الباب الخامس

نظام نقل الحركة

الفصل الأول .. القوابض

تمهيد

لكي يستفاد من حركة المحرك، فإنه يجب أن تنقل هذه الحركة أو توصليها إلى العجلات، بواسطة ما يسمي 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 التخفيض بين ترس الإدارة وترس التاج هي نسبة 5 : 1، هذا يعني أن يودي 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 تخفيض أكبر للسرعة بين المحرك والعجلات المنقادة بنسبة 20 : 1 مثلا، 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 (أى 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 (حدافة 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 فى حركة الوصل والفصل المؤقت .. أى 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، وأى 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 فى حالة دوران).

وظيفة القابض:

يستنتج مما سبق عرضه بأن القابض هي آلية لفصل ونقل لقوة من المحرك وصندوق التروس، فعند تغيير التعشيق يتم فصل نقل الحركة لفترة زمنية قصيرة كنتيجة لفصل القابض، ومن ثم فإنه يمكن تلخيص 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 التى 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)، فإنهه يجب أن تتصف في المقام الأول بطول عمرها وكبر 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 تكرار 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 :-

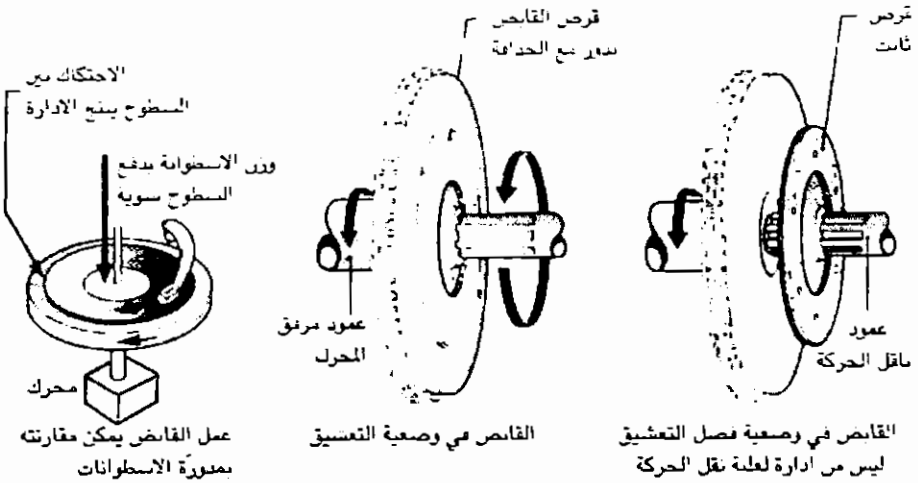
1. القابض الإحتكاكي.
2. القابض الكهرومغناطيسي.
3. القابض الهيدروليكى.
4. قابض الأمان.

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). وتستلزم 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 (يايات أو سوست). ويوضح شكل 5 – 2 (165–1) 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 للبلي، وبالتالي بالنسبة لعمر القابض.

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

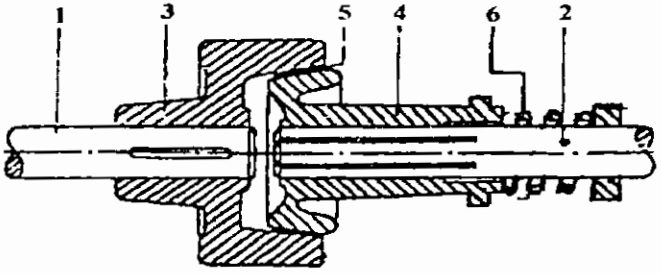
أولا : القابض الإحتكاكي المخروطي The conical friction clutch

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 داخلي 3 على العمود القائد 1 بحيث يدور معه . والجزء الثاني من القابض وهو ذي مخروط خارجي 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 (ياى) حيث تتلامس الأسطح المخروطية المخشنة ، يكون مساحة التلامس فيها على شكل مخروط ناقص 5 لينقل عزم الدوران إلى العمود المنقاد الحر2.

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



شكل 5 – 2

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 ينزلق على العمود المنقاد ويتحرك في الإتجاه المحورى.
5. أسطح إحتكاك .. مساحة التلامس فيه على شكل مخروط ناقص.
6. نابض لولبى .. (ياى).

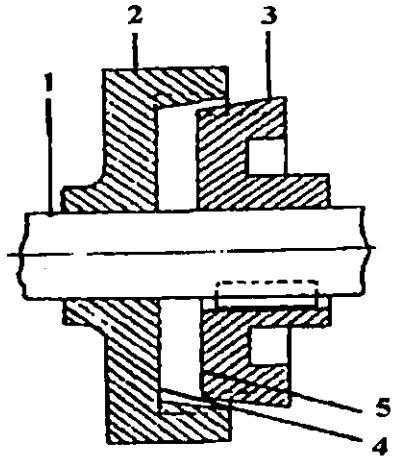
مميزات إستخدام الأسطح المخروطية بالقوابض :

يتوقف قوة الإحتكاك بين السطحين المتلامسين على القوة العمودية بينهما ، ويمكن زيادة القوة العمودية بإستعمال سطحين مخروطيين ، دون زيادة ضغط النوابض (الياءات) ، 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 5 – 3، يحدث تأكل بالسطحين المخروطيين المتلامسين ، ومع استمرار هذا التآكل وإهمال صيانته ، يحدث تلامس بين القرصين 4 ، 5 .. الأمر الذي يؤدى 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 داخلى.

3- قرص بمخروط خارجى.

4- السطح الجانبى للقرص المخروطى الداخلى.

5- السطح الجانبى للقرص المخروطى الخارجى.

في حالة التأكل الشديد للأسطح الإحتكاكية يخرط السطح الخارجى أو الداخلى المخروطى بمقدار 2 : 3 ملليمتر كما هو موضح بالشكل بالخطوط المتقطعة ، 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.

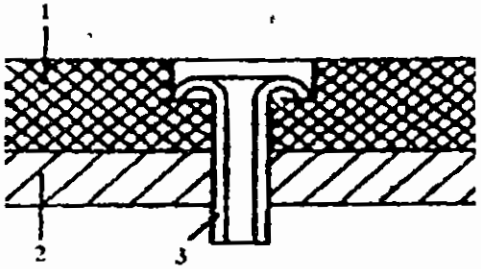
بطانة الأسطح المتلامسة بالقابض :

تستخدم القوابض المخروطية التي يعشق فيها مخروط ذكر معدني مع مخروط أنثى معدني ،وعلى ذلك يكون تلامس معدن مع معـدن ، 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 فى 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 5 – 4.



شكل 5 – 4

تثبيت البطانة مع قرص القابض

1- بطانة القابض.

2- قرص القابض.

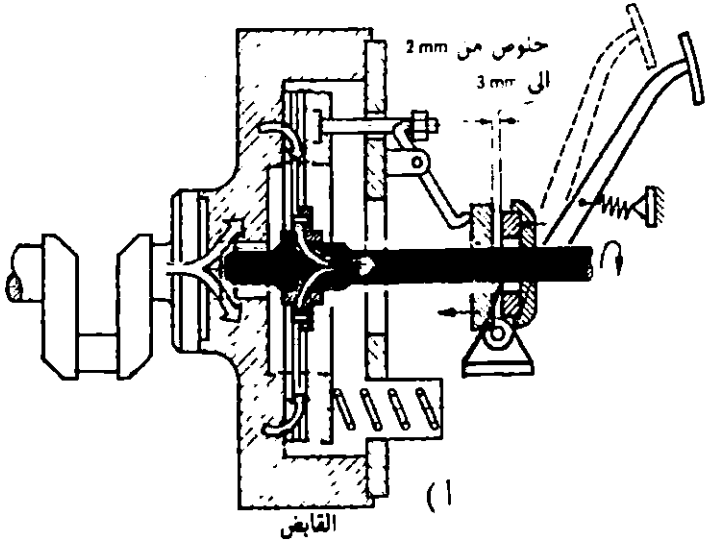
3- مسمار برشام مجوف ذو رأس غاطس.

