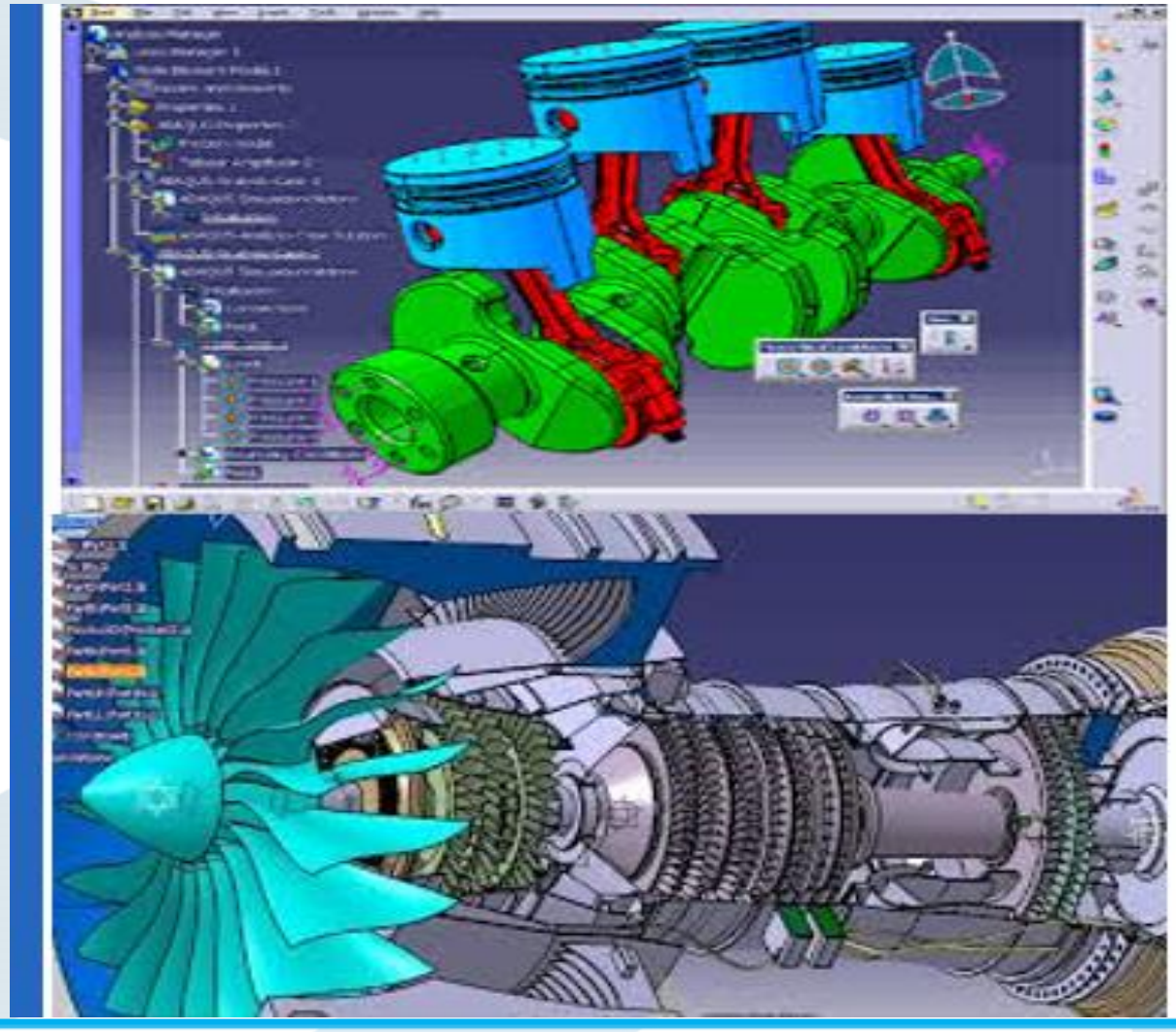
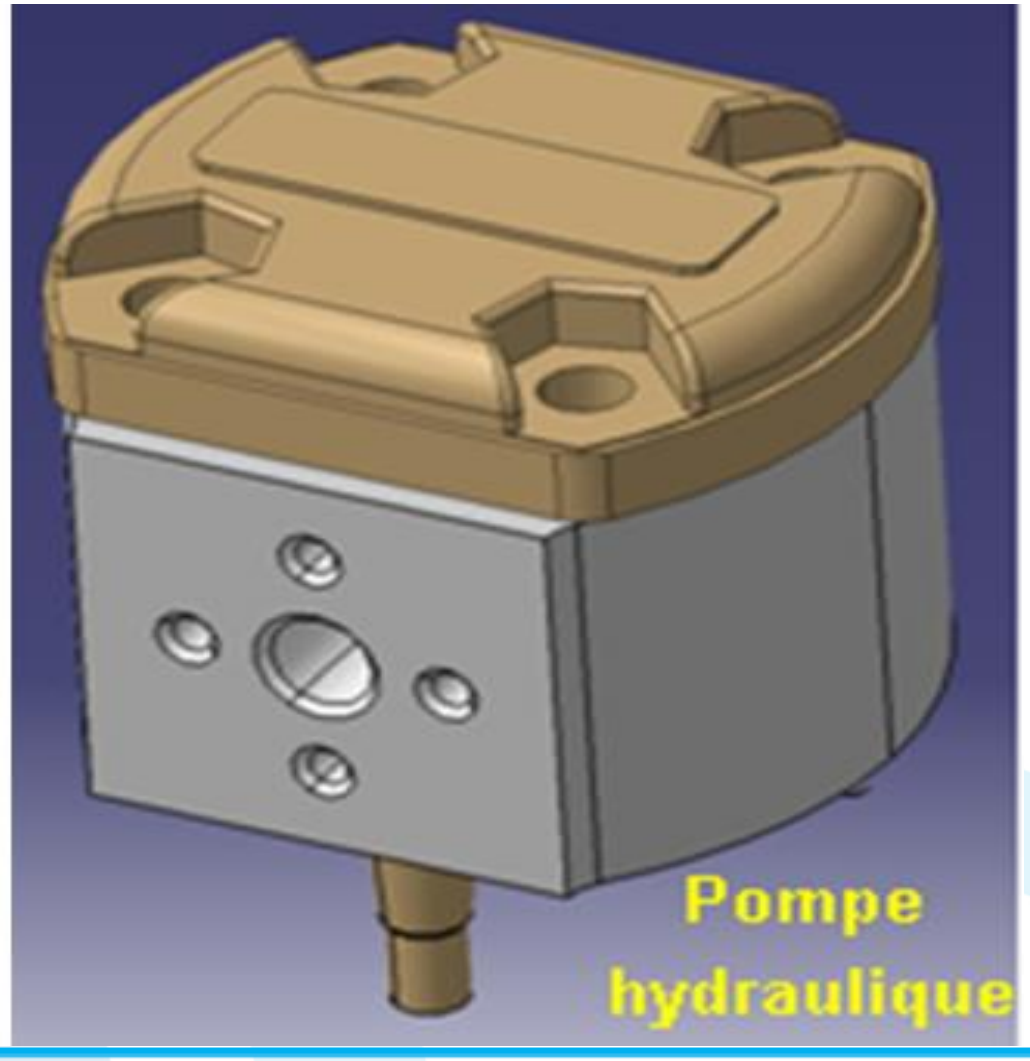
تصميم الآلات

الدكتور المهندس : تمّام سلّوم





تصميم عناصر الآلات

- الالة الميكانيكية هي مجموعة من العناصر (ميكانيكية ، كهربائية ، هيدروليكية ، هوائية) جرى تجميعها بتوافق معين لتشكل أداة تقوم بأعمال كبديل عن العنصر البشري متفوقة عليه في مجالات متعددة
- تتألف الآلات عموما من وجهة نظر ميكانيكية من عناصر هي أجزاء ووصلات حيث الجزء هو منتج مصنوع من مادة واحدة بدون استخدام عمليات تجميع (المكبس في محرك الاحتراق الداخلي) أما الوصلة فهي منتج تخضع أجزاؤه للتوصيل فيما بينها (مسنن على محور)
- يتضمن علم تصميم الآلات وضع طرق وقواعد وقوانين تصميم عناصر الالات انطلاقا من ظروف عملها للحصول على أكثر الأشكال نفعا بأنسب أبعاد مستخدما المواد المناسبة مع تحديد دقة تصنيعها ونوعية تشغيل سطوحها

تصميم عناصر الآلات

على المصمم الالمام ببعض العلوم الهندسية

- الميكانيك الهندسي ونظرية الالات اللذان يتيحان للمصمم تحديد قوانين حركة الالة وحساب الحمولات
- مقاومة المواد الذي يتيح للمصمم حساب عناصر الالة بالنسبة للمتانة والتشوهات والاستقرار
- علم المواد الهندسية وخواصها الذي يجعل المصمم قادرا على الاختيار الصحيح للمادة اللزمة لتصنيع العنصر
- علوم تكنولوجيا الإنتاج (الخراطة و التفريز و السباكة و التشكيل والحدادة و اللحام و....) والمعالجات الحرارية
- الرسم الهندسي والصناعي اللذان هما اللغة التي يعبر بها المصمم عن أفكاره

المواصفات القياسية

يتم إصدار المواصفات القياسية من قبل هيئات حكومية أو هيئات لشركات ومؤسسات رسمية حيث تتألف الهيئة من مجموعة من العلماء والمهندسين والباحثين المختصين بالفرع موضوع التوحيد

المواصفات الدولية	ISO (International Standard Organization)
الولايات المتحدة الامريكية	ANSI , AISI , ASME ,ASTM
أوربا الغربية عموما	EN
المملكة المتحدة (بريطانيا)	BS
ألمانيا	DIN
فرنسا	AFNOR
اليابان	JIS
الصين	GB
روسيا	GOST

المواد الهندسية و خواصها

تصنف المواد الهندسية بشكل عام إلى :

- ❑ مواد معدنية و خلائطها مثل الحديد ، الفولاذ ، الألمنيوم ، النحاس ،.....
- ❑ مواد غير معدنية مثل الزجاج ، المطاط ، البلاستيك، .....

وتصنف المواد المعدنية إلى

- ❖ مواد حديدية وهي التي يكون فيها معدن الحديد هو السبيكة الرئيسية مثل حديد الصب والفولاذ و الحديد المطاوع
- ❖ مواد غير حديدية وهي التي يكون فيها غير الحديد هو السبيكة الرئيسية مثل النحاس والبرونز وخلائط الالمنيوم

ملاحظة

تعتبر الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية هي الأهم في تحديد نفعية المادة لغرض التصميم

الخواص الفيزيائية للمعادن

- الكثافة
- الناقلية الحرارية
- الناقلية الكهربائية
- نقطة الذوبان أو الانصهار

الخواص الكيميائية للمعادن

- نسبة الفولاذ
- نسبة الكربون
- نسبة المواد المضافة والشوائب

الخواص الميكانيكية للمعادن تعبر هذه الخواص عن قابلية المادة لمقاومة القوى والحمولات

- المقاومة Strength
- الصلابة Stiffness
- المرونة Elasticity
- اللدونة Plasticity
- المطيلية Ductility
- القصافة Brittlensse
- المطاوعة Malleability
- المتانة Toughness
- الزحف Greep
- التعب Fatigue
- القساوة Hardness

المقاومة Strength

تمثل قدرة المادة على مقاومة الحمولات الخارجية بدون خضوع أو انكسار وتدعى المقاومة الداخلية التي تبديها المادة للحمولات الخارجية بالإجهاد

الصلابة Stiffness

تمثل قدرة المادة على مقاومة التشوهات تحت الاجهاد ضمن مجال المرونة ويعبر عنها بعامل المرونة الطولي E والمادة الأصلب هي ذات عامل المرونة E الأكبر

المرونة Elasticity

تمثل قابلية لاستعادة شكلها الأصلي بعد التشوه عند إزالة الحمولة الخارجية وهذه الخاصية مرغوبة في المواد المستخدمة في العدة و الآلات

اللدونة Plasticity

تمثل قدرة المادة على الاحتفاظ الدائم بالتشوهات الناتجة عن الحمولات الخارجية وهي خاصية مهمة في عمليات التشكيل وصك العملة والنقش على المعدن

المطيلية Ductility

تمثل قابلية المادة للسحب إلى أسلاك تحت تأثير قوة شد وبالتالي المادة المطيلية يجب أن تكون قوية ولدنة وتقاس المطيلية بنسبة التطاول أو بنسبة التخفيض في المقطع ونذكر بعض المواد المطيلية مرتبة حسب المطيلية الأقل فالأكبر(الفولاذ اللدن ، النحاس ، الالمنيوم، النيكل ، الزنك، القصدير ، الرصاص)

القصافة Brittlensse

هي عكس المطيلية حيث يحدث الانكسار للمادة مترافقاً بتشوه صغير وعندما تتعرض المادة لحمولة شد يحدث كسر قصف دون أن تبدي المادة استطالة محسوسة ويعتبر حديد الصب أحد المواد القصفة

المطاوعة Malleability

هي حالة خاصة من المطيلية وتمثل قابلية المادة للدرفلة أو الطرق إلى صفائح رقيقة. المواد المطاوعة هي مواد لدنة لكنه ليس من الضروري أن تكون قوية ونذكر هنا بعض المواد المطاوعة مرتبة حسب مطاوعتها من الأكثر إلى الأقل (الرصاص، الفولاذ اللين، الحديد المطاوع ، النحاس ، الألمنيوم)

المتانة Toughness

تمثل مقدار العمل اللازم لكسر المادة والمواد المطيلية ذات متانة أعلى من المواد القصفة لأن المواد المطيلية تستوجب طاقة أكبر لمتابعة الانفعال المتزايد وقياسها يتناسب مع المساحة المحصورة تحت منحني الاجهاد ـ الانفعال

الزحف Greep

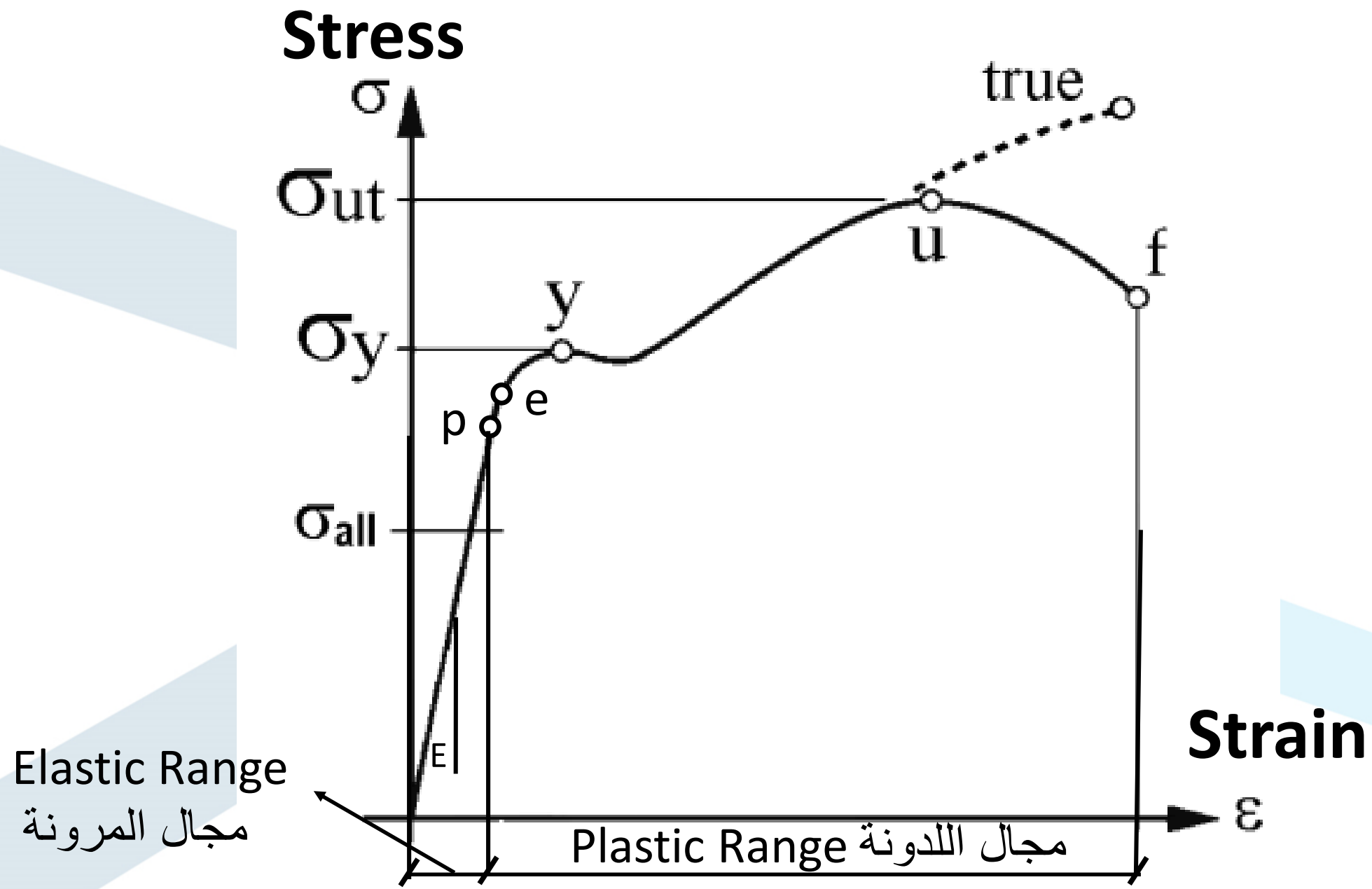
عند تعرض المادة إلى اجهاد ثابت في درجة حرارة عالية لفترة طويلة من الزمن يحدث لها تشوه بطيء دائم يدعى بالزحف وهذه الخاصية يجب مراعاتها عند تصميم محركات الاحتراق الداخلي والمراجل والعنفات الحرارية

التعب Fatigue

عند تعرض المادة إلى إجهاد متغير يحدث لها الكسر بقيم إجهاد أقل من إجهاد الخضوع وهذا النمط من الانهيار يدعى بالتعب وينتج عن انتشار الشقوق ضمن المادة بفعل نوبة التغير وتركيز الاجهادات على أطراف الشق وتنتج الشقوق بداية من عمليات التشغيل وتكون مجهرية وغير مرئية وهذه الظاهرة يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم المحاور الدوارة وأذرع التوصيل و النوابض والمسننات

القساوة Hardness

تمثل مقاومة المعدن لاختراق سطحه وتخص السطح دون الباطن. تقاس القساوة عموما بمساحة أو عمق أو قطر أثر الاختراق الذي يحدثه جسم مدبب تحت حمولة معينة و الأثر الكبير يدل على انخفاض القساوة بينما الأثر الصغير يدل على ارتفاع القساوة ويعبر عن القساوة برقم يعتمد على طريقة الاختبار حيث يوجد عدة طرق لاختبار القساوة يتم فيها اختراق سطح المادة بواسطة كرة (اختبار برينل) أو مخروط (اختبار روكويل) أو رأس هرم (اختبار فيكرز)


Stress
σ
true
σut
u
f
y
σy
p
e
σall
E
Strain
ε
Elastic Range
مجال المرونة
Plastic Range مجال اللدونة

في هذا المنحني نميز حالتين

مجال المرونة وفي هذا المجال تحدث انفعالات مرنة على شكل زيادة في الطول وتناقص في القطر على كامل طول العينة وعند إزالة التحميل في هذا المجال تزول الاجهادات ومعها تزول كافة الانفعالات مباشرة

مجال اللدونة وفي هذا المجال تحدث انفعالات مرنة مترافقة مع انفعالات لدنة وعند إزالة التحميل في هذا المجال تزول الاجهادات ومعها تزول الانفعالات المرنة فقط بشكل موازي لخط المرونة وتبقى انفعالات دائمة تتعلق قيمتها بمكان النقطة من المنحني التي تم إزالة الاجهاد عندها

في منحني الاجهاد – انفعال نميز النقاط التالية

النقطة P تمثل نقطة حد التناسب ودونها يكون الاجهاد متناسب طردا مع الانفعال وفق قانون هوك $\sigma = E\varepsilon$

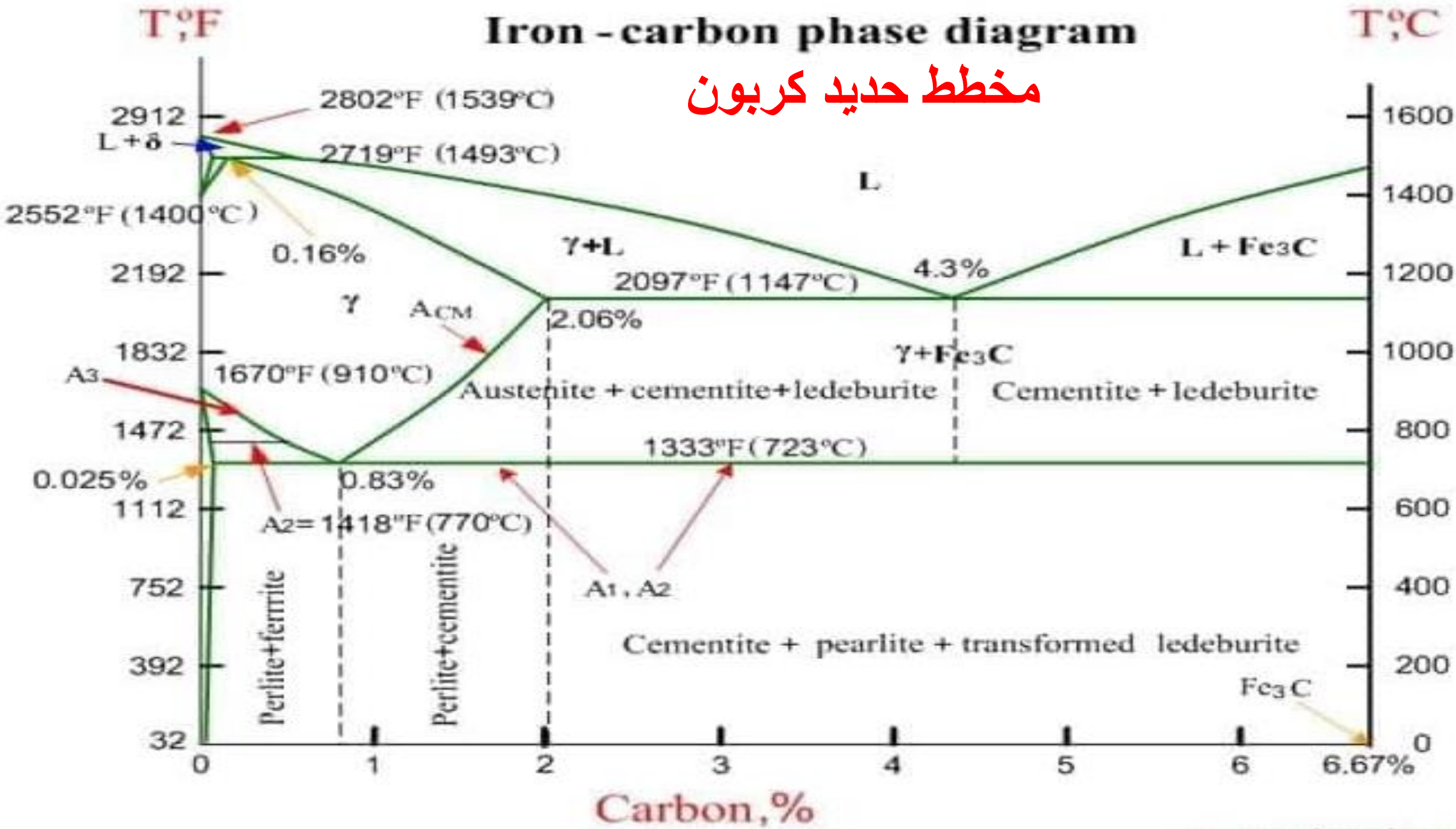
حيث E هو ميل خط التناسب ويدعى معامل يونغ او معامل المرونة وهو مقياس صلابة المادة ويقاس بواحدة الاجهاد

النقطة e تمثل نقطة حد المرونة وهي تفصل بين مجال المرونة ومجال اللدونة

النقطة y تمثل نقطة مقاومة الخضوع وعندها يزداد معدل الانفعال بسرعة وهي نقطة يمكن تمييزها على المنحني

النقطة u اعتبارا من نقطة الصفر وحتى النقطة u تتوزع الانفعالات على كامل حجم العينة (تزايد في الطول وتناقص في المقطع) أما اعتبارا من النقطة u فتتركز الانفعالات في أحد المقاطع ويبدأ ظهور الاختناق العرضي وهذه النقطة تقابل أكبر اجهاد شد تتحمله العينة قبل أن تبدأ بالانهيار والاجهاد الموافق لها يدعى بمقاومة الشد القصوى واعتبارا من هذه النقطة ينحدر المنحني

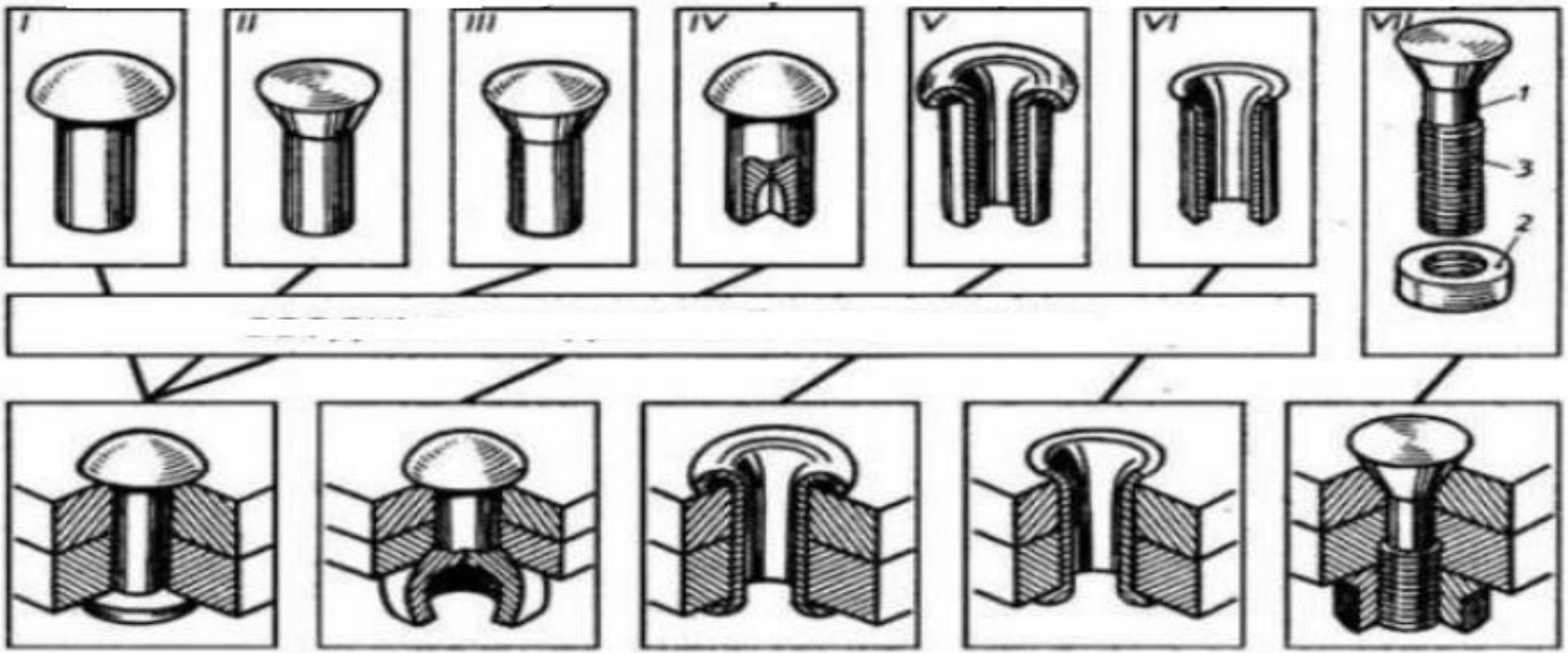
اعتبارا على منحني الشد للفولاذ يمكن اعتماد النسبة التالية $\sigma_y = (0.5 - 0.7)\sigma_u$


Iron - carbon phase diagram
مخطط حديد كربون
T,°F
T,°C
2912
2802°F (1539°C)
L + δ
2719°F (1493°C)
L
2552°F (1400°C)
1600
1400
0.16%
γ+L
L + Fe3C
2192
2097°F (1147°C)
4.3%
1200
γ
ACM
2.06%
1832
γ+Fe3C
1000
A3
1670°F (910°C)
Austenite + cementite+ledeburite
Cementite + ledeburite
1472
800
1333°F (723°C)
0.025%
0.83%
1112
600
A2= 1418°F (770°C)
752
A1 , A2
400
Perlite+ferrite
Perlite+cementite
Cementite + pearlite + transformed ledeburite
392
200
Fe3C
32
0
0
1
2
3
4
5
6
6.67%
Carbon,%

