الفصل الاول

وسائل نقل القدرة

تحوي المعامل الانتاجية-بما فيها معامل تصنيع المنتجات الغذائية ـ على عدد كبير من المكائن والمعدات المتخصصة بانتاج معين . ان تلك المكائن والمعدات لايمكنها اداء العمل اذا لم يتوفر فيها مصدر القدرة الذي قد يكون محركاً كهربائيا او محرك احتراق داخلي . ان هذه القدرة يجب نقلها او تحويلها الى الاجزاء الشغالة التي تقوم بانجاز العمل . لذلك لابد من استخدام احدى الوسائل اللازمة لنقلها او تحويلها . نستنتج من ذلك ان انجاز العمل في المعامل يتطلب توفر ثلاثة عناصر هي مصدر القدرة . وسيلة نقلها . وجزء شغال يقوم بانجاز العمل . قد تجمع هذه العناصر الثلاثة فيما بينها لتكون مجموعه ميكانيكية متكاملة تستطيع ان تؤدي الغرض المصممة من اجله . او تصمم المجموعة بشكل منفرد اذ يوضع مصدر القدرة والجزء الشغال بعيدين عن بعضهما وتنقل القدرة بينهما باحدى الوسائل . كما يمكن بهذه الوسائل تغيير سرعة الحركة او القوى او العزوم المنقولة من جهة لاخرى او قد تستعمل في تحويل الحركة من شكل لآخر كأن تتحول الحركة من دائرية الى ترددية مثلاً . ولغرض توضيح ماسبق شرحه يمكن اعطاء مثالين من معامل الاغذية . فاذا اخذنا العجانة او خفاقة اللبن فأن المحرك الكهربائي يمثل مصدر القدرة والمضارب تمثل الجزء الشغال الذي تنقل القدرة اليه بواسطة احدى الوسائل كالبكرات والاحزمة او التروس . في هذا المثال تكون حركة المضارب دائرية . الا انه قد يتطلب الامر تحويل الحركة الدائرية الى ترددية كما في مكائن غلق قناني الحليب بعد تعبئتها . فهنا اما لبنة ترتفع نحو السدادة او السدادة تنزل على اللبنة لاحكام الغلق وبشكل متتال وعليه لابد من تحويل الحركة الدائرية لمصدر الحركة الى حركة ترددية الى الجزء الشغال الذي يحكم السدادة .

توجد انواع كثيرة من انواع الحركات ، الا ان اكثرها انتشاراً هي ، ـ

١ ـ الحركة المستقيمة ، ـ ويقصد بها حركة او انتقال الجسم من موضع لآخر بخط مستقيم .

٢ ـ الحركة الترددية ، ـ يقصد بها انتقال الجسم من موضع لآخر بخط مستقيم او منحني ثم عودته مرة اخرى الى موضعه السابق مثل حركة الابرة في ماكنة الخياطة التي تمثل الحركة الترددية المستقيمة او مثل حركة رقاص ساعة الحائط التي تمثل الحركة الترددية المنحنية .

٣ ـ الحركة الدائرية ؟ ـ وهي حركة الجسم حول محوره مثل حركة الارض حول محورها . اي اذا اخذت اية نقطة على الارض فانها تتحرك بخط دائري منتظم حول المحور .

٤ ـ الحركة الدورانية ، ـ وهي حركة جسم بخط دائري منتظم حول اخر او حول محور اخر يقع خارج نطاق الجسم المتحرك دورانياً مثل دوران القمر حول الارض .

تستعمل طرائق مختلفة لنقل القدرة . الا انه قبل المباشرة بشرحها لابد من التعرف على المصطلحات المتداولة فيها المتضمنة كل من العمود والمحور ونسبة نقل الحركة .

العمود والمحور

يقوم العمود بحمل القطع المكنية المثبتة عليه وتوجيه حركتها وكذلك يقوم بنقل عزوم القوى الدائرية لذلك يكون معرضاً لتشوية انحنائي مركب (شد وانضغاط) والتواء وقطع . بينما يقوم المحور بحمل القطع المكنية التي قد تكون حرة الحركة عليه او تدور بدورانه الا انه لاينقل عزوم القوى الدائرية من احدى القطع المثبتة عليه الى قطعة اخرى وعندها لايكون معرضاً للتشوية والالتواء والقطع وهذا هو الفرق الاساس بينهما رغم كونهما قد يكونا متشابهين من ناحية الشكل التجسيمي لهما .

ان ابسط مثال للتفريق بينهما هو مانلاحظه في العراجة الهوائية ذات العجلتين والقضيب المعدني الذي يحمل العجلة الامامية يمثل المحور وتدور عليه العجلة بشكل حر . بينما القضيب المعدني الذي يحمل العجلة الخلفية يمثل العمود اذ

تركب عليه عجلة مسننة تنقل القدرة اليها من العجلة المسننة الامامية عند الدواستين القدميتين بواسطة سلسلة معدنية .

يسمى العمود قائداً اذا كان مصدراً لحركة عمود آخر يسمى عمود مقاد . فعليه عمود العجلة المسننة الامامية في مثالنا السابق هو عمود قائد بينما عمود العجلة المسننة الخلفية هو عمود مقاد . قد يكون العمود المقاد قائداً بالنسبة لعمود ثالث اذا ماانتقلت الحركة اليه من العمود الثاني . اي ان العمود المقاد قد يكون قائداً في نفس الوقت لعمود آخر . من هذا يمكن الاستنتاج انه ضمن مجموعة مكنية متكونة من عشرة اعمدة مثلاً . يكون العمود الاول قائداً والعمود الاخير مقاداً بينما الاعمدة من الثاني الى التاسع يكون كل منهم مقاداً لما قبله وقائداً للعمود الذي بعده .

نسبة نقل الحركة :-

هي النسبة بين عدد لفات العمود القائد الى عدد لفات العمود المقاد او بعبارة اخرى هي عدد المرات التي تخفض فيها او تزداد عدد لفات العمود المقاد بالنسبة لعدد لفات العمود القائد . وتكون هذه النسبة رقما مجرداً بدون وحدات قياس . وعليه تكون :-

$$\text{نسبة نقل الحركة} = \frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2}$$

حيث ان ، ن$_1$ = عدد لفات العمود القائد . ن$_2$ = عدد لفات العمود المقاد

عند استعمال وسيلة البكرات والحزام ينقل الحركة . فانه يعبر عنها باقطار البكرات اي ان ،

$$\text{نسبة نقل الحركة} = \frac{\text{ق}_2}{\text{ق}_1}$$

حيث ان ، ق$_1$ = قطر البكرة القائدة . ق$_2$ = قطر البكرة المقادة

اما عند استعمال وسيلة التروس في نقل الحركة فانه يعبر عنها بعدد اسنان التروس المستعملة . اي ان ،

$$\text{نسبة نقل الحركة} = \frac{\text{س}_2}{\text{س}_1}$$

حيث ان س$_1$ = عدد اسنان الترس القائد ، س$_2$ = عدد اسنان الترس المقاد

ان القوانين المذكورة سابقا تستعمل في الاجهزة المحتوية على مرحلة واحدة من مراحل نقل الحركة . غير ان هناك كثيراً من الاجهزة والمعدات تحتوي على عدة مراحل . ففي هذه الحالة تكون نسبة نقل الحركة النهائية مساوية لحاصل ضرب نسب نقل الحركة من بداية مصدر الحركة حتى وصولها الى العمود المقاد للجزء الشغال .

مثال ١ :

مضخة ماء تحتاج لحركة دائرية بمعدل ٥٠٠ ل . ف . د يراد ادارتها بمحرك كهربائي مثبت على عمودة بكرة قطرها ١٠ سم . ماهو قطر البكرة الواجب تثبيتها على عمود المضخة ؟ علما بان لفات بكرة القائد = ١٥٠٠ ل . ق . د

$$\frac{\text{ن}_1}{\text{ن}_2} = \frac{\text{ق}_2}{\text{ق}_1}$$

$$\frac{١٥٠٠}{٥٠٠} = \frac{\text{ق}_2}{١٠}$$

ق$_2$ = ٣٠ سم قطر بكرة عمود المضخة .

