# الباب الثالث

# نقل الحركة بالسيور

# Transmission by belts

# تمهيد

يناقش هذا الباب وسائل نقل الحركة بالسيور بأنواعها المختلفة والمستخدمة في نقل القدرة (نقل الحركة الدورانية) من عمود لآخر يبعد عنه بمسافة كبيرة نسبياً.

تعتبر وسائل نقل الحركة بالسيور من أقدم الطرق ، كما إنها من أهم النظم المستخدمة فى المؤسسات الصناعية المختلفة ، ويلاحظ ذلك واضحًا فى جميع الماكينات والآليات ومعدات النقل كالسيارات والجرارات والآلات الزراعية والأجهزة المنزلية وغيرها ، عندما لا يحتم الأمر المحافظة على نسبة سرعة دقيقة بين الأعمدة القائدة والأعمدة المنقادة.

ويتناول إلى أنواع والأجزاء الأساسية والمساعدة لهذه الوسائل ، كالبكرات (الطارات) البسيطة والمدرجة ، والسيور ووصلاتها ، والشدادات المخصصة لضبط شد السيور ..... وغيرها.

ويتعرض إلى مميزات وعيوب نقل الحركة بالسيور المختلفة والصيانة اللازمة.

# السيـــور .. Belts

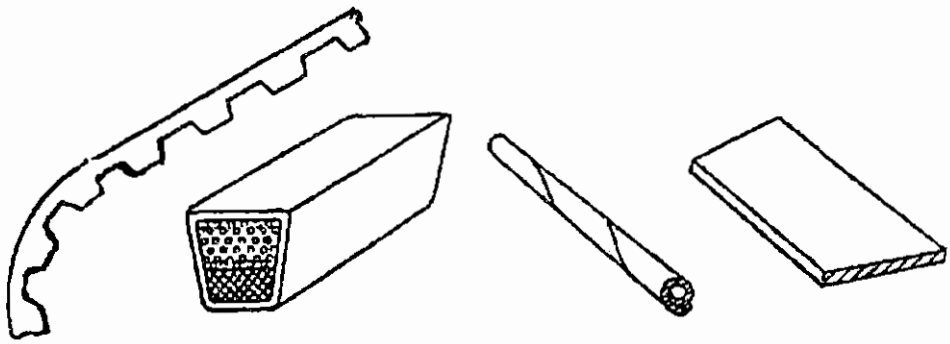
السيور هي وسائل تستخدم لنقل وعكس الحركة الدورانية من عمود لأخر يبعد عنه بمسافة كبيرة نسبياً ، عندما لا يحتم الأمر المحافظة على نسبة نقل الحركة دقيقة بينهما.

ويمكن بواسطة السيور نقل الحركة بنفس السرعة أو بسرعات مختلفة بإستخدام بكرات (طارات) بسيطة ، أو بكرات (طارات) مدرجة ، التي تثبت بين الأعمدة المتوازية والمتقاطعة والمتعامدة.

## أنواع السيور : Belts types

تستخدم البكرات (الأطارات) المتعددة الأشكال والسيور المختلفة التى تناسبها وفقاً للمسافات بين محاور البكرات ، وقوى الشد وعزوم اللى المنقولة . تميز السيور من خلال مقطعها.

أنواع السيور الشائعة الإستعمال والموضحة بشكل 3 – 1 هي السيور المسطحه والسيور شبه المنحرفة (حرف V) ، والسيور المستديرة والسيور المسننة.



(أ) (ب) (ج) (د)

**شكل 3 – 1**

أنـــواع الســـيور

1- سير مسطح.
2- سير مستدير.
3- سير إسفينى (على شكل شبه منحرف) يسمى أيضاً بسير حرف V.
4- سير مسن .. (كاتينة مسننة).

**أولا : السير المسطح** The rectangular belt

قطاع السير المسطح على شكل مستطيل ، ينتج من مواد مختلفة ليتناسب مع القدرات المختلفة لنقل الحركة الدائرية . أنواع السيور المسطحة هى كالآتى:-

**(أ) سيور جلدية :**

تعتبر من أجود أنواع السيور مقدره على الجر ، وأكثرها إنتشاراً.

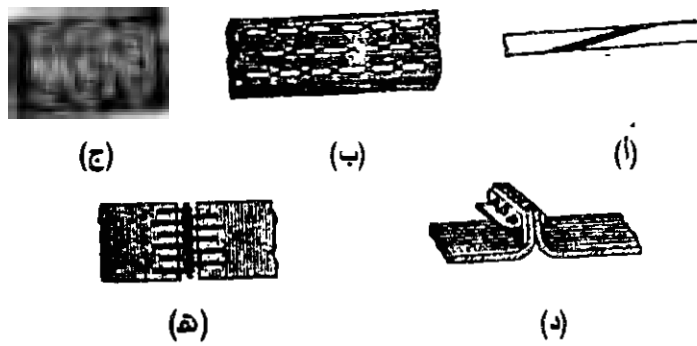
**(ب) سيور شبه مطاطية :**

**تصنع من عدة طبقات الطبقة الإحتكاكية تصنع من جلد مدبوغ بالكروم ، أو من أنسجة من الأقمشة المكسورة بكلوريد الفينيل مما يتيح التصاق السير جيداً على البكرات ، بالإضافة إلى تخفيض الإنزلاق إلى حد كبير، أما الطبقة الوسطى فإنها تصنع من النايلون على شكل عدة أشرطة متلاصقة فوق بعضها البعض أو متجاورة ، أو تصنع من خيوط مجدولة من البوليستر مما يزيد من متانة السير ويميزه بتحمله قوة شد عالية ، وقابلية جيدة للثني.**

**(ج) سيور مصنوعة من الأقمشة القطنية والصوفية:**

تتميز هذه السيور بنقل الحركة الهادئة بدون إرتجاجات ، ومن ثم فإنها تفضل لإدارة المخارط الدقيقة ، وأعمدة دوران ماكينات التجليخ الداخلى.

تستخدم السيور المسطحة بصفة عامة لنقل الحركة الدورانية لمسافات طويلة ، يمكن أن يكون السير مغلق أو يوصل طرفيه بإحدى الطرق الموضحة بشكل 3 – 2.




شكل 3 – 2

أنواع الوصـــلات

(أ) توصيل طرفي السير باللصق.

(ب) توصيل طرفي السير بالخياطة.

(ج) توصيل طرفي السير بالـ ـ .

(د) توصيل طرفي السير بالمسامير.

(هـ) توصيل طرفي السير بوصلات سلكية.

**ملاحظة :**

يراعى عند تركيب السير على البكرة (الطارة) أن يدور فى إتجاه الوصلة وعدم دورانه فى عكس إتجاهها.

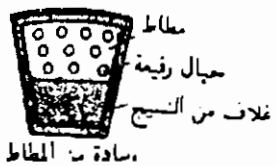
**ثانيا : السير المستدير** The rounded belt

قطاعه على شكل دائرة . ينتج السير بشكل مغلق بدون وصلات ، يوجد بصورة نادرة . يستخدم في نقل حركة القدرات الصغيرة كما هو الحال بمكنات الخياطة.

**ثالثا : السير الإسفيني** The V-belt

قطاعه على شكل شبه منحرف ، يسمى أيضاً بالسير حرف V ، زاويته مقدارها ما بين 32° ــ 36° . ينتج بشكل مغلق بدون وصلات أو لحام . يستمد السير متانته

من مواد صنعه التى تتكون من عدة طبقات من النسيج الحبلى المتين ، المحاط بالمطاط بالإضافة إلى غلاف شبه مطاطى كما هو موضح بشكل 3 – 3.




شكل 3 – 3

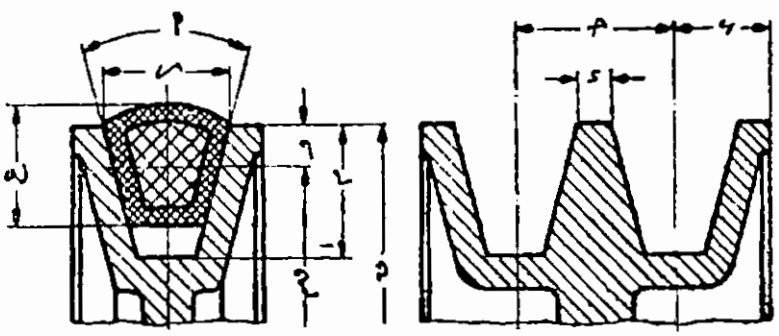
قطاع في سير إسفيني على شكل حرف V

## مقاسات السيور الأسفينية حرف V والبكرات الخاصة بها:

تختلف مقاسات السيور الأسفينية حرف V ، والبكرات (الطنابير) المستخدمة لها كل منها عن الآخر ، باختلاف نوع العمل المطلوب من أجله.

شكل 3 – 4 يوضح قطاعات للسير الاسفيني حرف V والبكرات المستخدمة له ، كما يوضح جداول 3 – 1 مقاسات وأبعاد السيور والبكرات حرف V.

الزواية (أ) زاوية السير حرف V تكون مقدارها 34°، أما زاوية السيور والبكرات الكبيرة فيكون مقدارها 36°، وعند وجود قطر أصغر من الأقطار الموجودة بالجدول التالي فإن مقدار الزاوية (أ) تكون مقدارها 32°.



شكل 3 – 4

قطاعات في سير إسفيني وبكرات حرف V

## جدول 1 – 1

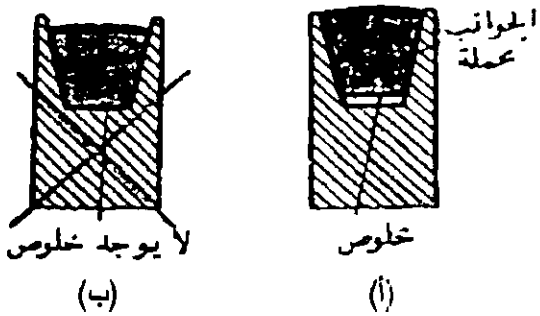
## مقاسات وأبعاد السيور والبكرات حرف V

| المقاس | عرض السير ر | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 6 | 8 | 10 | 13 | 17 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| ع | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 12.5 | 16 | 20 | 25 | 32 |
| م | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 18 | 22 | 27 | 32 | 40 |
| ب | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 15 | 18 | 22 | 27 | 34 | 42 |
| ج | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 24 | 30 | 38 | 46 | 58 |
| د | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 8 |
| ق | 25 | 36 | 50 | 69 | 98 | 135 | 192 | 266 | 375 | 524 | 742 |
| و | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 |

## إنتقال الحركة بالسيور الأسفينية حرف V :

تنتقل الحركة بالسيور الأسفينية (السيور التي مقطعها على شكل شبه منحرف) عن طريق قوى الإحتكاك بينها وبين السطحين الجانبين للبكرة (الطارة) ، حيث يكون تلامس السير بجانبيه فقط ولا يلامس قاع المجرى (أى يجب وجود خلوص بين السير وقاع المجرى) ، وكلما زاد ضغط الشد ، كلما أندفع السير إلى داخل المجرى الأسفينية بالبكرة (الطارة) ضاغطاً على جانبي المجرى لتزداد قوى الإحتكاك بين جانبي السير والبكرة ، وبذلك يمكن نقل قوى أكبر.