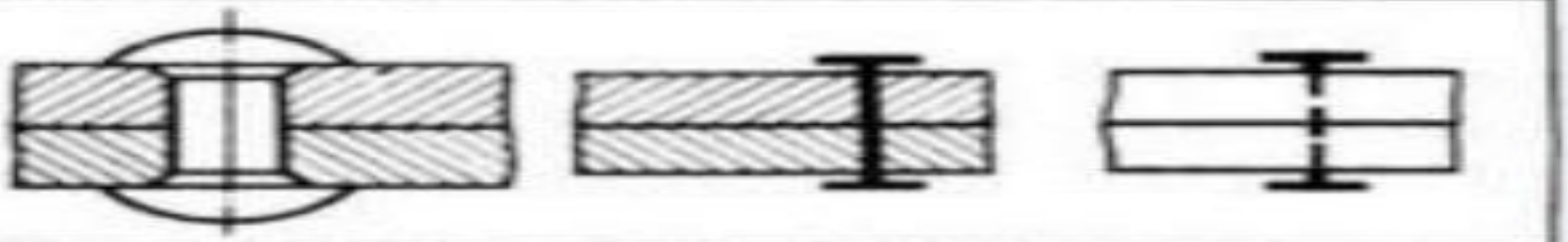
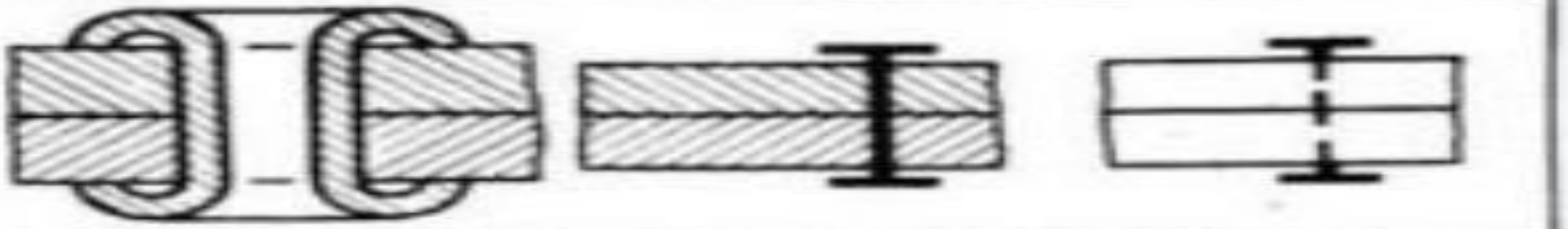
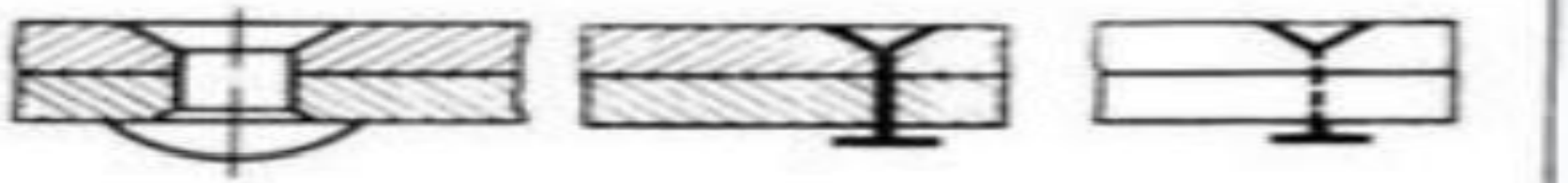
الوصلات البرشمية

تستخدم لتثبيت الأجزاء المعدنية
(جسور معدنية – أسقف معدنية – صناعات السفن والطيران
وصناعة المراجل) التي تصعب فيها عمليات اللحام وهي عبارة
عن قطعتين من المسامير أغلبها مصمت يتداخلان معا ثم تضغطان بواسطة أجهزة كبس خاصة

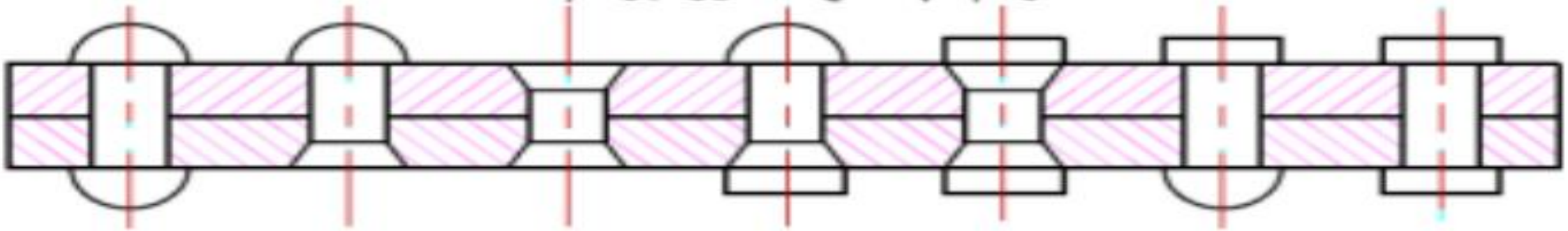
أنواع الوصلات البرشمية



تمثيل الوصلات البرشمية

الوصلات	التمثيل في الرسم	في المخططات	
		في الرسم التخطيطي	في القطاعات
براشم برؤوس نصف كروية			
براشم مفرغة			
براشم برأس مسطح وقلل نصف كروي			

الرسم الهندسي لمسامير البرشام



مستدير من الجهتين | مستدير وكروي | مخروطي من الجهتين | مخروطي وكروي | غاطس من الجهتين | كروي وغاطس | كروي من الجهتين

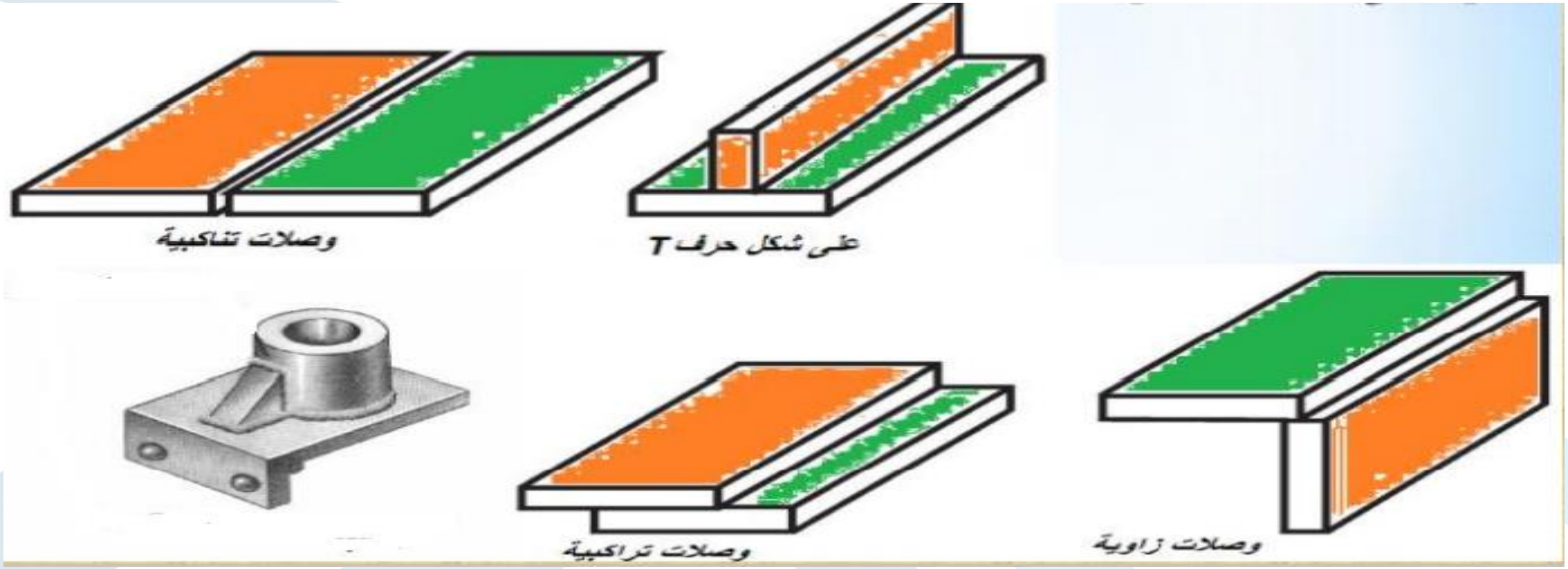
الرموز الاصطلاحية لمسامير البرشام

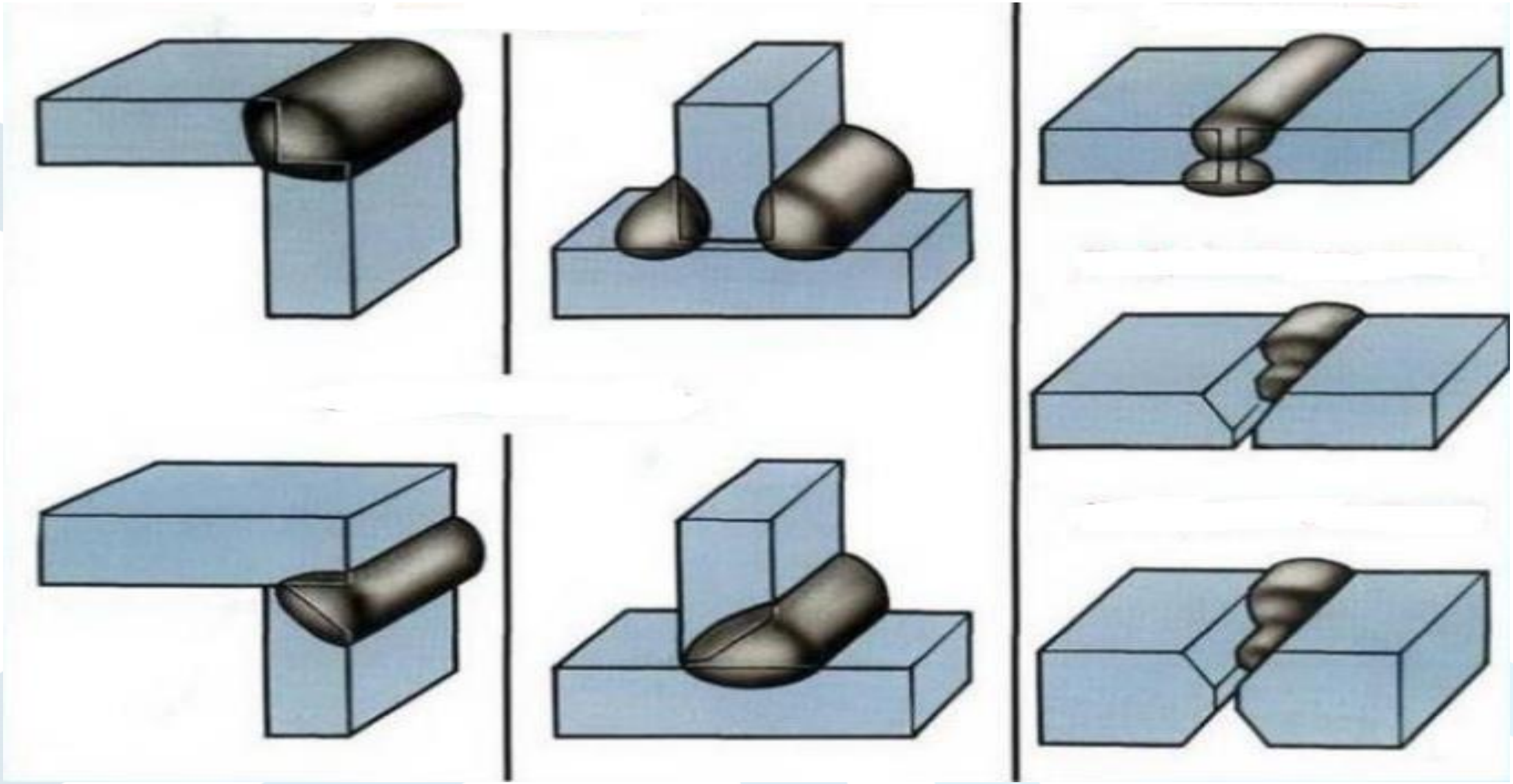
مستدير من الجهتين | مستدير وكروي | مخروطي من الجهتين | مخروطي وكروي | غاطس من الجهتين | كروي وغاطس | كروي من الجهتين

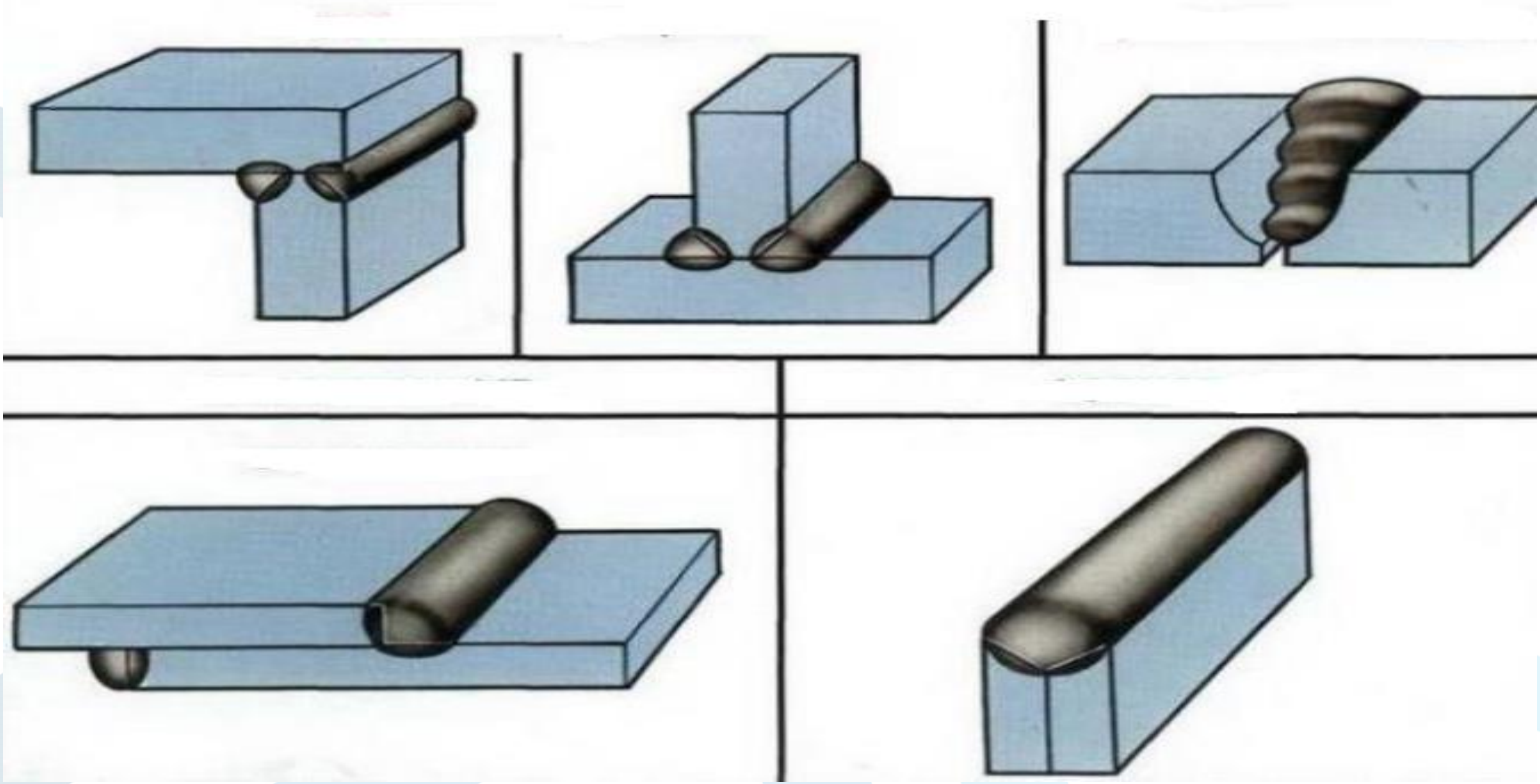
الوصلات اللحامية

هي وصلات دائمة شائعة الاستخدام غير قابلة للفك
وتتطلب إزالتها تخريبها يوجد عدة أنواع للحام منها
لحام القوس الكهربائي واللحام الغازي و اللحام الاحتكاكي

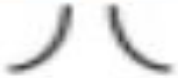
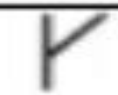
تصنيف الوصلات اللحامية

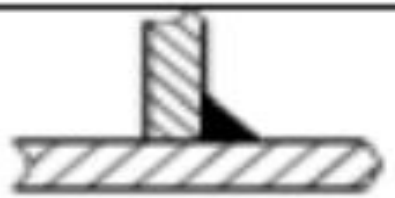
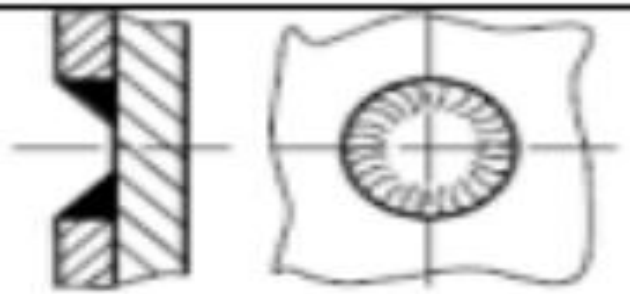
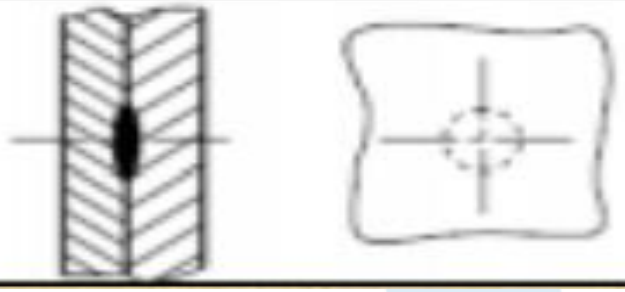




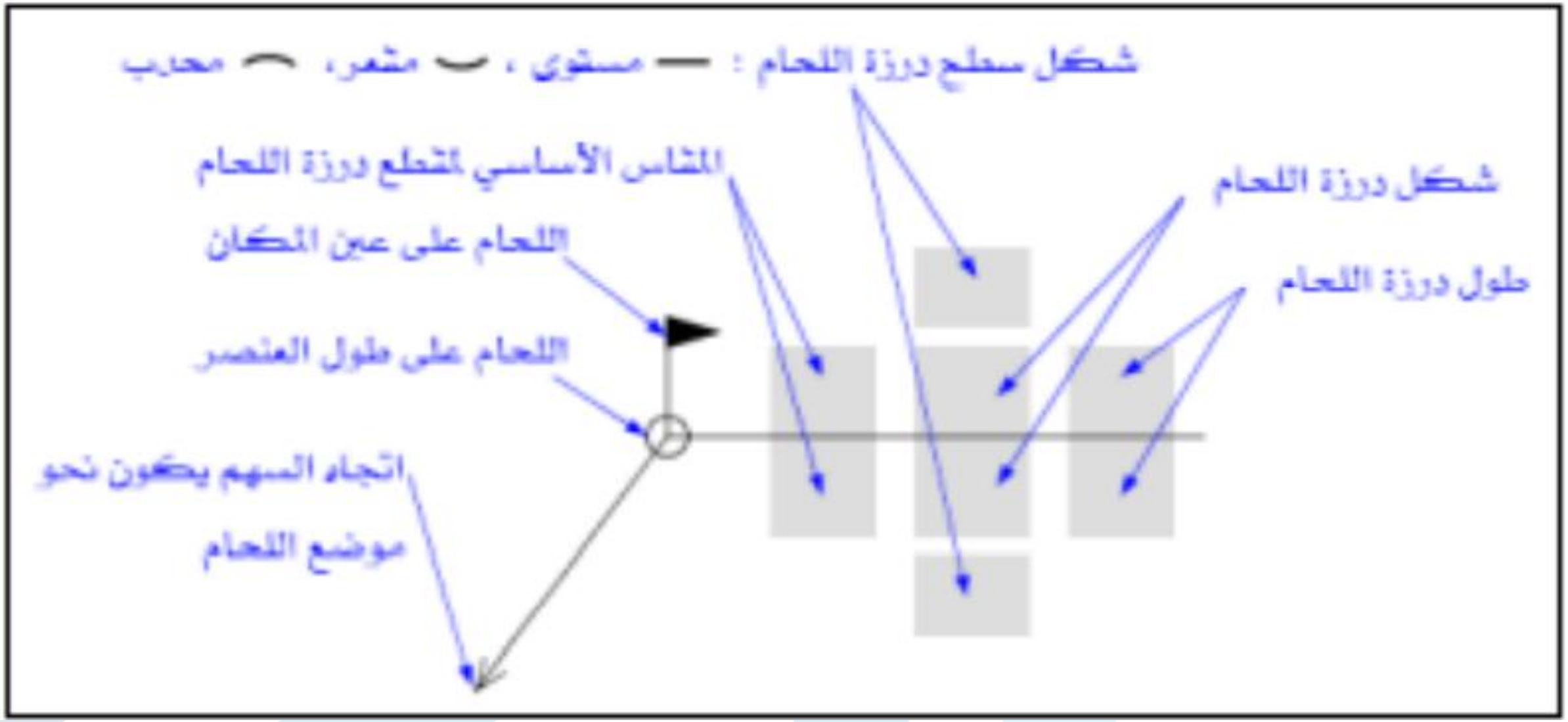


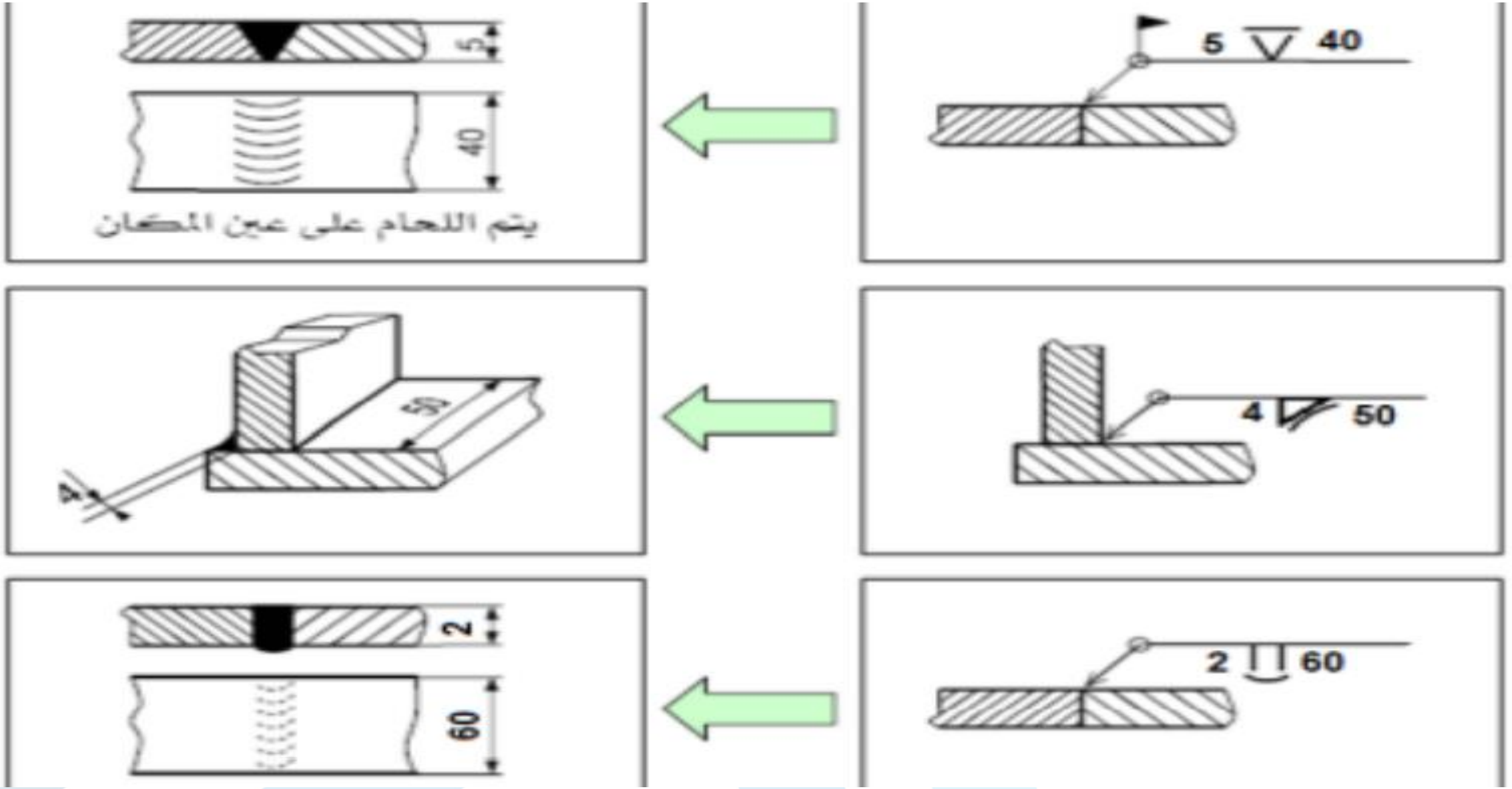
التمثيل الرمزي والتمثيل الإيضاحي لـ درزات اللحام حسب نظام ISO

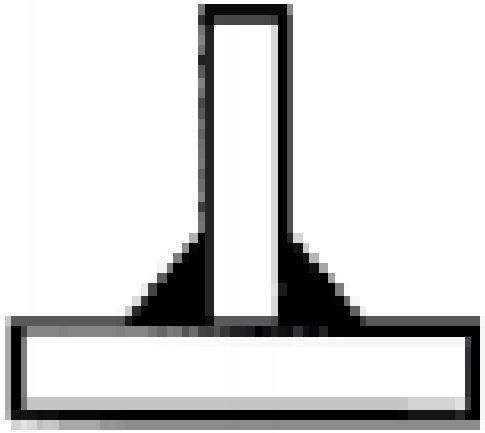
نوع اللحام	الشكل	الرمز
درزة اللحام على حافتين مشيتين		
درزة اللحام على حافتين مستويتين		
درزة اللحام شكل حرف V		
درزة اللحام شكل نصف حرف V		
درزة اللحام شكل رف Y		
درزة اللحام شكل نصف حرف Y		

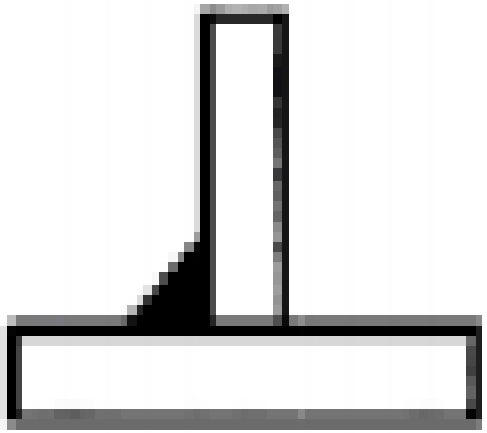
درزة اللحام شكل حرف U		⋎
درزة اللحام شكل نصف حرف U أو J		⋏
درزة لحام زاوية		◺
درزة لحام دائرية		⊏
درزة لحام نقطية		◯

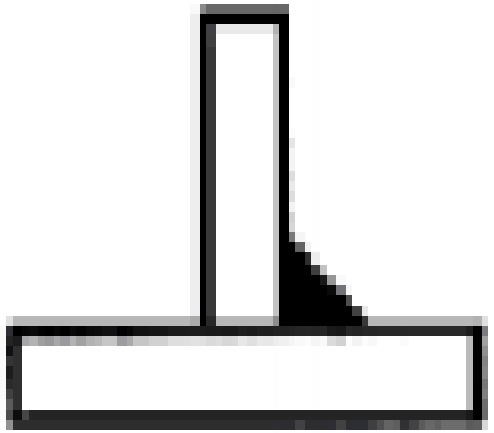
البيانات تحت الخط الأفقي تعني أن اللحام في الجهة الأخرى لموضع رأس للسهم