مثال ٢ :

عمود قائد سرعته ٢٠٠٠ ل . ف . د مثبت عليه بكرة قطرها ١٠ سم تدير بكرة اخرى قطرها ٢٠ سم وعلى عمود البكرة الثانية مثبتة عجلة مسننة تحوي ١٠ أسنان تدير عجلة مسننة تحوي ٥٠ سناً . ماهي نسبة نقل الحركة النهائية ؟ وما عدد لفات العمود المقاد ؟

$$\text{نسبة نقل الحركة بين البكرات} = \frac{٢٠}{١٠} = \frac{٢}{١}$$

نسبة نقل الحركة بين العجلات المسننة = $\frac{٥٠}{١٠} = \frac{٥}{١}$

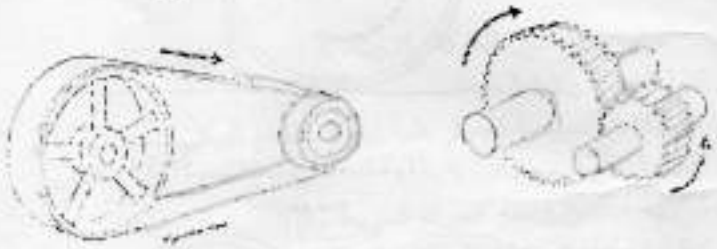
نسبة نقل الحركة النهائية = $\frac{٢}{١} \times \frac{٥}{١} = \frac{١٠}{١}$

$\therefore \frac{٢٠٠٠}{ن٢} = \frac{١٠}{١}$

ن٢ = ٢٠٠ ل . ف . د عدد لفات العمود المقاد

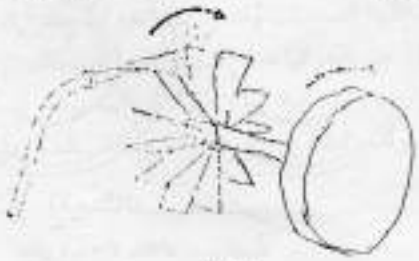
وسائل نقل القدرة :ـ

تستعمل وسائل مختلفة لنقل القدرة في المكائن . الا انها بشكل عام تقع ضمن أربع مجاميع رئيسية (شكل ١ ـ ١) هي :ـ



التعشق

الاحتكاك



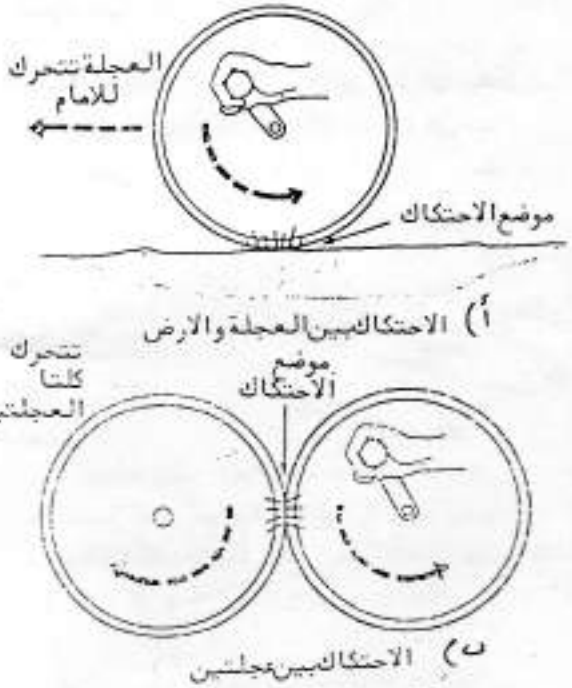
الموائع

شكل ١ ـ ١ . الوسائل الرئيسة في نقل القدرة

١) الوسائل المعتمدة على الاحتكاك .
٢) الوسائل المعتمدة على التعشق .
٣) الوسائل المعتمدة على النقل المباشر .
٤) الوسائل المعتمدة على الموائع .

١) وسائل نقل القدرة المعتمدة على الاحتكاك :ـ

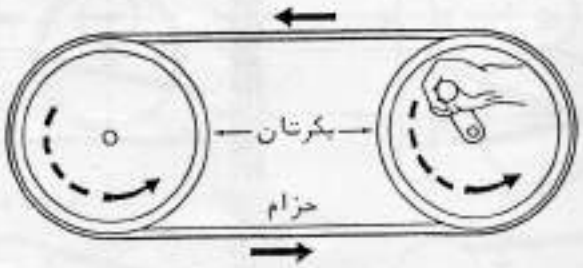
تعتمد هذه الوسائل في نقلها للقدرة من عمود لآخر على قوة الاحتكاك بين سطحين يكون معامل احتكاكهما عاليا . ان ابسط صورة للاحتكاك المفيد هو الناتج من ملامسة الاطارات المطاطية في المركبات للارض . فاذا ادرت العجلة باليد (شكل ١ ـ ٢ أ) فانك تشعر بمحاولة قوة الدوران لتحريكك نحو الامام . اذ ان الاحتكاك بين الاطار والارض ينقل قوتك الى الارض . وبما انك لاتستطيع تحريك الارض فأن العجلة تدور وتتحرك الى الامام . الآن رفعت العجلة عن الارض وجعلها يتماس مع عجلة اخرى حرة الحركة . فعند ادارتها (شكل ١ ـ ٢ ب) فانها



شكل ١ ـ ٢ الاحتكاك يدير العجلة

تدير العجلة الاخرى باتجاه معاكس . عليه يمكن نقل الحركة من دين بواسطة الاحتكاك .

يطلق على طريقة نقل الحركة السابقة بالاحتكاك المباشر . الا ان هناك طريقة اخرى لنقل الحركة بالاحتكاك بشكل غير مباشر يطلق عليها البكرات والاحزمة . عند حركة البكرة القائدة دائرياً فان قوة الاحتكاك بينها وبين الحزام تجعل الحزام يدور وبدوره يدير البكرة المقادة بنفس اتجاه حركة البكرة القائدة (شكل ١ ـ ٣) .



شكل ١ ـ ٣ . البكرات والاحزمة

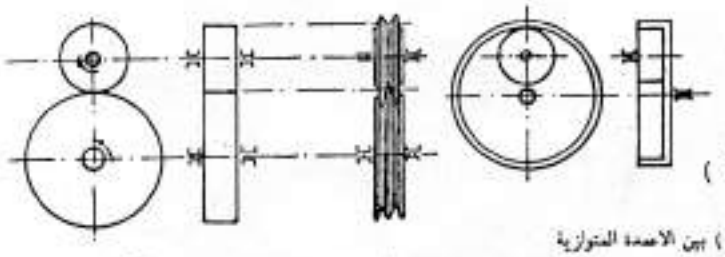
من مزايا وسيلة نقل الحركة بالاحتكاك .

١) كلفة الصيانة والادامة قليلة .
٢) قلة الكلفة التصنيعية للجهاز نظراً لبساطة القطع المكونة له .
٣) الاشتغال بدون ضوضاء .
٤) امكانية استعمالها لنقل الحركة السريعة .
٥) امكانية استخدامها لنقل الحركة من بكرة قائدة واحدة الى عدة بكرات مقادة .
٦) تحملها وامتصاصها الصدمات والضربات الفجائية نظراً لقابلية البكرات للانزلاق على بعضها او على الحزام عند حدوث هذه الصدمات . ويقصد بالصدمات هنا مايحدث من عوارض الية اثناء اشتغال المجموعة المكنية بحيث تؤدي الى زيادة غير متوقعة لمقادير القوى والعزوم المسلطة على اجزاء هذه المجموعة المكنية .