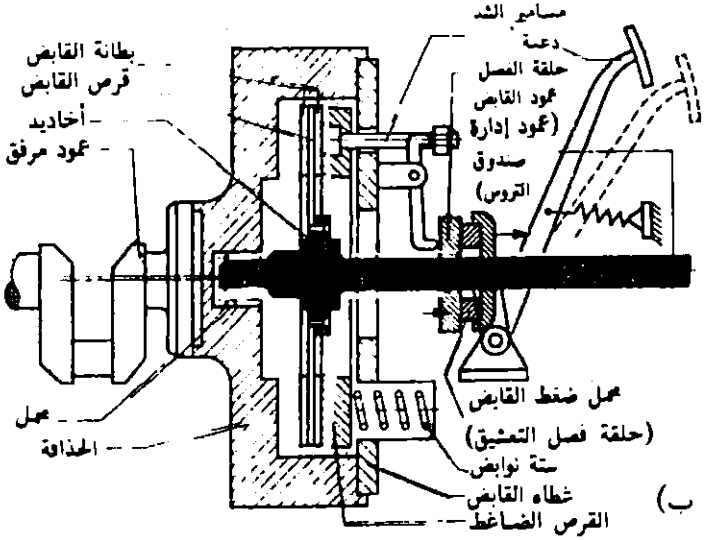
ثانيا : القابض الإحتكاكي مفرد القرص Single - disc friction clutch

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 $20\ N/cm^2$ – $50\ N/cm^2$ 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

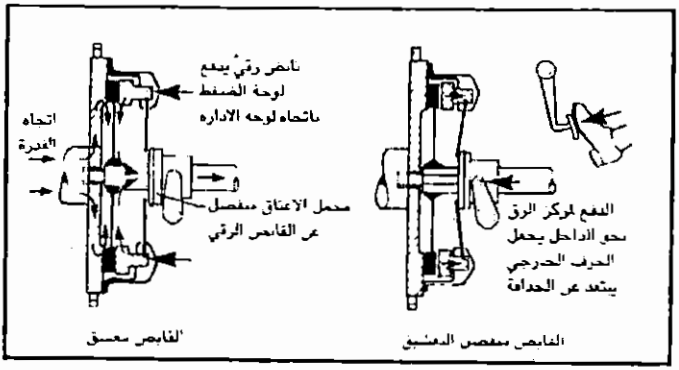
قابض احتكاكي جاف مفرد القرص

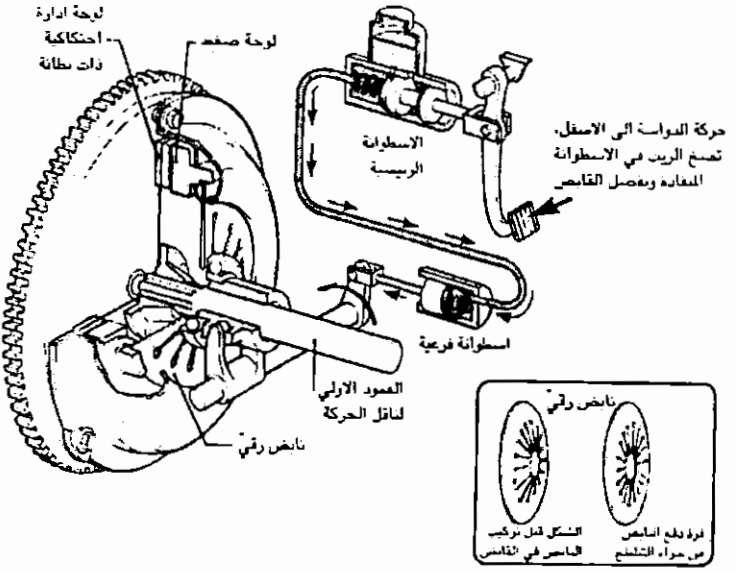
(أ) حالة الوصل (الإقران): يعمل المبيت المثبت بالحدافة بوساطة مسامير ملولبة على إدارة القرص الضاغط الذي يضغط بدوره على قرص القابض على الحدافة، تحت تأثير قوة ضغط النوابض (اليايات) وتوضح الأسهم مسار انتقال القوة.

(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 آحادي القرص .. أي بقرص مدار واحد حيث أن هذا التصميم ذو فاعلية أعلي 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.

ثالثا : القابض الاحتكاكي الجاف مزدوج القرص:

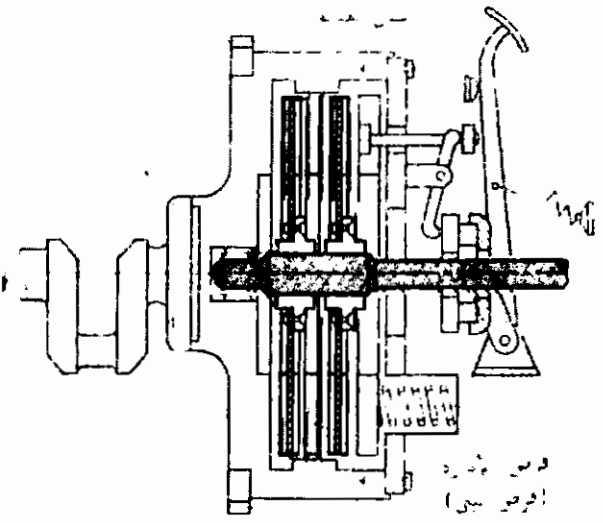
Double - disc friction clutch

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 إنخفاض 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 ـة، مثل مجموعة من الروافع تعمل تحت تأثير نابض، ويكون القرص البيني في بصمات 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

قابض جاف مزدوج القرص

رابعا : القابض الإحتكاكي المتعدد الرقائق Multi-leaf friction clutch

القابض الاحتكاكي المتعدد الرقائق كثيراً ما يسمي أيضاً بالقابض الرقائقي. يعمل جافاً أو في زيت ، عادة يكون قطر هذا القابض صغيرة.

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

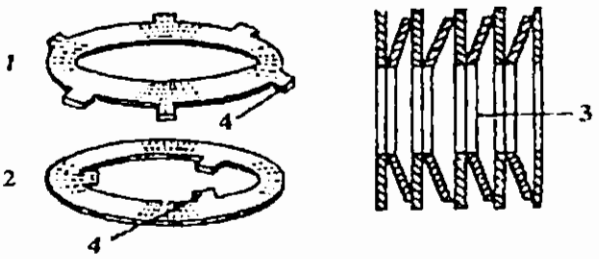
أقراص القابض المتعدد الرقائق:

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

تثبيت أقراص (الرقائق) بتسلسل كما هو موضح بشكل 5 – 8 مع قفص القابض ومع الصرة، بحيث تكون قابلة للإنزلاق محورياً من خلال حركتهـا علـى مجـاري

إنزلاق باستمرار، ففي وضع السير تضغط مجموعة من النوابض أو يضغط نابض مركزي على مجموعة الرقائق لتضمها علي بعضها البعض، حتى لا يكون هناك إنقطاع في انتقال القوة. وبتشغيل القابض يتم التغلب على قوة النوابض وتتحرر الأقراص.

تتوقف قياسات الرقائق على قطر وسمك كل منهم ، والمجموع الكلى 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. **حدبة.**

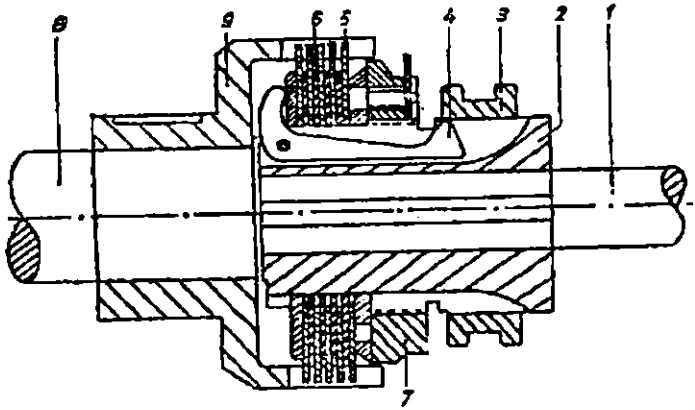
تتسم الرقائق التي تعمل في الزيت بإنخفاض البلي (التآكل) الناتج عن الاحتكاك، كما أنها تضغط ضغطاً مرناً كي تنقل عزم الدوران.

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

تستخدام 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 لتضغط 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.

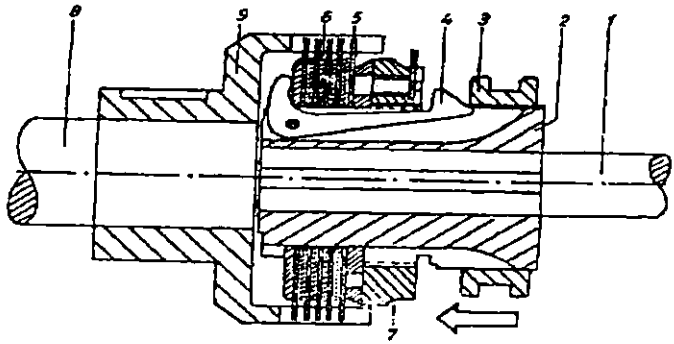


شكل 5 – 9

قابض إحتكاكى متعدد الرقائق في حالة التعشيق

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

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 متحركة.**
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 صناديق 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 حلولاً مناظرة في طريقتها لمركبات الخدمات الشاقة، مثل الاستفادة من أجهزة الهواء المضغوط الموجودة بها أصلاً في هذا السبيل.

خامسا : القابض الإحتكاكى ذو الطرد المركزى

The centrifugal friction clutch

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

تتلخص فكرة قابض الطرد المركزي الموضح بشكل 5 – 11 في تثبيت أثقال صغيرة (لقم 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.

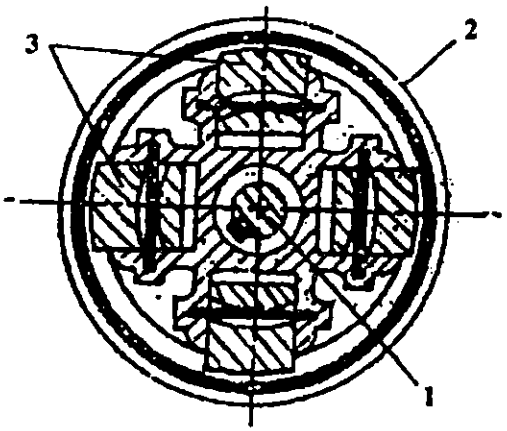
عندما يصل الجزء الداخلي المثبت على العمود القائد إلى سرعة دوران كبيرة بالقدر الكافي، تتحرك الأثقال الصغيرة (اللقم) مع بعضها البعض في مجارى خاصة

تسمح لها بإتجاه نصف قطري إلى الخارج لتضغط على الجزء الخارجي (الجزء الثاني من القابض) ليصل عزم الدوران إليه.

