تصميم الاعمدة وحساب الاجهادات المؤثرة عليها

تصميم آلات ومعدات

قسم المكائن والآلات الزراعية – المرحلة الثالثة

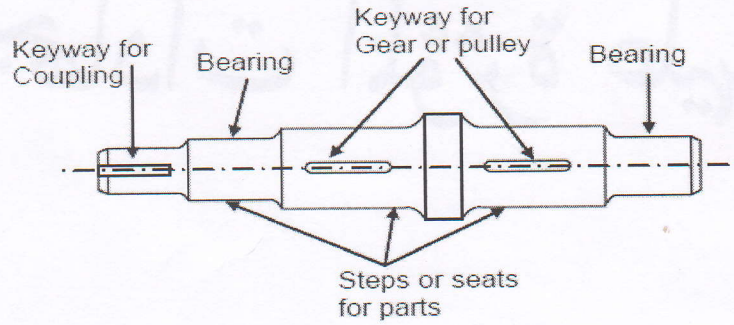
2018-2017

5. أعمدة الدوران Shafts

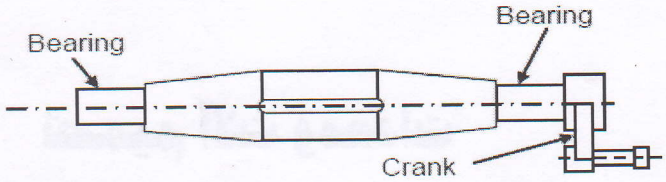
1.5. أشكال أعمدة الدوران

الشكل رقم (1) يبين أهم أنواع محاور نقل القدرة

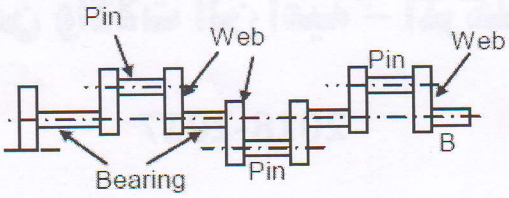
a- عمود متدرج
b- عمود مرفق احادي
c- عمود مرفق متعدد
d- عمود مرن
e- اعمدة مفصلية



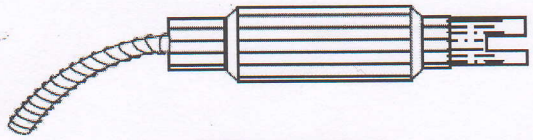
(a) A Stepped Shaft



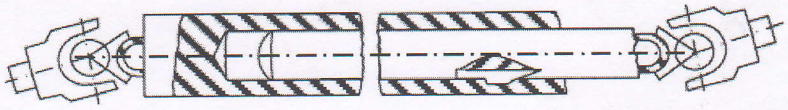
(b) A Single Crank Shaft



(c) Multiple Crank Shaft



(d) Flexible Shaft



(e) Articulated Shaft

شكل رقم (1) اهم انواع اعمدة الدوران

www.j4know.com

2.5. المواد المستخدمة في صنع الاعمدة والمحاور

Material Used For Manufacturing Shafts and Axles

تصنع أعمدة محاور وماكينات الانتاج وألات الاحتراق الداخلى والألات ذات القدرات الكبيرة من مواد تتميز بمواصفات متانة عالية بعد معالجتها حراريا بهدف زيادة مقاومتها للتأكل الميكانيكى ،ويتوقف اختيار المواد التى تصنع منها الأجزاء الميكانيكية المختلفة على مدى تحمل هذه المواد للاجهادات المختلفة لذلك يستخدم:

1- الصلب الكربونى : يستخدم فى صنع الأعمدة والمحاور حيث يتميز بمواصفات تشغيلية عالية.
2- الصلب السبائكى : يستخدم فى صنع الأعمدة والمحاور ذات التحميل العالى ، الأعمدة المرفقية.
3- حديد الزهر الممطولى العالى المتانة: يستخدم فى صنع المحاور.

4- الفولاذ الطري، الفولاذ الكربوني أو سبائك الصلب مثل (النيكل، النيكل والكروم أو الفولاذ الكروم الفاناديوم) 5- الاعمدة والمحاور التجارية عادة تصنع من الصلب الكاربوني المنخفض بالدرفلة عل الساخن.
والمواصفات التي تتميز فيها هذه المعادن
ان تكون ذات مقاومة عالية
ان يكون لها القدرة على تحمل المعالجات الحرارية
ان تكون مقاومة للتاكل والسوفان
ان يكون لها القدرة على مقاومة الصدمات
ان تكون ذات قدرة تشغيلية عالية وذات عمر طويل

3.5. الأشكال التصميمية للأعمدة والمحاور المجوفة Shapes of Hollow Shafts and Axles

تشكل الأعمدة والمحاور على هيئة قضبان اسطوانية ذات أقطار متدرجة لزيادة قدرتها على مقاومة الاجهادات الديناميكية المختلفة وأبسطها التى تشغل بصورة قضبان اسطوانية ذات قطر واحد والتى تعتبر من الأمور النادرة حيث تزيد من صعوبة تثبيت الأجزاء المركبة عليها كما تجعل عمليات فك وتجميع الوحة أكثر تعقيدا بالاضافة لمقاومتها الضعيفة للأحمال الديناميكة المعرضة لها أثناء أدائها الوظيفى .

