة ذو الترس الدودي والترس ذو شكل القوس (القطاع المسنن):

(Worm And Sector Steering Gear):

ويتكون هذا الجهاز من جزأين هما الترس الدودي (البريمي) والذي يتعشق معه ترس على شكل قوس (قطاع مسنن) يركب هذا الترس على عمود ذراع التوجيه أوما يسمى بـ (عمود بتمان) يتصل الترس البريمي مع عمود القيادة الذي يتصل بدوره مع عجلة القيادة .

ونتيجة لدوران عجلة القيادة من قبل سائق المركبة فان كل من عمود القيادة و الترس البريمي سيدوران وتنتقل الحركة الى الترس ذو شكل القوس والمرتبط بالذراع الهابط عن طريق عمود بتمان وكما في الشكل (5- 3 أ، ب) وبالتالي فان الذراع الهابط (ذراع بتمان) يتأرجح من اتجاه الى أخر حيث تنتقل هذه الحركة الى اذرع توجيه العجلات عن طريق الوصلات المفصلية.

هناك أنواع أخرى من أجهزة القيادة تعمل بالمبدأ نفسه التي يعمل به جهاز القيادة ذو الترس الدودي والقطاع المسنن مثل جهاز القيادة ذو الحلزون والبكرة و جهاز القيادة ذو الكامه والرافعة.



شكل (5-3) صندوق تروس القيادة ذو البريمة والترس

(أ): مخطط مقطع صندوق تروس التوجيه ذوالترس الدودي والترس ذو شكل القوس(القطاع المسنن)

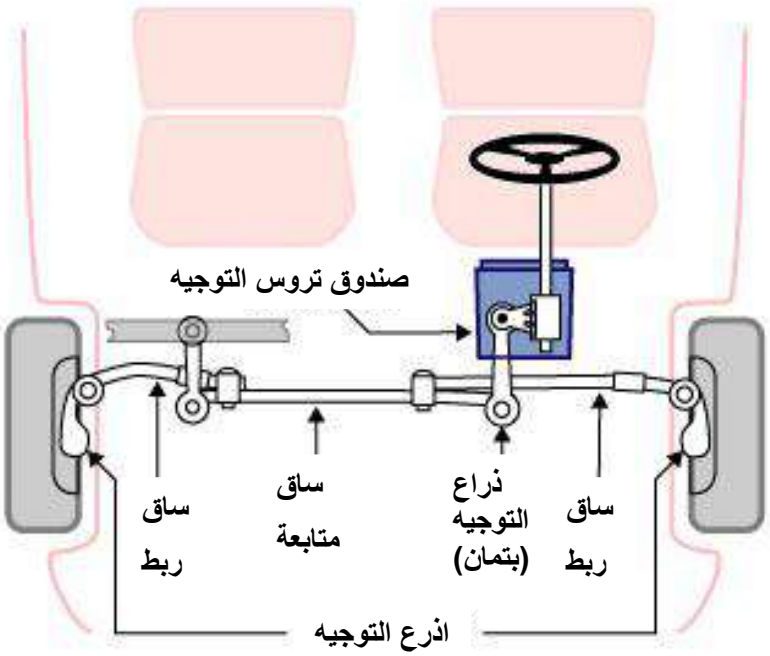
(ب): مقطع صندوق تروس التوجيهذو الترس الدودي والترس ذو شكل القوس (القطاع المسنن)

3-2-5 جهاز القيادة ذو الكرات المعدنية والصامولة Worm and Nut Steering Gear:

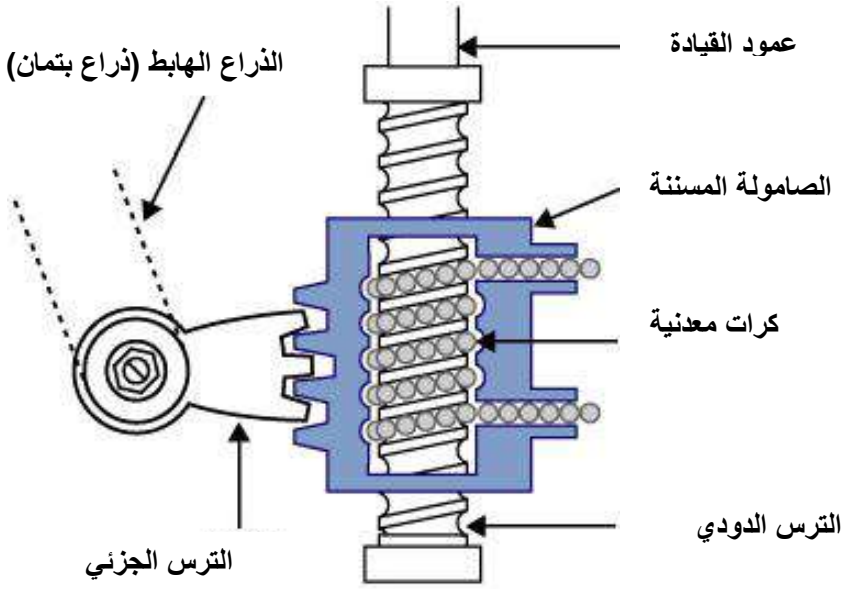
يختلف هذا النوع بعض الشيء عن الجهاز السابق كونه يحتوي على كرات معدنية توضع بين أسنان الترس الدودي والممرات الموجودة في سطح الصامولة الداخلي وذلك لتخفيض الاحتكاك بدرجة كبيرة كما في الشكل (5- 5).

عند دوران عجلة القيادة من قبل سائق المركبة فان الحركة ستنتقل الى عمود القيادة الذي يعمل على دوران الترس الدودي وبذلك فان الكرات المعدنية تتدحرج بين أسنان هذا الترس وبين المجاري الموجودة في السطح الداخلي للصامولة والتي تعمل على تحريك الصامولة الى الأعلى والى الأسفل على طول الترس الدودي وبفعل هذه الحركة يتحرك الترس الجزئي (جزء من ترس دائري) المعشق مع الأسنان الموجودة على جانب الصامولة من جهة ومرتبط بعمود هابط (ذراع بتمان) من جهة أخرى الذي ينقل حركته الى الأذرع المفصلية ثم الى ذراع توجيه العجلة لتدويرها كما في الشكل (5-4).

لاحظ الشكل (5- 5) إن الكرات تتحرك من إحدى نهايتي الصامولة المسننة الى النهاية الأخرى بمساعدة دليل إرجاع، فعند توجيه السائق للسيارة باتجاه اليمين فان الترس الدودي يدور باتجاه عقرب الساعة مسبباً صعود الصامولة إلى الأعلى كذلك تتدحرج الكرات المعدنية بين الصامولة والترس الدودي وعند وصول الكرات إلى النهاية العليا للصامولة تدخل دليل الإرجاع للرجوع الى النهاية السفلى مرة أخرى لتعود إلى الممر بين صامولة الكرات والترس الدودي والعكس صحيح .



شكل(5-4) جهاز القيادة ذو الكرات المعدنية والصامولة



الشكل (5-5) جهاز القيادة ذو الكرات المعدنية

3-5 أجهزة التوجيه المساعدة (Power Steering):

يستعمل جهاز التوجيه المساعد لتقليل الجهد المبذول من قبل السائق في عملية توجيه وقيادة السيارة وكذلك لتحسين ظروف القيادة وذلك بالتغلب على المقاومة الناتجة من احتكاك الإطارات على سطح الطريق وذلك باستعمال قوة مساعدة ناتجة من الضغط الهيدروليكي الذي يولده جهاز مكوّن من مضخة هيدروليكية تدور باستمرار لتوليد الضغط الهيدروليكي المطلوب، وعندما تدار عجلة التوجيه تعمل صمامات التحكم على إدخال الزيت المضغوط إلى اسطوانة قدرة ويعمل ضغط الزيت على أداء معظم الشغل المطلوب للتوجيه.غالباً ما تكون الاسطوانة وصمامات التحكم مدمجة داخل صندوق تروس الجهاز و يتكوّن جهاز التوجيه المساعد من خزان الزيت ومضخة زيت وأنابيب معدنية و أنابيب مرنة (خراطيم).

كما توجد أنظمة تعمل بالهواء المضغوط ولها المبدأ نفسه في تشغيل الأنواع التي تعمل بضغط الزيت وفيما يأتي وظائف أجهزة التوجيه المساعدة:

1- تقليل الجهد المبذول بإعطاء السائق عزماً إضافيا لإدارة عجلة القيادة .

2- مساعدة السائق لتجنب وقوع الحوادث والصدمات وذلك للاستجابة السريعة عند تحريك العجلات الأمامية وحسب متطلبات الطريق.

3- مساعدة السائق على سهولة التحكم بتحريك عجلة القيادة حسب السرع والأحمال المختلفة للسيارة وبالتالي جعل القيادة أكثر استقرارا وأمانا.

4-5 مكونات أجهزة التوجيه المساعدة: تتكون أجهزة التوجيه المساعدة من الأجزاء الآتية وكما موضح في الشكل (5-6- أ):

1- خزان الزيت (Oil Tank) : يستعمل لخزن وتجهيز المضخة بالزيت اللازم لعملية التوجيه، وتوضع عليه علامات تبين مستوى الزيت أو أن يزود غطاء الخزان بمقياس عصا يحدّد كمية الزيت اللازمة لملء الخزان شكل (5- 6- ب).ويكون موجوداً ضمن مضخة زيت مساعد التوجيه أو يركب بشكل منفصل.

2- مضخة الزيت (Hydraulic Pump) : تعمل على ضخ الزيت بضغط يكفي لتوليد القوة المساعدة للتوجيه وتأخذ حركتها من عمود المرفق لمحرك السيارة عن طريق حزام أو بكرة أو أن تدار بمحرك كهربائي منفصل.

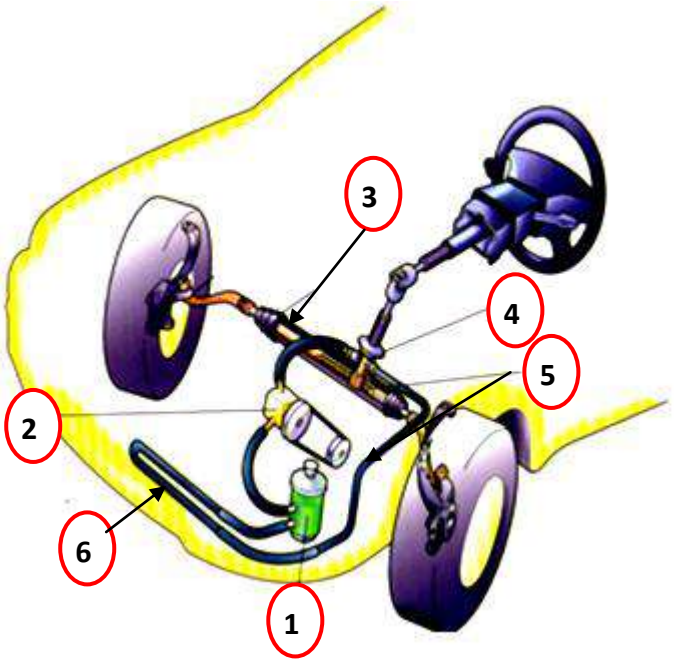
3- اسطوانة القدرة (Power cylinder) : وتكون جزءاً مكملاً من غلاف صندوق تروس التوجيه يتحرك بداخلها مكبس يكون جزءاً من الجريدة المسننة في جهاز القيادة من نوع الجريدة المسننة والترس الصغير (البنيون) أو أن يكون المكبس جزءاً من الصامولة المنزلقة كما في جهاز القيادة المساعد ذي الكرات المعدنية المنزلقة .

يصل خط الزيت الى اسطوانة القدرة يمين المكبس ويصل خط الزيت الآخر إلى الجهة اليسرى من المكبس.

4- صمامات التحكم الهيدروليكي (Hydraulic Control Valve): وظيفتها توجيه مسار حركة الزيت حسب اتجاه الاستدارة للسيارة وإرجاع الفائض منه الى الخزان وكذلك تعمل على تحديد ضغط الزيت ضمن الحد المسموح به.

5- الأنابيب والخراطيم الموصلة للزيت (Oil Pipes & Hoses): تقوم بإيصال الزيت من المضخة الى اسطوانة القدرة وإرجاع الفائض الى الخزان تصنع من الفولاذ في الأماكن الثابتة ومن مواد مرنه في الأماكن المتحركة.

6- مبرد زيت التوجيه المساعد (Power Steering Cooler) :يعمل على تبريد الزيت قبل رجوعه إلى الخزان بحيث لا تتجاوز درجة حرارته الـ (150 درجة مئوية).



(أ)



(ب)

1- خزان الزيت.

2- مضخة زيت التوجيه المساعد.

3- اسطوانة القدرة.

4- صمامات التحكم الهيدروليكي.

5 - أنابيب وخراطيم توصيل الزيت.

6- مبرد الزيت.

شكل (5-6): (أ) أجزاء التوجيه المساعد.

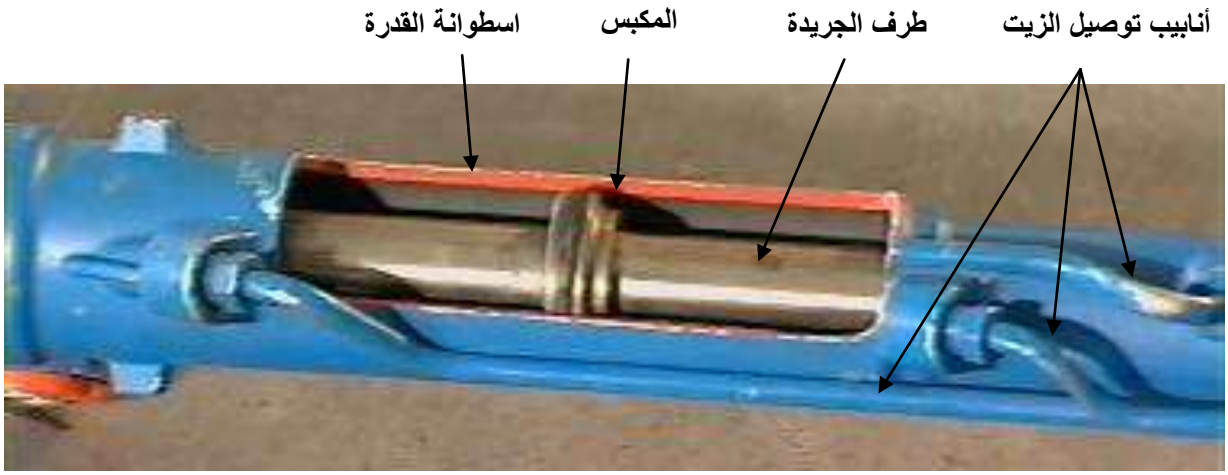
(ب) عصا لقياس مستوى الزيت.

1-4-5 جهاز القيادة المساعد المستعمل على الجريدة المسننة والترس الصغير (البنيون)

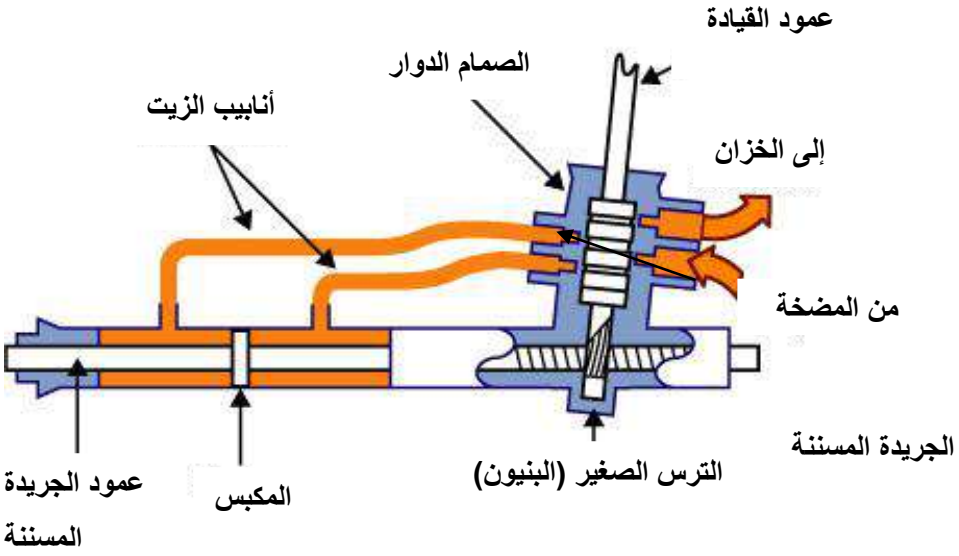
Rack and pinion Power Steering

عند إدارة عجلة القيادة (الاستيرن) من قبل سائق المركبة الى جهة اليمين تنتقل الحركة الى الترس الصغير (البنيون) المعشق مع الجريدة المسننة ليحركها بحسب اتجاه إدارة السائق لعجلة القيادة ويتحرك معها نتيجة لذلك المكبس داخل اسطوانة القدرة والذي يكون جزءاً من أحد طرفي الجريد المسننة كما موضح في الشكل (5- 7)، وفي الوقت نفسه تقوم مضخة الزيت بضخ مقدار معين من الزيت المضغوط الذي يوجهه صمام التحكم الى الجانب الأيمن لاسطوانة القدرة (الحيز الموجود الى يمين المكبس) ليملئه بالكامل وبذلك يعمل الزيت المضغوط على دفع المكبس إلى جهة اليسار فيدفع هذا الزيت الذي أمامه عن طريق الأنبوب الأيسر الى أن يصل المكبس إليه ليغلق فتحته. إن الزيت الخارج بوساطة ذلك الأنبوب يعد زيتا فائضا فيندفع إلى الخزان وكما مبين في الشكل (5- 8)، وعليه إن حركة المكبس الناتجة من ضغط الزيت تكون مكملة ومساعدة لحركة عجلة القيادة الموجهة من قبل السائق. حيث تنتقل هذه الحركة الى الجريدة المسننة ومنها الى عمود الربط ثم الى وصلات التوجيه المتصلة بالعجلة لتوجيه السيارة الى جهة اليمين.

