بسم الله الرحمن الرحيم

الفصل السابع

تصميم الأعمـــدة

DESIGN OF SHAFTS

إعداد

أ.د. مُحب محمد أنيس الشرباصي

أستاذ الهندسة الزراعية

ووكيل الكلية لشئون التعليم والطلاب

Shaft design : تصميم الأعمدة

- تصنع الأعمدة من مواد عالية الصلابة وجيدة في تشغيلها، كما أنها تكون أقل حساسية لتركيز الإجهادات ومقاومة للحرارة والتآكل أثناء التشغيل.
- تصنع الأعمدة عادةً من الصلب الكربوني (Carbon steel) أو الحديد المطاوع (Mild steel) حيث تتراوح نسبة الكربون ما بين (25% to 50%).

Table (1): Mechanical properties of steels used for shafts.

Indian Standard designation	Ultimate tensile strength, (MPa)	Yield strength, (MPa)
40 C 8	560 - 670	320
45 C 8	601 - 700	350
50 C 4	640 - 760	370
50 C 12	700 Min.	390

عندما يراد أن تكون الأعمدة المصنعة صلبة وقوية جداً تصنع من سبائك الحديد التي تحتوي على نسبة من معدن النيكل أو النيكل كروم أو الكروم فناديوم.

♦ تصنيع الأعمدة: Manufacturing of shafts

تصنع الأعمدة عادةً بالسحب على الساخن، وعند التشطيب النهائي يتم صقلها على البارد. الأعمدة التي تسحب على البارد تكون أقوى وأكثر تحملاً من الأعمدة التي تسحب على الساخن. والأعمدة ذات الأقطار الكبيرة عادةً يتم تشكيلها والحصول على القطر المناسب لها باستخدام المخارط.

♦ أنواع الأعمدة: Types of shafts

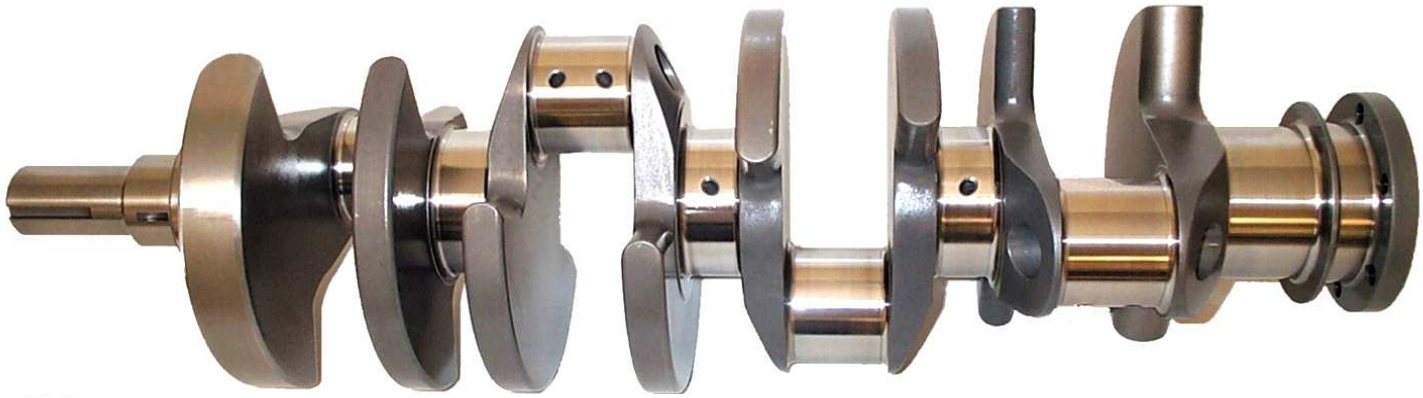
الأنواع التالية من الأعمدة مهمة في التصميم:

1. أعمدة نقل القدرة: Transmission shafts

هذه الأعمدة تقوم بنقل القدرة بين مصدر القدرة والآلات التي تستغل هذه القدرة. هذه الأعمدة تحمل أجزاء الآلة مثل الطارات والتروس، لذلك فهي تتعرض لعزوم إنحناء وإلتواء.

2. أعمدة الآلات: Machine shafts

هذه الأعمدة تعتبر جزء أو مكون من مكونات الآلة نفسها مثل عمود المرفق وعمود الكامات إلخ....



