

## الباب الخامس

5

نظام نقل الحركة

## الفصل الأول .. القوابض

### مُهَيِّدٌ

لكي يستفاد من حركة المحرك، فإنه يجب أن تنتقل هذه الحركة أو توصليها إلى العجلات، بواسطة ما يسمى بنظام نقل الحركة.

يدور المحرك دوراناً حراً قبل بدء تحرك المركبة، وعند تحرك المركبة فإنه يجب على المحرك أن يدور بأقل سرعة ممكنة، بدرجة تكفي لتسيير المركبة، فإذا كانت نسبة التخميض بين ترس الإدارة وترس التاج هي نسبة 5 : 1، هذا يعني أن يؤدي المحرك 5 دورات مقابل دورة واحدة للعجلتين الخلفيتين، ولقد أثبتت التجربة أن نسبة 5 : 1 غير كافية للسيارة، فمن اللازم عند بدء تسيير السيارة الحصول على تخميض أكبر للسرعة بين المحرك والعجلات المنقادة بنسبة 20 : 1 مثلاً، إذ أنه في هذه الحالة تتحرك السيارة ببطء أكثر، وعلاوة على ذلك فإنه يجب أيضاً التمكن من تسيير السيارة في الاتجاه الخلفي دون عكس اتجاه دوران المحرك.

يناقش هذا الباب نظام نقل الحركة بالمركبات المختلفة من خلال عرض فصلين. تتناول الفصل الأول الموضوعات المختلفة للقوابض، أما الفصل الثاني فإنه يتعرض لصناديق تروس تغيير السرعة بأنواعها المختلفة.

## نظام نقل الحركة

ينبغي أن يصمم المحرك بحيث يمكن استمرار دورانه في حالة وقوف السيارة، ويقال عندئذ إن المحرك يدور حراً (أي بلا تأثير على الأجزاء الأخرى) ، وللتمكن من وصل المحرك بمجموعة الحركة، تستخدم وسيلة تسمح بالإتصال المستمر بينهما عن طريق القابض، وهذه الوسيلة ضرورية أيضاً عند تغيير مقدار السرعة وعند الوقوف. وفي البداية يكون أحد جزئي القابض ساكناً (الجزء المتصل بنقل الحركة) بينما يدور الجزء الثاني (حداقة المحرك).

ويجب أن يدار الجزء الساكن شيئاً فشيئاً بواسطة الجزء الدائر إذ أنه لو عشق الأثنين معاً دفعة واحدة بأسرع من الوقت اللازم لصار التحميل كبيراً جداً على الجزء القائد، وهذا مما يسبب استهلاكاً سريعاً للسيارة، بل ويحتمل معه أن يتذبذب المحرك بشدة أو أن يتوقف عن العمل نتيجة للمقاومة الكبيرة التي يلقاها.

## القوابض Chtches

القوابض هي ترتيبات أو آليات ذات أشكال متعددة وظيفتها التحكم في حركة الوصل والفصل المؤقت .. أي نقل الحركة الدورانية(عزم الدوران) من عمود قائد إلى عمود منقاد، بحيث يدور الأخير ويتوقف حسب الرغبة بدون أن يتوقف العمود القائد عن الدوران. ويشترط التطابق التام لمحاور الأعمدة أو للأجزاء الموصلة، وأي إنحراف يسيئ إلى عمل القوابض يؤدي إلى تلفها.

صممت القوابض بصفة عامة من جزأين أساسيين أحدهما قائد والآخر منقاد، يعشق الجزء القائد مع الجزء المنقاد عن طريق ذراع خاص أثناء التشغيل، كما يمكن

توقف حركة الدوران بفصل الجزء المنقاد (بينما يظل الجزء القائد في حالة دوران).

### وظيفة القابض:

يستنتج مما سبق عرضه بأن القابض هي آلية لفصل ونقل القوة من المحرك وصندوق التروس، فعند تغيير التعشيق يتم فصل نقل الحركة لفترة زمنية قصيرة كنتيجة لفصل القابض، ومن ثم فإنه يمكن تليخيص وظيفة القابض في الآتي :-

1. بدء تشغيل المحرك والقابض في حالة فصل. ولكن بدء التشغيل يتم عادة والقابض مقرن، بينما يكون صندوق التروس في وضع تعشيق اللاحمل.

2. بدء حركة المركبة بوصل (إقران) القابض تدريجياً.

3. تغيير وضع التعشيق في صندوق التروس، من وضع تعشيق سرعة ما إلى وضع تعشيق سرعة أخرى، أو إلى الوضع المحايد لإيقاف السيارة والتعشيق مفصول، وبالإضافة إلى ذلك يمكن أن تنشأ ظروف لحظية أثناء السير، تتطلب إجراء فصل غير تام، كما هو الحال في مثل هذه الظروف :-

- حركة المركبة ببطء متناه، مع السماح بإنزلاق القابض.
- إنزلاق ذاتي لفترة وجيزة، عند زيادة التحميل زيادة كبيرة تفوق المعدل، حيث يعمل القابض على الوقاية من زيادة الحمل.

### الشروط التي يجب توافرها في القابض:

يشترط في القابض المستخدم في سيارات الركوب الحديثة، أن يكون مناسباً لسرعات السير العالية، وذا مقاومة بلي عالية، كما يجب أن يكون تشغيله سهلاً وسريعاً. أما بالنسبة للقوابض المستخدمة في سيارات الأغراض العامة (سيارات النقل والخدمات)، فإنه يجب أن تتصف في المقام الأول بطول عمرها وكبير مقدرتها علي نقل القوي، فعندما تصل نسبة القدرة إلى الوزن إلى للقيمة 5.88kw/t لشاحنة ذات مقطورة وزنها الكلي المسموح به 38t يصل عزم الدوران إلى 1200 Nm، وأن تكرر استعمال القابض

في الفصل والوصل لكل كيلومتر واحد، قد زاد زيادة كبيرة نتيجة لإرتفاع كثافة المرور تبعاً لطريق السير ونوع المركبة، فتكون القيمة المتوسطة لتكرار استعمال القابض بسيارة ركوب ذات قدرة دون 66kw حوالي 15 مرة لكل كيلومتر واحد.

بينما تصل القيمة المتوسطة لتكرار الاستعمال لحافلات المدينة إلى ضعف هذا الرقم، وتتراوح قيم تكرار استعمال القابض للسيارات والمركبات العاملة بين المدن وعلى الطرق السريعة، بين 0.8 km و 1.0km

### أنواع القوابض: Kinds of clutches:

توجد للقوابض الأنواع الأساسية التالية :-

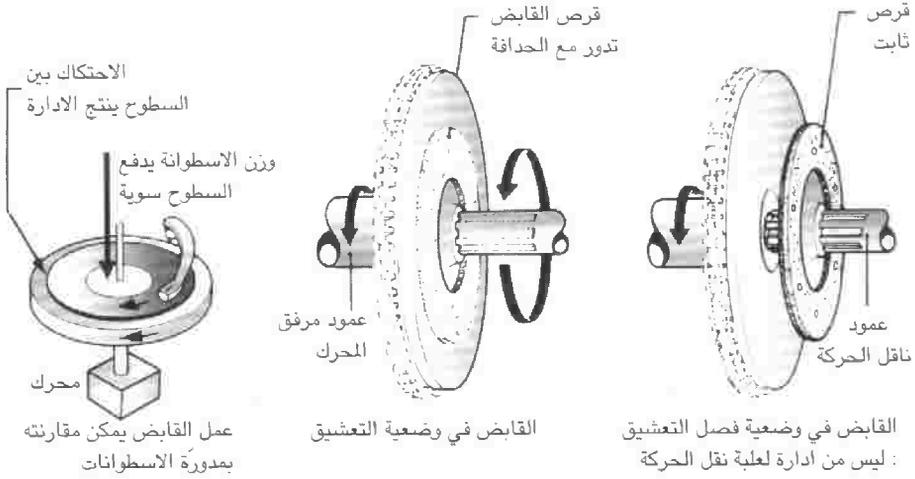
1. القابض الإحتكاكي.
2. القابض الكهرومغناطيسي.
3. القابض الهيدروليكي.
4. قابض الأمان.

### القوابض الاحتكاكية:

يتمثل مبدأ عمل القابض الاحتكاكي الموضح بشكل 5 - 1 في قيام لوحة إحتكاكية بين حدافة المحرك ولوحة مضغوطة بواسطة نابض (ياى أو سوسته)، ينقل الإدارة إلى صندوق التروس. ومدى الإدارة محكوم بالقوة القامطة للوحة.

ينتج عن عملية إنزال دواسة السائق فصل التعشيق وذلك بإبعاد الأسطح الاحتكاكية بعضها عن بعض خلال هذه العملية، يقوم السائق بإلغاء قوة القمط للنابض (الياى). والبدء بالحركة الصاعدة للدواسة ينتج عنها إعادة الاحتكاك بين الأسطح.

الاستمرار في حركة الدواسة التصاعدية ، يسمح بإنطباق كامل لقوة النابض على لوحة الإدارة، مما يحمل جميع اللوحات على الدوران بالسرعة نفسها، أى دون إنزلاق.



شكل 5 - 1

### مبدأ عمل القابض الاحتكاكي

تعمل القوابض الإحتكاكية إما كقوابض جافة، أو مغمورة في زيت ( قوابض الزيت، القوابض المبللة أو الرطبة). وتستنلزم الأحمال الكبيرة بصفة خاصة ، استعمال النوع الأخير، حيث يقوم الزيت كذلك بتبديد الحرارة الناتجة عن الاحتكاك.

الأجزاء الفعالة في القوابض الإحتكاكية هي الأسطح الاحتكاكية التي تضغط على بعضها البعض بواسطة نوابض (بايات أو سوست). ويوضح شكل 5 - 2 (1-165) مبدأ عملها، حيث يكون احتكاك الالتصاق المتولد بين الأسطح ذا أهمية خاصة، ويتوقف مقدار هذا الاحتكاك على الآتي :-

- نوع المواد المتقابلة (المحتكة).
- درجة حرارة البطائن.
- درجة جودة أسطحها.
- قوة ضغط القوابض.

تعتبر النقطة المذكورة أخيراً عاملاً حاسماً بالنسبة للبلبي، وبالتالي بالنسبة لعمر

القباض .

## أنواع القوابض الإحتكاكية : Friction Clutches

تستخدم القوابض الإحتكاكية فى توصيل وفصل حركة دوران عمودين بسرعات عالية وأنواعها كالآتي:-

1. القابض الإحتكاكي المخروطى .
2. القابض الإحتكاكي مفرد القرص .
3. القابض الإحتكاكي مزدوج القرص .
4. القابض الإحتكاكي المتعدد الرقائق .
5. القابض الإحتكاكي ذو الطرد المركزى

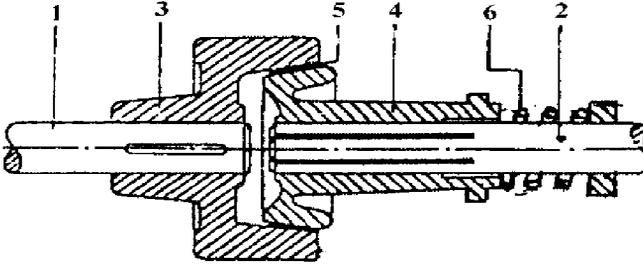
### أولا : القابض الإحتكاكي المخروطي The conical friction clutch

يتكون القابض الإحتكاكى المخروطى الموضح بشكل 5 - 2 من جزأين أحدهما مخروط داخلى والآخر مخروط خارجى ، أسطحهما المتقابلة مخشنة.

يثبت الجزء الأول من القابض وهو ذي مخروط داخلى 3 على العمود القائد 1 بحيث يدور معه . والجزء الثانى من القابض وهو ذي مخروط خارجى 4 ، ينزلق على عمود ذو مجارى إنزلاق وهو العمود المنقاد الحر 2 المثبت على نفس محور العمود القائد.

يتم حركة التوصيل والفصل يدويا عن طريق ذراع متصل بنابض لولبى (باى) حيث تتلامس الأسطح المخروطية المخشنة ، يكون مساحة التلامس فيها على شكل مخروط ناقص 5 لينقل عزم الدوران إلى العمود المنقاد الحر 2.

الغرض من إستخدام الأسطح المخروطية للتعشيق بالقابض هو إمكان نقل عزم دوران أكبر دون الحاجة إلى إستعمال نوابض (بايات) قوية.



شكل 2 - 5

### القابض الإحتكاكى المخروطى

1. العمود القائد.
2. العمود المنقاد.
3. الجزء الأول من القابض (ذو مخروط داخلى) مثبت على العمود القائد.
4. الجزء الثانى من القابض ينزق على العمود المنقاد ويتحرك في الإتجاه المحورى.
5. أسطح إحتكاك .. مساحة التلامس فيه على شكل مخروط ناقص.
6. نابض لولبى .. (باى).

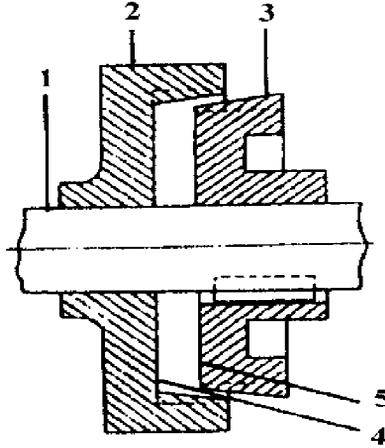
### مميزات إستخدام الأسطح المخروطية بالقوابض :

يتوقف قوة الإحتكاك بين السطحين المتلامسين على القوة العمودية بينهما ، ويمكن زيادة القوة العمودية بإستعمال سطحين مخروطيين ، دون زيادة ضغط النوابض (البايات) ، وذلك بسبب نشأة قوة الإحتكاك الناتجة عن تأثير الأسطح المائلة . لذلك تتميز أسطح التعشيق المخروطية بنقل عزم دوران أكبر .

### صيانة القوابض الإحتكاكية المخروطية :

بعد فترة طويلة من إستعمال القابض المخروطى الموضح بالرسم التخطيطى بشكل 3 - 5 ، يحدث تآكل بالسطحين المخروطيين المتلامسين ، ومع استمرار هذا التآكل وإهمال صيانتة ، يحدث تلامس بين القرصين 4 ، 5 .. الأمر الذي يؤدي إلى عدم التعشيق الكافى بجزئي القابض.

وتتلخص صيانة الأقراص المخروطية للقابض بخراطة السطحين 4 ، 5 بهدف إحداث خلوص جديد للتحرك المحورى للقرص المتحرك.



شكل 5 - 3

### القابض الإحتكاكي المخروطي

- 1- عمود.
- 2- قرص بمخروط داخلي.
- 3- قرص بمخروط خارجي.
- 4- السطح الجانبي للقرص المخروطي الداخلي.
- 5- السطح الجانبي للقرص المخروطي الخارجي.

في حالة التآكل الشديد للأسطح الإحتكاكية يخرط السطح الخارجى أو الداخلى المخروطى بمقدار 2 : 3 ملليمتر كما هو موضح بالشكل بالخطوط المنقطعة ، ويركب على القرص الخارجى أو بالقرص الداخلى جلب من الزهر أو الصلب ، أو بطانة إحتكاكية جديدة بطريق الكبس أو اللصق ، ثم يعالج القرص الخارجى أو الداخلى المركب بخراطته لإكتسابه الشكل والأبعاد اللازمة لتحقيق التلاصق الكامل بين الأسطح المخروطية.

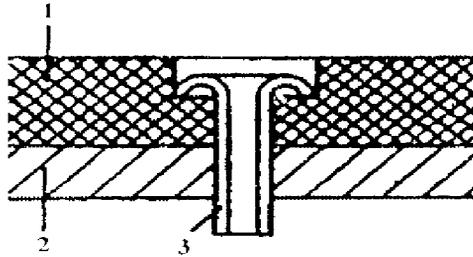
### بطانة الأسطح المتلامسة بالقابض :

تستخدم القوابض المخروطية التي يعشق فيها مخروط ذكر معدني مع مخروط أنثى معدني ،وعلى ذلك يكون تلامس معدن مع معدن ، ومثل هذه القوابض تكون في العادة محكمة الغلق ، وبذلك يمكن حفظ الزيت فيها لغرض تزييت الأسطح المتلامسة ، ويعمل الزيت بطبيعة الحال على تخفيض معامل الإحتكاك بين الأسطح المتلامسة ، كما أنه يجعل التعشيق أكثر نجاحاً.

تعمل القوابض المخروطية (جافة) حيث يحفظ الزيت بعيداً عن الأسطح المتلامسة ، ويكون المخروط الذكر مغطى بطبقة من النسيج الإحتكاكي أو ببطانة مركبة ، وعلى ذلك يكون معامل الإحتكاك أكبر منه في حالة تلامس معدن مع معدن.

### تثبيت البطانة مع قرص القابض :

تحكم البطانة عادة مع المخروط الذكر أو مع قرص القابض بمسامير برشام من النحاس الأحمر أو الألومنيوم ، بحيث تكون رؤوس مسامير البرشام بأسفل سطح البطانة ، بحيث لا تحتك مع سطح المخروط الأنثى كما هو موضح بشكل 4 - 5.



شكل 4 - 5

تثبيت البطانة مع قرص القابض

1- بطانة القابض.

2- قرص القابض.