شكل 3 – 5 (أ ، ب) يوضح الوضع الصحيح والوضع الخاطئ للسير الإسفيني.



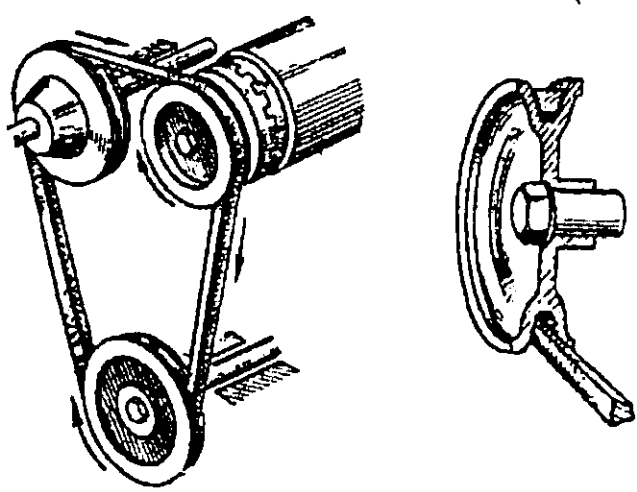

شكل 3 – 5

الوضع الصحيح والوضع الخاطئ للسير الاسفينى

(أ) الوضع الصحيح للسيير الإسفيني .. (وجود خلوص بقاع المجرى).

(ب) الوضع الخاطئ للسير الإسفيني .. (لا يوجد خلوص بقاع المجرى).

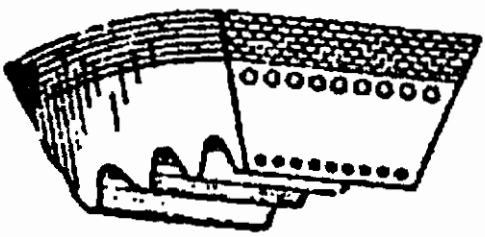
يوضح شكل 3 – 6 جزء من ماكينة أثناء نقل الحركة الدائرية بسير إسفيني مقطعه على شكل شبه منحرف عن طريق مجموعة بكرات (طارات) إسفينية ، كما يوضح قطاع لطارة إسفينية وسير مثبت بالوضع الصحيح ، (حيث يوجد خلوص أسفل السير.. بقاع المجرى).



شكل 3 – 6

جزء من ماكينة أثناء نقل الحركة بسير إسفيني

كما توجد سيور إسفينية مسننة والموضح قطاع لها بشكل 3 – 7 ، تصنع هذه السيور بنفس مواصفات السيور الإسفينية السابقة بالإضافة إلى وجود أسنان بها، وذلك لإكتسابها مرونة كبيرة ، وخاصة في حالة نقل حركة بين بكرتين (طارتين) بمسافة صغيرة والتشغيل بسرعة عالية.



شكل 3 – 7

سير إسفينى مسنن لإستخدامه للبكرات ذات الأقطار الصغيرة

## مميزات السيور الإسفينية : Advantages of V belts

تتميز السيور إسفينية بعدة مميزات .. أهمها الآتي :-

1- إمكانية نقل الحركة بين بكرتين (طارتين) بمسافات صغيرة وسرعات عالية.

2- قوة شد أعلى بالمقارنة بالسيور المسطحة بفضل معامل الإحتكاك.

3- لا تتأثر بالعوامل الخارجية كالرطوبة والسخونة والأبخرة والأحماض والزيوت وغيرها.

4- إمكان نقل جميع القدرات بالتحكم فى إختيار مقاسات السيور وعددها فى أقل حجم ممكن.

5- إمكانية نقل الحركة فى أى إتجاه وعدم تأثرها بالجانب المشدود سواء كان من أعلى أو من أسفل.

6- التصاق كبير وجودة عالية.

7- لا يتبعث عنها أى ضوضاء.

## عيوب السيور الإسفينية : Disadvantages of V belts

من عيوب السيور إسفينية الآتي :-

1- عدم إمكانية نقل الحركة بين محورين عبر مسافات كبيرة نسبياً.

2- أقل متانة بالمقارنة بالسيور المسطحة.

3- بكراتها (طاراتها) أعقد وأصعب فى الصنع ، بالمقارنة ببكرات (طارات) السيور المسطحة.

4- تكاليفها مرتفعة نسبياً.

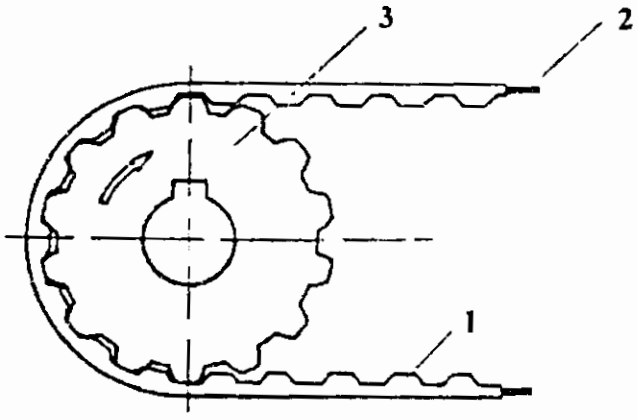
**رابعا : السيور المسننة** Rubber toothed Chain

تسمى أيضاً بالكاتينة المسننة أو سير التوقيت ، مواصفاتها هي نفس مواصفات الكاتينة المعدنية (الجنزير) فى نقل الحركة.

تصنع الكاتينة المسننة الموضحة بشكل 3 – 8 من الكاوتشوك العالي الجودة أو المطاط واللدائن ، مدعم من الداخل بأسلاك من الصلب المرن بأقطار صغيرة جداً بقوة شد ، بحيث تجمع الكاتينة بين مرونة الحركة وعدم قابلية التمدد.

مقطع أسنان الكاتينة على شكل شبه منحرف أو نصف دائرى بإرتفاع يصل إلى 4.5 ملليمتر ، وفى حالات خاصة يصل إرتفاعها إلى 6 ملليمتر . تتحمل أسنان الكاتينة نقل القدرات الكبيرة.

تستخدم الكاتينة المسننة فى نقل القدرات والسرعات الكبيرة للآليات التى تتطلب التشغيل الهادئ مثل السيارات وغيرها.




شكل 3 – 8

الكاتينة المسننة

1- الكاتينة المسننة.

2- أسلاك رفيعة من الصلب.

3- العجلة المسننة.

## مميزات الكاتينة المسننة : Advantages of rubber toothed chain

تجمع الكاتينة المسننة بين مميزات نقل الحركة بالسيور ومميزات نقل الحركة بالتروس ، لتؤدى وظيفتهما المميزات التالية :-

1- قدرتها على نقل القدرات والسرعات الكبيرة بين الأعمدة المتوازية لمسافات كبيرة بكفاءة عالية بدون إنزلاق.

2- نسبة نقل حركة أدق بمقارنتها بالسيور.

3- إمكانية إدارة مجموعة أعمدة متوازية بكاتينة واحدة فى آن واحد.

4- التشغيل الهادئ بدون حدوث أدنى ضجيج أثناء التشغيل.

5- لا تتعرض للتأكل السريع الناتج عن الإحتكاك.

6- رخيصة الثمن.

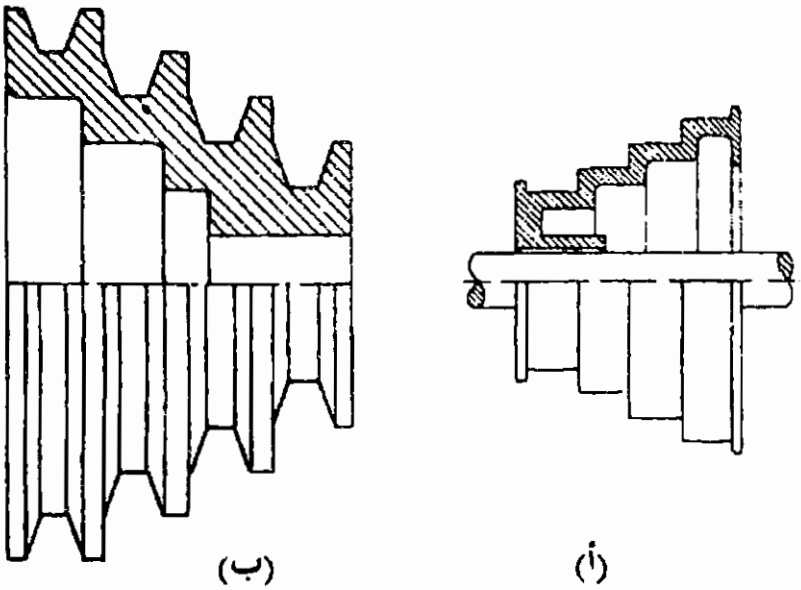
7- سهلة التركيب.

## البكرات المدرجة : Stepped pulleys

تستخدم البكرات (الطارات) المتدرجة فى أزواج In Pairs لتوفر إمكانية إختيار نسب سرعات Speed rations مختلفة.

تحوى كل بكرة (طارة) على عدة أقطار مختلفة متصلة مع بعضها البعض تركب البكرتين (الطارتين) على الأعمدة القائدة والمنقادة ، بحيث يكون وضعهما عكس بعضهما البعض (أى يقابل القطر الأصغر على أحدى البكرات القطر الأكبر على البكرة الأخرى) ، ويمكن تغيير نسبة السرعة بإنخفاضها أو بإرتفاعها بإنتقال السير فى وضعه إلى أحد درجات البكرتين حسب السرعة المطلوبة.