4.5. الأعمدة والمحاور المجوفة The Hollow Shafts and Axles

العمود الأجوف أقوى كثيرا فى مقاومته لعزم الالتواء (Torsion) والانحناء (Bending) من العمود المصمت الذى له نفس الوزن وغالبا ما تكون خفة الوزن أمرا ضروريا كما فى محركات الطائرات ، وتنتج الأعمدة والمحاور لتكون مصمتة أو مجوفة ، وقد لجأت دور الصناعة الى انتاج الأعمدة والمحاور المجوفة التى انتشر استخدامها فى شتى المجالات الهندسية مثل محاور أعمدة المخارط والفرايز وأجهزة نقل الحركة فب المكائن والآلات الزراعية المختلفة .

5.5. مميزات الأعمدة والمحاور المجوفة : Advantages of Hollow Shafts ad Axles

1- خفة الوزن .
2- سهولة تزليق الأجزاء المختلفة للألة من خلال مرور الزيت بتجوف الأعمدة والمحاور .
3- تثبيت أجهزة التحكم الدقيقة داخل تجويف الأعمدة والمحاور .

www.j4know.com

6.5 القوى المؤثرة على الأعمدة والمحاور Forces Affecting Shafts and Axles

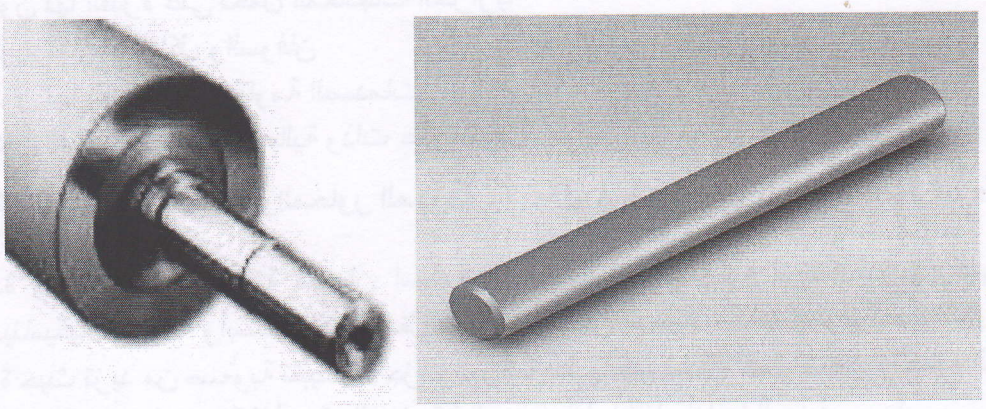
تستخدم الأعمدة فى نقل عزم الدوران وبذلك يكون الحمل الواقع عليها أساسا هو :

1. اجهاد لى (Torsion Stress).
2. كما تتعرض لاجهاد ثنى (Bending Stress) نتيجة لوزن التروس وبكرات السيور والحدافات وغيرها
3. القدرات التى تنقلها .
4. وزن الأعمدة نفسها .

7.5 أنواع الأعمدة : Kinds of Shafts

1.7.5 أنواع اعمدة الدوران

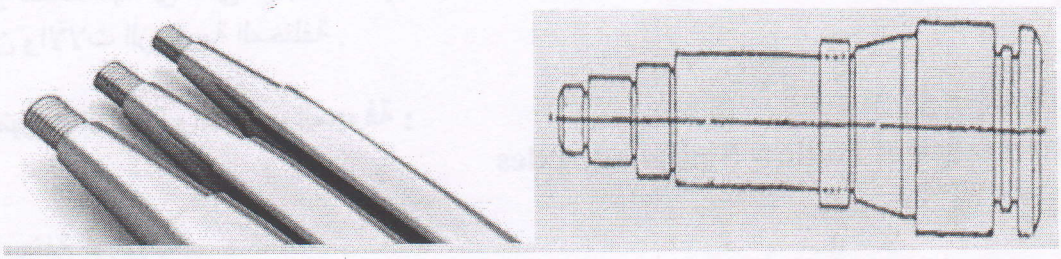
1. أعمدة اسطوانية : Cylindrical Shafts



شكل رقم (2) يبين الاعمدة الاسطوانية

العمود الاسطوانى المستقيم من أبسط أنواع الأعمدة وانتاجه من الأمور النادرة حيث يزيد من صعوبة تثبيت الأجزاء المركبة عليه كما تجعل عمليات الفك والتركيب أكثر تعقيدا