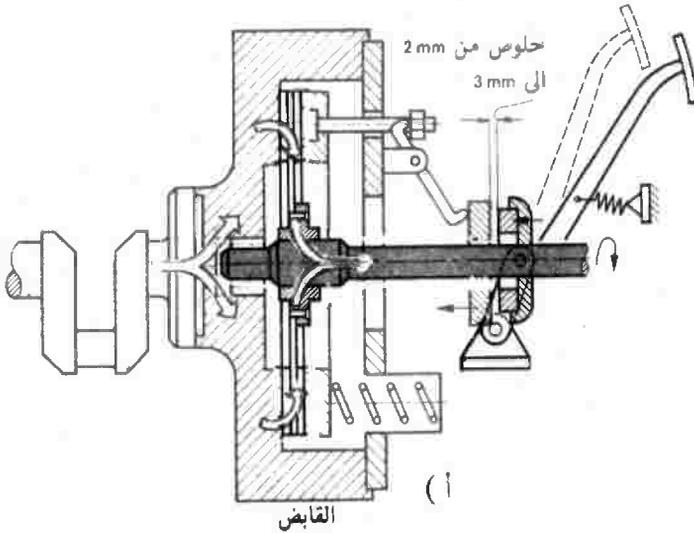
3- مسمار برشام مجوف ذو رأس غاطس.

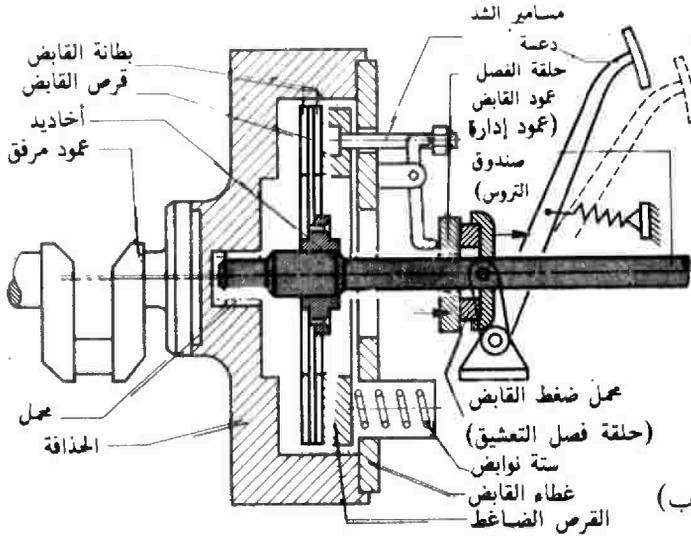
### ثانيا : القابض الإحتكاكي مفرد القرص Single - disc friction clutch

يستخدم القابض الإحتكاكي مفرد القرص الموضح بشكل 5 - 5 بالسيارات ووسائل النقل المختلفة.

تنتقل الحركة (عزم الدوران) من الحدافة المثبتة على عمود المرفق إلى القابض لنقلها إلى صندوق تروس السرعات ، لإختيار السرعة المناسبة التي تسير بها السيارة.

تبلغ قيمة الضغط المسموح بها على الأسطح المحتكة ما بين  $20 \text{ N/cm}^2$  .  $50 \text{ N/cm}^2$  للبطائن التي يدخل الاسبستوس في تركيبها. وكان يعطي في الماضي مقدار عزم الدوران (M) الممكن نقله بأمان، عن طريق ترقيم أنواع القوابض، فعلي سبيل المثال كان الترقيم k12، يعني عزم دوران قدره M-120Nm . أما اليوم فتعطي أقطار الأقراص كرمز بديل.





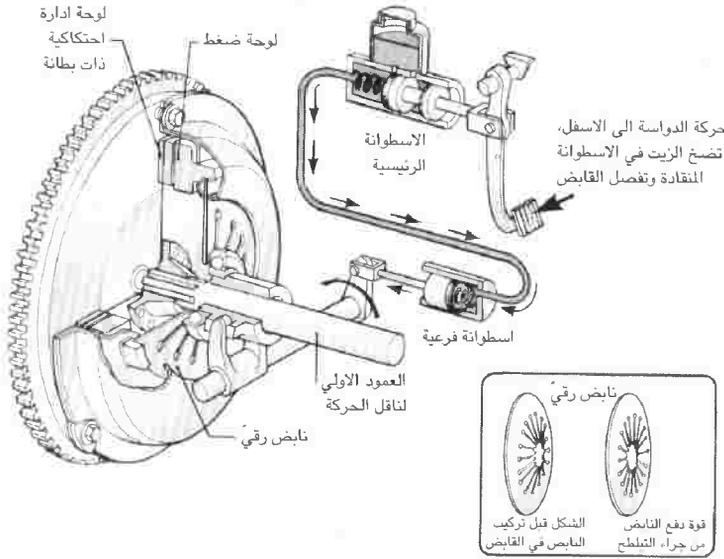
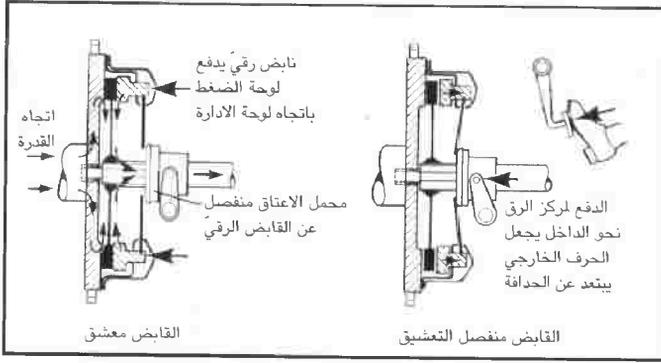
شكل 5 - 5

### قابض احتكاكي جاف مفرد القرص

- (أ) حالة الوصل (الإقزن): يعمل المبيت المثبت بالحدافة بواسطة مسامير ملوابة على إدارة القرص الضاغط الذي يضغط بدور، على قرص القابض على الحدافة، تحت تأثير قوة ضغط النوابض (اليابات) وتوضح الأسهم مسار انتقال القوة.
- (ب) حالة الفصل: يؤدي الضغط على دعمة القابض إلى تحرك كل من جهاز فصل التعشيق والأطراف الداخلية لروافع الفصل، مبتعدين عن القرص الضاغط (القرص المنقاد). وبالتغلب على قوة ضاغطة النوابض يتحرك القرص الضاغط بعيداً عن قرص القابض الدوار ليفصل مسار انتقال القوة.

أكثر أنواع القوابض الاحتكاكية من النوع الجاف، أي أنها لا تعمل في الزيت، حيث يفقد القابض قدرته على العمل إذا وصل الزيت إلى البطانة الاحتكاكية المكونة من الإسبستوس.

تستخدم أكثر المركبات قابض أحادي القرص .. أي بقرص مدار واحد حيث أن هذا التصميم ذو فاعلية أعلى عند عملية التعشيق والفصل شكل 5 - 6.



شكل 5 - 6

### فصل وتعشيق القابض

#### مميزات القابض الاحتكاكي الجاف مفرد القرص:

- يتميز القابض الإحتكاكي الجاف مفرد القرص بالمميزات التالية :-
- 1. عدم الحساسية لسرعات الدوران العالية.
- 2. الحصول على نفس قوة الضغط من تصميمات بأبعاد أصغر.

3. قوة فصل أصغر، تتطلب قوة أقل لتشغيل الدعسة.
4. عدم الحاجة إلى روافع الفصل .. (عدد أقل من الأجزاء المعرضة للبلي).
5. غالباً ما يكون القرص الضاغط أكثر سمكاً، وبالتالي يمتص كمية حرارة احتكاك أكبر.

### ثالثاً : القابض الاحتكاكي الجاف مزدوج القرص:

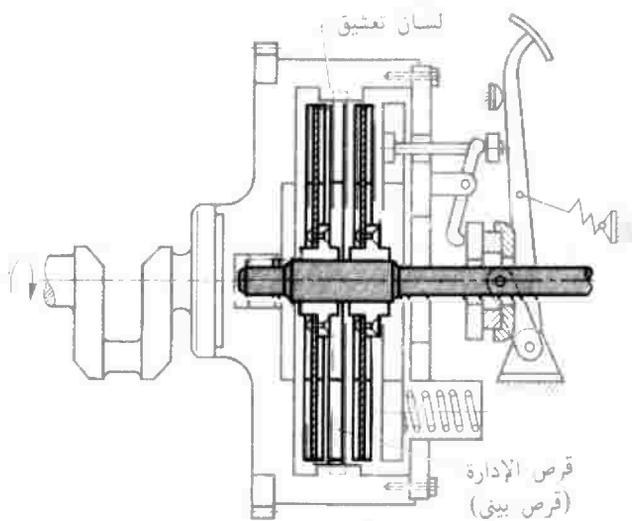
#### Double - disc friction clutch

تستخدم بالمركبات الآلية القابض الاحتكاكي الجاف مزدوج القرص الموضح بشكل 5 - 7 عندما يتعدي قيم عزم الدوران للتحميل المتوسط للمركبة عن 600Nm وللتحميل العالي إلى حوالي 800 Nm.

ينزلق قرص الإدارة على خوابير انزلاق في اتجاه محوري، وتثبيت في الحدافة بواسطة مسامير ملولبة.

ويمكن نقل عزم دوران حتى 1000Nm بقرص واحد، يبدو أن قطر القرص سيبلغ عندئذ 450mm، في حين يبلغ القطر 380mm عندما يستخدم قرصان. وغالباً ما يؤدي الترتيب الترادفي إلى انخفاض شوط الفصل لكل من القرصين. وكثيراً ما يتسبب تراوح الأقراص أو الاعوجاج الحراري الضئيل للبطائن في تعريض عملية الفصل السليم للقابض للمصاعب، ويمكن إبعاد القرص البيني في حالة الفصل باستخدام تجهيزة إضافية مناسبة، مثل مجموعة من الروافع تعمل تحت تأثير نابض، ويكون القرص البيني في تصميمات أخرى معلقاً بنوابض ورقية (يايات ورقية)، بحيث تتساوي مسافات التباعد عند فصل القابض. ويتزايد استخدام النوابض الغشائية في هذا النوع من القوابض.

يضبط القابض مزدوج القرص بالطريقة المعتادة، طالما كان يلي القرصين متساوياً. ومن الطبيعي أن تجري عملية الضبط على فترات متقاربة. أما في حالة عدم تساوي البلي (التآكل)، يصبح إجراء عملية الضبط بوصلات تشغيل القابض غير ممكنة.



شكل 5 - 7

## قباض جاف مزوج القرص

## رابعاً : القباض الإحتكاكي المتعدد الرقائق Multi-leaf friction clutch

القباض الإحتكاكي المتعدد الرقائق كثيراً ما يسمي أيضاً بالقباض الرقائقية. يعمل جافاً أو في زيت ، عادة يكون قطر هذا القباض صغيرة.

يتكون القباض الإحتكاكي المتعدد الرقائق من عدد كبير من أزواج أسطح الإحتكاك .. وهي عبارة عن رقائق معدنية من الصلب على هيئة أقراص.

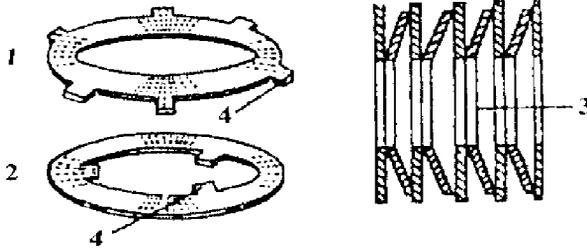
## أقراص القباض المتعدد الرقائق:

ترتب الرقائق بانتظام ، بحيث تكون أزواج الرقائق بتسلسل (قرص خارجي ثم قرص داخلي ثم قرص خارجي آخر ..... وهكذا)، بحيث يدور بعضها كجزء واحد مع الحدافة ، بينما يدور الجزء الآخر مع المحور الرئيسي لصندوق تروس السرعات . ينقل عزم الدوران من القباض المتعدد الرقائق عن طريق الإحتكاك.

تثبيت أقراص (الرقائق) بتسلسل كما هو موضح بشكل 5 - 8 مع قفص القباض

ومع الصرة، بحيث تكون قابلة للإنزلاق محورياً من خلال حركتها على مجاري إنزلاق باستمرار، ففي وضع السير تضغط مجموعة من النوابض أو يضغط نابض مركزي على مجموعة الرقائق لتضمها على بعضها البعض، حتى لا يكون هناك إنقطاع في انتقال القوة. وبتشغيل القابض يتم التغلب على قوة النوابض وتحرر الأقراص.

تتوقف قياسات الرقائق على قطر وسمك كل منهم ، والمجموع الكلي لهذه الرقائق ، وعلى مقدار عزم الدوران المنقول.



شكل 5 - 8

أزواج أسطح إحتكاك القابض (الأقراص)

1. القرص الخارجي.
2. القرص الداخلي.
3. مجموعة من الأقراص (الرقائق).
4. حذبة.

تتسم الرقائق التي تعمل في الزيت بإنخفاض البلي (التآكل) الناتج عن الاحتكاك، كما أنها تضغط ضغطاً مرناً كي تنقل عزم الدوران.

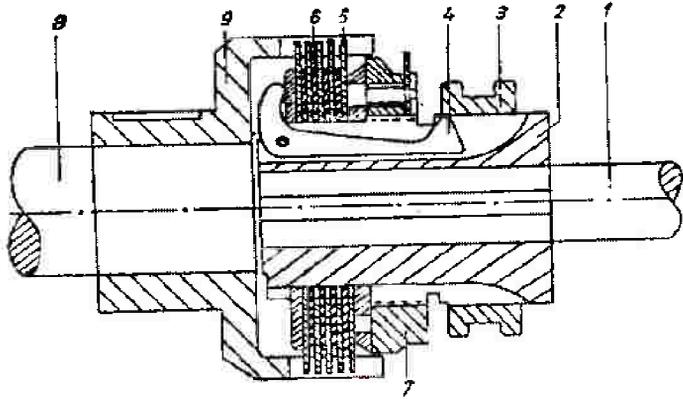
يمكن استبدال النوابض بروافع لتجهيزات التشغيل والفصل (الإعتاق)، بحيث تتخذ أشكالاً مختلفة.

تستخدم الأقراص المصنوعة من خليط الاسبستوس واللدائن الإصطناعية. كما تستعمل في بعض الحالات أقراص مصنوعة كلها من المعدن (صلب وحديد زهر أو

سبيكة من النحاس والقصدير).

يتم تشغيل القابض المتعدد الأقراص من خلال قضيب ضاغط يمر خلال أحد أعمدة الإدارة.

شكل 5 - 9 يوضح قابض متعدد الرقائق أثناء التعشيق لنقل الحركة وعزم الدوران من العمود القائد 1 ، وذلك عند تحرك مقبض الرافعة المثبتة بالصندوق الخارجي لمجموعة تروس السرعات ، لتتزلق الحلقة الأسطوانية 3 لتتضغط على المجموعة المتعددة من الرقائق الخارجية والداخلية 5 ، 6 لتقابل بعضها البعض مولدة ضغطاً عالياً بينهم داخل الوعاء الأسطواني للقابض 9 ليتم نقل الحركة وعزم الدوران إلى العمود المنقاد 8.



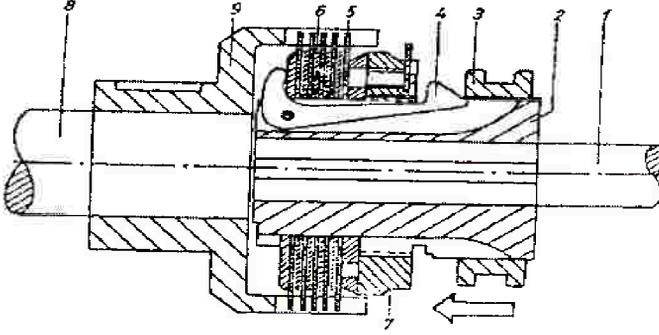
شكل 5 - 9

قابض إحتكاكى متعدد الرقائق في حالة التعشيق

1. العمود القائد.
2. الغلاف الداخلي للقابض.
3. حلقة متحركة.
4. ذراع تحكم.
5. الرقائق الداخلية التي على شكل أقراص ببروز داخلي.
6. حلقة لضبط إنضغاط الرقائق.
7. العمود المنقاد.
8. العمود القائد.

5. الرقائق الخارجية التي على شكل أقراص 9. الغلاف الأسطواني الخارجي للقابض.  
ببروز خارجي.

كما يوضح شكل 5 - 10 قابض إحتكاكي متعدد الرقائق في حالة الفصل (التوقف عن التشغيل) ، حيث يتحرك مقبض الرافعة المثبت بالصندوق الخارجي لمجموعة تروس السرعات لإنزلاق الحلقة 3 ، بحيث تكون في وضع الفصل ، لينطلق البروز الخارجي لأذرع التحكم الثلاثة التي تظهر أحدهم 4 لتبتعد مجموعة الرقائق المتعددة (الخارجية والداخلية) 5 ، 6 عن الوعاء الأسطواني للقابض 9 لتتم عملية الفصل.



شكل 5 - 10

قابض إحتكاكي متعدد الرقائق في حالة الفصل

1. العمود القائد.
2. الغلاف الداخلي للقابض.
3. حلقة متحرمة.
4. ذراع تحكم.
5. الرقائق الخارجية.
6. الرقائق الداخلية.
- 7.
8. حلقة لضبط إنضغاط الرقائق.
9. العمود المنقاد.
10. الغلاف الأسطواني الخارجي للقابض.

يفضل استخدام القابض المتعدد الرقائق بالمركبات ثنائية العجلات كالدراجات النارية نظراً لبساطة تصميمه وقدرته على نقل عزم دوران أكبر.

يستخدم القابض الإحتكاكي المتعدد الرقائق في توصيل وفصل حركة الدوران بصناديق سيارات الركوب الفاخرة وسيارات النقل والجرارات ..... وغيرها، كما تستخدم في المركبات التي تتطلب بها التحكم في التعشيق للتشغيل أو للإيقاف كما هو الحال في الدراجات النارية نظراً لبساطة تصميمه وقدرته على نقل عزم دوران كبير.