توجد نوابض لولبية (يايات) 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 قَل.

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) تتصف 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.

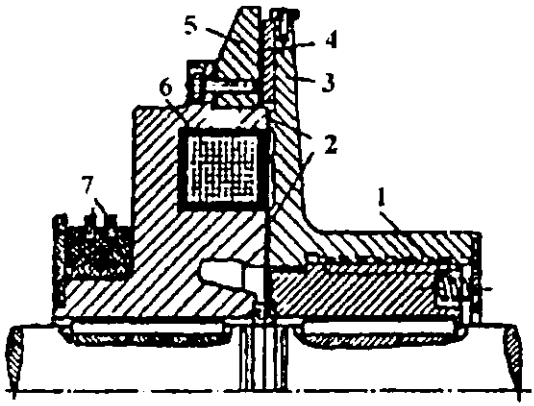
(أ) القابض الكهرومغناطيسي مفرد القرص:

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 الإحتكاكى، 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 وضعه الابتدائي بعيداً عن القرص الاحتكاكي عن طريق قوى شد النوابض اللولبية (الياءات) المثبتة به.

يستخدم القابض الكهرومغناطيسي مفرد القرص في حركة الوصل والفصل، للتعشيق المؤقت بأجهزة نقل الحركة بسيارات النقل والآليات والشاحنات الكبيرة، كما يستخدم في صناديق تروس ماكينات الإنتاج ذات القدرات الصغيرة.



شكل 5 – 12

قابض كهرومغناطيسي مفرد القرص

1. نوابض لولبية.
2. أقطاب.
3. قرص الوصل.
4. بطانة إحتكاكية.
5. قرص احتكاكي.
6. ملف كهربائي.
7. حلقات إنزلاق.

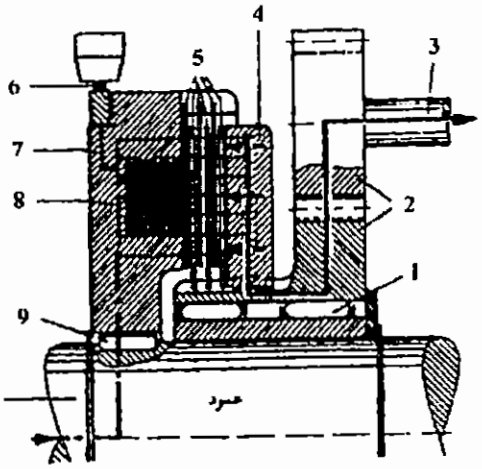
(ب)القابض الكهرومغناطيسي المتعدد الأقراص:

The multi-discus electromagnetic clutch

يتميز القابض الكهرومغناطيسي المتعدد الأقراص الموضح بشكل 5 – 13 عن القابض الكهرومغناطيسي مفرد القرص بدقته الكبيرة بالإضافة إلى صغر حجمه لذلك فهو أكثر إنتشاراً.

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 إبري (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.

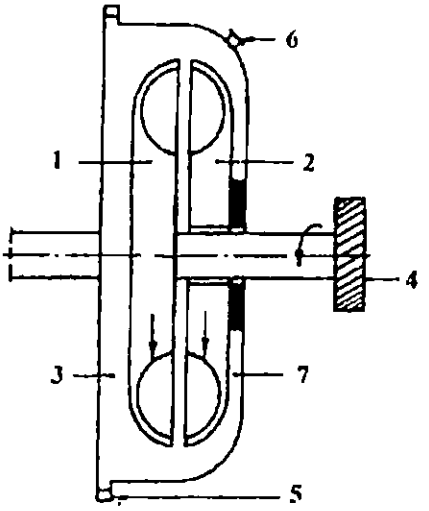
القابض الهيدروليكي : The hydraulic clutch

قبل مناقشة القابض الهيدروليكى .. يجب أن يسلط الضوء على كلمة (هيدروليكاً).

الهيدروليكا Hydraulic هي علم السوائل الذي يحتوى على الماء والزيت والذي يعرف بعدم قابليته للإنضغاط، أى 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 يحتوى على مضخة وتوربين متقابلين لبعضهما البعض (المسافة بينهما بضعة ملليمترات.. أى لا تتجاوز 5 ملليمتر).

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

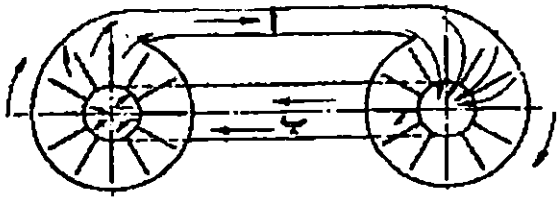


شكل 5 – 14

قابض هيدروليكي

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

عند إدارة المحرك تنتقل الحركة الدائرية للمضخة الموضحة بالرسم التخطيطي بشكل 5 – 15، حيث تتحرك الريش في إتجاه السهم ليقذف الزيت بقوة دفع إلى خارج المضخة ليمر الزيت من خلال المجرى (أ) متجها 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

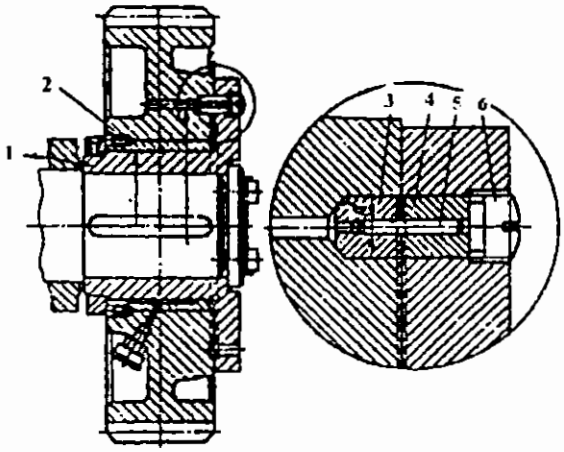
يلاحظ أن مجرى الزيت (أ) أصغر من المجرى (ب) وذلك لكي يصل الزيت من المضخة إلى التوربين بضغط وقوة دفع، بينما يصل الزيت من التوربين إلى المضخة من خلال مجرى أكبر (ب) وذلك لكى يصل الزيت بدون ضغط زائد.

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 يؤدى استخدام القابض الهيدروليكي إلى الاستغناء عن الاتصال الميكانيكي المباشر بين المحرك ومجموعة تروس السرعات.

قابض الأمان: The safe clutch

تصميم قوابض الأمان بحيث تكون ذات عنصر قابل للتحطيم عند زيادة الحمل لقطع الاتصال بين الجزء القائد والجزء المنقاد، ولعدم حدوث إتلاف أو تحطيم أجزاء هامة غالية 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 للتحطيم (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 القائدة.
2. الترس المنقاد.
3. جلبة يركب بها التيلة القابلة للقص.
4. جلبة يركب بها التيلة القابلة للقص.
5. التيلة القابلة للقص أو التحطيم.
6. سدادة لحماية وضع التيلة.

انزلاق القابض:

في لحظة تعشيق القابض، يجب أن يبلغ قرص القابض بالتدريج عدد دورات الحدافة، ولذلك فهو ينزلق أولاً، ولا يعتبر الإنزلق عيباً في حالة التشغيل العادي لأن التصميم ومادة القابض يدخلان هذا الانزلاق في الاعتبار، ولكن الأخطر من ذلك أن يستمر القابض في الانزلاق مع أقصي تشغيل. ويقصد بذلك أن يدور الجزء القائد (الحدافة) 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 علي 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 الهيدرولكي:

يتميز القابض الهيدروليكي بالمزايا التالية :-

1. عدم وجود تأكل نتيجة الانزلاق لأن الأجزاء المنزلقة لا تحدث احتكاكاً ميكانيكياً.
2. عمر القابض غير محدد تقريباً.
3. تنخفض 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 حماض.
4. أن يقاوم درجات الحرارة العالية(للمحور وكراسيه).