أما عند الاستدارة نحو جهة اليسار فيحدث عكس ما يحدث عند الاستدارة نحو جهة اليمين.



شكل (5-7) مقطع لاسطوانة القدرة لجهاز القيادة نوع الجريدة المسننة والترس الصغير (البنيون)



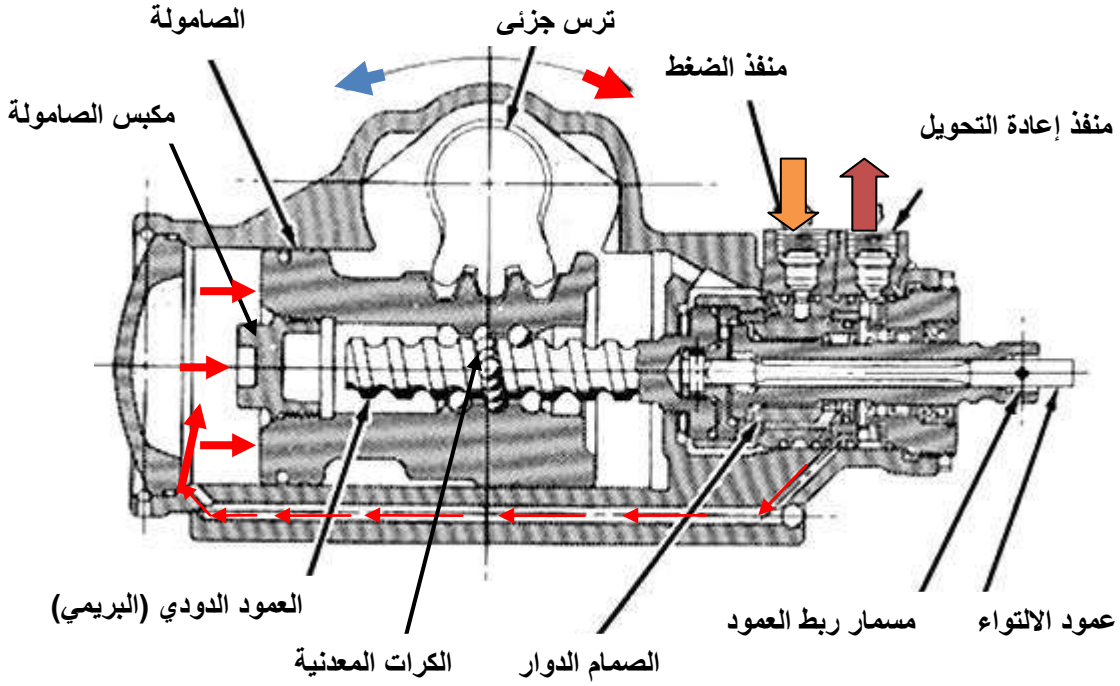
شكل (5- 8) مخطط لمنظومة جهاز القيادة المساعد

نوع الجريدة المسننة والترس الصغير (البنيون)

5-4-2 جهاز القيادة المساعد ذو الكرات المعدنية والصامولة

(power Steering Worm and Ball Nut type) :

في هذا النوع من الأجهزة يركب صمام التحكم الدوّار فوق العمود الناقل لحركة عمود القيادة الى الترس الدودي ويعمل الصمام الدوّار على توجيه الزيت بحسب اتجاه الاستدارة كما في الشكل (5-9)، فعند لف سائق المركبة لعجلة القيادة (الاستيرن) الى الجهة اليمنى تنتقل الحركة الى الترس الدودي (البريمي) و الذي يوجد داخل صامولة (يكون مكبس القدرة جزءاً منها) فيعمل الترس الدودي (البريمي) على تحريكها مع المكبس الى الجهة اليمنى وبذلك يكون الحيز الموجود في الجانب الأيسر في اسطوانة القدرة وخلف المكبس فارغاً، فيسمح الصمام الدوّار للزيت المضغوط أن يملأ الحيز ويدفع المكبس والصامولة باتجاه اليمين فتحرك مقطع الترس الجزئي المعشق مع الأسنان الخارجية للصامولة ومنه الى ذراع التوجيه (بتمان) الذي يتحرك بدوره الى الجهة اليمنى أيضا ويعمل على نقل الحركة الى وصلات القيادة ومنها الى عجلات السيارة لتستدير الى الجهة اليمنى. أما عند الاستدارة الى جهة اليسار فيحدث العكس.



شكل (5- 9) اتجاه حركة الزيت في جهاز القيادة المساعد ذو الكرات المعدنية والصامولة عند الاستدارة إلى جهة اليمين

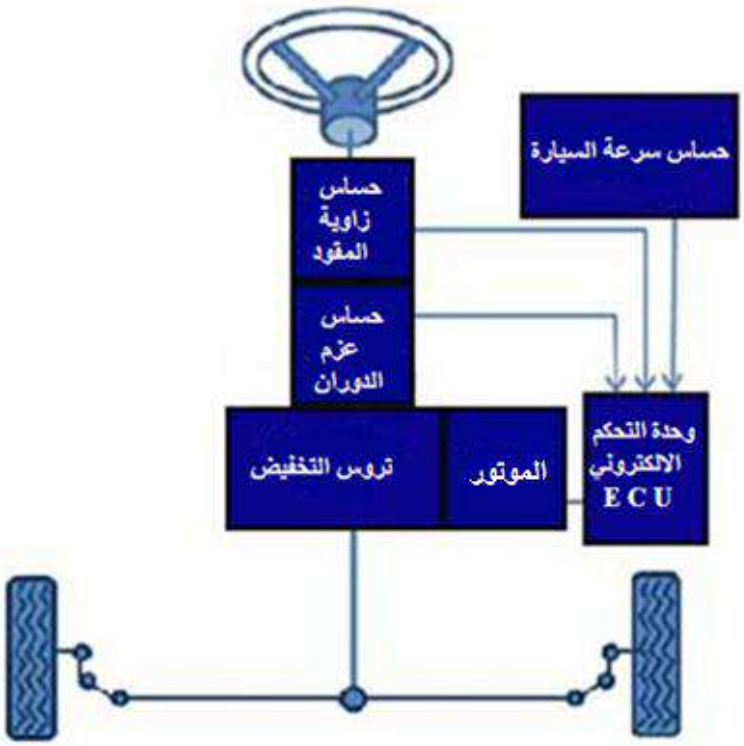
5-5 نظام التوجيه الالكتروني (Electronic Power Steering Systems EPS):

تم إدخال المجال الالكتروني الى الكثير من أنظمة السيارات ومنها نظام التوجيه إذ يتم تزويد المنظومة بمضخة زيت (هيدروليك) تدور بوساطة محرك كهربائي (موتور)، ووحدة التحكم الكتروني تعمل على أساس القوة المساعدة اللازمة للتوجيه بناءً على سرعة السيارة واتجاه عجلة القيادة وذلك باستعمال حساس السرعة و حساس عزم الدوران على عمود القيادة كما في الشكل (5- 10) يسمى هذا النوع بنظام التوجيه الهيدروليكي الالكتروني (H E P S).



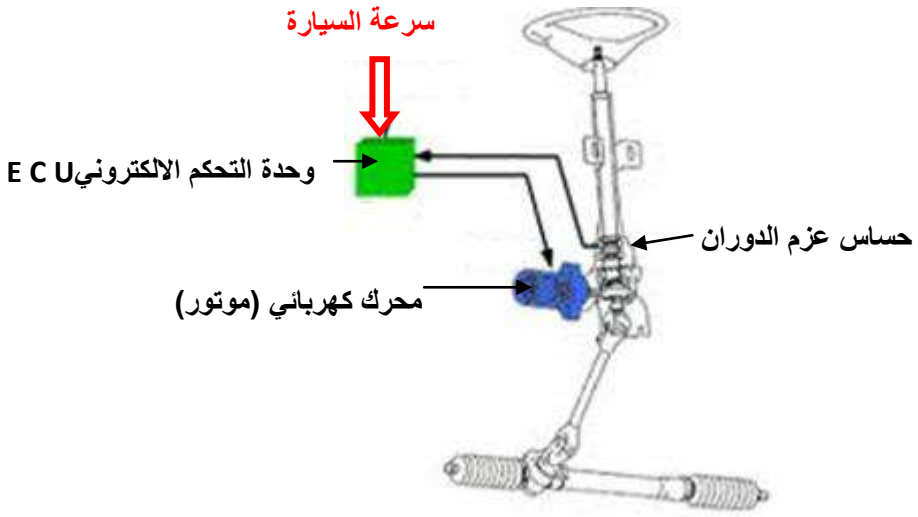
شكل(5- 10) نظام التوجيه المساعد الهيدروالكتروني ومخطط انتقال الإيعاز

إن استعمال الطاقة الكهربائية في مساعدة التوجيه المتمثلة بـ (**EPS** Electronic Power Steering) تلغي العديد من مكونات نظام التوجيه الهيدروليكي (**HPS** Hydraulic Power Steering) مثل المضخات والأنابيب المرنة (الخراطيم) والسوائل الهيدروليكية والحزام والبكرة. وبالتالي فان نظام التوجيه الالكتروني (EPS) أصغر واخف وزنا حيث يجهز النظام بمحرك كهربائي يدير التروس الموجودة في عمود القيادة ويستلم الإيعاز من وحدة التحكم الالكتروني فيعمل على تحديد القوة اللازمة لمساعد التوجيه وذلك بالاعتماد على سرعة السيارة واتجاه عجلة القيادة وعزم دوران عمود القيادة من خلال الحساسات وكما مبين في الشكل(5- 11).



شكل (5- 11) مخطط نظام التوجيه المساعد الالكتروني نوع محرك عمود القيادة

توجد عدة أشكال من نظام التوجيه المساعد الالكتروني منها المحرك الكهربائي المساعد على عمود القيادة الشكل (5- 12- أ ، ب)، والمحرك الكهربائي المساعد على الترس الصغير (البنيون) الشكل (5-13 أ)، والمحرك الكهربائي على الترس (البنيون) الثانوي الشكل (5-13 ب)، والمحرك الكهربائي (موتور) المساعد على محور الجريدة المسننة الشكل (5- 14).

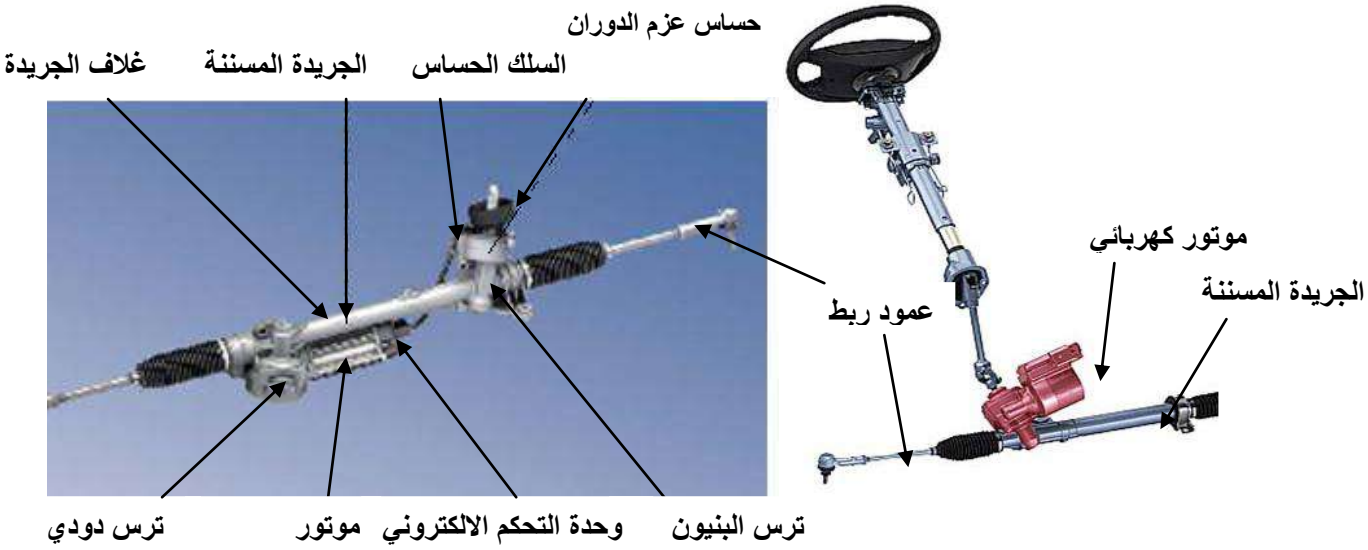


(أ) مخطط لنظام التوجيه المساعد الالكتروني نوع محرك عمود القيادة



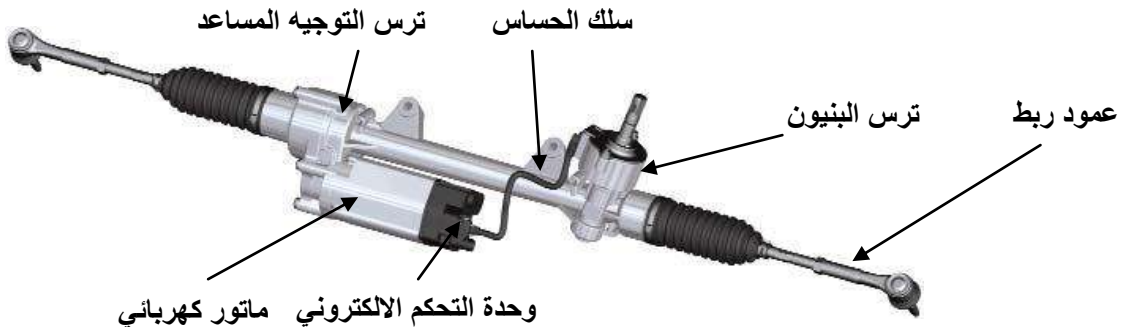
(ب) نظام التوجيه المساعد الالكتروني نوع محرك عمود القيادة

شكل(5- 12)



شكل(5- 13) (أ) نظام التوجيه المساعد الالكتروني نوع محرك كهربائي على الترس (بنيون)

(ب) نظام التوجيه المساعد الالكتروني نوع محرك كهربائي على الترس (بنيون) ثانوي



شكل (5- 14) نظام التوجيه الالكتروني المساعد نوع محرك المحور

مميزات نظام التوجيه الألكترونى :

1- القدرة على المناورة في السرعات المنخفضة والعالية.

2- يزداد الجهد المبذول من السائق تدريجياً بزيادة السرعة كي لا تشكل خطورة على اتزان السيارة.

3- سهولة ركن السيارة في المناطق الضيقة.

4- لا يحتاج إلى صيانة دورية.

5- التقليل من استهلاك الوقود بسبب قلة وزن المنظومة

6-5 حقيبة الهواء (الوسائد الهوائية)(Air Bag):

هي وسيلة أمان تتكون من كيس يصنع من قماش متين منالنايلون أو البوليستر والمطاط موضوع في أماكن معينة من السيارة ويكون مطوياً ومتأهبا للخروج إثناء اصطدام السيارة من الإمام حيث يندفع جسم السائق أو الراكب الأمامي داخل السيارة باتجاه المقود والزجاج الأمامي للسيارة عند هذه الحالة ينتفخ الكيس بالهواء بسرعة فائقة خلال 20 إلى 35 مل ثانية من حدوث الاصطدام ويصد اندفاع الرأس والجزء العلوي للسائق والراكب الأمامي، ويعمل على الوقاية أو تخفيف الأضرار الجسدية الناتجة من الاصطدام . تسمى الحقيبة الهوائية أيضا بالكيس الهوائي أو الوسائد الهوائية وهناك مصطلح أخر كاسم بديل عن كيس الهواء وهو SRS.وتكون أماكن وجود أكياس الهواء في السيارات موزعة كالآتي:

1- يوضع كيس الهواء الخاص بالسائق داخل عجلة القيادة لاحظ الشكل (5- 15) حيث يفتح أثناء حدوث الاصطدام الأمامي لحماية رأس السائق وعدم اصطدامه بعجلة القيادة.