يتميز القابض الإحتكاكي المتعدد الرقائق عن القابض مفرد القرص في نقل عزم دوران أكبر، كما يمكن زيادة عزم الدوران عند إستخدام قابض بعدد رقائق أكثر وبأقطار أكبر.

### الأجهزة المساعدة لتشغيل القابض:

قد تظهر صعوبات في إدخال وتوصيل أذراع تشغيل القابض في المركبات ذات المحرك الخلفي، وكذلك في المركبات ذات المحرك الأمامي، وكما هو الحال في الفرامل تستعمل أجهزة هيدرولية مساعدة، يمكن بواسطتها أحداث تقوية إضافية لقوة التشغيل. ونجد كذلك حلاً لمناظرة في طريقتها لمركبات الخدمات الشاقة، مثل الاستفادة من أجهزة الهواء المضغوط الموجودة بها أصلاً في هذا السبيل.

### خامساً : القابض الإحتكاكي ذو الطرد المركزي

The centrifugal friction clutch

يستخدم القابض الإحتكاكي ذو الطرد المركزي في وصل وفصل عمودين أحدهما قائد والآخر منقاد.

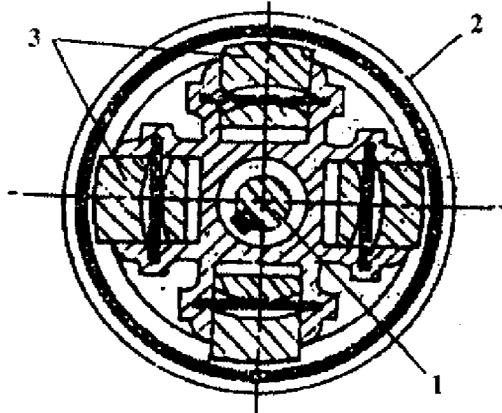
تتلخص فكرة قابض الطرد المركزي الموضح بشكل 5 - 11 في تثبيت أثقال صغيرة (لحم مغطاة بمادة إحتكاكية) بوضع يسمح لها بالحركة في إتجاه نصف قطري داخل طوق القابض (وعاء أسطواني صغير)، حيث تتم عملية نقل عزم الدوران من العمود القائد إلى العمود المنقاد عند وصول العمود القائد إلى سرعة معينة، وبذلك يساعد قابض الطرد المركزي في نقل عزم الدوران بسهولة وبدون تحميل في البداية.

عندما يصل الجزء الداخلي المثبت على العمود القائد إلى سرعة دوران كبيرة بالقدر الكافي، تتحرك الأتقال الصغيرة (اللقم) مع بعضها البعض في مجارى خاصة تسمح لها باتجاه نصف قطري إلى الخارج لتضغط على الجزء الخارجي (الجزء الثاني من القابض) ليصل عزم الدوران إليه.

توجد نوابض لولبية (بايات) لتثبت اللقم مع الجسم الداخلي لطوق القابض بحيث تسمح لها بالحركة، الغرض منها هو عدم ملامسة اللقم لحافة الطوق الداخلي في السرعات البطيئة)، لعدم نقل حركة العمود القائد إلى العمود المنقاد قبل الوصول للسرعة المعتادة)، لذلك فإن القابض يفصل تلقائياً عند إنخفاض سرعة الدوران.

تستخدم قوابض الطرد المركزي في وسائل نقل الحركة ذات الظروف الصعبة لبدء الدوران مع إستعمال محرك ذو قدرة أقل.

يتميز قابض الطرد المركزي في نقل عزم الدوران من المحرك الكهربائي إلى الأجزاء المطلوب تشغيلها بسهولة وبدون حمل في البداية ، ومن ثم فإن بدء حركة الدوران (حركة التشغيل) تنتصف بالهدوء.



شكل 5 - 11

القابض ذو الطرد المركزي

1. العمود القائد.
2. طوق القابض.
3. لقم .. أثقال صغيرة.

### القوابض الكهرومغناطيسية : Electromagnetic Clutches

تتخلص فكرة القابض الكهرومغناطيسي بإستخدام حافظة مغناطيسية بجوار الأقراص (الرقائق الإحتكاكية)، كما يزود بملف كهربائي لزيادة قوى الجذب، يتم توصيله بأسلاك كهربائية وذلك لإمكان تشغيله عن بعد، لذلك فإنه يعتبر من القوابض الإحتكاكية حيث تنضغط الأسطح المحتكة بواسطة قوى الجذب المغناطيسي الكهربائي (الكهرومغناطيسي).

توجد القوابض الكهرومغناطيسية ذات أسطح محتكة بأشكال مختلفة، إلا أن أكثرها إنتشاراً هي القوابض الكهرومغناطيسية ذات الأقراص.

تستخدم القوابض الكهرومغناطيسية في التحكم بحركة الوصل والفصل المؤقت بصناديق تروس المركبات الآلية. فيما يلي عرض أكثر القوابض الكهرومغناطيسية إنتشاراً.

#### (أ) القابض الكهرومغناطيسي مفرد القرص:

##### The Single disc electromagnetic clutch

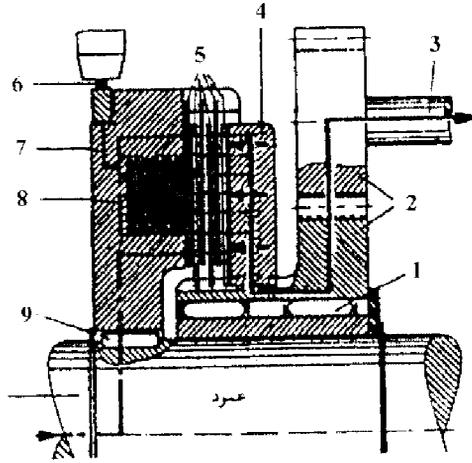
عند توصيل التيار الكهربائي للقابض الكهرومغناطيسي مفرد القرص الموضح بشكل 5 - 12 ، ينشأ مجال مغناطيسي حول الملف ليجذب قرص الوصل المزود ببطانة إحتكاكية والقابلة للحركة محورياً نحو القرص الإحتكاكي، المثبت على النصف الآخر من القابض ليتم نقل عزم الدوران من العمود القائد إلى العمود المنقاد.

بعد قطع التيار الكهربائي عن القابض الكهرومغناطيسي يعود قرص الوصل إلى



يستخدم القابض الكهرومغناطيسي المتعدد الأقراص في صناديق تروس ماكينات الإنتاج، كما يستخدم كمكابح (فرامل) المركبات الآلية وفي الأعمدة الرئيسية سريعة الدوران في آلات التشغيل.

يمكن تشغيل القابض الكهرومغناطيسي عن بعد بواسطة الأسلاك الكهربائية، وعند توصيل التيار المستمر ينشأ مجال مغناطيسي حول الملف، ليخترق الأقراص ويجذب الحافظة بقوة.



شكل 5 - 13

### قابض كهرومغناطيسي متعدد الأقراص

1. محمل دوار إيري (رولمان بلي).
2. تروس.
3. مسار القوة.
4. حافظة.
5. أقراص أو رقائق.
6. ملامس إنزلاق.
7. موصل.
8. ملف مغناطيسي.
9. خابور.
10. عمود.

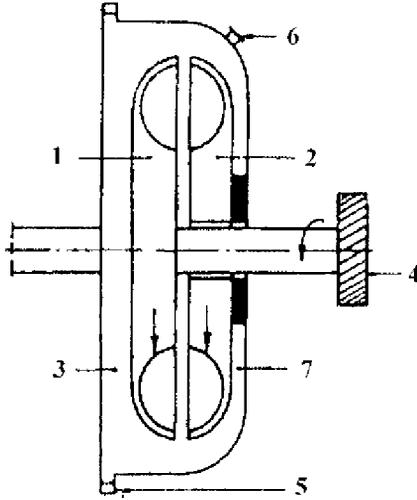
### القابض الهيدروليكي : The hydraulic clutch

قبل مناقشة القابض الهيدروليكي .. يجب أن يسلف الضوء على كلمة (هيدروليكا).

الهيدروليكا Hydraulic هي علم السوائل الذي يحتوي على الماء والزيت والذي يعرف بعدم قابليته للإنضغاط، أي أن السوائل لا يقل حجمها بالضغط، فعلى ذلك فهي تستخدم في أجهزة نقل الحركة.

القابض الهيدروليكي الموضح بشكل 5 - 14 ، يتكون من خزان مملوء بزيت خاص يحتوي على مضخة وتوربين متقابلين لبعضهما البعض (المسافة بينهما بضعة ملليمترات.. أي لا تتجاوز 5 ملليمتر).

تثبت المضخة مع حدافة المحرك وهي الجزء القائد ، بينما يركب التوربين بوضع حر على نفس محور المضخة الذي يتصل بمجموعة تروس السرعات وهو الجزء المنقاد.

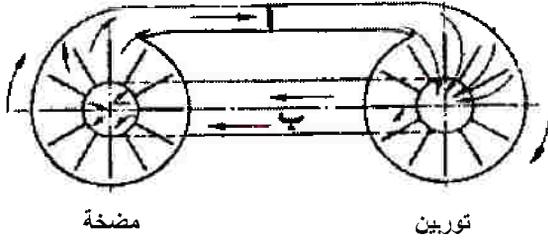


شكل 5 - 14

قابض هيدروليكي

- |             |                              |
|-------------|------------------------------|
| 1. توربين . | 4. ترس عمود القابض .         |
| 2. مضخة.    | 5. ترس بدء الحركة.           |
| 3. حدافة.   | 6. فتحة لتعبئة الخزن بالزيت. |
|             | 7. غطاء.                     |

عند إدارة المحرك تنتقل الحركة الدائرية للمضخة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 5 - 15، حيث تتحرك الريش في إتجاه السهم ليقتذف الزيت بقوة دفع إلى خارج المضخة ليمر الزيت من خلال المجرى (أ) متجهاً نحو التوربين ليحدث ضغطاً على ريش التوربين بسبب دورانها في نفس إتجاه دوران المضخة، لتنتقل الحركة إلى مجموعة تروس السرعات، ثم يعود الزيت مرة أخرى إلى المضخة من خلال المجرى (ب).



شكل 5 - 15

## نظرية القابض الهيدروليكي

يلاحظ أن مجرى الزيت (أ) أصغر من المجرى (ب) وذلك لكي يصل الزيت من المضخة إلى التوربين بضغط وقوة دفع، بينما يصل الزيت من التوربين إلى المضخة من خلال مجرى أكبر (ب) وذلك لكي يصل الزيت بدون ضغط زائد.

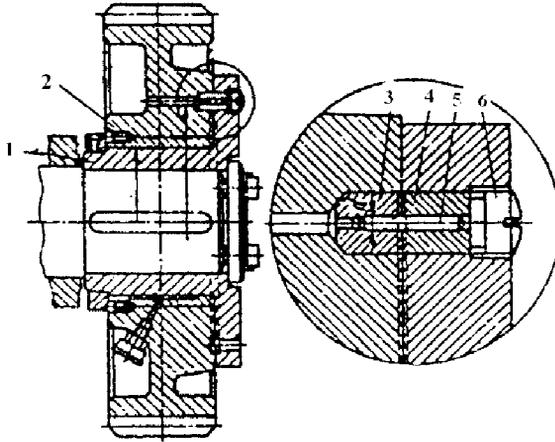
تستخدم الوصلة الهيدروليكية (القابض الهيدروليكي) في وحدات نقل الحركة بالسيارات ووسائل النقل المختلفة وأيضاً بآلات التشغيل والإنتاج، وذلك للحصول على ربط مرن يمتص الصدمات التي تحدث عند إشتباك التروس وفصلها، أو عند تغيير نسبة نقل الحركة بين التروس، كما يؤدي استخدام القابض الهيدروليكي إلى الاستغناء عن الاتصال الميكانيكي المباشر بين المحرك ومجموعة تروس السرعات.

## القابض الأمان: The safe clutch

تصميم قوابض الأمان بحيث تكون ذات عنصر قابل للتخميم عند زيادة الحمل لقطع الاتصال بين الجزء القائد والجزء المنقاد، ولعدم حدوث إتلاف أو تخميم أجزاء

هامية عالية الثمن بالمحركات. شكل 5 - 16 يوضح إحدى أمثلة لقوابض الأمان، لذلك يعتبر قابض الأمان من أبسط وأهم التركيبات الخاصة بحماية الماكينة عند وجود أحمال زائد.

يشترط أن يكون العنصر القابل للتخطيط (التيلة أو المسار) مصنوع بمادة وأبعاد خاصة يناسب عزم الدوران المنقول، كما يجب تركيبه في أماكن سهلة (بالقرب من متناول اليد) حتى يمكن إستبداله بسهولة.



شكل 5 - 16

### قابض أمان

1. الجلبة القاندة.
2. الترس المنقاد.
3. جلبة يركب بها التيلة القابلة للقص.
4. جلبة يركب بها التيلة القابلة للقص.
5. التيلة القابلة للقص أو التخطيط.
6. سدادة لحماية وضع التيلة.

### انزلاق القابض:

في لحظة تعشيق القابض، يجب أن يبلغ قرص القابض بالتدرج عدد دورات الحدافة، ولذلك فهو ينزلق أولاً، ولا يعتبر الإنزق عيباً في حالة التشغيل العادي لأن

التصميم ومادة القابض يدخلان هذا الانزلاق في الاعتبار، ولكن الأخطر من ذلك أن يستمر القابض في الانزلاق مع أقصى تشغيل. ويقصد بذلك أن يدور الجزء القائد (الحذافة) بأسرع من الجزء المنقاد (قرص القابض) وتسير السيارة حينئذ ببطء أكثر بالنسبة لعدد دورات المحرك، ويحدث احتكاك بين أسطح الاتصال، زمن ثم ترتفع درجة حرارة البطانة وقد يحترق القرص، ولتجنب الإنزلاق الخاطئ، فيجب أن يكون لدواسة القابض خلوص معين في وضعها العلوي وهذا الخلوص ليس واحداً لكل المركبات، حيث يكون في المتوسط حوالي 25 مم مقاساً في مستوي تحرك الدواسة، وإذا استمر القابض في الانزلاق على الرغم من الضبط الصحيح فقد تكون الأسباب هي كالتالي :-

1. بطانة قرص القابض مستهلكة بحيث تظهر مسامير البرشام على السطح.
  2. وجود زيت أو شحم بين لأسطح الاتصال وبذلك يكون معامل الالتصاق غير كاف.
  3. ضغط نوابض (يايات) القابض غير كاف.
  4. وجود أجزاء مستهلكة في مجموعة الضغط.
- ومن ثم فإنه يجب على قائد المركبة عدم الضغط على الدواسة إلا عند تعشيق القابض أو فصله.

### مميزات القابض الهيدروليكي:

يتميز القابض الهيدروليكي بالمزايا التالية :-

1. عدم وجود تآكل نتيجة الانزلاق لأن الأجزاء المنزلقة لا تحدث احتكاكاً ميكانيكياً.
2. عمر القابض غير محدد تقريباً.
3. تتخفض بدرجة كبيرة ذبذبات الالتواء، وهذا أمر هام بالنسبة لمحركات ديزل.
4. يبدأ سير السيارة في يسر تام، حتى عند زيادة البنزين، حيث يحدث انزلاق قوي، ولكنه يتناقص بسرعة.
5. يكون التوجيه سهلاً جداً ولن تستطيع السيارة التحرك لو دار المحرك ببطء لأن سرعة الزيت تكون في هذه الحالة أضعف من إدارة التوربين.

6. دوران بدون ضوضاء.

### زيت القابض الهيدروليكي:

- يستلزم القابض الهيدروليكي استخدام زيت خاص ، ومن ثم فإنه يجب أن يكون له مواصفات خاصة ، وأهم هذه المواصفات هي الآتي :-
1. أن تكون له زوجة مناسبة وثابتة.
  2. ألا يكون رواسب صمغية.
  3. ألا يحتوي على أية أحماض.
  4. أن يقاوم درجات الحرارة العالية ( للمحور وكراسيه).

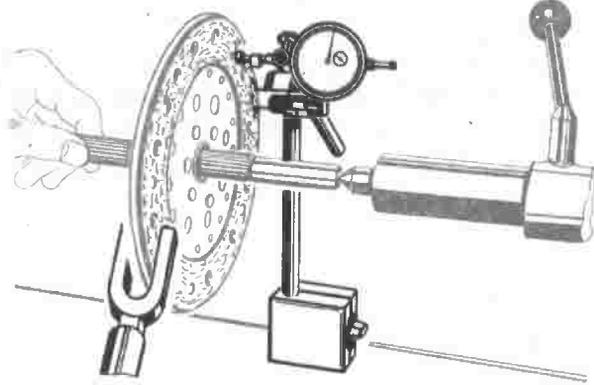
توجد فتحة في العلبه للملء وسدادة تفريغ وسدادة أخرى لطرد الهواء، ويبين مستوى الزيت المضغوط على لوحة صغيرة، أو يعبر عنه بعدد معين من اللترات (6 لترات مثلاً) وعلى الرغم من أن الزيت يظل نظيفاً ، فإنه يجب مع ذلك تغييره طبقاً لتعليمات الشركة المصنعة (كل 15000 أو 20000 كم)، ولا يتطلب القابض الهيدروليكي من الصيانة غير تغيير الزيت من وقت لآخر.

وقد يحدث فقد لبعض الزيت نتيجة للتسرب من خلال حلقات الإحكام أو من الوصلات، ولكن هذا لا يحدث عادة إلا نادراً جداً.

### قرص القابض الاحتكاكي:

- عند تركيب قرص القابض، فإنه يجب مراعاة الآتي :-
- يختبر القرص من حيث عدم الاستواء الجانبي، الذي يجب إلا يتعدى 0.5mm كحد أقصى. وكثيراً ما يتسبب النقل والتخزين في ظهور هذا العيب. ويوضح شكل 5 - 17 كيفية إجراء هذا الاختبار.

