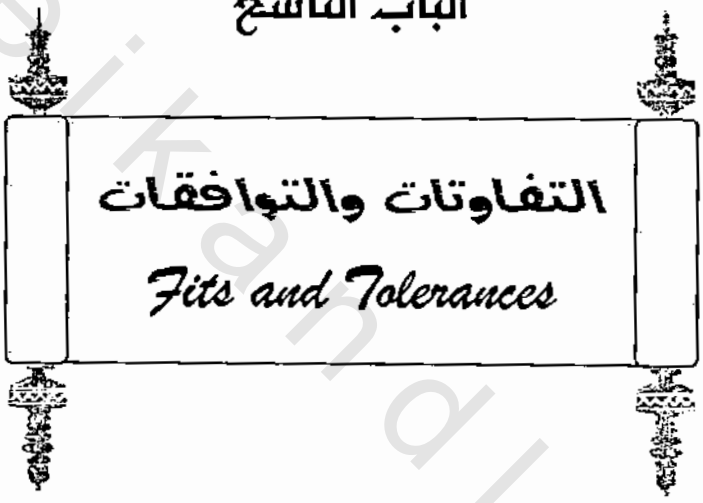
الباب التاسع



obeikandl.com

obeikandl.com

تمهيد

التفاوت هو مقدار عدم الدقة أو الخطأ المسموح به في البعد الأسمى. هذا الخطأ يفرض وجوده في عمليات التشغيل لعدة عوامل مثل.. دقة الآلات والماكينات ودقة وحساسية أدوات وأجهزة القياس المستخدمة في الإنتاج، واختلاف مهارة الفنيين، بل واختلاف مهارة الفني من وقت إلى آخر، هذا بالإضافة إلى النواحي الاقتصادية الأخرى المتعلقة بثمن السلعة المنتجة. لذلك فقد اتفق دوليًا على هذا التفاوت أو الأخطاء المسموح بها في عمليات التشغيل والإنتاج، حيث يكون لكل بعد حدّان أحدهما حد أدنى والآخر حد أعلى، بذلك يقع البعد الفعلي بين هذين الحدين واعتباره مقبولا.

أما التوافق فهو علاقة بين جزأين متزاوجين من حيث مقدار الخلوص أو التداخل بينهما. وللتوافق ثلاث فئات توضح الطبيعة العامة للاقتران الذي يحدث بين جزأين متزاوجين في حدود معينة.

وعادة تقترن التفاوتات بالتوافقات، ويحدد نوع التوافق من مقدار التفاوت بين العناصر المتزاوجة.

يتناول هذا الباب التعاريف الأساسية للتفاوتات والتوافقات، ورموز ونطاق ورتب التفاوت، وأنواع ونظم التوافقات من حيث نظام أساس الثقب ونظام أساس العمود، وأمثلة تطبيقية لهذه الأنظمة، ومميزات هذه النظم.

ويتعرض لبنية الأسطح.. أي تقدير ما بها من تموجات (مرتفعات ومنخفضات) ومدى خشونتها، ودرجات تشطيبها، ورموز ومصطلحات تشطيب الأسطح.

كما يتعرض إلى الأمثلة المحلولة ذات العلاقة، هذا بالإضافة إلى العديد من التمارين التي يجب على الطالب التدرب على رسمها.

obeikandl.com

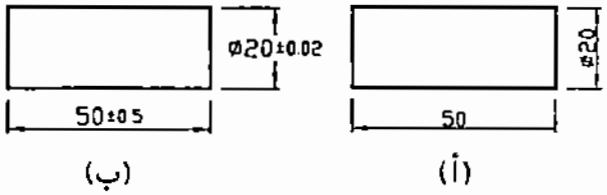
التفاوتات

Tolerances

عندما يتطلب الأمر تصنيع أعداد كبيرة لمنتج معين بمقاسات دقيقة موحدة، فإن هذا الطلب يكون مستحيلا، حيث لا يمكن تحقيقه عمليًا، بل ولا يمكن إنتاج قطعتين متماثلتين من حيث الدقة في المقاس. بمعنى أنه إذا طلب تصنيع جزء معين، وأعطي هذا الجزء إلى اثنين من الفنيين لتصنيعه على ماكينة واحدة، أو لو طلب من فني واحد تكرار تصنيع نفس الجزء، فليس من الممكن إنتاج قطعتين متساويتين في المقاس الأسمى.

على سبيل المثال عند تصنيع عمود قطره 20 mm وطوله 50 mm شكل 9-1 (أ)، سوف لا يتم إنتاجه مهما كانت درجة دقة التصنيع بهذه الأبعاد، بل بأبعاد أكبر قليلا أو بأبعاد أصغر قليلا عن البعد الأسمى (البعد المدون على الرسم).. أي بزيادة أو نقص بضعة ميكرونات (الميكرون = 0.001 mm) كما هو موضح بشكل 9-1 (ب).

ولو أتيحت الفرصة لاستخدام ماكينة دقيقة وحديثة، فإنه يمكن تصنيع جزء بدقة عالية، ولكن في هذه الحالة قد لا توجد أجهزة القياس الدقيقة التي تحدد مدى دقة قياس هذا المنتج، الأمر الذي أدى إلى عدم الاكتفاء بتحديد المقاسات المطلوبة على المشغولات المراد تصنيعها، بل يجب تحديد مقدار الانحرافات المسموح بها بالنسبة لكل بعد من الأبعاد، لذلك نجد في الرسومات الهندسية بعض الأبعاد الهامة قد أضيف إليها رقمان يمثلان الحدين الأدنى والأقصى للتجاوزات المسموح بها، وذلك لإمكان إنتاج المشغولات المتشابهة المراد تصنيعها في مجال التجاوزات المسموح بها للحدين الأدنى والأقصى.



شكل 9-1

العمود المطلوب تصنيعه

(أ) العمود بالأبعاد الاسمية.

(ب) العمود بالأبعاد والتجاوزات المسموح بها.

العوامل التي تؤدي إلى عدم الدقة في القياس:

توجد عدة عوامل تؤدي إلى عدم الدقة في القياس.. أي عدم إمكان الوصول إلى الأبعاد الاسمية عند تصنيع المشغولات ذات الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجًا متماثلا بالجملة).. وذلك للعوامل التالية:

1- عدم دقة وحساسية الماكينة.. (وجود خلوص في الأجزاء المتحركة يؤدي إلى عدم دقة المشغولات المصنعة).

2- اختيار آلة القطع ذات نوع وشكل غير مناسبين.

3- اختلاف دقة وحساسية أدوات وأجهزة القياس المستخدمة، هذا بالإضافة إلى الخطأ البشري الناتج عن العمليات الصناعية وعمليات القياس.

4- مهارة الفني، حيث يتعذر وجود مجموعة من الفنيين بدرجة واحدة من المهارة، بل تختلف مهارة الفني الواحد من وقت إلى آخر لعدة عوامل.. حالته الصحية ـ النفسية ـ الاجهاد في العمل..... إلخ.

obeikandl.com

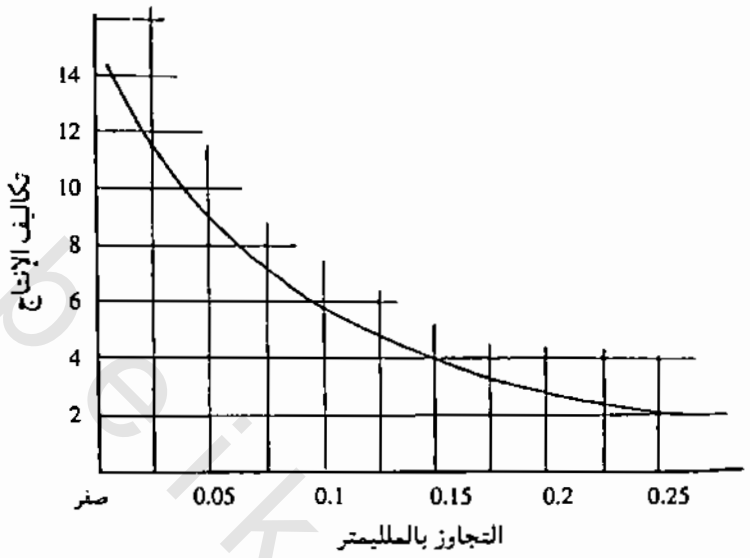
العلاقة بين مقدار التفاوت وتكلفة الإنتاج:

كلما زاد التضييق في حدود التفاوت المسموح به عند تصنيع أي عنصر، زادت تكلفة الإنتاج نظراً للحاجة إلى أدوات وأجهزة قياس ذات مستوى عال، بالإضافة إلى الجهد والوقت اللازمين للوصول بالعنصر المراد تصنيعه إلى هذه القياسات وفي حدود التفاوتات المسموح بها، لذلك فإنه يتم تحديد تكلفة العناصر المنتجة حسب مدى تشغيلها ودرجة الدقة المطلوبة.

وعلى سبيل المثال الأجزاء المصنعة للجرارات الزراعية لا تكون بنفس مستوى دقة الأجزاء المصنعة للطائرات، حيث الأجزاء المصنعة للطائرات يراعى فيها منتهى الدقة، علمًا بأن مقدار التفاوت بمثل هذه المشغولات يكاد يكون معدومًا، بصرف النظر عن التكلفة حتى ولو كانت باهظة، لأن هذه الأجزاء إن لم تكن مصنعة بمستوى عال من الدقة، فقد تؤدي إلى خلل يتسبب عنه حدوث كارثة.

يزداد مقدار التفاوتات عند تصنيع الأجزاء العادية مثل الأجزاء المصنعة للجرارات وما شابهها، وبالتالي تنخفض تكلفة إنتاجها، حيث تم تشغيلها بعمليات عادية تفي بالغرض المصنعة من أجله. وشكل 9-2 رسم بياني يوضح العلاقة بين مقدار التجاوز المسموح به وتكلفة الإنتاج.

وكل ما يمكن عمله في هذا الصدد، هو حصر مقدار الانحرافات الممكن حدوثها للأبعاد الهامة داخل الحدين (الأدنى والأقصى) بحيث يضمن التجانس المطلوب في القياس بين الأجزاء المنتجة المتشابهة، الأمر الذي يؤدي إلى تحقيق صفة التبادلية بين الأجزاء المتزاوجة.



شكل 9-2

العلاقة بين مقدار التجاوزات المسموح بها وتكلفة الإنتاج

مفاهيم وتعاريف: Concepts and Definitions

هناك بعض المفاهيم والتعاريف (المصطلحات الفنية) المستخدمة في هذا المجال والتي يجب دراستها وفهمها، وهي كالآتي:

الدقة: Accuracy

هي مدى تطابق الأبعاد الفعلية لقياس المشغولات المصنعة مع الأبعاد الاسمية لها التى تكتب على الرسومات الهندسية.

حدود الدقة: Accuracy Limits

يضع المصممون عند رسم الأجزاء المراد تصنيعها بإنتاج كمي حدوداً لدقة الإنتاج بحيث

يقع كل بعد ما بين الحدين الأدنى والأعلى للدقة، أو عند أحدهما طبقًا للنظام الدولي للتوحيد القياسي ISO كما هو موضح بشكل 9-3 علمًا بأنه كلما زادت دقة قياس الأبعاد.. ازدادت تكلفة الإنتاج.

البعد الأسمى: Nominal Dimension

يسمى أيضًا بالقياس الأسمى Nominal Size شكل 9-3 ويرمز له بالرمز (N) وهو البعد أو القياس المدون على الرسم للعنصر المراد تصنيعه، وهو القياس الذي لا يمكن تحقيقه مهما كانت مهارة الفني ودقة وجودة الماكينة المستخدمة في التشغيل، بل دائمًا يكون هناك اختلاف في القياس من حيث الزيادة أو النقص عن البعد المحدد، ولو أن هذه الفروق الناتجة قد تكون طفيفة جداً وهي تعد بأجزاء من الألف من المليمتر.. أي بضعة ميكرونات.

البعد الفعلي: Actual Dimension

يسمى أيضًا بالقياس الفعلي Actual Size وهو البعد الحقيقي للعنصر بعد التشغيل، يختلف هذا البعد عن البعد الأسمى.

اختلاف البعد الفعلي بعد التصنيع نتيجة لمقدار التفاوت من حيث الزيادة أو النقص في أبعاد القياس الأسمى كما هو موضح بشكل 9-3.

البعد الأكبر: Maximum Dimension

يسمى أيضًا بالقياس الأكبر Maximum Size شكل 9-3 ويرمز له بالرمز (G) وهو أكبر بعد مسموح به للعنصر بعد التشغيل، ويمكن الحصول عليه من البعد الأسمى مضافًا إليه مقدار الانحراف العلوي، وبذلك يكون الانحراف موجبًا.