هذه الوسيلة فتتمثل بما يلي :-

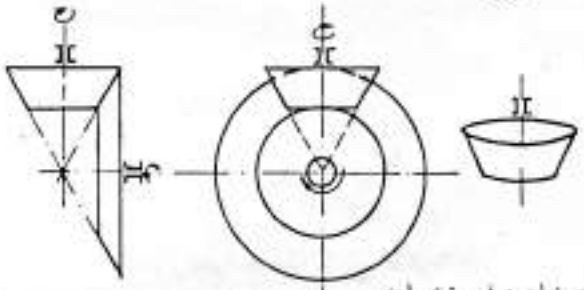
١) حالة الحصول على نسبة نقل للحركة بشكل مؤكد مساو للنسبة النظرية لوجود الاحتمال الكبير للانزلاق .

٢) ضرورة توفير ضغط متبادل جانبي بين البكرات في حالة النقل المباشر او بين البكرات والحزام في النقل غير المباشر لغرض زيادة قوة الاحتكاك ومن ثم تقليل الانزلاق اي لتحسين نسبة نقل الحركة . الا ان هذا الضغط المتبادل يؤدي الى سرعة استهلاك كراسي الاعمدة المستعملة في هذه الوسيلة .



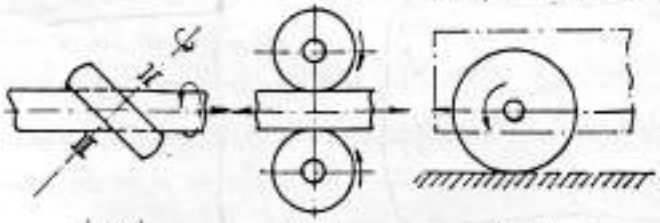
(أ)

أ) بين الاعمدة المتوازية



(ب)

ب) بين عمودين متعامدين في مستوى واحد



(هـ) (د) (جـ)

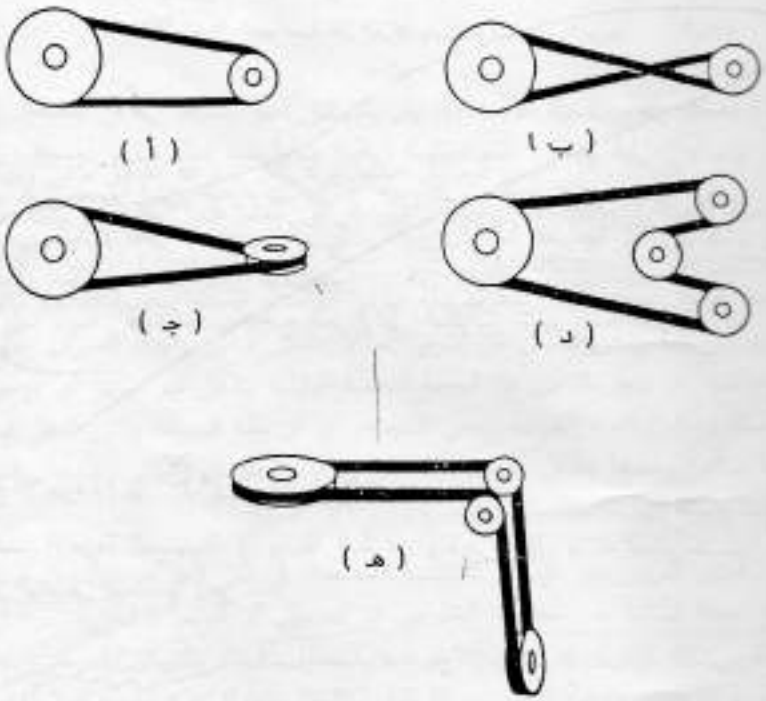
شكل ٧ ـ ٩ ، نقل الحركة بالاحتكاك المباشر وتحويلها من شكل لآخر

جـ) تحويل الحركة الدائرية الى مستقيمة وبالعكس باستخدام بكرة واحدة

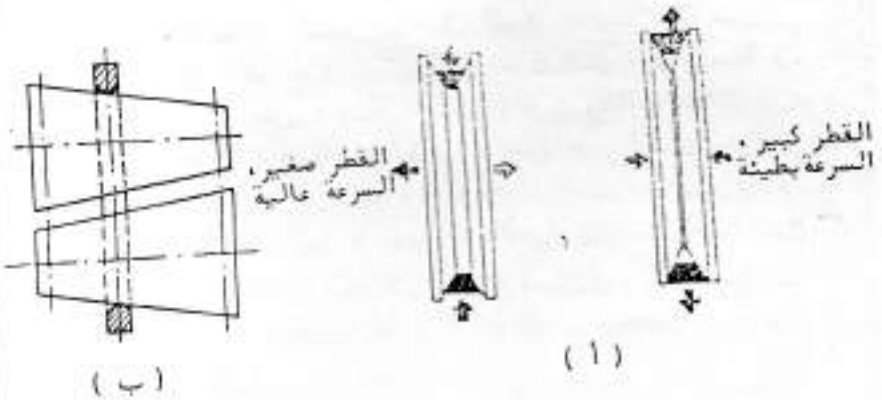
د) تحويل الحركة الدائرية الى مستقيمة وبالعكس باستخدام بكرتين

هـ) تحويل الحركة الدائرية الى حلزونية

يمكن بوسيلة الاحتكاك المباشر من نقل الحركة الدائرية بين عمودين متوازيين او متعامدين . كما يمكن فيها تحويل الحركة الدائرية الى ترددية او مستقيمة وبالعكس او الى حلزونية (شكل ١ ـ ٤) اما في وسيلة الاحتكاك غير المباشر فانه بالاضافة الى امكانية استخدامها لنقل الحركة بين الاعمدة المتوازية فانها يمكن ان تنقل الحركة بين الاعمدة المتعامدة ان كانت بمستوى واحد او مستويات مختلفة كما يمكن فيها من تغيير اتجاه الحركة بجعل الحزام متقاطعا (شكل ١ ـ ٥) كما يمكن تغيير نسبة نقلها للحركة بسهولة ويتم ذلك بطريقتين (شكل ١ ـ ٦) الاولى تتمثل بكون البكرتان القائدة والمقادة متكونتين من نصفين



شكل ١ ـ ٥ ، استعمال وسيلة البكرات والحزام في نقل وتحويل الحركة
أ) بين عمودين متوازيين بنفس اتجاه الدوران .
ب) بين عمودين متوازيين بعكس اتجاه الدوران .
د) من بكرة قائدة الى عدة بكرات مقادة
هـ) بين الاعمدة المتعامدة المتخالفة اي بمستويات مختلفة .



شكل ١ ـ ٦، تغيير نسبة نقل الحركة باستخدام البكرات والاحزمة

يكمل احدهما الاخر بحيث يمكن تقريب او ابعاد احد النصفين من النصف الثاني . فعندما يراد زيادة عدد لفات البكرة المقادة مثلا . يصغر قطرها بابعاد نصفيها عن بعضهما لينزل الحزام للداخل في حين تقريب نصفيها من بعضهما يؤدي الى صعود الحزام نحو الخارج ويكبر قطر الدوران . اما الطريقة الاخرى فتتم باستعمال بكرتين متدرجتين موضوعتين بشكل متعاكس لتبقى المسافة بين محوريهما ثابتة . فعند تغيير موضع الحزام على البكرتين تتغير نسبة نقل الحركة بينهما .