- يجب أن يكون من الممكن إنزلاق قرص القابض بسهولة على أخاديد عمود إدارة صندوق التروس. وإذا كان التزليق ضرورياً، فإنه يجب استعمال زيت عالي اللزوجة، بحيث لا يمس البطانة.
- يجب ضبط تركز قرص القابض بواسطة عمود مساعد قبل تثبيت القرص الضاغط بالمسامير الملولبة.
- يجب عدم الإضرار بمجاري صرة قرص القابض عند إدخال عمود إدارة صندوق التروس، وإلا طرأت مصاعب في المستقبل، عند فصل القابض.
- يجب أن تكون مواد حلقات البطانة، ذات مقاومة عالية للحرارة والبلبي، كما يجب أن يكون معامل الاحتكاك ثابتاً إلى أقصى حد ممكن.



شكل 5 - 17

اختبار استواء قرص قابض احتكاكي

### اختبار عدم الاستواء الجانبي (الرفة) لقرص قابض:

يركب القرص على شياق الاختبار، ويدار على مخرطة أو تجهيزة مشابهة، باليد اليسري. وتعديل المواضع التي تبين عندها ساعة القياس، انحرافا يزيد عن 0.5mm باستعمال شوكة استعدال تمسك باليد اليمني.

### بطائن الأقراص الاحتكاكية:

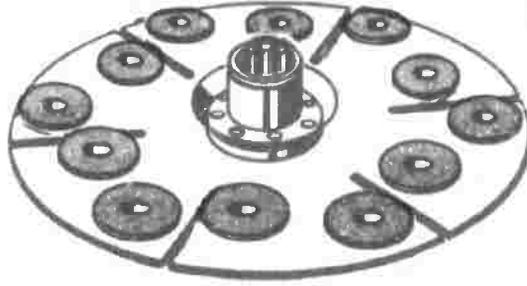
على الرغم من عدم معرفة البيانات والمعطيات الدقيقة من الجهات المنتجة، إلا أنه من المعروف أن هناك أكثر من مائة نوع متباينة من المواد التي يمكن خلطها بكميات مختلفة لإنتاج البطائن، ويُنحصر المجال المحدد بين الخلطات العادية للبطائن، في حوالي 15 إلى 20 نوعاً أهمها الآتي :-

- ألياف الاسبستوس: وهي المنتج النهائي، بعد معالجة نوع من الصخر مقاوم للحرارة، يغلب وجوده في كندا وروسيا وجنوب أفريقيا. يتركب الاسبستوس من ألياف لينة كالحرير، ذات مرونة وقابلية انحناء عاليتين، ويمكن عزلها ونسجها مثل الألياف النباتية والحيوانية تماماً. وتتميز هذه المادة بتأثير احتكاكي كبير.
- صوف الصلب وصوف النحاس الأصفر: يؤدي توزيع مثل هذه الألياف المعدنية في البطائن لعرض تحسين التبريد الحراري بالإضافة إلى زيادة المقاومة. وبالتالي يمكن المحافظة على قيم معامل الاحتكاك عند درجات الحرارة العالية أيضاً.
- المطاط الاصطناعي والراتنجات الاصطناعية: تقوم هاتان المجموعتان من المواد في المقام الأول بوظيفة وسيط الربط للأجزاء الأخرى، وعلى الرغم من أنها تسهم أيضاً في رفع قيمة معامل الاحتكاك. فإنه يفضل استخدام راتنجات التصلد بالتسخين وخصوصاً راتنجات الفينول.
- مواد الحشو: هذه المواد تحقق أغراضاً أخرى معينة، مثل إعاقة تبخر بعض المواد الأخرى عند درجات حرارة التشغيل العالية، كما أنها ليس لها تأثير مضاد لتشوه حلقات البطانة، وتختلف درجة حرارة البطائن عند التحميل العادي من 80°C إلى 120°C.

### أساليب إنتاج البطائن:

- يوجد العديد من الأساليب المستخدمة في إنتاج البطائن أهمها الآتي :-
- النسيج: نسيج اسبستوس بنصف معدني .. (يستخدم غالباً لبطائن الفرامل).

- اللف: والمادة مشابهة لتلك المجهزة للنسيج. أما أساليب الإنتاج فمتباينة (البطائن القوابض بوجه خاص)
  - الدلفنة والكبس: بعد المزج عند درجات حرارة معينة، يجري تشغيل لاحق بالدلفنة أو بالكبس، تبعاً لأسلوب الإنتاج. وينتج عن تعدد مواد الحشو (الملاء) والإشراب الممكن استخدامها، وجود عدد غير محدد من أنواع بطائن القوابض وبطائن الفرامل.
  - كما تستخدم المواد الملبدة أيضاً في صنع بطائن الاحتكاك ومنها:
  - مواد خزفية ملبدة.
  - بطائن معدنية يكون النحاس والحديد أساساً في تركيبها.
- وتسمى بطائن هاتين المجموعتين بالبطائن غير العضوية ويسمي ما عداها بالبطائن العضوية.
- وتتفوق المادة الخزفية على جميع المواد الأخرى، في مقاومة البلي. ونظراً لشدة قسافة هذه المادة وانخفاض متانتها رغم صلابتها، فإنها توضع داخل طاسات صغيرة، تبرشم على القرص الحامل.
- شكل 5 - 18 يوضح أقراص قوابض ذات بطائن خزفية. حيث توضع مادة الاحتكاك في طاسات مثبتة في القرص الحامل بمسامير برشام خاصة على هيئة أزواج ظهرها إلي ظهر بعض. ومن المعلوم أن الطاسات ومعها البرشام وكذلك الخزف بطبيعة الحال، تتعرض كلها للبلي (التآكل).
- يستخدم مثل هذه الأنواع من أقراص القوابض أساساً للشاحنات والجرارات الثقيلة، ومعدات أشغال التربة.



شكل 5 - 18

قرص قابض ذو بطائن خزنية

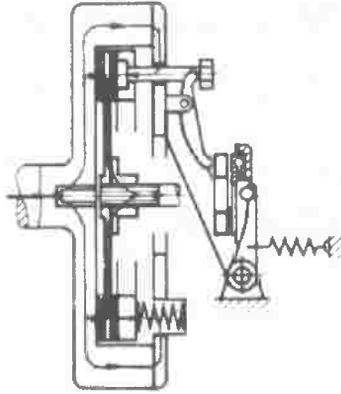
### تذكر أن:

- يضيف النمو المتزايد في حركة المرور متطلبات أعلى للقوابض المستعملة في المركبات، مما يضع أعباء على عاتق القائمة على عمليات التجميع والفحص والصيانة.
- يجب ضبط خلوص القوابض طبقاً لتعليمات دور الصناعة المنتجة.
- يجب استبدال أقراص القابض المتعرجة ( الغير مستوية).
- يجب أن يكون قرص القابض قابل للانزلاق على عمود إدارة صندوق التروس بيسر.
- يجب التحقق من سلامة تحريك محامل الضغط للقوابض.
- يستبدل جهاز الفصل ذو الحلقات الجرافيتية بأخر ذو محمل كريات في حالة الإجهادات الكبيرة إذا كان ذلك ممكناً.
- ضبط القوابض المزدوجة الأقراص بالطريقة المعتادة إذا كان استهلاك البطائن متساوي.
- في حالة القابض المشغل بطريقة هيدروليكية، فإنه يجب أن يشمل الفحص مستوي السائل في وعاء الإمداد.

**حسابات قوة ضغط واحتكاك وعزم دوران القابض:**

يقوم القابض بنقل عزم دوران المحرك أثناء بدء الحركة عن طريق الاحتكاك الانزلاقي حتى نهاية شوطه، حيث تنتقل الحركة عن طريق الاحتكاك الالتصاقي إلى عمود دوران القابض.

يحتوي القابض مفرد القرص الموضح بشكل 5 - 19 على قرص واحد مزود ببطانتين على شكل حلقتين لنقل القوة عن طريق الاحتكاك، ويتم إدارة قرص القابض تحت تأثير قوة ضغط نوابض القابض (بايات القابض)، وعادة تكون نوابض (بايات) ضاغطة أو نوابض غشائية، التي تضغط قرص ضغط القابض على المساحة المستوية لسطح الحدافة، وبذلك يتم إدارة القرص من الوجهين.



شكل 5 - 19

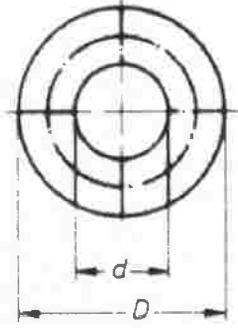
اقابض مفرد: القرص

### قوة الضغط والضغط السطحي:

- تأخذ مساحات الضغط لبطانة القابض شكل حلقة كما هو موضح بشكل 5 - 20، ويمكن حساب المساحة من الصيغة الرياضية التالية :-

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$\therefore A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$



شكل 5 - 20

القطر الأصغر والأكبر لبطانة قابض

تعتمد قوة ضغط نوابض القابض F على الضغط السطحي المسموح به الذي يتراوح ما بين  $5\text{N}/\text{cm}^2 - 20\text{N}/\text{cm}^2$  ، ومن ثم فإنه يمكن حساب قوة الضغط من مساحة البطانة والضغط السطحي المسموح به من خلال الصيغة التالية :-

$$F = A * P$$

$$F = \frac{\pi}{4} . (D^2 - d^2) . p$$

حيث A .... مساحة البطانة من وجه واحد ( $\text{Cm}^2$ )

D .... القطر الخارجي للبطانة (Cm).

d .... القطر الداخلي للبطانة (cm).

F .... قوة ضغط نوابض (يايات) القابض (N).

P .... الضغط السطحي المسموح به ( $\text{N}/\text{cm}^2$ )

مثال:

يبلغ الضغط السطحي عند قرص قابض  $12\text{N}/\text{cm}^2$  فإذا كانت أبعاد القابض D=

200 mm ، d= 130 mm . أحسب قوة ضغط نوابض القابض F ؟

الحل:

$$F = A * P$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \\ &= \frac{3.14}{4} \cdot (20cm^2 - 13cm^2) \cdot 12N/cm^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \cdot (400cm^2 - 139cm^2) \cdot 12N/cm^2 \\ &= \frac{3.14}{4} \cdot 231cm^2 \cdot 12N/cm^2 = 2177N \end{aligned}$$

### قوة الاحتكاك وقوة الدوران ( قوة الإدارة):

تعتمد قوة الاحتكاك  $F_f$  كما هو موضح بشكل 5 - 21 بين سطح الضغط و سطح البطانة على قوة الضغط  $F$  الناتجة من نوابض القابض، وكذلك معامل الاحتكاك الالتصاق  $U_0$ .

ومن ثم فإنه يمكن إيجاد قوة إحتكاك وقوة ضغط البطانة من العلاقة التالية :-

$$F_f = F \cdot U_0$$

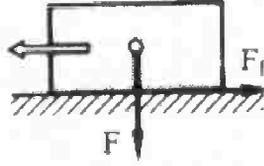
حيث :  $F_f$  .... قوة احتكاك الوجه الواحد للبطانة (N)

$F$  .... قوة ضغط نوابض القابض (N).

$U_0$  ... معامل احتكاك الالتصاق

تتساوي قوة الدوران القصوى التي يمكن نقلها بواسطة البطانة الواحدة (قوة الاحتكاك  $F_f$ )، يعني هذا أن قرص القابض يقوم بنقل قوة مماسة مقدارها  $2F_f$  بواسطة حلقتي البطانة، ومن ثم فإنه يمكن إيجاد قوة احتكاك وجهي البطانة من العلاقة التالية:-

$$2F_f = 2 \cdot F \cdot U_0$$



شكل 5 - 21

رسم تخطيطي يمثل قوة الاحتكاك

مثال:

أحسب قوة الاحتكاك  $F_f$  لوحه أحد البطانات والقوة المماسية الكلية  $2F_f$  المؤثرة علي البطانة والتي يمكن نقلها بواسطة قرص قابض. إذا كانت قوة ضغط نوابض القابض تبلغ  $570N$  ومعامل الاحتكاك الالتصاق  $U_o = 0.25$  ؟

الحل:

$$F_f = F \cdot U_o$$

$$F_f = 570N \cdot 0.25 = 142.5N$$

$$2 F_f = 2 \cdot F \cdot U_o$$

$$= 2 \cdot 570N \cdot 0.25 = 285N$$

عزم الدوران الممكن نقله من القابض:

يستخدم في حساب عزم الدوران الأقصى الذي يمكن نقله نصف قطر الدائرة ( $r_m$ )، وبالإمكان تصور أن قوي الاحتكاك التي تؤثر على سطح البطانة يمكن تجميعها في محصلة واحدة تؤثر عند  $r_m$ ، ومن ثم يمكن حساب القيمة التقريبية لنصف قطر دائرة تأثير قوة الدوران كما هو موضح بشكل 5 - 22 من الصيغة التالية :-

$$r_m = \frac{D + d}{4} \cdot \frac{R + r}{2} =$$

$$r_m = \frac{D + d}{4}$$

وعند الحساب الدقيق تستخدم الصيغة التالية:-

$$r_m = \frac{D^3 + d^3}{D^2 - d^2} \times \frac{1}{3}$$

حيث  $r_m$  نصف قطر دائرة تأنسر قوة الدوران (cm) ، ويمكن إيجاد عزم الدوران الأقصى  $M_c$  ، والذي يمكن نقله بواسطة قرص القابض من الصيغ التالية:-

$$M_c = 2 * F_r * r_m$$

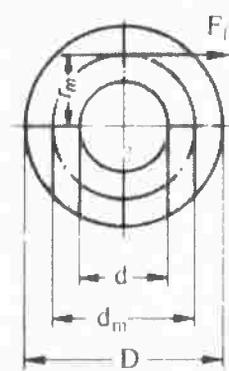
$$\therefore M_c = 2 * F * U_o * r_m$$

حيث :  $M_c$  .... عزم الدوران الذي يمكن نقله (N/cm)

$F_r$  .... قوة ضغط نوابض القابض (N)

$U_o$  .... معامل الاحتكاك الالتصافي.

$r_m$  .... نصف قطر دائرة تأثير قوة الدوران (cm)



شكل 5 - 22

نصف قطر دائرة تأثير قوة الدوران

ويمكن تلخيص طريقة الحساب لإيجاد عزم الدوران الذي يمكن نقله بواسطة قابض

مفرد القرص من خلال الصيغة المقربة كالآتي:-

$$M_c = 2 * \frac{\pi}{4} * (D^2 - d^2) * p * U_o * \left(\frac{D - d}{4}\right)$$

والصيغة الدقيقة كالآتي:-

$$M_c = \frac{\pi}{6} \cdot P \cdot U_o \cdot (D^3 - d^3)$$

حيث  $M_c$  .... عزم الدوران الممكن نقله (Ncm)

$D$  .... القطر الخارجي لبطانة القابض (cm)

$d$  .... القطر الداخلي لبطانة القابض (cm)

$P$  .... الضغط السطحي (N/cm<sup>2</sup>) ( وهو يعادل تقريباً 20 N/cm<sup>2</sup> )

$U_o$  ... معامل الاحتكاك الالتصاقي .. ( يتراوح ما بين 0.2 - 0.3 )

وغالبا ما يكون عزم الدوران الأقصى الذي يمكن نقله بواسطة قرص قابض  $M_c$

أكبر بنسبة تتراوح ما بين 50% - 100% من عزم الدوران الأقصى للمحرك، ويمكن

إيجاد عزم الدوران الأقصى  $M_c$  من الصيغة التالية:-

$$M_c = 1.5 * M \quad \rightarrow \quad 2 * M \quad \text{إلى}$$

حيث  $M_c$  عزم الدوران الممكن نقله

$M$  أقصى عزم دوران يمكن نقله

**مثال:**

تبلغ قوة ضغط قرص قابض 2800N ومعامل الاحتكاك الالتصاقي  $U_o = 0.3$ .

فإذا كانت أبعاد بطانة القابض هي  $D = 200$  mm ،  $d = 130$  mm . أوجد الآتي:-

(أ) نصف قطر دائرة تأثير القوة الماسة  $r_m$ .

(ب) قيمة عزم الدوران  $m_c$  المنقول

**الحل:**

(أ) نصف قطر دائرة تأثير القوة الماسة  $r_m$

$$\begin{aligned}
 r_m &= \frac{D^3 d^3}{D^2 - d^2} \times \frac{1}{3} \\
 &= \frac{20\text{cm}^3 - 13\text{cm}^3}{20\text{cm}^2 - 13\text{cm}^2} \times \frac{1}{3} \\
 &= \frac{5803\text{cm}^3}{231\text{cm}^2} \times \frac{1}{3} = 8.37 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

(ب) عزم الدوران  $m_c$  المنقول

$$\begin{aligned}
 m_c &= 2 * F * u_o * r_m \\
 &= 2 * 2800 * 0.3 * 8.37 \text{ cm} \\
 &= 14061.6 \text{ N cm} = 140.6 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

## الفصل الثاني

### صناديق تروس تغيير السرعات

مَهَيِّدٌ

لكي يستفاد من حركة المحرك، فإنه يجب أن تنتقل هذه الحركة أو توصلها إلى العجلات، بواسطة ما يسمى بنظام نقل الحركة.