البعد الأصغر: Minimum Dimension

يسمى أيضًا بالقياس الأصغر Minimum Size شكل 9-3 ويرمز له بالرمز (K)، وهو أصغر بعد مسموح به للعنصر بعد التشغيل، ويمكن الحصول عليه من البعد الأسمى مطروحًا منه مقدار الانحراف الأسفل، وبذلك يكون الانحراف سالبًا.

الانحراف: Deviation

هو مقدار تفاوت البعد الحقيقي (التجاوز المسموح به) عن البعد الأسمى (البعد المكتوب على الرسم) كما هو موضح بشكل 9-3.

يختلف مقدار التفاوت في الأبعاد، فيمكن أن يكون الانحراف من جانب واحد أو من جانبين، أو من جانب واحد من خلال حد أدنى وحد أقصى كالآتي:

- **الانحراف من الجانبين:**

هو مقدار تفاوت البعد الحقيقي المسموح به عن البعد الأسمى (البعد المكتوب على الرسم) وفي هذه الحالة يجمع الانحراف بين حدي التفاوت ويرمز لحدي التفاوت بالناقص والزائد معًا (±). وهذا يعني أن الحد الأكبر للبعد أكبر من البعد الأسمى، كما أن الحد الأدنى للبعد (الحد الأصغر للبعد) يكون أصغر من البعد الأسمى.

- **الحد الأقصى للانحراف: Upper Deviation**

هو مقدار الفرق بين البعد الأسمى (البعد المكتوب على الرسم) وأكبر بعد مسموح به، ويحسب التفاوت في هذه الحالة بمقدار زيادة بعد العنصر المصنع عن البعد الأسمى.

• **الحد الأدنى للانحراف: Lower Deviation**

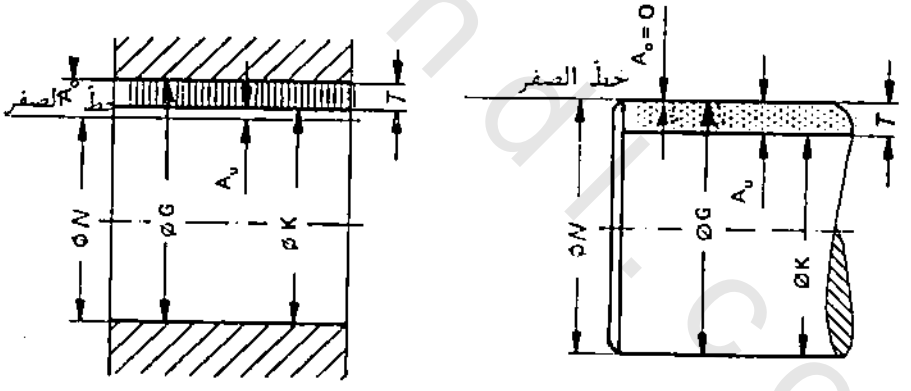
هو مقدار الفرق بين البعد الأسمى (البعد المكتوب على الرسم) وأصغر بعد مسموح به، حيث يكون التفاوت في هذه الحالة هو مقدار النقص في بعد العنصر المصنع عن البعد الأسمى.

• **الانحراف في جانب واحد: One Side Deviation**

هو مقدار تفاوت البعد الحقيقي المسموح به عن البعد الأسمى (البعد المكتوب على الرسم) وفي هذه الحالة يكون الانحراف من جانب واحد.. أي بالزيادة فقط أو بالنقص فقط.

خط الصفر: Zero Line

هو الخط الذي ينعدم عنه الانحراف عن البعد الأسمى ويساوي صفراً كما هو موضح بشكل 3-9



شكل 3-9

التفاوت المسموح به في الأبعاد طبقاً لنظام ISO

حيث N .... البعد الأسمى.

Ao .... الانحراف العلوي.

Aμ .... الانحراف السفلي.

G .... أكبر مقاس.

K .... أصغر مقاس.

T .... التفاوت المسموح به في البعد.

ملحوظة:

يجب أن يقع البعد الفعلي (قياس المشغولة بعد التصنيع) بين K, G.

التفاوت: Tolerance

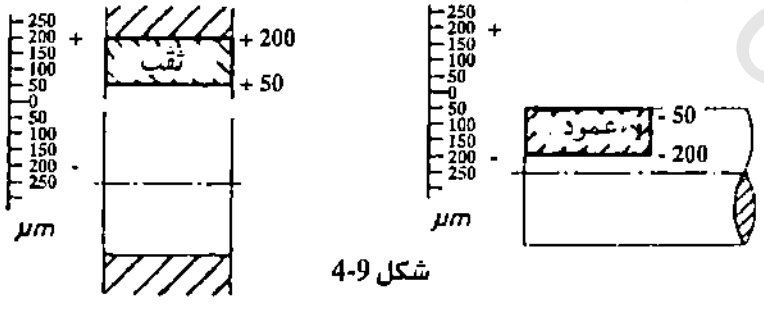
هو الخطأ المسموح به في أبعاد عنصر عند تصنيعه، ويساوي الفرق بين الحدين الأدنى والأقصى للبعد، ويرمز للتفاوت بالرمز T.

إذا كان التفاوت واقعًا على جهتي خط الصفر يسمى تفاوتًا ثنائي الاتجاه، وإذا كان واقعًا على جهة واحدة يسمى تفاوتًا وحيد الاتجاه.

التمثيل المبسط لنطاق التفاوت المسموح به:

إنه بهدف التبسيط في حساب الازدواجات (التوافقات) يبين نطاق التفاوت المسموح به من حيث موضعه بالنسبة لخط الصفر فقط. ولهذا الغرض تكتب التفاوتات المسموح بها بوحدة الميكرومتر (μm) كما هو موضح بشكل 9-4.. (الميكرومتر = جزء من مليون من المتر = 0.001 mm).

تسمى الانحرافات التي بأعلى خط الصفر انحرافات موجبة، أما الانحرافات التي بأسفل خط الصفر فتسمى انحرافات سالبة.



شكل 9-4

التمثيل المبسط لنطاق التفاوت المسموح به

مواضع نطاق التفاوت المسموح به بالنسبة لخط الصفر:

يمكن أن يتخذ نطاق (منطقة) التفاوت المسموح بها من حيث المبدأ إلى خمسة مواضع مختلفة بالنسبة لخط الصفر كما هو موضح بشكل 9-5 والمواضع الخمسة هي كالآتي:

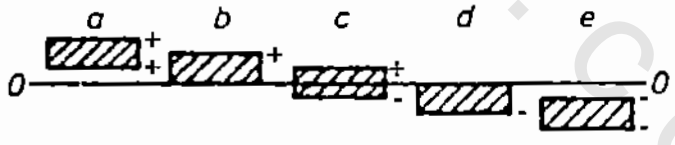
(a) عندما يقع نطاق التفاوت المسموح به بأكمله بأعلى خط الصفر، وبذلك يكون البعد الفعلي أكبر من البعد الأسمى.

(b) عندما يبدأ نطاق التفاوت المسموح به من خط الصفر إلى أعلى، وفي هذه الحالة لا يمكن للبعد الفعلي أن يتعدى البعد الأسمى إلا بمقدار التفاوت المسموح به على الأكثر.

(c) عندما يقع نطاق التفاوت المسموح به على جانب خط الصفر، بذلك يقع البعد الفعلي بالقرب من البعد الأسمى.

(d) عندما يبدأ نطاق التفاوت المسموح به من خط الصفر إلى أسفل، في هذه الحالة لا يمكن للبعد الفعلي أن ينخفض عن البعد الأسمى إلا بمقدار التفاوت المسموح به على الأكثر.

(e) عندما يقع نطاق التفاوت المسموح به بأكمله أسفل خط الصفر، بذلك يكون البعد الفعلي دائمًا أصغر من المقاس الأسمى.



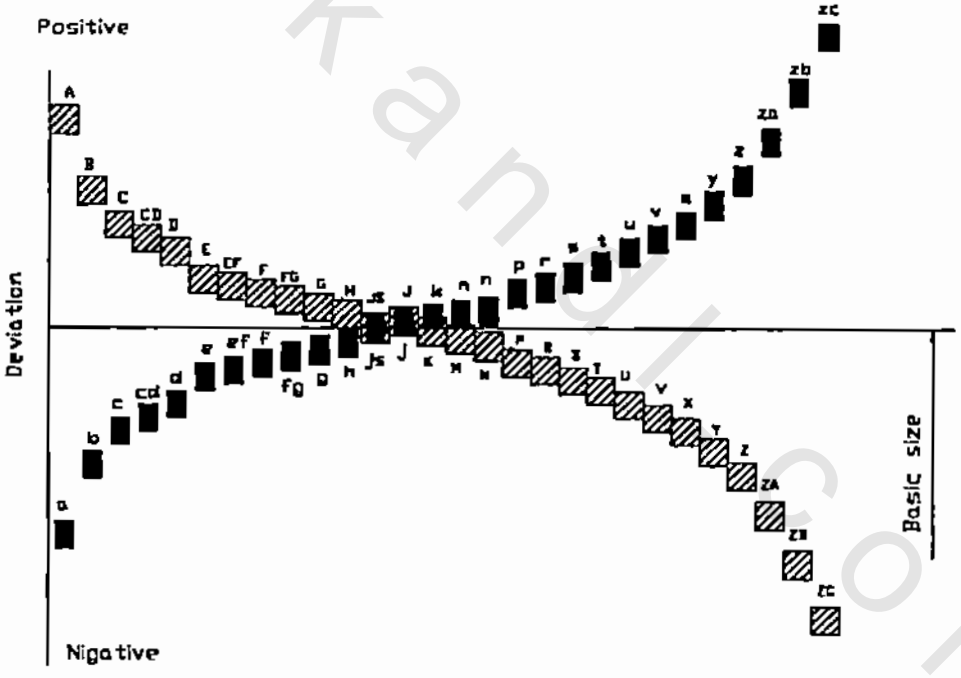
شكل 9-5

اتخاذ نطاق التفاوت المسموح به مواضع مختلفة بالنسبة إلى خط الصفر

رموز نطاق التفاوتات: Tolerances Range Symbols

لما كان استخدام الأوضاع الخمسة الأساسية لنطاق (مواضع) التفاوت لا تكفي في

التطبيق العملي، فإنه تم تحديد 24 موضعًا لنطاق التفاوت المسموح به، يرمز إليها بالحروف اللاتينية كما هو موضح بشكل 9-6 وقد استغني عن الحروف الكبيرة (W, Q, O, L, I) وكذلك الحروف الصغيرة (w, q, o, l, i)، خشية الخلط بينها وبين الأرقام المشابهة لها في الكتابة، وكذلك لأن اللغات الرومانية لا تعرف حرف (W). استبدلت هذه الحروف وقد استكملت المجموعة بالحروف المركبة (ZA, ZB, ZC)، وكذلك (za, zb, zc).. طبقًا لأحدث مواصفات المنظمة الدولية للتوحيد القياسي ISO فقد استخدمت نطاق (مناطق) بينية بالتسميات (CD, EF, FG, JS)، وكذلك (cd, ef, fg, js) وذلك للأقطار الاسمية حتى 10mm.

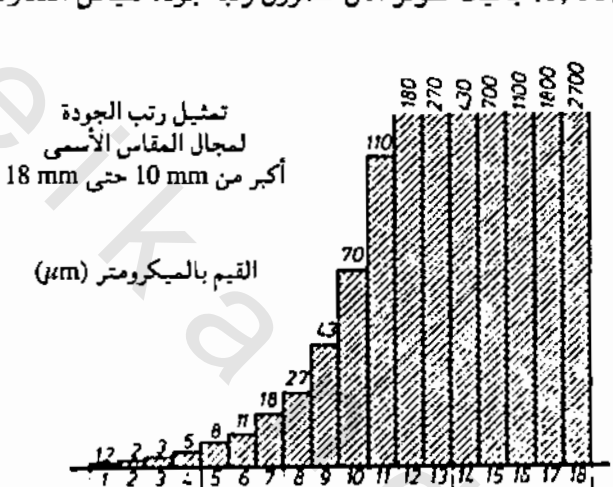


شكل 9-6

رموز نطاق التفاوت المسموح بها

رتب التفاوت: Tolerance Grades

يعتمد مقدار التفاوت المسموح به لقطعة تشغيل على مدى أهمية واستخدام هذه القطعة، وشكل 9-7 يوضح مقادير التفاوت المسموح بها لمجال البعد الأسمى 10mm إلى 18mm، ويرمز إلى هذه المقادير بالرتب (1-18) لمواصفات ISO، وقد استكملت السلسلة طبقًا لأحدث المواصفات برتبتي (0, 01) بحيث تتوفر الآن عشرون رتبة جودة لقياس التفاوت المسموح به.