2. أعمدة بتدريجات مخروطية : Conical Graded Shafts

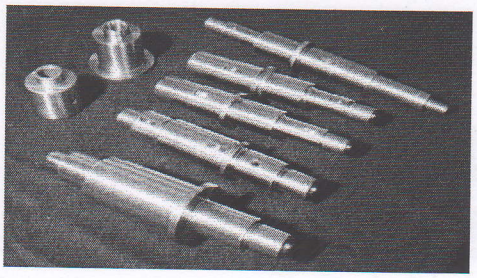


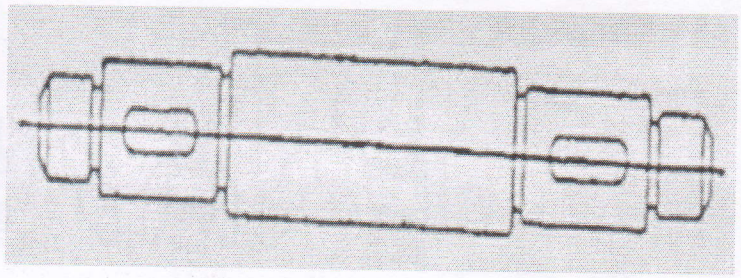
شكل رقم (3) يبين اعمدة بتدرجات مخروطية

www.j4know.com

تستخدم الأعمدة ذات الأقطار أو التدرجات المخروطية كأعمدة دوران بالمخارط والفرايز وغيرها من ماكينات التشغيل حيث تمتاز بسهولة تثبيت الأجزاء المركبة عليها بالاضافة لقدرتها على امتصاص الاجهادات الديناميكية الناتجة عن أدائها الوظيفى الشاق.

3. أعمدة بأقطار متدرجة: Graded Diameter Shafts

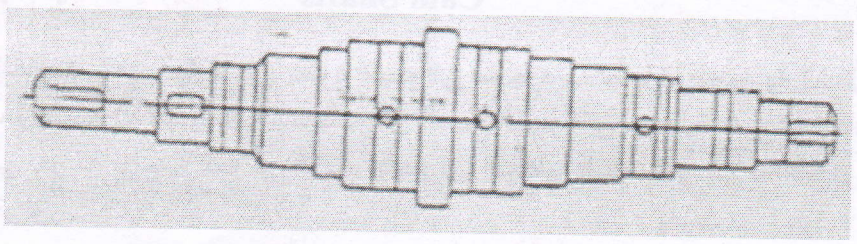




شكل رقم (4) يبين اعمدة باقطار متدرجة

تستخدم الأعمدة ذات الأقطار المتدرجة كأعمدة دوران بالمخارط والفرايز وغيرها من ماكينات التشغيل حيث تثبت الركائز والتروس المختلفة على الأقطار المتدرجة بالاضافة لقدرتها العالية على امتصاص الاجهادات الديناميكية الناتجة عن أدائها الوظيفى.

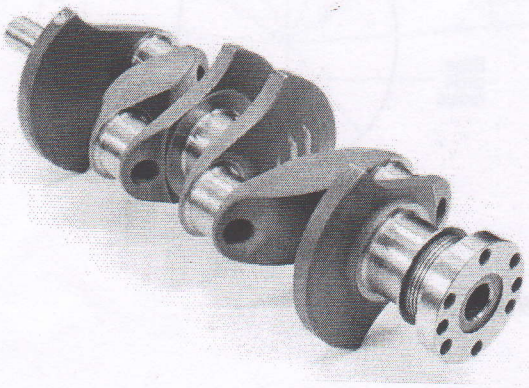
4. أعمدة بأقطار متدرجة متعددة: Multi-Graded Diameters Shafts