انواع الاحزمة :ـ

تقسم الاحزمة المستعملة في وسيلة البكرات والاحزمة الى ثلاثة اقسام حسب الشكل الهندسي لمقاطعها وهي :ـ

١) حزام مستطيل المقطع . يستعمل هذا النوع مع البكرات الاسطوانية الشكل . ويعاب عليه عدم امكانية استعماله لنقل الحركة بنسبة نقل عن ١ : ٥ او تزيد على ٥ : ١ اي لايمكن استعماله لنقل الحركة بين بكرتين يكون التفاوت بين قطريهما اكثر من خمس مرات وذلك لصغر سطح التماس في هذه الحالة بين البكرة والحزام والذي يؤدي الى اما حدوث انزلاق كبير بينهما او حتى قفز الحزام من موضعة على البكرتين .

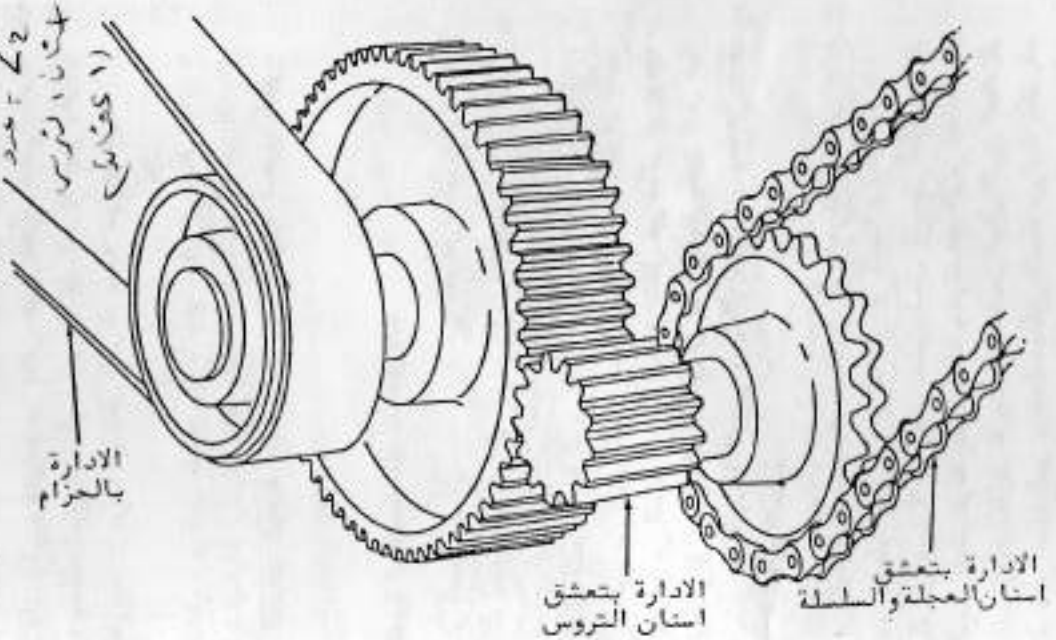
٢) حزام اسفيني المقطع . يكون مقطعه على شكل شبه منحرف ويحتاج الى بكرات مخندقة بشكل اسفيني . ويجب ان تكون قياسات المقطع الاسفيني للبكرات والحزام ملائمة لبعضها . لهذا الحزام قابلية اكبر على ادارة البكرات نظراً لقوة الاحتكاك الكبيرة المتولدة من تماس جهتي الحزام بجانبي الحافة المخندقة للبكرة ولذلك اصبح استعماله مسموحاً لنقل الحركة بين بكرتين التفاوت بين قطريهما ١٠ مرات اي لنقل الحركة بنسبة تتراوح بين ١ ، ١٠ ولغاية ١٠ ، ١ .

٣) حزام دائري المقطع . ويكون مقطعه دائرياً وهو قليل الاستعمال لقابليته الضئيلة على ادارة البكرات وكثرة انزلاقه ولذلك اقتصر استعماله على الادوات اليدوية ذوات القدرات الواطئة كمكائن الخياطة واجهزة تسجيل الصوت وغيرها .

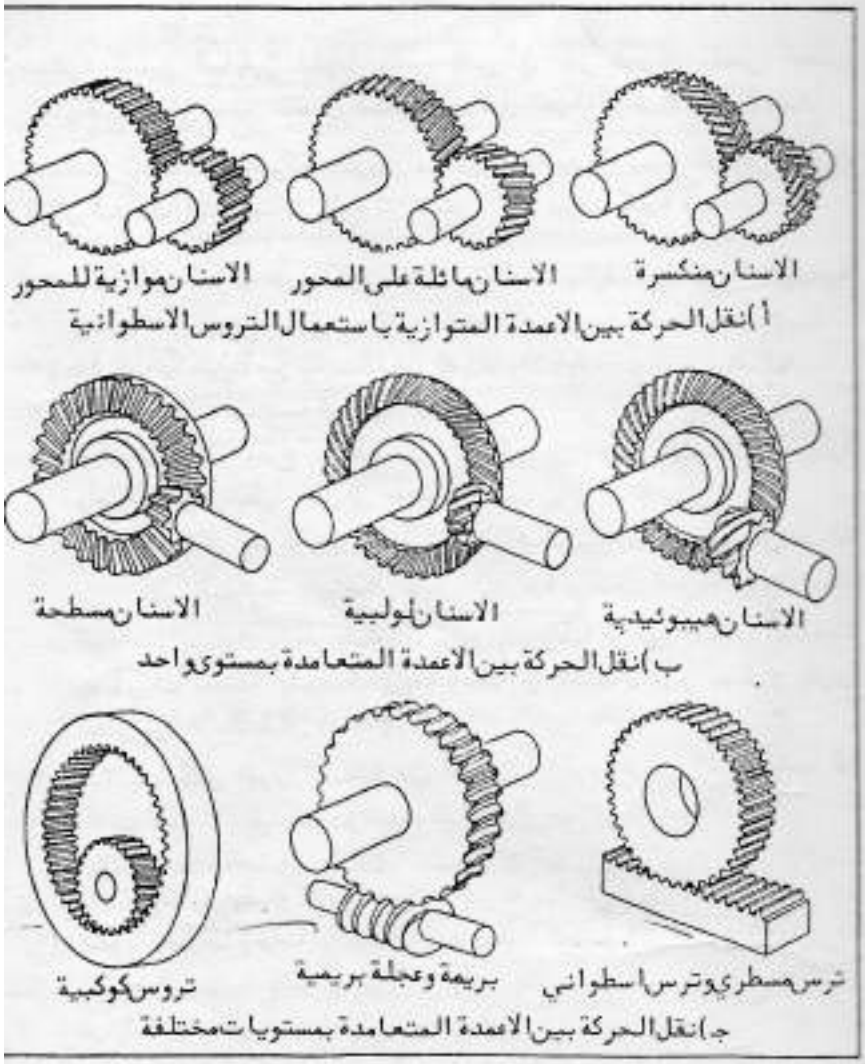
٢) وسائل نقل القدرة المعتمدة على التعشق : ـ

تعتبر هذه الوسائل احسن الوسائل عندما يراد نقل الحركة بشكل متقن وساو للنسبة الحسابية وذلك لعدم وجود تزحلق اي ان كفاءة النقل عالية . وتعتمد على التعشق بين اسنان التروس او بين اسنان العجلة النجمية والسلسلة (شكل ١ ـ ٧) . فعند حركة العمود القائد يتحرك معه الترس القائد او العجلة النجمية القائدة ليقوم احد اسنانهما بتحريك سن من الترس المقاد بشكل مباشر واتجاه الدوران يكون متعاكساً . او بتحريك سن من العجلة النجمية المقادة بشكل غير مباشر اي بوجود سلسلة ويكون اتجاه الحركة بنفس الاتجاه . اي ان هذه الوسيلة يكون النقل فيها اما مباشراً وعندها يطلق عليها وسيلة التروس او بشكل غير مباشر وعندها يطلق عليها وسيلة السلسلة والعجلات النجمية .