شكل 9-7

تمثيل رتب الجودة لمجال البعد الأسمى أكبر من 10mm إلى 18mm (ترمز الأعداد إلى مقادير التفاوت المسموح به لرتب ISO للجودة)

ملاحظات:

1- لعدم زيادة تكاليف تشغيل العناصر المصنعة دون مبرر، فإنه يراعى عند تصميم المشغولات عدم وضع تفاوتات على أبعاد قطعة تشغيل، إلا إذا كان الغرض من استخدامها يتطلب ذلك.

2- يرمز إلى مواضع مجالات التفاوت المسموح بها بحروف لاتينية صغيرة للأعمدة، وبحروف كبيرة للثقوب.

3- تتوقف مقادير التفاوتات المسموح بها على الآتي:

(أ) رتب التفاوت حسب الغرض من الاستخدام.

(ب) البعد الأسمى.

تعيين مواقع مناطق التفاوت: Places of Tolerance Zones

يحدد الحد الأدنى للانحراف بعد منطقة التفاوت عن خط الصفر، كما يحدد الحد الأقصى نهايته، ونظراً إلى اختلاف التوافقات فقد وضعت مواصفات ISO (24) منطقة تفاوت، تختلف أبعاد هذه التفاوتات عن خط الصفر أو المقاس الأسمى، ووُضعت رموز لها بالحروف اللاتينية الكبيرة للثقوب وحروف لاتينية صغيرة للأعمدة وهي كالآتي:

مناطق تفاوت الثقوب:

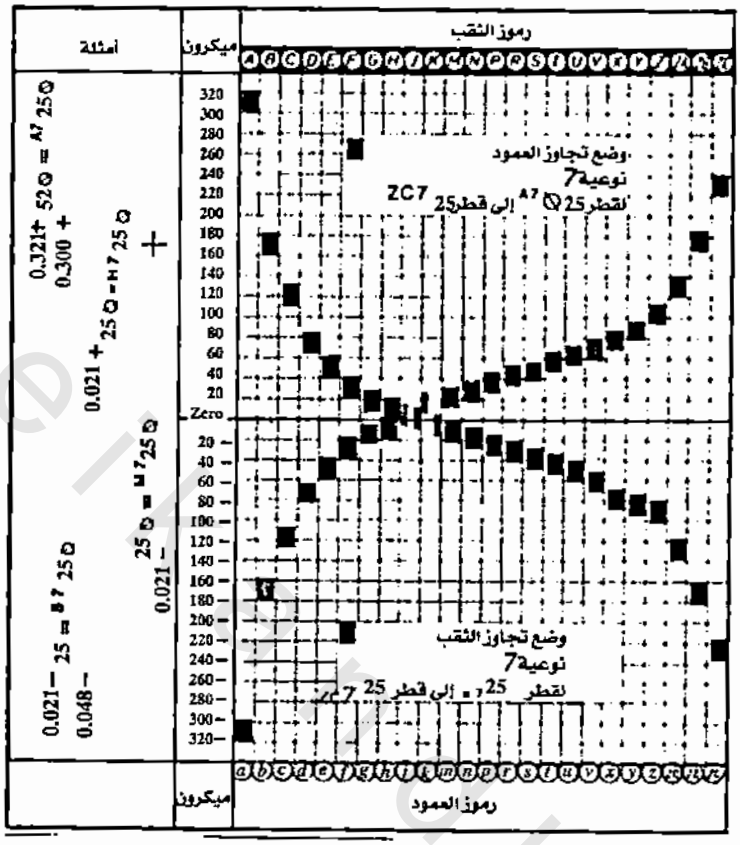
A B C D E F G H J K M N P R S T U V X Y Z ZA ZB ZC

مناطق تفاوت الأعمدة:

a b c d e f g h j k m n p r s t u v x y z za zb zc

وشكل 9-8 يوضح توزيع هذه المناطق بالنسبة إلى خط الصفر.

تمس مجالات تجاوز الثقب H خط الصفر من أعلى، كما تمس مجالات تجاوز العمود h خط الصفر من أسفل، ويزداد تباعد مجال التجاوز عن خط الصفر كلما بعد الحرف في الأبجدية عن حرف H أو h.



شكل 9-8

تعيين مواقع مناطق التفاوتات بالنسبة إلى خط الصفر

اختيار رتب التفاوت ودرجات الانحراف:

يتوقف اختيار رتب التفاوت ودرجات الانحراف للثقب والعمود على نوع التوافق (الازدواج) المطلوب، وبالتالي تبعًا لعملية التشغيل التي ستجرى، ولتسهيل تحقيق ذلك بسرعة فقد وضعت أمثلة لرتب التفاوت ودرجات الانحراف الأساسية طبقًا للنظام الدولي للتوحيد القياسي ISO لنوعيات التجاوزات المختلفة كما هو موضح بجدول 9-1.

جدول 9-1

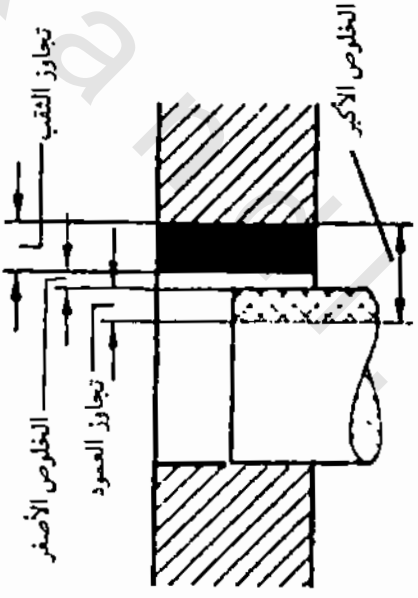
أمثلة لاستخدام نوعيات تجاوزات ISO

درجات الانحراف الأساسية		رتبة التفاوت	مجال الاستعمال		طريقة تشغيل السطح
رمز الثقب	رمز العمود				
A	a	01	محددات قياس الفحص		التحضين العالي الدقة
B	b	0			
C	c	1			
D	d	2		محددات قياس الشغل	
E	e	3			
F	f	4			
G	g	5	المشغولات المجهزة		التجليخ والتحضين العالي
H	h	6			
J	j	7			التجليخ العالي الدقة
K	k	8		الهندسة الميكانيكية	التجليخ الدقيق
M	m	9			الخراطة العالية الدقة
N	n	10			عمليات الخرط الخشن الكشط ـ الثقب ـ السحب الدقيق
P	p	11			
R	r	12	ليست للمقاسات التوافقية	الأجزاء المسحوبة والمدفئة الأجزاء المسبوكة والمطرقة	عمليات دلفنة المواسير
S	s	13			عمليات صب القوالب الآلية
T	t	14			عمليات البثق
U	u	15			عمليات الكبس
V	v	16			عمليات صب القوالب الرملية
X	x	17			عمليات القطع باللهب
Y	y	18			
Z	z				
ZA	za				
ZB	zb				
ZC	zc				

الخلوص: Clearance

هو فرق قيمة الأقطار بين الثقب والعمود، إذا كان قطر الثقب أكبر من قطر العمود المتزاوج معه، نتيجة لحتمية إعطاء تجاوز لكل من العمود والثقب، لذلك فإن الثقوب والأعمدة المتزاوجة يجب أن تكون ذات خلوص متفاوتة وخاصة في حالة الإنتاج الكمي (إنتاج السلعة الواحدة إنتاجًا متماثلا بالجملة).

ينشأ الخلوص الأكبر كما هو موضح بشكل 9-9 حينما يكون قطر الثقب أكبر من قطر العمود، كما ينشأ الخلوص الأصغر في حالة ازدواج الثقب الأصغر مع العمود الأكبر.

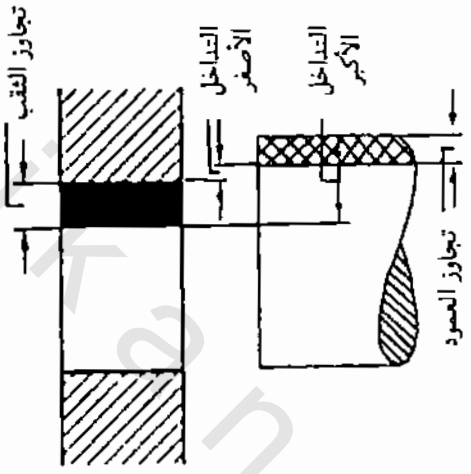


شكل 9-9

الخلوص الأصغر والأكبر

التداخل: Interference

التداخل هو فرق الأقطار بين العمود والثقب، إذا كان قطر العمود أكبر من قطر الثقب كما هو موضح بشكل 9-10 ومن خلال تجاوزات العمود مع الثقب ينشأ تداخل أكبر وتداخل أصغر.



شكل 9-10

التداخل

مثال: إذا كان بعد مشغولة الموجود على الرسم هو $25 \pm \frac{0.009}{0.004}$ mm. أوجد الآتي موضحًا الإجابة برسم تخطيطي.

(أ) البعد الأكبر.. Maximum Dimension

(ب) البعد الأصغر.. Minimum Dimension

(جـ) مقدار التفاوت الكلي.. Total Tolerance

الحل:

قيمة البعد الأكبر والأصغر وأيضًا مقدار التفاوت الكلي موضحة بشكل 9-11 ويمكن إيجادها بالخطوات التالية:

(أ) البعد الأكبر: أي قيمة البعد الأسمى مضافًا إليه مقدار الانحراف الموجب.

Maximum Dimension = 25 + 0.009 = 25.009mm

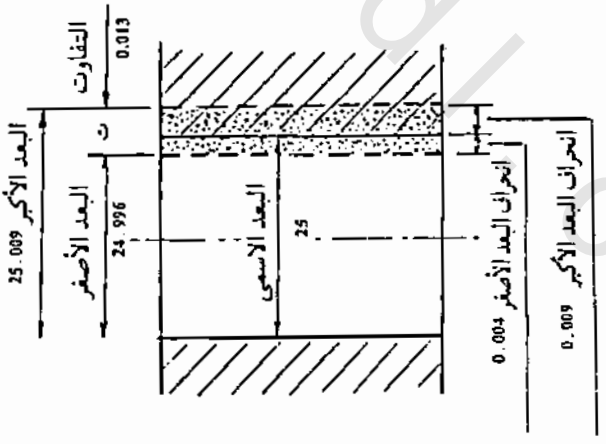
(ب) البعد الأصغر: أي قيمة البعد الأسمى مطروحًا منه مقدار الانحراف السالب.

Minimum Dimension = 25 - 0.004 = 24.996mm

(جـ) مقدار التفاوت الكلي: أي مجموع مقدار الانحراف بالموجب والسالب

Total Tolerance = 0.009 + 0.004 = 0.013 mm

وعلى ذلك يمكن تعريف الانحراف بأنه الفرق الجبري بين أحد الحدين الأكبر والأصغر وبين البعد الأسمى.



شكل 9-11

البعد الأسمى ومقدار التفاوت المسموح به

أي أنه يمكن قبول الأعمدة والثقوب الناتجة بأقطار تتراوح بين الحدين الأدنى والأعلى.

الغرض من وضع حدود للدقة في التشغيل هو إنتاج مشغولات وقطع غيار متشابهة في الشكل والمقاسات، مما يسهل معه تجميع هذه الأجزاء في وحدة واحدة كوحدة محرك سيارة مثلا، أو استبدالها كقطع غيار كما هو متبع عند استبدال قطع غيار الآلات التالفة. لذلك يجب أن لا تتجاوز أبعاد المشغولات بعد التشطيب عن الحدين الأدنى والأعلى المسموح بها.. وإلا أدى ذلك إلى عدم صلاحية العنصر المُصنّع.

obeikandl.com

التوافقات
Fits

تسمى أيضًا بالازدواجات وهي تعبير عن توءمة أو تزاوج جزأين مركبين داخل بعضهما البعض سويًا من حيث الإحكام، ويتم ذلك عادة في الإنتاج المفرد من خلال مواءمة أجزاء الآلات المراد تركيب بعضها مع بعض، وتعتبر هذه الطريقة غير اقتصادية في حالة الإنتاج الكمي. لذلك فإنه يجب أن تكون المشغولات المصنعة قابلة للتجميع والتبديل بغض النظر عن مكان أو مصدر إنتاجها، دون الحاجة إلى إجراء تشغيل لاحق لها. ولا يمكن تحقيق هذا التصنيع التبادلي إلا بوجود تعليمات موحدة (قياسية) للتوافقات.

هكذا نشأت بمرور الزمن توافقات قياسية خاصة بكل مصنع، ثم التوافقات القياسية الألمانية DIN، وأخيراً..... التوافقات القياسية الدولية.