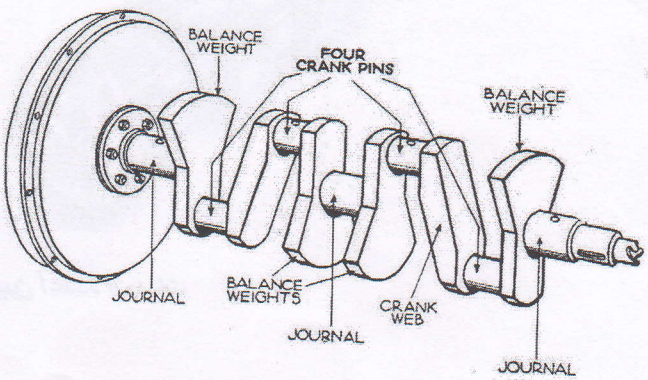


شكل رقم (5) يبين اعمدة باقطار متدرجة متعددة

تصمم الأعمدة بأقطار اسطوانية متعددة لاستخدامها كأعمدة دوران بالتربينات لنقل القدرات العالية وذلك لتعدد مناطق الارتكاز ، وقدرتها على امتصاص الاجهادات الديناميكية.

2.7.5 الأعمدة المرفقية: Crank Shafts

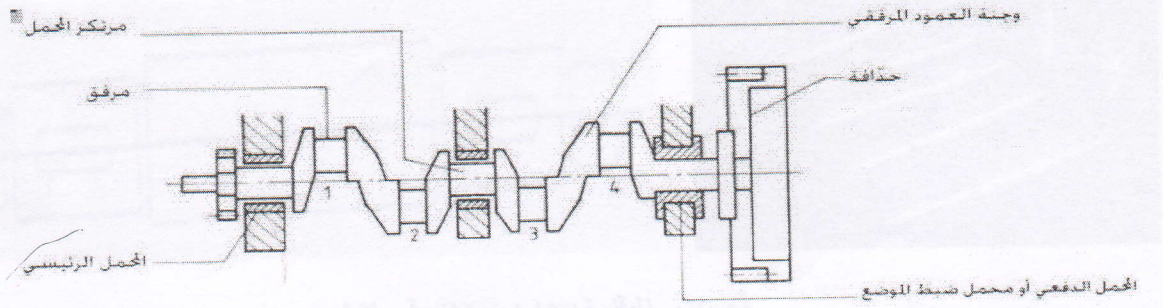




شكل رقم (6) يبين الاعمدة المرفقية

www.j4know.com

عمود المرفق هو عمود يحمل مجموعة أقطار غير مركزية أى بمحاور مختلفة تقع حول المحور الأساسى ، ويستخدم فى جمع محركات الاحتراق الدخلى والمكابس الترددية لتحويل الحركة الترددية الى حركة دورانية أو بالعكس كما يوضح (شكل) وتصنع الأعمدة المرفقية من الصلب السبائكى عالى الكربون لقدرته الكبيرة على مقاومة البرى (Mechanical Wear)ومتانته الكبيرة التى تساعده على امتصاص الاجهادات الميكانيكية .