2- يوضع كيس الهواء المخصص للراكب الأمامي في العلبة الأمامية المقابلة له وهذا الكيس يكون اكبر حجما وله شكل آخر كما في الشكل (5- 16).



شكل (5- 15) كيس الهواء المطوي داخل عجلة القيادة



شكل (5-16) وضع كيس الهواء للسائق والراكب الامامي

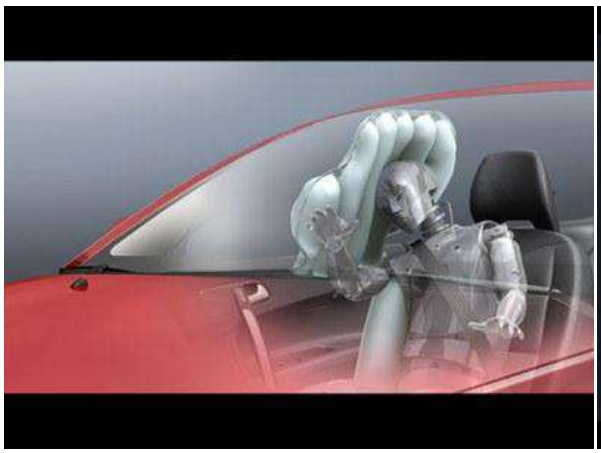
3- تحتوي بعض السيارات على أكياس هواء في الأبواب وتنفتح عند حدوث اصطدام جانبي.

4- أكياس هواء في ظهر المقاعد الأمامية لحماية الركاب الموجودين في الخلف أو عند مساند اليد الشكل (5-17).

5- وجدت مؤخراً أكياس الهواء التي توضع في سقف السيارة في أعلى الشبابيك لحماية رؤوس الركاب أثناء انقلاب السيارة أو عند الاصطدام الشكل (5- 18).



شكل (5- 17) كيس الهواء في المساند



شكل (5- 8) كيس الهواء في أعلى الشبابيك

5-6-1 كيف تعمل حقيبة الهواء (كيس الهواء):

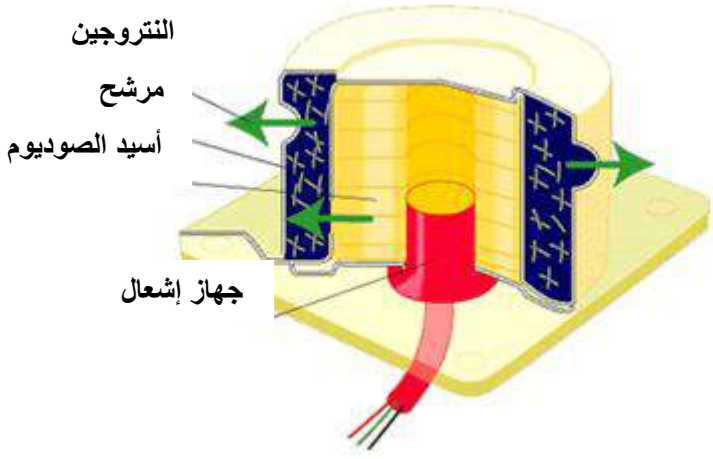
يكون كيس الهواء مطوياً في مكانه حسب نوعه، وينطلق أثناء الاصطدام عن طريق أوامر تأتي على شكل إشارة من حساسات للصدمة الموجودة في مقدمة السيارة، وترسل الى صمام أمان كما مبين في الشكل (5-19) الذي يسمح بمرور تيار كهربائي الى جهاز تسخين يعمل على تسخين سلك متفجر موضوع ضمن علبة معدنية لاحظ الشكل (5-20)،يحتوي على حبيبات من أسيد الصوديوم

(2NaN3) وعند تسخين هذه الحبيبات تطلق غاز النيتروجين بكمية كبيرة جداً يملأ كيس الهواء شكل (5-21)، الذي يقوم برفع غطاء مقود السيارة أو غطاء العلبة الأمامية للراكب الأمامي لينطلق للأمام بفترة زمنية (20) إلى (35) ملي ثانية بعد حدوث الاصطدام ثم يخرج غاز النتروجين من ثقوب صغيرة خلف الكيس فيتقلص الكيس خلال ثواني ليؤمن الرؤية الواضحة والحركة الصحيحة للسائق.

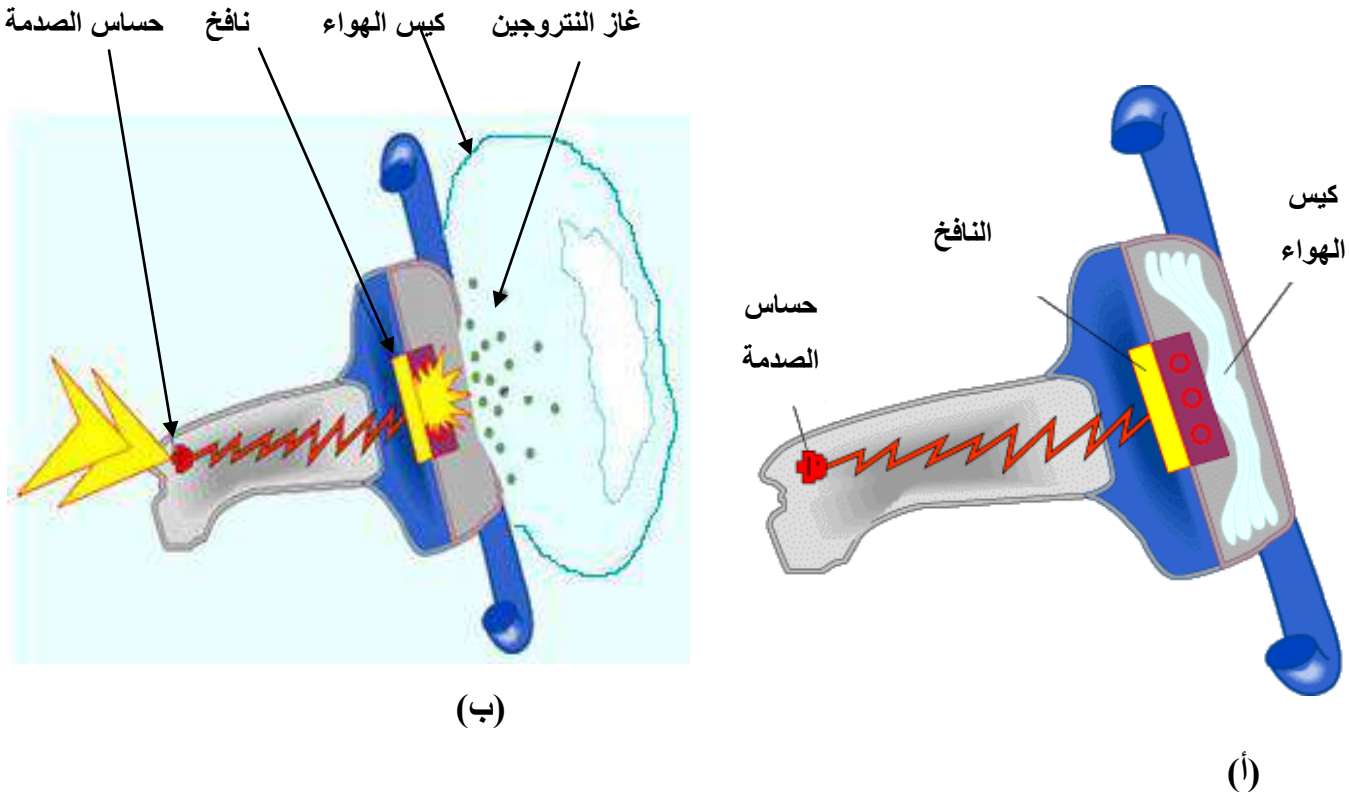


شكل(5- 19) منظومة حقيبة الهواء

يتضح من الشكل (5- 19) إن المنظومة مزودة بحساس أمان يعمل على تلقي الإشارة من الحساس الابتدائي لفتح أكياس الهواء لضمان عدم الفتح الخاطئ للأكياس.



شكل (5-20) جهاز نفخ حقيبة الهواء



شكل(5-21) (أ) كيس الهواء قبل الانتفاخ (ب) كيس الهواء عند الانتفاخ

كي لا يلتصق كيس الهواء ببعضه عند طيه في علبته توضع حوله بودرة من مادة معينة. وعندما يفتح الكيس أثناء الحادث يجب إعادة إصلاحه وتركيبه ووضع حساسات الاصطدام وجهاز تحكم الكتروني جديد.

5-6-2 الأسماء والمصطلحات البديلة لحقيبة الهواء:

يطلق على حقيبة الهواء المصطلحات والأسماء البديلة الآتية:

1- كيس الهواء.(Air Bag)

2- الوسائد الهوائية. (Air Bag)

3- نظام تقييد تكميلي.(SRS) (supplemental restraint system)

4- نظام تكميلي قابل للنفخ. (SIR) (supplemental inflatable restraint system)

7-5 زوايا العجلات (Alignment Angles) :

يعمل نظام التعليق للعجلات الخلفية على الحفاظ على إن تكون العجلات دائما متوازية في خط مستقيم خلف العجلات الأمامية كما في الشكل (5-25) ،يوضع نظام التوجيه على العجلات الأمامية للتحكم في اتجاه المركبة ويكون تعليق السيارة من الإمام مستقل في اغلب الأحيان إي أن كل عجلة تتحرك للاعلى أو إلى الأسفل لوحدها دون التاثير بالعجلة الأخرى، تتاثر حركة العجلات من خلال نظام التعليق على زوايا العجلات وعلى جهاز التوجيه لذلك هناك ارتباط بين نظام التعليق ونظام التوجيه وتاثيره على زوايا العجلات .

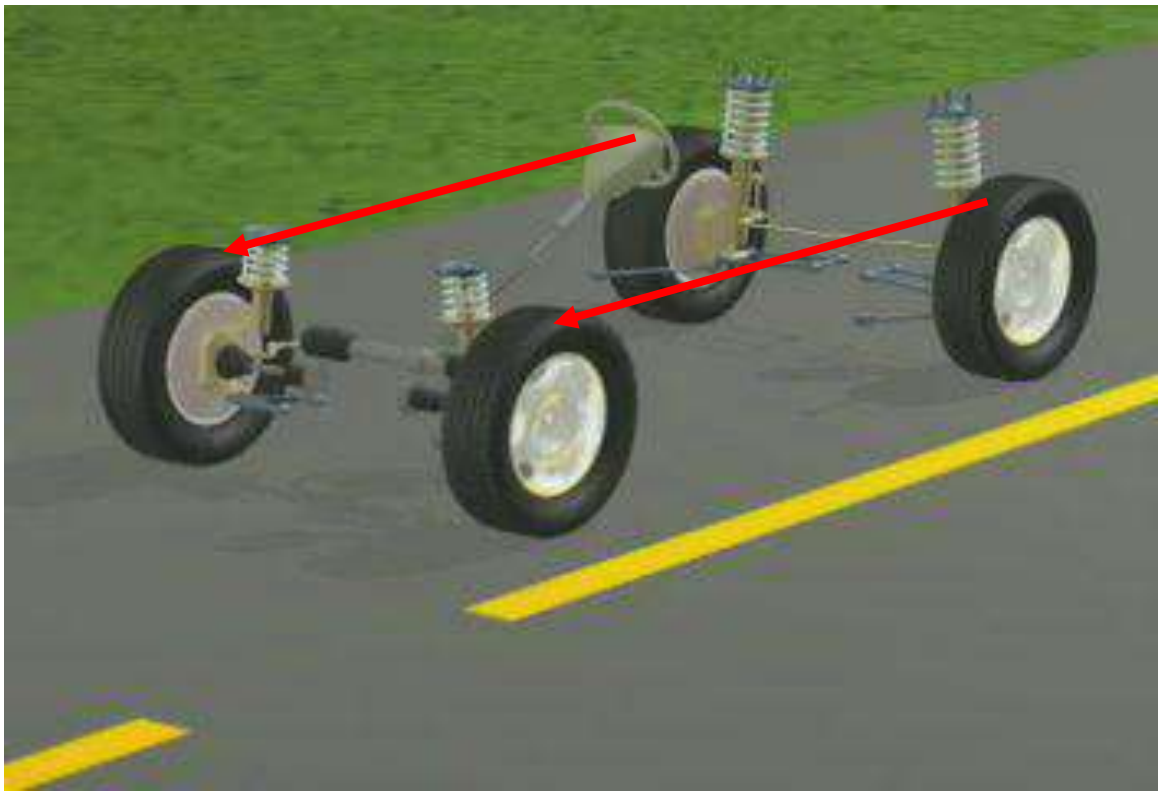
فوائد وجود زوايا العجلات

1-السهولة في عملية توجيه السيارة .

2- رجوع مقود السيارة بعد الدوران إلى الوضع الأصلي .

3- تقليل التاكل في الاطارات .

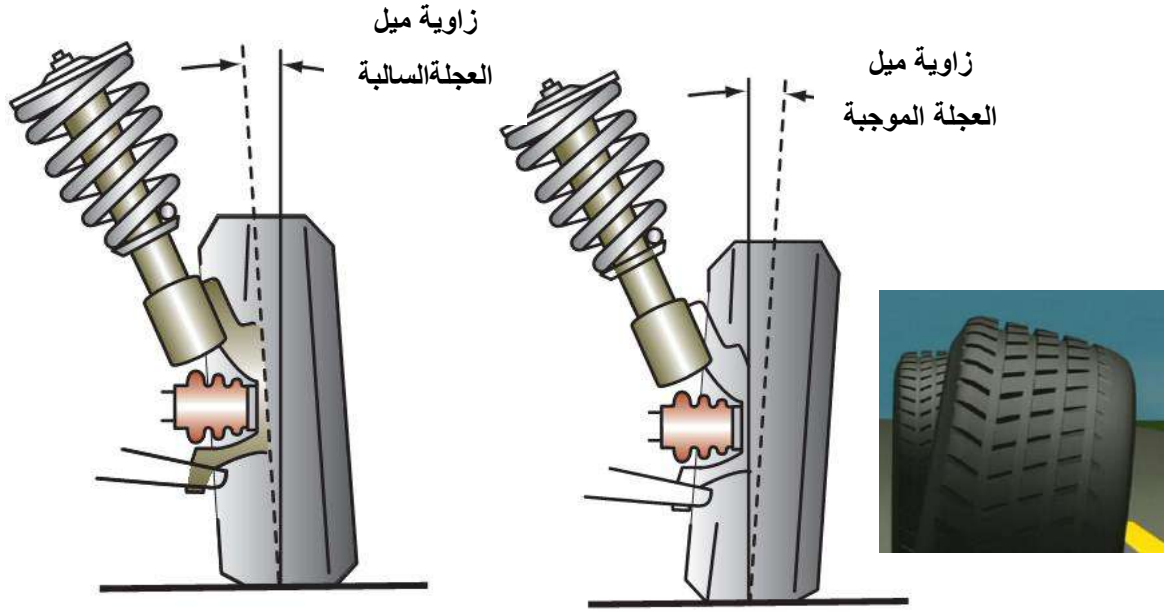
4- اتزان العجلة.