أول نظام دولي للتوافقات وضعته منظمة ISA وهي رابطة دولية للتوحيد القياسي، تسمى بالاتحاد الدولي للجمعيات القومية للتوحيد القياسي، حيث حل هذا النظام محل توافقات المواصفات القياسية الألمانية DIN.

وقد جرى تطوير المواصفات الدولية منذ الحرب العالمية الثانية من خلال رابطة جمعت جميع دول العالم الصناعية، وهي المنظمة الدولية للتوحيد القياسي.

(International Organisation for Standardisation) المعروفة بالحروف المختصرة (ISO). وعلى سبيل المثال فقد تم من خلالها معايرة الأرقام القياسية، ودرجة الإسناد الحرارية

لأجهزة القياس والمشغولات، واللوالب، ووصلات الأعمدة المخددة، ولقم القطع الكربيدية، واستدقاق العدد (العدد المسلوبة)، وألوان الاشارات البصرية.. كذلك تم وضع مواصفات ISO للتوافقات.

أنواع التوافقات: Types of Fits

إن التنظيم الحديث للعمل ومتطلبات قابلية تبادل قطع الغيار، يتطلب إنتاج مشغولات قابلة لتزاوج بعضها مع البعض الآخر، حتى تؤدي وظائفها على أكمل وجه، دون الحاجة إلى تشغيل لاحق.

يكون المشغولات المراد تركيبها بعضها داخل بعض ذات خلوص أو تداخل بمقادير مختلفة، تبعًا للغرض من الاستعمال، لذلك فقد حددت ثلاثة أنواع للتوافقات (الازدواجات) شكل 9-12، وهي كالآتي:

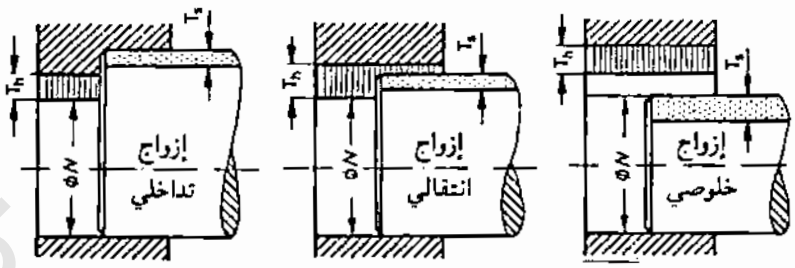
1- التوافق الخلوصي.

2- التوافق الانتقالي.

3- التوافق التداخلي.

عندما يتزاوج عمود مع ثقب بتفاوت معلوم، فإن الازدواج يعطي حسب أبعاد الجزأين، إما توافقًا خلوصيًا أو توافقًا تداخليًا (ضغطًا) أو توافقًا انتقاليًا.

ويمكن تحديد نوع التوافق لهذه الأنواع، على سبيل المثال التوافقان الخلوصي والتداخلي: ففي الحالة الأولى يكون قطر الثقب أكبر ما يمكن وقطر العمود أصغر ما يمكن، أما في الحالة الثانية فيكون قطر الثقب أصغر ما يمكن وقطر العمود أكبر ما يمكن.



شكل 9-12

أنواع التوافقات

حيث N .... البعد الأسمى.. (البعد المدون على الرسم).

Th .... تفاوت الثقب.

Ts .... تفاوت العمود.

أولاً: التوافق الخلوصي Clearance Fit

نطاق التفاوت المسموح به للعمود والثقب يجب أن يوجد دائمًا خلوص بينهما عند أي وضع ممكن للأبعاد الفعلية، التي يجب أن تقع داخل نطاق الأبعاد الحدية، وعلى سبيل المثال العمود المنتج في مصنع ما يجب أن يتزاوج مع المحمل المنتج في مصنع آخر، بحيث يؤديان الوظائف السابق تحديدها.. أي يركب العمود بالمحمل بحيث يكون بينهما خلوص طفيف يسمح بدوران العمود بعد تركيبه.

ويتوقف مقدار الخلوص على اختيار مواضع نطاق التفاوت المسموح به وعلى مقداره، فإذا أعطى الثقب نطاق التفاوت المسموح به H، والعمود نطاق التفاوت المسموح به F، فإن الخلوص بينهما يكون صغيراً، وأما إذا أعطي العمود نطاق التفاوت المسموح به d، فإن الخلوص سيكون أكبر بعدة أمثال [راجع شكل 9-6 (أ)، (ب)]. لذلك يكون للخلوص حدّ أكبر وحدّ أصغر كالآتي:

(أ) أكبر خلوص: هو الفرق بين القطر الأقصى للثقب والقطر الأدنى للعمود.

(ب) أصغر خلوص: هو الفرق بين أصغر قطر للثقب وأكبر قطر للعمود.

مثال:

في تركيبة ميكانيكية متزاوجة بين عمود وثقب كان قطر الثقب $28 + \frac{0.06}{0.02}$ mm، وكان قطر العمود $28 - \frac{0.05}{0.15}$ mm. والمطلوب الآتي:

(أ) حساب تفاوت كل من الثقب والعمود.

(ب) إيجاد مقدار أكبر وأصغر انحراف.

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة).

الحل:

(أ) القطر الأكبر للثقب

Diametar of Maximum Hole = 28 + 0.06 = 28.06 mm

القطر الأصغر للثقب

Diametar of Minimum Hole = 28 + 0.02 = 28.02 mm

تفاوت الثقب

Hole Tolerance = 28.06 - 28.02 = 0.04 mm

القطر الأكبر للعمود

Diametar of Maximum Shaft = 28 - 0.05 = 27.95 mm

القطر الأصغر للعمود

Diametar of Minimum Shaft = 28 - 0.15 = 27.85 mm

تفاوت العمود

Shaft Tolerance = 27.95 - 27.85 = 0.1 mm

obeikandl.com

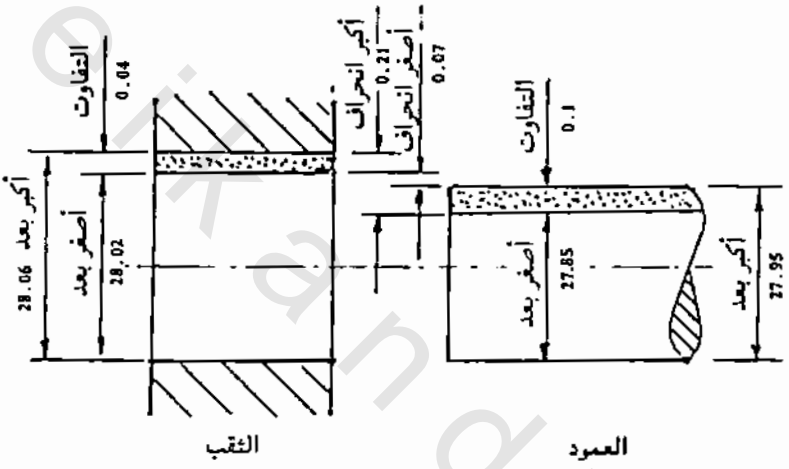
(ب) الانحراف الأكبر = أكبر قطر للثقب - أصغر قطر للثقب

Maximum Deviation = 28.06 - 27.85 = 0.21 mm

الانحراف الأصغر = أصغر قطر للثقب - أكبر قطر للعمود

Minimum Deviation = 28.02 - 27.95 = 0.07 mm

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة موضحة بشكل 9-13



شكل 9-13

رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة)

ثانيًا: التوافق الانتقالي Transition Fit

هو توافق يتداخل التفاوت المسموح به بحيث ينتج خلوصًا أو تداخلا، حسب المواضع النسبية لحدود بعدي العمود والثقب، وعند التجميع في هذه الحالة يحتاج عادة إلى ضغط خفيف أو دق، وهذا النوع من التوافق كما يستشف من اسمه هو في الواقع مرحلة انتقال بين نوعين من التوافق هما التوافق الخلوصي والتوافق التداخلي، بذلك يكون للخلوص والتداخل حدان، هما كالآتي:

(أ) أكبر خلوص: هو الفرق بين أكبر قطر للثقب وأصغر قطر للعمود.

(ب) أكبر تداخل: هو الفرق بين أكبر قطر للعمود وأصغر قطر للثقب.

مثال:

في تركيبة ميكانيكية متزاوجة بين عمود وثقب كان قطر الثقب $28\ ^{+21}_{+0}$ mm وكان قطر العمود $28\ ^{-4}_{-9}$ mm. المطلوب الآتي:

(أ) تفاوت كل من الثقب والعمود.

(ب) مقدار أكبر وأصغر انحراف للتركيبة.

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة)

الحل:

(أ) القطر الأكبر للثقب

Diametar of Maximum Hole = 28 + 0.021 = 28.021 mm

القطر الأصغر للثقب

Diametar of Minimum Hole = 28 + zero = 28 mm

تفاوت الثقب

Hole Tolerance = 28.021 - 28 = 0.021 mm

القطر الأكبر للعمود

Diametar of Maximum Shaft = 28 + 0.009 = 28.009 mm

القطر الأصغر للعمود

Diametar of Minimum Shaft = 28 - 0.004 = 27.996 mm

تفاوت العمود

Shaft Tolerance = 28.009 - 27.996 = 0.013 mm

opeikandi.com

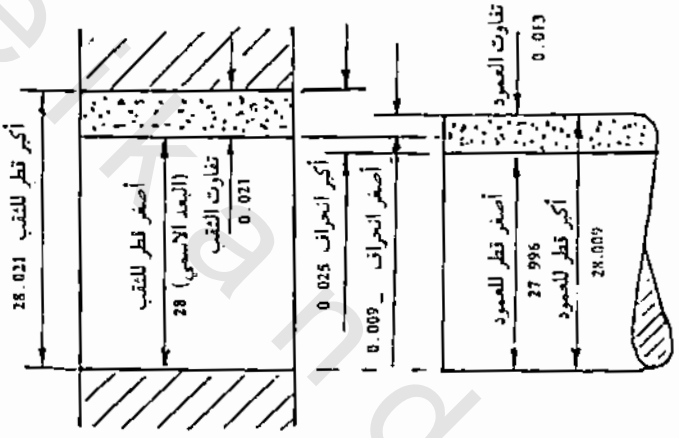
(ب) الانحراف الأكبر = أكبر قطر للثقب – أصغر قطر للعمود

Maximum Deviation = 28.021 - 27.996 = 0.025 mm

الانحراف الأصغر = أصغر قطر للثقب – أكبر قطر للعمود

Minimum Deviation = 28 - 28.009 = - 0.009 mm

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة) موضحة بشكل 9-14.



شكل 9-14

رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة)

ثالثاً: التوافق التداخلي Force Fit

يقع نطاقا التفاوت المسموح به بحيث يوجد تداخل عند أي وضع ممكن للقياسات الفعلية التي يجب أن تقع داخل نطاق الأبعاد الحدية، ويكون مقاس العمود دائمًا أكبر من مقاس الثقب، وينتج نطاق التفاوت المسموح به H للثقب وs للعمود (تداخلا صغيراً)، أما إذا اقتضى الأمر تداخلا كبيراً، فيختار التفاوت المسموح به za للعمود.. [راجع شكل 9-6 (أ)، (ب)] بذلك يكون التداخل صغيراً أو كبيراً كالآتي:

(أ) أكبر تداخل: هو الفرق بين أكبر مقاس للعمود وأصغر مقاس للثقب.

(ب) أصغر تداخل: هو الفرق بين أصغر مقاس للعمود وأكبر مقاس للثقب.

مثال:

في تركيبة ميكانيكية متزاوجة بين عمود وثقب، كان قطر العمود $22\ ^{+15}_{+10}$ mm وكان قطر الثقب $22\ ^{-4}_{-8}$ mm. المطلوب الآتي:

(أ) حساب تفاوت كل من الثقب والعمود.

(ب) مقدار أكبر وأصغر انحراف للتركيبة.

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة).