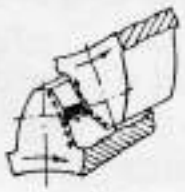
تعتبر التروس من الوسائل الرئيسية المستعملة في نقل الحركة . والترس عبارة عن عجلة مسننة عند محيطها الخارجي او الداخلي او كليهما (شكل ١ ـ ٨) . ولغرض نقل الحركة من عمود لاخر يجب تعشيق اسنان الترسين المركبين على العمودين القائد والمقاد . فعند حركة العمود القائد يتحرك معه الترس القائد ليقوم احد اسنانه بتحريك سن اخر مقابل له ومتعشق معه من اسنان الترس المقاد الى مسافة دائرية ثابتة بقدر خطوة السن وباتجاه معاكس لاتجاه دورانه (شكل ٩ ـ ٩) وبعد انتهاء دور هذين السنين في نقل الحركة يتعشق السنان الاخران التاليان



شكل ١ – ٧، استعمال التعشق في نقل الحركة باستخدام التروس او العجلة النجمية والسلسلة



شكل ١ ـ ٨ ، استعمال التروس في نقل الحركة بين الاعمدة بمختلف الوضعيات



■ شكل ١ ـ ٩ ، كيفية نقل الحركة بالتروس بتعشق سنين من اسنانهما

مباشرة للسنين السابقين ليقوما بنفس الدور في نقل الحركة ولنفس الخط السابقة . وبتوالي تعشق الاسنان المتتابع يتم نقل الحركة الدائرية بين الاعمدة .

تعتبر وسيلة نقل الحركة بالتروس من الوسائل الحديثة نسبة للوسائل الاخر الا ان استعمالها انتشر بشكل واسع لما تتمتع به من ميزات كبيرة منها ، ـ

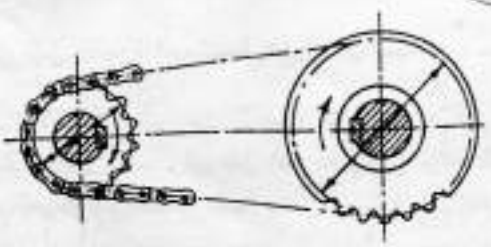
١) نسبة نقل الحركة فيها تكون متقنة بشكل تمام ومساوية للنسبة الحساب وذلك لعدم وجود الانزلاق .
٢) مدة خدمتها طويلة مع قلة متطلبات الصيانة والادامة خلال فترة استعمالها .
٣) قياسات الجهاز المستعملة فيه قليلة نسبياً .
٤) امكانيتها للعمل بسرع مختلفة فهي تستخدم من اخفض السرعات المحيطية ولغاية سرعة محيطية تصل الى ١٥٠ م / ثا .
٥) صلاحيتها لنقل الحركة بين الاعمدة وبمختلف الوضعيات. فهي تقوم بنقل الحركة بين الاعمدة المتوازية باستعمال تروس اسطوانية او بنقل الحركة بين الاعمدة المتعامدة بمستوى واحد باستعمال تروس مخروطية او بين الاعمدة المتعامدة بمستويات مختلفة باستعمال بريمة وعجلة او باستعمال ترس مسطري وترس اسطواني (لاحظ شكل ١ ـ ٨) .
٦) امكانيتها لنقل القوى المسلطة على الاسنان لمدى واسع من الغرام الواحد الى مئات الاطنان وبقياسات من اجزاء المليمتر الواحد الى عشرات الامتار .

اما مساوئ وسيلة التروس فيمكن حصرها بما يلي ـ

١) صعوبة تصنيعها وخاصة بالنسبة للالات الدقيقة المتقنة كالساعات وغيرها .
٢) تحتاج الى مهارة عالية في تركيبها وعند عدم اتقان صناعتها او عدم اتقان تركيبها يؤدي الى ظهور اهتزازات وضوضاء .
٣) عدم امكان استعمالها لجميع نسب نقل الحركة المطلوبة اذ لايمكن استعمالها في حالة احتواء النسبة على كسر وهذا ناتج من كون كل ترس من التروس يحوي عدداً صحيحاً من الاسنان .
٤) عدم امكانية هذه الوسيلة من حفظ سلامة اجزاء المكائن والمعدات المستعملة فيها من الضربات والتحميل المفاجيء .

اما وسيلة العجلة النجمية والسلسلة فهي تتشابه مع وسيلة التروس من ناحية اساس عملها وهو التعشق بين اسنان العجلة النجمية وحلقات السلسلة المكونة لها الا انها تختلف عن وسيلة التروس بامكانيتها لنقل الحركة بين الاعمدة المتفاوتة البعد عن بعضها .

يتم نقل الحركة من العجلة القائدة الى العجلة المقادة بواسطة سلسلة متكونة من مجموعة كبيرة من الحلقات المتصلة مع بعضها بشكل مفصل دوران (شكل ١ ـ ١٠) لضمان الانحناء عند المرور فوق العجلات النجمية . فعند حركة العجلة القائدة فانها تسحب السلسلة معها لتقوم بدورها في نقل الحركة الى العجلة المقادة لتتم بذلك حركتها بنفس الاتجاه .



شكل ١ ـ ١٠ . استعمال العجلة النجمية والسلسلة في نقل الحركة

يمكن تلخيص محاسن وسيلة النقل بالعجلات النجمية والسلسلة بما يلي :ـ

١) اتقان تام لنسبة نقل الحركة المصممة عليها الوسيلة لعدم وجود انزلاق فيها .

٢) امكانيتها لنقل الحركة بين الاعمدة المتباعدة لتصل المسافة بين محاورها الى ٨ متر .

٣) امكانية استعمالها لنقل الحركة من عمود قائد الى عدة اعمدة متوازية قائدة ومقادة في آن واحد من عجلة نجمية واحدة .

اما مساوئ وسيلة العجلات النجمية والسلسلة فيمكن تلخيصها بما يلي :ـ

١) اهتزازات السلسلة اثناء نقل الحركة بسرعة كبيرة وخاصة عند استعمال عجلات نجمية قليلة الاسنان . وهذه الاهتزازات تؤدي الى تحميل حركي (ديناميكي) اضافي وضربات وزيادة في الضوضاء .

٢) استهلاك سريع وتشويه لمسامير مفاصل حلقات السلسلة نتيجة الاهتزازات الذي يؤدي الى زيادة طول السلسلة وسوء التعشق بينها وبين العجلة النجمية .

٣) عدم امكانية استخدام هذه الوسيلة لنقل الحركة الا بين الاعمدة المتوازية وذلك لعدم امكانية حني السلسلة كما هو الحال في الاحزمة .
٤) تحتاج الى اتقان عال في صناعتها وخاصة السلاسل مما يزيد من كلفتها .
٥) تحتاج الى جهاز تنظيم لغرض سحب الزيادة في طول السلسلة التي تحدث نتيجة استهلاكها التدريجي .
٦) حاجتها الى تزييت متنظم ومستمر .
٧) نسبة نقلها للحركة محددة بين ٠,٦ ـ ٠,٦ ، ١ في حالة استعمالها في الاجهزة السريعة الحركة . الا انها تصل لغاية ٠,١٥ او بالعكس عند استعمالها في الاجهزة بطيئة الحركة او ذوات القدرات الواطئة .