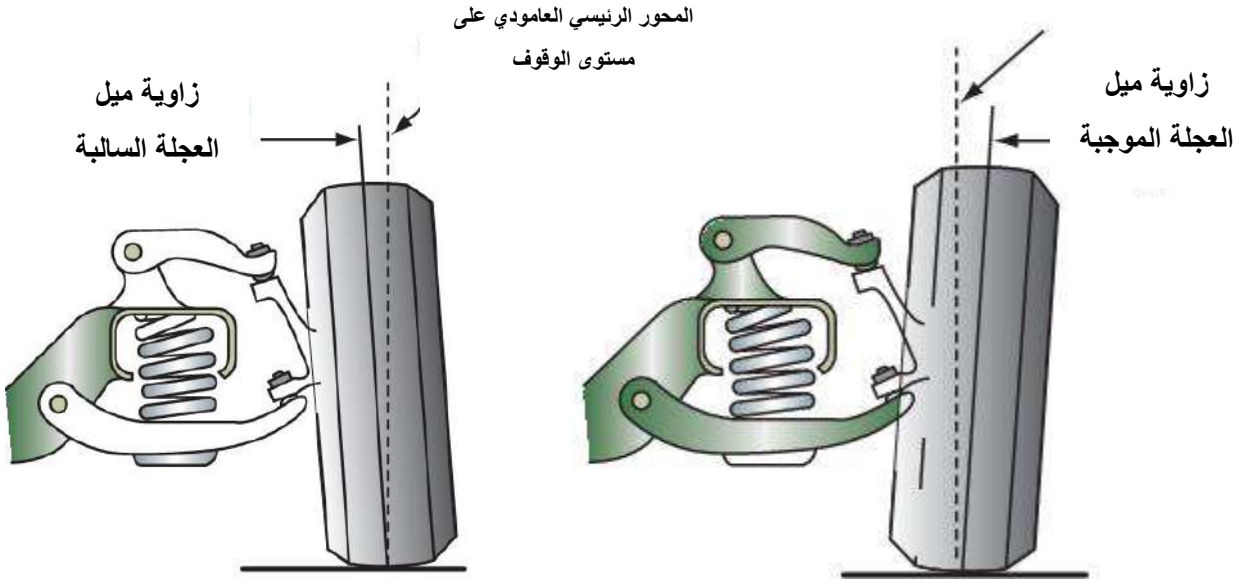
شكل (5-25) العجلات متوازية في خط مستقيم

1-7-5 زاوية ميل العجلة (Camber Angle) :

الزاوية هي ميل الجزء العلوي لمقدمة العجلات الامامية عن المحور الراسي . وتعتمد هذه الزاوية على تصميم السيارة ،وتعد الزاوية موجبة اذا كانت المسافة بين قمتي العجلات اكبر من المسافة بين نقطتي تلامسهما مع الارض ،وسالبة أذا كانت المسافة بين القمتين اصغر من المسافة بين نقطتي تلامسهما مع الأرض،والشكل (5-26) يمثل زاوية ميل العجلة الموجبة والسالبة لنظام تعليق ماكفرسون ،اما شكل (5-27) يمثل زاوية ميل العجلة الموجبة والسالبة لنظام ذي الطبلات العلوي والسفلي. ويؤدي عدم ضبط زاوية ميل العجلة إلى تأكل الإطار من الداخل الى الخارج وذلك حسب كون الزاوية موجبة أو سالبة وزيادة الجهد في عملية توجيه المركبة .

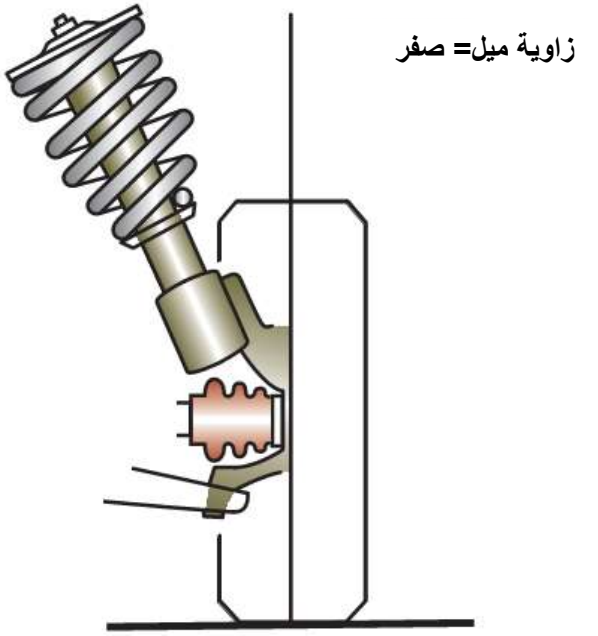


شكل (5-26) زاوية ميل العجلة الموجبة والسالبة لنظام تعليق ماكفرسون



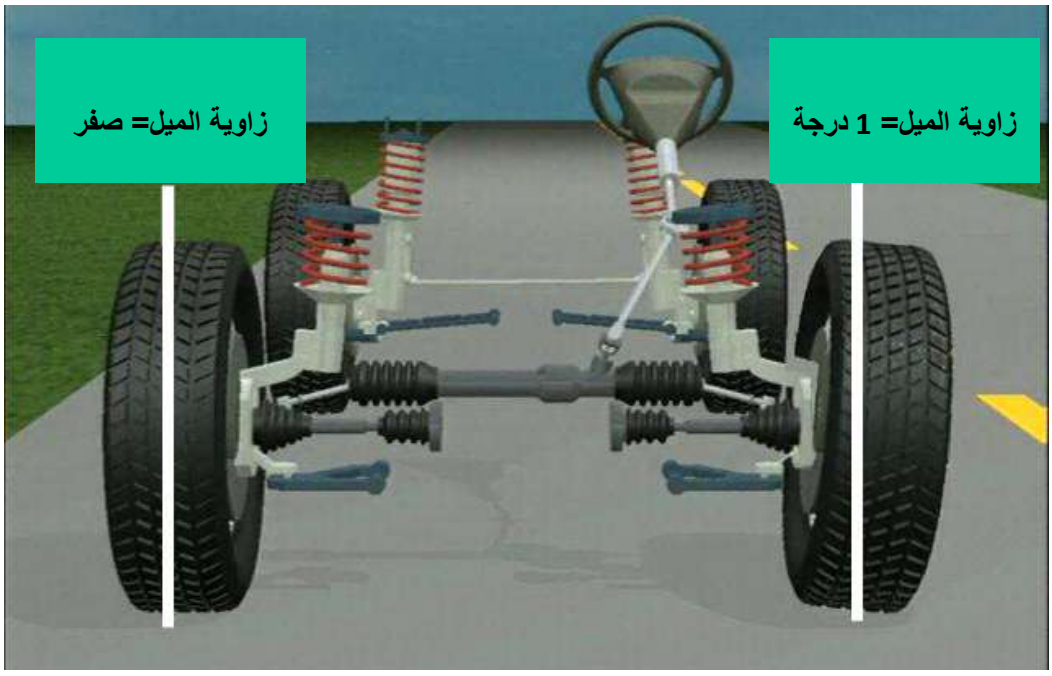
شكل (5-27) زاوية ميل العجلة الموجبة والسالبة لنظام ذي الطبلات العلوي والسفلي

والشكل (5-28) يمثل عدم ميل العجلة إلى الداخل أو الخارج إي انه زاوية ميل العجلة جيدة .



شكل (5-28) عدم ميل العجلة إلى الداخل أو إلى الخارج

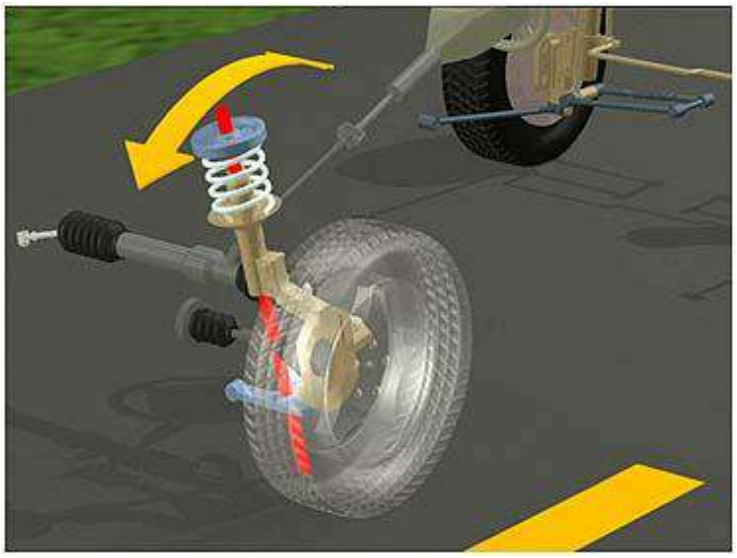
عند ملاحظة السيارة في الشكل (5-29)عند العجلة للإطار الأيمن تميل إلى الداخل بزاوية سالبة مقدارها درجة واحدة بينما تكون زاوية ميل العجلة للإطار الأيسر مقدارها صفر كما في الشكل (5-29) .



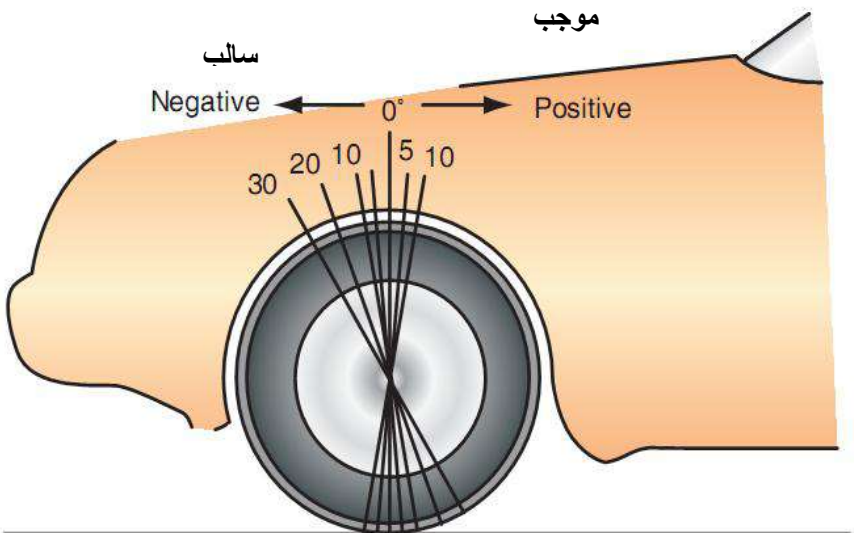
شكل (5-29) ميل العجلة للإطار الأيمن إلى الداخل بزاوية سالبة مقدارها 1درجة

2-7-5 زاوية الانقياد التتبعي (Caster Angle) :

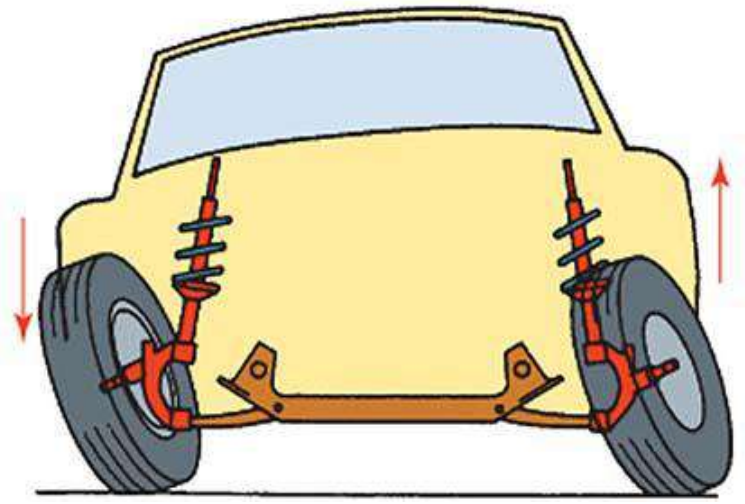
هي زاوية ميل محور توجيه العجلة إلى لخلف أو الى الإمام عند المستوى الراسي عند النظر السيارة من جانب وتكون مقاسة بالدرجات كما في الشكل(5-30). عند توجيه العجلة فانها تدور حول محور مثبت في نظام التعليق ، عندما تتجه اعلي نقطة لمحور التوجيه الى خلف السيارة فان زاوية الانقياد التتبعي تعتبر زاوية موجبة اما اذا اتجهت اعلى نقطة للمحور إمام المقدمة فانها تكون سالبة كما في الشكل(5-31). وتعتبر زاوية الانقياد التتبعي هي أول زاوية تستعمل في ترتيب ضبط زوايا العجلة على المحور نفس هو يجب ان تكون زوايا الانقياد التتبعي متساوية بالقياس وفي حالة عدم تساوي قياس زاويتي الانقياد التتبعي على المحور نفسه فان ذلك يؤدي الى انحراف السيارة عن مسارها كما في الشكل (5-32).



شكل (5-30) زاوية ميل محور توجيه العجلة إلى لخلف أو إلى الأمام عند المستوى الراسي



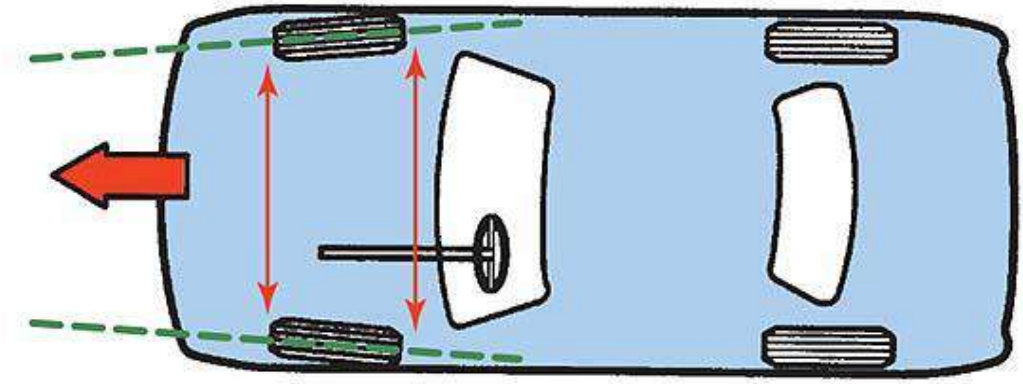
شكل (5-31) زاوية الانقياد التتبعي الموجبة والسالبة للعجلة



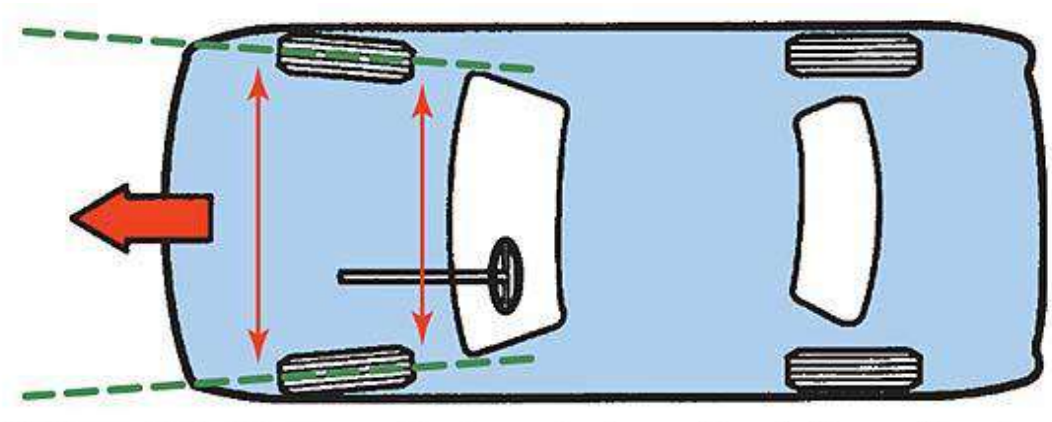
شكل (5-32)عدم تساوي زاوية الانقياد التتبعي

5-7-3 زاوية لم المقدمة (Toe Angle) :

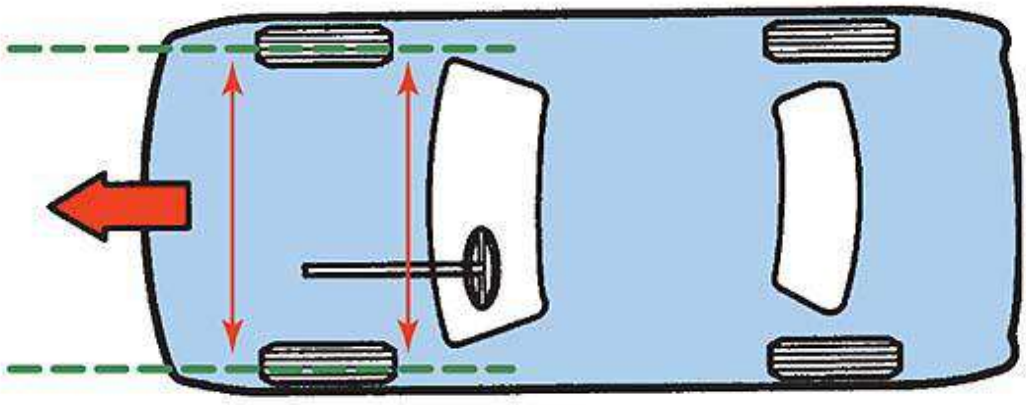
هي مقدار ميل العجلة إلى الداخل عند النظر إلى العجلات من الإمام، وتقاس بمقدارالفرق في المسافة بين مقدمة الإطارات وخلفية الإطارات من جهة الإمام للسيارة.عند ضبط زوايا العجلة الخلفية للسيارة وفي الغالب تضبط بحيث تكون قيمتها قريبة من الصفر . تكون العجلات عادة متوازية وتكون زاوية لم المقدمة للداخل عندما تكون الإطارات الأمامية أو الخلفية متجهة إلى الداخل عند الوقوف (Toe in) كما في الشكل(5-33).وتكون زاوية لم المقدمة الى خارج عندما تكون الاطارات الامامية او الخلفية متجهة الى الخارج عند الوقوف (Toe out) كما في الشكل (5-34) .وفي الحالة الطبيعية للمركبة تكون زاوية لم المقدمة متوازية في خط مستقيم للعجلة كما في الشكل (5-35) . إما في حالة عدم ضبط زاوية لم المقدمة يحدث تأكل في الاطارات للمركبة.