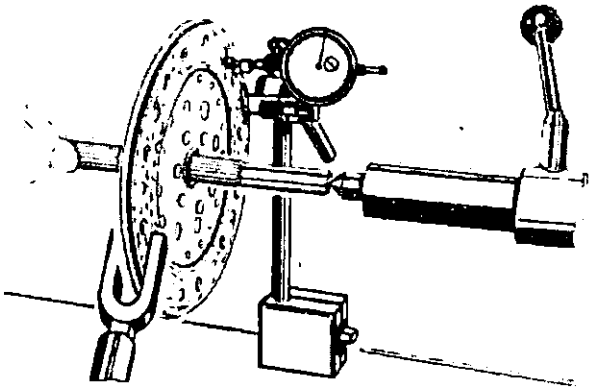
توجد فتحة في العلبة للملء وسدادة تفريغ وسدادة أخرى لطرد الهواء، ويبين مستوى الزيت المضغوط على لوحة صغيرة، أو يعبر عنه بعدد معين من اللترات (6 لترات مثلاً) وعلى الرغم من أن الزيت يظل نظيفاً ، فإنه يجب مع ذلك تغييره طبقاً لتعليمات الشركة المصنعة (كل 15000 أو 20000 كم)، ولا يتطلب القابض الهيدروليكي من الصيانة 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 يتعدي 0.5mm كحد أقصي. 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 تمركز 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 والبلي، كما يجب أن يكون معامل الاحتكاك ثابتاً إلى أقصي 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. وتعدل المواضيع 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، وينحصر 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 أخري 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 بتصفح معدني .. (يستخدم غالباً لبطائن الفرامل).
- اللف: والمادة مشابهة لتلك المجهزة للنسيج. أما أساليب الإنتاج فمتباينة (لبطائن 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 (الملء) 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.

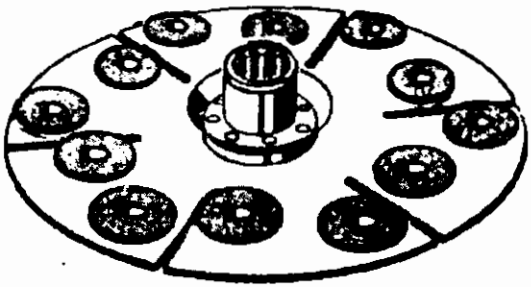
- بطائن معدنية يكون النحاس والحديد أساساً في تركيبها.

وتسمي بطائن هاتين المجموعتين بالبطائن غير العضوية ويسمي ما عداها بالبطائن العضوية.

وتتفوق المادة الخزفية على جميع المواد الأخرى، في مقاومة البلي. ونظراً لشدة قصافة هذه المادة وانخفاض متانتها رغم صلادتها، 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 القابض أساساً للشاحنات والجرارات الثقيلة، ومعدات أشغال التربة.



شكل 5 – 18

قرص قابض ذو بطائن خزفية

تذكر أن:

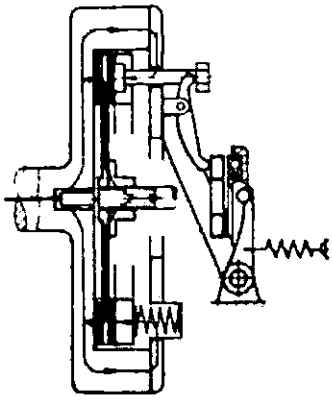
- يضيف النمو المتزايد في حركة المرور متطلبات أعلي للقوابض المستعملة في المركبات، مما يضع أعباء على عاتق القائمة على عمليات التجميع والفحص والصيانة.
- يجب ضبط خلوص القوابض طبقا لتعليمات دور الصناعة المنتجة.

- يجب استعدال أقراص القابض المتعرجة (الغير مستوية).
- يحب أن يكون قرص القابض قابل للانزلاق على عمود إدارة صندوق التروس بيسر.
- يجب التحقيق من سلامة تحريك محامل الضغط للقوابض.
- يستبدل جهاز الفصل ذو الحلقات الجرافيتية بأخر ذو محمل كريات في حالة الإجهادات الكبيرة إذا كان ذلك ممكنا.
- 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 (يايت القابض)، وعادة تكون نوابض (يايات) ضاغطة أو نوابض غشائية، التي تضغط قرص ضغط القابض على المساحة المستوية لسطح الحدافة، وبذلك يتم إدارة القرص من الوجهين.



شكل 5 – 19

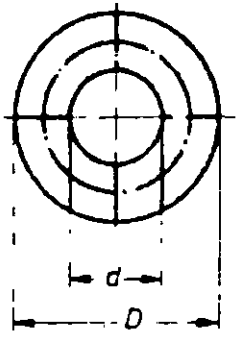
اقابض مفرد القرص

قوة الضغط والضغط السطحي:

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

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

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



شكل 5 – 20

القطر الأصغر والأكبر لبطانة قابض

تعتمد قوة ضغط نوابض القابض F على الضغط السطحي المسموح بـــه الـــذي يتراوح ما بين $20\ N/Cm^2 - 5N/Cm^2$ ، 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 (Cm^2)

D .... القطر الخارجي للبطانة (Cm).

d .... القطر الداخلي للبطانة (cm).

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

P.... الضغط السطحي المسموح به (N / cm^2)

مثال:

يبلغ الضغط السطحي عند قرص قابض 12N/cm2 فإذا كانت أبعـــاد القـــابض d= 130 mm ، D= 200 mm. أحسب قوة ضغط نوابض القابض F ؟

الحل:

$$F = A * P$$

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

$$= \frac{3.14}{4}.(20cm^2 - 13cm^2).12N/cm^2$$

$$= \frac{3.14}{4}.(400cm^2 - 139cm^2).12N/cm^2$$

$$= \frac{3.14}{4}.231cm^2.12N/cm^2 = 2177N$$

قوة الاحتكاك وقوة الدوران (قوة الإدارة):

تعتمد قوة الاحتكاك F_f كما هو موضح بشكل 5 – 21 بين سطح الضغط وسطح البطانة على قوة الضغط F الناتجة من نوابض القابض، وكذلك معامل الاحتكاك الالتصاق Mo.

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

$$F_f = F. U_o$$

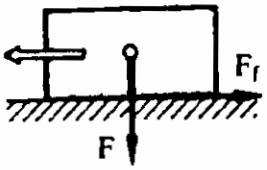
حيث : F_f .... قوة احتكاك الوجه الواحد للبطانة (N)

F .... قوة ضغط نوابض القابض (N).

U_o ... 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 ايجاد قوة احتكاك وجهي البطانة من العلاقة التالية:-

$$2F_f = 2.F. U_o$$



شكل 5 – 21

رسم تخطيطي يمثل قوة الاحتكاك

مثال:

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

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

$2F_f = 2 \cdot F \cdot Uo$

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

عزم الدوران الممكن نقله من القابض:

يستخدم في حساب عزم الدوران الأقصي الذي يمكن نقله نصف قطر الـدائرة (r_m)، وبالإمكان تصور أن قوي الاحتكاك التي تؤثر على سطح البطانة يمكن تجميعها في محصلة واحـدة 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 :-

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

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

وعند الحساب الدقيق تستخدم الصيغة التالية:-

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

حيث rm نصف قطر دائرة تأثير قوة الدوران (cm) ، ويمكن إيجـاد عـزم الدوران الأقصى M_c ، والذي يمكن نقله بواسطة قرص القابض من الصيغ التالية:-

$$M_c = 2 * F_r * rm$$

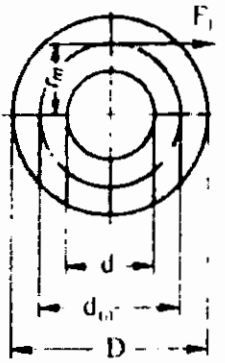
$$\therefore M_c = 2 * F * U_o * rm$$

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

Fr .... قوة ضغط نوابض القابض(N)

U_o .... معامل الاحتكاك الالتصاقي.

rm .... 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 نقلـه بواسـطة قابض مفرد القرص من خلال الصيغة المقربة كالآتي:-

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

والصيغة الدقيقة كالآتي:-

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

حيث Mc .... عزم الدوران الممكن نقله (Ncm)

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

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

P .... الضغط السطحي (N/cm2) (وهو يعادل تقريباً 20 N/cm2)

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

وغالباً ما يكون عزم الدوران الأقصى الذي يمكن نقله بواسطة قرص قابض M_c أكبر بنسبة تتراوح ما بين 50% – 100% من عزم الدوران الأقصـي للمحـرك، ويمكن إيجاد عزم الدوران الأقصي M_c من الصيغة التالية:-

$M_c = 1.5 * M$ إلي $\rightarrow 2 * M$

حيث M_c عزم الدوران الممكن نقله

M أقصي 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

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

$$= \frac{1}{3} \times \frac{20cm^3 - 13cm^3.}{20cm^2 - 13cm^2}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{5803cm^3.}{231cm^2} = 8.37\ cm$$

(ب) عزم الدوران m_c المنقول

$$m_c = 2 * F * u_o * r_m$$

$$= 2 * 2800 * 0.3 * 8.37\ cm$$

$$= 14061.6\ N\ cm = 140.6\ Nm$$

الفصل الثاني
صناديق تروس تغيير السرعات

تمهيد

لكي يستفاد من حركة المحرك، فإنه يجب أن تنقل هذه الحركة أو توصليها إلى العجلات، بواسطة ما يسمي 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 أثني عشر مثلا 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 فأن 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.