تستعمل أجهزة نقل الحركة كوسيلة لتغيير نسبة عدد اللفات بين المحرك والعجلات الخلفية للسيارات، وبذلك يمكن أن يكون عدد لفات عمود المرفق في المحرك أربعة أمثال، أو ثمانية أمثال، أو اثني عشر مثلاً لعدد لفات عجلات السيارة تقريباً. وبالإضافة إلى ذلك يوجد ترس خاص لعكس الحركة لتمكين السيارة من السير إلى الخلف، أما في

صناديق تروس السرعات التي تعمل تلقائياً وتتغير النسبة بين عدد لفات عمود المرفق في المحرك وعدد لفات عجلات السيارة تلقائياً، ومن ثم فإن قائد المركبة (السائق) ليس بحاجة إلى تغيير السرعة بنقل التروس يدوياً، بل تقوم أجهزة التحكم التلقائية بإيجاد النسبة الصحيحة لنقل الحركة في الوقت المناسب. في هذا النوع من صناديق التروس يستعمل اتصال هيدروليكي أو ناقل عزم خاص بالإضافة إلى أجهزة تحكم آلية أو هيدروليكية أو كهربائية.

يتناول هذا الباب الأنواع المختلفة لصناديق تروس السرعات وخصائص ووظائف هذه الصناديق.

ويتعرض لحسابات مجموعات تروس السرعات ونسب النقل وعزم الدوران عند خرج صندوق السرعات، ونسب النقل في مجموعة الإدارة النهائية، والنسب الكلية لمجموعة الإدارة.

## صندوق تروس تغيير السرعة

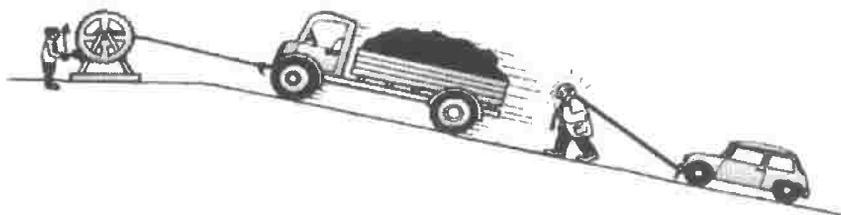
يتوقف كل من قدرة وعزم دوران محرك المركبة الآلية على سرعة الدوران إلى حد كبير، فالمركبة المدارة بطريقة مباشرة .. أى بدون صندوق تروس تكون مقدرتها على التسارع وصعود الجبال ضئيلة، ومن ثم يركب صناديق تروس تغيير السرعة بين المحرك والعجلات المدارة لتعطي أكبر عدد ممكن من مجالات السرعة المتعددة للمركبة، مع الاحتفاظ بسرعة دوران المحرك عند الحد الذي يعطي أعلى قدرة له. وتمكن صناديق التروس من التعشيق في الوضع المحايد، كما تمكن من عكس اتجاه دوران العمود المقود بقصد السير في الاتجاه الخلفي.

### مميزات صناديق التروس:

تتميز صناديق التروس في عدة أغراض أهمها الآتي :-

1. صغر حجمها.

2. دقة نقل الحركة وعزم الدوران من عمود لآخر، لعدم وجود إنزلاق الذي يحدث بالسيور.
3. زيادة عزم المحرك.
4. تعمل على توفير الجهد كما هو موضح بشكل 5 - 23 .
5. عدم وجود ضوضاء وخاصة بالسرعات العالية، حيث أن التروس بداخل صندوق يحتوي على حمام زيتي.



شكل 5 - 23

مجموعات التروس تسمح بتوفير الجهد

### أنواع صناديق تغيير السرعات:

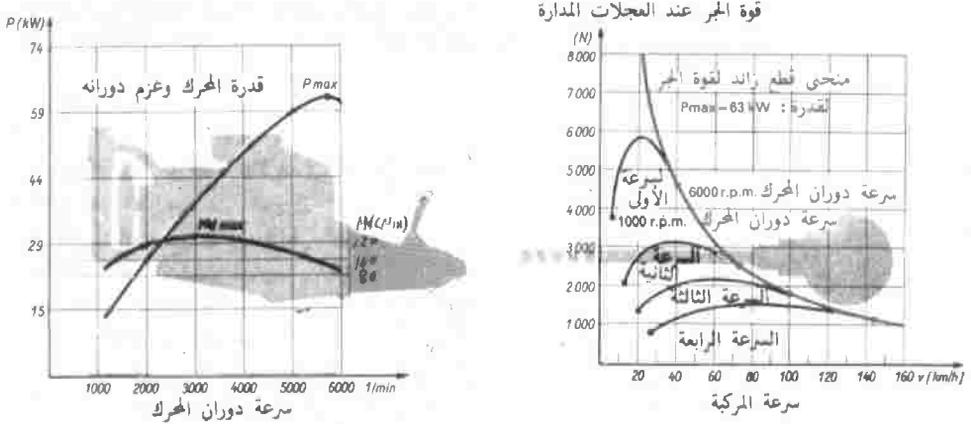
- توجد أنواع مختلفة لصناديق تروس تغيير السرعات .. فيما يلي عرض صناديق التروس الأكثر انتشارا.
1. صناديق التروس المتدرجة.
  2. صناديق التروس التلقائية (الأوتوماتية).
  3. مجموعات الإدارة التلقائية (الأوتوماتية) السلسلة.
  4. صناديق التروس الخاصة.

### صناديق التروس المتدرجة:

تتسم محركات الاحتراق الداخلي بمجال محدود لسرعة الدوران، تعطي فيه قدرة كبيرة وعزم دوران مناسب. وبإدخال آلية لنقل (تغيير) الحركة، يمكن تحويل قدرة محرك

المركبة إلى قوة جر عالية على العجلات المدارة، عند سرعة دوران منخفضة، أو إلى قوة جر صغيرة على العجلات المدارة، عند سرعة دوران عالية. الرسم التخطيطي بشكل 5 - 24 يوضح سرعة دوران المحرك وسرعة المركبة وقوة الجر عند العجلات المدارة.

تحتاج العجلات المدارة إلى أعلى قوة جر أو قدرة عند بداية الحركة وعند التسارع وعند الصعود. ولما كانت قدرة محرك الاحتراق الداخلي صغيرة عند سرعات الدوران المنخفضة، وترتفع إلى حدها الأعلى مع زيادة سرعة الدوران، فإن مهمة صندوق التروس الذي يركب بين المحرك والمحور الخلفي هو تحقيق أكبر استفادة من قدرة المحرك عند جميع السرعات الممكن الوصول إليها. لاسيما في المجال المعتاد للسير، بأقل استهلاك ممكن للوقود.



شكل 5 - 24

رسم تخطيطي لسرعة دوران المحرك  
وسرعة المركبة وقوة جر العجلات المدارة

صناديق التروس المتدرجة في المركبات الآلية. هي من نوع صناديق تروس تغيير السرعة. وتحتوي صناديق التروس في سيارات ركوب الأشخاص على ثلاث أو أربع أو خمس سرعات أو نسب نقل. ويتم تغيير نسب النقل بواسطة فصل أو تعشيق أزواج

التروس. وتعرف هذه العملية بعملية التعشيق. ويمكن تقسيم صناديق التروس المتدرجة حسب نوع التعشيق إلى الآتي :-

1. صناديق التروس ذات التروس المنزلفة.
2. صناديق التروس ذات جلبة التعشيق.
3. صناديق التروس المتزامنة.
4. صناديق التروس ذات الخابور المنزلق.
5. صناديق التروس الكوكبية.

### خصائص أنواع التعشيق:

جدول 5 - 1 يوضح أنواع وطرق وخصائص أنواع التعشيق

#### الجدول 5 - 1

#### أنواع وطرق وخصائص أنواع التعشيق

نوع التعشيق	طرق التعشيق	خصائص أنواع التعشيق
يدوي	يدوي	يحصل التعشيق بانزلاق تروس أسطوانية لتتشابك مع تروس أخرى صغيرة
	تعشيق دائم	جميع التروس معشقة باستمرار . اختيار التروس يتم باستعمال قابض كلابي
	تعشيق تزامني	تصميم لتعشيق دائم يحتوي على مخروط احتكاكي لموازنة السرعات، مما يسهل القيادة
تلقائي	مغير للعزم وناقل حركة	قابض مانعي، يوفر نسبة متغيرة للتروس، يدير ناقل حركة ثلاثي أو رباعي السرعات، يتبدل تلقائياً لملائمة ظروف الطريق والمحرك

## وظيفة صناديق التروس:

تحتاج العجلات المدارة إلى أعلى قوة جر أو أعلى قدرة عند بدء الحركة وعند التسارع وعند الصعود. ولما كانت قدرة محرك الاحتراق الداخلي صغيرة عند سرعات الدوران المنخفضة، وترتفع إلى حدها الأعلى مع زيادة سرعة الدوران، فإن مهمة صندوق التروس الذي يركب بين المحرك والمحور الخلفي هو تحقيق أكبر استفادة ممكنة من المحرك عند جميع السرعات الممكن الوصول إليها، ولا سيما في المجال المعتاد للسير بأقل استهلاك ممكن للوقود.

## صندوق التروس المنزلق:

يعتبر صندوق التروس المنزلق من أبسط أنواع صناديق تروس تغيير السرعة. حيث يجري فيه تغيير نسبة نقل الحركة بدفع ترس على عمود محدد حتى يتم تعشيقه مع الترس المواجه، ونظراً لتباين سرعتين المحيطيتين للترسين، تنشأ ضوضاء عالية عند إجراء عملية تغيير التعشيق، طالما لم يقم السائق باتصال الترسين إلى نفس السرعة المحيطية، بإعطاء دفعات وقود .. أى من خلال الضغط على داسة الوقود قبل التعشيق النهائي.

في صناديق تروس تغيير السرعة ذات التروس المنزلق، يرتبط زوج من التروس بتعاشق أسنانهما في كل وضع من أوضاع التعشيق. ولتحقيق ذلك تدخل شوكة تعشيق في المجري الخلفي للترس المنزلق وتدفعه على العمود المحدد، حتى يعشق مع الترس المواجه على العمود المناول.

## صندوق تروس بثلاث سرعات:

يوجد بمجموعة نقل الحركة في كل سيارة بنسبة تخفيض ثابتة بين تروس الإدارة وترس التاج، وتبلغ هذه النسبة عادة في سيارات الركوب 4 : 1 وفي سيارات النقل 7 : 1.

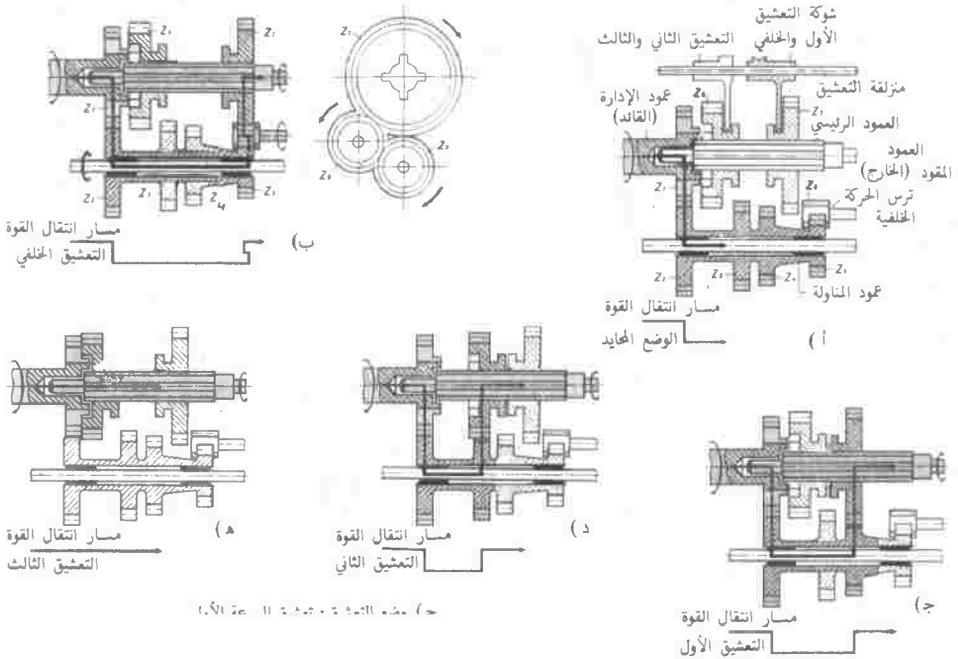
وعندما نتحدث عن صندوق تروس ذي ثلاث سرعات، هذا يعني أن صندوق التروس يسمح عند السير إلى الأمام بالحصول على ثلاث نسب للسرعات بين عمود المرفق ومحور نقل الحركة، وتسمى السرعات (الأولي والثانية والثالثة).

تعطي السرعة الأولي أكبر تخفيض للسرعة، وينخفض ذلك في السرعة الثانية، ولا يوجد تخفيض بالمرّة في السرعة الثالثة .. هذا يعني أن نقل الحركة يكون نقلاً مباشراً من عمود المرفق إلي محور نقل الحركة.

بالإضافة إلى ذلك يصمم صندوق التروس بحيث يسمح للسيارة بالرجوع إلى الخلف، حيث يضاف إلى صندوق التروس مجموعة تروس أخرى لعكس اتجاه دوران محور نقل الحركة.

وعلى الرغم من أن هذا النوع نادر الاستخدام، إلا أن هذا التصميم يشكل الإنشاء الأساسي لمعظم صناديق نقل الحركة اليدوية الحديثة.

شكل 5 - 25 يوضح صندوق تروس ذو تعشيق انزلاقي ثلاثي السرعة.



شكل 5 - د

صندوق تروس ذو تعشيق انزلاقي ثلاثي السرعة

(أ) وضع التعشيق: الوضع المحايد (دوران اللاحمل)

يدور الترس القائد  $Z$  بنفس سرعة دوران المحرك، ويدور العمود المناول بمجموعة تروسه بسرعة أبطاء، ويكون العمود الرئيسي بترسيه المنزلقين ساكنا. أما مسار انتقال القوة فيكون من العمود القائد إلى العمود المناول.

(ب) وضع التعشيق : التعشيق الخلفي:

يجب عكس اتجاه دوران العمود الرئيسي عند السير إلى الخلف، وبالتالي يعشق الترس الوسيط  $Z1$ ، المركب على العمود الوسيط. ويكون التعشيق في هذه الحالة بأكبر نسبة نقل للحركة،

أما مسار انتقال القوة فيكون من عمود الإدارة إلى العمود المناول عن

طريق الترسين  $Z1 - Z1$  ، ثم من العمود المناول إلى العمود الوسيط عن طريق الترسين  $Z1 - Z1$  ، ومن العمود الوسيط إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين  $Z1 - Z1$ .

(ج) وضع التعشيق: تعشيق السرعة الأولى

يدفع الترس المنزلق  $Z2$  على العمود الرئيسي حتى يعشق مع الترس  $Z4$  على العمود المناول. وتكون سرعة دوران العمود الرئيسي منخفضة. لأن  $Z4$  أصغر بقدر كبير من  $Z7$ .

أما مسار انتقال القوة فتكون من عمود الإدارة إلى العمود المناول، ومنه إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين  $Z4 - Z7$ .

(هـ) وضع التعشيق : تعشيق الثانية:

يزلق الترس  $Z8$  على أحادييد العمود الرئيسي ليعشق مع الترس  $Z9$ ، وتكون سرعة دوران العمود الرئيسي أعلى منها في حالة التعشيق الأول، عند نفس سرعة دوران المحرك. وتكون نسبة نقل الحركة أصغر، وبالتالي تكون سرعة المركبة أكبر.

أما مسار انتقال القوة فيكون من عمود الإدارة المناول إلى العمود الرئيسي عن طريق الترسين  $Z9 - Z8$ .

(د) وضع التعشيق: تعشيق السرعة الثالثة:

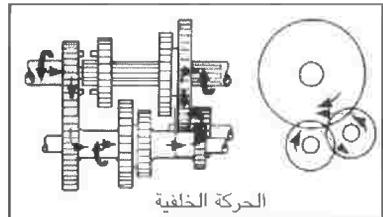
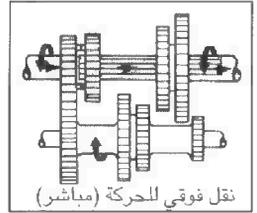
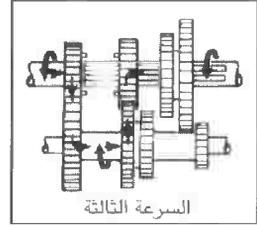
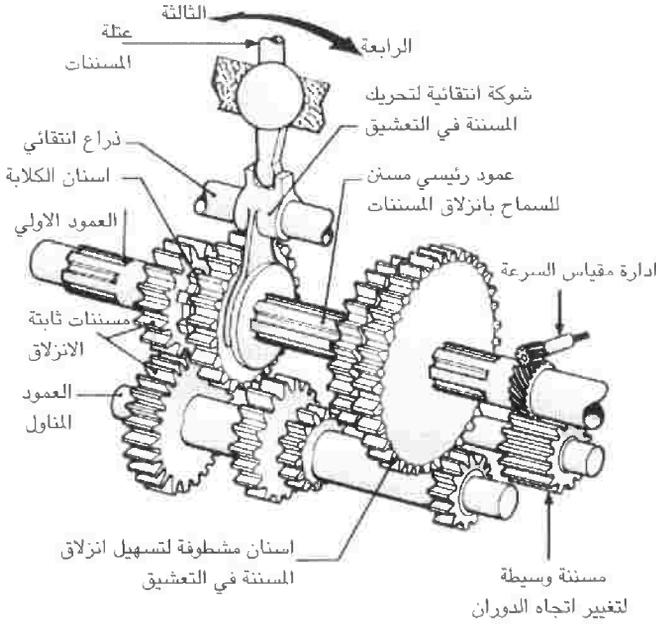
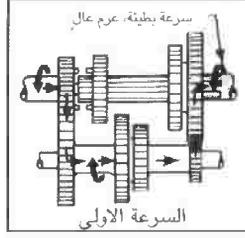
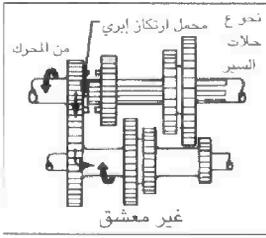
يتم نقل الحركة في وضع التعشيق الثالث في صندوق التروس ذي الثلاث سرعات بالتعشيق المباشر، بمعنى أن يتصل العمود الرئيسي بعمود الإدارة اتصالاً مباشراً، حيث تتعشق أسنان الترس  $Z8$  في أسنان الترس  $Z9$ ، ويدور العمود المناول معها دون تحميل.