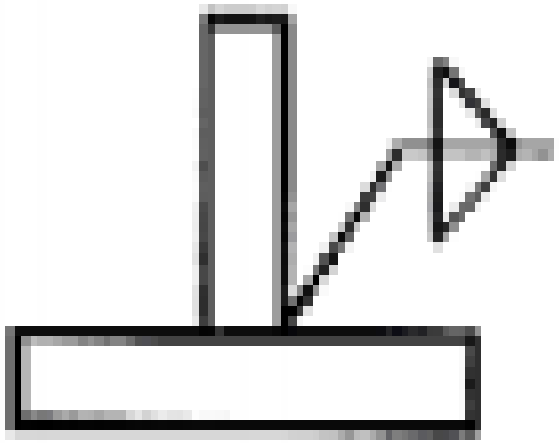


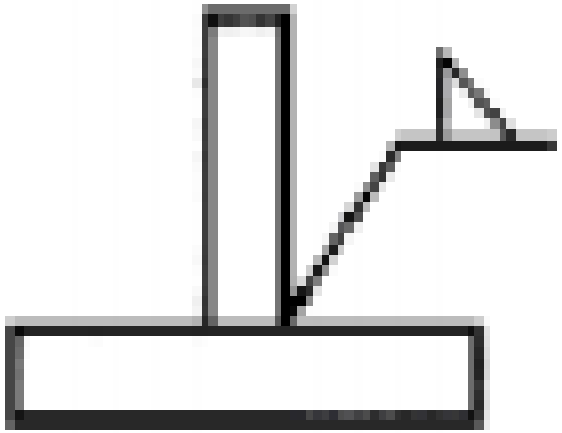

5
40
40
يتم اللحام على عين المكان
4
50
50
2
60
60

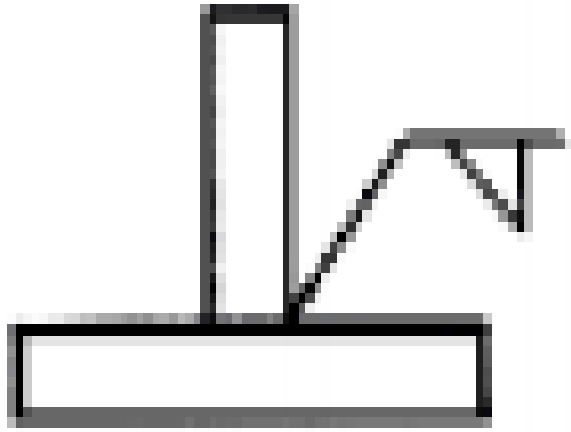










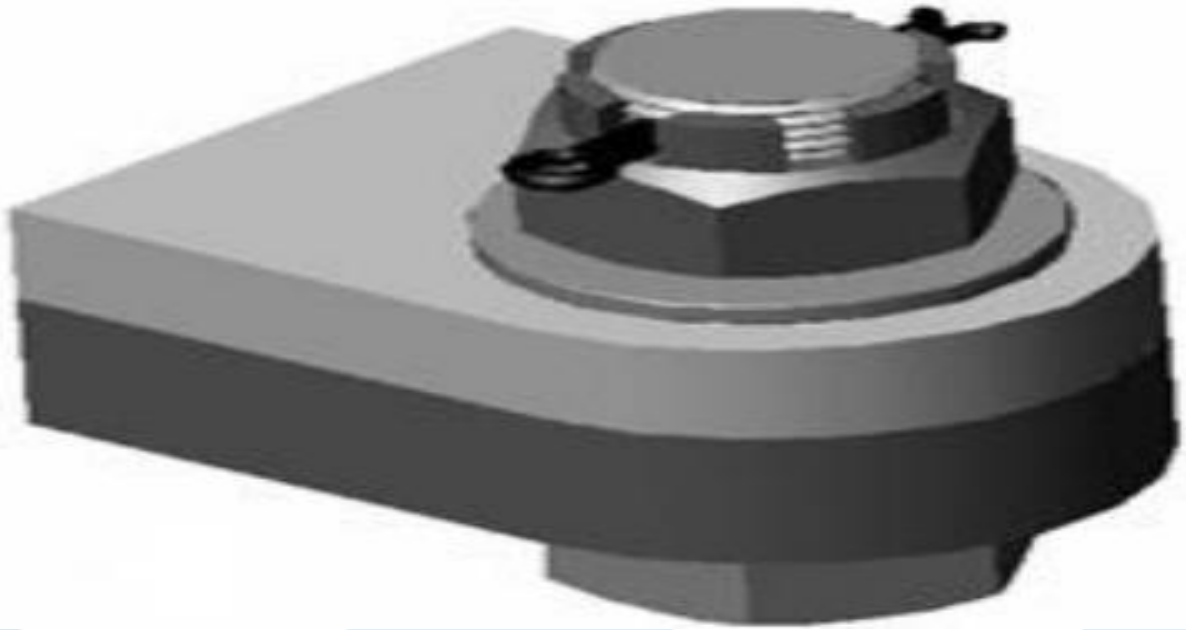


القطع القياسية

هي القطع التي تصنع بمواصفات معينة متفق عليها دوليا (ISO) او تنتج وفق مواصفات خاصة بكل دولة (الدول الصناعية الكبرى مثل BSI-ASTM-JIS- NF- DIN- GOST) . السمات الاساسية والغايات من انتاج هذه القطع:

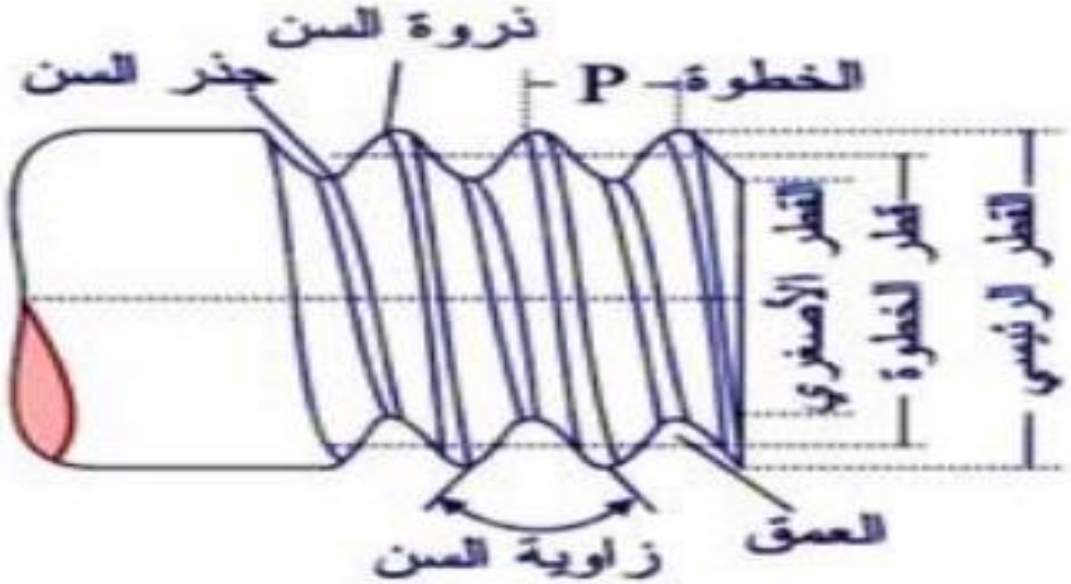
- سرعة الانتاج وقلة التكاليف وسهولة الحصول على المادة الخام للتصنيع
- سهولة الفك والتركيب وعدم الحاجة لإستبدال كامل الآلة بل القطع التالفة فقط مما يساعد على تقليص زمن توقف الالة عن العمل
- زيادة وثوقية عمل الآلة بسبب زيادة الرقابة على جودة المنتوج والدراسات المستمرة لتحسين هذة الجودة
- امكانية تصنيعها في ورش محلية صغيرة او في ورش ومخابر المتدربين في الجامعات والمراكز التقنية والتطبيقية
- اعتمادها في اغلب الاحيان على نوع واحد من المواد الاولية اللازمة

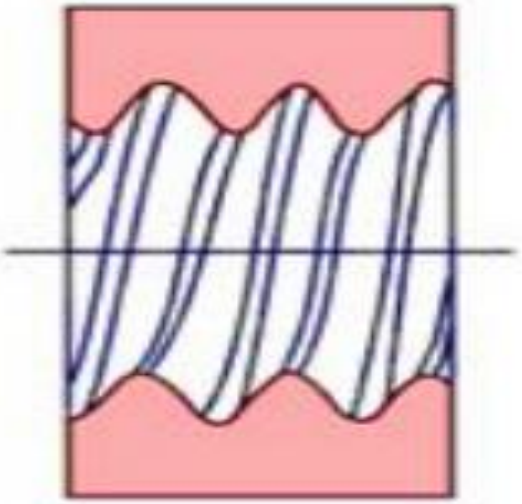
بعض القطع القياسية



١- اللوالب : قطع معدنية تستخدم لتبيت الاجزاء الهندسية القابلة للفك والتركيب

مواصفات اللولب:





1- السن THREAD

مجرى حلزوني مقطوع من السن الداخلي او الخارجي لجزء اسطواني او مخروطي

2- القطر الكبير Major Dia

اكبر قطر لاسنان اللولب ويساوي ضعف المسافة بين ذروة المسنن والمحور

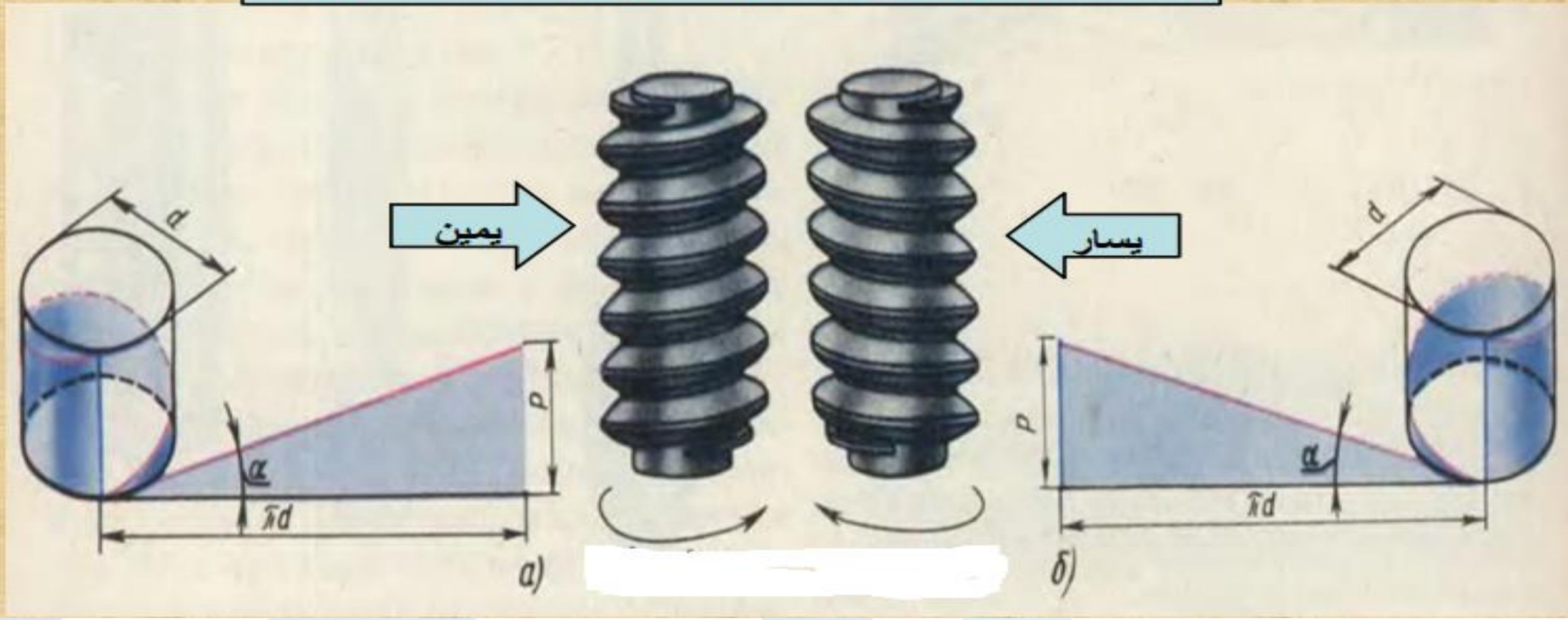
3- القطر الصغير Minor Dia

اصغر قطر للسن ويساوي ضعف المسافة بين قاع السن والمحور

اشكال اسنان اللولب:

حسب اتجاه السن (يمين- يسار)

(عند النظر من الجهة السفلى له في الوضعية العمودية)

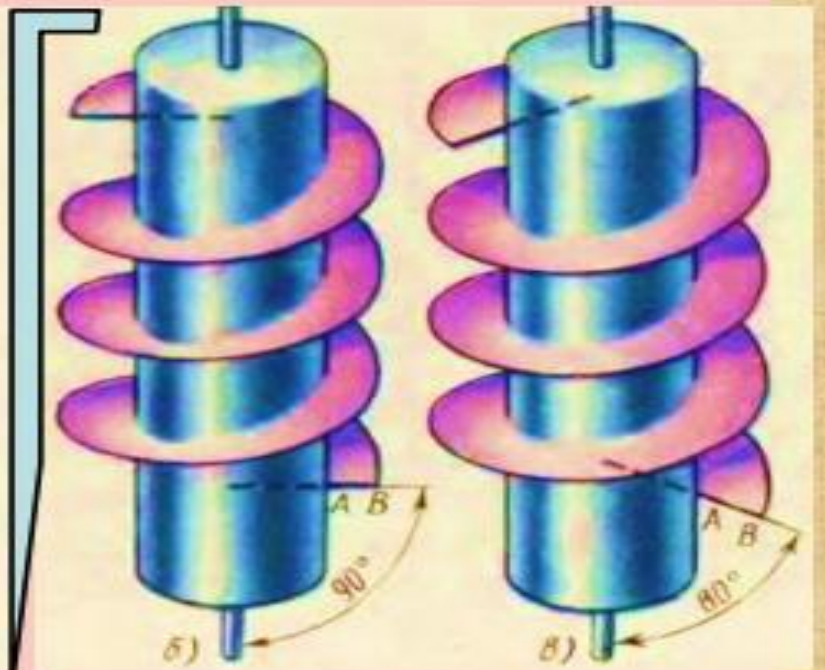


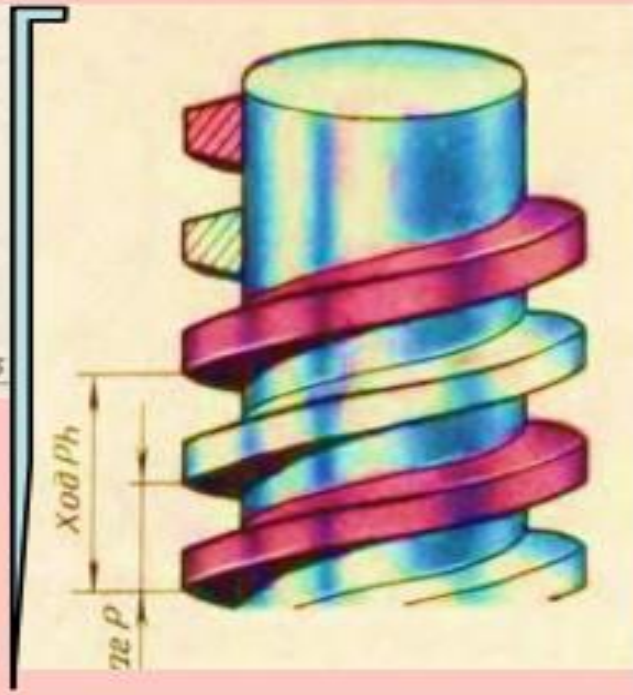
- حسب عدد المداخل

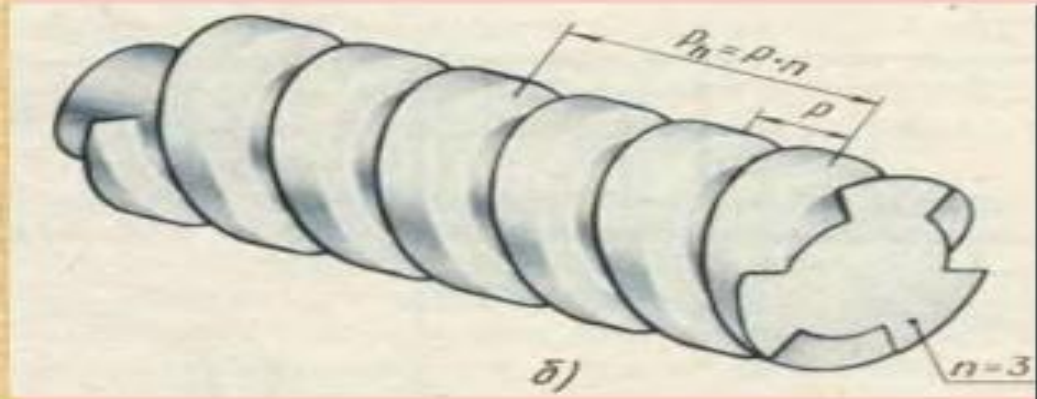
احادي

- ثنائي -

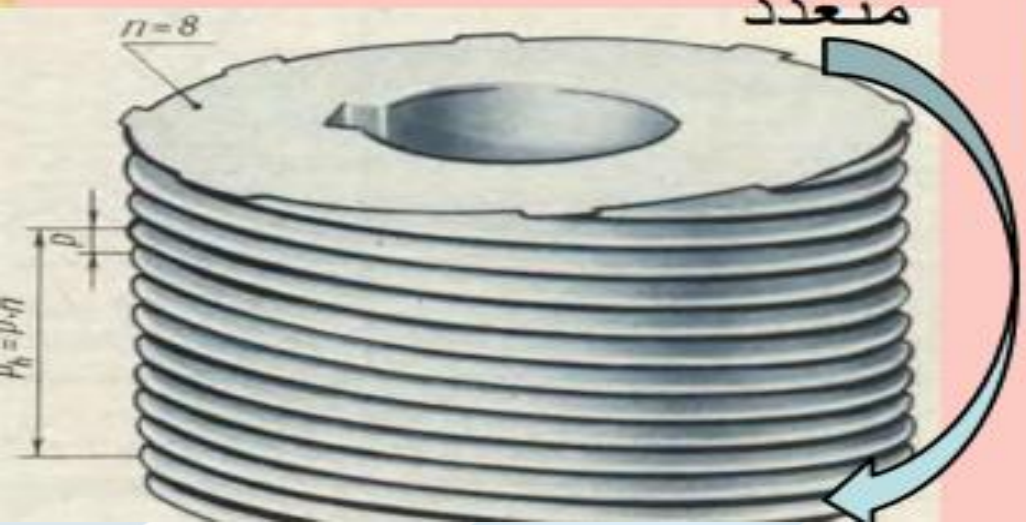
ثلاثي –







متعدد

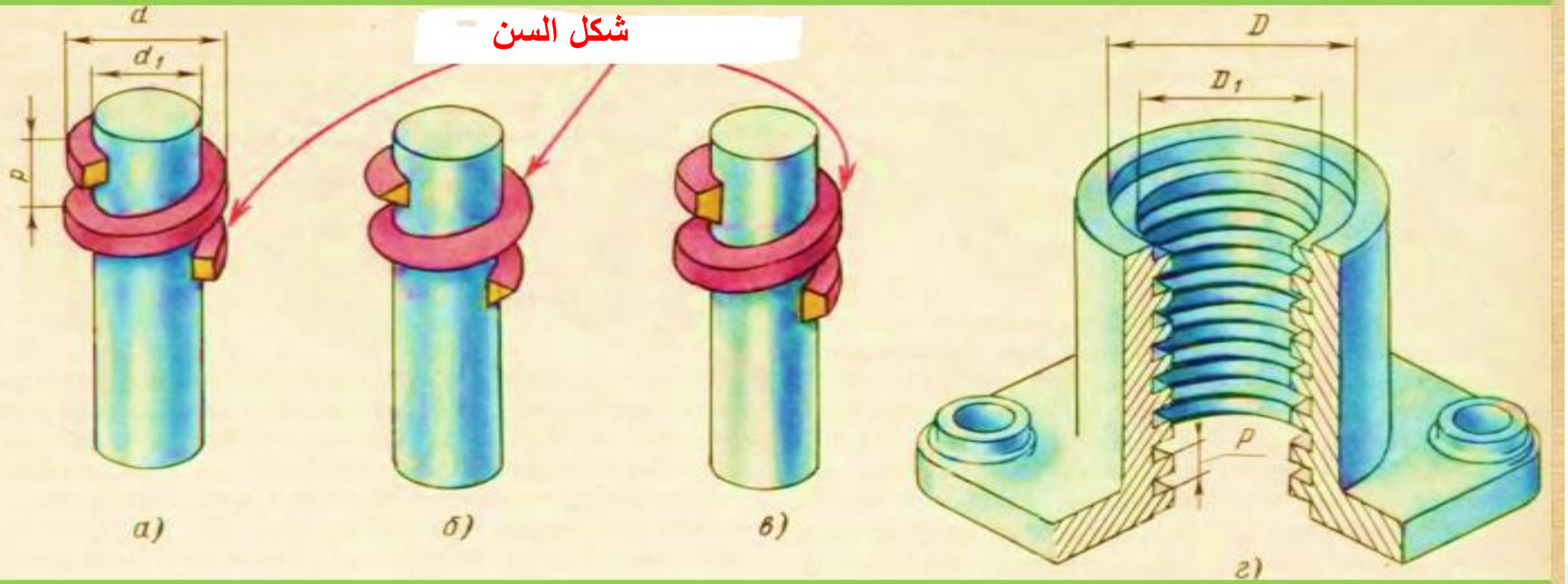


عمود على المحور

مائل عن المحور

حسب شكل السن :

مربعي | مثلثي | موشوري | قلووظ*



* الحيز الذي يدخل فيه اللولب في المجرى الاسطواني يسمى لولب داخلي « قلووظ »

انواع الاسنان

- المتري **M**: مثلث متساوي الساقين زاوية الرأس ٦٠

مثال: **M12** سن قطره ١٢وخطوته ١مم

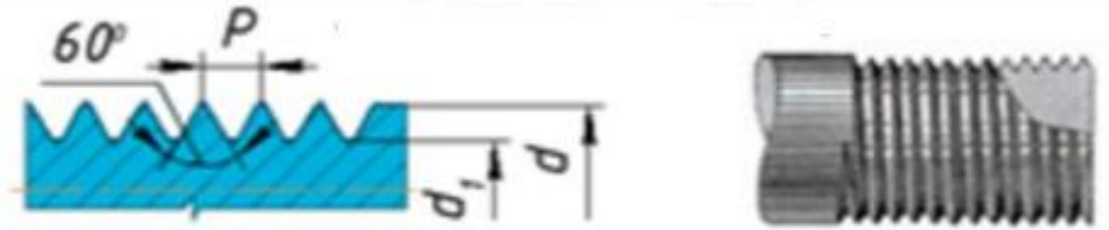
M12X2 سن اللولب قطره ١٢ وخطوته ٢مم

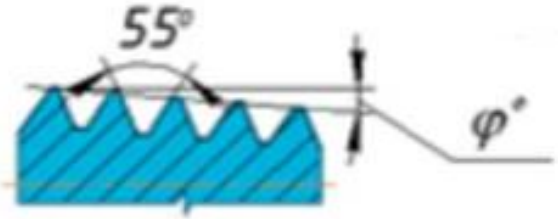
- سن الانابيب الاسطوانية **R**: مثلث متساوي الساقين زاوية الرأس ٥٥ ، رأس السن وقاعه مدوران يقاس بالبوصة

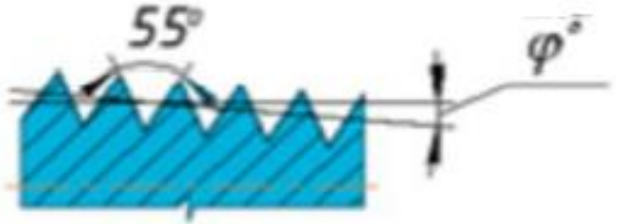
- سن الانابيب المخروطية مقطع السن مثلث متساوي بزاوية ٥٥ ولكنه يميل بزاوية افقية φ يقاس بال mm

- سن الانابيب المخروطية (الانكليزي)

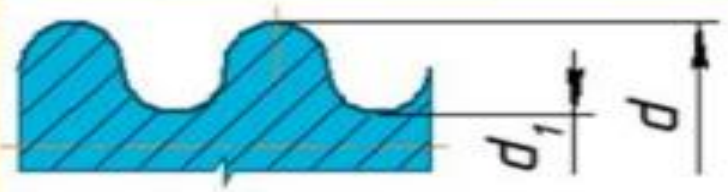
مقاسه بالانشinch



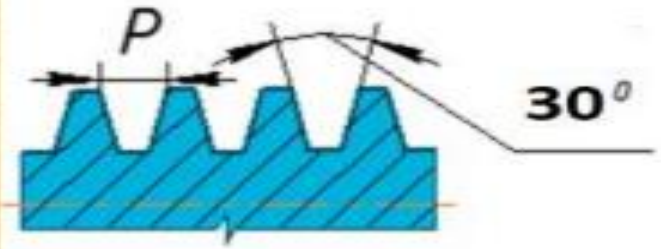




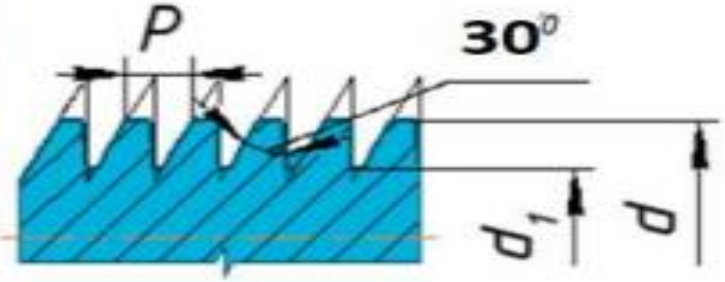
- السن المدور: رأسه وقاعه مدوران



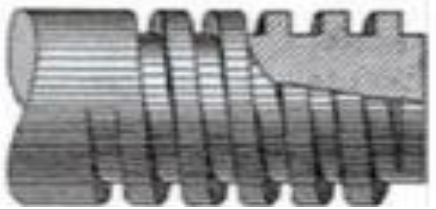
- الانكليزي (ويتورث) W رأسه مدور او مشطوف على مسافة ١/٦ من الارتفاع
W 20X2 (قطره ٢٠ وخطوته ٢)



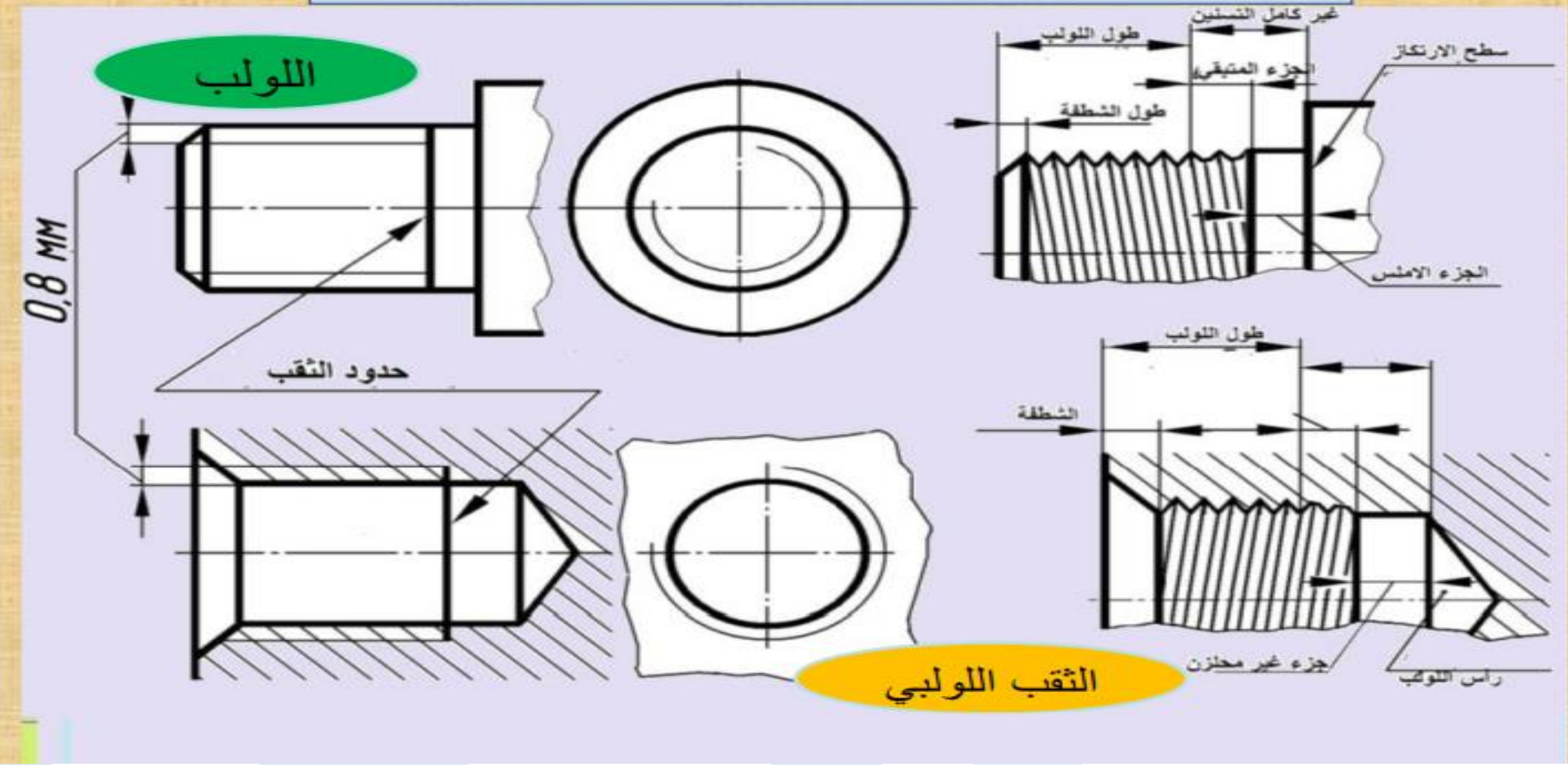
- السن المنشاري S: شكله شبه منحرف يستخدم في ملازم التثبيت
S70X10