الحل:

(أ) القطر الأكبر للثقب

Diametar of Maximum Hole = 22 - 0.004 = 21.996 mm

القطر الأصغر للثقب

Diametar of Minimum Hole = 22 - 0.008 = 21.992 mm

تفاوت الثقب

Hole Tolerance = 21.996 - 21.992 = 0.004 mm

القطر الأكبر للعمود

Diametar of Maximum Shaft = 22 + 0.015 = 22.015 mm

القطر الأصغر للعمود

Diametar of Minimum Shaft = 22 + 0.01 = 22.01 mm

توافق العمود

Shaft Tolerance = 22.015 - 22.01 = 0.005 mm

opeikandi.com

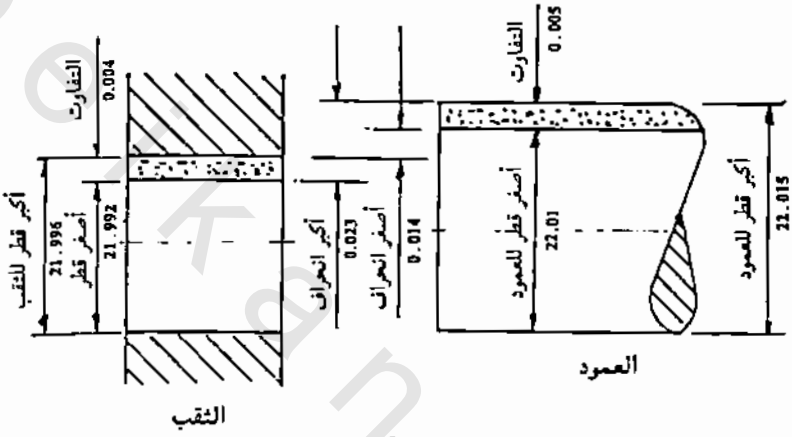
(ب) الانحراف الأكبر = أكبر قطر للعمود - أصغر قطر للثقب

Maximum Deviation = 22.015 - 21.992 = 0.023 mm

الانحراف الأصغر = أكبر قطر للعمود - أكبر قطر للثقب

Minimum Deviation = 22.01 - 21.996 = 0.014 mm

(جـ) رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة) كما هو موضح بشكل 9-15.



شكل 9-15

رسم التركيبة الميكانيكية المتزاوجة.. (المتوافقة)

نظم التوافقات: Fit Systems

يجب وجود اختلاف بين كل من قطر العمود والثقب، وذلك للحصول على توافق من الأنواع الثلاثة (خلوصي ـ انتقالي ـ تداخلي).

وللحصول على إحدى التوافقات التي يستفاد منها عند تزاوج المشغولات المختلفة في أثناء التشغيل والتجميع، فإنه يستعان بأحد النظامين وهما:

1- نظام أساس الثقب.

2- نظام أساس العمود.

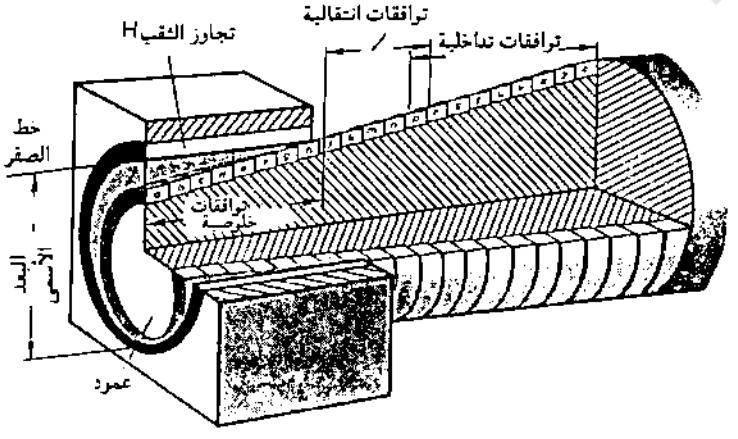
أولا: نظام أساس الثقب Basic Hole System

يتم إنجاز جميع الثقوب في نظام أساس الثقب الموضح بشكل 9-16 بتشغيل موحد لأحد تجاوزات H، دون أي اعتبار للتوافقات المطلوب إنجازها.

يصل القطر الأصغر لأي ثقب إلى خط الصفر تمامًا ليتساوى مع البعد الأسمى، أما القطر الأكبر فيزيد عن البعد الأسمى بمقدار التجاوز، ثم يحدد تجاوز العمود طبقًا للتوافق المطلوب (خلوصي ـ انتقالي ـ تداخلي) حتى يتناسب الأداء الوظيفي للمشغولات المتزاوجة كالآتي:

الثقب H: أعمدة من a حتى h.. هذا يعني أنه توافق خلوصي.
الثقب H: الأعمدة من J حتى n تقريبًا.. هذا يعني أنه توافق انتقالي.
الثقب H: الأعمدة من P حتى zc.. هذا يعني أنه توافق تداخلي.

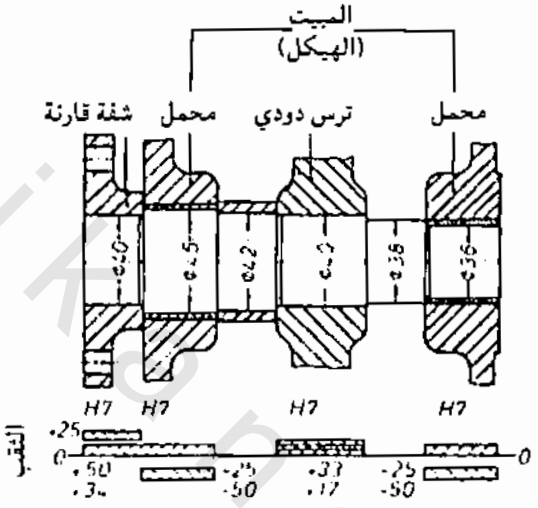
في مجال الهندسة الميكانيكية بصفة عامة حيث صناعة السيارات والقطارات والطائرات، غالبًا ما تكون الأعمدة متدرجة حتى يمكن تركيب وتثبيت المحامل والعجلات والقارنات وخلافها بطريق أفضل، في هذه الحالة يكون لنظام أساس الثقب ميزة أكبر، حيث إن تجليخ العمود بالخرط والتجليخ إلى أقطار التوافق المطلوب يكون أسهل من تشغيل ثقوب تروس كبيرة مثلا. لذلك فإنه يفضل اتباع نظام أساس الثقب في المصانع التي يغلب فيها استخدام أعمدة متدرجة في إنتاجها.



شكل 9-16
نظام توافقات أساس الثقب

مثال تطبيقي لاتباع نظام أساس الثقب:

يكون لجميع ثقوب المجموعة المركبة نطاق التفاوت المسموح به H7 كما هو موضح بشكل 9-17، ثم يتم تشغيل أقطار الأعمدة المختلفة بالتفاوتات السماحية اللازمة لتحقيق التوافقات المطلوبة.



شكل 9-17

مثال تطبيقي لاتباع نظام توافقات أساس الثقب

ثانيًا: نظام أساس العمود Basic Shaft System

يتم إنجاز جميع الأعمدة في نظام أساس العمود الموضح بشكل 9-18 بتشغيل موحد بأحد تجاوزات h دون أي اعتبار للتوافقات المطلوب إنجازها، حيث يصل القطر الأكبر لأي عمود حتى خط الصفر تمامًا، ليتساوى مع البعد الأسمى، أما القطر الأصغر للعمود فهو أقل من البعد الأسمى بمقدار التجاوز، ثم يحدد تجاوز نطاق تفاوت الثقب أو الأجزاء الخارجية التي تتزاوج مع العمود طبقًا للتوافق المطلوب (خلوصي ـ انتقالي ـ تداخلي) حتى يتناسب الأداء الوظيفي للمشغولات المتزاوجة كالآتي:

العمود h: الثقوب من A حتى H.. هذا يعني أنه توافق خلوصي.

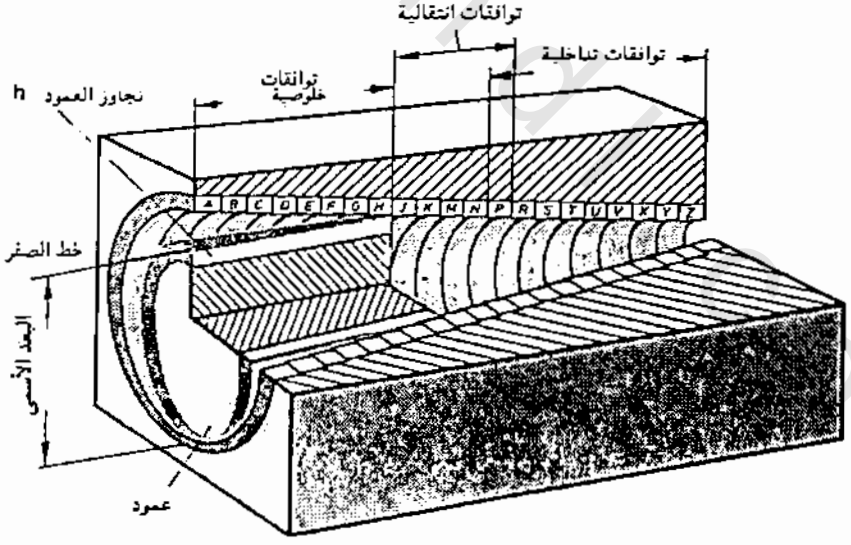
العمود h: الثقوب من J حتى N.. هذا يعني أنه توافق انتقالي.

العمود h: الثقوب من P حتى ZC.. هذا يعني أنه توافق تداخلي.

عند اتباع نظام أساس العمود يمكن استخدام الأعمدة المسحوبة (h8, h9, h11) أو الأعمدة المخروطة خراطة ناعمة (h8, h9) أو الأعمدة المجلخة (h5, h6) وذلك لإنشاء مجموعة مكنية كاملة.

ويمكن الحصول على مثل هذه الأعمدة في حالة تامة من المصانع الإنتاجية، وهي لا تحتاج إلى تشغيل لاحق وتكون جاهزة للتركيب.

يتبع نظام أساس العمود في الصناعات التي تستخدم أعمدة طويلة ثابتة المقطع، كما هو الحال في صناعة الآلات الزراعية وآلات الغزل والنسيج والآلات الرافعة كالأوناش، وفي هندسة الآلات الدقيقة.

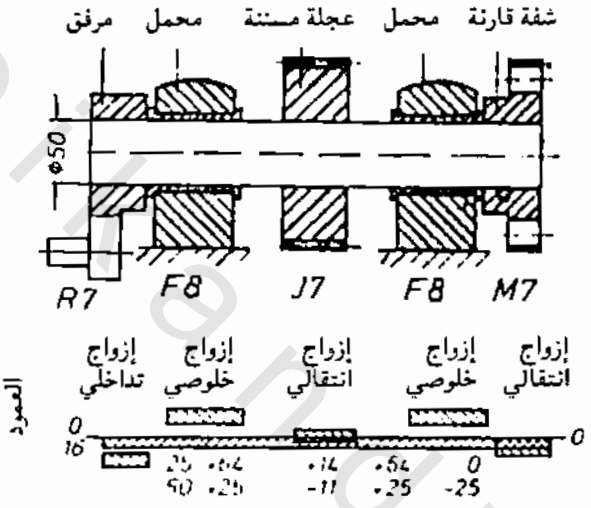


شكل 9-18

نظام توافقات أساس العمود

مثال تطبيقي لاتباع نظام أساس العمود

يستخدم عمود جاهز بالتفاوتات المسموح بها h6 للمجموعة المركبة الموضحة بشكل 19-9، ويحدد التفاوت المسموح به للأجزاء المركبة مثل المحامل ـ التروس .... وغيرها، بحيث تنشأ التوافقات المطلوبة، وبذلك يمكن توفير تكلفة تشغيل الأعمدة.



شكل 19-9

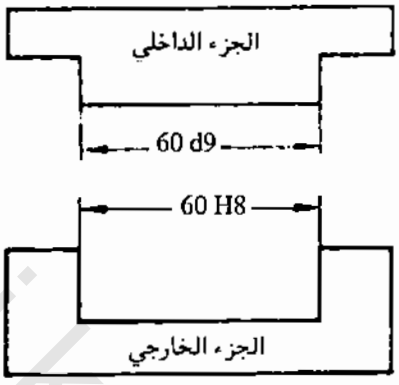
مثال تطبيقي لاتباع نظام توافقات أساس العمود

التوافقات المسطحة: Flat Fits

هي التوافقات التي بين الأسطح المستوية، وأقرب مثال إلى ذلك هو الخابور الانزلاقي ومجراه، أو الراسمة ومجراها..... إلخ.

يناظر الجزء الخارجي في التوافقات المسطحة الثقب كما يناظر الجزء الداخلي العمود في التوافقات الاسطوانية "Cylindrical Fits" كما هو موضح بشكل 9-20.

إن ما ذكر عن التوافقات الاسطوانية (للثقوب والأعمدة) يصلح أيضًا بصورة مشابهة للتوافقات المسطحة.



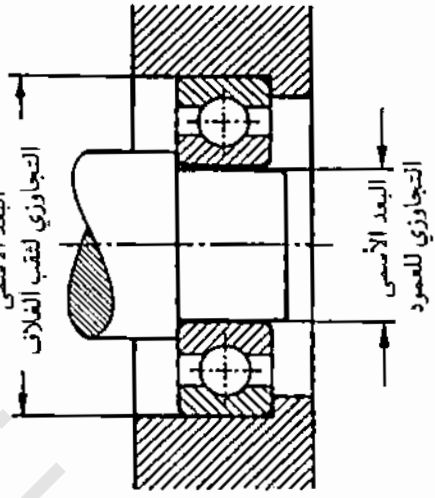
شكل 9-20

معطيات التجاوز للتوافق المسطح

توافقات التركيب للمحامل التدحرجية:

تستخدم توافقات مختلفة عند تركيب محمل تدحرجي لكل من مقعد المحمل في الغلاف ومقعد العمود في المحمل، والعبرة أو الفيصل في اختيار التوافق هي ظروف عمل المحمل، مثل التحميل الثابت أو التحميل المتغير أو التحميل المتكرر، أو تغيير اتجاهات القوة محوريًا أو قطريًا، وكذلك التصريف الحراري.