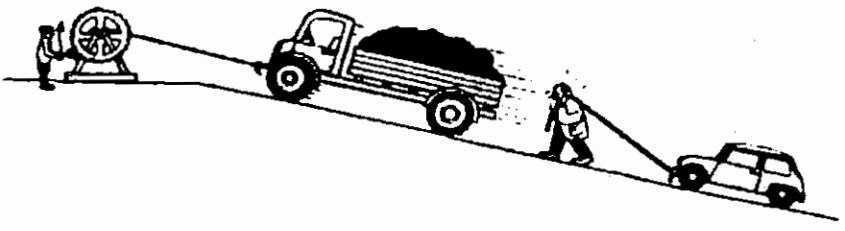
صندوق تروس تغيير السرعة

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 أعلي 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:

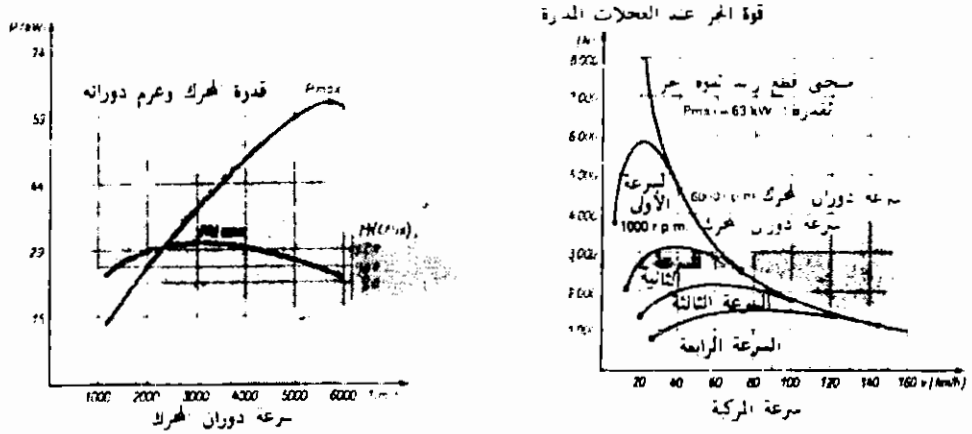
توجد أنواع مختلفة لصناديق تروس تغيير السرعات .. فيما يلي عرض صناديق التروس الأكثر انتشارا.

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 محراك 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 تـروس 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 التـروس المتدرجة حسب نوع التعشيق إلى الآتي :-

1. صناديق التروس ذات التروس المنزلقة.
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 أعلي 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 الأعلي 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 المنزلقة:

يعتبر صندوق التروس المنزلقة 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 السرعتين 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 دعسة الوقود قبل التعشيق النهائي.

في صناديق تروس تغيير السرعة ذات التروس المنزلقة، 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، وتسمي السرعات (الأولي والثانية والثالثة).

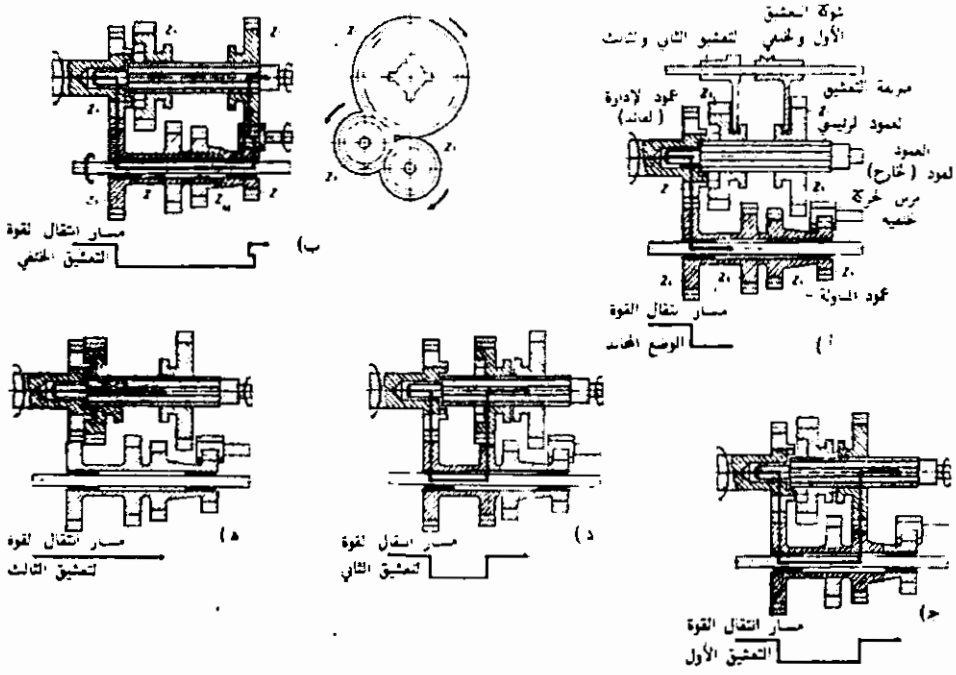
تعطي السرعة الأولي أكبر تخفيض للسرعة، وينخفض ذلك في السرعة الثانية، ولا يوجد تخفيض بالمرة في السرعة الثالثة .. هذا يعني أن نقل الحركة يكون نقلاً مباشراً من عمود المرفق إلي محور نقل الحركة.

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.

وعلي 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 – 25

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 بتروسيه 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 الأولي

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 إلي العمود المناول، ومنه إلي العمود الرئيسي عن طريق الترسين z4 - z7.

(هـ) وضع التعشيق : تعشيق الثانية:

يزلق الترس Z8 على أخاديد العمود الرئيسي ليعشق مع الترس Z9، وتكون سرعة دوران العمود الرئيسي أعلي 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، بمعني أن يتصل العمود الرئيسي بعمود الإدارة اتصالاً مباشراً، حيث تتعشق أسنان الترس Z8 في أسنان الترس Z9،

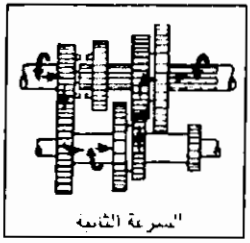
ويدور العمود المناول معهما دون تحميل.

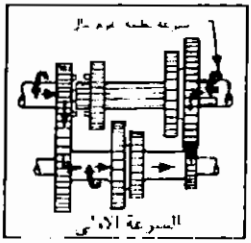
أما مسار انتقال القوة فيكون من عمود الإدارة إلى العمود الرئيسي مباشرة.

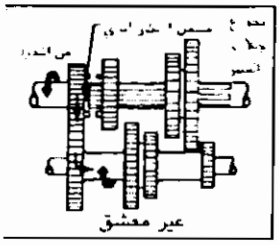
صندوق تروس بأربع سرعات:

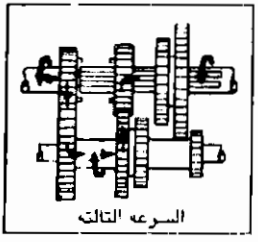
يوجد صندوق تروس ذي تعشيق إنزلاقي بأربع سرعات، كما يوجد صناديق تروس بسرعات أكثر.

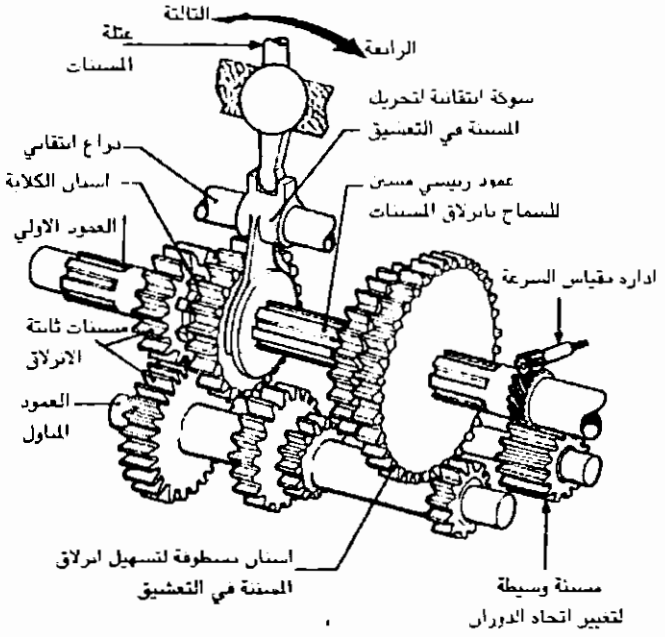
يتميز صندوق التروس ذي الأربع سرعات بإمكان تخفيض أكبر للسرعة الأولي بالمقارنة بصندوق التروس ذي الثلاث سرعات، ومن ثم فإن مزايا صندوق التروس الذي يحتوي على أربع سرعات يتضح عند بدء الحركة وزيادة السرعة، إذ أنه يجب أن يكون هناك وسيلة لحصول هذه المحركات على القوة الكافية، لذلك فإن عدد السرعات الكبيرة ضرورية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