شكل (5-33) زاوية لم المقدمة متجهة الى لداخل عند الوقوف



شكل (5-34) زاوية لم المقدمة متجهة إلى لخارج عند الوقوف



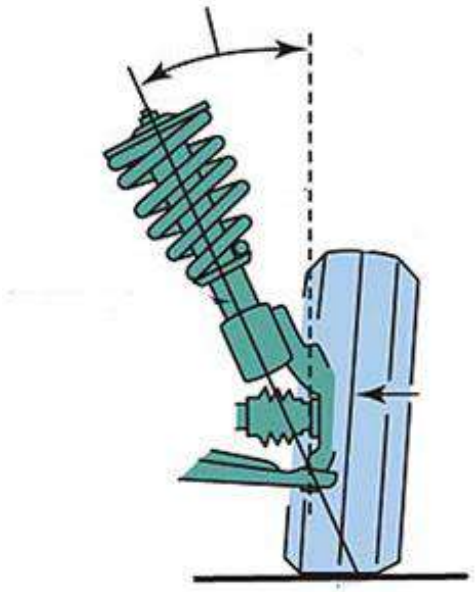
شكل (5-35) زاوية لم المقدمة الشكل المثالي

5-7-4 زاوية ميل مسمار حامل العجلة (King - Pin Angle) :

هي الزاوية التي يميل بها مسمار مفصل ربط العجلة عن المستوى الراسي،ويمكن ملاحظتها عند النظر اليه من مقدمة السيارة وذلك لالتقاء امتداد محور مسمار المفصل من نقطة تلامس العجلة بالأرض،وفي حالة سيارات الركوب العادية تقاطع المحورين في نقطة التلامس بالأرض فنحصل على خواص مفيدة فمثلا يسهل تسيير العجلة إثناء الاستدارة الدوران، وعند ترك عجلة القيادة فان السيارة تعيد نفسها الى الاتجاه المستقيم والشكل(5-36)يمثل زاوية ميل مسمار حامل العجلة لنظام تعليق ماكفرسون بينما

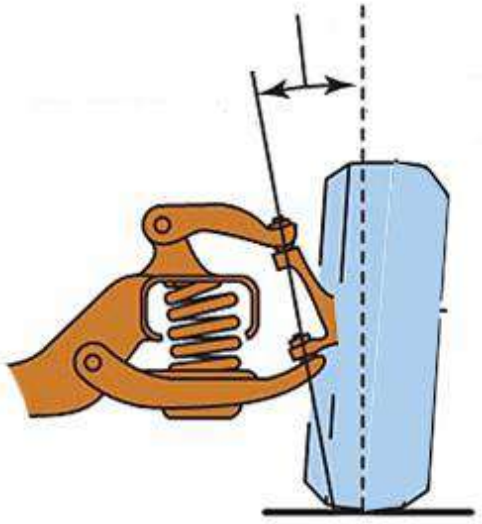
الشكل (5-37) يمثل زاوية ميل مسمار حامل العجلة لنظام ذي الطبلات العلوية.

زاوية ميل مسمار حامل العجلة



شكل (5-36) زاوية ميل مسمار حامل العجلة لنظام تعليق ماكفرسون

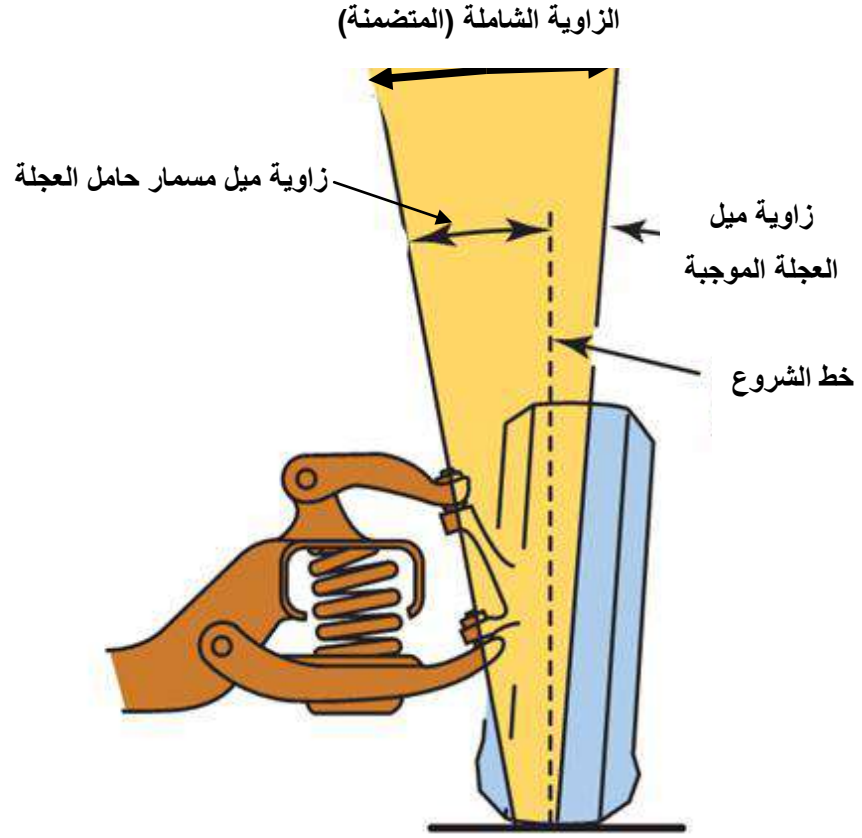
زاوية ميل مسمار حامل العجلة



شكل (5-37) زاوية ميل مسمار حامل العجلة لنظام ذي الطبلات العلوية والسفلية

5-7-5 الزاوية الشاملة (المتضمنة) (Included angle) :

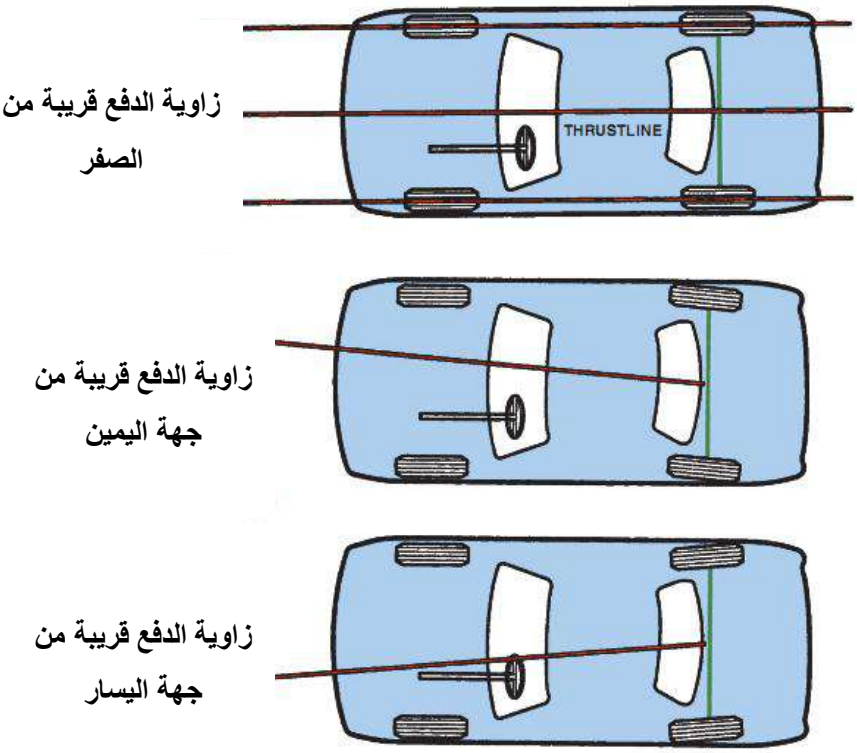
الزاوية الشاملة هي الزاوية بين محور العجلة ومحور التوجيه، وهي لا تقاس مباشرة وإنما هي حاصل جمع(زاوية ميل العجلة مع زاوية ميل مسمار حامل العجلة)كما في الشكل(5-38) .عندما تكون زاوية ميل العجلة سالبة،فان الزاوية الشاملة تكون أقل من زاوية ميل مسمار حامل العجلة،اما في حالة كونزاوية ميل العجلة موجبة عندها تكون الزاوية الشاملة أكبر من زاوية ميل مسمار حامل العجلة. يجب أن تكون الزاوية الشاملة متساوية في العجلتين على نفسه المحور.



شكل (5-38) الزاوية الشاملة (المتضمنة)

5-7-6 زاوية الدفع (Thrust Angle):

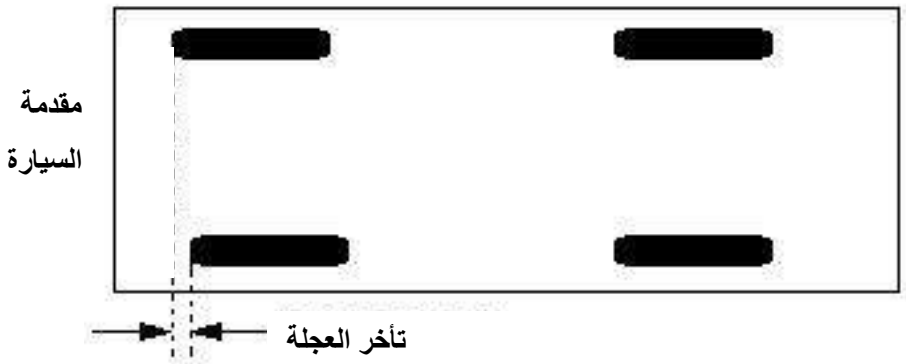
هي الزاوية المكونة من اتجاه دفع العجلة الخلفية بالنسبة للمحور الطولي للسيارة. عندما لاتساوي قيمة الزاوية ليست صفرا يكون هناك عدم استقامة لعجلة القيادة. والحل الأمثل هو ضبط زاوية لم المقدمة للعجلة الخلفية أولاً للسيارة التي تسمح بضبط العجلات الخلفية وبعد ذلك القيام بضبط زاوية لم المقدمة العجلة الأمامية،وفي حالة عدم القدرة على القيام بالضبط للعجلة الخلفية يتم ضبط زاوية لم المقدمة العجلة الأمامية مع الأخذ بنظر الاعتبار تلك المشكلة، للسماح باستقامة عجلة القيادة. كما في الشكل (5-39).



شكل (5-39) زاوية الدفع

5-7-7 تأخر العجلة (عدم تساوي مقدمة العجلة) (Wheel Set Back):

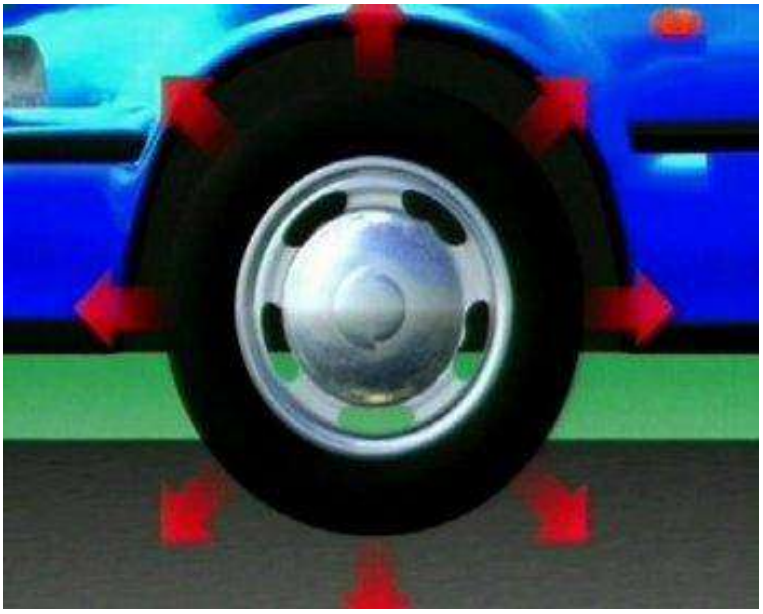
ويقصد به رجوع أحدى العجلات الأمامية الى الخلف كما في الشكل(5-40).وان وجود مثل هذه المشكلة في العجلات الأمامية يؤدي إلى عدم دقة زاوية لم المقدمة وبالتالي،يجب استعمال أجهزة ضبط زوايا العجلة التي تعمل على المحور الأمامي. وعند العمل مع هذه الأجهزة يجب التأكد من مقدار تأخر العجلة السماحية (6mm -7). كما ويفضل استعمال اجهزة تعمل على ضبط العجلات الاربعة.



شكل (5-40) تأخر العجلة (عدم تساوي مقدمة العجلة)

8-5 موازنة العجلات (Wheel Balance)

الموازنة هو مصطلح يطلق على ما يتخذ من اجراءات وعمليات لضمان التوزيع المنتظم لتأثيرات قوى الطرد المركزي كما في الشكل (5-41) والتي تمثل رد الفعل لهذه الأجزاء الدوارة إثناء دورانها او تحركها بسرع عالية، يجب عمل موازنة للعجلات سواء عند تركيبها لأول مرة (لتلافي العيوب في انتاجها)او عند ظهور عيوب فيها نتيجة استعمالها. ونظرا للسرع العالية التي تسير بها السيارات. وما تتعرض له الاجزاء المتحركة من اجهادات لذا وجب ان يكون كل جزء متزنا ،اتزانا تاما ولما كانت العجلات تدور في هذه السرع المرتفعة لذا يجب ان تكون متزنة سكونياً وحركيا.



شكل (5-41) القوة الطرد المركزي للإطار

5-8-1- انواع موازنة العجلات

1- الموازنة الساكنة (Static Wheel Balance Theory):

عندما يكون الاطار ذو اتزان ساكن صحيح فان الكتل سوف تتوزع بالتساوي حول محور دوران العجلة و يمكن الاستدلال على الموازنة الصحيحة برفع العجلة عن الارض ودورانها عدة مرات ثم ملاحظة نقاط وقوفها فاذا ،توقفت في نقاط مختلفة فان هذا يدل على انها ذات اتزان ساكن صحيح كما في الشكل

(42-5)إما إذا دارت وتوقفت عند نقطة معينة واحدة فان هذا يعني بان العجلة غير متوازنة ،وان النقطة التي يقف عندها الاطار تكون أكثر وزنا من غيرها ويتم عملية الموازنة لوضع أوزان من الرصاص على حافة العجلة.

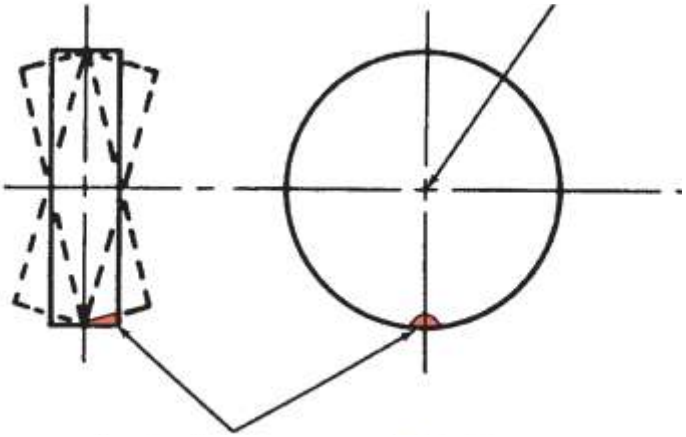


شكل (42-5) موازنة ساكنة للإطار

2- الموازنة الحركية (Dynamic Wheel Balance Theory) :

يمكن الحصول على الموازنة الحركية للعجلة عند دوران العجلة حيث خط مركز ثقل العجلة في مستوى مغاير لخط مركز العجلة، عند دوران العجلة فان قوة الطرد المركزي سوف تحاول الحركة الى اليمين في حين ان الكتلة سوف تحاول الحركة الى اليسار وفي كل نصف دورة للعجلة سوف يتغير موضعها بين الكتلتين،يحدث الارتجاج والاهتزاز كما في الشكل أ-(43-5) . وهذا الارتجاح سوف يؤدي الى تاكل و تلف مفاصل التوجيه والتعليق ، وان عدم الاتزان يعدل بإضافة أوزان من الرصاص تثبت في حافتي العجلة الداخلية والخارجية وبذا تتم موازنة العجلة كما في الشكل ب- (43-4) حيث يتطابق خط المركز ثقل العجلة مع مستوى خط مركز العجلة.