أما مسار انتقال القوة فيكون من عمود الإدارة إلى العمود الرئيسي مباشرة.

### صندوق تروس بأربع سرعات:

يوجد صندوق تروس ذي تعشيق إنزلاقي بأربع سرعات، كما يوجد صناديق تروس بسرعات أكثر.

يتميز صندوق التروس ذي الأربع سرعات بإمكان تخفيض أكبر للسرعة الأولى بالمقارنة بصندوق التروس ذي الثلاث سرعات، ومن ثم فإن مزايا صندوق التروس الذي يحتوي على أربع سرعات يتضح عند بدء الحركة وزيادة السرعة، إذ أنه يجب أن يكون هناك وسيلة لحصول هذه المحركات على القوة الكافية، لذلك فإن عدد السرعات الكبيرة ضرورية للتمكن من السير ببطء وبدء الحركة بسهولة ويسر. شكل 5 - 26 يوضح صندوق تروس بأربع سرعات، وأوضاع التروس بالسرعات الأربعة.



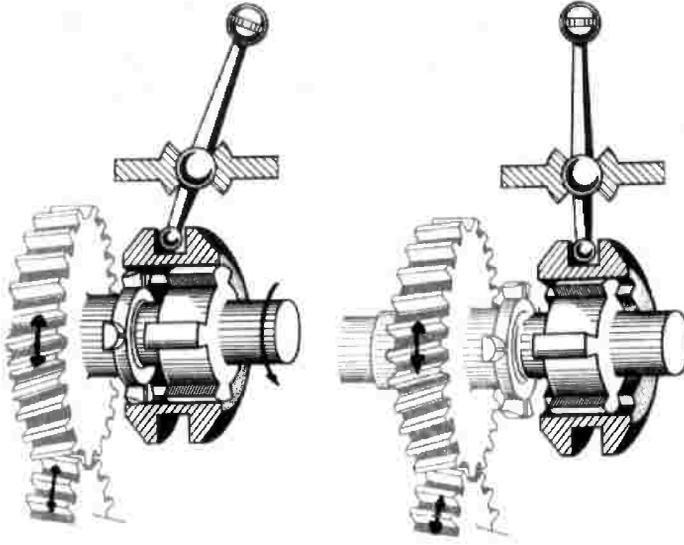
شكل 5 - 26

حركة التعشيق الإنزلاقي بصندوق تروس بأربع سرعات

### صندوق التروس ذو جلب التعشيق :

يتم فيه التعشيق بإنزلاق جلببة تعشيق، حيث تعشق الجلببة المسننة في أسنان الإقران بالترس، وتكون عملية التعشيق في صناديق تروس تغيير السرعة ذوات جلبب التعشيق أسهل وأسرع منها في صناديق التروس المنزقة، علماً بأنه قد يحدث في بعض الظروف الخاصة ضوضاء عند تعشيق الجلببة شكل 5 - 27.

تكون تروس كل مرحلة من مراحل نقل الحركة في صندوق التروس ذي جلببة التعشيق في وضع تعشيق دائم. لذلك يدور أحد التروس الخاصة بالتعشيق، بحيث يكون حراً على عموده، وتزلق جلببة التعشيق على العمود المحدد بدلاً من الترس.



شكل 5 - 27

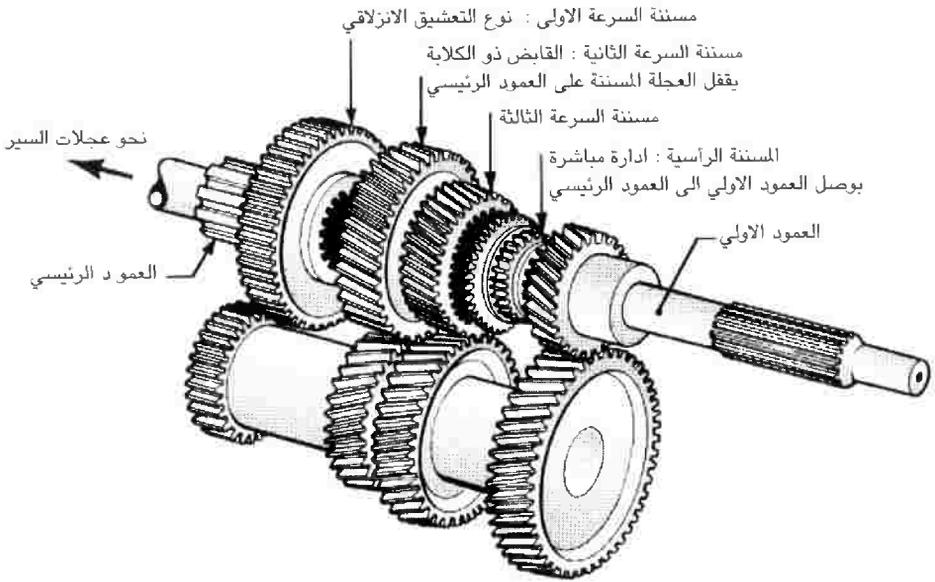
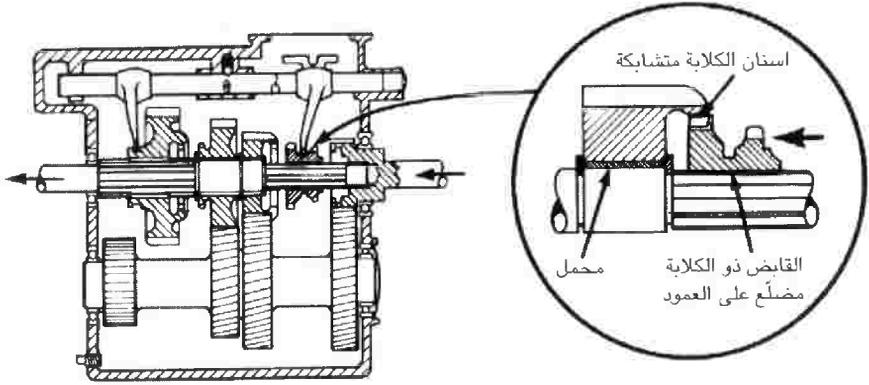
حركة التروس والجلببة المشقوقة بصندوق التروس

- (أ) تبقى جلببة التعشيق ساكنة على العمود المحدد، أو تدور عليه بسرعة مخالفة لسرعة الترس. وتتصل جلببة التعشيق بشوكة التعشيق بواسطة رافعة.

(ب) يجب أن تزداد سرعة دوران جلبة التعشيق على العمود المحدد، بحيث تقترب من سرعة دوران الترس. ويتم ذلك بإعطاء دفعات من الوقود ( الضغط على دعسة الوقود). عندئذ يمكن إنزلاق الجلبة في أسنان الإقران، وبذلك يتم الربط بين العمود المحدد والترس وتتحق التعشيقية.

### صندوق التروس ذو التعشيق المستمر:

يتم فيه تعشيق مستمر للتروس. يستخدم هذا النوع مجموعة تروس حلزونية. تتركب التروس الحلزونية على العمود الرئيسي على حامل، وعند الحاجة إلى تعشيق.. يثبت الترس المطلوب على العمود عن طريق قابض كما هو موضح بشكل 5 - 28. على الرغم من تدني المردود الميكانيكي لهذه التعشيقية، إلا أن مجموعة التروس الحلزونية تعمل بطريقة أكثر هدوءاً. أي عطل ينتج عن تغيير سيئ للسرعة، يؤدي إلى إصابة أسنان كلابة القابض بدلا من التروس الحلزونية الفعلية.



شكل 5 - 28

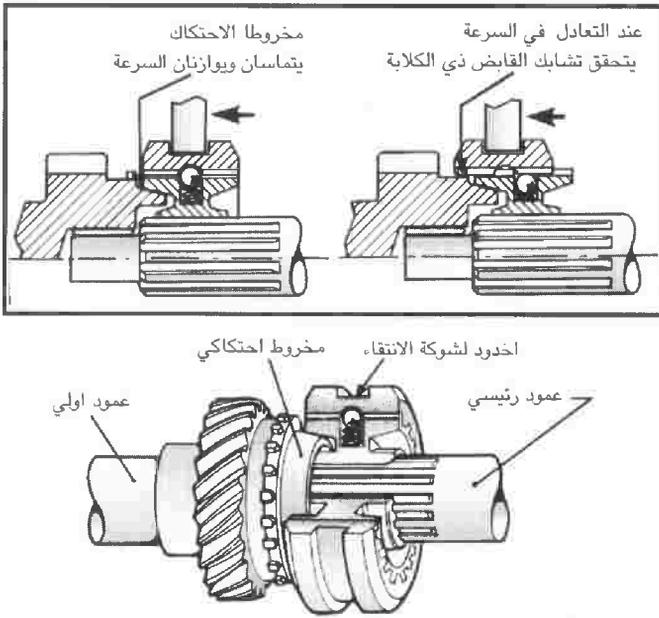
صندوق تروس ذو تعشيق مستمر

### صندوق التروس المتزامن:

يسمى أيضا بصندوق التروس التوافقية، وتوحي تسمية هذا النوع من صناديق التروس بإحتوائه على جهاز تزامني (توافقي) يقوم بمساواة السرعة بين العنصرين اللذين يراد تعشيقهما للحصول على السرعة المطلوبة، حيث يبسر هذا النوع من صناديق

التروس عملية التعشيق، ومن ثم فإن التعشيق في هذه الحالة يكون خالياً من الصدمات نتيجة لعملية التزامن (توافق السرعة)، بمعنى أنه يجب وصول الترسين المراد تعشيقهما إلي نفس السرعة قبل إجراء التعشيق.

يتشابه صندوق التروس التزامني (التوافقي) الموضح بشكل 5 - 29 مع صندوق التروس ذو التعشيق المستمر، إلا أن صندوق التروس التزامني يحتوي على جلبة تعشيق وجسم التزامن اللذان يضغطان على الترس عن طريق شوكة تعشيق، وبذلك يتم التوصل إلي دوران متساوي للسرعة بطريقة الاحتكاك.



شكل 5 - 29

صندوق التروس المتزامن

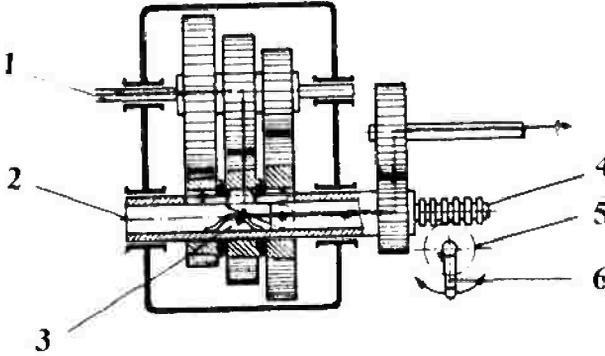
### صندوق التروس ذو الخابور المنزلق :

صندوق التروس ذو الخابور المنزلق الموضح بشكل 5 - 30 يتكون من مجموعة تروس متدرجة مثبتة بصورة مستديمة على العمود القائد ومعشقة بتروس أخرى حرة

مركبة على العمود المنقاد. يوجد بالعمود المنقاد تجويف داخلي يحتوي على مجاري طولية ليتحرك بداخله خابور منزلق بواسطة جريدة مسننة مستديرة وترس.

يمكن التحكم في حركة الخابور (الإسفين) المنزلق في اتجاه محوري بإزاحته عن طريق نابض (ياي) ليستقر بمجري منشوري بالترس الحر المطلوب، لتنتقل الحركة إليه عن طريق الترس القائد المعشق معه.

تتميز مجموعة التروس ذات الخابور المنزلق بصغر حجمها وبساطة تركيبها.



شكل 5 - 30

#### صندوق التروس ذات الخابور المنزلق

- 1- العمود القائد مثبت عليه مجموعة تروس (قائدة) متدرجة بصورة مستديرة.
- 2- العمود المنقاد يركب عليه مجموعة تروس (منقادة) حرّة.
- 3- الإسفين المنزلق .. (الخابور المنزلق).
- 4- جريدة مسننة مستديرة.
- 5- ترس.
- 6- مقبض للتحكم في حركة الإسفين المنزلق.

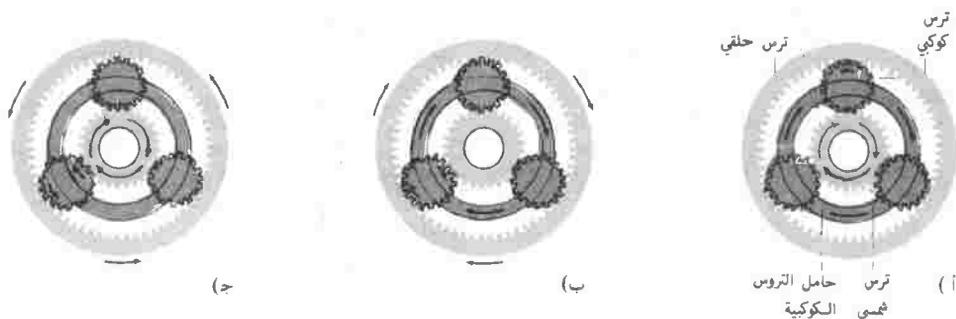
#### صندوق التروس الكوكبية:

تعمل صناديق التروس العادية للمركبات بأعمدة متراصة إلى جانب بعضها البعض، حيث تستقر عليها تروس تعاشيق أزواج منها مع بعضها البعض. أما صناديق

التروس الكوكبية فإن التروس تدور حول بعضها، وتتصف هذه المجموعات بتصميمها القصير مع إرتفاع مقدرتها على التحميل، لذلك فإنها تتركب في صناديق التروس الأوتوماتية .. (التلقائية).

تتكون مجموعة التروس الكوكبية الموضحة بشكل 5 - 31 من ترس شمسي في المحور الأوسط لمجموعة التروس وترس حلقي، وعديد من التروس الكوكبية القابلة للدوران، والمرتكزة في حامل التروس الكوكبية.

يمكن استخدام مجموعة التروس الكوكبية في الحصول علي نسب مختلفة لنقل الحركة، عن طريق تثبيت أو تعشيق كل من هذه الأجزاء على حدة.



شكل 5 - 31

مجموعة التروس الكوكبية

### أداء مجموعة التروس الكوكبية:

يمكن الحصول على سرعات مختلفة من مجموعة التروس الكوكبية، كما يمكن الحصول على سرعة منخفضة عند السير في الاتجاه العكسي .. فيما يلي عرض لسرعات هذه المجموعة.

#### 1. في حالة تثبيت الترس الحلقي (المسنن من الداخل):

تدار التروس الكوكبية بواسطة الترس الشمسي، وتتدرج على الأسنان الداخلية

للترس الحلقي، ويدور حامل التروس الكوكبية في نفس اتجاه الدوران مع عموده، وبذا يتم الحصول على تخفيض كبيرة لنسبة نقل الحركة.

## 2. في حالة تثبيت الترس الشمسي:

تدار التروس الكوكبية بواسطة الترس الحلقي. وتتدرج هذه على الترس الشمسي، ويدور حامل التروس الكوكبية وعموده في نفس الاتجاه. بذلك يتم الحصول على تخفيض أقل لنسبة نقل الحركة.

## 3. في حالة تثبيت الترس الشمسي مع الترس الحلقي وإدارتهما معا:

لا تستطيع التروس الكوكبية الدوران، حيث تتحرك سويا مع كل من الترس الشمسي والترس الحلقي، وتكون سرعتي دوران العمودين القائد والمقود متساويتين.

## 4. في حالة تثبيت حامل التروس الكوكبية:

تدار التروس الكوكبية حول محورها بواسطة الترس الشمسي، وحيث أن حامل التروس الكوكبية مثبت، فلا بد للتروس الكوكبية من أن تدور في اتجاه معاكس لدوران الترس الشمسي .. وبالتالي تأخذ معها الترس الحلقي.

بذلك يتم الحصول على دوران عكسي .. أي تعشيق سير إلى الخلف، مع تخفيض للسرعة.

## صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية):

أدى إرهاب قائدي المركبات الآلية نتيجة الكثافة الدائمة والمتزايدة في حركة المرور في معظم مدن دول العالم إلى إنتشار صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية)، التي تعفي قائدي المركبات من تشغيل القابض والتعشيق، وبذلك أمكن التغلب على أخطاء التشغيل وما قد ينشأ عنه أضرار في أجزاء نقل الحركة.

يتم تعشيق التروس بنسب نقل الحركة الصحيحة تلقائياً لكل حالة من حالات

السير، دون تدخل من قائد المركبة (السائق)، ومن ثم فلم يعد هناك داع لوجود دعسة القابض في هذه الحالة.

### أنواع صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية):

تتكون صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية) من نوعين أساسيين هما:-

1. صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية).

2. صناديق التروس نصف الأوتوماتية (التلقائية).

تعمل الصناديق الأوتوماتية والنصف أوتوماتية بزيت خاص يسمى بسائل النقل التلقائي، يعمل هذا السائل على نقل عزم الدوران عن طريق محول دوران هيدروليكي.