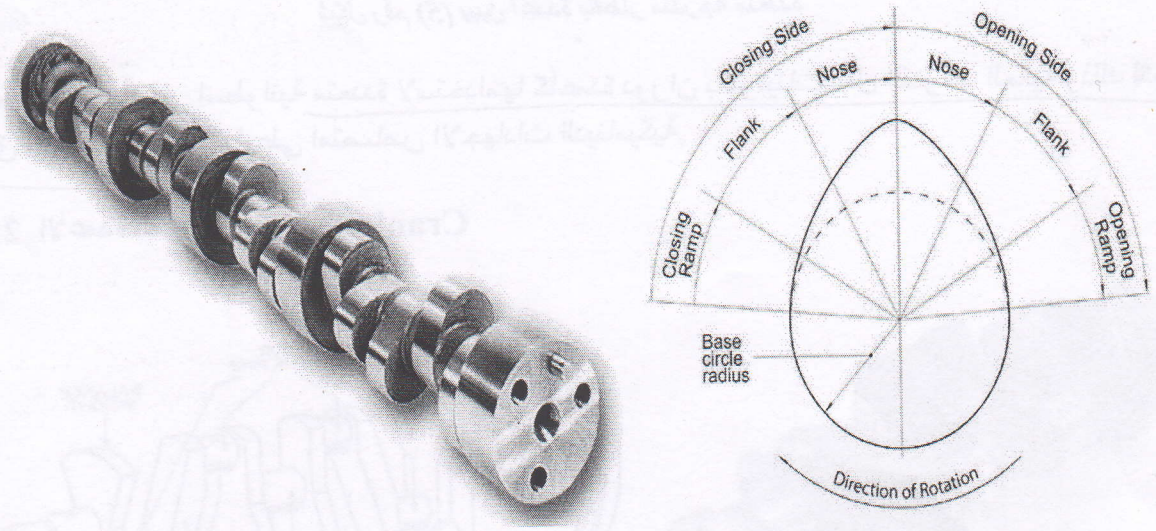


بنية العمود المرفقي

شكل رقم (7) يبين اجزاء العمودي المرفقي

3.7.5 أعمدة الحدبات : Cam Shafts

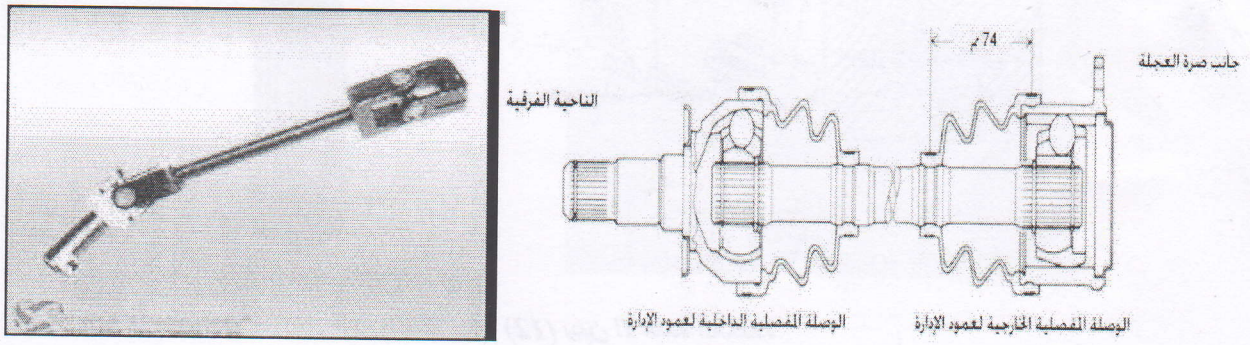
يسمى أيضا عمود الكامات وهو عبارة عن عمود اسطوانى موجود به حدبات بيضاوية الشكل بعدة مواضع وباتجاهات مختلفة ، وتصنع الأعمدة ذات الحدبات من الصلب السبائكى ويعمل عمود الحدبات على تحويل الحركة الدورانية الى حركة ترددية كما فى آلات الاحتراق الداخلى للتحكم فى حركة فتح وغلق صمامات التغذية وعوادم الاحتراق.



شكل رقم (8) يبين أعمدة الحدبات

www.j4know.com

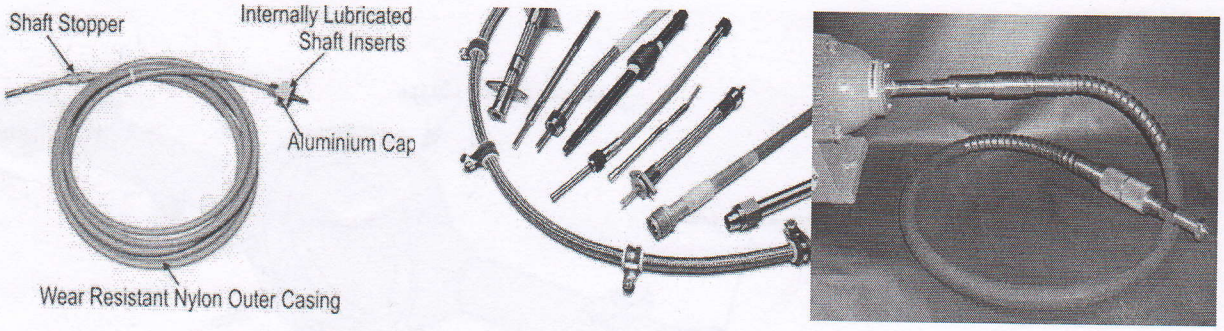
4.7.5 الأعمدة المتداخلة : Interference Shafts



شكل رقم (9) يبين الاعمدة المتداخلة

5.7.5 الأعمدة المرنة: Flexible Shafts

تستخدم لنقل الحركة بين الأجزاء التى تقع محاور دورانها فى وضع يستحيل الربط بينهما أو فى الحالات التى يتغير فيها المواضع النسبية بين هذه المحاور أثناء التشغيل كما يستخدم فى العمليات الميكانيكية التى يصعب تشغيلها بالطرق العادية مثل عمليات البرادة والثقب والتجليخ ...الخ كما تستخدم فى الأجهزة الطبية بعيادات الأسنان .