يمكن أن تكون أسطح البكرات (الطارات) المدرجة بشكل مستوى كما هو موضح بشكل 3 – 9 (أ) لإستخدامها في نقل الحركة بتغير السرعة بين الأعمدة المتوازية عن طريق السيور المسطحة ، كما يمكن أن تكون أسطح البكرات (الطارات) مفرغة على شكل شبه منحرف كما هو موضح بشكل 3 – 9 (ب) لإستخدامها في نقل الحركة بتغيير السرعة بين الأعمدة المتوازية عن طريق السيور الإسفينية حرف V.




شكل 3 – 9

البكرات المدرجة

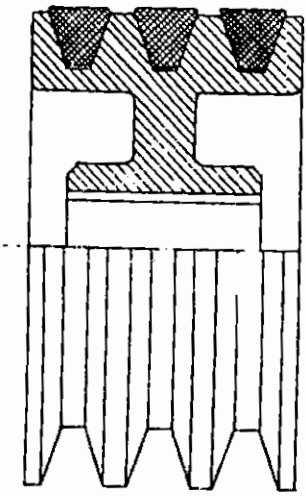
(أ) بكرة السيور المسطحة.

(ب) بكرة للسيور الإسفنينة (حرف V).

## نقل الحركة بالسيور حرف V المتعددة : Multi V belts transmission

تستخدم البكرات ذات الأسطح المستوية المفرغ بها مجموعة مجارى على شكل شبه منحرف كما هو موضح بشكل 3 – 10 ، بحيث تسمح للسيور الإسفنينة (حرف V) لنقل القدارت العالية High Power.

تعتبر هذه الطريقة هى الأكثر إنتشاراً فى آلات الإنتاج ، حيث تتميز بأنها أكثر أمناً في حالة إنهيار (قطع) لأحد السيور.



شكل 3 - 10

نقل الحركة بالسيور حرف V المتعددة

## مجموعات نقل الحركة بالسيور : Groups of transmission by belts

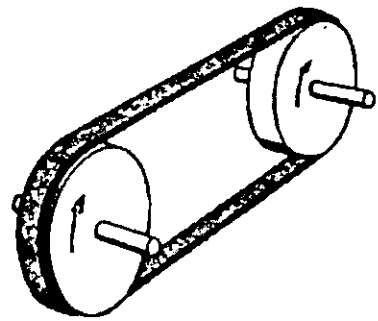
تنتقل الحركة الدائرية من عمود إلى آخـر المثبت كل منهما على بكرة (طارة) ، وذلك بإستخدام سير عن طريق قوى الإحتكاك التى تنشأ بين السير والبكرتين (الطارتين) ، وللحصـول علي هذه القوى ، فإنه يجـب أن يتعرض السير لشد معتدل.

تنتقل الحركة بإستخدام السيور إلى مجموعات مختلفة بعدة طرق . فيما يلي عرض لمجموعات نقل الحركة بالسيور كل منها على حدة.

### نقل حركة متساوية فى إتجاه واحد :

Equal transmission in one direction

تكون الأعمدة متوازية كما هو موضح شكل 3 – 11 . قطر البكرة القائدة تساوى قطر الطارة المنقادة ، تسمى هذه الطريقة بالسير المفتوح.



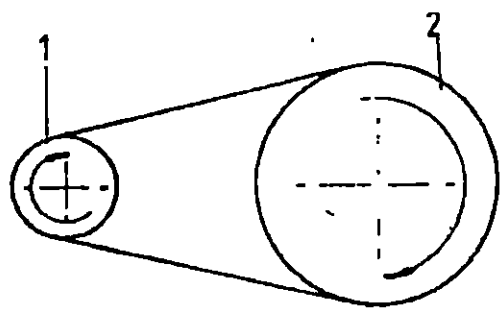
شكل 3 – 11

نقل حركة متساوية فى إتجاه واحد

## نقل حركة فى إتجاه واحد لتخفيض السرعة :

Transmission in one direction to decrease speed

تكون الأعمدة متوازية كما هو موضح بشكل 3 – 12 . قطر البكرة القائدة 1 أصغر من قطر الطارة المنقادة 2.




شكل 3 – 12

نقل حركة في إتجاه واحد لتخفيض السرعة

1- بكرة قائدة.

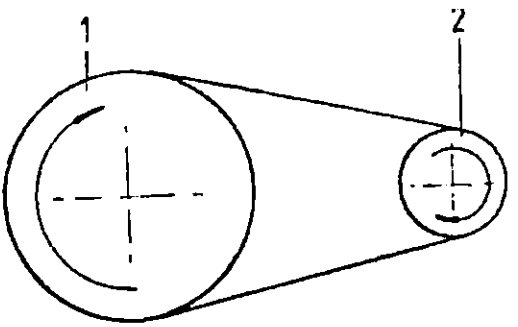
2- بكرة منقادة.

## نقل حركة فى إتجاه واحد لزيادة السرعة :

Transmission in one direction to increase speed

تكون الأعمدة متوازية كما هو موضح بشكل 3 – 13 . قطر البكرة القائدة 1

أكبر من قطر الطارة المنقادة 2.




شكل 3 – 13

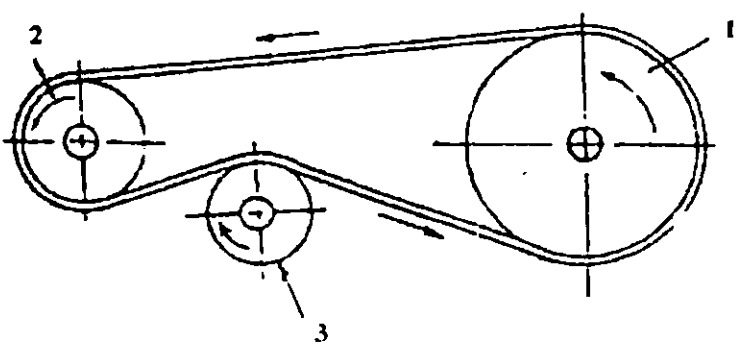
نقل حركة لزيادة السرعة فى إتجاه واحد

1- بكرة قائدة.

2- بكرة منقادة.

## استخدام الشدادات عند نقل حركة:

كما يمكن إستعمال السير لنقل الحركة الدورانية للأعمدة المتوازية في إتجاه واحد لتخفيض أو زيادة السرعة ، بإستخدام بكرة وسيطة بمثابة شداد للسير كما هو موضح بشكل 3 – 14 .




شكل 3 – 14

نقل حركة لأعمدة متوازية فى إتجاه واحد

لتخفيض أو زيادة السرعة بالاستعانة بشداد

1- بكرة قائدة.

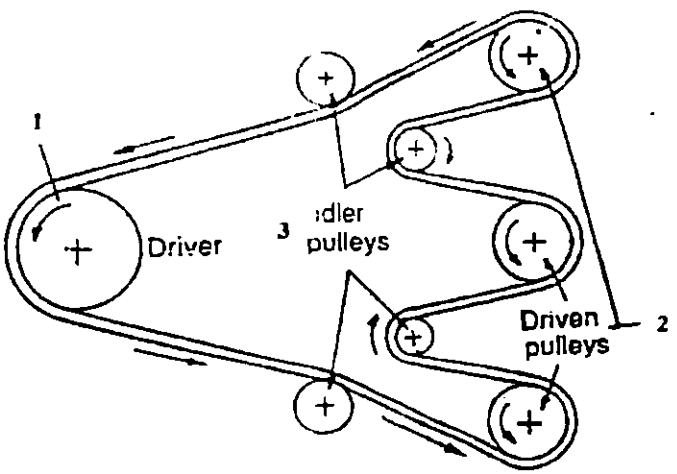
2- بكرة منقادة.

3- بكرة وسيطة (شداد).

## نقل حركة لعدة أعمدة متوازية فى إتجاه واحد :

Transmission for multi parallel shafts in one direction

يمكن نقل الحركة من عمود قائد إلى عدة أعمدة متوازية فى إتجاه واحد كما هو موضح بشكل 3 – 15 ، حيث تستخدم بكرات (طارات) وسيطة الغرض منها هو شد السير.




شكل 3 – 15

نقل حركة لعدة أعمدة متوازية فى إتجاه واحد

1- طارة قائدة.

2- طارات منقادة.

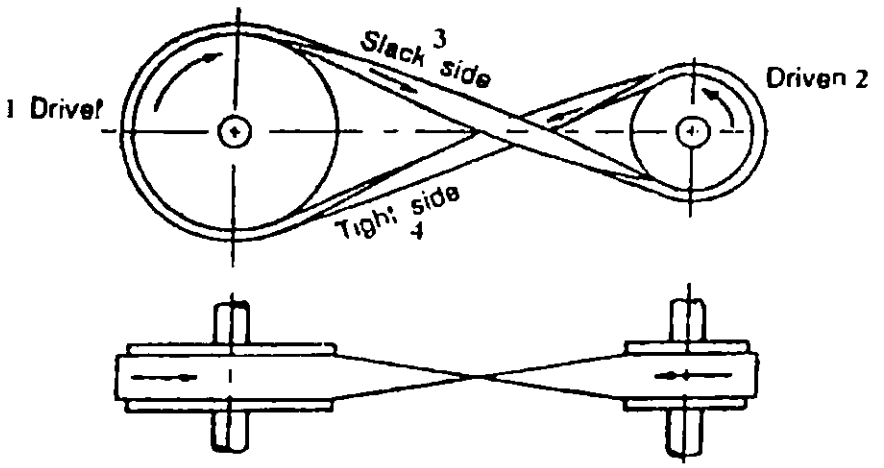
3- طارات وسيطة (شدادات).

نقل حركة لأعمدة متوازية فى إتجاهين متضادين :

Equal transmission in two opposite directions

تكون الأعمدة متوازية كما هو موضح بشكل 3 – 16 ، يمكن إنتقال الحركة

بين الأعمدة بسرعة متساوية أو بزيادة أو تخفيض السرعة ، وذلك حسب أقطار البكرات القائدة والمنقادة . تسمى هذه الطريقة بالسير المتقاطع.




شكل 3 – 16

نقل حركة لأعمدة متوازية فى إتجاهين متضادين

1- بكرة قائدة.

2- بكرة منقادة.