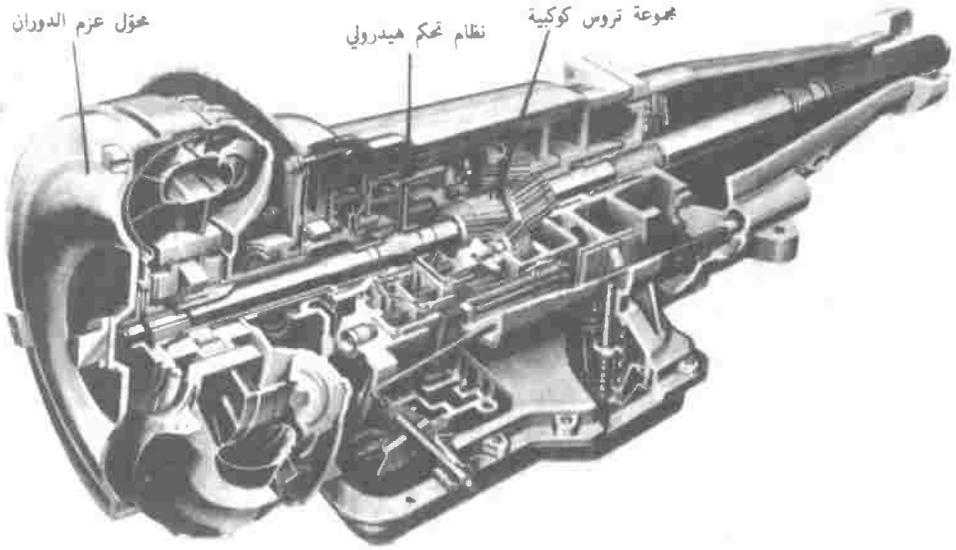
### مكونات صناديق التروس الأوتوماتية:

تتكون صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية) وصناديق التروس نصف الأوتوماتية الموضحة بشكل 5 - 32، من مجموعة تروس كوكبية ومحول عزم دوران هيدروليكي أو قابض هيدروليكي وبالتالي نظام تحكم هيدروليكي.

يتم التعشيق في صناديق التروس نصف الأوتوماتية من خلال رافعة تعشيق، ويتم الإقران تلقائياً، وبذلك لا يلزم وجود دعسة للقابض.

تعتبر صناديق التروس الأوتوماتية والنصف أوتوماتية التي تعمل بالزيوت، والتي تسمى بصناديق التروس الهيدرودينامية من الأنواع المألوفة والأكثر إنتشاراً.

يعمل الزيت على نقل عزم الدوران من المحرك إلى صندوق التروس، ويتم نقل عزم الدوران عن طريق محول عزم دوران هيدروليكي.



شكل 5 - 32

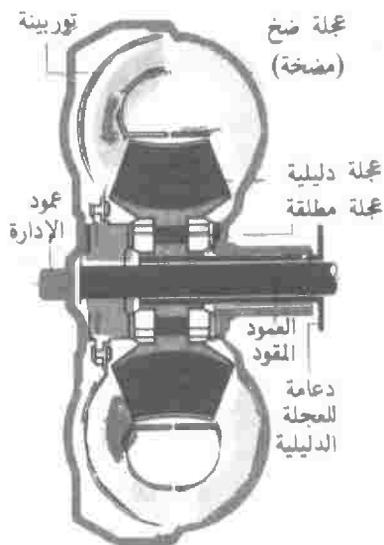
مكونات صندوق تروس أوتوماتك (تلقائي)

### محول عزم الدوران الهيدرولي:

يتكون محول عزم الدوران الهيدروليكي الموضح بشكل 5 - 33 من عجلة ضخ قائدة وعجلة توربينة منقادة وعجل دليلية إما أن تكون ساكنة أو تكون متصلة بمبيت صندوق التروس عن طريق عجلة مطلق.

يسمي هذا التصميم الذي يعم استخدامه في صناديق التروس الأوتوماتية بمجموعة تريلوك Teilok.

تركب العجلات الثلاث جميعها في مبيت واحد يملأ بزيت خاص، هو سائل النقل التلقائي (ATF) Automatic Transmission.

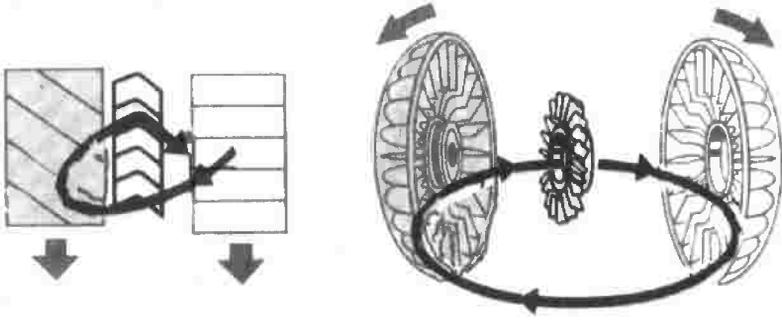


شكل 5 - 33

## محول عزم دوران هيدروليكي

يعمل محول عزم الدوران الهيدروليكي على قطع (فصل) إنتقال القوة بين المحرك وصندوق التروس في حالة السكون والدوران المحايد للمحرك، وعند زيادة سرعة دوران المحرك .. يزداد عزم الدوران المنقول عن طريق المحول شكل 5 - 34، وكلما كان الفرق بين سرعتي دوران عجلة الضخ وعجلة التوربينة أكبر، كان تحويل مسار الزيت عند العجلة الموجهة أعظم .. وبالتالي تكون زيادة عزم الدوران أكبر، ليصل حده الأقصى إلى حوالي مرتين ونصف مرة قدر عزم دوران التشغيل، حيث تكون سرعة دوران العمود المنقاد في هذه الحالة أصغر كثيرا من سرعة دوران العمود القائد.

عند نقطة الإقران .. أي عندما تدور كل من عجلة الضخ وعجلة التوربينة بنفس السرعة، يتوقف تحول مسار الزيت في العجلة الدليلية، ويتوقف معه تضخم عزم الدوران .. أي يعمل المحول كقابض هيدروليكي فقط وتدور العجلة الدليلية معه دوراناً حرّاً.



شكل 5 - 34

دائرة مرور الزيت في محول عزم الدوران

نتيجة للحركة الدورانية لعجلة الضخ، يجبر الزيت على اتخاذ حركة دائرية، كما هو الحال في القابض الهيدروليكي، ويحول مسار الزيت في ريش العجلة الدليلية، ويعاد مرة أخرى بزواوية مناسبة إلى عجلة الضخ. ويؤدي تثبيت العجلة الدليلية مع مبيت صندوق التروس إلى إعاقة دورانها في الاتجاه المعاكس، وإلى زيادة عزم الدوران الخارج.

### صناديق التروس نصف الأوتوماتية:

نقد أدى ارتفاع أثمان صناديق التروس الأوتوماتية إلى قصر استعمالها في سيارات ركوب الأشخاص حتى الآن على طبقة السيارات الفاخرة المرتفعة الثمن. ولإتاحة الفرصة أمام مستخدمي السيارات العادية ذات التكلفة الأقل، للاستفادة بمميزات صناديق التروس الأوتوماتيكية، فقد تم تطوير صناديق تروس نصف أوتوماتيكية، حيث يكون التعشيق فيها أساساً أقل تكراراً وأن تكون عملية التعشيق أكثر بساطة، إذ يتم فصل القابض فيها وإقرانه بطريقة تلقائية.

يوضح شكل 5 - 35 تمثيلاً تخطيطياً لتصميم صندوق تروس نصف تلقائي.

تتكون أجزائه الرئيسية من الآتي :-

#### 1. المحول الهيدروليكي لعزم الدوران:

يصنع من ألواح الصاج، ويعمل طبقاً لنظام تريلوك Trilok ويتولى وظيفة قابض بدء السير، ويقوم بتحويل عزم الدوران من نسبة 1 : 1 تقريباً إلى حوالي ما يزيد على الضعف.

## 2. قابض التعشيق الأوتوماتي (ذاتي التشغيل):

يتخذ شكل قابض جاف مفرد القرص، وتنتج قوة الضغط على القرص الضاغط من نابض غشائي، مما يجعل القابض بحجم أصغر.

## 3. صندوق التروس:

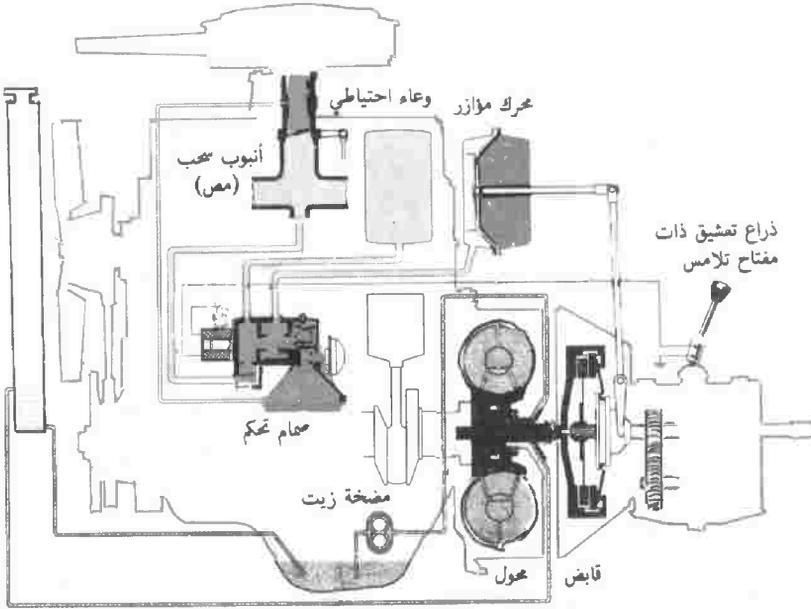
يقابل في تصميمه صندوق التروس النمطي ذو الأربع سرعات، ولكن بدون التعشيق الأولي التي يقوم بوظيفتها محول عزم الدوران.

## 4. المحرك المؤازر وجهاز التحكم:

يتكون المحرك المؤازر أو كباس التشغيل من علبة من الصفيح يوجد بها غشاء يؤثر الضغط الجوي على أحد وجهيه، بينما يتصل الوجه الآخر بوصلة الضغط المنخفض (التفريغ). وتقوم رافعة بنقل حركة الغشاء إلي رافعة تشغيل القابض، ويتم التحكم في الضغط المنخفض في المحرك المؤازر بواسطة صمام يشغل كهربائياً.

## 5. عملية فصل القابض:

يستخدم الضغط المنخفض في هذه العملية. وهو يقوم بفصل القابض عن طريق المحرك المؤازر، أثناء عملية التعشيق. ويقع هذا الضغط المنخفض في ماسورة المص(السحب) للمحرك، ويتوقف على وضع صمام الخنق وبالتالي علي وضع دعسة الوقود. تستغرق عملية فصل القابض جزءاً من عشرة من الثانية فقط، ابتداء من لحظة لمس ذراع التعشيق.



شكل 5 - 35

رسم تخطيطي لصندوق تروس نصف أوتوماتك

### عملية فصل القابض:

بضغط ذراع التعشيق تغلق دائرة المغناطيس الكهربائي لصمام التحكم، عبر مفتاح التلامس بذراع التعشيق، ومن خلال صمام رئيسي يسمح المغناطيس الكهربائي بسريان الضغط المنخفض من ماسورة السحب (المص) إلى المحرك المؤازر (المحرك المساعد). عندئذ يضغط الهواء الجوي الموجود في الغرفة اليمنى للمحرك المؤازر على الغشاء إلى جهة اليسار، فيفصل القابض عن طريق الرافعة، وبمواصلة تحرك ذراع التعشيق حر، يقوم مفتاح التلامس بقطع دائرة تيار المغناطيس الكهربائي، فيعود الصمام الرئيسي إلى وضع البداية .. أي يقوم الهواء الجوي المتدفق عبر صمام التوجيه بالتغلب على الضغط المنخفض في المحرك المؤازر. ومن ثم يعود القابض للإقران مرة أخرى،

ويعمل الوعاء الاحتياطي على اختزان الضغط المنخفض، بحيث يظل في الإمكان تشغيل القابض عدة مرات بعد توقف المحرك.

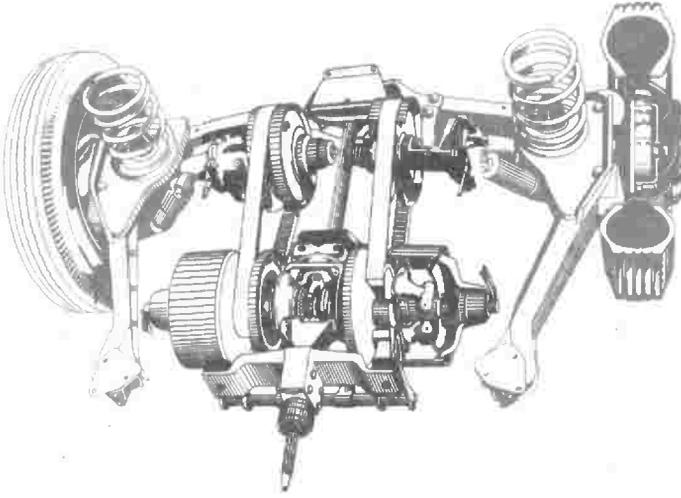
### مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسلة بصور لا تدريجية :

مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسلة لا يتحقق النقل بأسلوب ميكانيكي سلس (غير متدرج) بواسطة التروس.

وتعتبر المجموعة الوحيدة للإدارة الميكانيكية السلسلة المستعملة في المركبات الآلية حتى الآن، تلك المنتجة إنتاجاً نمطياً والموضحة بشكل 5 - 36، والتي تستخدم في المركبات. وهي مجموعة إدارة تامة الأوتوماتية.

يستخدم في مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسلة سيران مقطعهما على شكل حرف V عريض لنقل الحركة وتحويل عزم الدوران. ويمكن إزاحة النصفين الخارجيين لبكرات السيور في الاتجاه المحوري. ويتغير التباعد بين نصفي (جزئي) بكرات السيور المركبة على أعمدة الإدارة تبعاً لسرعة الدوران، عن طريق أُنقال الطرد المركزي، كما يتغير أيضاً تبعاً للمحمل، عن طريق كل من الضغط المنخفض في أسطوانات الضغط المنخفض، والشد في السيور.

يتم ضبط تباعد كل من نصفي البكرتين على العمود المقود عن طريق قوة نوابض.



شكل 5 - 36

مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسلة بصورة لا تدرجية

### تركيب مجموعة تغيير السرعة:

يجهز كل من العمود القائد والعمود المنقاد ببكرة سير حرف V. تتركب كل بكرة من قرصين مخروطي الشكل أحدهما قابل للانزلاق. يتم نقل الحركة من بكرة إلى أخرى بواسطة سير ذي مقطع بشكل شبه منحرف مصنوع من مطاط اصطناعي مقوي بأنسجة.

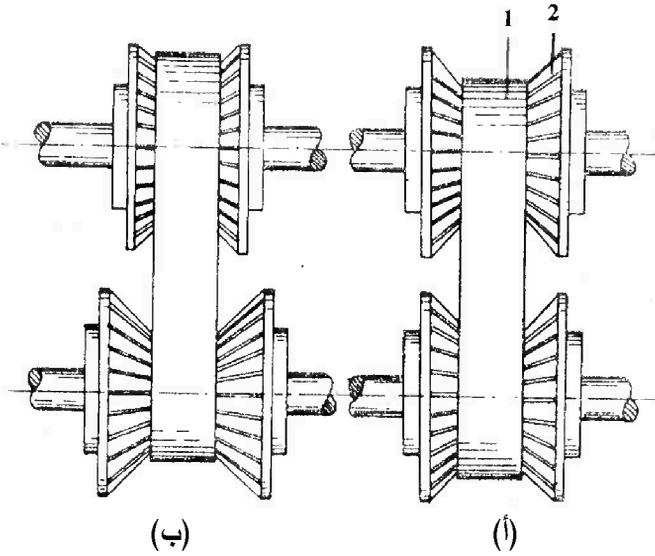
### التغيير السلس لسرعات مجموعة الإدارة الأوتوماتية الغير متدرجة:

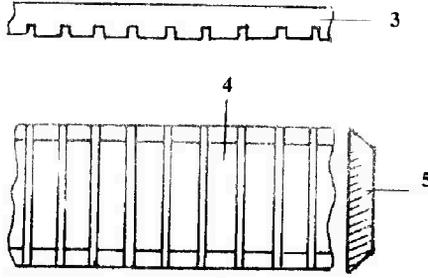
يتم تغيير السرعة السلس بمجموعة الإدارة الأوتوماتية كما هو موضح بشكل 5 - 37 (أ) عن طريق تركيب مجموعة تغيير السرعة في الإدارة الغير تدرجية.

تتكون آلية تغيير السرعة في الإدارة الغير تدرجية الموضحة بشكل ( وسائل نقل الحركة شكل 5 - 37 (ب) من عمود قائد وعمود منقاد. يثبت على العمود القائد بكرتين على شكل مخروط ناقص، بحيث تكون البكرتين قابلتين للضبط .. أي يمكن إقترابهما أو إبعادهما عن بعضهما البعض، وكذلك مثل لهما على العمود المنقاد، بحيث تكون

البكرتين غير مثبتتين.. أي حرتين الحركة.

يستخدم سير أو سلاسل شرائحية على البكرات المخروطية القابلة للضبط.





شكل 5 - 37

رسم تخطيطي لآلية تغيير سرعة غير تدرجية

باستخدام سيور أو سلاسل شرايحية مع بكرات مخروطية قابلة للضبط

(أ) نقل حركة للأسرع.

(ب) نقل حركة للأبطأ.

1- سير مضلع.

2- بكرات مخروطية قابلة للضبط.

3- مسقط رأسي يوضح شكل السير.

4- مسقط أفقي للسير.

5- مقطع جانبي للسير.