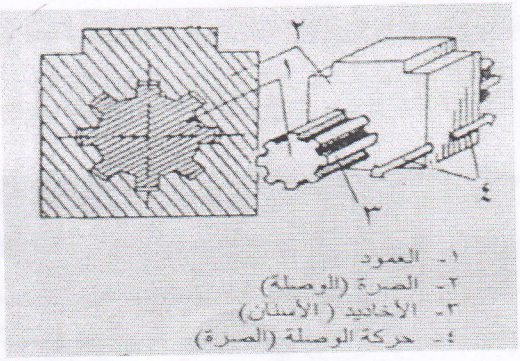


شكل رقم (10) يبين الاعمدة المرنة

6.7.5 الأعمدة المخددة : Splinted Shafts

تسمى أيضا بالأعمدة المسننة وهى عبارة عن عمود اسطواني مشكل على سطحه الخارجي عدة أسنان طولية تعمل بمثابة خوابير لنقل عزم الدوران الى الجزء المقابل لها وهى مشكلة من الداخل بنفس الشكل ، ويتراوح عدد الأسنان من (20:16) وذلك حسب قطر العمود وتستخدم عادة وصلة مخددة (مسننة) تسمى صرة للسماح بوجود حركة محورية نسبية بين العمود المخدد وصرة الجزء المتزاوج معه وتشكل الأسنان بشكل طولى (مستقيم) أو بشكل حلزونى وذلك حسب الحركة المطلوبة للوصلة والقدرة المنقولة.

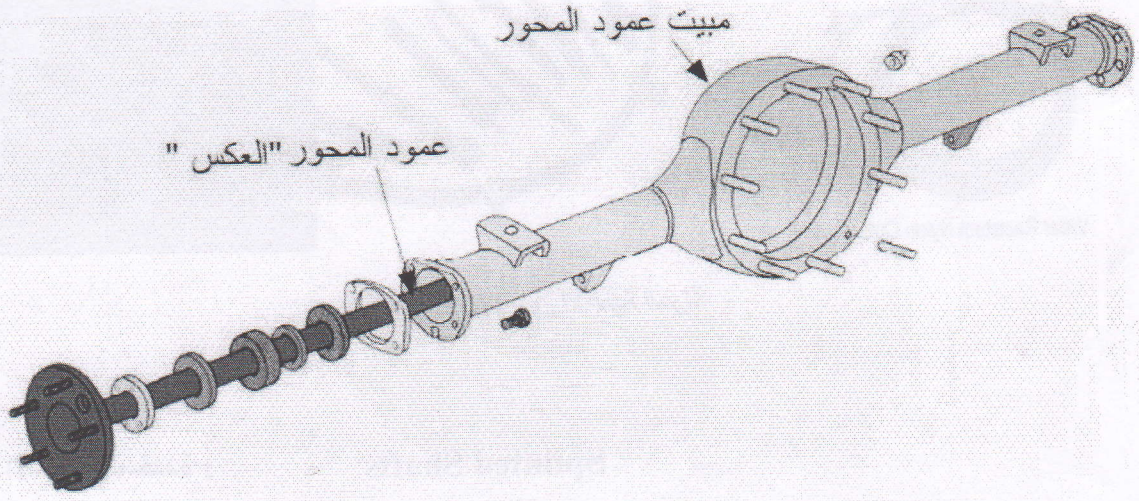
www.j4know.com



شكل رقم (12) يبين الاعمدة المخددة

7.7.5 الأعمدة النصفية (العكوس)

هنالك اثنان من اعمدة المحور المصنوعة من الحديد الصلب موضوعة داخل الغلاف وفي بعض الحالت تكون نهايتها الداخلية في حالة تماس ، أما النهايات الخارجية فهي بارزة عن الغلاف وتشكل القاعدة التي تتركب عليها صرة العجلة . ان النهايات الداخلية تكون محملة بوساطةالمجموعة الفرقية ، واما الخارجية فتكون محملة بواسطة محامل كروية او ابرية .



شكل رقم (13) يبين الاعمدة انصفية (العكوس)

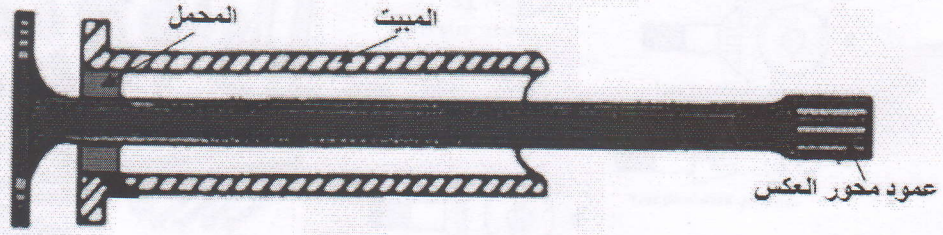
أنواع الاعمدة النصفية (العكوس) :