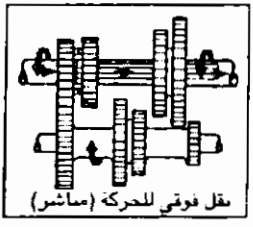


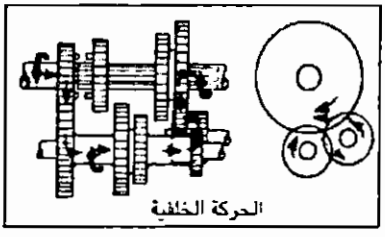












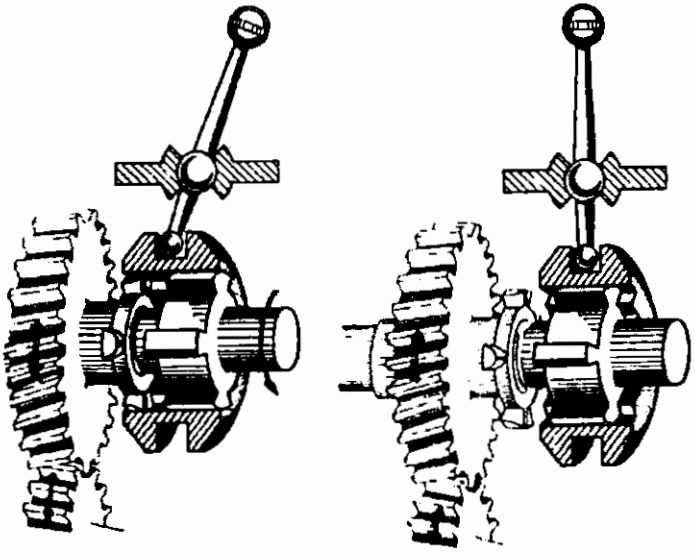
شكل 5 – 26

حركة التعشيق الإنزلاقي بصندوق تروس بأربع سرعات

صندوق التروس ذو جلب التعشيق :

يتم فيه التعشيق بإنزلاق جلبة تعشيق، حيث تعشق الجلبة المسننة في أسنان الإقران بالترس، وتكون عملية التعشيق في صناديق تروس تغيير السرعة ذوات جلب التعشيق أسهل وأسرع منها في صناديق التروس المنزلقة، علماً بأنه قد يحدث في بعض الظروف الخاصة ضوضاء عند تعشيق الجلبة شكل 5 – 27.

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



شكل 5 – 27

حركة التروس والجلبة المشقوقة بصندوق التروس

(ا) تبقي جلبة التعشيق ساكنة على العمود المحدد، أو تدور عليه بسرعة مخالفة لسرعة الترس. وتتصل جلبة 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

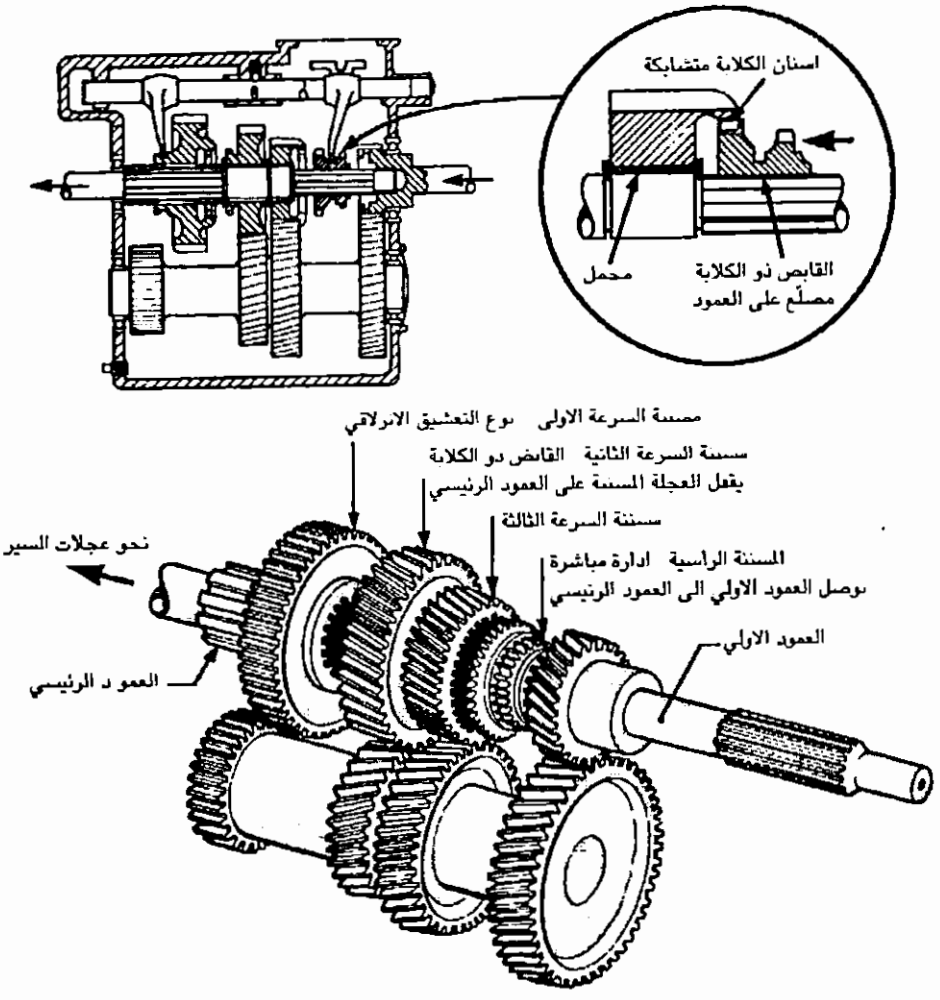
الوقود). عندئذ يمكن إنزلاق الجلبة في أسنان الإقران، وبذلك يتم الربط بين العمود المحدد والترس وتتحق التعشيقة.

صندوق التروس ذو التعشيق المستمر:

يتم فيه تعشيق مستمر للتروس. يستخدم هذا النوع مجموعة تروس حلزونية. تركب 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 التعشيقة، 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

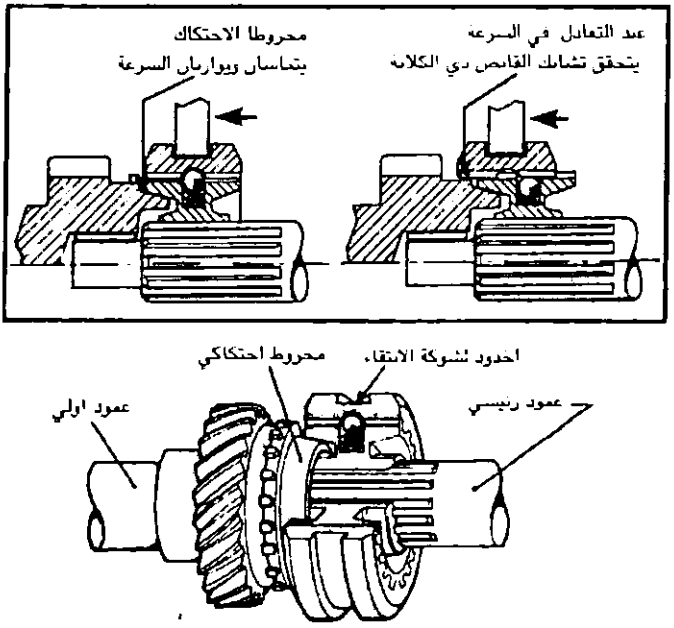
صندوق تروس ذو تعشيق مستمر

صندوق التروس المتزامن:

يسمي 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 ييسر هذا النوع من صناديق التروس عملية التعشيق، ومن ثم فإن التعشيق في هذه الحالة يكون خالياً من

الصدمات نتيجة لعملية التزامن (توافق السرعة)، بمعني أنه يجب وصـــول التر ســـين المراد تعشيقهما إلي نفس السرعة قبل إجراء التعشيق.

يتشابه صندوق التروس التزامني (التوافقي) الموضـــح بشـــكل 5 – 29 مـــع صندوق التروس ذو التعشيق المستمر، إلا أن صندوق التروس التزامني يحتوي على جلبة تعشيق وجسم التزامن اللذان يضغطان على الترس عن طريق شـــوكة تعشـــيق، وبذلك يتم التوصل إلي دوران متساوي للسرعة بطريقة الاحتكاك.



شكل 5 – 29

صندوق التروس المتزامن

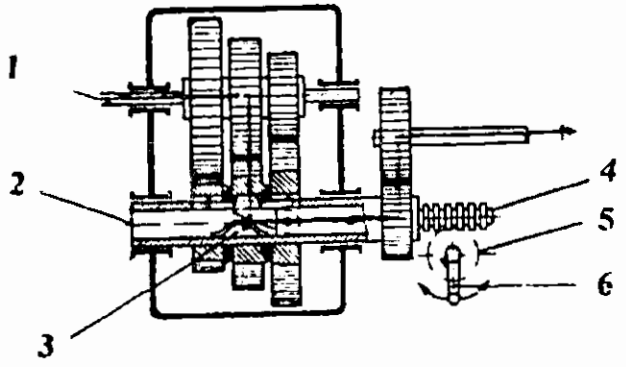
صندوق التروس ذو الخابور المنزلق :

صندوق التروس ذو الخابور المنزلق الموضح بشـــكل 5 – 30 يتكـــون مـــن مجموعة تروس متدرجة مثبتة بصورة مستديمة على العمود القائد ومعشقة بتـــروس أخري حرة مركبة على العمود المنقاد. يوجد بالعمود المنقاد تجويف داخلي يحتـــوي على مجاري طولية ليتحرك بداخله خابور منزلق بواسطة جريدة مســـننة مســـتديرة

وترس.