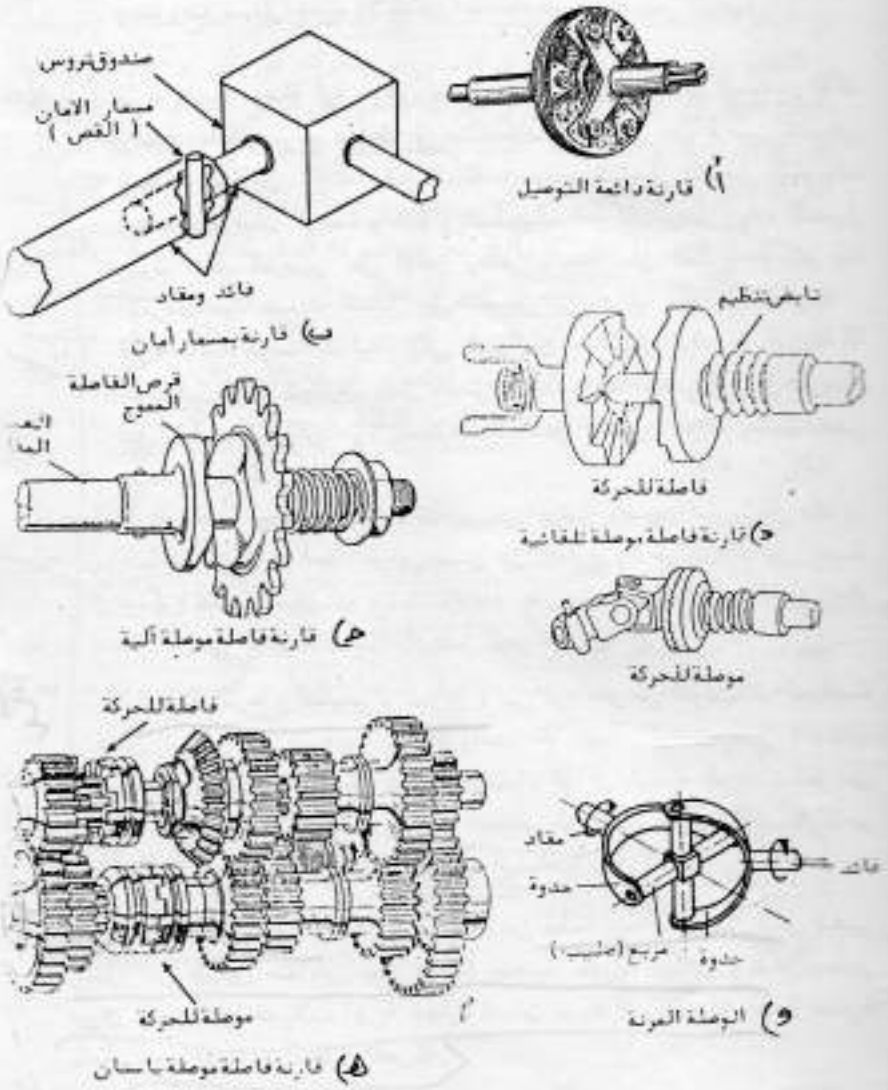
٢) وسائل نقل القدرة المعتمدة على النقل المباشر : ـ

يتطلب الامر في كثير من الاحيان نقل الحركة بين عمودين احدهما قائد والآخر مقاد بشكل مباشر . اي نقل الحركة بنفس سرعة الدوران وبنفس الاتجاه . الا ان هذه الحركة قد يتطلب نقلها بنفس المستوى اي يكون محورا العمودين على امتداد واحد وعندها تستخدم القارنات . او نقلها بمستويات مختلفة للاعمدة وعندها تستعمل الوصلة المرنة (الصليب) .

تقوم القارنات اضافة الى وظيفتها الرئيسة بنقل الحركة بين الاعمدة بمستوى واحد بوظائف اخرى منها اخماد الاهتزازات والضربات الناتجة من اشتغال الماكنة او الآلة . سرعة ايصال وفصل الحركة وتوفير الامان للاجزاء الناقلة للقدرة من التحميل المفاجيء او التحميل المفرط . توجد خمسة انواع من القارنات (شكل ١٠ ـ ١١) هي : ـ

أ) قارنة دائمة التوصيل : تتكون من قرصين دائريين يحوي كل منهما على عدد من الثقوب المتناظرة حول الحافة الخارجية لهما . ويركب احد القرصين على العمود القائد في حين يركب القرص الآخر على العمود المقاد . وعندما يراد توصيل الحركة بين العمودين . يوضع قرص مطاطي بين القرصين له نفس العدد من الثقوب وبشكل مناظر للقرصين ثم يربط القرصان بواسطة عدد من البراغي والصامولات عن طريق الثقوب وعندها يصبح العمودان وحدة واحدة . ان وجود القرص المطاطي يساعد في اخماد الاهتزازات والضربات

الناتجة عند نقل الحركة . كما ان هذه الوسيلة تساعد في سهولة التفكيك والتركيب عندما يراد تبديل احد الاجزاء . وقد تكون القارنة بشكل قرص نجمي كما في الشكل .



شكل ١ ـ ١١ ، وسائل نقل الحركة المعتمدة على النقل المباشر

ب) قارنة بمسمار امان : وقد يطلق عليه مسمار قص . تتكون القارنة من جزئين مثقوبين يمرر خلالهما مسمار مصنوع ليتحمل قوى معينة فاذا زادت القوى المنقولة عن الحد المصمم عليه المسمار فانه ينقطع وبالتالي تقطع الحركة وعند وضع مسمار جديد فلابد من استخدام مسمار له نفس التحميل .

جـ) قارنة فاصلة موصلة آلية ، وهي تصمم ليمكن فصل او ايصال العمودين القائد والمقاد بشكل سريع عن طريق عتلة خاصة . وتتكون من قرصين متموجي السطح المتقابل . فعند وضع العتلة في وضع التشغيل تتداخل التموجات ويصبح القرصان كوحدة واحدة ويتم ايصال الحركة . وعند زيادة التحميل ينزلق احد القرصين على الآخر ودافعاً نابضه نحو الخارج ويولد هذا الانزلاق صوتاً مسموعاً للتدليل على التحميل الزائد وعليه فهي قارنة امان .

د) قارنة فاصلة موصلة تلقائية ، وهي شبيهة الى حد كبير بالقارنة السابقة الا انها تكون دائمة التوصيل بفعل نابضي . وعند زيادة التحميل ينزلق القرصان على بعضهما مولدين صوتاً مسموعاً دلالة على التحميل الزائد وعندئذ تعتبر هذه القارنة كقارنة امان .

هـ) قارنة فاصلة موصلة باسنان ، تتكون من جزئين مسننين اما بشكل متقابل كما في الشكل او احد الجزئين مسنن من الخارج والآخر من الداخل بحيث يمكن تمشيق اسنان اي منهما بواسطة يدة خاصة لايصال الحركة او ابعاد الاسنان عن بعضهما عندما يراد فصل الحركة .

اما الوصلة المرنة (الصليب او المربع) فهي نوع آخر من التوصيلات المستعملة في النقل المباشر بين عمودين بامتداد واحد . الا انهما يكونا معرضين لاختلاف مستمر في وضعياتهما اثناء نقل الحركة بينهما . اي ان الوصلة المرنة تساعد على ديمومة نقل الحركة بين العمودين عند انخفاض او ارتفاع احدهما بالنسبة للاخر كما تقلل من حدوث الاهتزازات والصدمات المصاحبة لنقل الحركة .

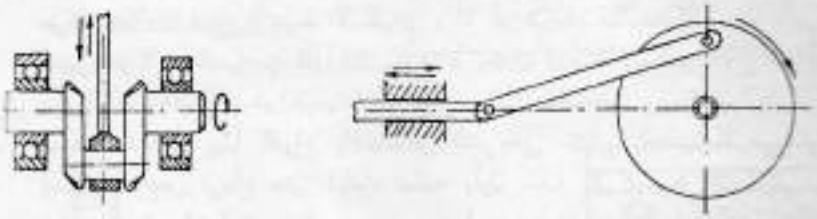
تتكون الوصلة المرنة (شكل ١ـ ١١ و) من قطعة ميكانيكية على شكل صليب يتصل كل طرفين متقابلين منه بقطعة منحنية حدوية الشكل وبشكل مفصل دوران يحوي على حديلات ابرية صغيرة لضمان سهولة الحركة وكل قطعة حدوية تتصل باحد العمودين الناقلين للحركة .