♦ الأبعاد القياسية لأعمدة نقل القدرة:

Standard sizes of transmission shafts:

الأبعاد القياسية لأعمدة نقل القدرة هي:

1. From 25 mm to 60 mm with 5 mm steps.
2. From 60 mm to 110 mm with 10 mm steps.
3. From 110 mm to 140 mm with 15 mm steps.
4. From 140 mm to 500 mm with 20 mm steps.
5. The standard length of the transmission shafts are 5m, 6m and 7m.

♦ الإجهادات على الأعمدة: Stresses in shafts

الإجهادات التي يمكن أن تؤثر على أعمدة نقل القدرة هي:

1. إجهادات القص بسبب نقل العزم (بسبب عزم الإلتواء).
2. إجهادات الإنحناء (شد أو ضغط) بسبب القوة التي تؤثر على عناصر الآلة عند التشغيل، مثل التروس والطارات ..... إلخ. بالإضافة إلى وزن العمود نفسه.
3. إجهادات بسبب أحمال الإلتواء والإنحناء المركبة.

♦ الإجهادات القصوى المسموح بها لأعمدة نقل القدرة:

Maximum permissible stresses for transmission shafts:

طبقاً للكود الخاص بالجمعية الأمريكية لمهندسين الميكانيكا (ASME) فإن أقصى إجهادات تكون كالتالي:

1. أقصى إجهاد تشغيل مسموح به في الشد أو الضغط:

(112 MPa) for shafts without allowance for keyways.

(84 MPa) for shafts with allowance for keyways.

2. أقصى إجهاد تشغيل مسموح به في القص:

(56 MPa) for shafts without allowance for keyways.

(42 MPa) for shafts with allowance for keyways.

♦تصميم الأعمدة: Design of shafts

يمكن تصميم الأعمدة على أساس القوة (Strength) مع الأخذ في الاعتبار الحالات التالية:

1. أعمدة معرضة لعزم إلتواء فقط.

Shafts subjected to twisting moment or torque only.

2. أعمدة معرضة لعزم إنحناء فقط.

Shafts subjected to bending moment only.

3. أعمدة معرضة لعزم مركب من الإلتواء والإنحناء فقط.

Shafts subjected to combined twisting and bending moments.

4. أعمدة معرضة لأحمال محورية مع أحمال مركبة من الإلتواء والإنحناء.

Shafts subjected to axial loads in addition to combined torsional and bending loads.

أولاً: تصميم الأعمدة المعرضة لعزم إلتواء فقط:

Shafts subjected to twisting moment or torque only:

إذا تعرض عمود ما لعزم إلتواء فإن إجهاد الإلتواء الناتج يمكن حسابه من المعادلة التالية:

$$\frac{T}{J} = \frac{\sigma_s}{r}, \ N/mm^3 \quad \& \quad \because \ J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$\therefore \sigma_s = \frac{T.r}{J} = \frac{T.\frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{32}} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\therefore \boxed{\sigma_s = \frac{16T}{\pi d^3}, \ N/mm^2}$$

Where:

σ_s = Torsional shear stress induced at the outer surface of the shaft or maximum shear stress, N/mm^2

r = Radius of the shaft, mm

T = Torque or twisting moment, N.mm

J = Polar moment of inertia, mm^4

وبمعرفة القدرة المنقولـة (HP) بواسطة هذا العمود وسرعة دورانه (ω) يمكن حساب عزم الإلتواء كما يلي:

$$HP = \frac{T.\omega}{Const.} \quad \& \quad \omega = 2\pi N/60$$

$$HP = \frac{2\pi N T}{60 \times 75} \quad \therefore \quad T = \frac{60 \times 75 \times HP}{2\pi N}$$

$$T = \frac{716.40\ HP}{N}\ ,\ kg_f.m$$

$$T = \frac{71640\ HP}{N}\ ,\ kg_f.cm$$

$$T = \frac{7164.0\ HP}{N}\ ,\ N.m$$

$$T = \frac{716400\ HP}{N}\ ,\ N.cm$$

وعند الحصول على العزم المنقول بواسطة العمود يتم التعويض به في معادلة إجهاد الإلتواء.