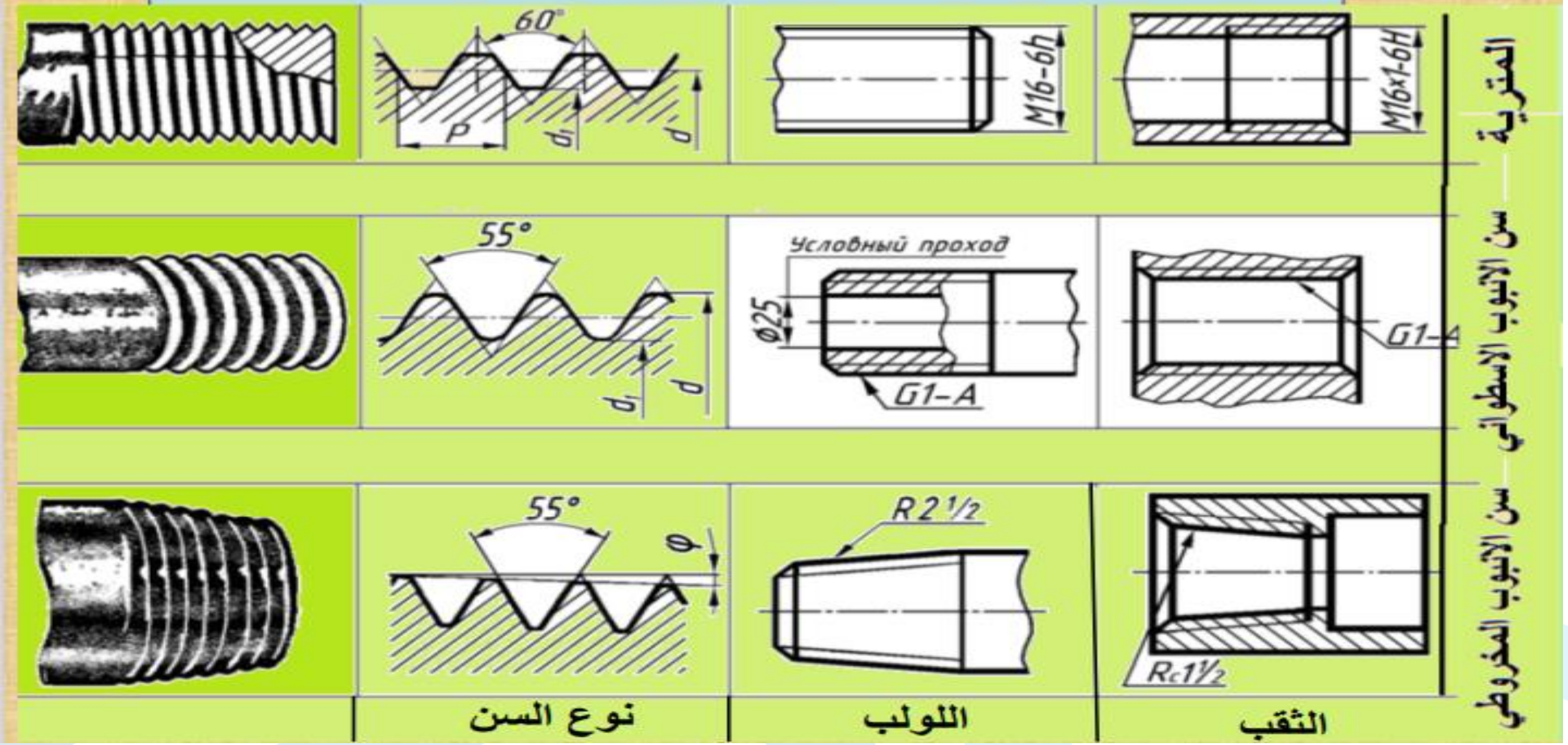
- السن المربع Sq: مقطعه مربع يساوي نصف الخطوة
Sq 40x4

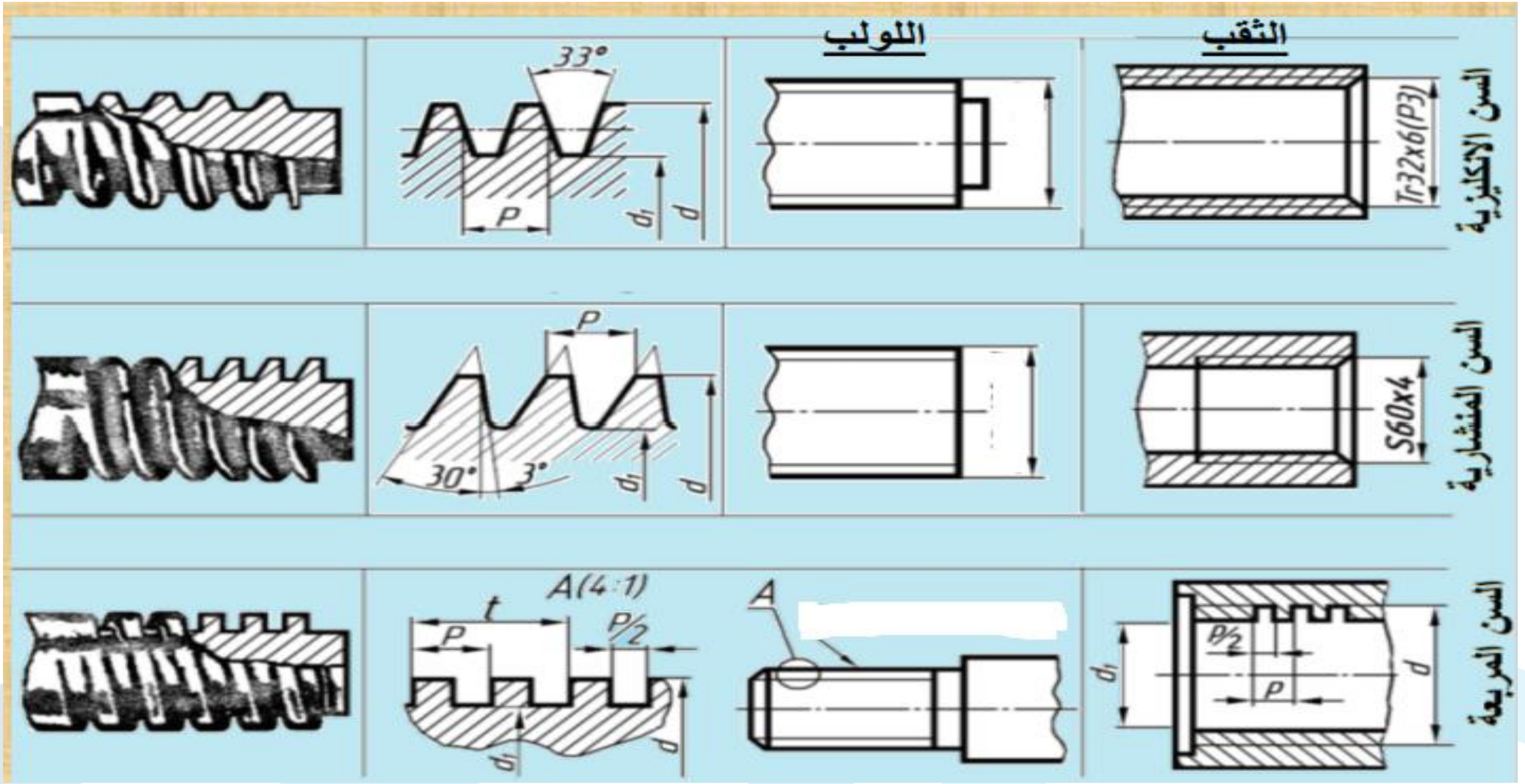


تمثيل اللوالب والثقوب اللولبية



تمثيل اللوالب والثقوب اللولبية لانواع الاسنان





السن الانكليزية

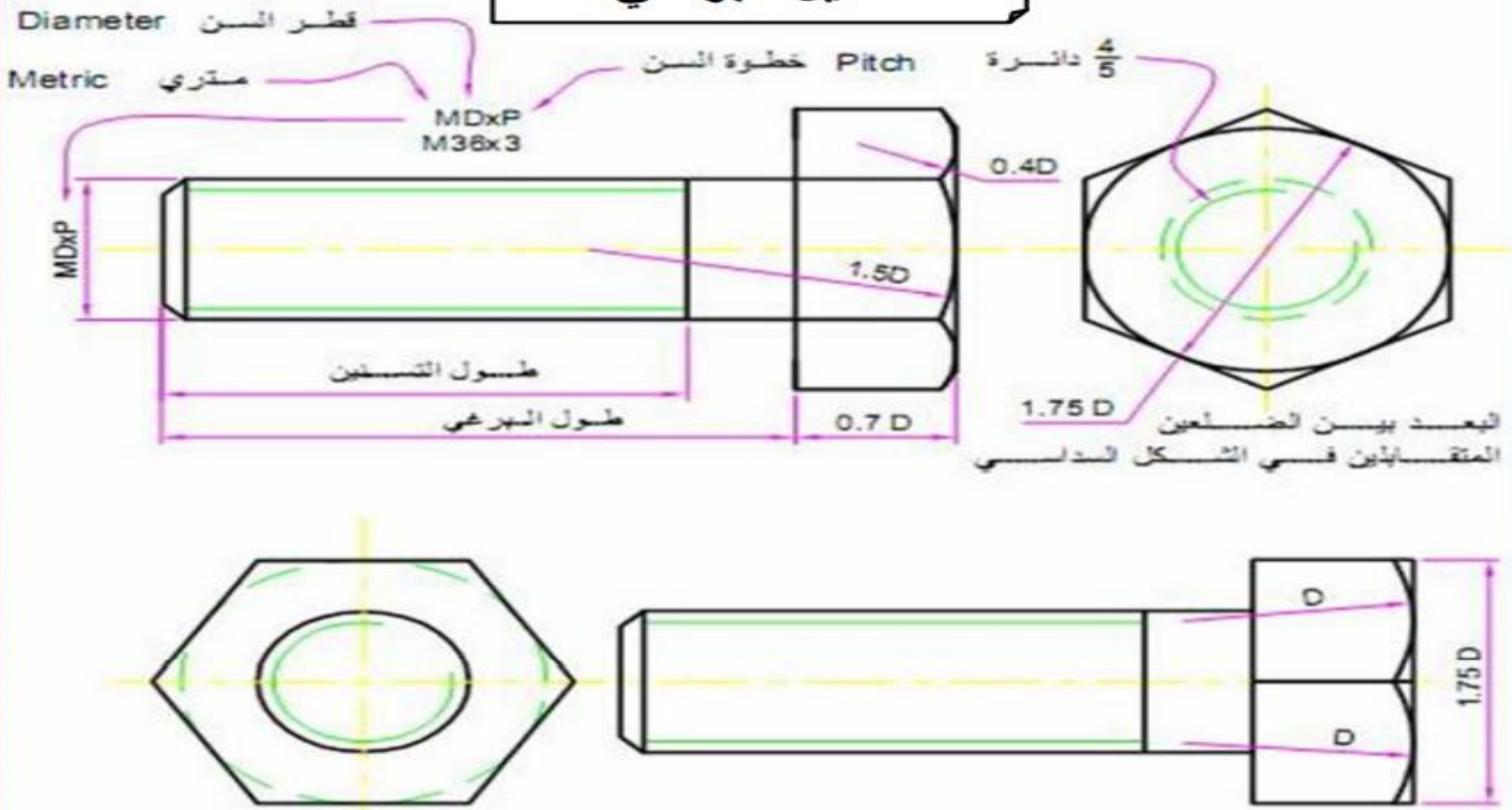
السن المنشارية

السن المربعة

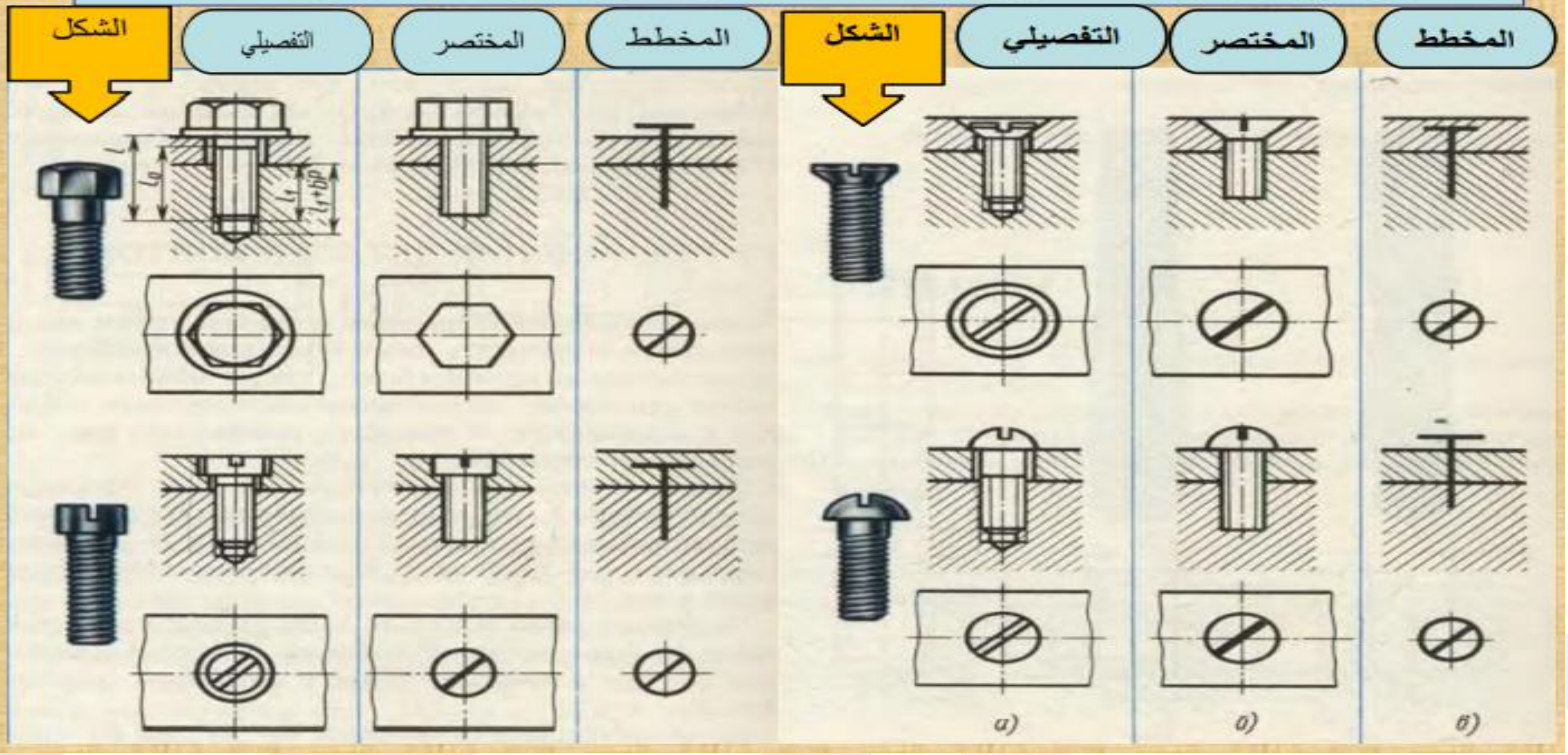
البراغي

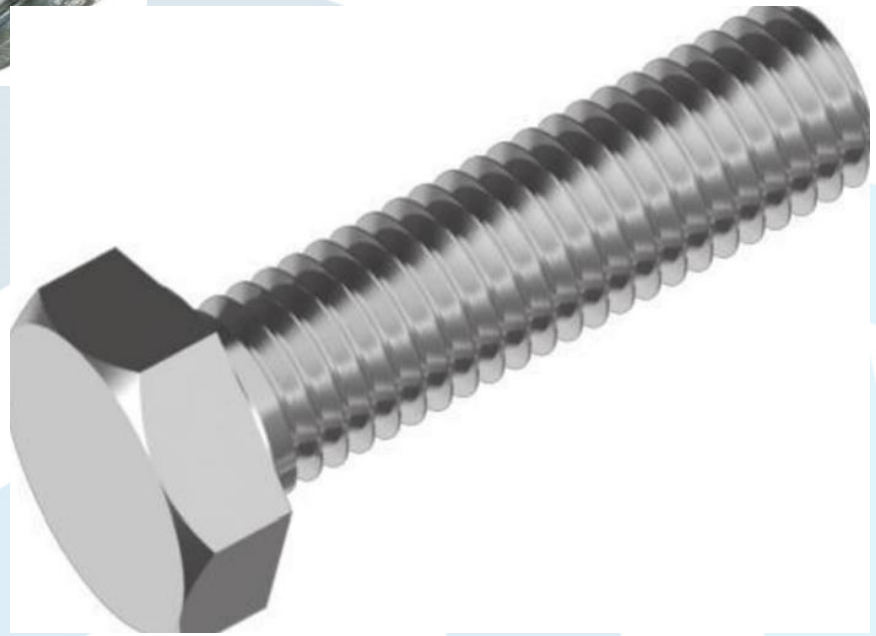
تستخدم لتثبيت القطع الميكانيكية مع بعضها البعض ذات رأس مضلع سداسي او رباعي تشطف من الاعلى بزاوية ٣٠ للسداسي و٢٥ للرباعي لازالة الزوايا الحادة مشكلة دائرة الشطف (قطرها البعد بين ضلعين متوازيين)

تمثيل البراغي



٢. البراغي اللولبية ذات الرؤوس المسطحة أو الكروية أو الأسطوانية

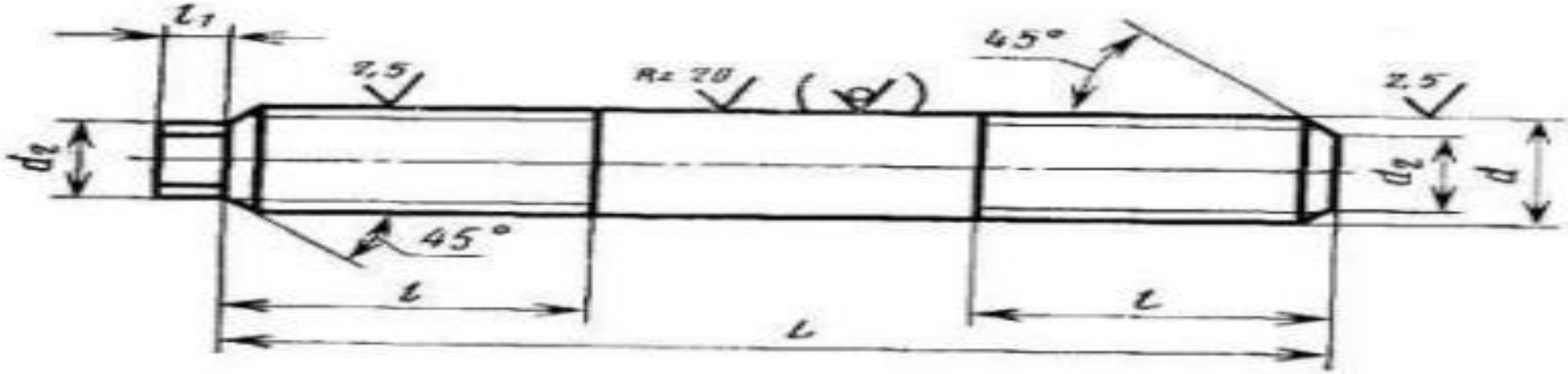


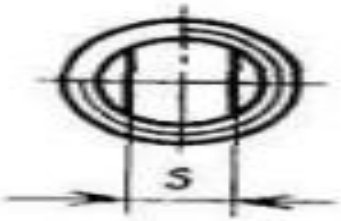


براغي الجاويط

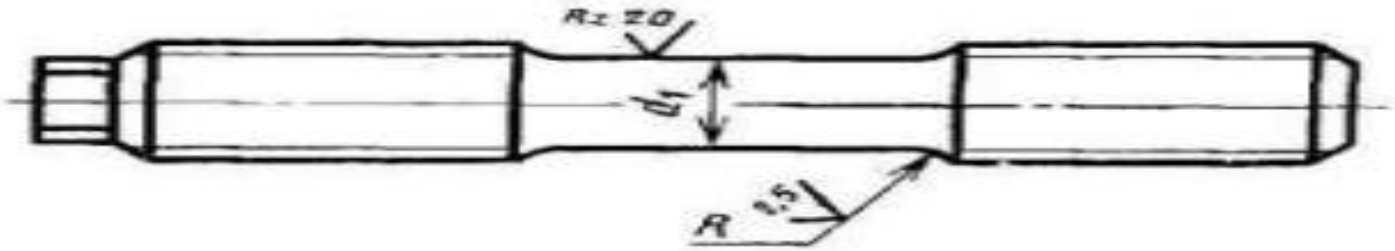
براغي ملولبة من الطرفين تستخدم لوصل جسمين مع بعضهما ثم يثبتان بواسطة صامولة

Тип А



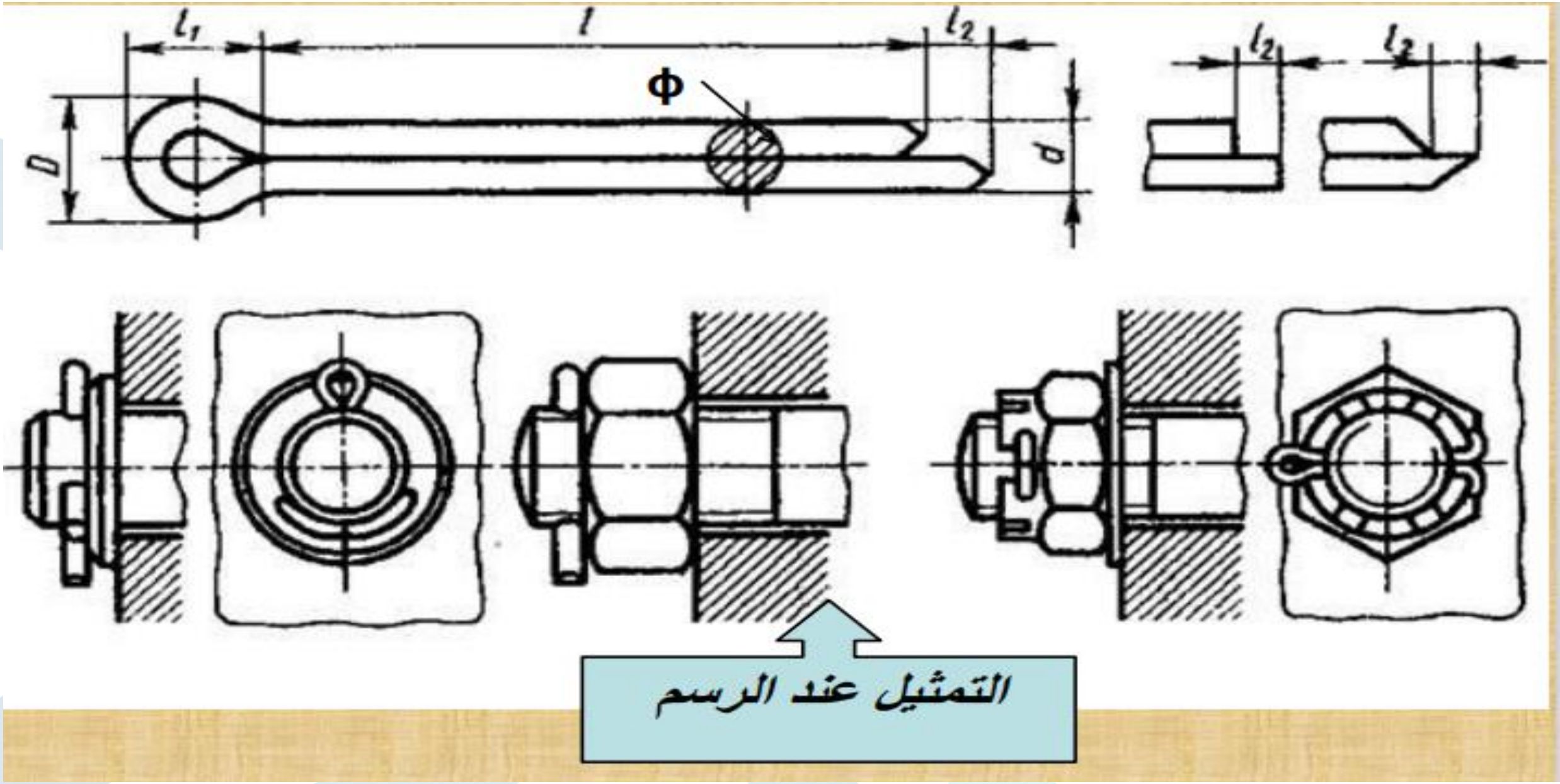


Тип Б



التيلات المشقوقة

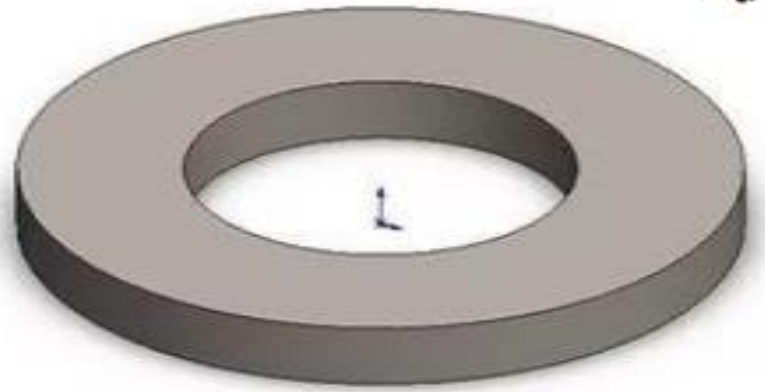
تستخدم لتقييد حركة الصواميل المربوطة مع البراغي ومنعها من الحركة الانتقالية ، وتصنع من الحديد المطاوع او النحاس لسهولة طي طرفيه بعد التركيب