ولكي لا تتناقص خلوص الأجسام التدحرجية داخل حلقتي المحمل، يجب تجنب التوافقات الداخلية بقدر الإمكان، ولنفس هذا السبب فغالبًا ما تأخذ إحدى الحلقتين توافقًا تركيبيًا سائبًا، بينما تأخذ الأخرى توافقًا ضيقًا، وتوجد في توافقات DIN 5425 إرشادات لانتقاء التجاوزات لمقاسات التركيب كما هو موضح بشكل 9-21. ولا ينطبق في كل الأحوال مجالات تجاوز أقطار المحمل التدحرجي وضعًا ومقداراً مع تلك التي في عيارات ISO.



شكل 9-21

تجاوزات الأقطار لتركيب محمل تدحرجي

مميزات نظم التوافقات: Advantages of Fit Systems

لكل نظام من هذين النظامين مزايا معينة في مقابل النظام الآخر، ففي نظام أساس العمود يكفي غالبًا أعمدة مفردة القطر، حيث يتم الحصول على التوافقات المطلوبة من خلال تجاوزات الثقوب المختلفة، وعلى العكس في نظام أساس الثقب حيث يجب أن يدرج كل عمود يلزم له تجاوزات توافقية متنوعة بأقطار متعددة. على أن إنتاج ومراجعة تجاوزات دقيقة للأعمدة أقل صعوبة عنهما للثقوب مختلفة ذات بعد أسمى واحد.

ولا يتطلب نظام أساس الثقب إلى تخزين للعدد الغالية الثمن مثل البراغل إلا القليل. فعلى سبيل المثال.. لا يحتاج ثمانية توافقات ذات تجاوز للثقوب (H7) إلا على برغل واحد.. (Reamer)، بينما تحتاج نفس التوافقات في نظام أساس العمود بتجاوزات موحدة للأعمدة مقدارها (h6) إلى ثمانية براغل مختلفة.

الجدولان 9-2، 9-3 يوضحان كلا من نظامي التوافق (نظام أساس الثقب ونظام أساس العمود).

جدول 9-2

توافقات النظام الدولي ISO

نظام أساس الثقب بوحدة μm

مجال البعد الأسمى	ثقب	أعمدة							ثقب	عمود	ثقب	أعمدة	
أكبر من ... حتى	H7	s6	r6	n6	k6	j6	g6	f7	HB	e8	H11	d9	c11
18 ... 30	+21 0	+ 48 + 35	+41 +28	+28 +15	+15 + 2	+ 9 -- 4	-- 7 --20	--20 --41	+33 0	-- 40 -- 73	+130 0	-- 65 --117	--110 --240
30 ... 40	+25	+ 59	+50	+33	+18	+11	-- 9	--25	+39	-- 50	+160	-- 80	--120 --280
40 ... 50	0	+ 43	+34	+17	+ 2	-- 5	--25	--50	0	-- 89	0	--142	--130 --290
50 ... 65	+30	+ 72 + 53	+60 +41	+39	+21	+12	--10	--30	+46	-- 60	+190	--100	--140 --330
65 ... 80	0	+ 78 + 59	+62 +43	+20	+ 2	-- 7	--29	--60	0	--106	0	--174	--150 --340
80 ... 100	+35	+ 93 + 71	+73 +51	+45	+25	+13	--21	--36	+54	-- 72	+220	--120	--170 --390
100 ... 120	0	+101 + 79	+76 +54	+23	+ 3	-- 9	--34	--71	0	--126	0	--207	--180 --400
120 ... 140		+117 + 92	+88 +63										--200 --450
140 ... 160	+40 0	+125 +100	+90 +65	+52 +27	+28 + 3	+14 --11	--14 --39	--43 --83	+63 0	-- 85 --148	+250 0	--145 --245	--210 --460
160 ... 180		+133 +108	+93 +68										--230 --480

جدول 9-3

توافقات النظام الدولي ISO

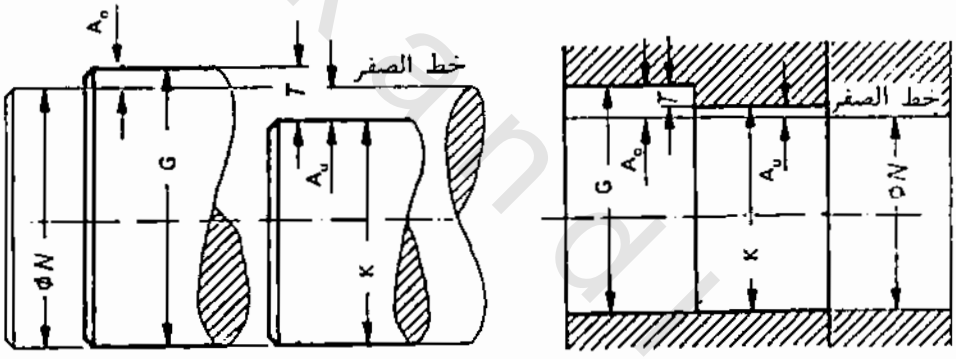
نظام أساس العمود بوحدة μm

عمود	ثقب	عمود	ثقب			عمود	ثقب	
h6	G7	h9	F8	E9	D10	h11	C11	A11
0	+28	0	+ 53	+ 92	+149	0	+240	+430
--13	+ 7--	52	+ 20	+ 40	+ 65	--130	+110	+300
							+280	+470
0	+34	0	+ 64	+112	+180	0	+120	+310
							+290	+480
--16	+ 9--	62	+ 25	+ 50	+ 80	--160	+130	+320
							+330	+530
0	+40	0	+ 76	+134	+220	0	+140	+340
							+340	+550
--19	+10--	74	+ 30	+ 60	+100	--190	+150	+360
							+390	+600
0	+47	0	+ 90	+159	+260	0	+170	+380
							+400	+630
--22	+12--	87	+ 36	+ 72	+120	--220	+180	+410
							+450	+710
							+200	+460
0	+54	0	+106	+185	+305	0	+460	+770
--25	+14--	100	+ 43	+ 85	+145	--250	+210	+520
							+480	+830
							+230	+580

قواعد كتابة الأبعاد: Modeles of Writting Dimensions

تُكتب قيمة الانحراف العلوي إلى أعلى دون التقيد بنوع الإشارة، بينما تُكتب قيمة الانحراف السفلي إلى أسفل، وتدون قيمة الانحراف حتى ولو كانت مساوية للصفر.

وفي حالة تساوي قيمة الانحراف العلوي والسفلي، تكتب القيمة مرة واحدة بكلتا الإشارتين على منتصف ارتفاع العدد البعدي، ويكون ارتفاع الأعداد الدالة على الانحراف أصغر من الارتفاع الدال على البعد (البعد الأسمى المكتوب على الرسم) بحيث لا يقل ارتفاعها عن 2.5mm. تستخدم هذه الطريقة في كتابة الأبعاد المتدرجة على الثقوب والأعمدة كما هو موضح بشكل 9-22.



شكل 9-22

انحراف المقاسات في الأعمدة والثقوب

حيث N .... المقاس الأسمى (البعد المكتوب على الرسم).

A_0 .... الانحراف العلوي.

A_u .... الانحراف السفلي.

G .... الحد الأعلى للمقاس.

K .... الحد الأدنى للمقاس.

T .... التفاوت المسموح به في القياس.

ملحوظة:

يجب أن يقع المقاس الحقيقي بعد التصنيع بين G، K.

الأبعاد (المقاسات) التي تعطى على الرسم بدون تفاوتات مسموح بها تسمى بالأبعاد الحرة، حيث تكون التفاوتات في أبعاد مثل هذه الحالات في نطاق دقة التشغيل العادية المتبعة في الورشة. وقد حددت المواصفات القياسية الألمانية (DIN 7168) قيمة الانحراف في الأبعاد الطولية الحرة كما هو موضح بجدول 9-4.

جدول 9-4

انحرافات الأبعاد الطولية المسموح بها طبقًا للمواصفات القياسية DIN

درجة الدقة	> 3 ... 6	> 6 ... 30	> 30 ... 120	> 120 ... 315	> 315 ... 1000	> 1000 ... 2000
دقيق ±	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3	0,5
متوسط ±	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
خشن ±	0,2	0,5	0,8	1,2	2,0	3,0

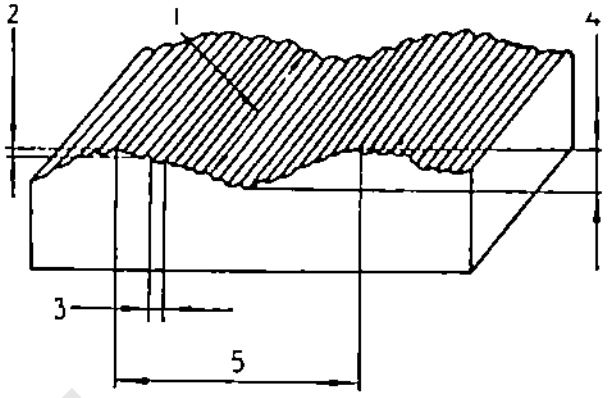
obeikandl.com

بنية الأسطح
Surfaces Structure

المقصود ببنية الأسطح هو تقدير مدى ما بها من تموجات (مرتفعات ومنخفضات)، أي مدى خشونة الأسطح (Surfaces Roughness) الناتجة عن عمليات القطع المختلفة، ولا يقصد بذلك درجة لمعان الأسطح، فقد تكون الأسطح المعتمة ذات أسطح مستوية قريبة من المثالية، وبالتالي تكون أكثر جودة من الأسطح اللامعة العاكسة للضوء.

تختلف درجة تشطيب أسطح المشغولات المصنعة بعضها عن البعض الآخر، ففي عمليات التشغيل بالقطع التي تتم على آلات الإنتاج والتشغيل مثل الخراطة والفريزة والتجليخ، وأيضًا عمليات التشكيل بدون قطع كالسحب والبثق والدرفلة والسك.... وغيرها، تتوقف جودة أسطح هذه المنتجات على دقة آلات الإنتاج والأشكال الهندسية للحدود القاطعة وطريقة التشغيل من حيث وجود تزليق من عدمه، كما تتوقف جودة المنتجات المشكلة على جودة أسطح القوالب (الاسطمبات) المستخدمة وطرق التشكيل.

تحتوي الأسطح المعدنية بشكل عام على العديد من التموجات (المرتفعات والمنخفضات والحفر.... إلخ) كما هو موضح بشكل 9-23 حيث يكون سطح المعدن أشبه بسطح الأرض حتى ولو ظهرت للعين المجردة مستوية ملساء، حيث إن الفحص المجهري لهذه الأسطح يظهر تموجات بدرجات خشونة مختلفة، حتى لو أجري لهذه الأسطح أدق العمليات الصناعية، فلن يستطاع الحصول على أسطح مثالية خالية من التموجات.



شكل 9-23

تموجات السطح بعد عمليات التشغيل على الماكينات

1- اتجاه خطوط التشغيل.
2- ارتفاع التموجات الابتدائية.
3- طول الموجة الابتدائية.
4- ارتفاع التموجات الثانوية.
5- طول الموجة الثانوية.

الخلاصة:

على الرغم من اتباع أفضل وسائل التقنية فلا يمكن التوصل إلى أبعاد بدقة مطلقة، كما أنه من غير الممكن أيضًا إنتاج أسطح مستوية مطلقة، أو أسطح اسطوانية مطلقة الدقة من حيث الشكل، حيث تنحرف الأسطح الفعلية لقطع التشغيل دائمًا عن الأسطح المثالية المختلفة الأشكال (أسطح مستوية ـ مخروطية ـ أسطوانية ـ كروية ..... إلخ).

أهمية جودة تشطيب الأسطح:

أدى التطور المستمر في الصناعة إلى ضرورة الدقة في تشغيل أسطح المشغولات

obeikandi.com

المصنعة، حيث تتميز المشغولات ذات الأسطح المشطبة بنعومة وجودة عالية بالإضافة إلى المميزات التالية:

1- ذات مقاييس أدق من مثيلاتها ذات الأسطح الخشنة مما يزيد من قابلية التبادلية.