توجد ثلاثة انواع من المحاور (العكوس) الخلفية مصممة خصيصا لتجنب بعض الاجهادات وهي كالاتي :

www.j4know.com

1. محور نصف طافي

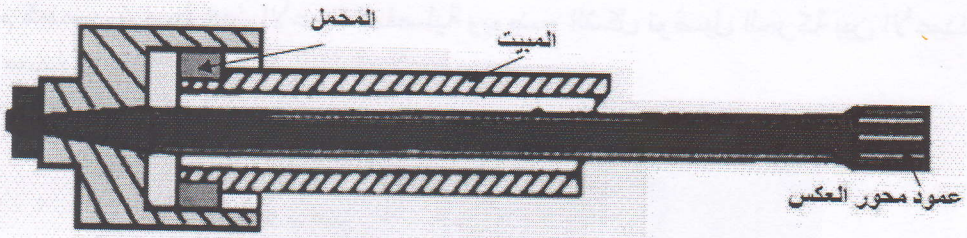
حيث يركب كرسي التحميل بين العمود أنبوب الغلاف ، وهذا التصميم يؤثر على حمل السيارة ، القوة الجانبية وعزم الدوران .



شكل رقم (14) يبين محور نصفي طافي

2. محور ثلاثة أرباع طافي

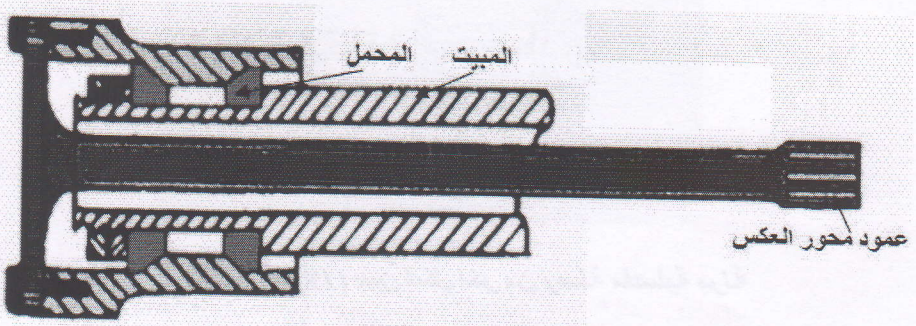
في هذا التصميم يركب كرسي التحميل بين انبوب الغلاف وصرة العجلة وبذلك ينتقل حمل السيارة من الانبوب الى صرة العجلة ويؤثر هذا النوع على القوى الجانبية وعزم الدوران .



شكل رقم (15) يبين محور ثلاثة ارباع طافي

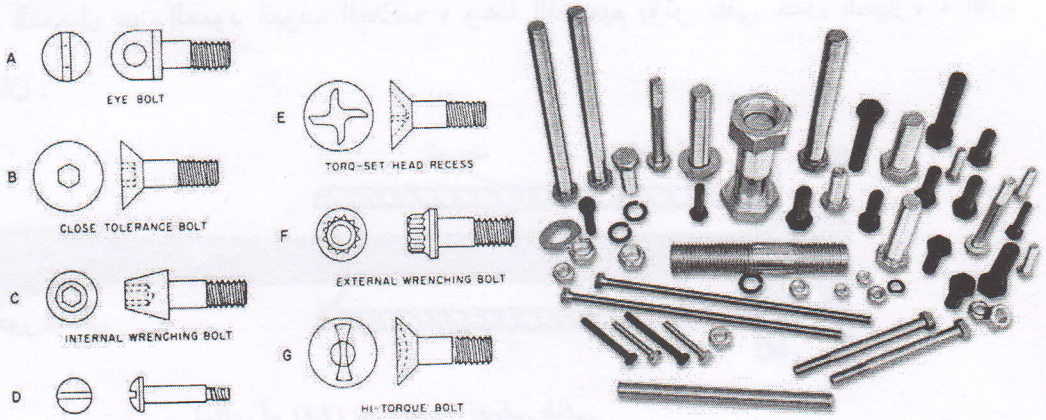
3. محور طافي

4. في هذا التصميم يركب كرسيان للتحميل في المنتصف بين أنبوب الغلاف وصرة العجلة وهذا النوع يتعرض لعزم الدوران فقط