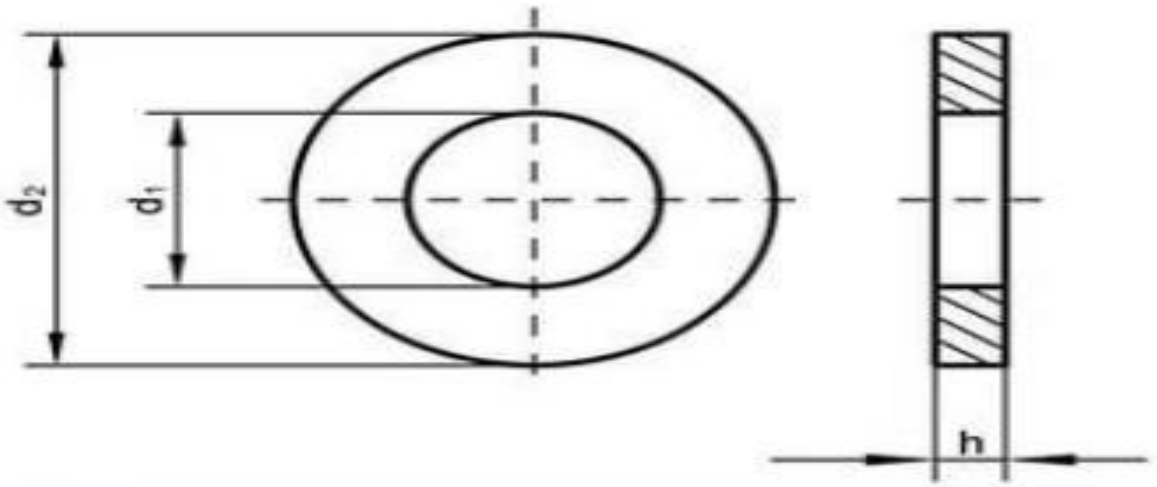

l_1
l
l_2
l_2
l_2
Φ
D
d
التمثيل عند الرسم

Metric Cotter Pins

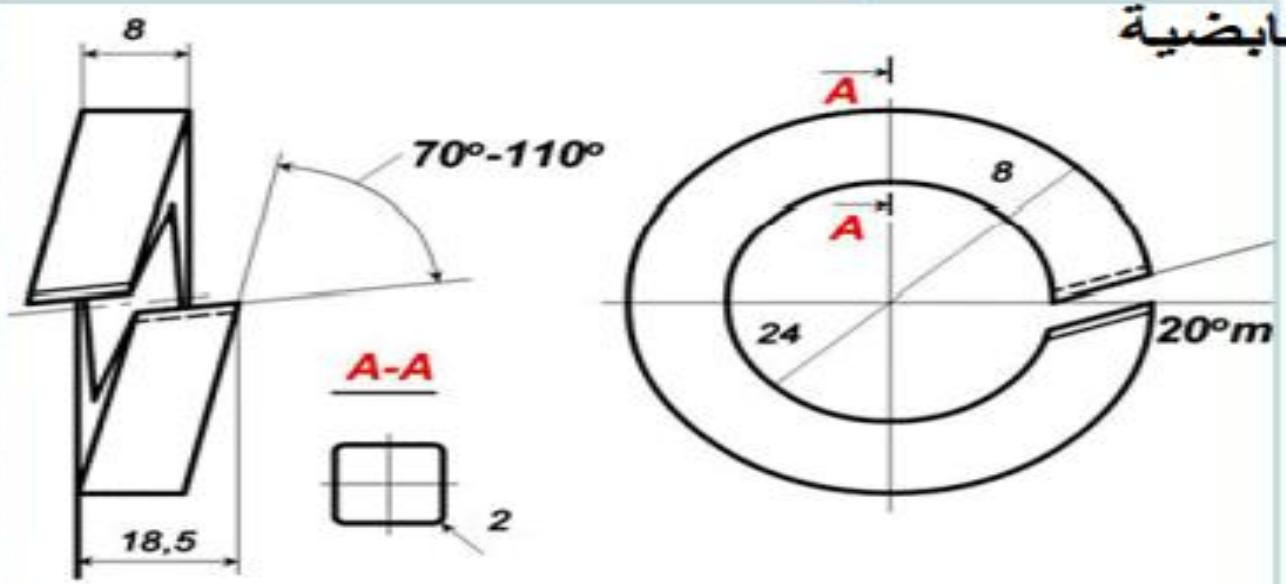
الرنديلات :تستخدم لتثبيت الصامولة ومنعها من الحل عند تأثير القوى عليها

١ـ العادية

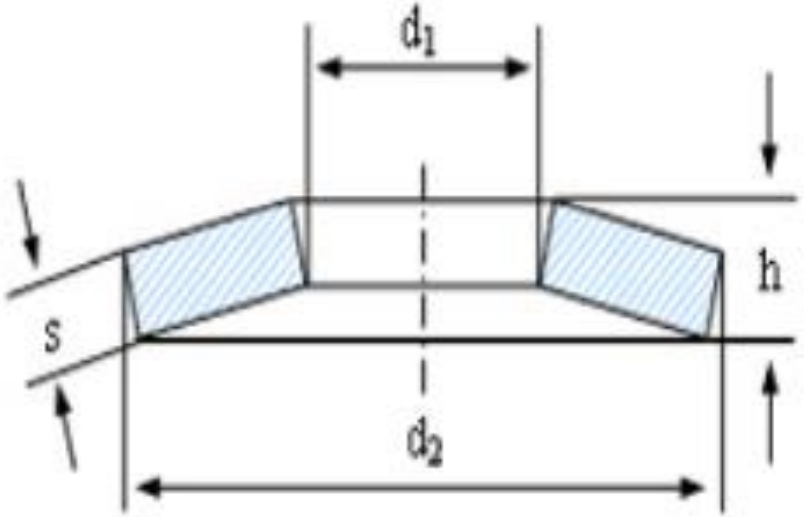


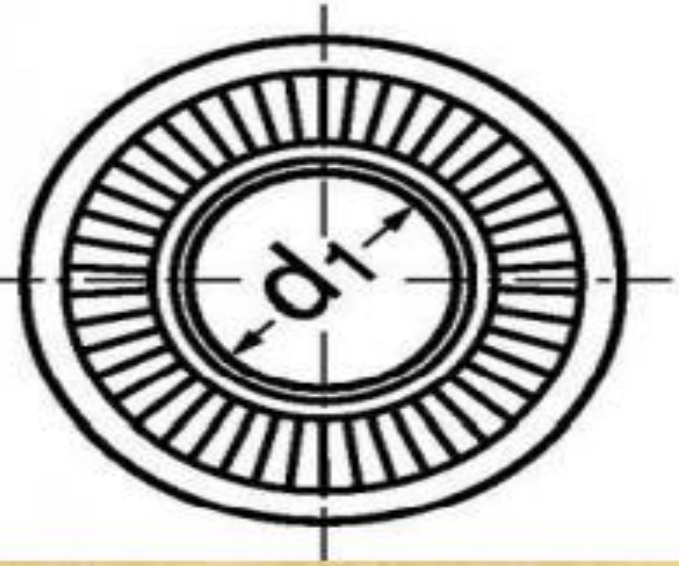


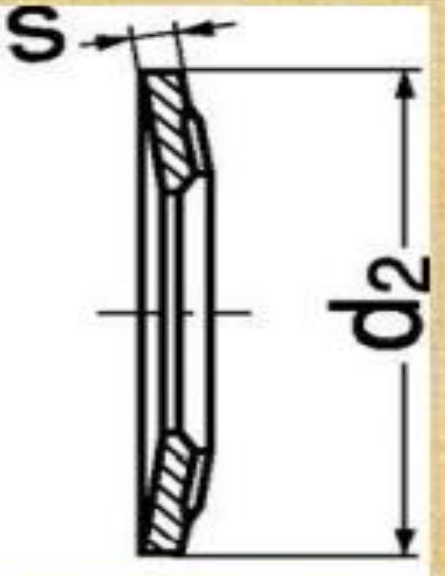
٢ـ النابضية

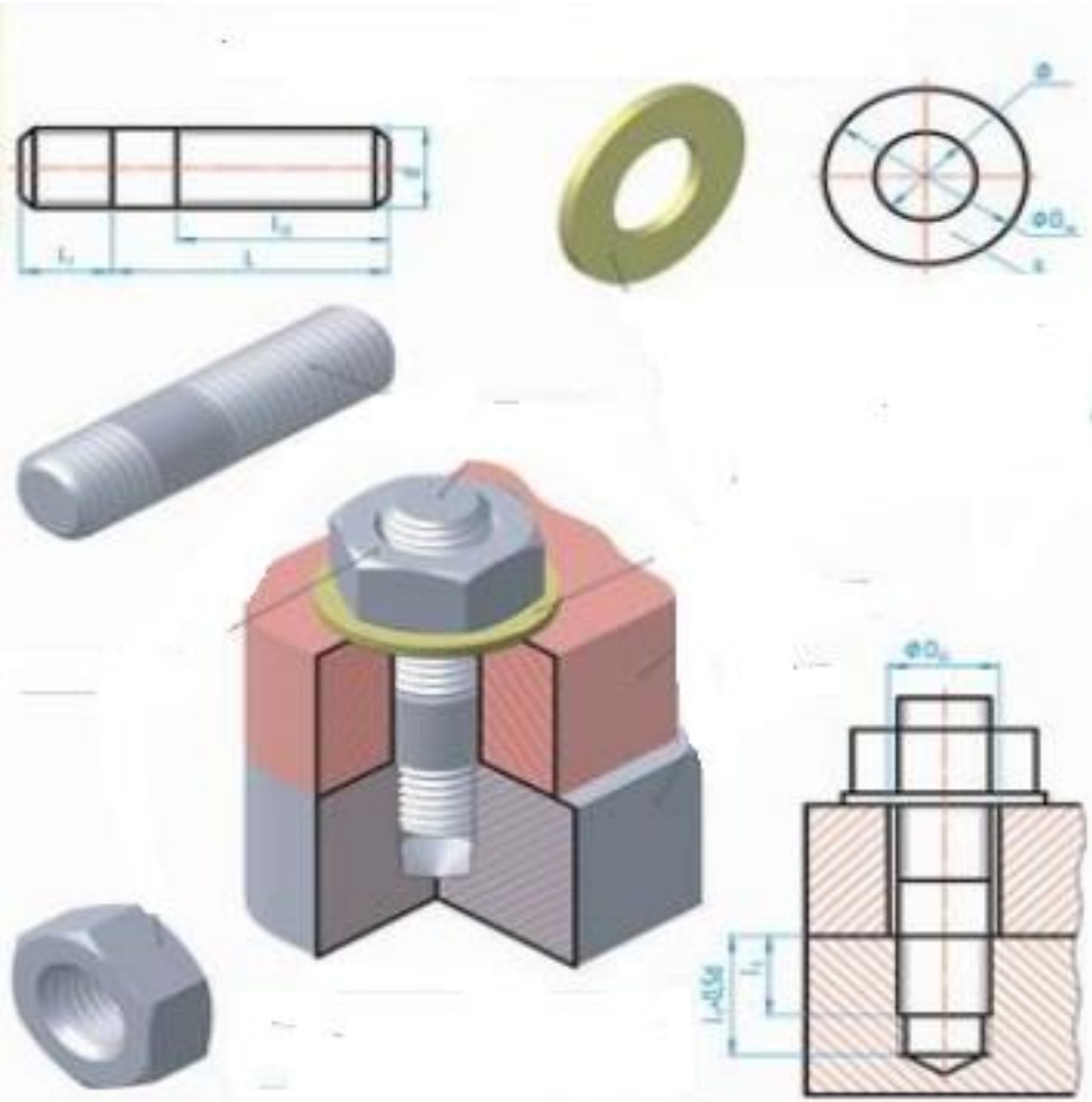


ID
T
H
OD

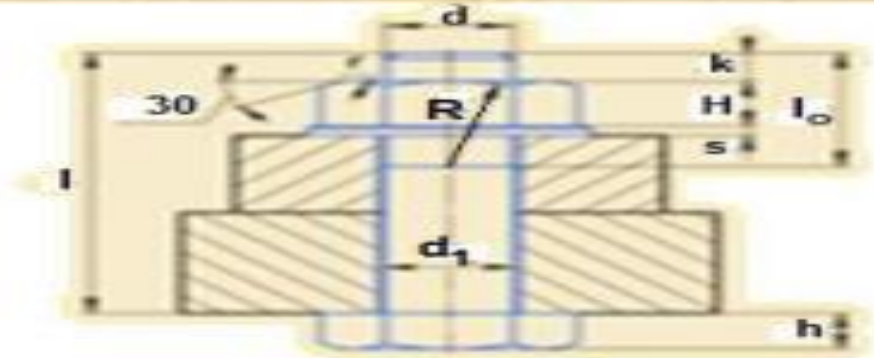

d_1
h
S
d_2

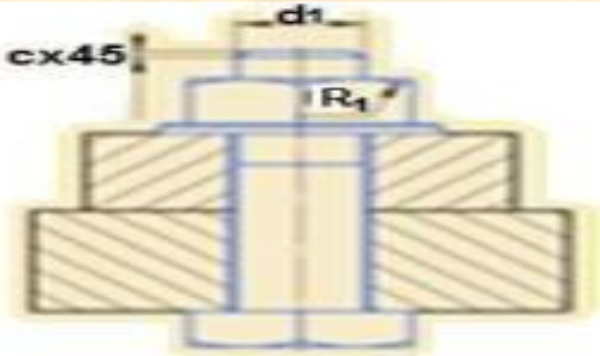

d_1


S
d_2



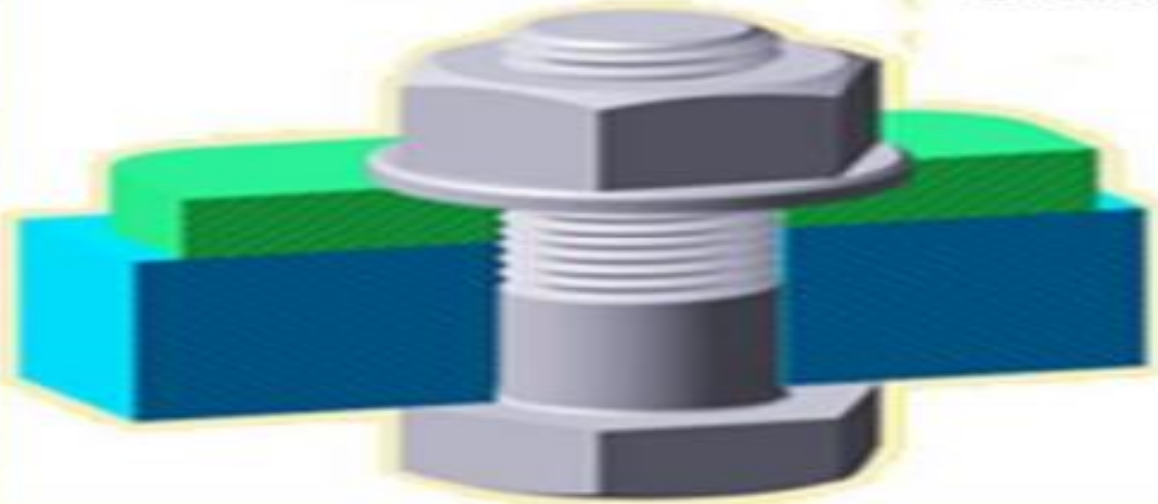
تمثيل البرغي والرنديلة والصامولة





d_1 =0,8d
D =2d
H=0,8d
h =0,7d
D_w=2,2d
s =0,15d
c =0,1d

R=1,5d
R_1= d
l = جدول المواصفات
l_o=2d
k = 0,5d
d_2=1,1d
r - الثنائية



النوابض

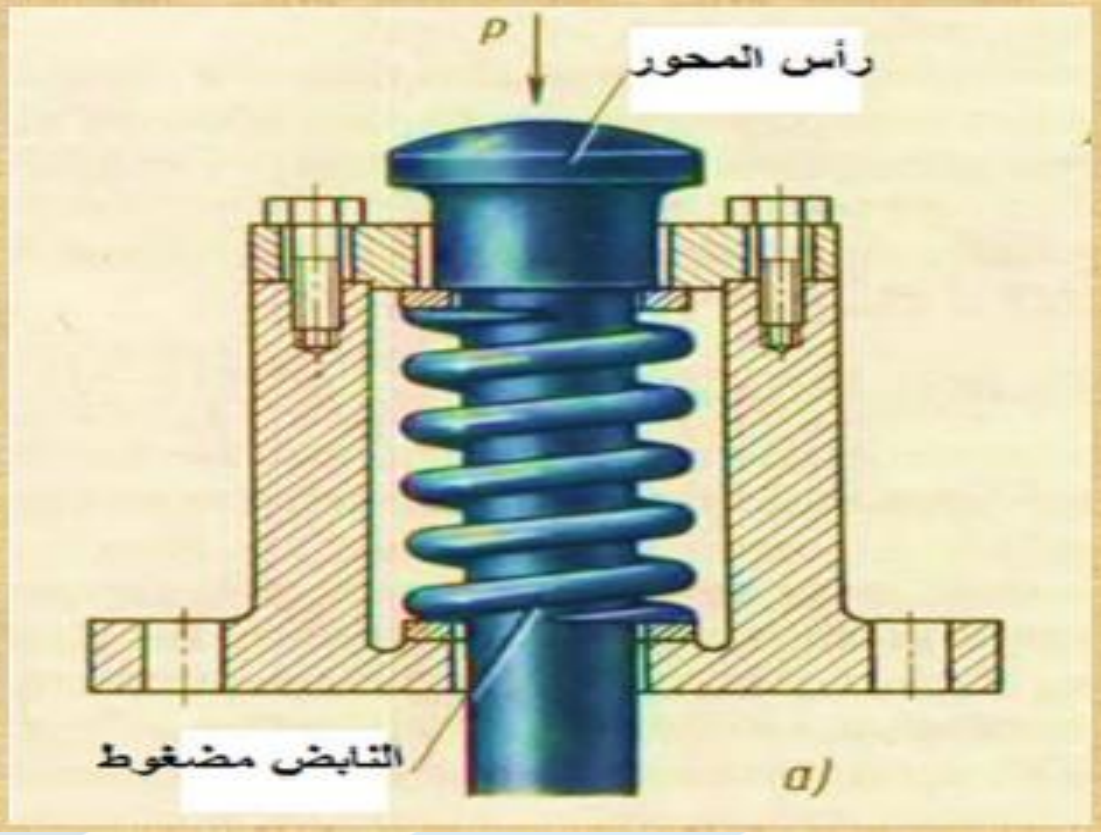
اجسام مرنة تقوم بامتصاص الطاقة الناتجة عن الاحمال عند تعرضها لقوى الشد او الضغط او الفتل وتعود الى شكلها الطبيعي بعد زوال تلك الاحمال .

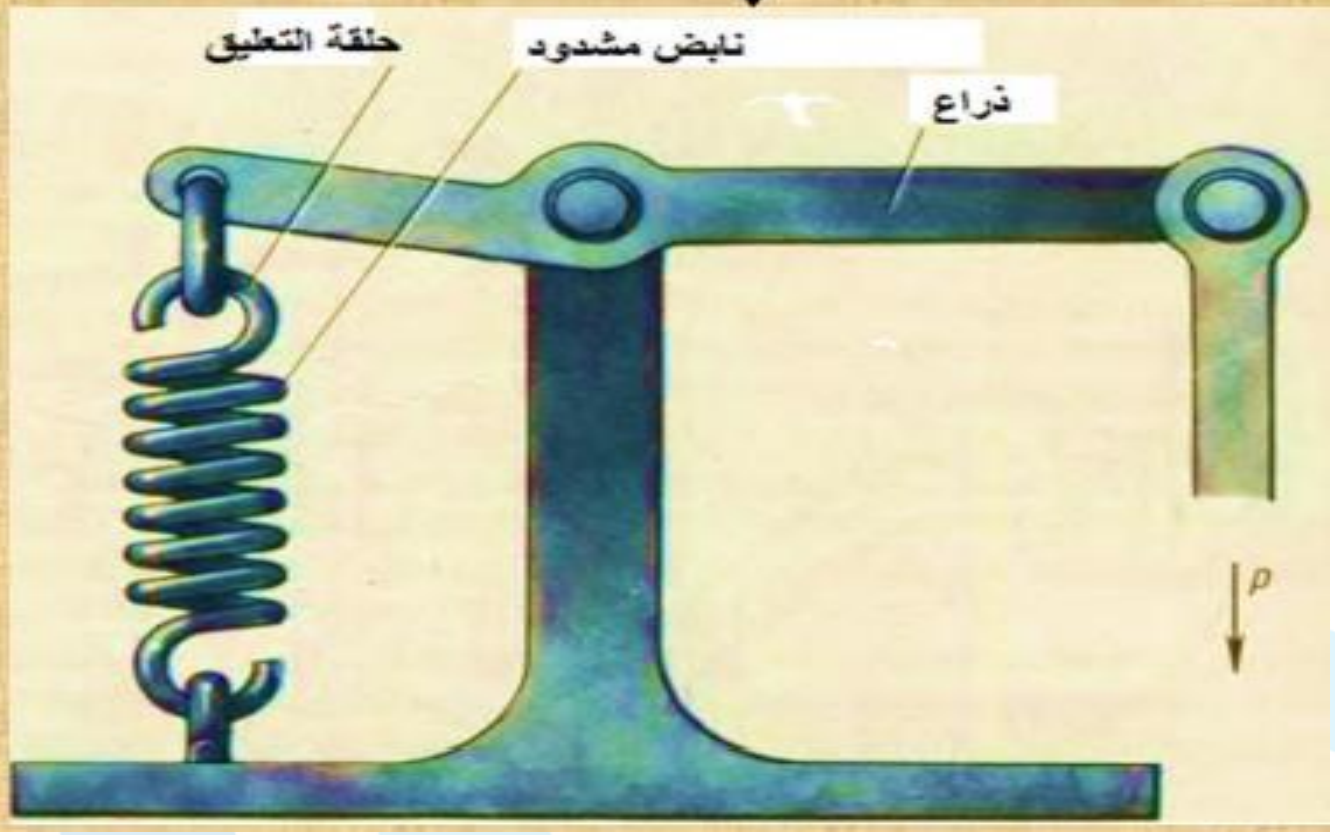
تستخدم في الالات والمعدات الهندسية الثابتة والمتحركة كمخمدات لقوى الصدم والاهتزاز ، كما تستخدم كوسائل لتخزين الطاقة (سيارات الالعاب الصغيرة والساعات ....وغيرها) ، انواعها واشكالها مختلفة .

تقسم من حيث الوظيفة

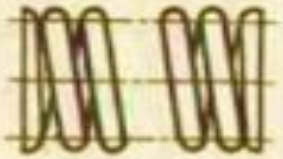
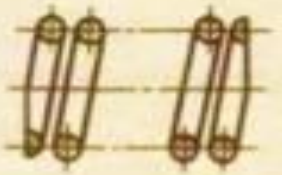
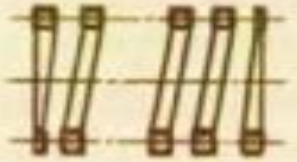
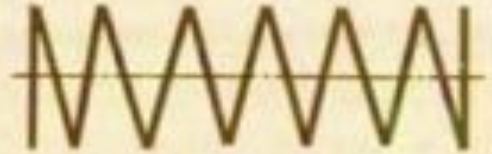
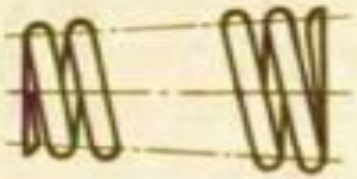
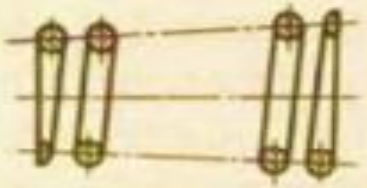
ضغط : القوى المطبقة ضاغطة على النابض

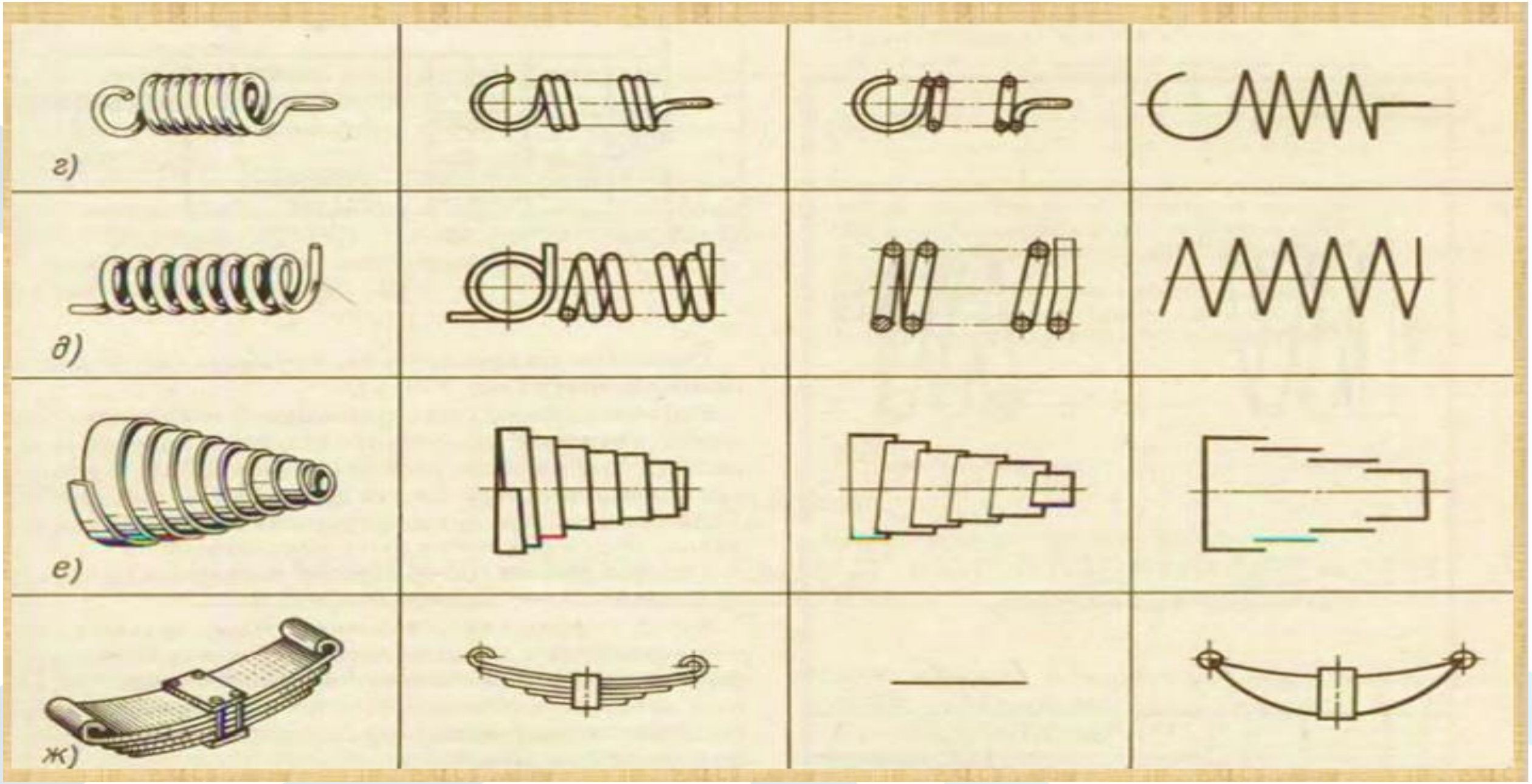
شد : القوة المطبقة تؤدي الى الاستطالة





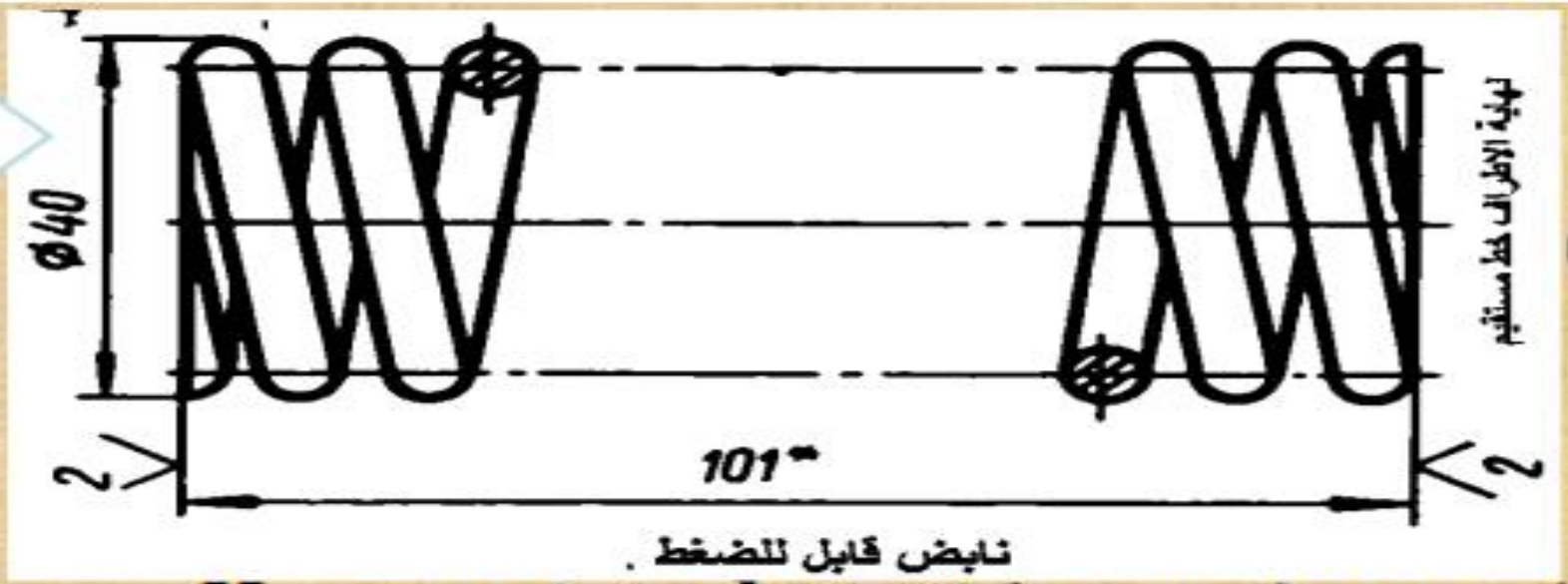
تمثيل النوابض

شكل النابض	تمثيل النوابض		
	في المسقط	في القطاع	الرمز
а)			
б)			
в)			


г)
д)
е)
ж)

ملاحظة

جميع النوابض تُرسم في حالتها الحرة دون تأثير القوى الخارجية عليها وتبعاً لشكل طرفي النابض .