وسائل تحويل الحركة الدائرية الى ترددية وبالعكس او الى حركة مستقيمة :ـ

بالرغم من ان الحركة الدائرية هي الاكثر استخداماً اما بسبب ميزاتها الجيدة من الناحية الاقتصادية والميكانيكية اضافة الى محافظتها على نفس صفاتها ونوعيتها في النظام والتصميم الموضوع لها في الاساس من محرك كهربائي او محرك احتراق داخلي . الا ان بعض المكائن او اجزائها تصمم على اساس اشتغالها وحاجتها الى الحركة الترددية او المستقيمة . لذلك يتطلب الامر استعمال وسائل متعددة لتحويل الحركة الدائرية الى هاتين الحركتين .

تستعمل التوصيلة اللامركزية في تحويل الحركة الدائرية الى ترددية وبالعكس في حين تستعمل الحدبة لتحويل الحركة الدائرية الى ترددية ولا تستطيع عكس الحركة من ترددية الى دائرية . اما تحويل الحركة من دائرية الى مستقيمة وبالعكس فقد تم التطرق اليها عند استعمال طريقة الاحتكاك المباشر (لاحظ شكل ١ ـ ٤ جـ) او استعمال وسيلة الترس المسطري مع الترس الاسطواني (لاحظ شكل ١ ـ ٨ جـ) .

توجد طريقتان لاستعمال التوصيلة اللامركزية في تحويل الحركة الدائرية الى ترددية وبالعكس . الاولى تتمثل بوجود عجلة دائرية . وعلى مسافة مامن محور دورانها يتصل احد طرفي ذراع بشكل مفصلي (شكل ١ ـ ١٣ أ) في حين يتصل الطرف الاخر بشكل مفصلي ايضاً بالجزء المراد تحريكه ترددياً . فعند حركة العجلة دائرياً تتحرك معها منطقة الاتصال المفصلية فيها حركة دورانية بنصف قطر



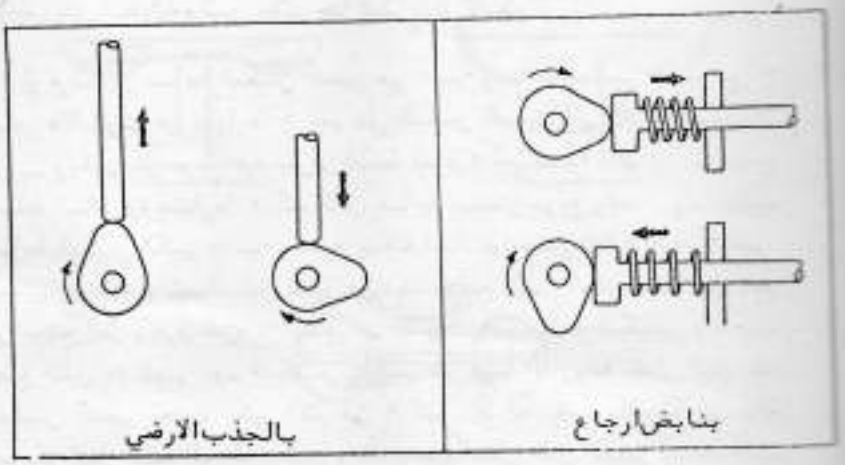
(ب) (أ)

شكل ١ ـ ١٣ . التوصيلة اللامركزية لتحويل الحركة الدائرية الى ترددية وبالعكس أ) عجلة بمحور دوران بعيد عن مركزها ب) توصيلة حرقفية

مساو لبعدها عن محور دوران العجلة لينسحب معها الذراع لمسافة تساوي ذلك البعد وبالتالي الجزء المراد تحريكه . وباستمرار حركة العجلة تعود منطقة الاتصال المفصلية والذراع والجزء المراد تحريكه الى الموضع الاول . اي ان استمرارية دوران العجلة تؤدي الى حركة الذراع والجزء المراد تحريكه بشكل ترددي . آن عكس العملية بهذه الطريقة اي تحريك الذراع ترددياً يؤدي الى حركة العجلة بشكل دائري .

اما الطريقة الثانية التي تعتمد على نفس المبدأ فهي التوصيلة المرفقية (شكل ١ ـ ١٢ ب) التي تتكون من رقبتين محوريهما على امتداد واحد وكل منهما تستند على كرسي خاص بها وبين الرقبتين رقبة ثالثة محورها بعيد عن محور الرقبتين السابقتين . تتصل كل رقبتين متجاورتين بكتف مكونة ما يشبه مرفق اليد . ومن هنا جاءت تسميتها بالتوصيلة المرفقية. اذ احاط طرف ذراع بالرقبة الوسطية بشكل حر الحركة . فعند حركتها بشكل دائري فان الذراع يتحرك بشكل ترددي ومشابه للطريقة الاولى . يمكن بهذه الطريقة ايضاً من تغيير الحركة الترددية للذراع الى حركة دائرية للتوصيلة المرفقية .

اما الحدبة فتستعمل لتحويل الحركة الدائرية الى ترددية وليس العكس . وتتلخص الطريقة بوجود تصميم خاص لعمود يحوي حدبة واحدة او عدة حدبات يتم تصنيعه كقطعة مكنية واحدة . يكون شكل الحدبة كمثريا ، (شكل ١ ـ ١٣) اي يكون نصف محيطها اسطوانياً منتظماً ثم يبدأ هذا المحيط بالابتعاد تدريجياً عن محور دوران العمود ليكون قمة الحدبة وبعدها يعود ليقترب تدريجياً وينساب مع المحيط الاسطواني مرة اخرى . اذا ركب فوق الحدبة ذراع حر الحركة داخل موجه خاص لحركته وتحرك العمود دائرياً فان الذراع يبقى دون حركة عند تماسه مع المحيط الاسطواني . الا انه سرعان ما يتحرك نتيجة تأثير التغير نحو الكبر التدريجي للمسافة بين نقاط تحدب المحيط ويستمر اندفاع الذراع حتى اللحظة التي يكون فيها طرف الذراع مماساً لقمة التحدب . وعند استمرار دوران عمود الحدبات يبدأ الذراع بالانخفاض التدريجي بتأثير الجذب الارضي او بمساعدة نابض ارجاع حتى ابتداء تماسه بأول نقطة على المحيط الاسطواني . وعليه فان الحركة الدائرية المستمرة لصعود الحدبات تؤدي الى استمرارية الحركة الترددية للذراع .

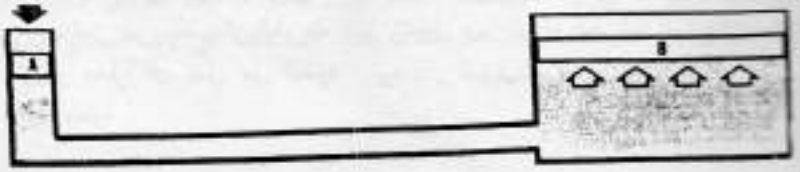


شكل ١ ـ ١٣ ، استعمال العدبة في تحويل الحركة الدائرية الى ترددية وليس العكس

٤) وسائل نقل القدرة المعتمدة على الموائع :

تختلف هذه الوسيلة عن الوسائل السابقة بقيام وسط مائع ان كان سائلاً او غازيا بنقل القدرة وتحويلها . وتعتمد ان كان الوسط سائلا على صفات السوائل بكونها غير قابلة للانضغاط وان الضغط ينتقل الى جميع الجهات بالتساوي وابسط مثال لها المكبس الهايدروليكي . وقد تعتمد على الطاقة الحركية او الكامنة للمائع في الادارة وعندها يطلق بالعنفة (توربين) .