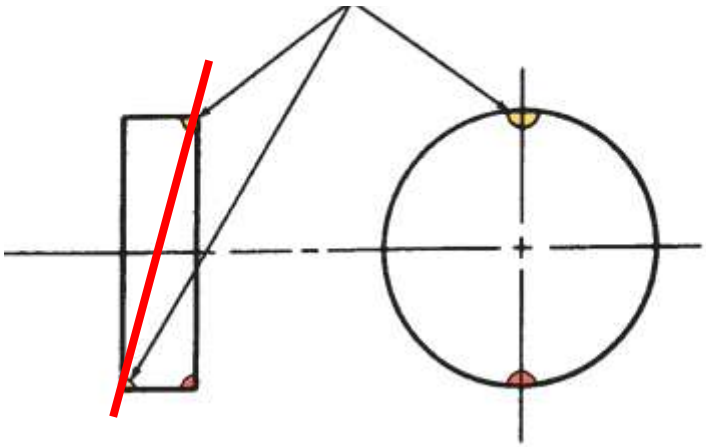
مركز الحركة



وزن غير منتظم في الإطار

شكل أ- (43-5) حدوث الارتجاج والاهتزاز

اضافة وزن لعمل الموازنة



شكل ب- (43-4) الموازنة الحركية

المصطلحات الفنية

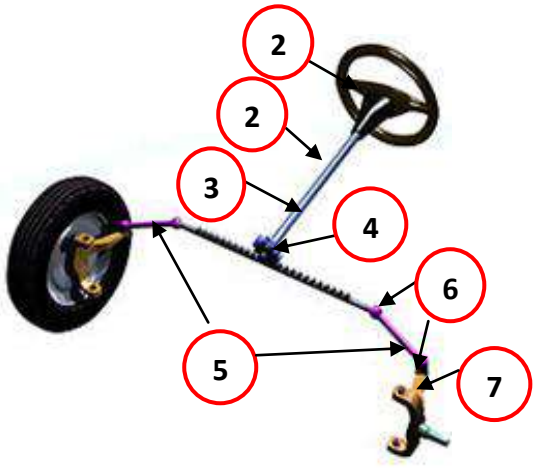
انكليزي	عربي
Tie Rod	عمود ربط
Inner Ball Joint	مفصل كروي داخلي
Robber Bellow	الحافظة المطاطية
Steering Shaft	عمود القيادة
Pitman Arm	ذراع بتمان (الذراع الهابط)
Sector Gear	قطاع ترس
Worm Gear	الترس البريمي (الدودي)
Ball Nut Rack	جريدة صامولة الكرات
Adjusting Nut	صامولة ضبط
Steering Angle Sensor	حساس زاوية القيادة
Rotary Valve	الصمام الدوار
Tank	الخزان
Inflator	النافخ
Crash Sensor	حساس الصدمة
Oil	زيت
Camber Angle	زاوية ميل العجلة
Angle Caster	زاوية الانقياد التتبعي
Toe In	لم المقدمة
Dynamic Balance	الموازنة الحركية
Thrust Angle	زاوية الدفع
Included Angle	الزاوية الشاملة (المتضمنة)
Wheel Balance	العجلات
Static Balance	موازنة الساكنة

أسئلة الفصل الخامس

س1: ما هي الشروط الواجب توفرها في جهاز القيادة للحصول على قيادة سهلة وآمنة؟

س2: عدد أنواع أجهزة القيادة شائعة الاستعمال في السيارات.

س3: اذكر الأجزاء الرئيسية المؤشرة على الرسم التي يتكون منها جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة.



س4: اشرح طريقة عمل جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة.

س5: عدد مميزات جهاز القيادة ذو الجريد المسننة.

س6: ماهي الأجزاء الرئيسة لجهاز القيادة ذو البريمة والترس وما هي طريقة عمله؟

س7: اشرح طريقة عمل جهاز القيادة ذو الكرات المعدنية مستعيناً بالرسم.

س8: عدد وظائف أجهزة التوجيه المساعدة.

س9: اشرح عن طريقة عمل التوجيه المساعد في جهاز القيادة ذو الجريدة المسننة.

س10: اشرح نظام التوجيه الهيدروليكي الالكتروني (H E P S).

س11: نظام التوجيه الالكتروني (EPS) أصغر واخف وزنا. علل ذلك؟

س12: على ماذا يعتمد وحدة التحكم الالكتروني في تحديد القوة اللازمة للتوجيه المساعد؟

س13: ما مميزات نظام التوجيه الألكترونى؟

س14: عدد أماكن وأنواع أكياس الهواء في السيارات.

س15: اشرح كيفية عمل أكياس الهواء للسيارات.

س16: ما الأسماء والمصطلحات البديلة التي تطلق على حقيبة الهواء؟



الفصل السادس
الإطارات المطاطية
The Rubber Tire



الأهداف:

بعد الانتهاء من هذا الفصل يصبح الطالب قادراً على أن:

- يعرف واجبات الإطارات.
- يعرف صناعة الإطارات.
- يشرح أنواع الإطارات.
- يعرف مقاسات الإطارات.
- يعرف قراءة الأرقام والرموز الموجودة على جانب الإطار.
- يعدد ويشرح أجزاء الإطار.
- يعرف أجزاء وعمل نظام المراقبة الالكتروني لضغط الإطار.

1-6 مقدمة :

الإطارات المطاطية عبارة عن غلاف دائري الشكل(1-6) يصنع من مزيج من المواد المطاطية الخاصة مع طبقات ذات خيوط أو شرائط نسيجية أو فولاذية تركب على طوق العجلة (Wheel Rim) مع إطار داخلي مطاطي، أو من دونه، ويملأ تجويفه بالهواء المضغوط. تعمل الإطارات المطاطية على امتصاص الصدمات والاهتزازات، كما إنها تقوم بنقل الحركة في آخر مرحلة لها ويجب الاهتمام بها لأنها قد تكون السبب في الكثير من الحوادث.



شكل (1-6) إطار مطاطي

2-6 واجبات الإطارات المطاطية :

من اهم الواجبات التي يقوم بها الإطار المطاطي هي:

1- حمل ثقل السيارة من الأمام والخلف.

2- امتصاص الصدمات الناتجة عن عدم انتظام الطريق لما لها من صفة الليونة فهي تعمل كوسادة بين الطريق وعجلات السيارة.

3- نقل القدرة إلى الطريق وذلك بتوليد قوة احتكاكية بين عجلات السيارة والطريق بحيث يمكن الحصول على أداء جيد لوسيلة النقل.

4- منع انزلاق السيارة عند المنحنيات والمنزلقات.

5- تعمل على إيقاف السيارة عند استعمال الموقّفات.

3-6 صناعة الإطارات:

تبدأ عملية صناعة الإطارات المطاطية بخلط المطاط وهو في حالة لدنة مع الكبريت اللازم والإضافات الأخرى مثل الكربون في خلاط، ويطحن بشكل جيد وبعد عجن وخلط المطاط يتم تصنيع وإنشاء الإطار على ثلاث مراحل منفصلة هي :

المرحلة الأولى: إعداد خلطة خاصة لكل جزء من أجزاء الإطار. إذ تجهز خلطة للسطح المحيط بالإطار تستعمل فيها شحنة كبيرة نسبيا من الكربون المسحوق جيدا وذلك لإكسابها مقاومة للتآكل وتوفير المتانة. وتجهز خلطة من المطاط الصلب تحتوي على نسبة مرتفعة من الكبريت للاستعمال في الأسلاك العقدية لتتجمد على شكل كتل صلبة.

المرحلة الثانية: تجميع الأجزاء المكونة للإطار لتكوين ما يسمى بالإطار الأخضر (وهي مرحلة قبل تسخين القالب لذلك يسمى الأخضر).

المرحلة الثالثة: التسخين في القالب:وهي مرحلة التشكيل النهائي حيث يتم تشكيل الإطار الأخضر الخام الذي سبق إنشاءه في المرحلة الثانية باستعمال قالباً يوضع هذا القالب في مكبس يضم حاجزاً اسطوانياً من المطاط حيث يتم نفخه بالهواء تحت ضغط الإطار، وبعد ذلك يتم تسخين القالب بوساطة بخار الماء وتشكل نتيجة لذلك الهيئة المعقدة للإطار من الخارج (النقشة).

4-6 أنواع الإطارات :

هناك نوعان رئيسان من الإطارات وهما :

1-4-6 الإطارات الصماء: وهذه الإطارات عبارة عن غلاف مطاطي يخلو من الهواء المضغوط واستعماله محدود جداً وينحصر بالاستعمالات الصناعية الخاصة وذلك لعدم تلبية احتياجات عمل المركبة شكل (6-2).



شكل (6-2) إطارات مطاطية صماء

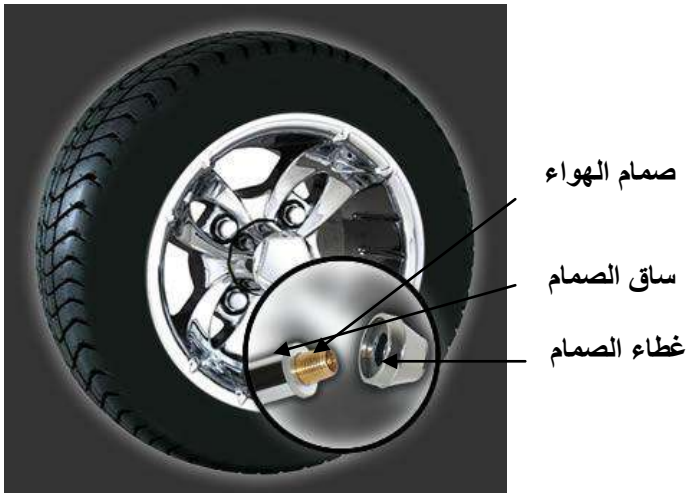
6-4-2 الإطارات ذات الهواء المضغوط : وهي شائعة الاستعمال في السيارات بمختلف أنواعها.وينقسم هذا النوع من الإطارات بدوره الى نوعين هما :

1- الإطارات ذات الأنبوبة الداخلية (Tube Tire):

في هذا النوع يركّب الإطار وبداخله الأنبوبة على طوق العجلة (Wheel Rim) وتنفتح الأنبوبة الداخلية ومعها الإطار بوساطة الهواء المضغوط .

ويتم دخول الهواء الى الأنبوبة من خلال صمام لا رجوعي الشكل (6-3) يركب على الأنبوبة يفتح عندما يربط مع خرطوم الهواء الواصل من الضاغطة. ويركب فوق نهاية ساق الصمام غطاء يشد باحكام لضمان منع تسرب الهواء خارج الأنبوبة وكذلك للحفاظ على الصمام من دخول الأتربة والأوساخ.





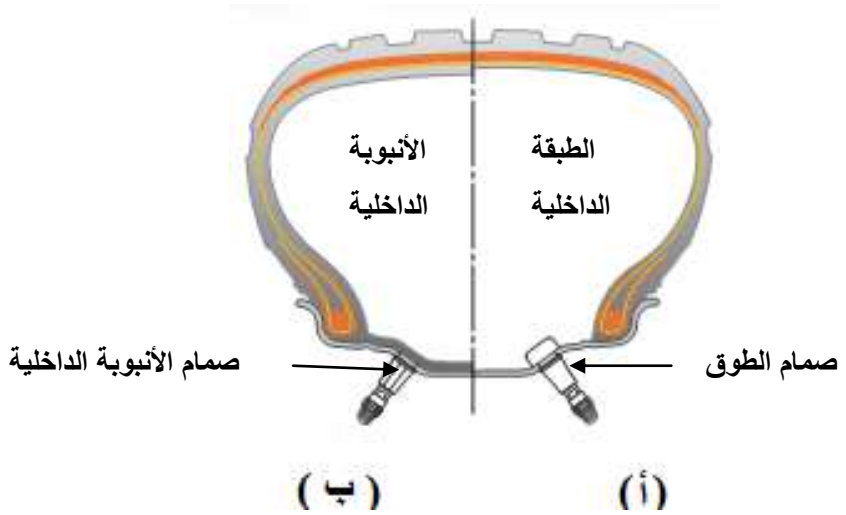
الأنبوبة الداخلية للإطار المطاطي **غطاء صمام الهواء**

شكل (6-3)

2- الإطارات بدون أنبوبة داخلية (Tubeless Tire):

وفي هذا النوع يركّب الإطار المطاطي على طوق العجلة ويضغط الهواء بين الطوق والإطار بطريقة تحفظ الهواء المضغوط، ويتم إطلاق الهواء خلال صمام يركب على طوق العجلة الشكل (6-4) وتغطى نهايته بغطاء مسنن للإحكام أيضا للسبب المذكور نفسه في الأنبوبة الداخلية.

تستعمل الإطارات بدون أنبوبة داخلية في السيارات الحديثة وفي هذا النوع يكون محيط العجلة غير قابل لتسريب الهواء، و يتصل الجزء السميك من الإطار المطاطي (الشفة) بمحيط طوق العجلة بحيث يكون مانعاً للتسرب، وبذلك يحتفظ الإطار بالهواء المضغوط في داخله. إن سطح الإطار الداخلي يكون مغلفاً بطبقة مطاطية رقيقة تمنع انفلات الهواء المضغوط انفلاتاً فجائياً عند حدوث أي ثقب فيه،ويكون لحافتيه إحكام جيد مع الطوق المعدني لذلك فهو يوفر أماناً كبيراً لدى استعماله في السيارات.



شكل (6-4) مقارنة بين

أ- الإطار المطاطي بدون الأنبوبة الداخلية

ب- الإطار المطاطي ذات الأنبوبة الداخلية

5-6 ضغط الإطار المطاطي: إن ضغط الهواء داخل الإطار المطاطي يعتمد على نوع الإطار ونوع الخدمة التي يؤديها ويقاس ضغط الإطارات بالوحدات الانكليزية أي بالباوند لكل انج مربع ويرمز لها (psi) وهو مختصر لـ (pound per square inch) او بالنظام المتري (kg/cm^2).

تعمل الإطارات الحديثة بضغط منخفض للحصول على راحة أكثر للركاب وغالباً ما يستعمل إطار اكبر عرضاً للحصول على توزيع أحسن لوزن السيارة. إن الإطارات الحديثة تحتاج إلى جهد أعلى عند الاستدارة وهذا يتطلب نسبة تروس اكبر في صندوق تروس جهاز التوجيه وللتغلب على تلك الصعوبات تم إضافة جهاز التوجيه المساعد، توضع عادةً قطعة صغيرة يمكن ملاحظتها عند فتح باب السائق تحتوي على المعلومات الخاصة لمقدار الضغوط القياسية لإطارات السيارة.

6-6 مقاسات الإطارات المطاطية:

توضع القياسات على جانب الإطار المطاطي ويكون قياس قطر الطوق المعدني بالأنج (البوصة) ويقاس ارتفاع الإطار بالمليمتر وكما موضح في الشكل(6-5) فان قطر الطوق هو (15 inch) أما عرض الإطار فهو (215mm) و (65) هي نسبة الارتفاع الى العرض مضروبا x 100 (الارتفاع يعني ارتفاع الإطار فوق حافة الطوق).كما يبين الشكل (6-6) أبعاد الطوق المعدني وأبعاد الإطار المطاطي.



شكل (6-5) قياس الإطار المطاطي والأرقام والرموز الخاصة به



شكل (6-6) محددات أبعاد الإطار المطاطي والطوق المعدني

7-6 الرموز والأرقام الموجودة على الإطار المطاطي:

توجد على جوانب الإطارات المطاطية أرقام ورموز لها الدلالات الآتية وكما مبينا في الشكل (6-5).

1- نوع الإطار حسب الاستعمال :

يوضع الرمز الخاص بـ (نوع الإطار حسب استعماله) على جانب الإطار، إذ أن الرمز(P) يعني لسيارات الركوب (الإطار المبين في الشكل (6-5) من هذا النوع)، والرمز (LT) يرمز إلى إطار السيارات المستخدمة في النقل الخفيف، و(C) إطار لسيارة النقل، و (T) إطار احتياطي.

2- درجات الحرارة

صنفت الإطارات المطاطية من الشركات المصنعة الى ثلاث فئات حسب مقاومتها للحرارة و الجو المناسب لها هي:

1- الفئة (A) للمناطق الحارة، والإطار لهذه الفئة له أعلى معدل لمقاومة الحرارة وكما مبين في الشكل (6-5).