يمكن التحكم في حركة الخابور (الإسفين) المنزلق في اتجاه محوري بإزاحته عن طريق نابض (باي) 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 مستديمة.
2- العمود المنقاد يركب عليه مجموعة تروس (منقادة) حرة.
3- الإسفين المنزلق .. (الخابور المنزلق).
4- جريدة مسننة مستديرة
5- ترس.
6- مقبض للتحكم في حركة الإسفين المنزلق.

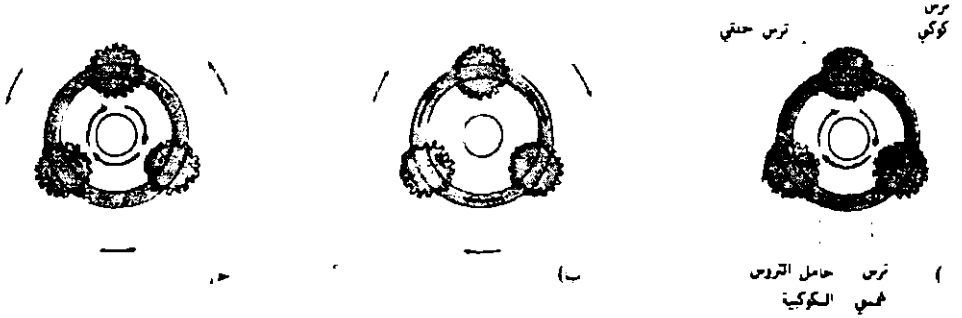
صندوق التروس الكوكبية:

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 تركب 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 الأجراء 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، وتتدحرج 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. وتتدحرج 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، فلابد للتروس الكوكبية من أن تدور في اتجاه معاكس لدوران الترس الشمسي .. وبالتالي تأخذ معها الترس الحلقي.

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

صناديق التروس الأوتوماتية (التلقائية):

أدي إرهاق 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 يسمي بسائل النقل التلقائي، يعمل هذا السائل على نقل عزم الدوران عن طريق محول دوران هيدروليكي.

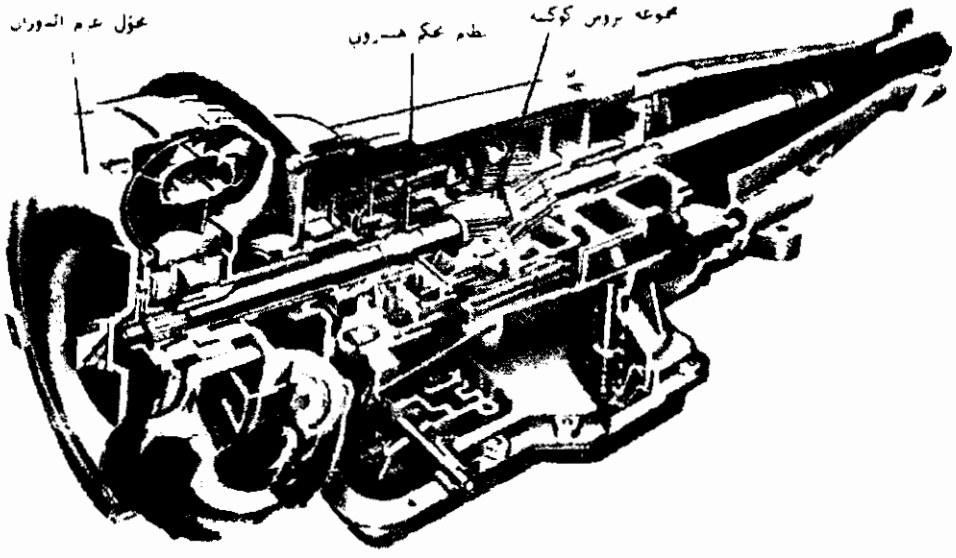
مكونات صناديق التروس الأوتوماتية:

تتكون صناديق لتروس 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 الهيدرودنيامية 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

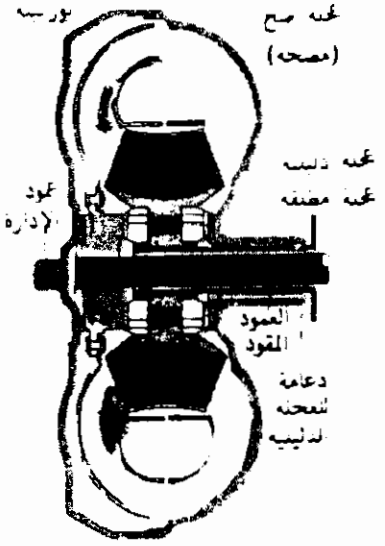
مكونات صندوق تروس أوتوماتك (تلقائي)

محول عزم الدوران الهيدروليكي:

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 مطلقة.

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

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

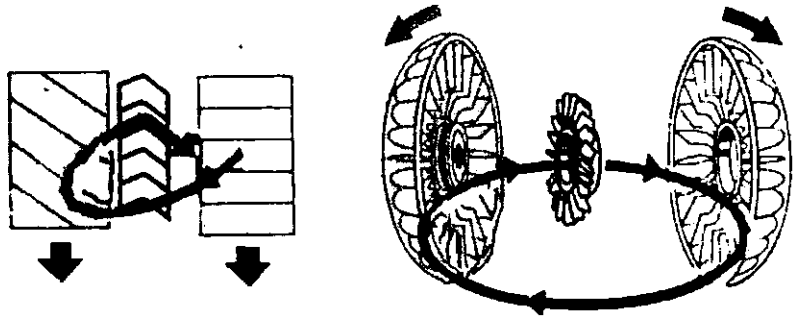


شكل 5 – 33

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 حراً.



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 أخري بزاوية 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:

لقد أدي 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 تمثيلا تخطيطيا لتصميم صندوق تروس نصف تلقائي. تتكون أجزاؤه الرئيسية من الآتي :-

1. **المحول الهيدروليكي لعزم الدوران:**

يصنع من ألواح الصاج، ويعمل طبقا لنظام تريلوك Trilok ويتـولى وظيفـة قابض بدء السير، ويقوم بتحويل عزم الدوران من نسبة 1 : 1 تقريباً إلى حوالي مـا 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:

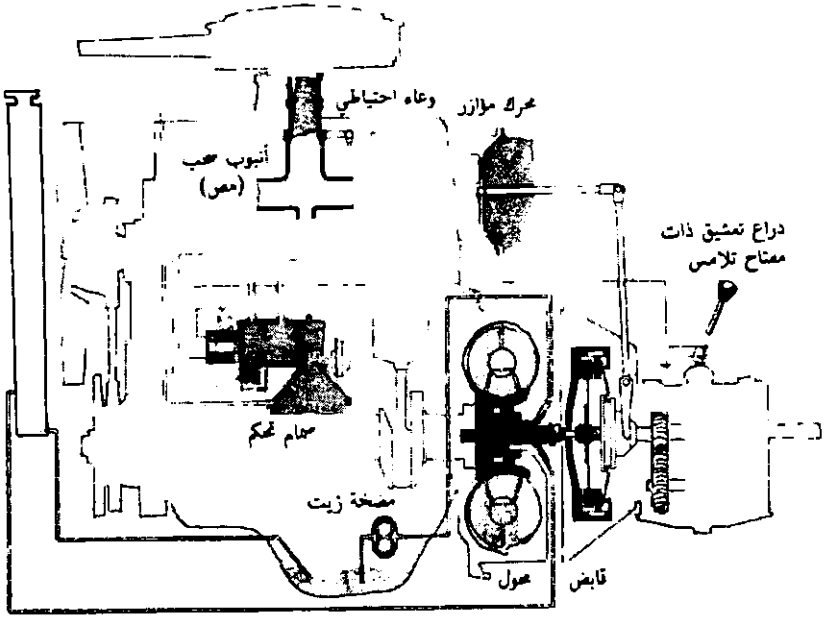
يقابل في تصميمه صندوق التروس النمطي ذو الأربع سرعات، ولكـن بـدون التعشيقة الأولي التي يقوم بوظيفتها محول عزم الدوران.

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 الآخـر بوصـلة الضـغط المنخفض (التفريغ). وتقوم رافعة بنقل حركة الغشاء إلي رافعة تشغيل القابض، ويـتم 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 المـنخفض فـي ماسـورة 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 المؤزر 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.

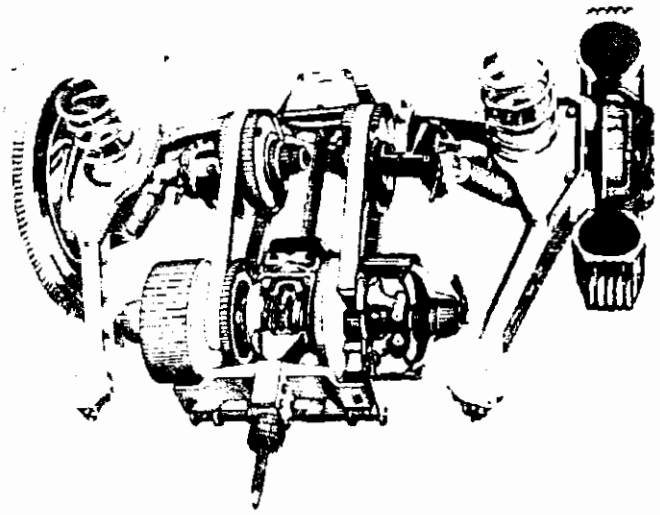
مجموعة الإدارة الأوتوماتية السلسلة بصور لا تدريجية :

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 الاوتوماتية.