2- شكل المشغولة وحسن مظهرها يؤدي إلى سهولة تداولها بالأسواق التجارية.

3- انخفاض قوة الاحتكاك بين الأسطح المتحركة.

4- الدقة العالية في تشطيب أسطح الأجزاء المصنعة، والتي يتم تجميعها، لها أثر كبير على أدائها، فكلما اقتربت الأسطح المتزلقة من المثالية، كلما انخفضت قوة الاحتكاك والذبذبات وبالتالي تزداد كفاءتها.

نوع الأسطح: Type of Surfaces

المقصود بنوع السطح هو صفة عدم الانتظام فيه، حيث تؤثر درجة خشونة السطح تأثيراً بالغًا على الأداء من حيث التآكل وقوة الاحتكاك.

الشكل العام للسطح: Surface Public Figure

المشغولات المصنعة التي تنتج لغرض تزاوجها بالتوافقات المختلفة أو لغرض التبادلية، تتوقف صلاحيتها على مدى تجاوز أبعادها الاسمية المحددة، بحيث تتفق وطبيعة عملها، بالإضافة إلى الشكل الهندسي للأسطح المتزاوجة.

وتحدث عادة انحرافات لأسطح المشغولات المصنعة عن الشكل الهندسي الأمثل، وتختلف هذه الانحرافات بعضها عن بعض.. ويمكن تقسيمها إلى الآتي:

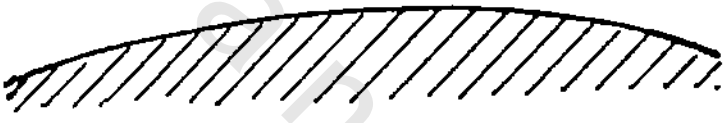
1- الحيود: *Inclination*

يعني الانحراف أو الميل، وهو يتسبب في عدم الاستواء أو عدم الاستدارة، والمقصود بذلك

obeikandl.com

هو ظهور انحراف على سطح مشغولة اسطوانية أدى إلى عدم استدارة الشكل الهندسي الاسطواني المثالي، حيث يظهر الشكل الخارجي للسطح بشكل بيضاوي أو برميلي كما هو الحال عند انحراف سطح ثقب عن الشكل الهندسي الاسطواني، حيث يظهر السطح الداخلي للثقب على شكل بيضاوي مثلا، كما تنحرف أسطح المشغولات المستوية عن الشكل الهندسي المثالي، حيث تظهر الأسطح بشكل نتوءات (تقببات) مستوية، وينشأ الحيود الموضح بشكل 9-24 للأسباب التالية:

(أ) وجود خلوص بين المسارات الدليلية (الأدلة الانزلاقية المتحركة).
(ب) أخطاء في تثبيت العدد القاطعة.. الأمر الذي يؤدي إلى عدم انتظام التغذية.
(ج) وجود عيوب أو تشوه بالتصليد بخامة قطعة التشغيل.



شكل 9-24

الحيود (عدم الاستواء أو عدم الاستدارة)

2- التموجات الابتدائية: ***Primary Texture (Roughness)***

تسمى أيضًا بالخشونة، وتظهر على الأسطح التي يتم تشغيلها بالقطع، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة أو من خلال قياسها بأجهزة قياس خشونة الأسطح.

تتكون التموجات الابتدائية (الخشونة) من حزوز أو أخاديد أو شقوق، حيث يظهر السطح الخارجي الاسطواني الذي يتم تشغيله على المخرطة (بخرط طولي) بشكل محزز أو ذات قمم حادة متجاورة، كما يظهر السطح كالأخاديد (قمم حادة متباعدة نسبيًا).

تنشأ التموجات الابتدائية الموضحة بشكل 9-25 للأسباب التالية:

(أ) وجود عيوب في التركيب البنياني في سطح المشغولة.

(ب) من خلال الشكل الهندسي للحدود القاطعة للعدد المختلفة.

(جـ) التغذية غير المناسبة.

(د) أسلوب توجيه العدد على سطح قطعة التشغيل.

(هـ) التصاق الرايش بالحد القاطع للعدة.

شكل 9-25

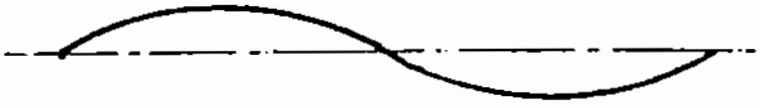
التموجات الابتدائية

3- التموجات الثانوية: ***Secondary Texture (Waviness)***

قد تظهر انحرافات على أسطح المشغولات الاسطوانية عن الشكل الهندسي المثالي الاسطواني، نتيجة للدوران غير المنتظم لعمود الدوران الذي يحمل ظرف المخرطة أو نتيجة للدوران غير المنتظم للمقاطع بالغريزة، حيث تنشأ التموجات الثانوية الموضحة بشكل 9-26 للأسباب التالية:

(أ) ذبذبة ظرف المخرطة الحامل للمشغولة نتيجة لوجود خلوص في كراسي محاور عمود الدوران.

(ب) ذبذبة المقاطع بالغريزة نتيجة لوجود خلوص في محور عمود الدوران، أو نتيجة لعدم تثبيت المقاطع بربطها جيداً.



شكل 9-26

التموجات الثانوية

obeikandl.com

4- التموجات الابتدائية والثانوية، *Primary and Secondary Texture*

من خلال عدم انتظام دوران سطح المشغولة في أثناء عمليات القطع بإزالة رايش، فقد تظهر حزوز وأخاديد وتموج على السطح، وهذا يعني الجمع بين التموجات الابتدائية والتموجات الثانوية كما هو موضح بشكل 9-27.

شكل 9-27

التموجات الابتدائية والثانوية

obeikandl.com

رموز ومصطلحات تشطيب الأسطح

طبقاً للنظام الدولي للتوحيد القياسي ISO

Symbols and Terminology of Surface Finishing

توجد في الرسومات الهندسية رموز ومصطلحات تميز الأبعاد والأقطار الخارجية والداخلية والعمليات الصناعية المختلفة التي تجرى على المشغولات المصنعة، كما توجد رموز ومصطلحات أخرى تميز درجة خشونة الأسطح بعضها عن البعض الآخر.

علامات تشغيل ورموز خشونة الأسطح:

تختلف درجة تشطيب الأسطح باختلاف الغرض المستخدم لأجله هذا السطح، فانخفاض درجة الخشونة يؤدي إلى انخفاض الاحتكاك بين الأسطح المنزلقة الذي يؤدي إلى رفع ثمن المنتج. لذلك يجب توضيح درجة تشطيب الأسطح بالرسم التنفيذي بدقة، كما يراعى عدم الإسراف المبالغ في تنعيم الأسطح غير المنزلقة أو غير المتماسة حتى لا تزيد من تكاليف الإنتاج، وذلك باستخدام علامات مميزة توضع على الأسطح المختلفة لتوضيح درجة التشطيب المطلوبة.

توجد طريقتان لتوصيف درجة تشطيب جودة أسطح المشغولات وهي موضحة بشكل 9-28 كالآتي:

1- الطريقة القديمة:

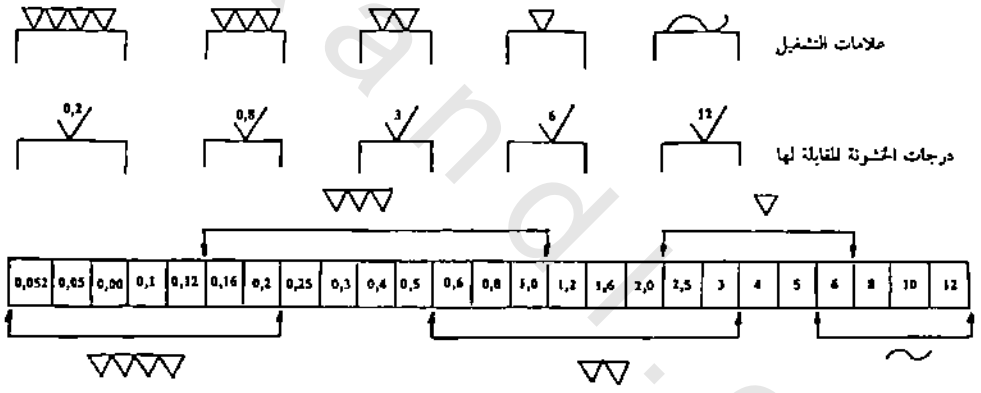
توضع علامات التشغيل على الأسطح المراد تشغيلها وهي عبارة عن مثلثات متساوية

obeikandl.com

الأضلاع متجاورة، بحيث تمس رؤوسها السطح المحدد، وتزداد أعداد هذه المثلثات بزيادة درجة تشطيب الأسطح.

2- الطريقة الحديثة:

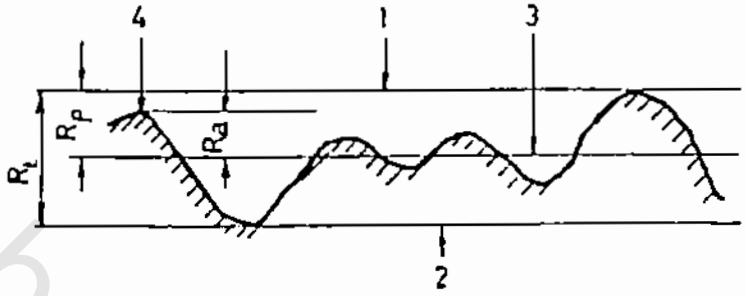
توضع علامات التشغيل على الأسطح المراد تشغيلها وهي عبارة عن ضلعين مختلفين في الطول ويميلان على السطح المشار إليه بزاوية 60°، ويكتب بأعلى هذه العلامات أرقام تدل عى درجة خشونة وجودة السطح، وتعتبر هذه الطريقة أدق من الطريقة السابقة (القديمة) حيث تعطي تقسيمًا أشمل وأوسع للأسطح المختلفة.



شكل 9-28

علامات التشغيل القديمة والحديثة ودرجات خشونة الأسطح

تستخدم الطريقة الحديثة التي تحدد مدى درجة خشونة الأسطح حسب النظام الدولي SI طبقًا لمواصفات ISO الصادرة برقم 1302 لعام 1978 م كما هو موضح بشكل 9-29، حيث وضعت مصطلحات وعلامات خاصة تشير إلى مقاييس درجة هذه الخشونة وجودة وصفة الأسطح وأسلوب الإنتاج.



شكل 9-29

مقاييس درجة خشونة الأسطح

1- الحد الأقصى لارتفاع الموجة الثانوية والابتدائية.

2- الحد الأدنى لانخفاض الموجة الثانوية والابتدائية.

3- خط مرجعي متوسط.

4- البعد الفعلي للتموج.

Rt البعد بين الحد الأقصى والحد الأدنى للتموج.

Rp البعد بين الحد الأقصى والخط المرجعي المتوسط.

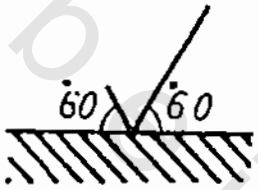
Ra البعد الحسابي لمدى ابتعاد التموج عن البعد الفعلي المتوسط.. (الارتفاع المتوسط).

وتشير رموز الأسطح إلى الحالة النهائية التي تكون عليها هذه الأسطح، أما أسلوب الإنتاج فيمكن تركه لتنفيذه بالأسلوب المناسب، فإذا كان المطلوب إنتاج المشغولات المطلوب تصنيعها بأسلوب إنتاجي معين، استكمل رمز إنجاز السطح بالملاحظات المناسبة.. أي بأسلوب الإنتاج المطلوب تشغيله مثل خراطة ـ تجليخ ـ تحضين .....إلخ.

فيما يلي عرض علامات التشغيل (الرموز الخاصة بتشطيب الأسطح حسب النظام الدولي للتوحيد القياسي ISO.

1- الرمز الأساسي: Basic Symbol

الرمز الأساسي المستخدم لتشطيب الأسطح عبارة عن ضلعين مختلفين في الطول ويميلان على السطح المشار إليه بزاوية قدرها 60° كما هو موضح بشكل 9-30 هذا الرمز لا يعني شيئًا بل يضاف إليه بعض العلامات الأخرى وهي موضحة في النقاط التالية:

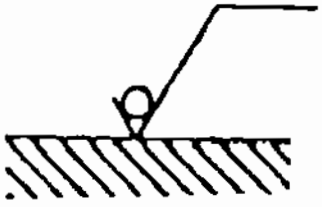


شكل 9-30

الرمز الأساسي المستخدم لتشطيب الأسطح

2- رمز عدم التشغيل: Symbol of Privation Manufacturing

هو الرمز الأساسي السابق مضافًا إليه دائرة كما هو موضح بشكل 9-31، حيث يظل السطح على الحالة الناشئة عن عمليات إنتاج سابقة، مثل الأسطح نصف المصنعة أو المصبوبة أو المشكلة بالحدادة، أو بحالة الأسطح الناشئة عن عملية القطع (الفصل) الخام.