نابض قابل للضغط .

تمثل بوجود فراغات بين اللفات

طول النابض أو ارتفاعه في الوضعية الحرة : $H_0 = n\,t + d$

عدد اللفات الكلي : $n_1 = n + 1,5$

بما انه في طرفي النابض يوجد (١,٥-٢) حلقة غير تامة لان الفراغ هنا اقل من الفراغ بين بقية الحلقات لذلك تستخدم هذه المعادلة

n - عدد اللفات الفعالة (العاملة)

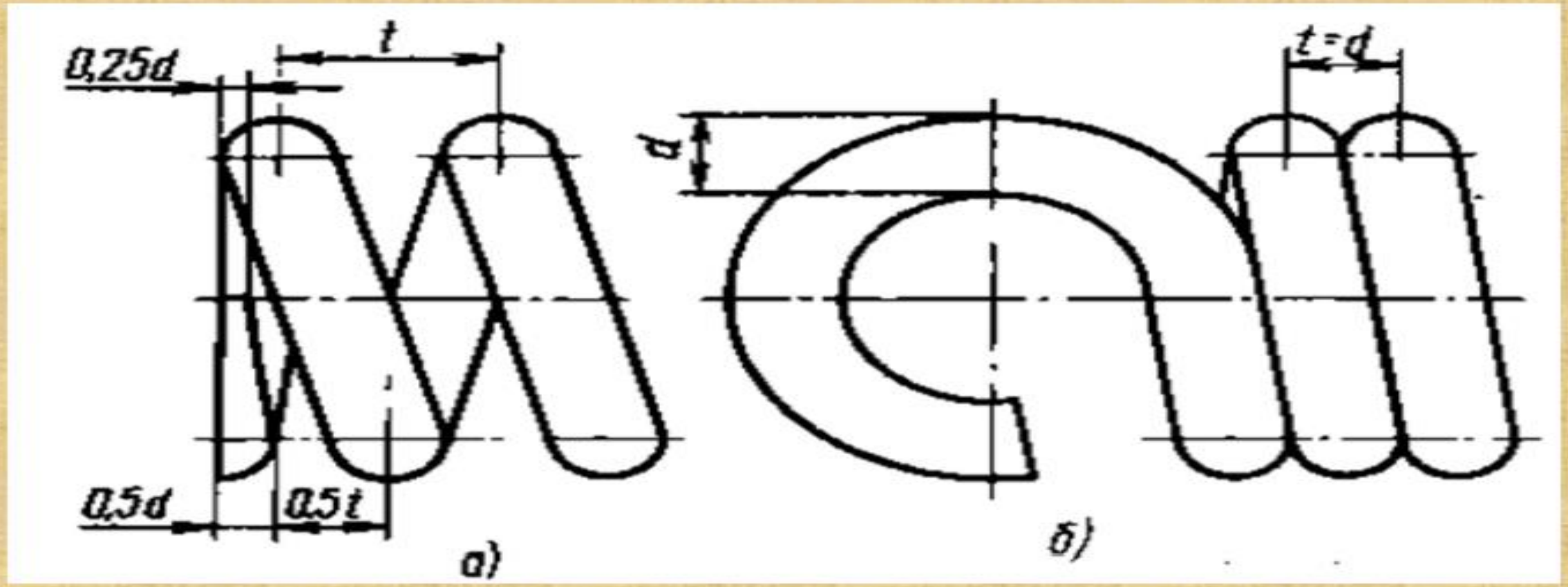
t - طول خطوة النابض

d - قطر سلك النابض

تمثيل النابض المشدود في المساقط

طول النابض المشدود: $H_0 = d(n+1)$

نصف قطر الخطاف $R = \frac{D-2d}{2}$



https://manara.edu.sy

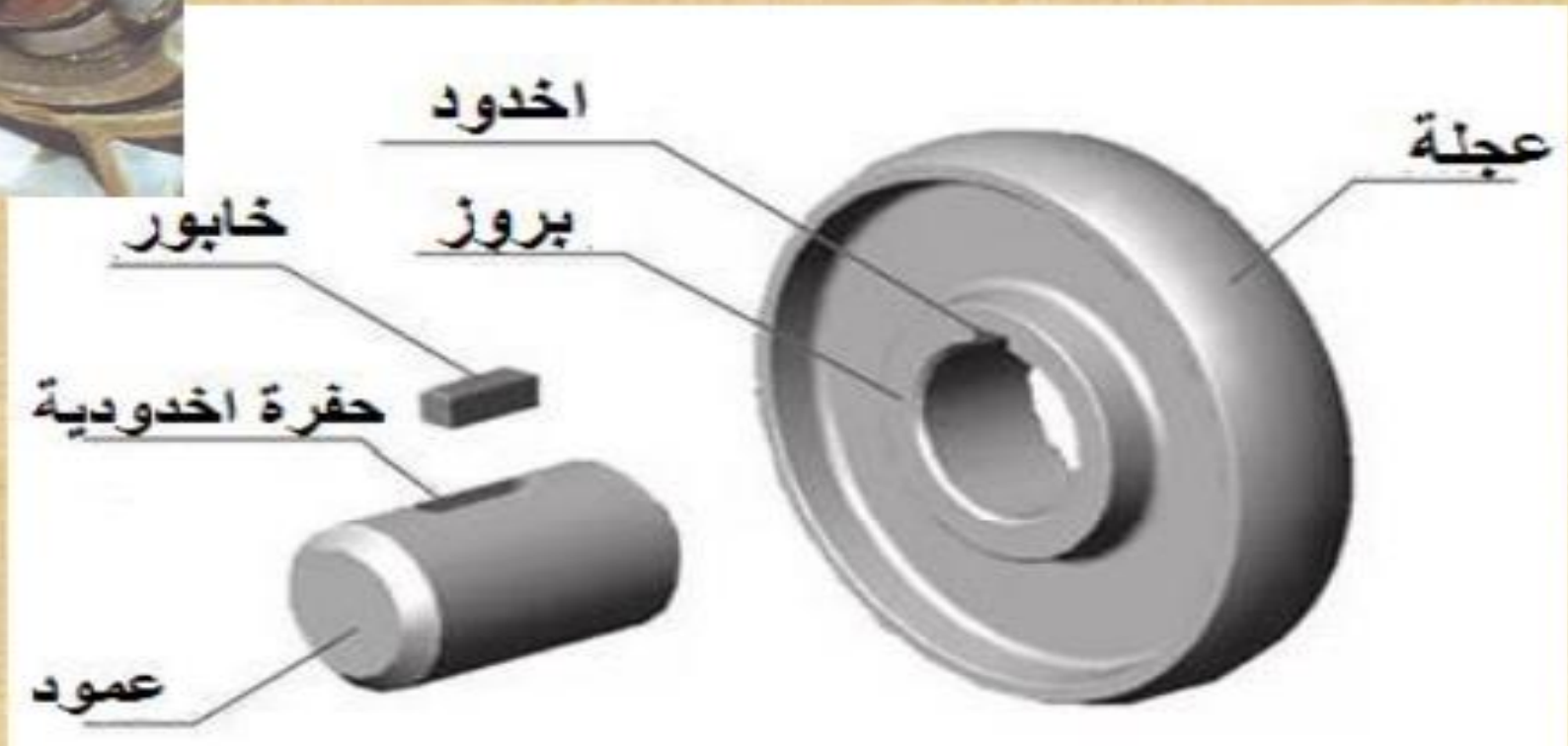
الخوابير والوصلات المخددة

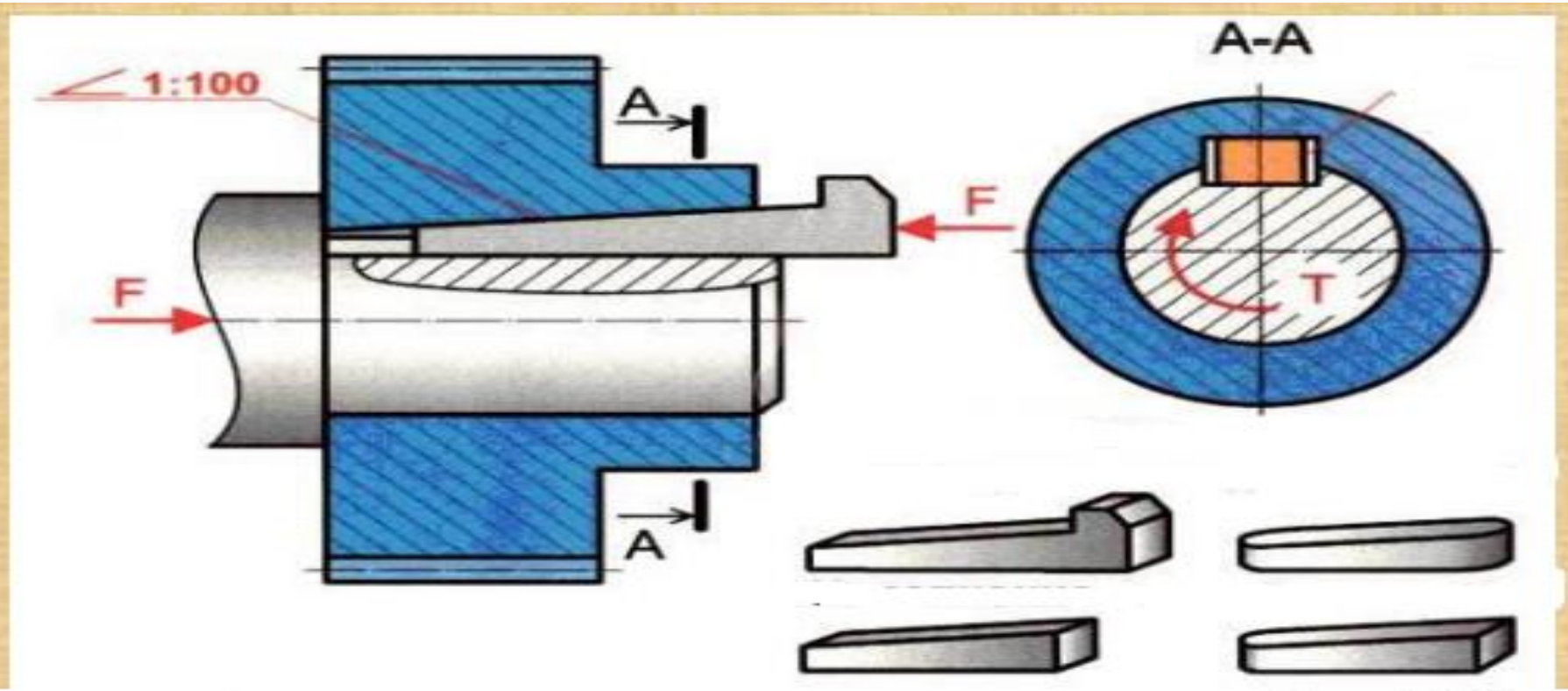
١ - الخوابير: قطع معدنية موشورية (مربعة او مستطيلة) تستخدم لتثبيت العجلات والمسننات والبكرات على محاور الاعمدة لتدور معها ، تصنع من الفولاذ بأبعاد قياسية حسب القوى المؤثرة والقطر (تؤخذ من الجداول)

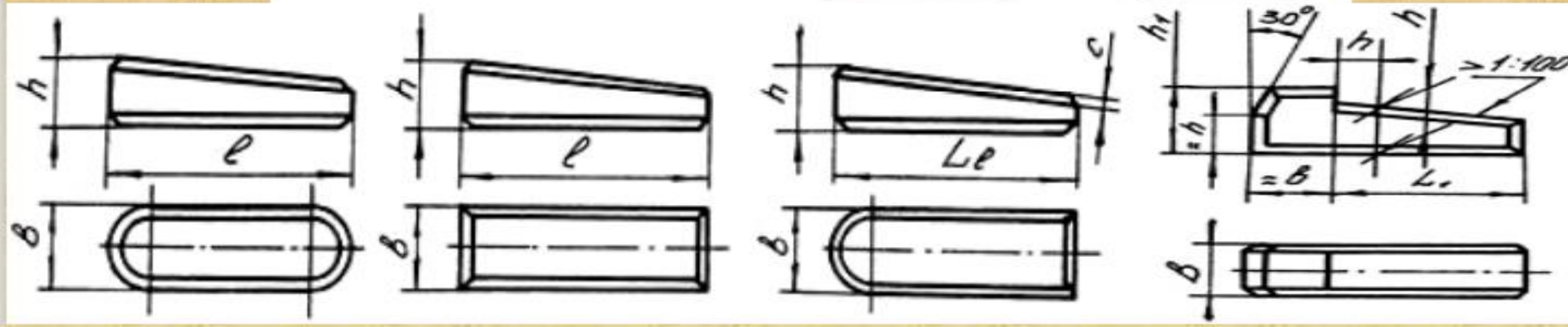
...key 20x12x90

المقطع - 12x20

الطول - 90

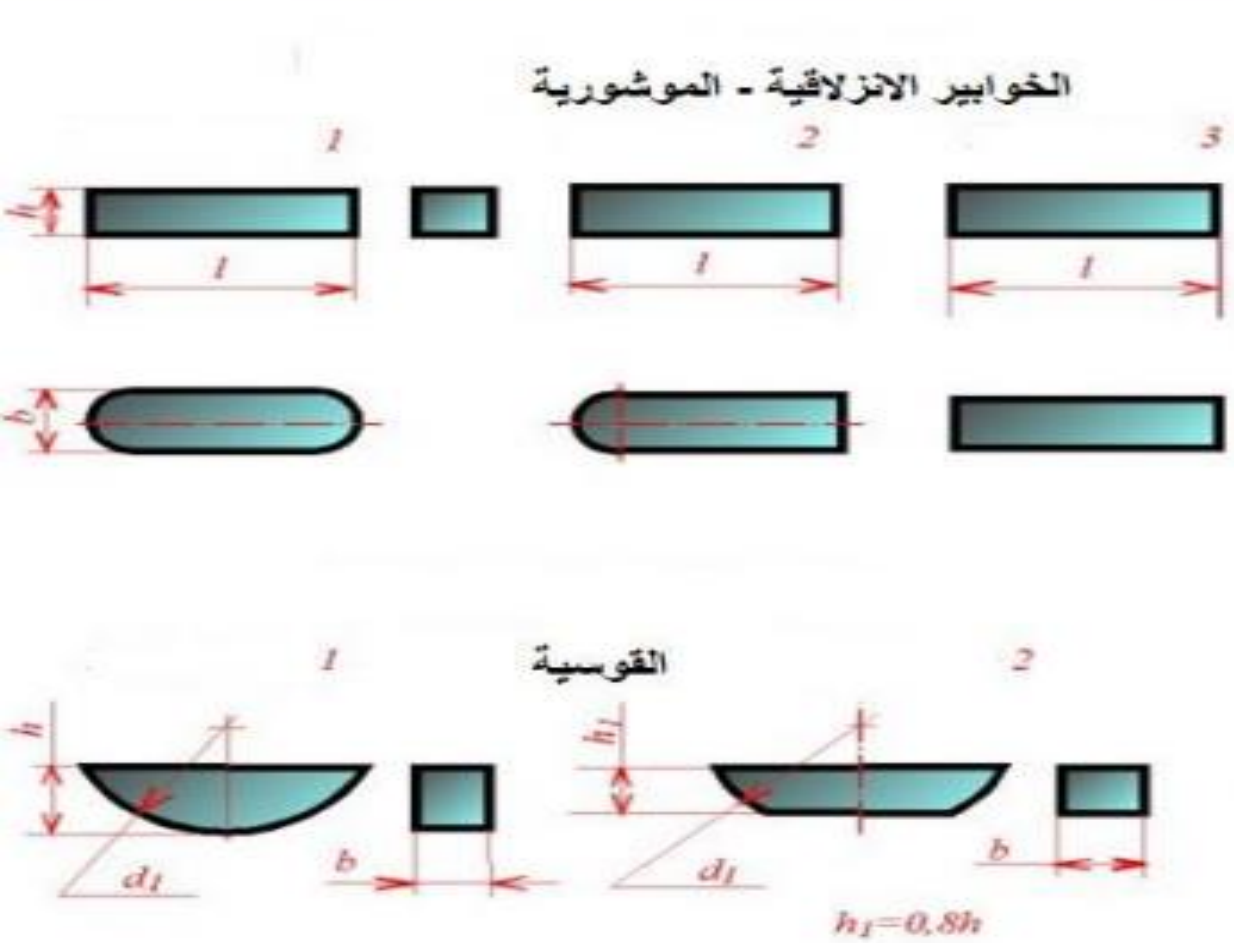


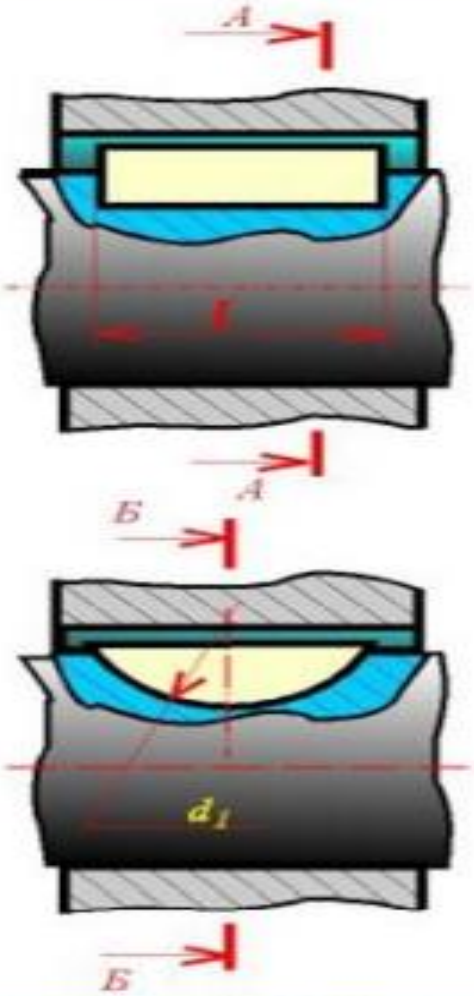

1:100
A
A
F
F
A-A
T

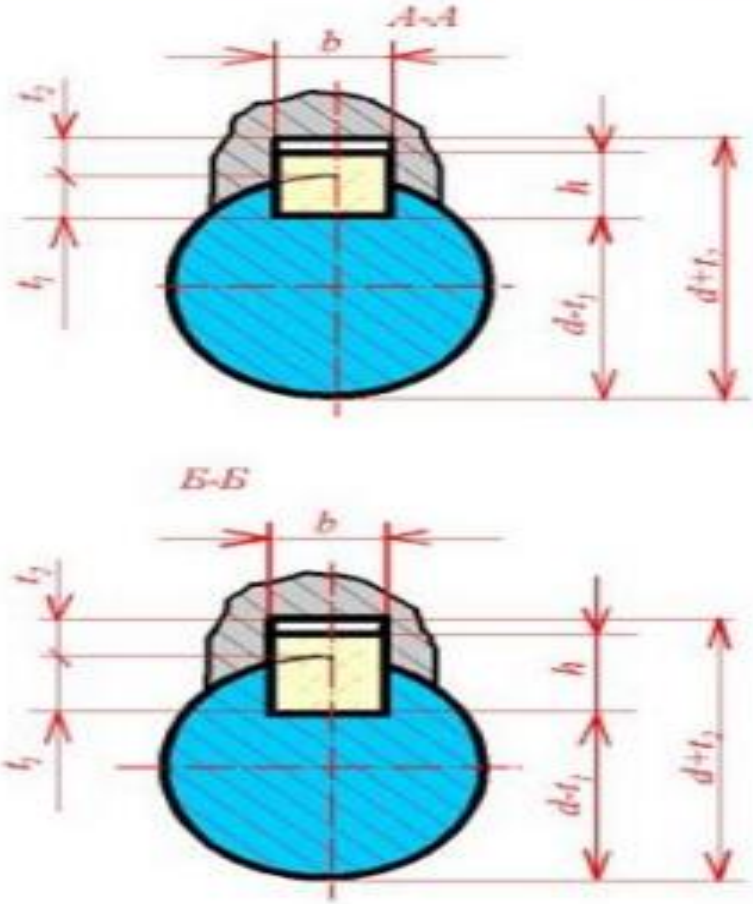

h
ℓ
b
h
ℓ
b
h
c
Lℓ
b
h1
30°
h
h
≈1:100
≈h
≈b
L1
b

أنواع الخوابير

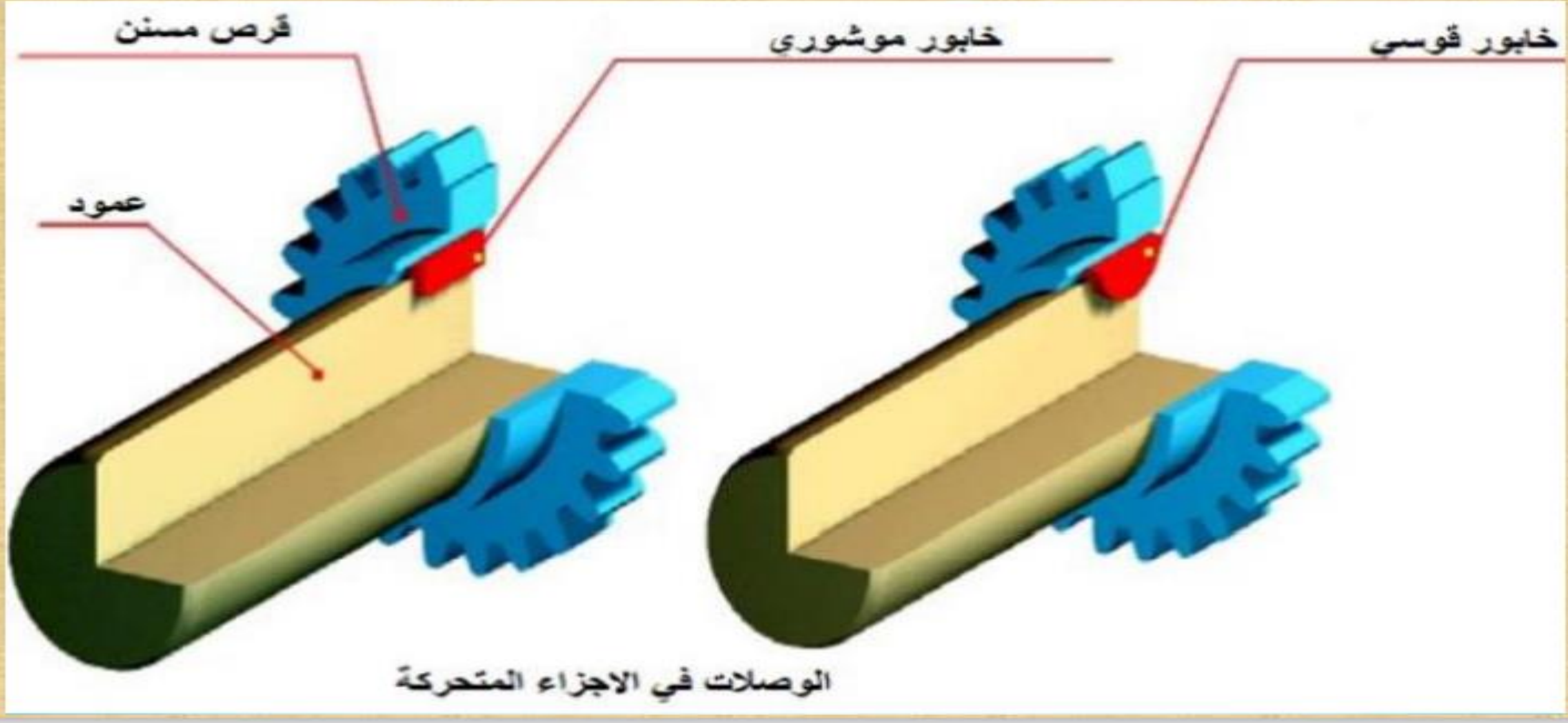
١ - الانزلاقية: تسمح بالانزلاق على اتجاه المحور وتصنع بدون ميل منها الموشوري والقوسي منها الغاطسة ومنها المسطحة





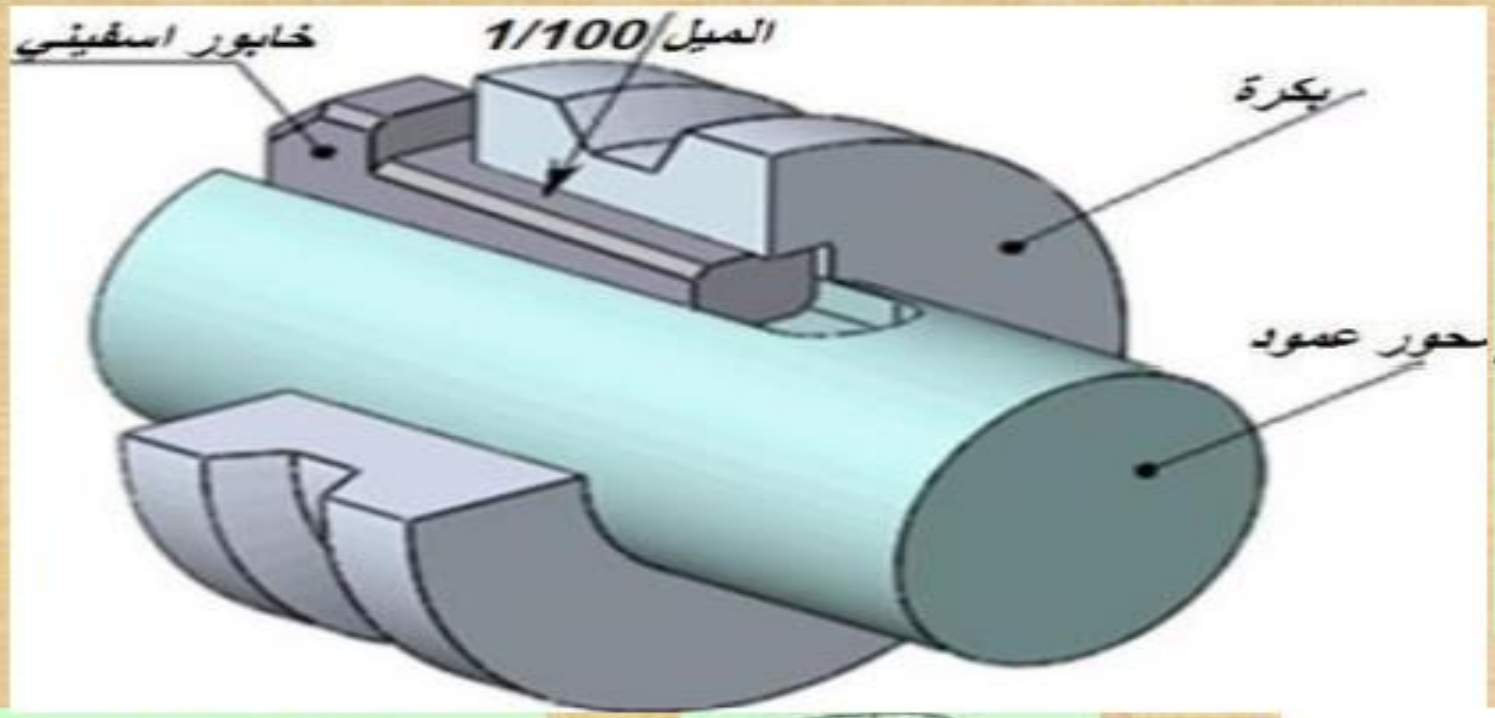


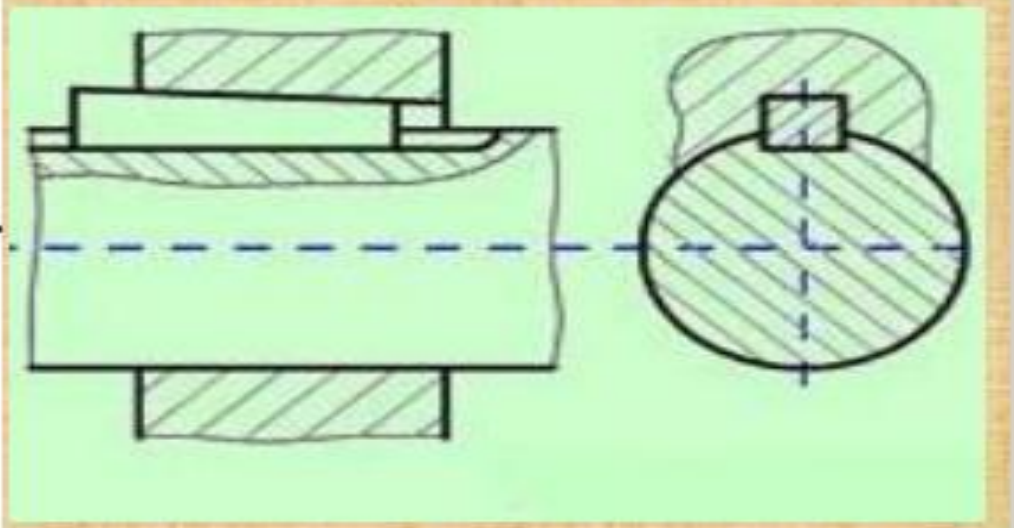
الانزلاقية

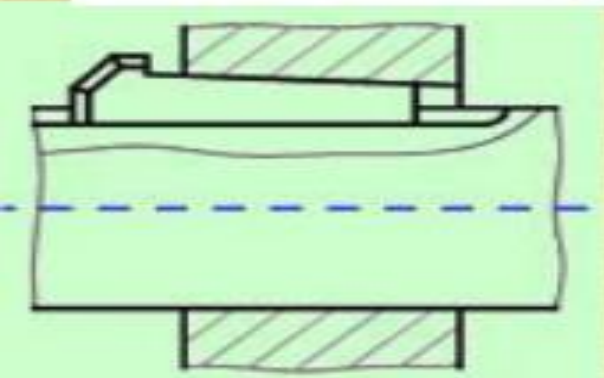


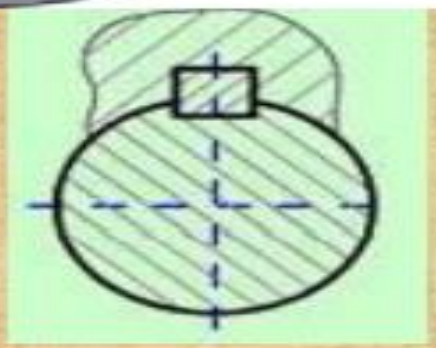
الوصلات في الاجزاء المتحركة

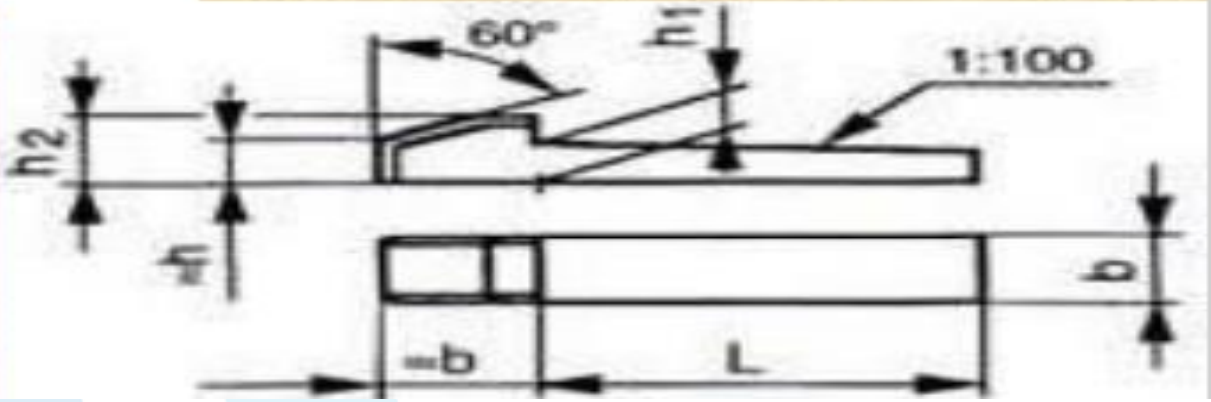
٢- **غير الانزلاقية** : لاتسمح بالحركة المحورية او الانزلاق على اتجاه المحور وتصنع بسطح علوي مائل بنسبة ١:١٠٠ (منها الغاطس ومنها السطحي)