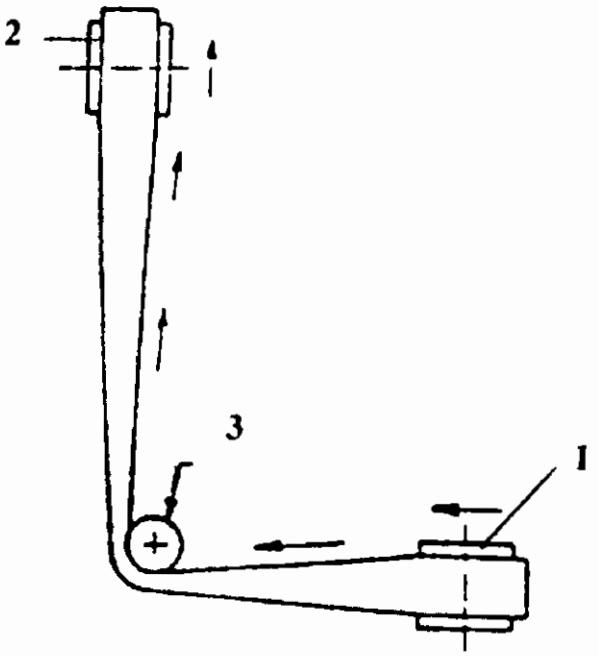
3- جانب السير المرتخى.

4- جانب السير المشدود.

## نقل حركة متساوية فى إتجاهين متعامدين :

Equal transmission two perpendicular crossed directions

تكون الأعمدة متعامدة كما هو موضح بشكل 3 – 17 . قطر البكرة القائدة تساوى قطر البكرة المنقادة.




شكل 3 – 17

نقل حركة متساوية فى إتجاهين متعامدين

1- بكرة قائدة.

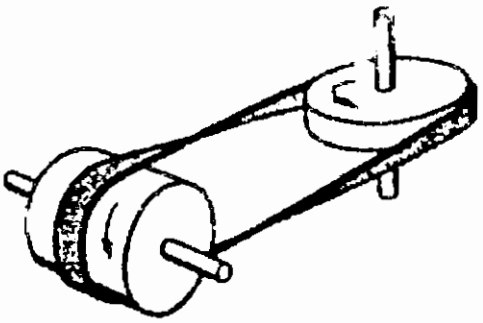
2- بكرة منقادة.

3- بكرة وسيطة.

## نقل حركة متساوية فى إتجاهين متقاطعين :

Equal transmission two crossed directions

تكون الأعمدة متقاطعة كما هو موضح بشكل 3 – 18 . قطر البكرة القائدة تساوى قطر البكرة المنقادة ، تسمى هذه الطريق بالسير الملتوى.



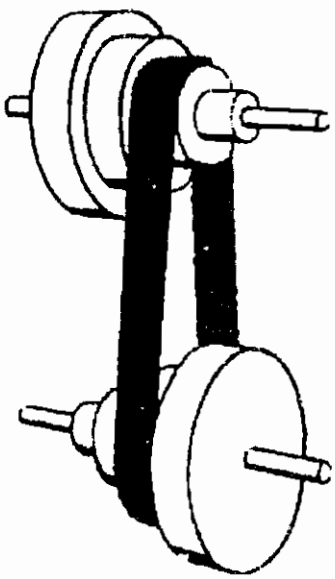
شكل 3 – 18

نقل حركة متساوية فى إتجاهين متقاطعين

## نقل حركة فى إتجاه واحد ببكرات مدرجة :

Transmission in one direction by graded pulleys

تكون الأعمدة متوازية كما هو موضح بشكل 3 - 19 . وبواسطة تغيير موضع السير من بكرة إلى أخرى يمكن الحصول على سرعات مختلفة.



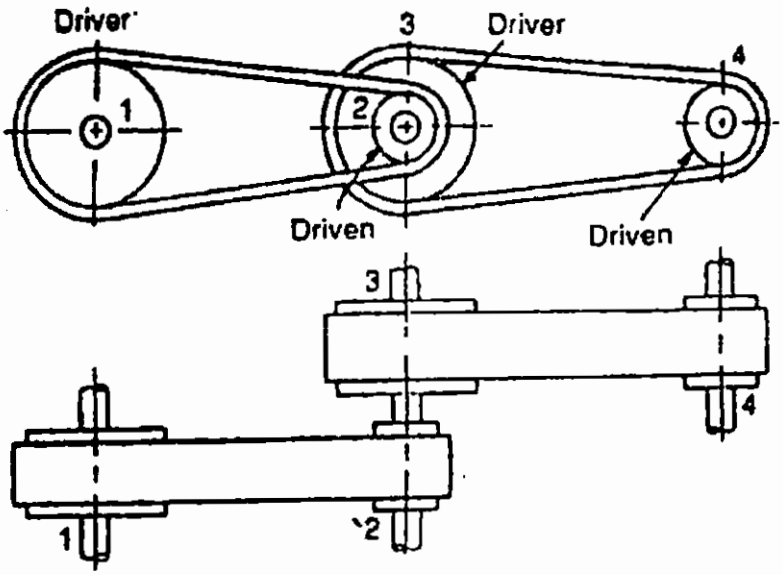
شكل 3 – 19

نقل حركة ببكرات مدرجة بسيطة فى إتجاه واحد

## نقل الحركة المزدوجة فى إتجاه واحد :

Double transmission in one direction

تتكون هذه المجموعة من ثلاثة أعمدة متوازية كما هو موضح بشكل 3 – 20، يعبر عن البكرات (الطارات) القائدة بأرقام فردية ، كما يعبر عن البكرات (الطارات) القائدة بأرقام زوجية.




شكل 3 – 20

نقل الحركة المزدوجة فى إتجاه واحد

1- البكرة (الطارة) القائدة الأولى.

2- البكرة (الطارة) المنقادة الأولى.

3- البكرة (الطارة) القائدة الثانية.

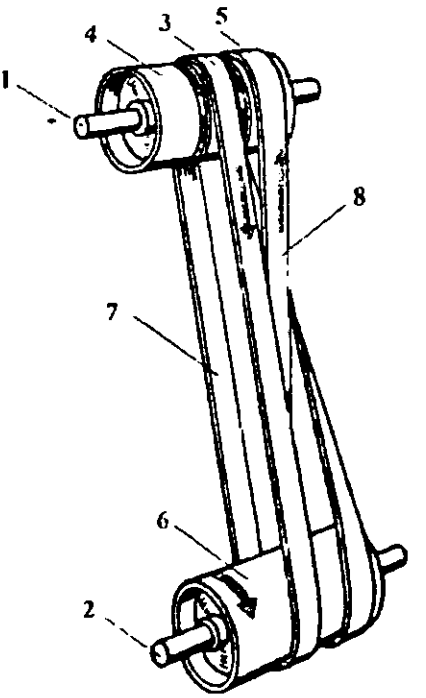
4- البكرة (الطارة) المنقادة الثانية.

من مميزات نقل الحركة المزدوجة بالسيور هى إمكانية زيادة أو إنخفاض السرعة المنقولة بدرجة كبيرة.

## نقل وعكس الحركة : Transmission and reverse

تستخدم هذه المجموعة بالورش القديمة التى مازالت تستعمل الإدارة الجماعية لتشغيل آلاتها . وتتكون مجموعة نقل وعكس الحركة بالسيور الموضحة بشكل 3 – 21 ، من عمود إدارة يثبت عليه بكرة ثابتة تدور بين بكرتين حرتين ، يثبت بينهما على عمود الدوران بكرة عريضة.

يستخدم لنقل الحركة من عمود الإدارة إلى عمود الدوران ، زوج من السيور المبطنة أحدهما بشكل مفتوح والآخر بشكل متقاطع.




شكل 3 – 21

مجموعة نقل وعكس الحركة بالسيور

1- عمود الإدارة.

2- عمود الدوران.

3- بكرة ثابتة بعمود الإدارة.

4- بكرة حرة.
5- بكرة حرة.
6- بكرة مثبتة على عمود الدوران.
7- سير بشكل مفتوح.
8- سير بشكل متقاطع.

يوضع السير المفتوح على البكرة الثابتة (الطارة الوسطى المثبتة على عمود الإدارة) ، لتنتقل الحركة الدائرية إلى البكرة المثبتة على عمود الدوران في إتجاه عقارب الساعة.

وعند نقل السير المتقاطع على البكرة الثابتة فإن إتجاه الدوران ينعكس إلى الإتجاه المضاد ، حيث تنعكس حركة عمود الدوران . وعند نقل كلا السيرين على البكرتين الحرتين ، فإن عمود الدوران يظل ثابتاً ، أى يتوقف نقل الحركة إلى عمود الدوران.

## حسابات نقل الحركة بالسيور

### Calculations of Transmission by Belts

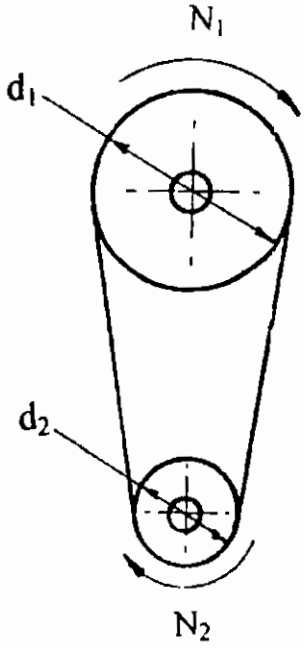
المحرك الكهربائي الذي يدير آلة تشغيل.. يعمل بسرعة أكبر بكثير مما يلزم متطلباتها.. (لأسباب تتعلق بقواعد علم الكهرباء). لهذا السبب يوضع بين المحرك والآلة جهاز لنقل الحركة بالسيور وظيفته تخفيض السرعة، وتسمى نسبة نقل الحركة بينهما هي نسبة تخفيض السرعة. كما يمكن إنتقال الحركة بين الأعمدة المختلفة بتساوى أو بزيادة السرعة، فإذا تساوت قطر البكرة (الطارة) القائدة مع قطر البكرة (الطارة) المنقادة فإن السرعة المنقولة بينهما تكون متساوية أي بنسبة 1 : 1.

يمكن التعبير عن سرعة نقل الحركة بإرتفاع أو إنخفاض السرعة بين العمود القائدة والعمود المنقاد، علماً بأنه قد يحدث إنخفاض طفيف في سرعة البكرة (الطارة) المنقادة بسبب إنزلاق السير.

ويمكن التعبير عن سرعة نقل الحركة بإرتفاع أو إنخفاض السرعة بين العمود القائدة والعمود المنقاد، علماً بأنه قد يحدث إنخفاض طفيف فى سرعة البكرة (الطارة) المنقادة بسبب إنزلاق السير.

يعبر عن نسبة السرعة Velocity ratio عند نقل حركة دائرية من بكرة قائدة Driver وبكرة منقادة Driven شكل 3 – 22 من العلاقة التالية :-

$$Vr = \frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1}$$ ..... مع إهمال سمك السير




**شكل 3 – 22**

**نقل حركة بسيطة بالسيور**

حيث:

$V_r$ نسبة السرعة أو نسبة نقل الحركة.