يتكون المكبس الهايدروليكي (شكل ١ ـ ١٤) من اسطوانتين مختلفتين في القطر متصلتين مع بعضهما بانبوب وتحويان مع الانبوب على سائل يغلب ان يكون زيتا .



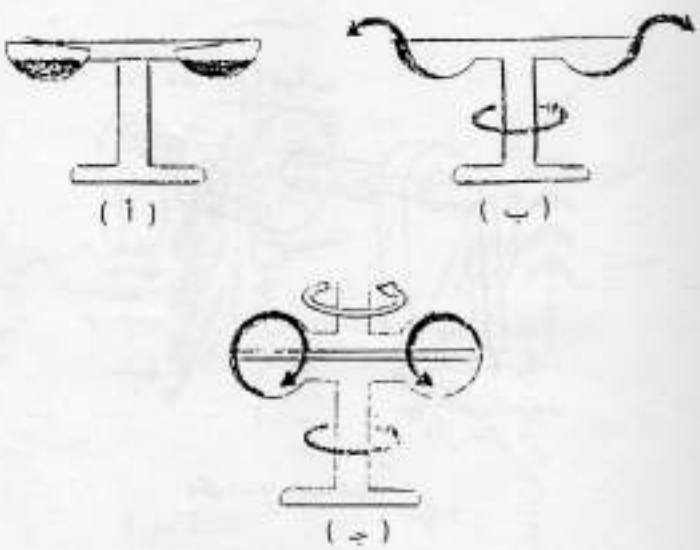
شكل ١ ـ ١٤ ، المكبس الهايدروليكي

يوجد بكل اسطوانة مكبس ملائم جدا لقطر تلك الاسطوانة .

لو فرضنا ان مساحة المكبس الصغير هي ١ سم٢ ومساحة المكبس الكبير هي ١٠ سم٢ . فاذا اثرت قوة مقدارها ٢ كغم على المكبس الصغير فان تأثيرها ينتقل الى الزيت ويكون كل موضع فيه معرضا لضغط قدره ٢ كغم / سم٢ . اي ان كل موضع يمكنه اسناد قوة مقدارها ٢ كغم لكل مساحة سنتمتر مربع واحد . ولما كانت مساحة المكبس الكبير ١٠ سم٢ . فعليه يمكنه اسناد قوة مقدارها ٢ × ١٠ = ٢٠ كغم . بمعنى اخر انه باستعمال ثقل صغير في احد مواضع الجهاز امكن اسناد ثقل اكبر في موضع اخر وبفرق قدره ١٠ اضعاف اي بقدر اضعاف مساحة المكبسين واذا اريد رفع الثقل ٢٠ كغم عند المكبس الكبير فما علينا الا زيادة مقدار الثقل عند المكبس الصغير بحيث يكون اكثر من ٢ كغم . الا انه يجب ملاحظة في حالة تحريك الثقل الكبير لمسافة سنتمتر واحد لوجب خفض الثقل الصغير لمسافة ١٠ سم اي ان النسبة بين الثقلين تعادل النسبة بين مساحتي المكبسين . وبشكل معكوس مع النسبة في حركة المكبسين .

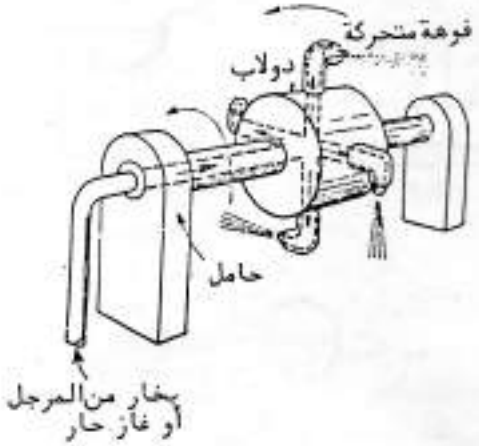
يمكن استخدام الوسيلة الهايدروليكية في نقل الحركة من عمود قائد الى عمود مقاد بنفس اتجاه الحركة (شكل ١ ـ ١٥) . فاذا كان هناك قرص مزعنف محتو على سائل (أ) ودار هذا القرص بسرعة كبيرة . فان السائل يتعرض للقوة النابذة ويطرد الى الخارج (ب)-الآن اذا وضع قرص مزعنف ثان فوق القرص الاول واحكم القرصان مع بعضهما . فان السائل ينساب الى القرص الثاني وقوة دفع السائل على زعانفه تعمل على ادارته بنفس الاتجاه (جـ) . كمثال على استخدام هذه الوسيلة في نقل الحركة هو ما موجود في المركبات ذات المبدل التلقائي (كير او توماتيك) حيث يمثل القرص الاول الدولاب الطيار المتصل بنهاية عمود مرفق المحرك بينما يمثل القرص الثاني قرص الفاصل الذي يتصل بعمود نقل الحركة الى المبدل (الكير) .

اما استعمال الغاز في نقل الحركة (العنفة . التوربين) . فنورد هنا نوعين اساسيين يختلفان عن بعضهما بالطريقة التي تتحول فيها الطاقة الحركية للمائع ان كان غازاً او بخاراً الى عمل على العمود . وهذان النوعان هما العنفة الدافعة والعنفة الرد فعلية .



شكل ١ ـ ١٥ . استخدام الوسيلة الهايدروليكية في نقل الحركة من عمود قائد الى عمود مقاد بنفس اتجاه الحركة

تتألف العنفة الدافعة من جزئين رئيسيين هما فوهات ثابتة ودولاب مزعنف (لاحظ شكل ١ ـ ١ جـ السابق) . اذ يتمدد البخار ضمن الفوهات الثابتة ويخرج منها بسرعة كبيرة على شكل دفق Jet يوجه على زعانف الدولاب مما يجعله يدور وينتج عملاً على عموده . اما في العنفة الرد فعلية . فيتمدد البخار في الفوهات المتحركة حيث يدخل البخار ضمن العمود الاجوف الى الدولاب ومن ثم يمر في الفوهات المثبتة على الدولاب . يتولد عن تمدد البخار تحول الضغط من عال الى واطيء ضمن الفوهات المتحركة قوة رد فعلية مطبقة على الفوهات فالدولاب فالعمود . اي ان قوة رد الفعل هذه تسبب دوران العمود بأتجاه معاكس لاتجاه دفق البخار (شكل ١ ـ ١٦) . تعتبر رشاشات الماء المستعملة في ري الحدائق تطبيقاً مباشراً لمبدأ العنفات الرد فعلية .



شكل ١ ـ ١٦ ، العنفة الدائمة

تختلف طريقة عمل العنفات الحالية عن العنفات البدائية المذكورة سابقاً . الا ان مبدأ عملها هو نفسه . ففي العنفة الدافعة يتم هبوط ضغط البخار بكامله في الفوهات الثابتة ويوجه مخرج البخار بحيث ينزلق البخار على الزعانف المقعرة بشكل انسيابي دون ان يصطدم بها وعندها يتغير اتجاه جريان البخار ضمنها ويتولد عن ذلك قوة دافعة مطبقة على الزعانف فتدور ويدور عمودها (شكل ١ ـ ١٧) . اما في العنفات الرد فعلية فيتم . هبوط قسم من ضغط البخار في الفوهة الثابتة بينما يتم هبوط القسم الاخر اثناء مرور البخار فوق الزعانف المتحركة (شكل ١ ـ ١٧ ب) لذا تصمم الممرات بين هذه الزعانف بحيث ينخفض ضغط البخار خلالها وبذا تزداد سرعته . اي ان البخار يتسارع في الفوهات الثابتة والمتحركة على السواء . وبما ان التسارع يحتاج الى قوة لاحداثه حيث (القوة = التسارع × الكتلة) لذا تنشأ قوة رد فعلية مطبقة على الزعانف وعندها تعمل محصلة القوتين على ادارة عمود العنفة .