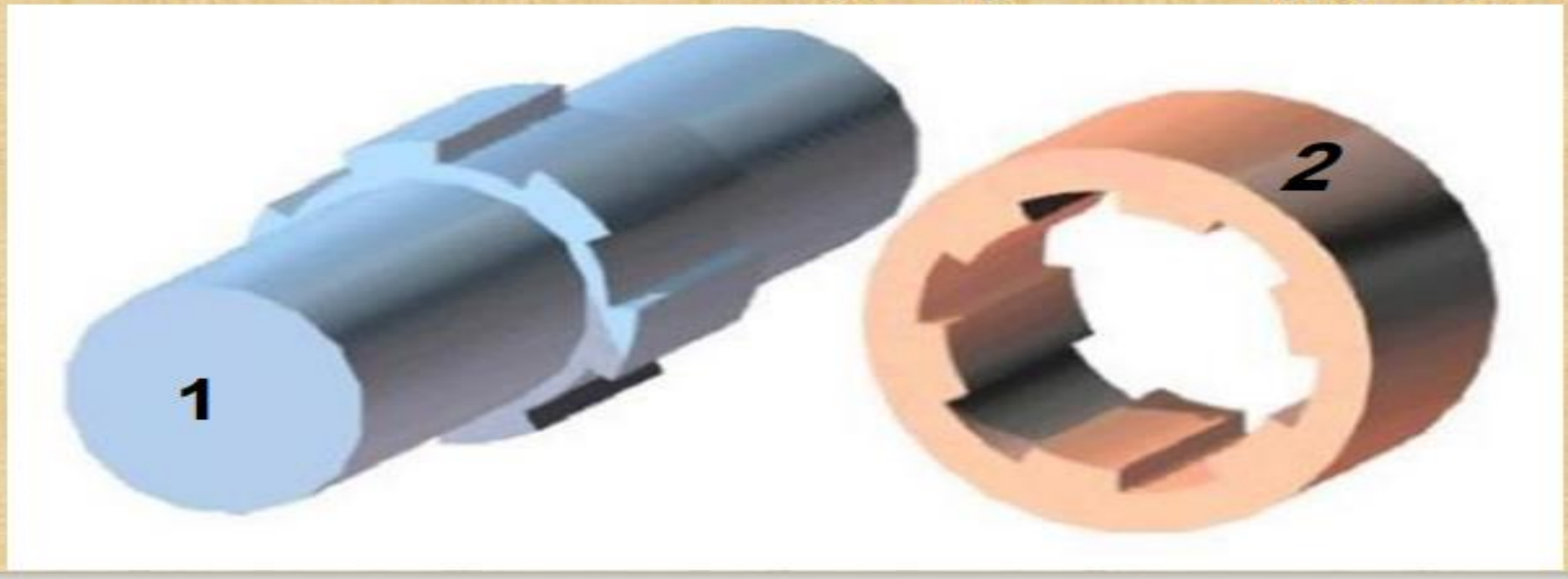


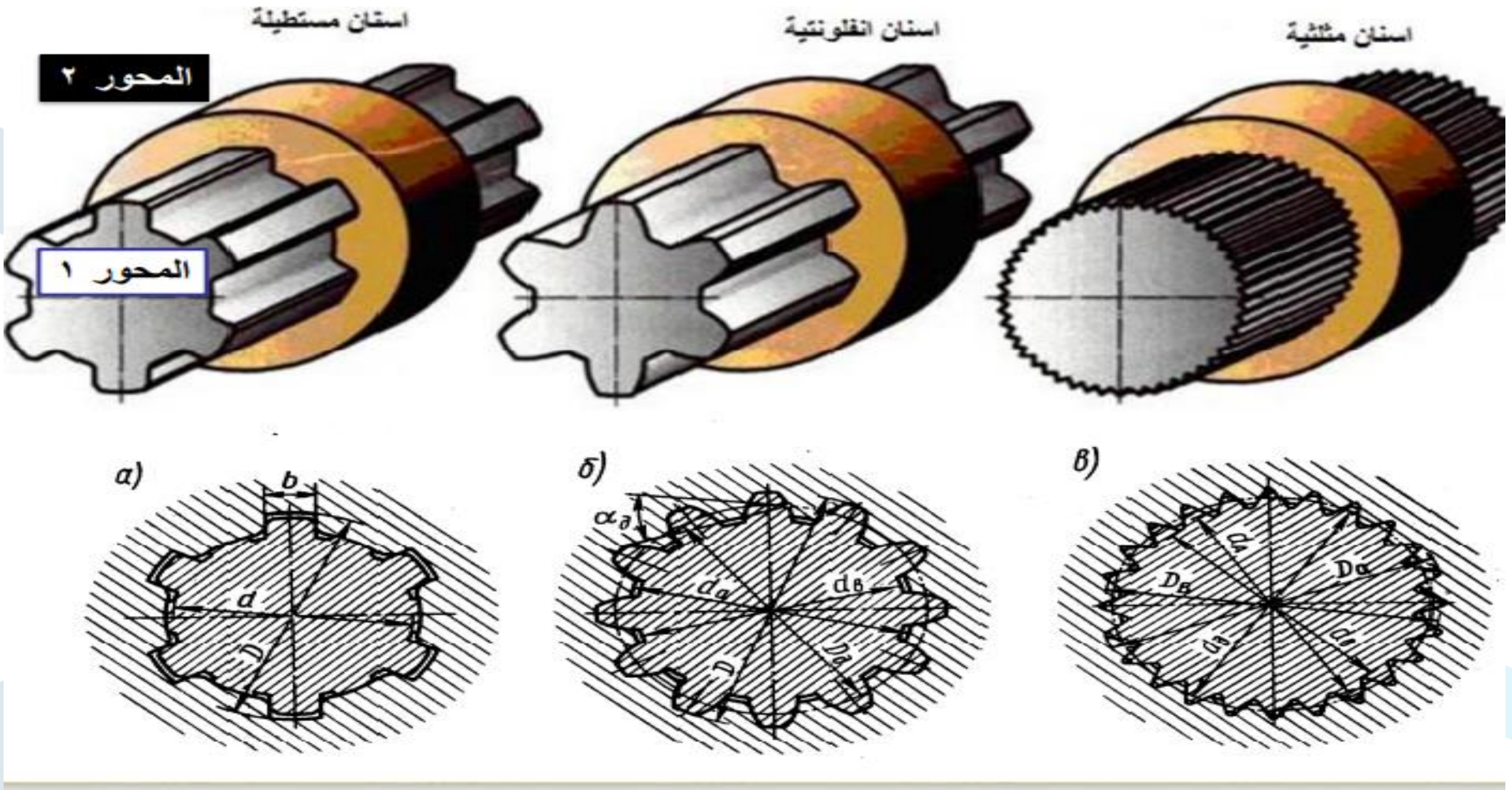


٢-الوصلات المخددة : تتكون من محورين الاول يتكون من بروزات منتظمة (اسنان) على محيطه تقابلها اخاديد تتعشق معها على المحور الثاني

تكون جوانب الاسنان مستطيلة او انفلونتية او مثلثية ، خواصها :

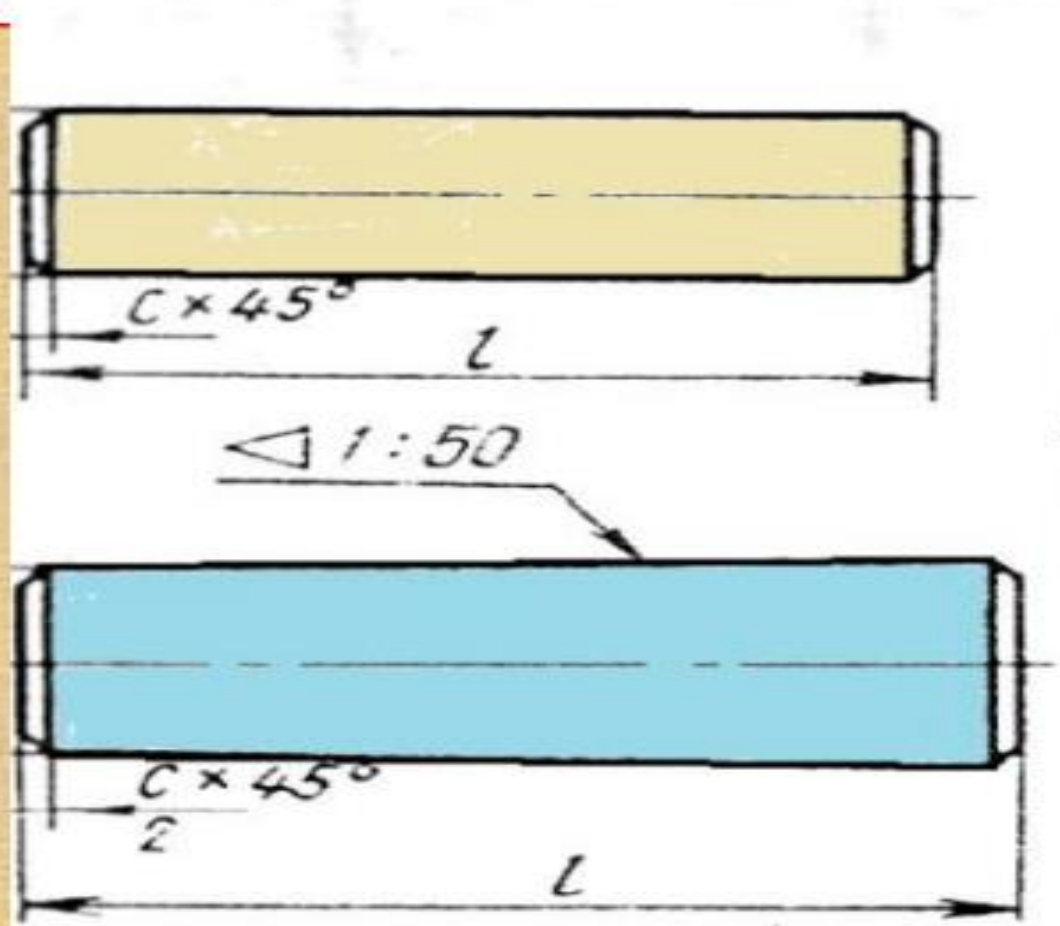
- نقل حمولات كبيرة
- - تعطي تمركز جيد للمحور وزيادة كبيرة في مقاومة الوصلة
- تؤمن سهولة انزلاق المسننات على المحور

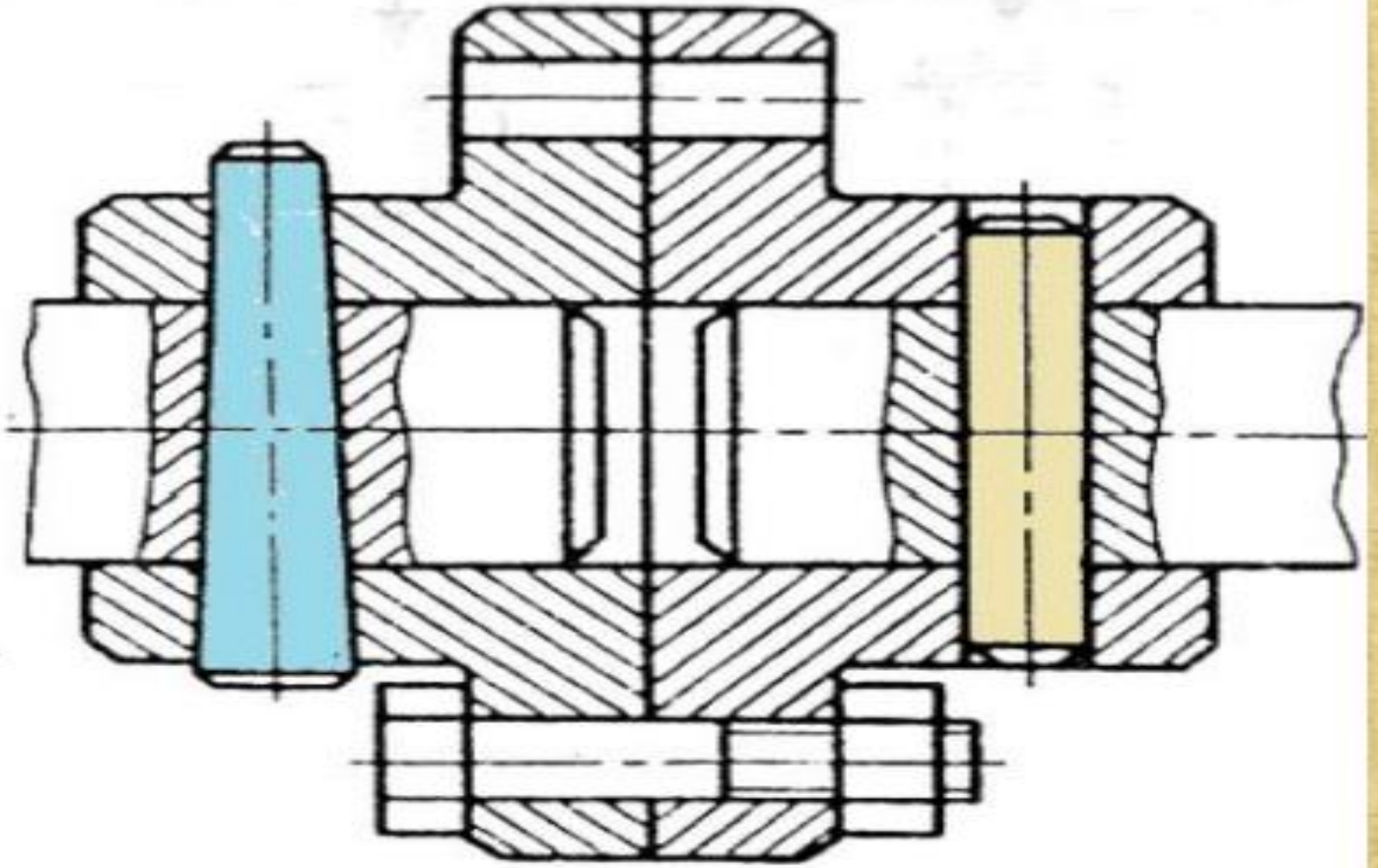


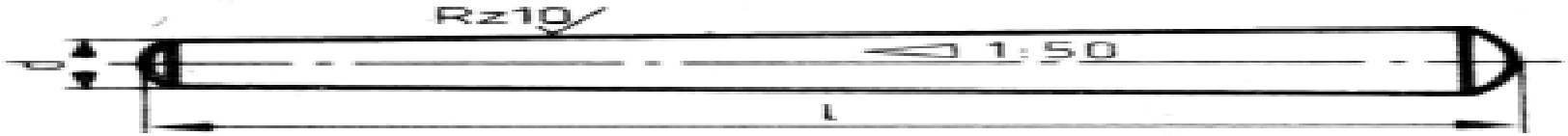

اسنان مستطيلة
اسنان انفلونتية
اسنان مثلثية
المحور ٢
المحور ١
а)
б)
в)
b
d
D
α_∂
d_a
d_B
D_a
D_B
$D\alpha$

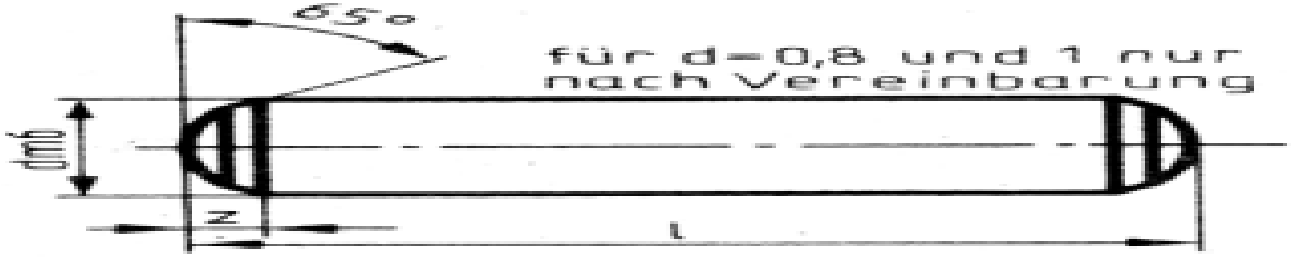
Pins اوتاد التثبيت .

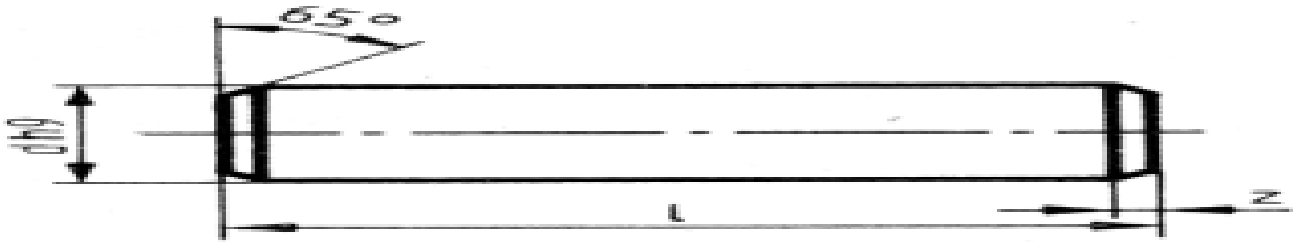
قضبان معدنية على شكل أسطواني أو مخروطي وتصمم عادة لنقل قوى كبيرة وتستخدم لتثبيت الأجزاء المختلفة بعضها ببعض أو لتأمين حركة مفصلية بين جزأين.