$N_1$ عدد لفات البكرة القائدة في الدقيقة (r.p.m).

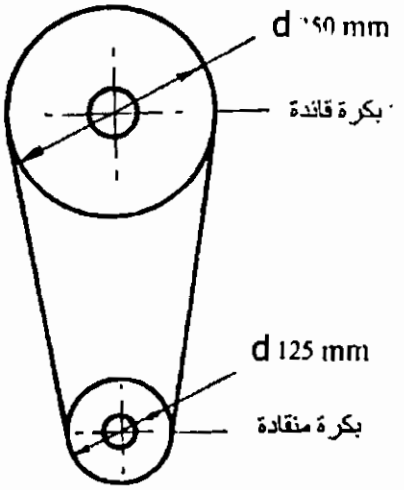
$N_2$ عدد لفات البكرة المنقادة في الدقيقة (r.p.m).

$d_1$ قطر البكرة القائدة بالمليمترات (mm).

$d_2$ قطر البكرة المنقادة بالمليمترات (mm).

**مثال 1:**

بكرة قائدة قطرها 250 mm وقطر البكرة المنقادة 125 mm شكل 3 – 23. أوجد نسبة السرعة أو نسبة نقل الحركة ؟




**شكل 3 – 23**

**نقل حركة بسيطة بالسيور**

**الحل:**

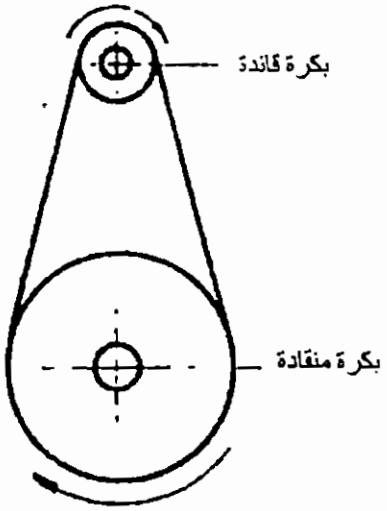
$$Vr = \frac{d_2}{d_1} = \frac{125}{250} = \frac{1}{2}$$

∴ نسبة نقل الحركة أو نسبة زيادة السرعة هى 1 : 2

**مثال2:**

سرعة دوران طارة قائدة 750 r.p.m وسرعة دوران الطـــارة المنقـــادة 250 r.p.m شكل 3 – 24 . أوجد نسبة السرعة أو نسبة نقل الحركة ؟

$N_1 = 750$ r.p.m




$N_2 = 250$ r.p.m

**شكل 3 – 24**

**نقل حركة بسيطة بالسيور**

$$Vr = \frac{N_1}{N_2} = \frac{125}{250} = \frac{3}{1}$$

**الحل :**

∴ نسبة نقل الحركة أو نسبة زيادة السرعة هي 3 : 1

## إيجاد قطر أو عدد لفات البكرة :

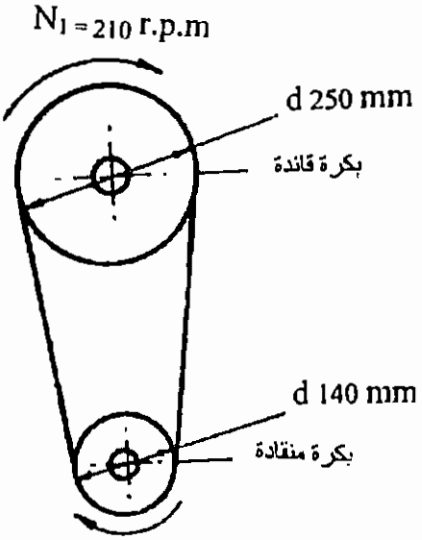
من خلال المعادلة السابقة يمكن إيجاد قطر أو عـدد لفات إحـــدى البكـرات كالآتي :-

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

$$\therefore N_1 * d_1 = N_2 * d_2$$

**مثال 3 :**

بكرة قائدة قـطرها 250 mm وسـرعتها 210 r.p.m وقطر البكرة المنقادة 140 mm شكل 3 – 25 . أوجد عدد لفات البكرة المنقادة في الدقيقة ؟




**شكل 3 – 25**

**نقل حركة بسيطة بالسيور**

**الحل:**

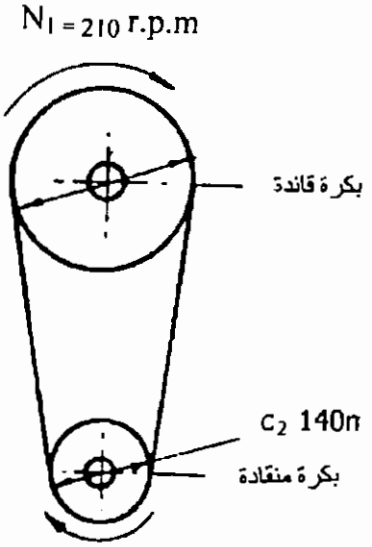
$$N_1 * d_1 = N_2 * d_2$$

$$N_2 = \frac{N_1 * d_1}{d_2}$$

$$= \frac{210 * 250}{140} = 375 \text{ r.p.m}$$

**مثال 4:**

بكرة منقادة قطرها 140 mm وسرعتها 375 r.p.m وسرعة البكرة القائدة 210 r.p.m شكل 3 – 26 . أوجد قطر البكرة القائدة بالملليمترات ؟




شكل 3 – 26

نقل حركة بسيطة بالسيور

**الحل:**

$$N_1 * d_1 = N_2 * d_2$$

$$d_1 = \frac{N_2 * d_2}{N_1}$$

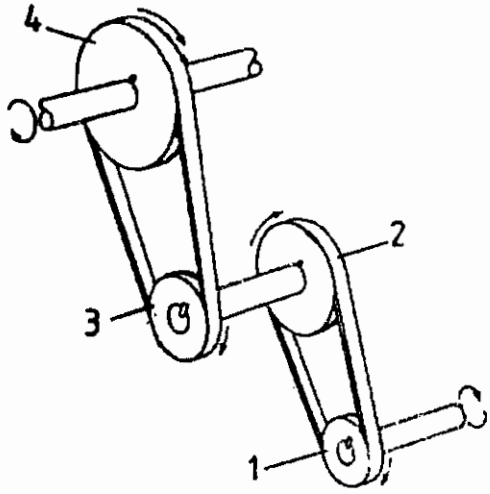
$$= \frac{375 * 140}{210} = 250 \text{ r.p.m}$$

# حسابات نقل الحركة المزدوجة بالسيور

## Calculations of Double Transmission by Belts

تستخدم وسائل نقل الحركة المزدوجة بالسيور الموضحة بشكل 3 – 27 في إدارة معظم الآلات.

تحمل البكرات القائدة Drivers أرقاما فردية ، كما تحمل البكرات المنقادة Drivens أرقاماً زوجية.




شكل 3 – 27

نقل حركة مزدوجة بالسيور

1- بكرة قائدة .. Driver

2- بكرة منقادة .. Driven

3- بكرة قائدة .. Driver

4- بكرة منقادة .. Driven

ويعبر عن نسبة السرعة الكلية لنقل الحركة المزدوجة بالسيور بالمعادلات التالية:-

$$Vr = \frac{N_1 * N_3}{N_2 * N_4} = \frac{d_2 * d_4}{d_1 * d_3}$$

$$\therefore \quad Vr = \frac{N_1}{N_4} = \frac{d_2 * d_4}{d_1 * d_3}$$

حيث:

$V_r$ النسبة الكلية للسرعة.

$N_1$ عدد لفات البكرة القائدة الأولى فى الدقيقة (r.p.m).

$N_2$ عدد لفات البكرة المنقادة الأولى فى الدقيقة (r.p.m).

$N_3$ عدد لفات البكرة القائدة الثانية فى الدقيقة (r.p.m).

$N_4$ عدد لفات البكرة المنقادة الأخيرة فى الدقيقة (r.p.m).

$d_1$ قطر البكرة القائدة الأولى بالمليمترات (mm) يرمز لها برقم 1.

$d_2$ قطر البكرة المنقادة الأولى بالمليمترات (mm) يرمز لها برقم 2.

$d_3$ قطر البكرة القائدة الثانية بالمليمترات (mm) يرمز لها برقم 3.

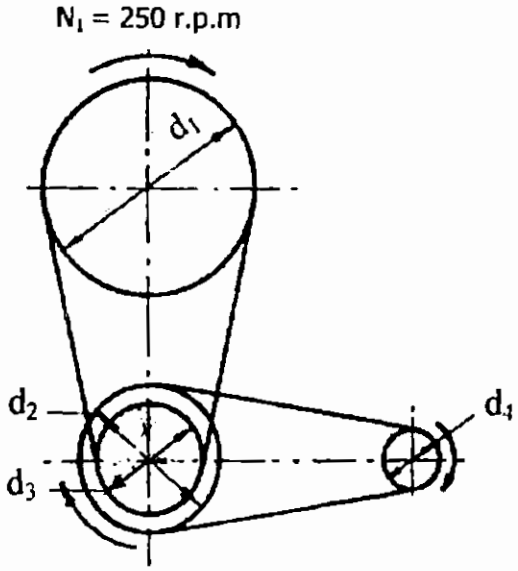
$d_4$ قطر البكرة المنقادة الأخيرة بالمليمترات (mm) يرمز لها برقم 4.

**مثال1:**

**وجد بمجموعة نقل مزدوجة بالسيور شكل 3 – 28 أن سرعة البكرة القائدة الأولى** $N_1$ 250 r.p.m ، وأقطار البكرات $d_1$ 300 mm ، $d_2$ 150 mm ، $d_3$ 200 mm ، $d_4$ 80 mm . **أوجد الآتي:-**

(أ) النسبة الكلية للسرعة (نسبة نقل الحركة المزدوجة بالسيور).

(ب) سرعة دوران البكرة المنقادة الأخيرة فى الدقيقة.