**طريقة عمل مجموعة تغيير السرعة الغير تدرجية:**

تنتقل الحركة بين العمود القائد والعمود المنقاد عن طريق سير، ويمكن التحكم في بعد المسافة بين البكرتين القادتين وأيضاً في البكرتين المنقادتين عن طريق التحكم الميكانيكي، وبذلك يمكن زيادة أو خفض السرعة.

عند بدء الحركة يستقر السير في بكرة العمود القائد الداخلي تماماً، ويستند سير بكرة العمود المنقاد على المحيط الخارجي للبكرة تماماً، ويعطي هذا الوضع أعلى نسبة نقل حركة وأكبر عزم دوران، ومع ازدياد سرعة المركبة تضغط أقال الطرد المركزي الموجودة في بكرة الإدارة (بكرة العمود القائد) على نصف البكرة القابلة للانزلاق محورياً،

لتدفعها في اتجاه نصف البكرة الثابتة، فيتحرك السير على بكرة عمود الإدارة إلى الخارج ويخفض نسبة نقل الحركة.

وعندما تبلغ المركبة غاية سرعتها، يكون السير قد وصل إلى الخارج تماماً (عند محيط بكرة عمود الإدارة)، أما عند بكرة العمود المنقاد فيكون السير قد إستقر بالداخل تماماً. وتتم موازنة نسبة نقل الحركة مع حمل المحرك بواسطة قوة الشد في السير، وكذلك الضغط المنخفض السائد في ماسورة السحب الذي يصل إلى كلا غرفتي أسطوانة الضغط المنخفض من خلال حمامات، وبذلك يمكن خفض القوة الطاردة المركزية أو زيادتها.

وعند الكبح العنيف (الفرملة) يصل الضغط المنخفض إلى الغرفة الداخلية لأسطوانة الضغط المخفض، فترتفع نسبة نقل الحركة .. وبالتالي يزداد تأثير كبح (فرملة) المحرك.

### مميزات آلية تغيير السرعة بصورة لا تدريجية:

تتميز آلية تغيير السرعة بصورة لا تدريجية المستخدمة في صناديق التروس

الأوتوماتية بالآتي:-

1. الهدوء وعدم وجود اهتزازات.
2. إنعدام الانزلاق.
3. طول زمن صمود السير أو السلسلة.
4. كفاءة عالية.
5. بساطة التصميم والتجميع.
6. سهولة الاستعمال.

**الملخص:**

- تتوقف قدرة محرك الاحتراق الداخلي على سرعة دورانه، ومن ثم فإن صناديق التروس ضرورية للمركبات الآلية.
- يمكن تقسيم صناديق التروس إلى صناديق تروس متدرجة، وصناديق تروس تلقائية، ومجموعة إدارة أوتوماتية سلسلة (غير متدرجة) وصناديق تروس خاصة.
- أصبحت صناديق التروس المنزقة طرازاً قديماً، والتي يتم تغيير التشيق بها بانزلاق التروس على العمود الرئيسي.
- تكون التروس في صناديق التروس المتزامنة في تشيق دائم. ويتم التشيق بضغط جسم التزامن على الترس المراد تشييقه، بواسطة جلبة التشيق. ونتيجة للاحتكاك تكتسب التروس نفس السرعة، وينقل عزم الدوران من الترس إلى العمود الرئيسي، عن طريق جسم التزامن.
- في صناديق التروس المتزامنة المانعة، فلا يمكن أن تقوم ذراع التشيق بعملية التشيق، إلا بعد أن تتساوى السرعات.
- صناديق التروس الكوكبية هي مجموعات تروس دوارة، تصلح بوجه خاص لصناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية)، نظراً لأن تصميمها قصير الطول، وأن مقدرتها على التحمل عالية.
- تتكون صناديق التروس الأوتوماتية من محول عزم دوران أو قابض هيدروليكي ومجموعة تروس كوكبية ونظام تحكم.
- يجري تغيير التشيق بطريقة تلقائية تبعاً لسرعة السير، ومدي تحميل المحرك.

- يتم تحويل عزم الدوران بواسطة تغيير مسار الزيت بالعجلة الدليلية، في محول عزم الدوران، ويتوقف مقدار تغير عزم الدوران على فرق سرعة الدوران بين عجلة الضخ وعجلة التوربين.
- في مجموع تريلوك، لا يتأتي للعجلة الدليلية أن تدور، إلا في نفس اتجاه دوران عجلة الضخ وعجلة التوربين.
- الارتداد التلقائي للتعشيق، ينتج عن تغذية مفاجئة بالوقود بقصد التسارع الشديد.
- تتكون صناديق التروس نصف الأوتوماتية من المحول الهيدروليكي لعزم الدوران، والقابض المشغل تلقائياً، ومجموعة تروس تغيير السرعة، ومحرك المؤازر، وجهاز التحكم.
- يتم الإقران في صناديق التروس نصف الأوتوماتية، بواسطة الضغط المنخفض (التفريغ) في مأسور السحب، وتجري عملية فصل القابض بمجرد تحريك ذراع التعشيق، ويكون تغيير نسبة النقل في مجموعات الإدارة الميكانيكية السلسلة، بتغيير تباعد أنصاف بكرات السيور حرف V العريضة المخروطية الشكل. وتقوم أثقال الطرد المركزي بتغيير نسبة النقل، تبعاً لسرعة سير المركبة. كما يقوم الضغط المنخفض في ماسورة السحب أيضاً، بتنظيم سرعة السير تبعاً لحمل المحرك.

## حسابات مجموعة تروس السرعات

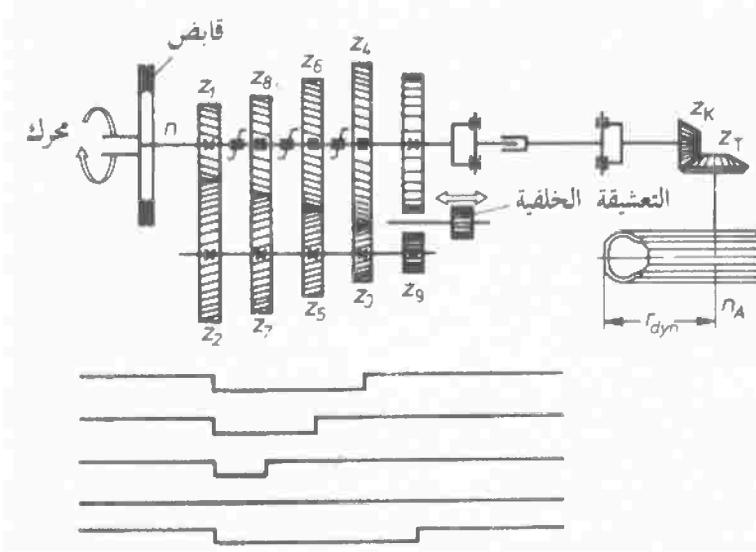
### ومجموعة الإدارة النهائية وعزم الدوران وتغيير السرعات

تشتمل مجموعة الإدارة لأي مركبة آلية على صندوق تروس ومجموعة إدارة نهائية كما هو موضح بشكل 5 - 38، ويعتبر صندوق محولا لعزم الدوران، وعن طريقه يمكن

المحافظة على سرعة الدوران المناسبة للمحرك تحت جميع ظروف القيادة.

تستخدم صيغ رياضية خاصة للحصول على نسب النقل بصندوق تروس السرعات

لتحويل عزم الدوران وتغيير سرعة الدوران المرتبطة بها.



شكل 5 - 38

مجموعة تروس السرعات ومجموعة الإدارة النهائية

### نسب النقل بصندوق تروس السرعات :

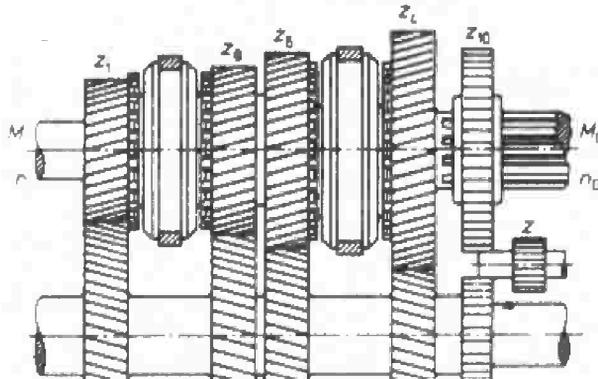
يتم تغيير عزم دوران المحرك  $M$  وسرعة الدوران  $n$  لكي يتناسب مع جميع

ظروف القيادة للمركبة الآلية، ويتم هذا التغيير باستخدام نسب مراحل النقل لزوج تروس

المناول (التعشيق الإضافية) وزوج تروس النقل، أو عن طريق التوصيل المباشر لعمود

إدارة صندوق التروس مع العمود الرئيسي لصندوق التروس شكل 5 - 39 ، ويمكن

إيجاد ذلك من خلال الصيغ الرياضية التالية:-



دخول القدرة

خروج القدرة

شكل 5 - 39

نقل الحرارة بصندوق تروس السرعات

$$I_G = \frac{n}{n_G}$$

$$\therefore n = I_G * n_G$$

$$I_{G1} = \frac{Z_2 * Z_4}{Z_1 * Z_3}$$

$$I_{G2} = \frac{Z_2 + Z_6}{Z_1 * Z_5}$$

$$I_{G2} = \frac{Z_2 + Z_8}{Z_1 * Z_7}$$

$$I_{GR} = \frac{Z_2 + Z_{10}}{Z_1 * Z_9}$$

$$I_G = \frac{M_{G'}}{M}$$

$$\therefore M = \frac{M_G}{I_G}$$

حيث:  $I_G$  .... نسبة نقل تروس التغيير

$I_{G1}$  ... نسبة نقل السرعة الأولى

$I_{G2}$  .... نسبة نقل السرعة الثانية

$I_{G3}$  .... نسبة نقل السرعة الثالثة

$I_{G4}$  .... نسبة نقل السرعة الرابعة ( النقل المباشر)

$I_{GR}$  ... نسبة نقل السرعة الخلفية

$n$  .... سرعة دوران المحرك ... (r.p.m)

$n_G$  .... سرعة دوران العمود الرئيسي لصندوق التروس أو سرعة العمود المفصلي

(عمود الكرنان) .. (r.p.m)

$Z_1, Z_2$  .... عدد أسنان التروس المناولة .. (التعسيقة الإضافية الوسيطة)

$Z_3 \rightarrow Z_{10}$  .... عدد أسنان تروس التغيير

$M_G$  ... عزم الدوران عند خرج صندوق التروس ... ( $N_m$ )

$M$  .... عزم دوران المحرك ... ( $N_m$ )

## مثال:

تسير سيارة ركوب ذات صندوق تروس بأربع سرعات على السرعة الثانية، وتبلغ

سرعة المحرك  $n = 3200$  r.p.m ، وعزم دورانه  $M = 120$  Nm. فإذا كان عدد

أسنان التروس المناولة  $Z_1 = 25$  ،  $Z_2 = 40$  ، وعدد أسنان ترسي السرعة الثانية  $Z_6 =$

$Z_5 = 25$  ،  $Z_4 = 40$  . أوجد الآتي:-

(أ) نسبة نقل السرعة الثانية.

(ب) سرعة دوران العمود الرئيسي لصندوق التروس.

(ج) عزم الدوران عند خرج صندوق السرعات بوحدة ( $Nm$ ).

مثال:

(أ) نسبة نقل السرعة الثانية

$$I_{G2} = \frac{Z_2 + Z_6}{Z_1 * Z_5}$$

$$I_{G2} = \frac{40 \times 40}{25 \times 25} = 2.56$$

(ب) سرعة دوران العمود الرئيسي لصندوق التروس

$$N_G = \frac{n \cdot 3200 \text{ r.P.m}}{i_{G_2}} = 1250 \text{ r.P.m}$$

(ج) عزم الدوران عند خرج صندوق السرعات

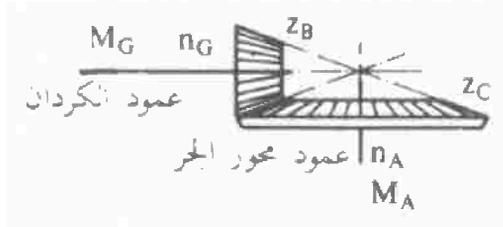
$$M_G = M * I_{G2} \\ = 120 \text{ Nm} * 2.56 = 307.2 \text{ Nm}$$

وذلك بافتراض أن نقل السرعة يتم بدون فقد

**نسب النقل في مجموعة الإدارة النهائية:**

يتم تحويل عزم الدوران في مجموعة الإدارة النهائية وذلك علاوة على التحويل الذي يتم في صندوق التروس. يتم ذلك بواسطة تروس مخروطية شكل 5 - 40، أو تروس اسطوانية (عدلة)، ونادراً ما تستخدم التروس الدودية .. في هذه الحالة يحل عدد أبواب الدودة محل عدد أسنان الترس المخروطي  $Z_B$  في الحسابات، ويتم أحياناً بالنسبة للمركبات الآلية التجارية مثل الجرارات وغيرها استخدام تعاشيق إضافية.

يمكن إيجاد نسبة نقل مجموعة الإدارة النهائية من الصيغ التالية:-



شكل 5 - 40

تحويل عزم الدوران باستخدام مجموعة تروس مخروطية

$$I_A = \frac{Z_C}{Z_B} = \frac{N_G}{N_A}$$

$$\therefore Z_C = I_A * Z_B$$

$$Z_B = \frac{Z_C}{I_A}$$

حيث  $I_A$  ..... نسبة نقل مجموعة الإدارة النهائية

$Z_C$  ..... عدد أسنان الترس التاجي.

$Z_B$  ..... عدد أسنان الترس المخروطي .. (r.p.m).

$N_A$  ..... سرعة دوران عمود محور الجر ... (r.p.m).

**مثال:**

يدار الترس المخروطي لمجموعة الإدارة النهائية بسرعة  $N_G$  تبلغ 510 r.p.m.

فإذا كان عدد أسنان هذا الترس 12 سنة. أوجد الأتي:-

(أ) سرعة دوران عمود محور الجر إذا كان عدد أسنان الترس التاجي 51 سنة.

(ب) عزم دوران محور الجر إذا كان عزم الدوران عن مخرج صندوق لسرعات

.400/Nm

**الحل:**

(أ) سرعة دوران عمود الجر

$$I_A = \frac{Z_C}{Z_B} = \frac{51}{12} = 4.25 \text{ r.p.m}$$

$$I_A = \frac{N_G}{N_A}$$

$$n_A = \frac{n_G}{I_A} = \frac{510 \text{ r.P.m}}{4.25} = 120 \text{ r.p.m}$$

(ب) سرعة دوران محور الجر

$$I_A = \frac{M_A}{M_G}$$

$$\begin{aligned} \therefore M_A &= I_A * M_G \\ &= 4.25 * 400 \text{ Nm} = 1700 \text{ Nm} \end{aligned}$$

### نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة:

تعتبر نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة عن تتاسب عزم دوران المحرك M وسرعة دورانه n مع عزم الدوران  $M_A$  وسرعة الدوران  $N_A$  عند عمود محور الجر (Axle Shaft). وتحسب هذه النسبة الكلية من نسبة النقل في صندوق التروس الخاصة بالسرعة المعينة، و نسبة النقل في مجموعة الإدارة النهائية من الصيغ التالية:-

$$I = I_G * I_A$$

$$\therefore I_G = \frac{I}{I_A}$$

$$I_A = \frac{I}{I_G}$$

$$I = \frac{n}{n_A}$$

$$\therefore n_A = \frac{n}{I}$$

$$n = I * n_A$$

$$I = \frac{M_A}{M}$$

$$\therefore M_A = I * M$$

$$M = \frac{M_A}{I}$$

حيث I ..... نسبة النقل لمجموعة نقل الحركة

$i_G$  .... نسبة نقل صندوق التروس عند السرعة المستخدمة.

$i_A$  .... نسبة نقل مجموعة الإدارة النهائية.

n ..... سرعة دوران المحرك .. (r.p.m).

$n_A$  .... سرعة دوران عمود محور الجر ( تروس الإدارة) .. (r.p.m)

M .... عزم دوران المحرك (Nm)،

$M_A$  .... عزم دوران عمود محور الجر ( تروس الإدارة) .. (Nm)

**ملحوظة:**

تصلح الصيغ الرياضية السابق ذكرها لحساب تحويلات عزم الدوران فقط في حالة النقل بدون فقد، لذلك يجب عند الحساب بدقة أخذ تأثير درجة كفاية مجموعة الإدارة (صندوق التروس) والقابض ..... إلخ.

علماً بأن الكفاية الكلية  $\eta$  لمجموعة الإدارة تبلغ حوالي 0.94

## مثال:

يبلغ عزم دوران محرك سيارة ركوب 215 Nm عند سرعة دوران مقدارها 3700r.p.m، وتبلغ نسبة النقل في السرعة الأولى  $I_G = 3.85$ ، وفي مجموعة الإدارة النهائية  $I_A = 3.64$ .

أوجد الآتي:-

(أ) نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة في هذه الحالة.

(ب) سرعة دوران عمود الإدارة.

(ج) عزم دوران عمود الإدارة.

## الحل:

(أ) نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة

$$\begin{aligned} I &= I_G * I_A \\ &= 3.85 * 3.64 = 14.014 \end{aligned}$$

(ب) سرعة دوران عمود الإدارة

$$\begin{aligned} I &= \frac{n}{n_A} \\ \therefore n_A &= \frac{n}{I} \\ &= \frac{3700 \text{ r.P.m}}{14.014} = 264 \text{ r.P.m} \end{aligned}$$

$$I = \frac{M_A}{M}$$

$$\therefore M_A = I * M$$

$$= 14.014 * 215 \text{ Nm} = 3013 \text{ Nm}$$