2- الفئة (B) للمناطق متوسطة الحرارة (مقاومته للحرارة متوسطة).

3- الفئة (C) للمناطق الباردة (مقاومته للحرارة ضعيفة).

3- السرعة:

وهي أقصى سرعة يتحملها الإطار وهو في حالة ممتازة فمثلاً الحرف (H) يدل على سرعة 210km /h لاحظ جدول رقم (1).

تصنع الإطارات على أساس تحملها للسرعة القصوى وعليه فمن الضروري اختيار الإطارات ذات التحمل عند السرع العالية مثلS، T ،U ,H ,Vحسب الجدول مراعياً للسلامة، لأنه كلما زاد رمز السرعة تزداد جودة الإطار وليس من الضروري السير بسرعات عالية، والتقيد بالإرشادات المرورية والسرعة القانونية،والجدول رقم (1) يوضح قيمة السرعة القصوى لكل رمز.

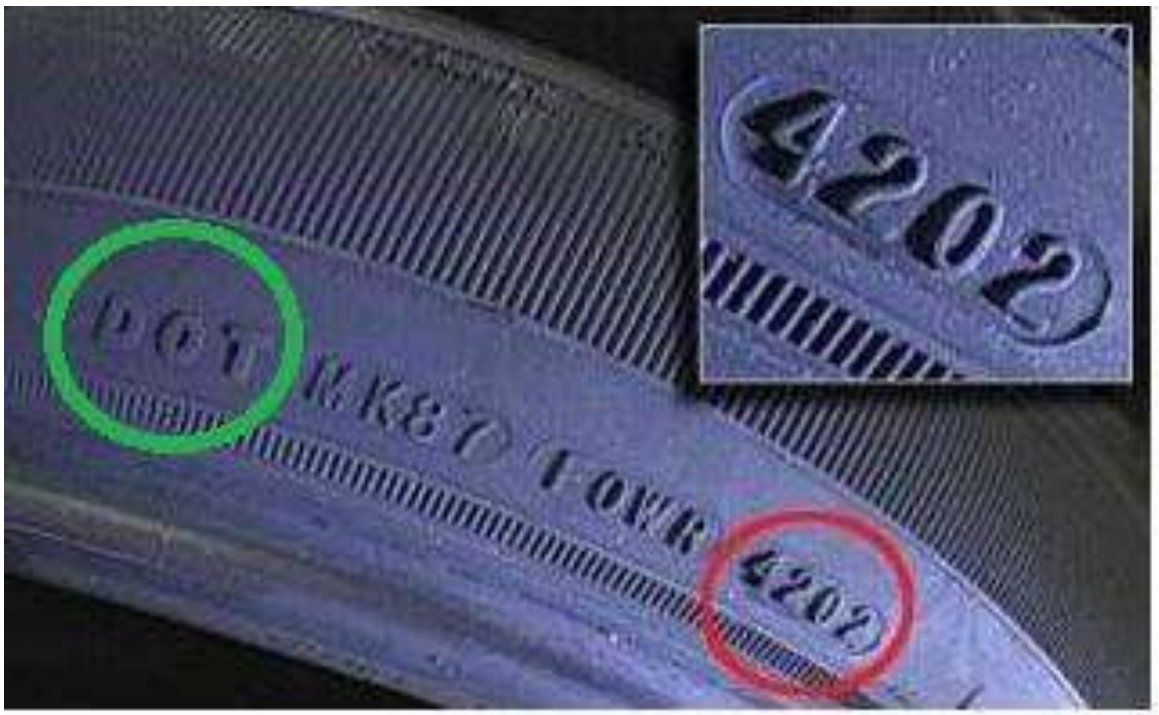
جدول رقم (1) رموز السرعة القصوى

رمز السرعة	L	M	N	P	O	R	S	T	U	H	V	W	Y
السرعة القصوى km /h	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	270	300

4- تأريخ الإنتاج (Date Codes):

يكتب تاريخ الإنتاج على جانب الإطار ويتكون من ثلاثة إلى أربعة أرقام يمثل الرقمان الأوليان من اليسار الأسبوع الذي أنتج به الإطار ويمثل الرقمان من اليمين سنة الصنع ويسبق هذه الأرقام الأربعة عادة كلمة مثل (DOT) وتعني تأريخ الإنتاج (Date Codes).

تجنباً لأخطاء التخزين وما ينتج عنه من انفجار الإطار وما قد يسببه ذلك من حوادث فمن الضروري اختيار الإطارات ذات الإنتاج الحديث. و يبين الشكل (6-7) طريقة قراءة التاريخ للإطار فعلى سبيل المثال (DOT4202): نلاحظ الرقمين على اليسار والتي تدل على الأسبوع الذي أنتج به الإطار وهو الأسبوع الثاني والأربعين والرقمين الآخرين على اليمين تدل على سنة الصنع وهي السنة الميلادي (2002)، (الأسبوع = 42، السنة 02= 2002).



الشكل (6-7) طريقة كتابة تاريخ الإنتاج

5- دلالة الحمل:

لكل إطار مطاطي أقصى حمل يمكن إن يتحمله وبعد ذلك يتعرض الإطار للانهيار ويتم تحديد مقدار الحمل المناسب في كتيب التشغيل الخاص بالسيارة، وغالباً ما يكتب على لوحة جانبية على باب السيارة الذي بجانب السائق، أما دلالة (رمز) الحمل في الإطار فإنها تكتب على جانب الإطار الى جانب دلالة السرعة وفي الشكل(6-5) فان دلالة الحمل يساوي(89)، وهذا يعني إن الطاقة التحميلية القصوى لكل إطار بما في ذلك وزن السيارة والركاب والحمولة هي (580kg) كما في الجدول رقم (2)، وبالإمكان معرفة رمز دلالة الحمولة وما يقابله من مقدار الحمولة القصوى في كتيبات الإطارات. وتقاس بالكيلوغرام أو الرطل، والجدول رقم (2) يبين رمز الحمولة القصوى وما يقابله من مقدار الحمل (kg) حسب المواصفات الأوربية للمنظمة الفنية للإطار.

جدول رقم (2)

مقياس حمل الإطار Load Index

الحمل (kg)	الرمز	الحمل (kg)	الرمز	الحمل (kg)	الرمز	الحمل (kg)	الرمز
1,400	120	800	100	450	80	250	60
1,450	121	825	101	462	81	257	61
1,500	122	850	102	475	82	265	62
1,550	123	875	103	487	83	272	63
1,600	124	900	104	500	84	280	64
1,650	125	925	105	515	85	290	65
		950	106	530	86	300	66
		975	107	545	87	307	67
		1,000	108	560	88	315	68
		1,030	109	580	89	325	69
		1,060	110	600	90	335	70
		1,090	111	615	91	345	71
		1,120	112	630	92	355	72
		1,150	113	650	93	365	73
		1,180	114	670	94	375	74
		1,215	115	690	95	387	75
		1,250	116	710	96	400	76
		1,285	117	730	97	412	77
		1,320	118	750	98	425	78
		1,360	119	775	99	437	79

مثال:

ماذا يُقصد بالأرقام والرموز (**205/65 R 15 94H**) التي وضعت على جانب الإطار المبين في الشكل (6-8)، وما هو تاريخ إنتاج الإطار، وفئة درجة مقامته للحرارة.



شكل(6-8) قياس الإطار المطاطي والأرقام والرموز

التوضيح:

205 : عرض الإطار (205mm).

65: نسبة الارتفاع الى العرض مضروبة X 100.

R: تعني (Radial) أي يحتوي الإطار المطاطي على حزام قطري كامل من الأسلاك أو خيوط النايلون.

15: قطر الطوق المعدني = 15 inch.

94: معامل الحمل للدلالة على أقصى مقدار للحمل الذي يتحمله الإطار قبل أن ينهار ويقابله مقدار الحمل في الجدول رقم (2) وهو (670kg).

H: رمز السرعة القصوى والتي تساوي (210km/ h) ، من جدول رقم (1) رموز السرعة القصوى.

تأريخ الإنتاج : (1908) ويعني الأسبوع = 19 ، السنة = 2008.

فئة درجة الحرارة : هي الفئة (A)،أي أن الإطار له أعلى معدل لمقاومة الحرارة.

8-6 أجزاء الإطار :

أهم صفات الإطارات المطاطية قابليّتها لامتصاص الصّدمات الناتجة عن وعورة الطريق .وتساعد الإطارات في توفير الراحة للركاب، وحماية الحمولات من اثر الصدمات الناتجة من خشونة الطريق وحمل وزن السيارة بوساطة الهواء المضغوط فيها وتتميز الإطارات المطاطية بقدرتها على الالتصاق بالطريق بإحكام لاحتواء سطح الإطار (المداس) على النقشة المكونة من الأخاديد وكثير من الفتحات الصغيرة.

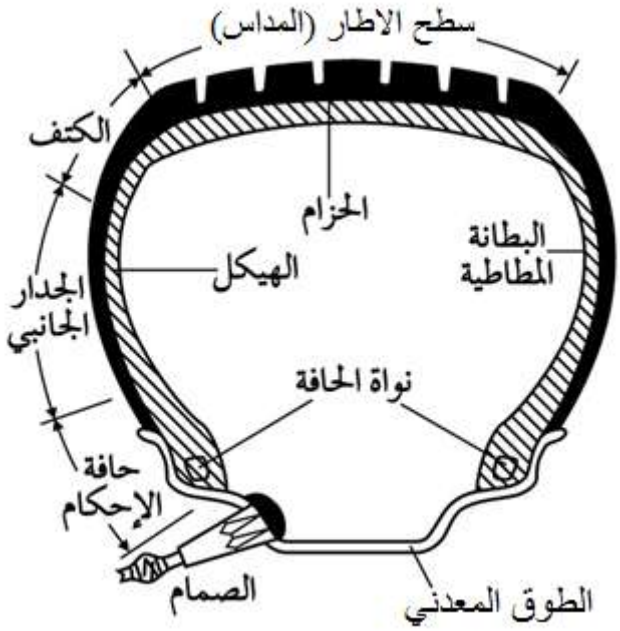
يقسم مقطع الإطار إلى الأجزاء الآتية وكما موضحاً بالشكل (6-9):

1- سطح الإطار (المداس).

2- الكتف.

3-الجدار الجانبي.

4- حافة الإحكام.



شكل (6-9) مقطع الإطار الخارجي وبنيته لسيارة سياحية من دون إطار داخلي

وتتكون بنية الإطار المطاطي من الأجزاء الآتية وكما مبين في الشكل (6-9):

6-8-1- نواة الحافة :

وهي مجموعة من الأسلاك الفولاذية المغطاة بطبقة مطاطية تشكل طوق دائري تعطي المتانة اللازمة لإحكام حافة الإطار على محيط الطوق المعدني ومنع خروج الهواء المضغوط.

6-8 -2-الهيكل :

ويتكون من عدة طبقات مطاطية مسلحة بالأسلاك الفولاذية أو بخيوط متينة من النايلون أو الحرير الصناعي أو البولستر إن هذه الطبقات تكون شكل الإطار كما إنها تعطي للإطار المتانة والمرونة اللازمتين لمقاومة التمدد والضغط الداخلي عند تعرض الإطار للتحميل والصدمات يتوقف تحديد عدد طبقات الإطار على ظروف وطبيعة عمله، حيث ان إطارات السيارات الصغيرة (الخاصة) تتألف من أربع طبقات بينما تتألف إطارات سيارات النقل الثقيلة والحافلات على (14) طبقة وفي بعض الآليات يصل عدد الطبقات فيها إلى (32) طبقة .

أنواع هيكل الإطار:

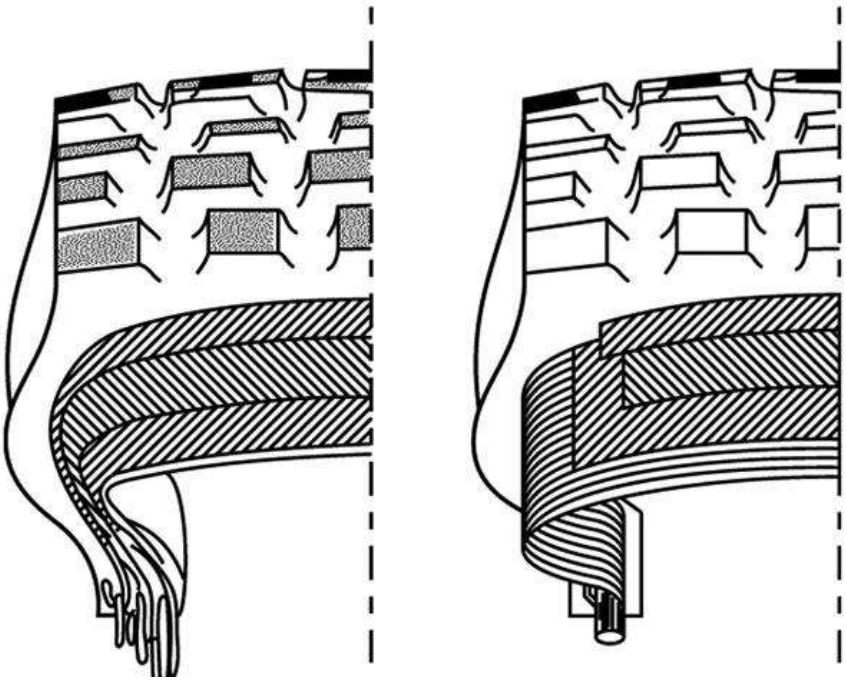
يوجد نوعان من هيكل الإطار لكل نوع طريقة تكوين يتميز بها عن غيره كما مبين في الشكل (6-10) وهي:

1- النوع المتقاطع: cross- ply car case

في هذا النوع تتجه خيوط طبقات الهيكل اتجاهاً ملتوياً (قطرياً) مع اتجاه دوران الإطار وتمتد من إحدى حواف الإطار الى الحافة الأخرى وتكون متقاطعة مع مثيلاتها في الطبقة.

2- النوع ألشعاعي :radial- ply car case

في هذا النوع تتجه خيوط طبقات الهيكل اتجاهاً عمودياً على اتجاه دوران الإطار وتتجه الخيوط على امتداد هذه الطبقة من حافة الى أخرى.



النوع ألشعاعي النوع المتقاطع

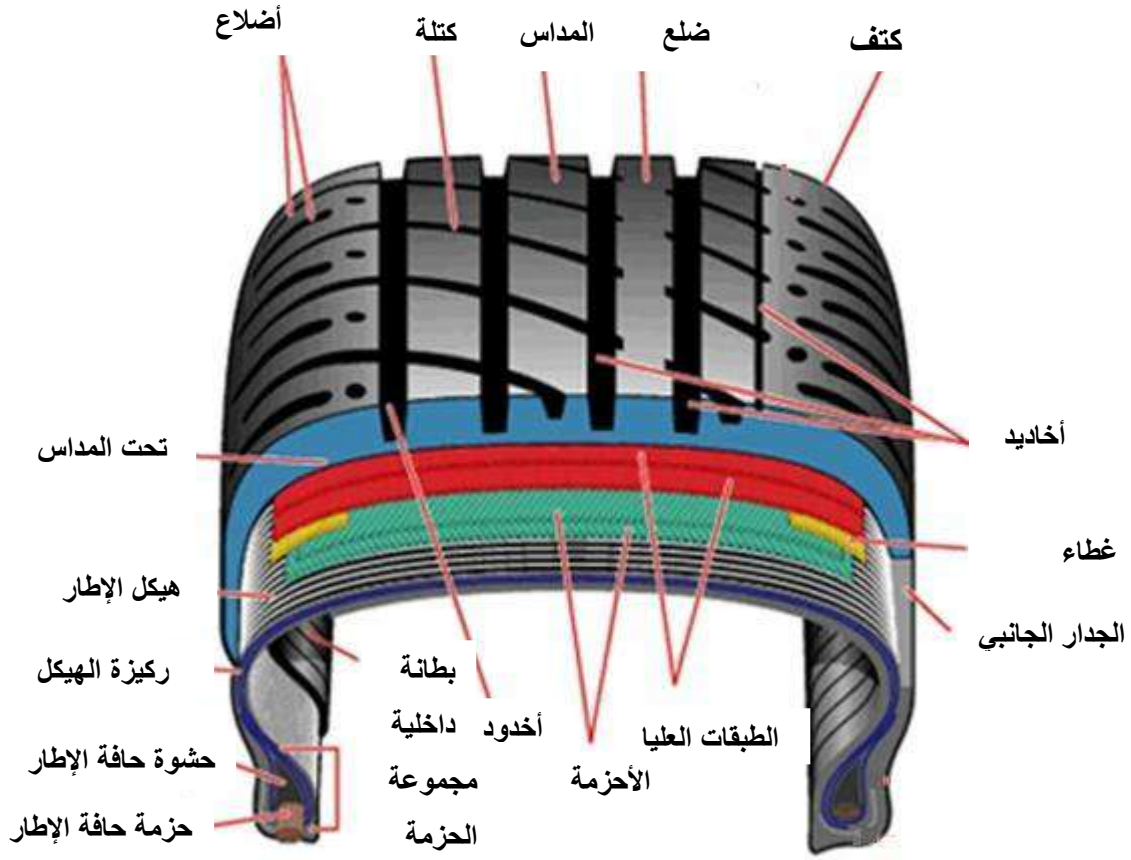
شكل (6- 10) أنواع هيكل الإطار

6-8-3- الطوق أو الحزام:

ويتكون من طبقات مطاطية مسلحة بالأسلاك الفولاذية أو بخيوط اصطناعية تشكل وسادة دائرية تحت المداس وفوق الهيكل وتقوم بتلقي الحمل الخارجي وتوزيعه على سطح الهيكل بانتظام وبذلك تعمل على مقاومة تشويه الإطار.