**شكل 3 – 28**

**نقل حركة مزدوجة بالسيور**

**الحل:**

**(a)**

$$Vr = \frac{d_2 * d_4}{d_1 * d_3}$$

$$= \frac{150 * 80}{300 * 200} = \frac{1}{5}$$

**(b)**

$$Vr = \frac{N_1}{N_4}$$

$$\frac{1}{5} = \frac{250}{N_4}$$

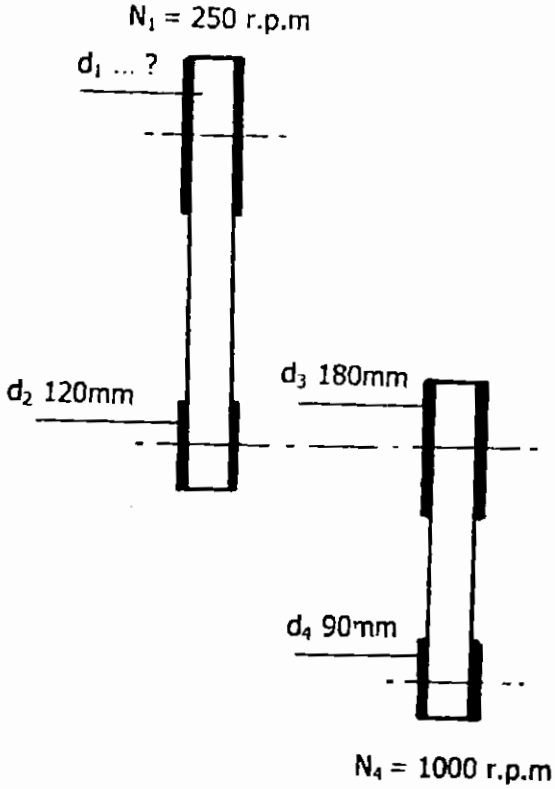
$$N_4 = 5 * 250 = 1250 \text{ r.p.m}$$

**مثال 2:**

وجد بمجموعة نقل حركة مزدوجة بالسيور شكل 3 – 29 أن سرعة الطـارة القائدة الأولى $N_1$ 300 r.p.m وسرعة الطارة المنقادة الأخيرة $N_4$ 1000 r.p.m. وأقطار الطارات $d_2$ 120 mm، $d_3$ 180 mm ، $d_4$ 90 mm . أوجد الآتي:-

(أ) النسبة الكلية للسرعة (نسبة نقل الحركة المزدوجة بالسيور).

(ب) قطر الطارة القائدة الأولى بالملليمترات.




**شكل 3 – 29**

**نقل حركة مزدوجة بالسيور**

**الحل:**

(a)

$$Vr = \frac{N_1}{N_4} = \frac{300}{1000} = \frac{3}{10}$$

النسبة الكلية للسرعة أو نسبة الزيادة فى سرعة نقل الحركة المزدوجة بالسيور هي **3 : 10**

(b)

$$Vr = \frac{d_2 * d_4}{d_1 * d_3}$$

$$\frac{3}{10} = \frac{120 * 90}{d_1 * 180}$$

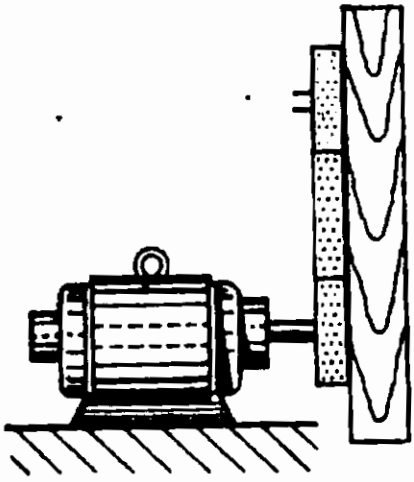
$$d_1 = \frac{10 * 120 * 90}{3 * 180} = 200 \text{ mm}$$

## قاعدة عامة :

- البكرات متساوية الأقطار تكون سرعة دورانها متساوية.
- البكرة ذات القطر الكبير تكون سرعة دورانها صغير.
- البكرة ذات القطر الصغير تكون سرعة دورانها كبير.

## تركيب السير :

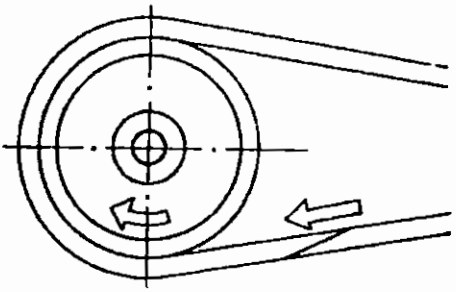
يراعى عند تركيب السيور أن تكون البكرات (الطنابير) في المحاذاة الصحيحة كما هو موضح بشكل 3 – 30 ، حتى لا تعوق دوران السيور . يمكن التأكد من محاذاة البكرات باستخدام مسطرة أو قطعة مناسبة من الخشب.



شكل 3 – 30

المحاذاة الصحيحة لوسيلة الإدارة بالسيور بواسطة لوح خشبي

وعند تركيب سير يحتوي على نهايتين ملتصقتين بعضيهما ببعض بأي لاصق ، يراعى أن يدور السير في الإتجاه الموضح بشكل 3 – 31 ، حيث يجب أن يكون حافة اللسان للوجه الملتصق في عكس إتجاه دوران السير.



**شكل 3 – 31**

**التركيب الصحيح لسير بنهايتين ملتصقتين**

## إنزلاق السير

Belt sliding

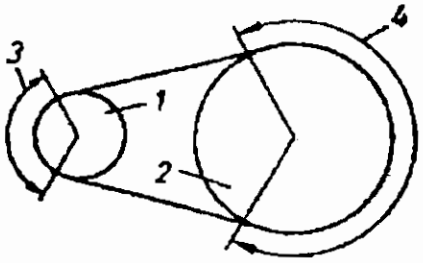
تنتقل الحركة الدورانية بين الأعمدة المختلفة الأوضاع بإستخدام البكرات (الطنابير) والسيور المختلفة الأشكال ، وذلك من خلال قوى الإحتكاك الذى ينشأ بين السيور والبكرات.

تنخفض أحياناً قوى الإحتكاك بين السيور والبكرات مما ينتج عنه إنخفاض سرعة دوران السير عن سرعة دوران الطارة القائدة ، وهذا ما يسمى بإنزلاق السير، الأمر الذى يؤدى إلى عدم دقة نسبة نقل الحركة.

ونظراً للانزلاق الذي يحدث فإن عزم اللى بالبكرة القائدة لا ينقل بأكمله إلى البكرة المنقادة ، ويمكن إختيار البكرات (الطنابير) بأى قطر على أن تحقق النسبة المحددة بينهما.

وعند إنتقل الحركة الدورانية بإستخدام سير وبكرتين إحداهما كبيرة والأخرى

صغيرة جداً كما هو موضح بشكل 3 – 32 . تنخفض السرعة فى هذه الحالة ، حيث يزداد الإنزلاق الذى يحدث على البكرة (الطارة) الصغيرة، من خلال زاوية تلامس السير الصغيرة مع البكرة.




**شكل 3 – 32**

**إنزلاق السير على البكرة الصغيرة**

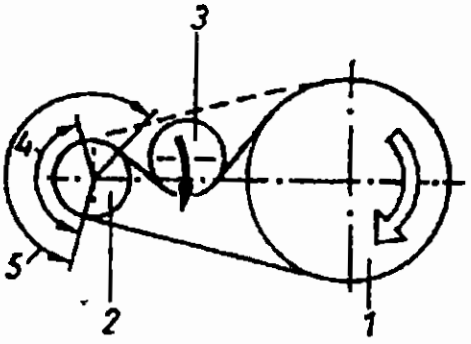
**1- بكرة صغيرة.**

**2- بكرة كبيرة.**

**3- زاوية تلامس صغيرة جداً السير مع البكرة الصغيرة.**

**4- زاوية تلامس كبيرة جداً السير مع البكرة الكبيرة.**

يجب أن يكون الإحتكاك بين السير والبكرتين كبير بقدر المستطاع ، ويمكن تحقيق ذلك بزيادة زاوية تلامس السير مع البكرة الصغيرة ، باستخدام بكرة وسيطة كما هو موضح بشكل 3 – 33.




**شكل 3 – 33**

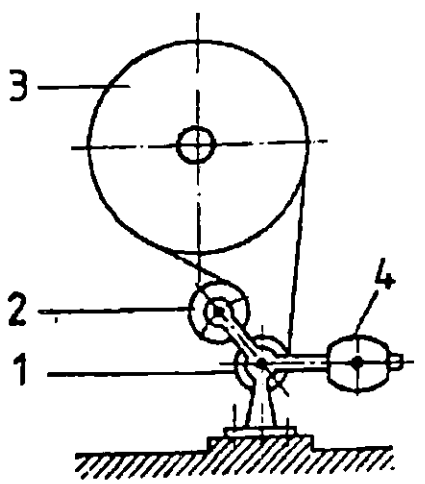
**استخدام بكرة وسيطة لعدم إنزلاق السير**

1- بكرة كبيرة.
2- بكرة صغيرة.
3- بكرة وسيطة.
4- زاوية تلامس صغيرة قبل إستعمال بكرة وسيطة.
5- زاوية تلامس كبيرة بعد إستعمال بكرة وسيطة.

## ضبط شد السير : Adjusting of belt tension

تصنع السيور من الجلد أو الكاوتشوك المقوى ، لذلك فإنها ترتخى عند إستعمالها لفترة طويلة ، الأمر الذي يؤدى إلى إنخفاض قوة الإحتكاك والشد الذى ينشأ بين الطارتين والسير ، وإنزلاقه أثناء الدوران (إنخفاض سرعة دوران البكرة المنقادة) . لذلك يجب الإستعانة ببكرة أخرى تسمى بكرة شد كما هو موضح بشكل 3 – 34.

يستخدم مقبض لضبط بكرة الشد ، ولضمان التفاف السير حول البكرات الصغيرة وعدم إرتخائه . كما يمكن ضبط شد السير بواسطة تثبيت المحرك على زلاقات.




شكل 3 – 34
ضبط شد السير عن طريق بكرة شد

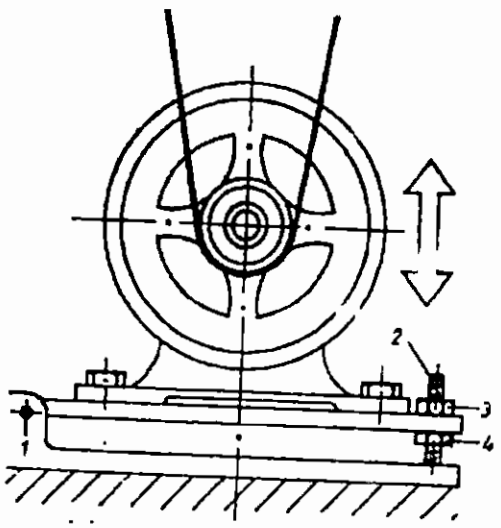
1- بكرة قائدة.