شكل رقم (16) يبين محو طافي

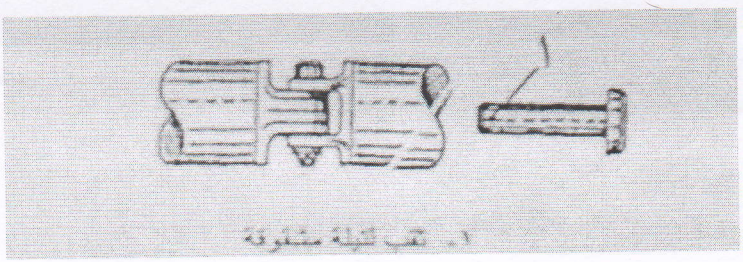
www.j4know.com



شكل رقم (17) يبين المسامير والبنوز

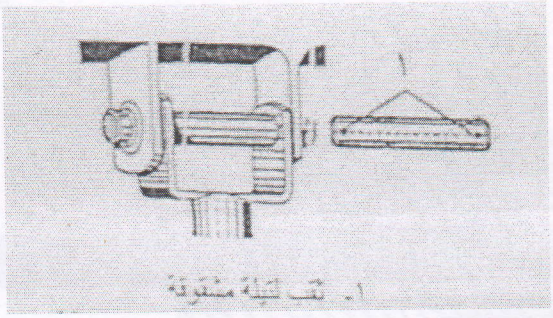
تعتبر المسامير والبنوز كمحاور ارتكاز وهى نوعا خاصا من المحاور وتستخدم فى :

1. توصيل أجزاء الألة بحيث يمكن الارتكاز على بعضها البعض أو تكون حرة الدوران.
2. كمحاور ارتكاز بين الأجزاء المتحركة المختلفة.
3. تستخدم كعنصر توصيل بين الأعمدة المفصلية ويوضح الشكل توصيل الحركة بين الأعمدة عن طريق تركيب مسمار



شكل رقم (18) يبين وصلة مفصلية مرنة

4. كما تستخدم كمحاور ارتكاز بين الأجزاء المتحركة المختلفة



شكل رقم (19) يبين شكل اخر من وصلة مفصلية مرنة

تنتج المسامير والبنوز بشكل اسطوانى أو بشكل اسطونى مدرج وقد تكون مصمتة أو مجوفة ، وتنتج مجوفة لغرض التخفيف من وزنها مثل البنز المركب بذراع التوصيل والمكبس (بألة الاحتراق الداخلى) .

www.j4know.com

الإجهادات في الأعمدة والمحاور

① - أجهاد الالتواء (القص) Torsional stress (a_t)

a_t = اجهاد الالتواء (القص) (N/m^2)

M_t = عزم الالتواء ($N.m$)

d = قطر العمود الصلد (m)

d_o = القطر الخارجي للعمود المجوف (m)

d_i = " الداخلي " (" التجويف) (m)

عمود صلد $a_t = 16 M_t / \pi d^3$ (Solid shaft)

عمود مجوف $a_t = \frac{16 M_t d_o}{\pi (d_o^4 - d_i^4)}$ (hollow shaft)

② أجهاد الانحناء The bending stress (a_b)

عمود صلد $a_b = \frac{32 M_b}{\pi d^3}$ for solid shaft أجهاد الانحناء

عمود مجوف $a_b = \frac{32 M_b d_o}{\pi (d_o^4 - d_i^4)}$ for hollow shaft

حيث :

M_b = عزم الانحناء ($N.m$)

③ أجهاد الشد أو الضغط The tensile or compressive stress (a_a)

(اجهادات محورية)

عمود صلد $a_a = \frac{4 F_a}{\pi d^2}$ for soild shaft أجهاد الشد او الضغط

عمود مجوف $a_a = \frac{4 F_a}{\pi (d_o^2 - d_i^2)}$ for hollow shaft

حيث

F_a = قوة الشد او الضغط N

مثال :- عمود حامل قطره 2 cm أحسب إجهاد الالتواء وإجهاد الانحناء المسلط على العمود إذا علمت أن عزم الالتواء وعزم الانحناء فيه هي $5\ KN.m$ و $10\ KN.m$ على التوالي.

الحل

قطر العمود $d = 2\ cm = 0.02\ m$

عزم الالتواء $Mt = 5\ KN.m$

عزم الانحناء $Mb = 10\ KN.m$

إجهاد الالتواء $\sigma_t = \dfrac{16\,Mt}{\pi d^3} = \dfrac{16 * 5}{3.14 * (0.02)^3} = \dfrac{80}{3.14 * 8 * 10^{-6}}$

$$\sigma_t = \frac{80 * 10^6}{3.14 * 8} = \frac{10 * 10^6}{3.14} = 3184713.3\ N/m^2$$

$$= 3184.7\ KN/m^2$$

إجهاد الانحناء $\sigma_b = \dfrac{32\,Mb}{\pi d^3} = \dfrac{32 * 10}{3.14 * (0.02)^3} = \dfrac{320}{3.14 * 8 * 10^{-6}}$

$$\sigma_b = \frac{320 * 10^6}{25.12} = 12.73 * 10^6\ N/m^2$$