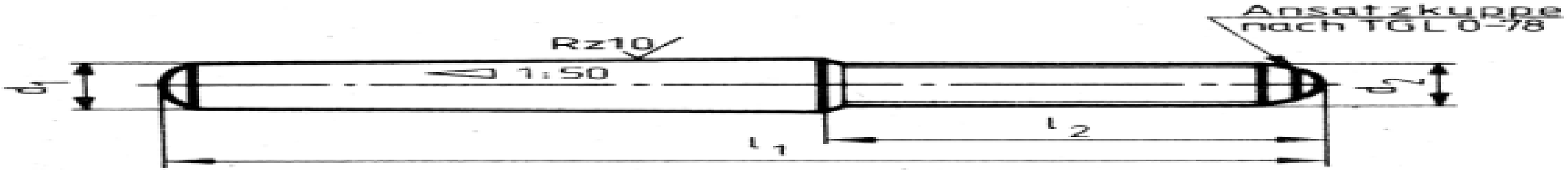




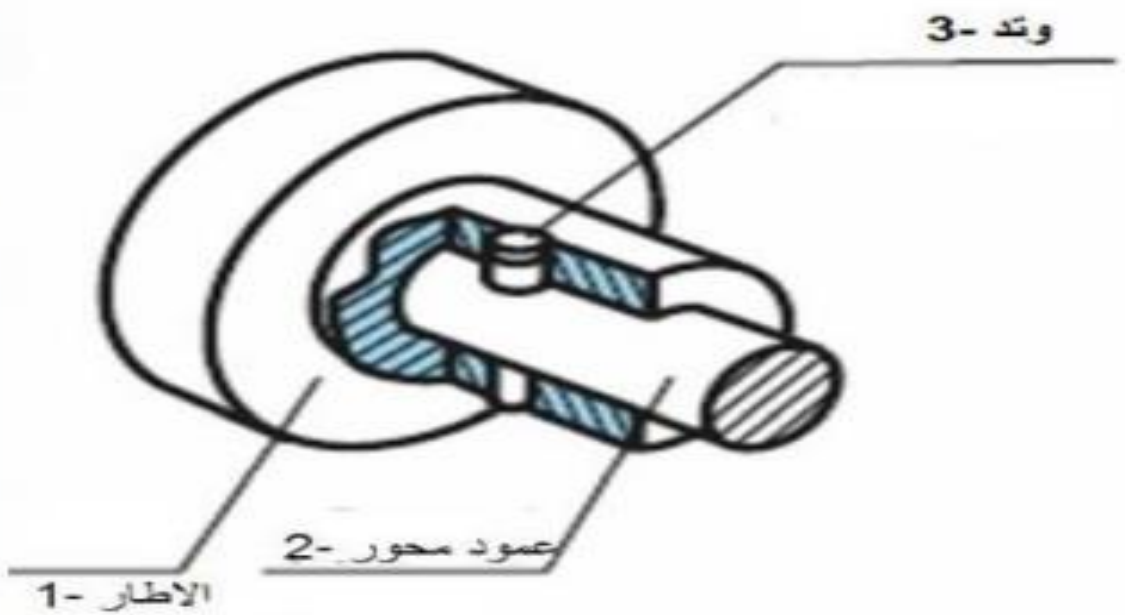

Rz10
1:50
d
l

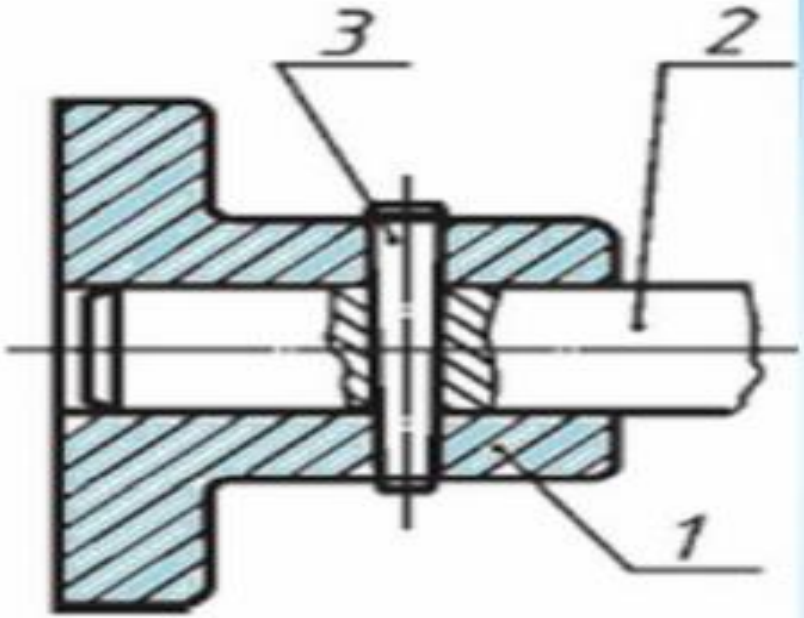

65°
für d=0,8 und 1 nur
nach Vereinbarung
d(d1)
z
l

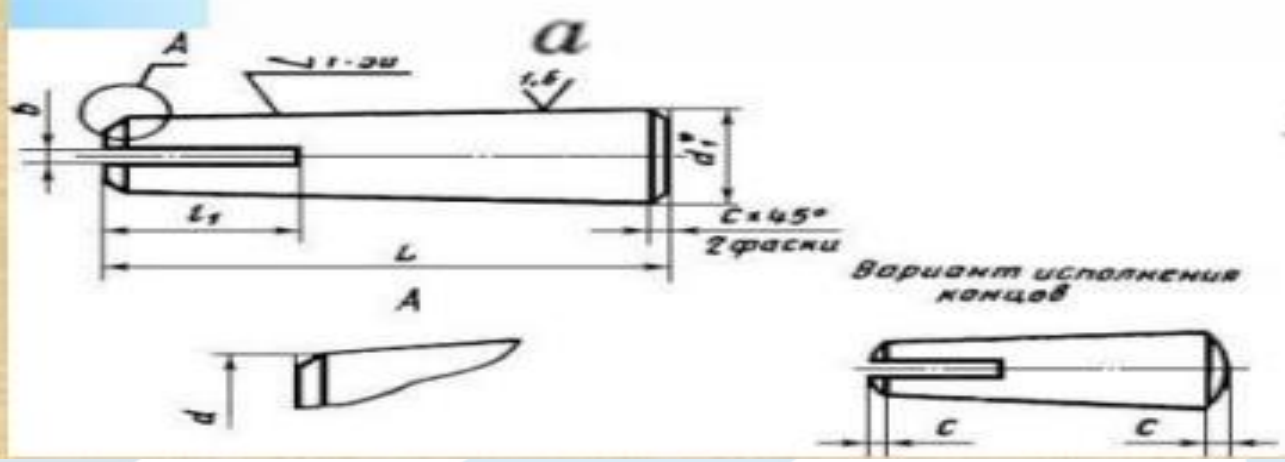

65°
d(d1)
l
z

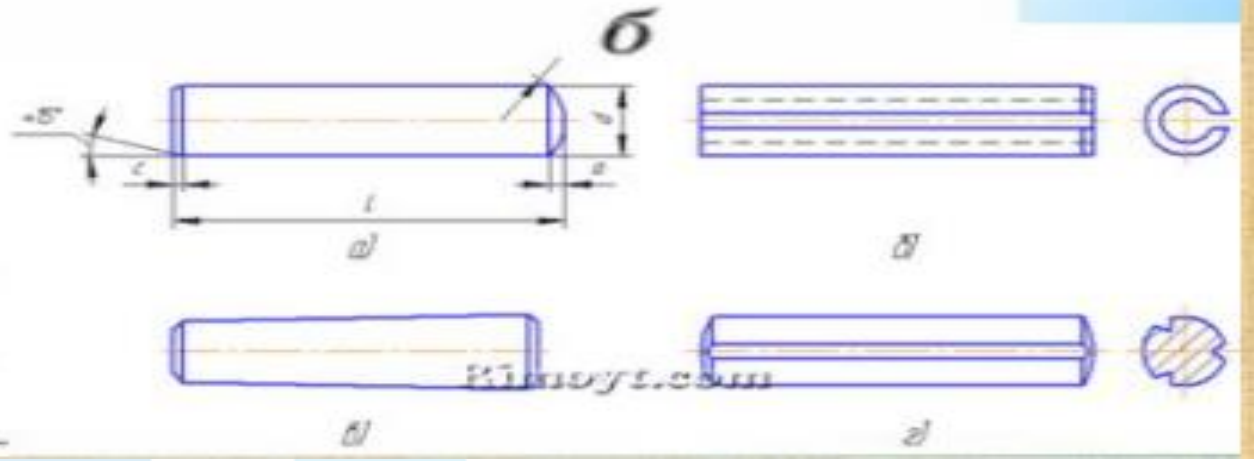

Ansatzkuppe
nach TGL 0-78
Rz10
1:50
d
d1
l2
l1

تمثيلها في الرسم







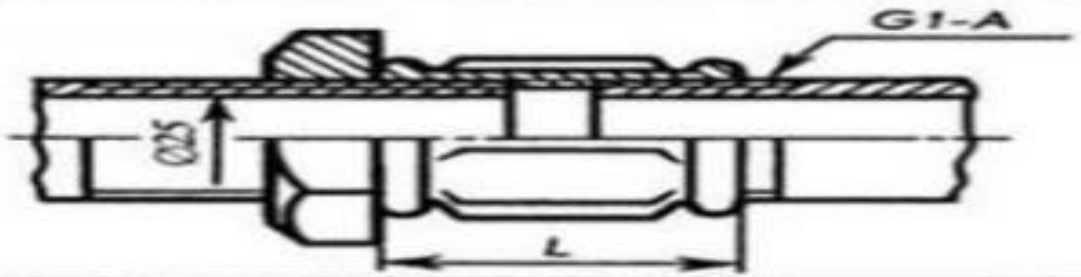
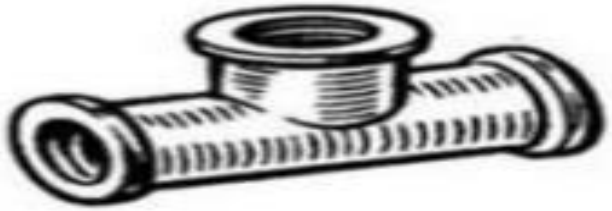
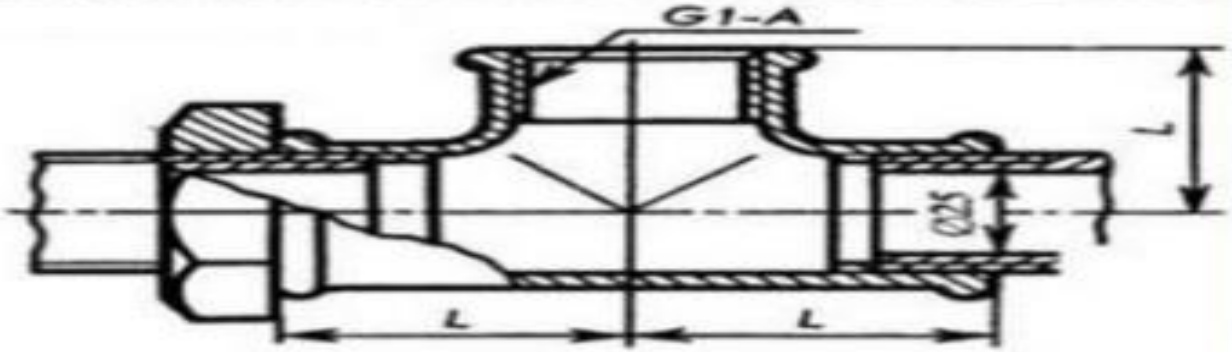
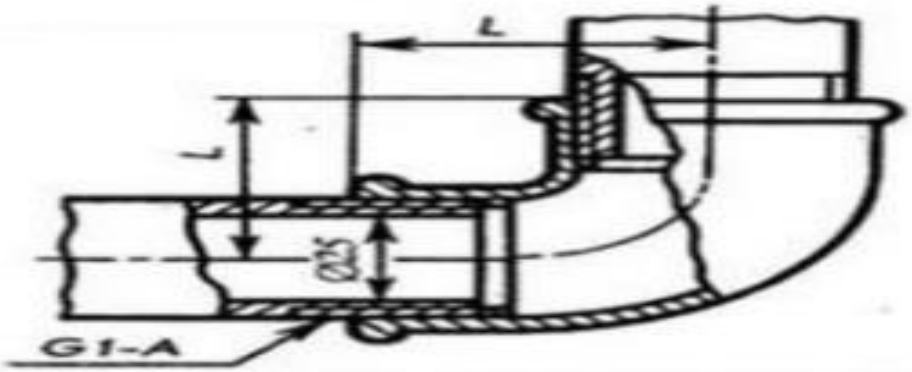


4. براغي (الزنق)

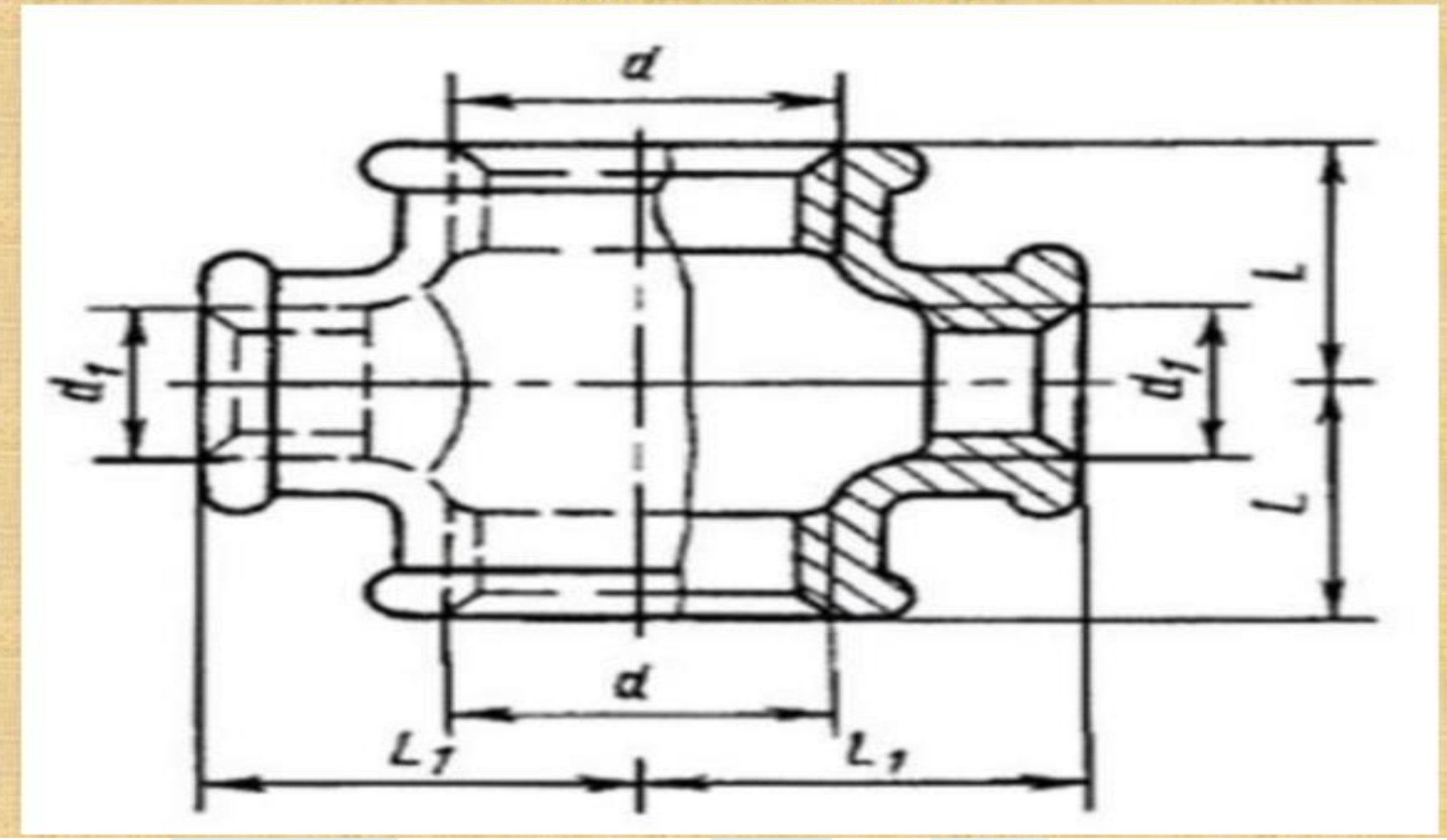
وصلات الانابيب

تستخدم لوصل الانابيب في الحالات التالية : عندما يكون طولها كبير- عند التحويل من اقطار صغرى الى اكبر او العكس – عند الحاجة الى تغيير مسار الانابيب

تمثيل الوصلات الشائعة

نوع الوصلة	التمثيل في الرسم
وصلة ثنائية مباشرة	
وصلة ثلاثية حرف T 	
وصلة زاوية	

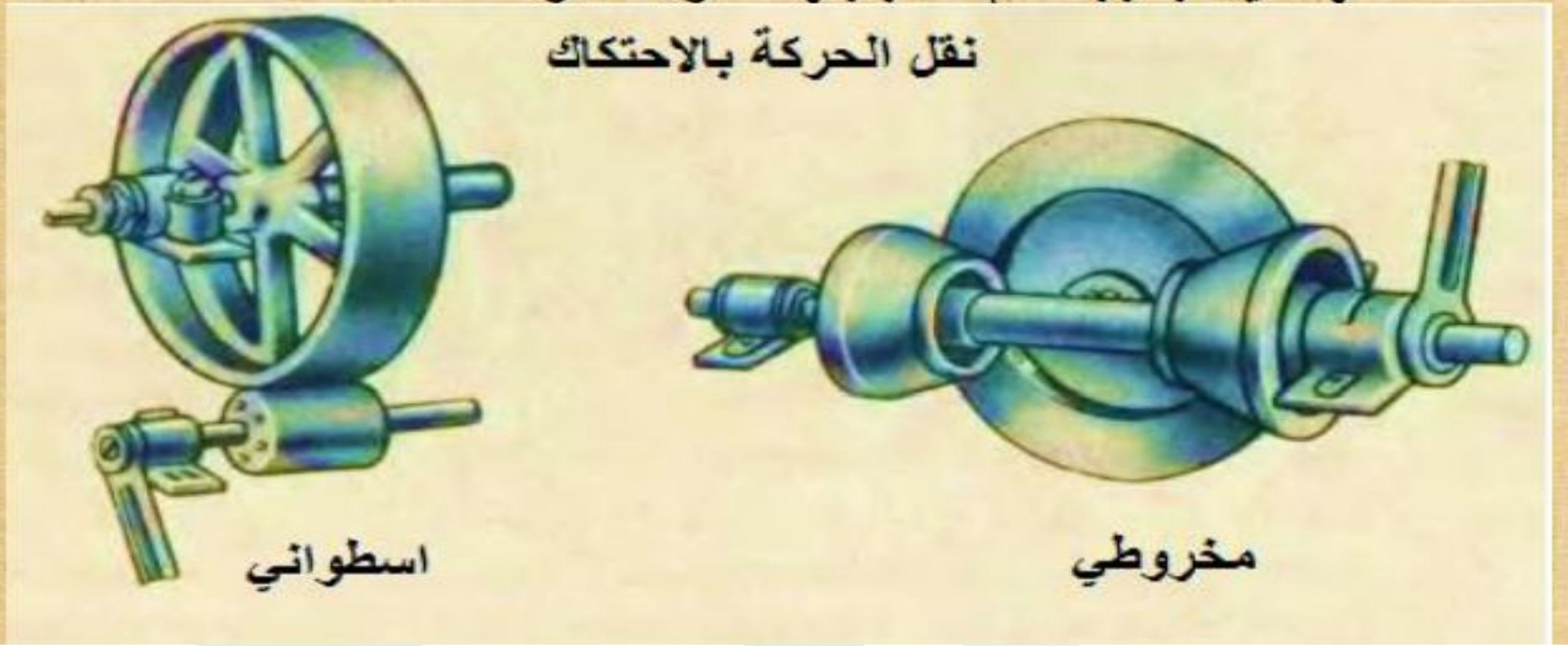
تمثيل الوصلة الرباعية



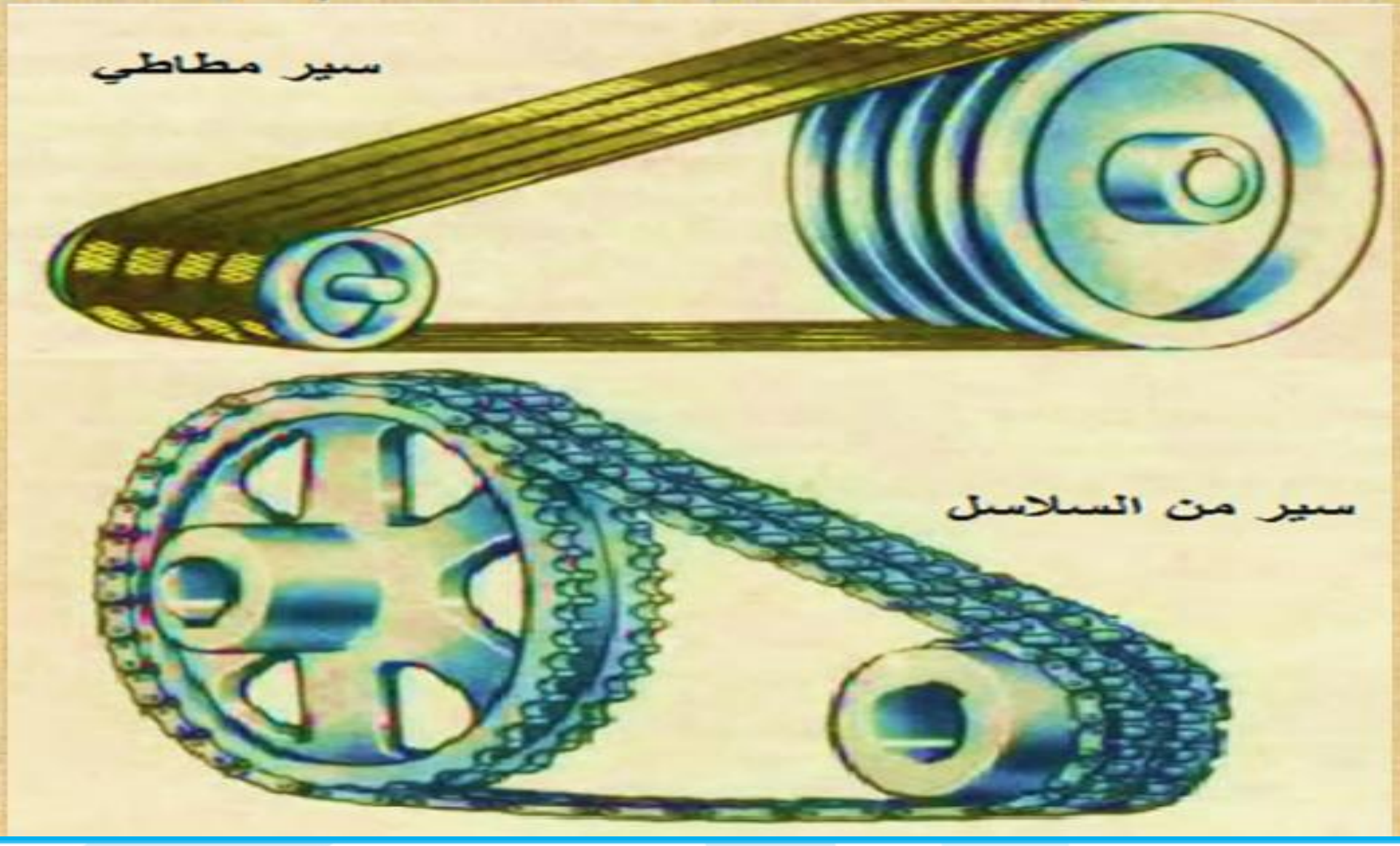
وسائل نقل الحركة الدورانية

تستخدم لنقل الحركة من احد اجزاء الالة الى آخر وانواعها عدة :

١ - النقل بالاحتكاك المتولد عند ضغط بكرتين او مخروطين متقابلين احدهما متحرك استخداماتها قليلة بسبب عدم استجابتها للحولات الزائدة

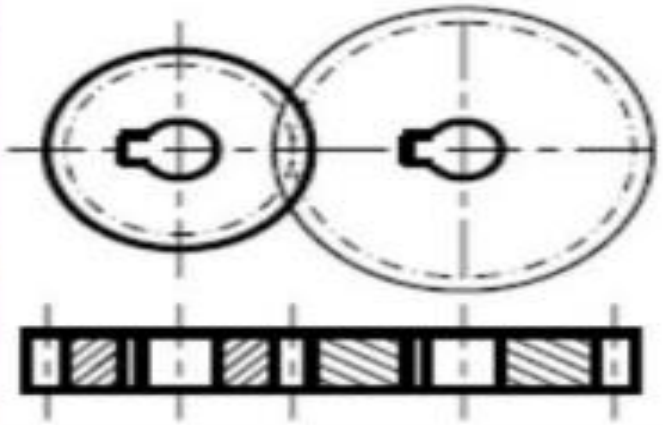
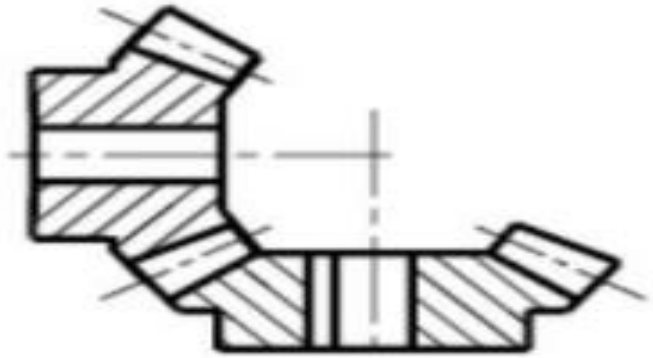


٢- بالسيور وبالسلاسل عندما تكون محاورها متوازية يمكن نقل الحركة فيها لمسافات بعيدة عن بعضها كما يمكن تغيير اتجاه الحركة فيها سريعة التآكل او الاهتراء

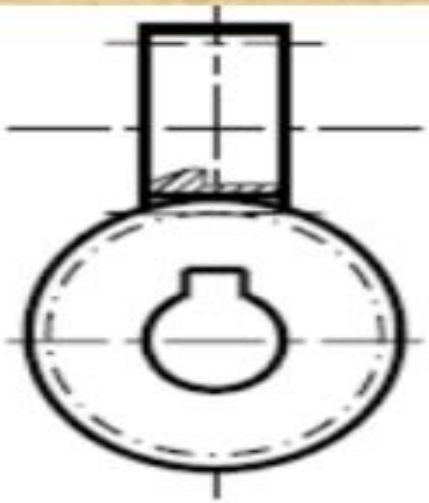
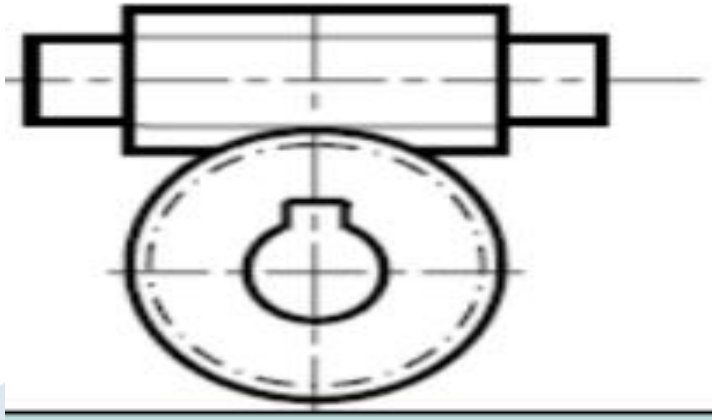


٣- نقل الحركة بالمسننات : واسعة الانتشار ،تنقل حمولات عالية ، مرنة يمكن نقل الحركة بين المحاور المتوازية ،المتلاقية والمتعامدة ، انواعها مختلفة

التمثيل الهندسي للمسننات

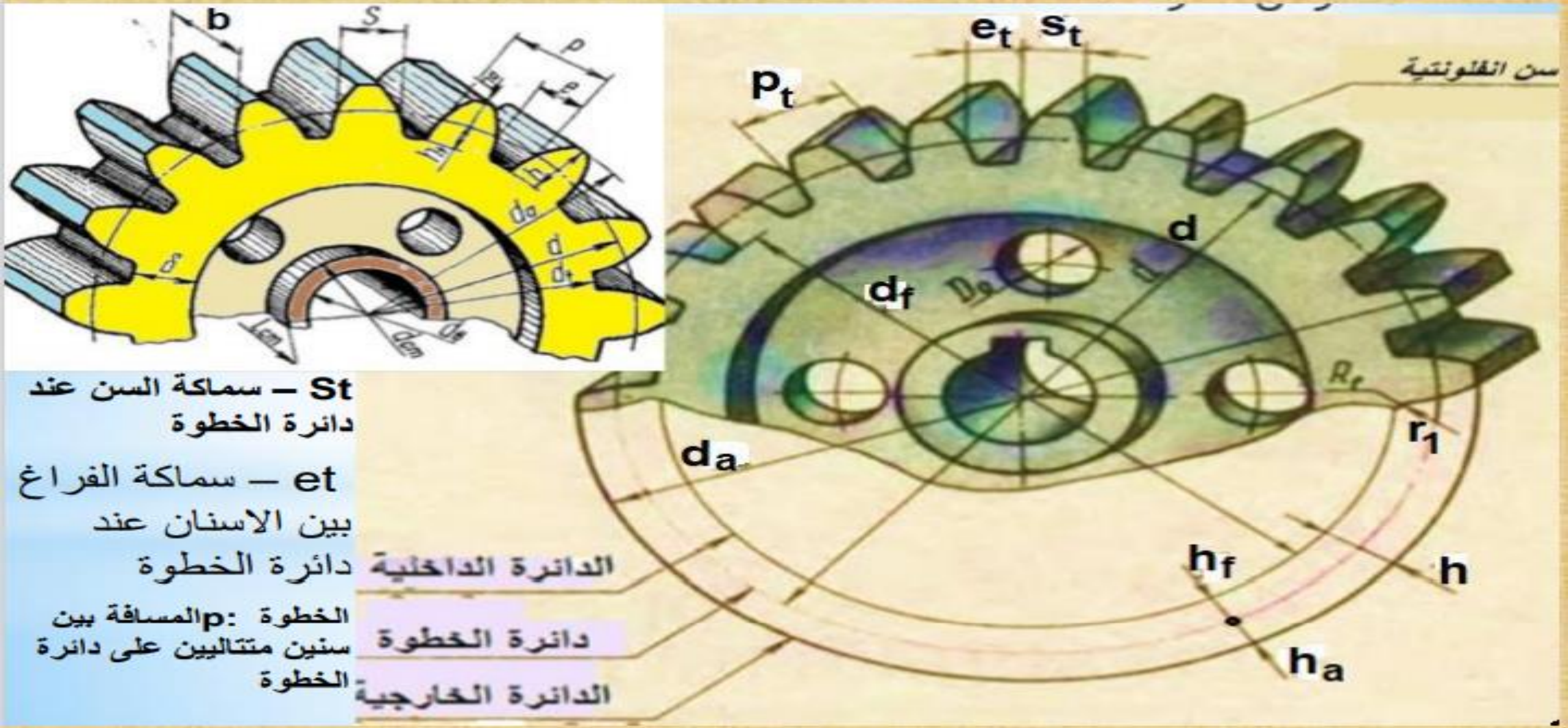
تروس أسطوانية ذات أسنان مستقيمة أو مائلة		
تروس مخروطية ذات أسنان مستقيمة أو مقوسة		

الموديول m : رقم لتعشيق المسنن يستخدم للتخلص من قيمة π عند حساب دائرة الخطوة

تعاشيق تروس حلزونية		
ترس دودي و دودة		

الخطوة p: المسافة بين سنين متتاليين على دائرة الخطوة

أ- الاسطوانية : تحتوي على اسنان تنقل الحركة عند التعشيق مع اسنان قرص آخر



St – سماكة السن عند دائرة الخطوة

et – سماكة الفراغ بين الاسنان عند دائرة الخطوة

الخطوة :pالمسافة بين سنين متتاليين على دائرة الخطوة

الرمز	بيانات المسنن	الصيغ الرياضه لحسابه
h_a	ارتفاع قمة السن	$h_a = m$
h_f	ارتفاع قاعدة السن	$h_f = 1,25m$
h	ارتفاع كامل السن	$h = h_a + h_f = 2,25m$
d	قطر دائرة الخطوة	$d = m\,z$
d_a	قطر الدائرة الخارجية	$d_a = d + 2h_a = m(z+2)$
d_f	قطر الدائرة الداخلية	$d_f = d - 2h_f = m(z-2,5)$
P_t	الخطوة	$P_t = \pi\, m$
S_t	سماكة السن	$S_t = 0,5P_t = 0,5\pi\, m$
R_f	نصف قطر القوس بين الدائرة الداخلية والقاعدة	$R_f = 0,25m$
e_t	سماكة حافة السن	$e_t = 0,5P_t = 0,5\pi\, m$

في حال وجود مسنن يحتوي على بروز محوري فيه ثقوب تضاف الى الجدول السابق البيانات التالية

بيانات المسنن		العلاقات المستخدمة
b	سماكة حافة المسنن	$b = (2,5 - 3)m$
d_c	قطر دائرة بروز المسنن	$d_c = (1,6 - 1,8)D_B$
k	سماكة القرص في منطقة الثقوب	$k = (3 - 3,6)m$
D_1	قطر دائرة توضع الثقوب	$D_1 = (D_k + d_c)$
D_o	قطر دائرة الثقب	$D_o = \frac{D_k - D_c}{2,5 - 3}$
c	شطفة حواف محور القرص	$c = 0,5m \times 45$
l_{ct}	طول البروز عند محور المسنن	$l_{ct} = 1,5\, D_B$

D_B قطر العمود المحوري

المراجع

AARON.D(Machine Design theory and practice) Macmillan publishing CO New- York

M.F SPOTTS (Design of Machine Elements) prentice Hall India Pvt Limeted

Winkler,J.:Festkoerperbeanspruchung.Fachbuchverlag Leipzig1985

Scheuermann,G.: Verbindungselemente Fachbuchverlag Leipzig1966

Rothbart.H.A.:Mechanical Design and Systems.Mc GRAW-HILL BOOK COMPANY New York 1964

Moisseif,L.S.,E.F. Hartmannand R.L. Moor: Riveted and Pin-connected Joints of Steel and Aluminum Alloys>ASCE vol.109 1944.

Laughner,V.H.,and A.D.Hargan:Handbook of Fastening and Joining Metal Parts>McGraw-Hill Book Company,Inc.,new York 1956.

المراجع

- Laughner,V.H.,and A.D.Hargan:Handbook of Fastening and Joining Metal Parts>McGraw-Hill Book Company,Inc.,new York 1956.
- Belyaev, N. M: Strength of Materials,., Moscow1979.
- Shigley, J. E., Theory of Machines McGraw-Hill Book Company, 1990.
- G James H. Earle Graphics for Engineers, , 5 th ed., Prentice-Hall, UK, 1998
- ديناميك الالات الدكتور محمد نجيب عبد الواحد منشورات جامعة حلب ١٩٩٠٩
- تصميم الالات (1) الدكتورعلاء سيد باكير والمشرف على الأعمال محمد البكار جامعة حلب ٢٠١١
- د.زهير طحان تصميم الالات منشورات جامعة حلب
- دوبروفسكي و اخرون تصميم أجزاء الماكينات دار مير للنشر و الطباعة ١٩٧٩
- ستوبين مقاومة المواد دار مير للنشر والطباعة ١٩٨٧
- تصميم الالات الدكتور نوفل الأحمد منشورات جامعة تشرين ١٩٩٩
- تصميم الالات (١) الدكتور مفيد موقع منشورات جامعة حلب ١٩٩٧