يستخدم في مجموعة الإدارة الأوتوماتكية 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 أثقال 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 تدريجية

تركيب مجموعة تغيير السرعة:

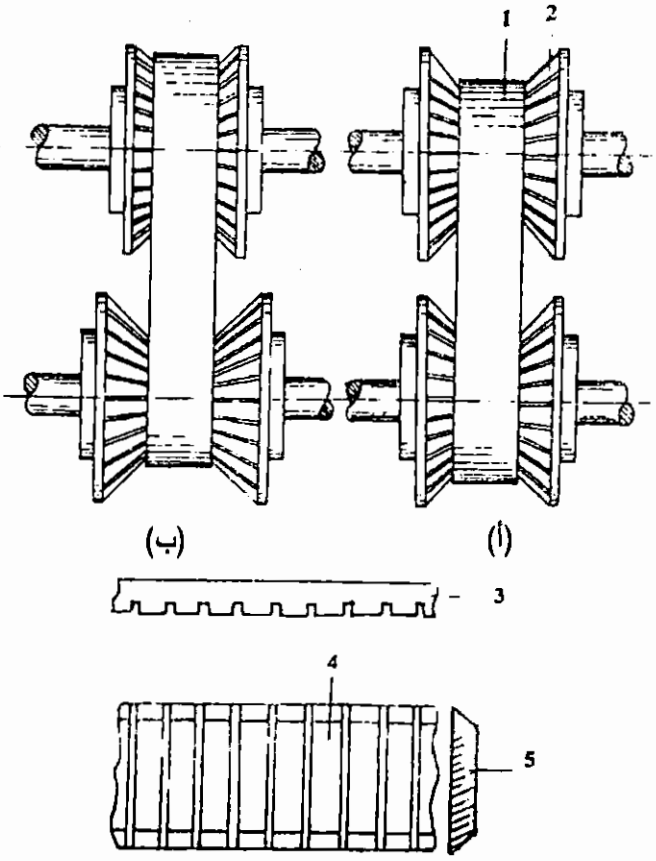
يجهز كل من العمود القائد والعمود المنقاد ببكرة سير حرف V. تتركب كل بكرة من قرصين مخروطي الشكل أحدهما قابل للانزلاق. يتم نقل الحركة من بكرة إلى أخرى بواسطة سير ذي مقطع بشكل شبه منحرف مصنوع من مطاط اصطناعي مقوي بأنسجة.

التغيير السلس لسرعات مجموعة الإدارة الأوتوماتية الغير متدرجة:

يتم تغيير السرعة السلس بمجموعة الإدارة الأوتوماتكية كما هو موضح بشكل 5 – 37 (أ) عن طريق تركيب مجموعة تغيير السرعة في الإدارة الغير تدريجية.

تتكون آلية تغيير السرعة في الإدارة الغير تدريجية 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 مثيل 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 تدريجية

باستخدام سيور أو سلاسل شرائحية 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 تدريجية:

تنتقل الحركة بين العمود القائد والعمود المنقاد عن طريق سير، ويمكن التحكم في بعد المسافة بين البكرتين القائدتين 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 أثقال 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 مواءمة 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.
- أصحبت صناديق التروس المنزلقة طرازا قديماً، والتي يتم تغيير التعشيق بها بانزلاق التروس على العمود الرئيسي.
- تكون التروس في صناديق التروس المتزامنة في تعشيق دائم. ويتم التعشيق بضغط جسم التزامن على الترس المراد تعشيقه، بواسطة جلبة التعشيق. 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 التعشيق بعملية التعشيق، إلا بعد أن تتساوي 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.

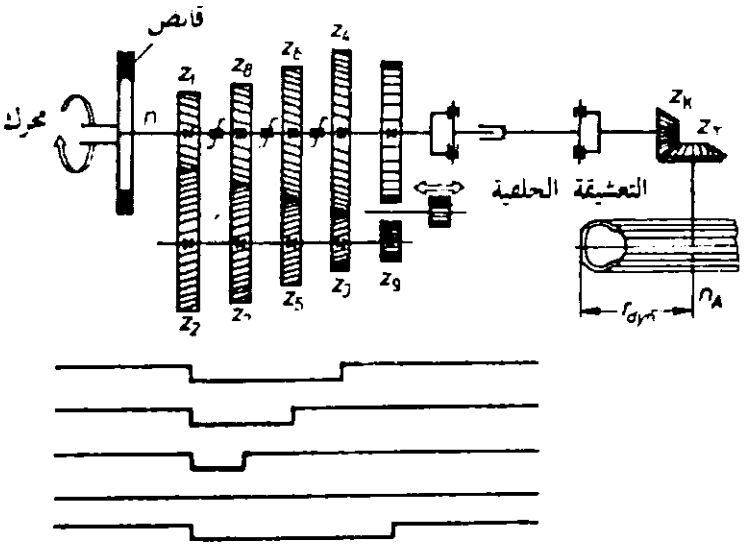
- تتكون صناديق التروس الأوتوماتية من محول عزم دوران أو قابض هيدروليكي ومجموعة تروس كوكبية ونظام تحكم.
- يجري تغيير التعشيق بطريقة تلقائية تبعاً لسرعة السير، ومدي تحميل المحرك.
- يتم تحويل عزم الدوران بواسطة تغيير مسار الزيت بالعجلة الدليلية، في محول عزم الدوران، ويتوقف مقدار تغير عزم الدوران على فرق 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 العكسي 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 السلسة، 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 تبعا 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.



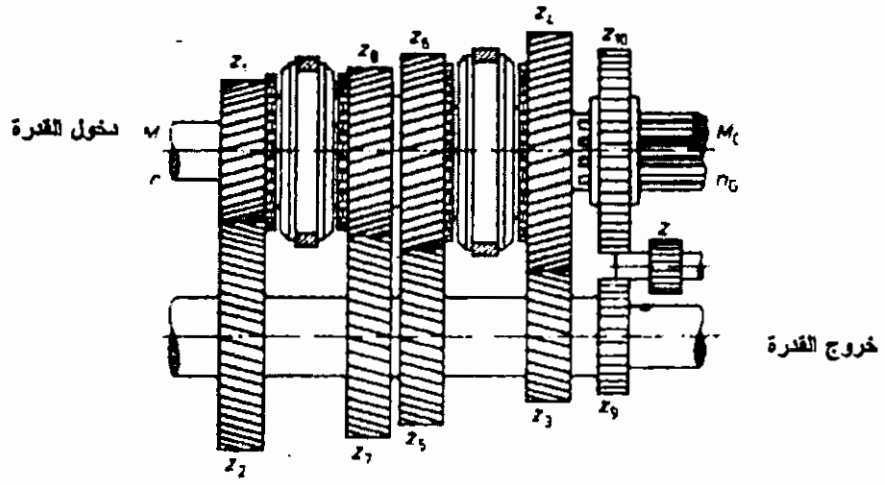
شكل 5 – 38

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 المناولة (التعشيقة 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:-



شكل 5 – 39

نقل الحركة 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 الأولي

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 الكردان) .. (r.p.m)

Z_1 , Z_2 ..... عدد اسنان التروس المناولة .. (التصيقة 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 الثانيـــة، 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 $Z_5 = 25 , Z_6 = 40$. 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

$$N_G = \frac{n}{i_{G_2}} = \frac{3200\, r.P.m}{2.56} = 1250\, r.P.m$$

(ج) عزم الدوران عند خرج صندوق السرعات

$$M_G = M * I_{G2}$$

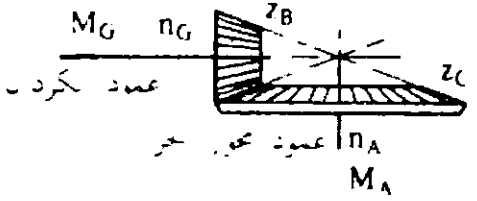
$$= 120\ Nm * 2.56 = 307.2\ Nm$$

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

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

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

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

(ب) سرعة دوران محور الجر

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

$$\therefore M_A = I_A * M_G$$

$$= 4.25 * 400\text{Nm} = 1700 \text{ Nm}$$

نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة:

تعبر نسبة النقل الكلية لمجموعة الإدارة عن تناسب عزم دوران المحـرك 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:-

$$I = I_G * I_A$$

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

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

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

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

$$n = I * n_A$$

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

$$\therefore \quad M_A = I * M$$

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

حـــيث 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 كفايـــة مجموعـــة الإدارة (صندوق التروس) والقابض ..... إلخ.

علماً بأن الكفاية الكلية η لمجموعة الإدارة تبلغ حوالي 0.94

مثال:

يبلغ عزم دوران محرك سيارة ركوب 215 Nm عند سرعة دوران مقـــدارها

3700r.p.m، وتبلغ نسبة النقل في السرعة الأولي $I_G = 3.85$، 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

$$I = I_G * I_A$$

$$= 3.85 * 3.64 = 14.014$$

(ب) سرعة دوران عمود الإدارة

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

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

$$= \frac{3700\, r.P.m}{10.014} = 264 \text{ r.P.m}$$

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

$$\therefore M_A = I * M$$

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