2- بكرة شد.

3- بكرة منقادة.

4- المحرك الكهربائى.

توجد طرق أخرى لضبط شد السير، وذلك عن طريق تثبيت المحرك الكهربائى على زلاقات، وتثبيت الجزء المكني بربطه بالوضع المناسب، أو عن طريق إستعمال مسامير ملولبه وصواميل كما هو موضح بشكل 3 – 35، حيث يهبط الجزء المكني عند فك الصامولة السفلية تحت تأثير وزنه الذاتي، حيث يضبط شد السير، وبمجرد الوصول إلى الشد المناسب للسير، تربط الصامولة العليا ليثبت الجزء المكني على الوضع المطلوب.




شكل 3 – 35

ضبط شد السير عن طريق إستعمال مسامير ملولبه وصواميل

1- نقطة الإرتكاز.

2- مسمار الربط (يوجد به صومولتان).

3- الصامولة العليا.

4- الصامولة السفلى.

## قواعد وإرشادات :

أثناء تثبيت السيور ، فإنه يجب ملاحظة وإتباع الإرشادات التالية :-

1. يجب أن تتوازى وتتواجه الأعمدة والبكرات القائدة والمنقادة كل منها للآخر تماماً.
2. يجب أن يكون التجويف الإسفيني لكل من البكرتين القائدة والمنقادة على إستقامة واحدة ، لتجنب إنحراف السير أثناء التشغيل ، ومن ثم يتآكل من جانب واحد فقط من جانبيه بشكل غير طبيعي ، وبالتالي يتغير شـــكل مقطع السير وتنخفض جودة الشد.
3. شد السير بدرجة كبيرة ينتج عنه سرعة إستهلاكه بالإضافة إلى تلف كراسى المحاور وبعض أجزاء الماكينة.
4. إرتخاء السير بدرجة كبـــيرة ينتج عنه إنزلاقه وإنخفاض لعـــدد دورات البكرة المنقادة ، لذلك فإنه يجب أن يكون شد السير شداً معتدلاً.
5. عدم لمس السير أو تركيبه أثناء تشغيل الماكينة مهما كانت سرعتها.
6. يجب تغطية مكان السيور بغطاء واقي واحد.

## الشروط الواجب توافرها فى وسائل نقل الحركة بالسيور :

Terms to be available in transmission by belts

هناك عـــدة شروط يجـــب أن تتوافر في آليات نقل الحركة بالســـيور وهي كالآتي :-

1. سرعة السير.
2. الشد المتولد بين البكرتين والسير.
3. تثبيت البكرات على الأعمدة ، بحيث تكون في خط واحد لتوزيع الجهد بصورة منتظمة على السير.
4. عدم تقارب البكرات من بعضها البعض (بمسافات صغيرة جداً) لكي لا يكون التلامس على سطح البكرة الصغرى أكثر من اللازم.

5. عدم تباعد البكرات عن بعضها البعض بمسافات كبـيرة جـداً ، لكي لا يسبب ثقل السير على العمدة حملاً إضافياً على كراسى المحاور ، بالإضافة بأن السير الطويل يميل إلى التأرجـح من جانب إلى آخر ، مما يسـبب التوائه أو خروجه عن البكرات.
6. للحصول على أفضـل النتائج في حالة السيور المفتوحة ، فإنه يجب إلا تزيد المسافة بين البكرتين عن عشرة أمتار ، وألا تقل عن ثلاث أضعاف ونصف قطر البكرة الكبرى.

## مميزات نقل الحركة بالسيور :

Advantages of transmission by belts

يتميز نقل الحركة بالسـيور بالآتي :-

1. إمكانية نقل الحركة الدورانية عبر مسافات كبيرة بين المحاور.
2. نعومة العمل لخلوه من الصدمات والإتجاجات.
3. حماية أجزاء الآلة عند زيادة تجاوز الأحمال المنقولة ، حيث يحدث إنزلاق للسير على البكرة.
4. بساطة التركيب والتجميع.
5. منخفضة التكاليف

## عيوب نقل الحركة بالسيور :

Disadvantages of transmission by belts

من أهم عيوب نقل الحركة بالسـيور هي الآتي :-

1. الحجم الكبير.
2. عدم ثبات نسبة نقل السرعة .. بسبب إنزلاق السير.
3. الضوضاء.

# نقل الحركة بسير التوقيت .. (الكاتينة)

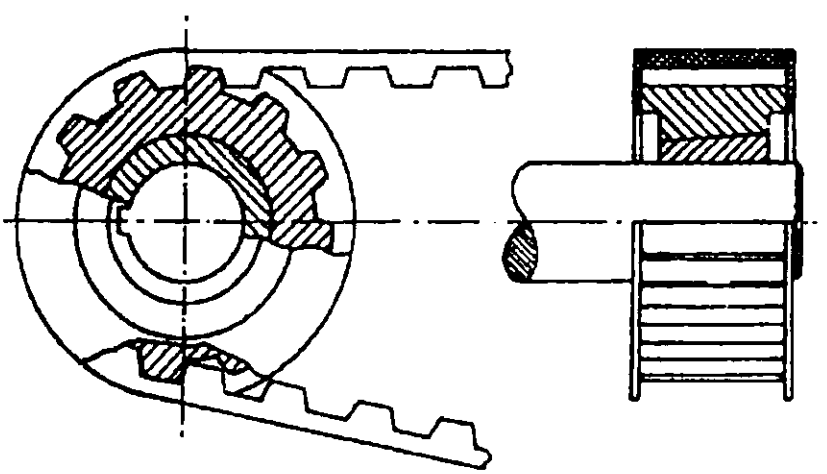
## Timing belt Drive

تنتقل الحركة الدورانية بين الأعمدة المتوازية بإستخدام سير توقيت (كاتينة) الموضحة بشكل 3 – 36 . وسمى بسير التوقيت لإستخدامه فى محركات الاحتراق الداخلى لضبط توقيت فتح وغلق الصمامات المختلفة.

يوجد بسير التوقيت أسنان مستعرضة Transverse teeth على السطح الداخلي ، حيث تقابل هذه الأسنان مجارى مستعرضة فى البكرات.

عادة يكون سير التوقيت (الكاتينة) مدعم بأسلاك رفيعة من الصلب Steel wire reinforcement ، التي تمكنه من نقل حو لى ثلاثة أمثال القدرة وبسرعة مقدراها ثلاثة أمثال سرعة السير العادي.

تتميز هذه السيور بعدم وجود إنزلاق ، كما تحافظ على نسبة دقيقة للسرعة.



**شكل 3 – 36**

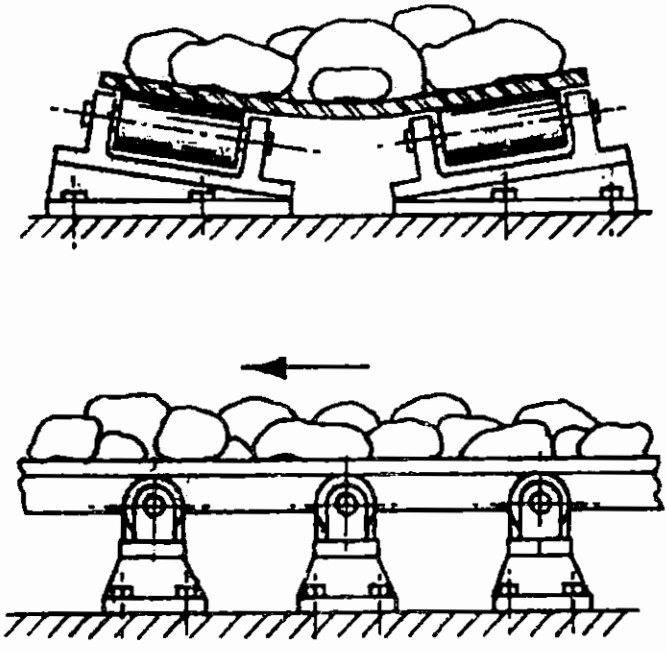
**نقل الحركة بسير توقيت (كاتينة)**

# السيور الناقلة

## Conveyor Belt

تصنع السيور الناقلة من الجلود المدعمة بأسلاك من الصلب بأقصار مناسبة لسمك السير ، ومناسبة مع المواد المراد نقلها Steel wire reinforcement. والسيور الناقلة هى أداة معدة لنقل المواد السائبة Loose material ، ونقل أجزاء الماكينات Machine parts ، كما تستخدم في المطارات والموانى لنقل أمتعة وحقائب الركاب.

السيور الناقلة الموضحة بشكل 3 – 37 هي سيور مفلطحة عريضة ، تتحرك على دلافين (إسطوانات) Rollers ، تصنع بأطوال مختلفة ، بحيث تتناسب مع المواد المراد نقلها.