6-8-4- سطح الإطار (المداس):

وهو طبقة مطاطية خارجية تكون في تماس مباشر مع سطح الطريق وتوفر التماسك المطلوب معه، وتتصف بمقاومة التآكل والتلف الناتج من نتوءات الطريق بشكل يتناسب مع سمكها. الشكل (6-11) يوضح أجزاء الإطار المطاطي الداخلية والخارجية.



الشكل (6-11) أجزاء الإطار المطاطي

يحتوي سطح الإطار (المداس) على نقشات معينة تؤدي دوراً مهماً في تحقيق التماسك وهو يتميز بأخاديد لها عمق وشكل معينين. وتختلف نقشة سطح الإطار باختلاف أنواع المركبات (الدراجات أو السيارات أو حافلات الركاب أو الشاحنات أو الجرارات).

ويتم تصميم سطح الإطار ونوعية النقشة فيه على أساس ملائمتها للبيئة التي تعمل فيها والغرض الذي تؤديه بحيث تكون مناسبة للعمل على مختلف أنواع الطرق مثل المعبدة ، الوعرة ، المبللة أو الثلجية.

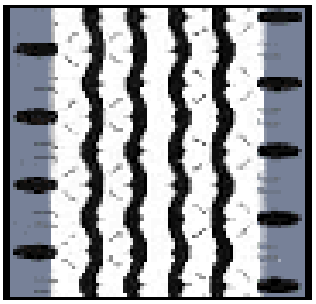
إن أهم الفوائد التي يمكن ملاحظتها من نقشة مداس الإطارهي :

1- احتواء البصمة (النقشة) الموجودة في سطح الإطار على الممرات والأخاديد بحيث ينساب الهواء في هذه الأخاديد، وبذلك تساعد على التقليل من درجة حرارة الإطار.

2- تعمل البصمة على زيادة الإمساك بالأرض الطينية أو الثلجية.

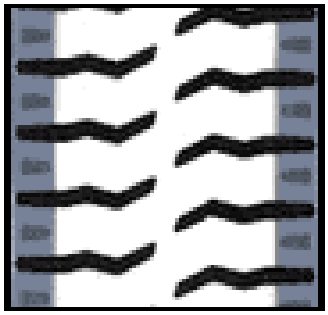
3- وجود الممرات والأخاديد يعمل على عدم انزلاق السيارة حيث تسمح هذه الممرات والأخاديد بمرور الماء أثناء السير بالطرق المبتلة.

ويوضح الشكل (6-12) أنواع الإطارات وأنواع البصمات واستعمالاتها.



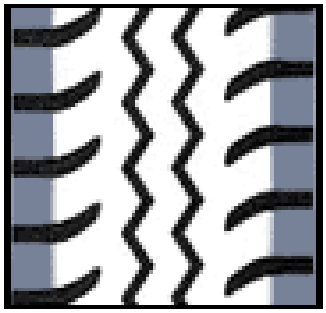
(أ)

يفضل استعماله للسيارات الصغيرة ولسيارات النقل وفي الطرق المعبدة



(ب)

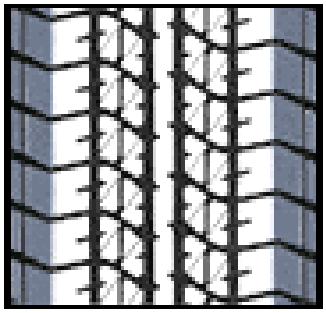
مناسب أكثر للطرق غير المعبدة وللعجلات الخلفية في الباصات والشاحنات



(ج)

- (يجمع مابين الشكلين السابقين)

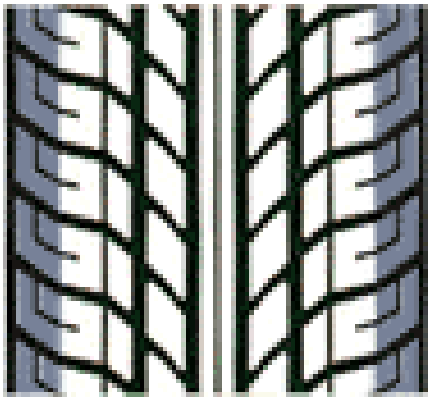
- يصلح للاستعمال في كلا من الطرق المعبدة وغير المعبدة يستعمل لكل من العجلات الأمامية والخلفية والشاحنات



(د)

- أداء جيد في السرع العالية

- يفضل استعماله للسيارات عالية الأداء



(هـ)

- أداء جيد للتحكم في السيارة وللتوقف على الأرض المبتلة
- يجب تركيبه في اتجاه صحيح
- يفضل استعماله لسيارات الركوب عالية السرعة



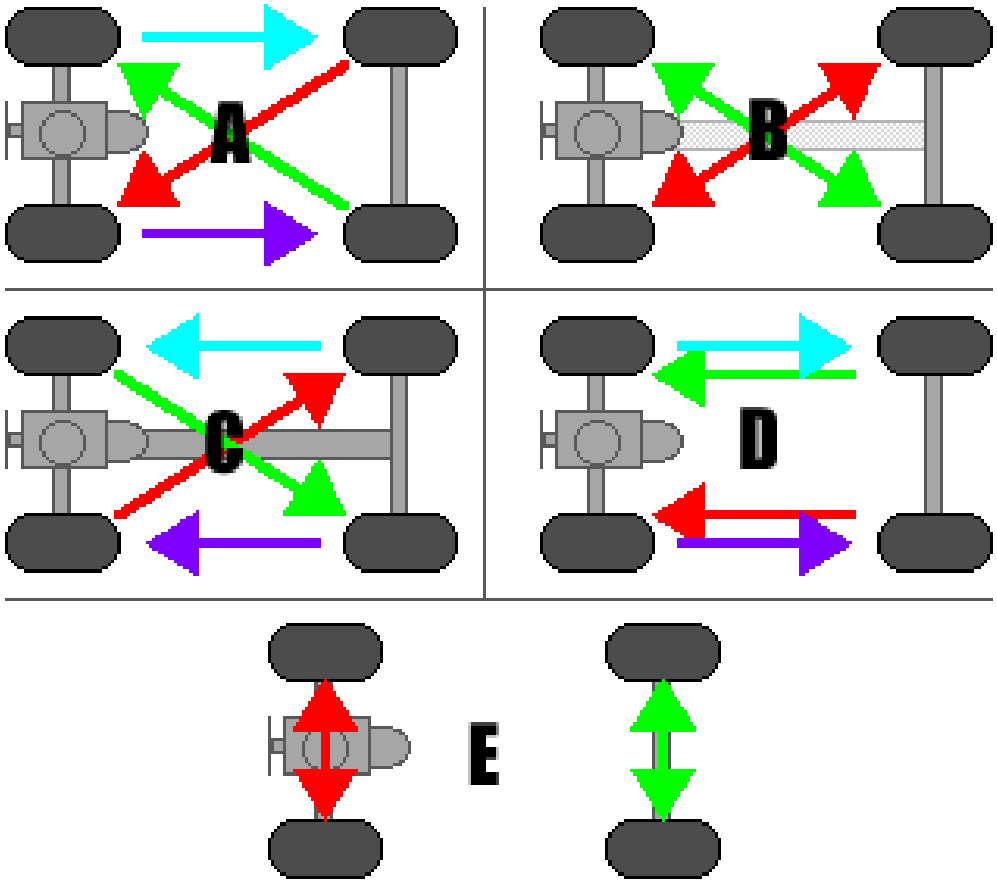
(و)

إطار الجرارات الزراعية

شكل(6-12) أنواع الإطارات والبصمات

9-6 تبديل (تدوير) مواضع الإطارات في السيارة:

لإطالة عمر الإطارات المطاطية وتساوي التآكل فيما بينها يجب تبديل مواضعها في السيارة بعد قطعها لمسافة (10000-8000 km) تقريباً ويوضح الشكل (6-13) إحدى طرق التبديل إذ أن الطريقة (B و A) تستعمل لتبديل الإطارات في السيارات ذات السحب الأمامي وتستعمل الطريقة (C و D) لتبديل الإطارات في السيارات ذات الدفع الخلفي أما الطريقة (E) فيمكن بها استبدال الإطارات للسيارات التي تستعمل إطارات أمامية يختلف حجمها عن الخلفية.



الشكل (6-13) عملية تدوير إطارات السيارات

6-10نظام المراقبة الالكتروني لضغط الإطار (T P M S) :

Tire Pressure Monitoring System

لأهمية الإطارات وكونها الأخطر في السيارة وما يسببه انخفاض الضغط داخل الإطار من فقدان للسيطرة على القيادة التي تؤدي أحيانا الى حوادث مرورية فضلاً عن زيادة استهلاك الوقود و تآكل الإطار واحتمال تمزقه وخاصة عند السرع العالية، هذا ما دعا الشركات المصنعة للسيارات الى وضع أنظمة مراقبة ضغط الهواء داخل الإطارات في السيارات الحديثة (T P M S) أما السيارات التي لاتحتوي على هذا النظام فبإمكان أصحابها تركيب هذا النظام فيها.

يتكون نظام (T P M S) من أربعة حساسات لاسلكية يثبت كل حساس على الإطار المعدني للعجلة وكما في الشكل (6-14)، ويعمل الحساس على إرسال إشارة تبين ضغط الهواء ودرجة حرارة الإطار الى جهاز استقبال يحتوي على شاشة في لوحة المقاييس أمام السائق ويقوم الجهاز بإعطاء تحذير باللون الأحمر وإصدار صوت تنبيه وقراءة على الشاشة لضغط الهواء عند الانخفاض أو الارتفاع عن المعدل المسموح به ويبين الشكل (6-15) شاشة النظام وعليها قراءة لمقدار ضغط الإطار والتحذير باللون الأحمر.



شكل (6-14) حساس ضغط الإطار على الإطار المعدني



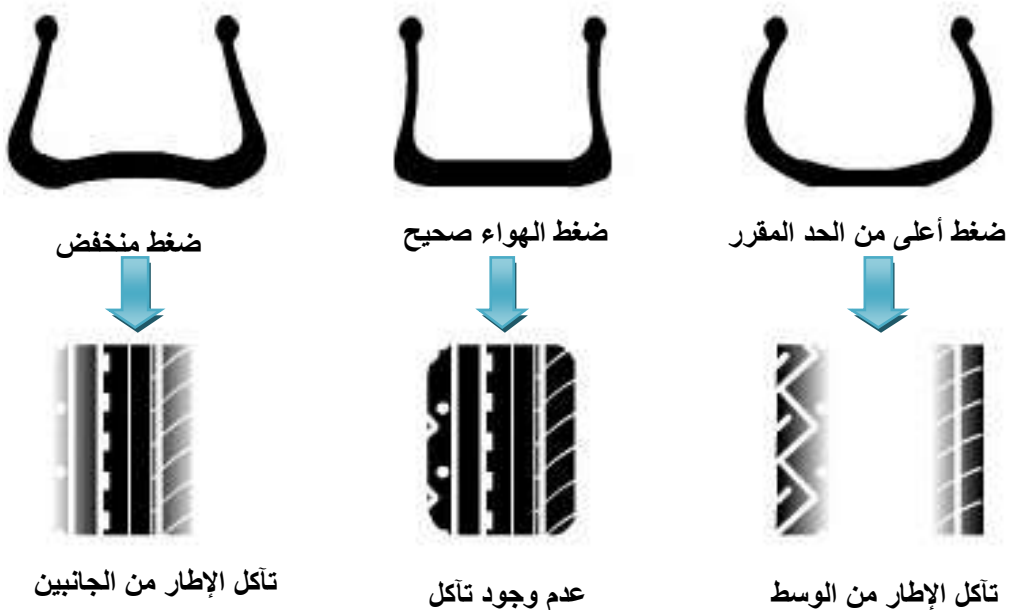
شكل (6-15) شاشة النظام عليها قراءة لمقدار ضغط الإطار والتحذير باللون الأحمر.

6-11 الاحتفاظ بالضغط داخل الإطار:

يجب الاحتفاظ بالضغط الصحيح للهواء داخل الإطار وحسب المواصفات الفنية الموجودة عليه لأن انخفاض ضغط الهواء يسبب صعوبة في التحكم بالعجلات الأمامية عند التوجيه وارتداد عجلة القيادة وصدور أصوات أثناء الاستدارة كما يسبب تآكل الإطار.

أما إذا كان الضغط أعلى مما يجب فان ذلك يؤدي الى تآكل الإطار بشكل غير منتظم ويقلل من راحة الركاب ويسبب التقليل من مرونة الإطار مما يؤدي إلى تمزق طبقات الألياف وخاصة عند تلامسها مع النتوء في الطريق والشكل (6-16) يوضح تأثير ضغط الهواء على الإطار.

وإذا كان ضغط الهواء داخل إطارات السيارة غير متساوٍ فان ذلك يعمل على إمالة السيارة الى إحدى الجهات وبالتالي صعوبة القيادة.



شكل (6-16) تأثير ضغط الهواء على الإطار المطاطي

المصطلحات الفنية

انكليزي	عربي
Tire Width	عرض الإطار
Wheel Rim	طوق العجلة
Bead Core	نواة الحافة
Carcase	الهيكل
Belt Or Breaker	الطوق أو الحزام
Tread	مداس الإطار
Shoulder	الكتف
Side Wall	الجدار الجانبي
Bead	حافة الإحكام
Wheel Diameter	قطر العجلة
Maximum Load	أقصى حمل
Inner Liner	الطبقة الداخلية
Radial	شعاعي
Grooving	الأخدود
Belts	الأحزمة

أسئلة الفصل السادس

س 1: ما هي مهمات الإطارات المطاطية؟

س 2: تكلم عن صناعة الإطارات المطاطية.

س 3: عدد أنواع الإطارات.

س 4: عدّد أنواع الإطارات ذات الهواء المضغوط وتحدث عن كل نوع.

س 5: على ماذا يعتمد ضغط الإطار؟

س 6: ما هي الفئات التي صنفت إليها الإطارات المطاطية بحسب الجو؟

س 7: ما المقصود برمز السرعة الذي نجده على جانب الإطار؟

س 8: ماهو رمز السرعة الذي يتم اختياره عند تبديل إطارات السيارة؟ ولماذا؟

س 9: ماذا يعني وجود الرمز(DOT 1908) على جانب الإطار؟

س 10: ماذا يقصد بالأرقام والرموز (**265/65 R 15 94H**) التي وضعت على جانب الإطار؟

س 11: عدّد أجزاء مقطع الإطار.

س 12: أذكر واشرح أنواع هيكل الإطار.

س 13: عدّد أجزاء بنية الإطار.

س 14: ما هو سطح الإطار وما وظيفته؟

س 15: ما هو أساس تصميم سطح الإطار ونوعية البصمة؟

س 16: ماهي الخصائص التي تحدد نوع بصمة الإطار؟

س 17: لماذا يتم تبديل مواضع الإطارات في السيارة ؟

س 18: كيف يتم تبديل (تدوير) إطارات السيارات ذات السحب الأمامي؟ وضح ذلك بالرسم.

س 19: كيف يتم تبديل (تدوير) إطارات السيارات ذات الدفع الخلفي؟ وضح ذلك بالرسم.

س 20: ارسم طريقة التدوير لإطارات السيارات التي تختلف حجوم إطاراتها الأمامية عن الخلفية.

س 21: ما الأسباب التي تدعو الشركات المصنعة للسيارات وضع أنظمة لمراقبة ضغط الهواء داخل الإطارات؟

س 22: ماهي المكونات التي يتكون منها نظام المراقبة الالكتروني لضغط الإطار (T P M S) .

س 23: ضرورة الاحتفاظ بضغط الإطار حسب المواصفات الفنية. علل ذلك.