شكل 3 – 37

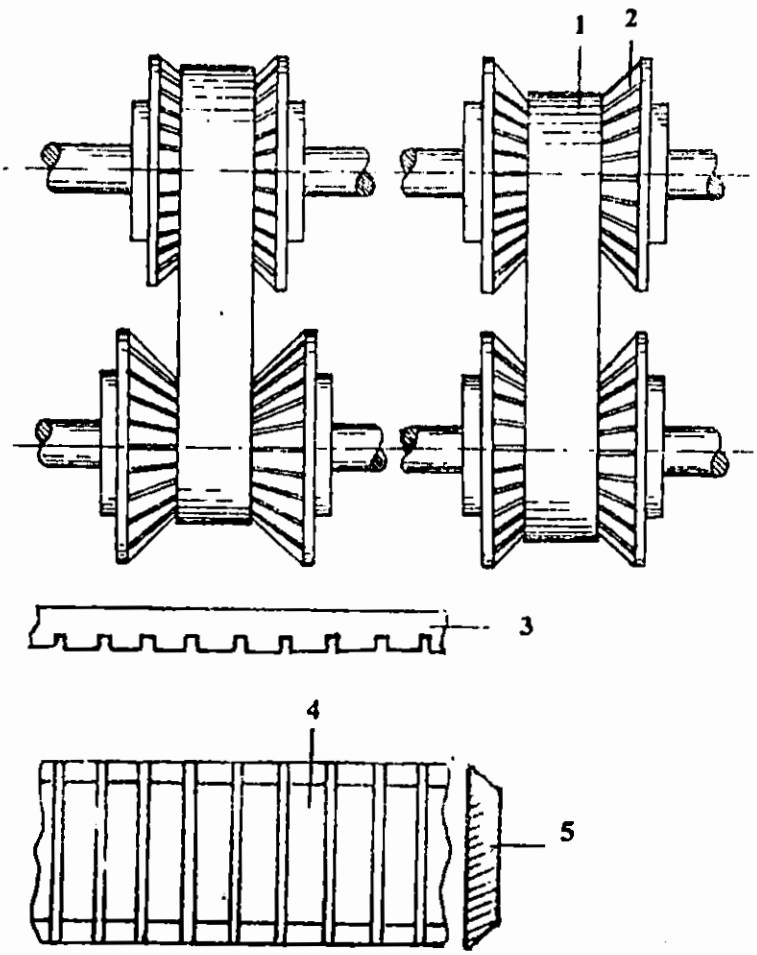
السيور الناقلة

# نقل الحركة

## بتغيير السرعة بصورة لا تدريجية

Transmission by Changing Speed
in Non-Graduated Form

عند تغيير سرعة إدارة أي آلة تعمل بالسيور أو التروس من سرعة إلى أخرى ، ينتج عن ذلك ضياع الوقت أثناء فترة الإيقاف والتغيير ، وإعادة بدء إدارة الآلة ، وإذا استخدمت سرعة دوران ثابتة ، تغيرت ظروف القطع وساءت جودة سطح قطعة التشغيل ، وإذا استخدمت سرعة قطع أعلى مما يجب ، فإنه قد يؤدى إلى إنخفاض زمن صمود العدة . الأمر الدي يؤدى على عدم إستغلال الآلة بطريقة إقتصادية فى جميع مجالات عملها . ويمكن تلافى هذه العيوب بإستخدام تعاشيق تغيير السرعة تغييراً لا تدريجياً بإستخدام السيور أو السلاسل الشرائحية مع الطارات المخروطية القابلة للضبط الموضحة بشكل 3 – 38.




شكل 3 – 38

نقل الحركة بتغيير السرعة بصورة لا تدريجية

بإستخدام سيور أو سلاسل شرايحية مع بكرات مخروطية قابلة للضبط

1- سير مضلع.

2- بكرات مخروطية قابلة للضبط.

3- مسقط رأسي يوضح شكل السير.

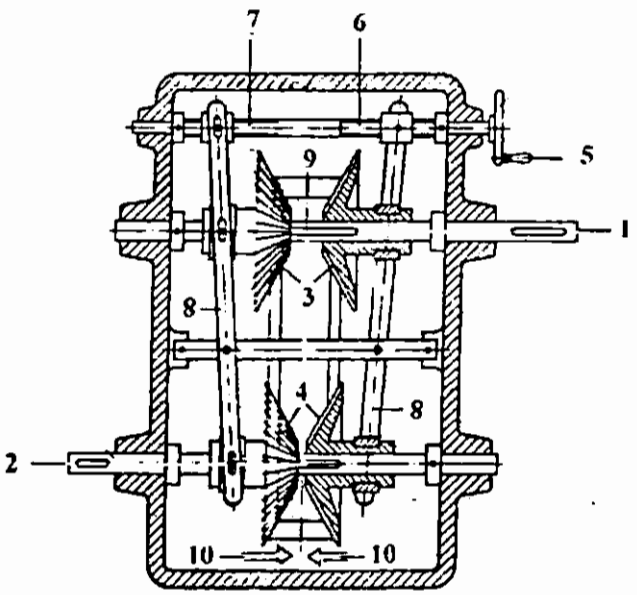
4- مسقط أفقى للسير.

5- مقطع جانبى للسير.

## تغيير السرعة باستخدام السيور والبكرات المخروطية :

Changing of speed by using belts and conical pulleys

تتكون آلية تغيير السرعة بإستخدام السيور والبكرات المخروطية القابلة للضبط الموضحة بشكل 3 – 39 ، من بكرتين شكل كل منهما على شكل مخروط ناقص متقابلين فى الرأس ، يركبان على المحور القائد ، بحيث يمكن إقترابهما أو إبعادهما عن بعضهما البعض ، وكذلك مثيل لهما على المحور المنقاد.




شكل 3 – 39

آلية تغيير السرعة بإستخدام السيور والبكرات المخروطية القابلة للضبط

1- العمود القائد.

2- العمود المنقاد.

3- البكرات القائدة.

4- البكرات المنقادة.

5- مقبض عمود التحكم.

6- لولب (قلاووظ) شمال.

7- لولب (قلاووظ) يمين.
8- روافع متصلة بعمود التحكم.
9- سير شبه منحرف.
10. حركة البكرات القائدة والمنقادة.

تنتقل الحركة بين المجموعة القائدة والمجموعة المنقادة بإستخدام سير ، ويمكن التحكم فى بعد المسافة بين البكرتين القائدتين ، وفى نفس الوقت إقتراب المسافة بين البكرتين المنقادتين ، عن طريق مقبض أو عمود التحكم متصل بروافع خاصة بذلك.

ينزلق السير عند تباعد البكرتين القائدتين عن بعضهما البعض ليرتكز على أقل قطر بالبكرتين القائدتين ، بينما يتحرك السير على الطرف الآخر عند البكرتين المنقادتين ، حيث تكون المسافة بينهما متقاربة ليرتكز السير على الأقطار الكبرى للطارتين المنقادتين ، وبذلك تنخفض سرعة الطارات المنقادة بالنسبة للطارات القائدة ، ويحدث العكس عند إبتعاد المسافة بين البكرتين المنقادتين وإقتراب المسافة بين البكرتين القائدتين .. إذ تزداد السرعة ، بذلك يمكن التحكم فى السرعة بأى مقدار مطلوب عن طريق التحكم فى المقبض دون التقيد بالتدرج بسرعات محددة.

ترتكز روافع التحكم على صامولتين متصلين بعمود التحكم الملولب (ملولب بسن بقلاووظ يمين ويسار) ، حيث تتحرك كل من البكرات القائدة والبكرات المنقادة في إتجاهين متضادين عند إدارة عمود التحكم حسب نسبة نقل الحركة المطلوبة.

تتميز تعاشيق السرعة بصورة لا تدريجية بالهدوء وعدم وجوج إهتزازات ، لذلك فهي من أكثر الطرق إنتشاراً فى الآلات الأوتوماتية لظروف التشغيل القائمة على درجات التحميل ، والتي تمكن من تعاشيق تغيير السرعة بصورة لا تدريجية.

وعلى الرغم من الميزة الفريدة التى تتوفر فى هذه الطريقة من العدد اللانهائى من السرعة ، إلا أن القدرة المنقولة بواسطتها تعتبر محدودة نسبياً ، وذلك لضيق المدى بين السرعة الصغرى والكبرى.

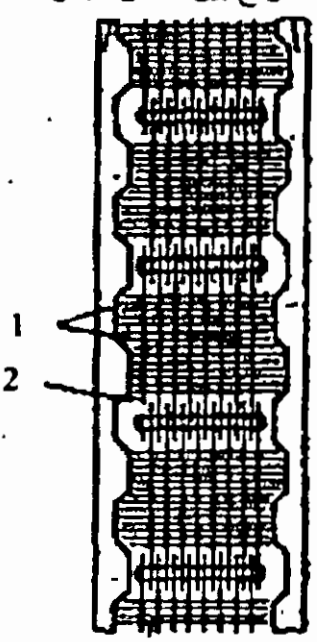
## تغيير السرعة بإستخدام السلاسل الشرائحية والبكرات المخروطية :

Changing of speed by using leaves chains and conical pulleys

آلية تغيير السرعة بإستخدام السلاسل الشرائحية أو الرقائقية والبكرات المخروطية القابلة للضبط . تتكون جميع أجزاء هذه الآلية من المعدن ، وتختلف عن آلية السيور بوجود سلسلة شرائحية (رقائقية) شكل 3 – 40 ، وأقراص مخروطية قائدة ومنقادة ذات تسنن خاص.

تحتوى السلسلة الشرائحية المقفلة على عدد كبير من الرقائق المعدنية التى تدور متعامدة على البكرات المخروطية المسننة ، والتي يمكن ضبط نفسها مع خطوة الأسنان التى تتغير بتغير القطر الذى تدور حوله.

عند دخول السلسلة بين البكرات المخروطية تزاح الشرائح التى تلتقى مع أسنان هذه البكرات إلى داخل الفراغ بين أسنان البكرات المقابلة.

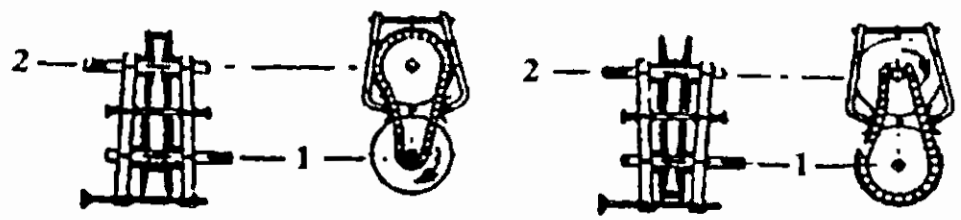



شكل 3 – 40

سلسلة شرائحية (رقائقية)

1- رقائق من الصلب.
2- فقرات السلسلة.

تنتقل الحركة بإستخدام السلسلة الشرائحية عند تقارب المسافة بين البكـرتين القائدتين وتباعد المسافة بين البكرتين المنقادتين ، وبذلك تزيد السرعة كما هو موضح بشكل 3 – 41 (أ) ، ويحدث العكس عند إبتعاد المسافة بـين البكـرتين القائـدتين ، وإقتراب المسافة بين البكرتين المنقادتين ، حيث تنخفض السرعة كما هـو موضـح بشكل 3 – 41 (ب) ، وبذلك يمكن التحكم فى السرعة بأى مقدار مطلوب عن طريق التحكم فى حركة المقبض ، ومن ثم تنتقل القدرة نقلاً موجباً عديم الإنزلاق.




(أ) زيادة السرعة (ب) خفض السرعة

شكل 3 – 41

تغيير السرعة بصور لا تدريجية

1. العمود القائد.
2. العمود المنقاد.

## مميزات آلية السلاسل الشرائحية والطارات المخروطية :

Advantages of leaves chains and conical pulleys

تتميز آلية السلاسل الشرائحـية والبكرات المخروطية بعـدة مميزات .. أهمها الآتي :-

1. إنعدام الإنزلاق.
2. طول زمن صمود السلسلة والبكرات لوجود جميع أجزائهما من الصلب ، كما

يعملان داخل حمام زيتى.

3. كفاءة عالية.

4. بساطة التصميم والتجميع.

5. سهولة الأستعمال.