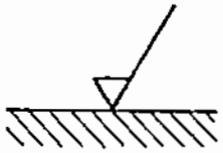


شكل 9-31

رمز عدم التشغيل

3- رمز التشغيل: Symbol of Manufacturing

في حالة تشغيل الأسطح بإزالة رايش (نحاتة)، يضاف خط أفقي إلى الرمز الأساسي، بحيث ينشأ مثلث متساوي الأضلاع كما هو موضح بشكل 9-32.

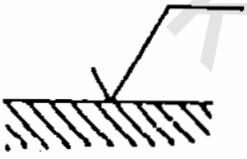


شكل 9-32

رمز تشغيل الأسطح بإزالة رايش

4- رموز المواصفات الخاصة: Symbols of Special Terminology

في حالة إضافة بعض المواصفات الفنية الخاصة التي تجرى على السطح، يضاف خط أفقي على الضلع الطويل في الرمز الأساسي كما هو موضح بشكل 9-33.

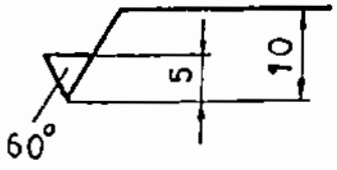


شكل 9-33

رموز المواصفات الخاصة

5- أبعاد رموز تشغيل الأسطح: Dimensions of Surfaces Manufacturing Symbols

تخطط رموز تشغيل الأسطح بخطوط رفيعة متصلة بقلم 0.35mm بالأبعاد الموضحة بشكل 9-34.



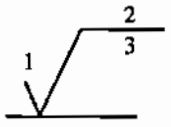
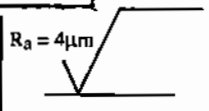
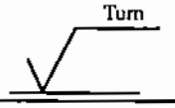
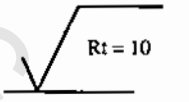
شكل 9-34

أبعاد رموز تشغيل الأسطح

توجد للمواصفات القياسية ISO علامات تشغيل توضح رموز ومصطلحات جودة السطح كما هو موضح بالجداول 9-5 إلى 9-8.

جدول 9-5

رموز ومصطلحات درجة خشونة الأسطح طبقًا لمواصفات ISO

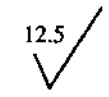
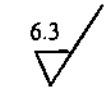
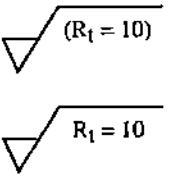
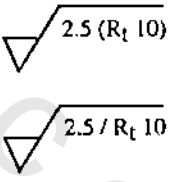
الرمـــز	المـدلـــول
	1- القيمة المتوسطة للخشونة. (تضاف الوحدة بالميكرون.....Raμm) 2- صفة السطح وطريقة وأسلوب الإنتاج مثل خراطة ـ تجليخ ـ تحضين). 3- مقياس الخشونة مثل: عمق الخشونة R1 عمق النعومة Rp
أمثلـــة 	1- الحد الأقصى المسموح به للقيمة المتوسطة للخشونة ... Ra = 4μm
	2- صفة السطح وأسلوب الإنتاج (خراطة)
	3- (أ) الحد الأقصى المسموح به لعمق الخشونة R = 10μm (ب) عمق النعومة Rp من 4 إلى 10μm

بيان خشونة السطح: Declaration of Surface Roughness

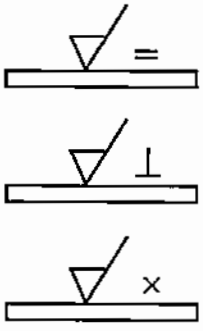
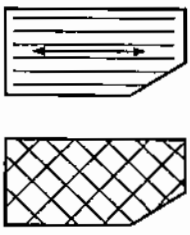
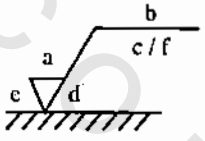
إن مقدار الخشونة المتوسطة Ra هي العلامة الأساسية الدالة على الخشونة طبقًا للنظام الدولي للتوحيد القياسي ISO، تكتب بأعلى الرمز الأساسي.

جدول 9-6

رموز خشونة السطح

الرمـــز	المـدلـــول
	سطح منتج بالتشغيل بالقطع (بإزالة رايش) أو بالتشكيل بدون قطع (بدون إزالة رايش) وذو خشونة متوسطة مقدارها ($Ra \leqq 12.5$).
	سطح منتج بالتشغيل بالقطع بخشونة متوسطة مقدارها ($Ra \leqq 6.3\mu m$).
	سطح منتج بالتشكيل بدون قطع (بدون إزالة رايش) بخشونة متوسطة مقدارها ($Ra \leqq 25\mu m$).
	طبقاً لمواصفات ISO 1302 تكتب قيم عمق خشونة الأسطح بين قوسين تحت شرط الإسناد.. (Reference Dash = R_t). كما يمكن إهمال القوسين، وتعني المسافة المسموح بها بين البنية الجانبية للإسناد والبنية الجانبية الأساسية وتدون بوحدة μm.
	إذا أعطيت مسافة الإسناد مع مقدار الخشونة، فإنها توضع تحت شرط الإسناد على اليسار، وعند إعطاء بيانات عن مقادير خشونة أخرى، توضع قبل الأقواس المحتوية على مقادير الخشونة، أو توضع قبله وتفصل بشرطة مائلة، وتستخدم مسافة الإسناد المقاسة بوحدة mm كطول الاختبار لتقييم الخشونة.
	تستخدم عندما يطلب أن ينتج السطح بطريقة إنتاج معينة، فيكتب اسم طريقة الإنتاج بكتابة الملاحظات على شرطة الإسناد مثل مفرز ـ مجلخ ـ مطلي بالكروم ـ ملدّن حراريًا ـ مراجع..... إلخ.

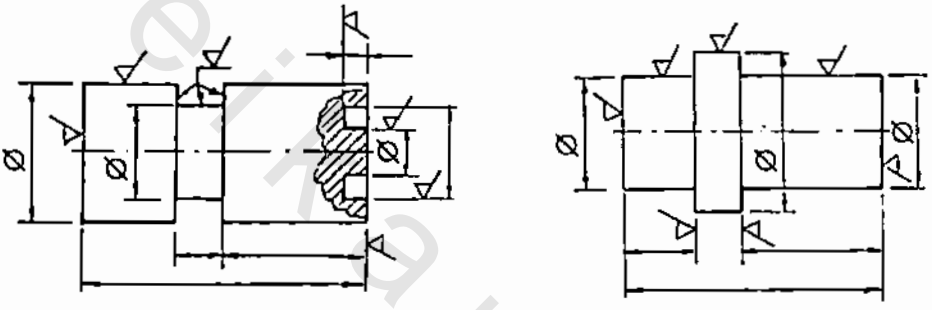
تابع جدول 9-6

الرمـــز	المـدلـــول
	يوضع رمز إضافي بجوار رمز جودة السطح، إذا دعت الضرورة لتعيين اتجاه الحزوز السطحية اتجاه خطوط التشغيل، ويبين هذا الرمز الإضافي اتجاه الحزوز السطحية المناسبة بالنسبة إلى مسقط السطح الذي سيستخدم. معنى الرمز = ... أي متوازي معنى الرمز ⊥ .... أي عمودي على معنى الرمز × .... أي متقاطعان في اتجاهين مائلين
	اتجاه خطوط أخادير التشغيل الظاهرة على السطح. M .... أي متعدد الاتجاهات. C .... أي متحد التمركز في نقطة المركز. R .... أي في اتجاه نصف قطري (شعاعي) بالنسبة إلى نقطة المركز
	إذا دعت الضرورة إلى بيان زيادات إضافية للتشغيل، يضاف على الرمز الأساسي البيانات التالية: a .... مقدار الخشونة المتوسطة Ra بوحدة µm. b .... طريقة الإنتاج أو المعالجة أو التكسية (الطلاء) أو أية ملاحظات أخرى. c .... المسافة المسندة إليها الملاحظات. d .... اتجاه الحزوز السطحية.. (اتجاه خطوط التشغيل) e .... زيادة التشغيل بوحدة mm. f .... مقادير أخرى للخشونة.

تنظيم علامات التشغيل: Organizing of Privation Manufacturing

يجب تنظيم وضع علامات التشغيل بحيث يمكن قراءتها من أسفل أو من الجهة اليمنى كما هو موضح بشكل 9-35، كما يجب وضعها مرة واحدة فقط على السطح عند النقطة التي يكون فيها السطح مستقلا، أو على السطح الاستثنائي الذي قد وضع عليه البعد.

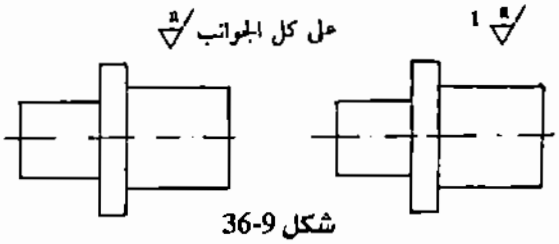
كما يمكن وضع علامات التشغيل بحيث تكون متصلة من خلال سهم إذا دعت الضرورة إلى ذلك.



شكل 9-35

تنظيم وضع علامات التشغيل

وإذا كانت قطعة التشغيل تحتوي على النهايات نفسها لجميع الأسطح، وعلى كل الجوانب كما هو موضح بشكل 9-36 فإن مجموعة العلامات يمكن وضعها على اليمين بأعلى المسقط الرأسي، أو بجوار رقم القطعة، كما يمكن إضافة العبارة التالية بجوار علامة التشغيل.. (على كل الجوانب أو الأسطح).



شكل 9-36

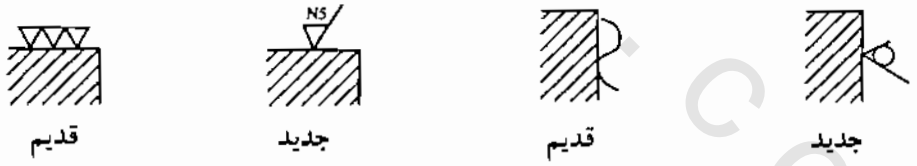
وضع علامة التشغيل على اليمين بأعلى المسقط الرأسي

جدول 9-7

مقارنة بين علامات التشغيل القديمة والحديثة ودرجات تشطيب الأسطح

العلامة بدرجة الخشونة	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	
العلامة بدرجة الخشونة محسوبة بالميكرومتر μm (1000/1 مم)	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	6,3 - 3,2 عند الضرورة
علامات تشغيل السطوح القديمة للمقارنة	ناعم جداً ناعم جداً سطح نهائي			ناعم ناعم سطح نهائي				متوسط متوسط سطح نهائي		خشن وغير مصقول خشن ـ غير مصقول			خشن خشن

مثال:



جدول 9-8

طرق وأسلوب الإنتاج ودرجة خشونة الأسطح

(عمق الخشونة Rt الممكن الوصول إليه بالميكرون)

(1μm = 0.001mm)

طرق وأسلوب الإنتاج	عمق الخشونة الحد		طرق وأسلوب الإنتاج	عمق الخشونة الحد	
	الأدنى	الأقصى		الأدنى	الأقصى
الصب (السباكة في القوالب					
الرملية)	25	63	البرغلة (الدشلكة)	0.4	4
السباكة في القوالب المعدنية	10	25	التجليخ السطحي	1	2.5
الحدادة	10	63	تشغيل الثقوب	0.63	2.5
الثقب	16	40	التجويف	0.1	2.5
القطع	-	10	التجليخ الطولي	0.1	1.6
خراطة	2.5	10	الصقل في الاتجاه الطولي	0.04	1.0
التغريز	1.6	10	تجليخ التلميع	0.06	0.4
البرادة	2.5	6.3	التحضين المستوي	0.04	0.25
التلقيط (الكشط)	1.6	6.3	التحضين الترددي	-	0.16
القشط	1.0	6.3	الصقل ذو الشوط القصير	0.04	0.1
الخراطة الطولية	1.0	4	تحضين التلميع	-	0.04

تمارين:

1- باستخدام جداول التوافقات. أوجد تفاوت الأبعاد التالية:

(أ) 50H7

(ب) 90H6

(جـ) 120e8

2- في تركيبة ميكانيكية متزاوجة بين ترس يدور حول عمود، إذا علم أن قطر العمود 50f7 وقطر ثقب الترس 50H7. أوجد الآتي:

(أ) العناصر المختلفة لهذا التوافق.

(ب) رسم التركيبة الميكانيكية رسمًا تخطيطيًا.

3- أوجد العناصر المختلفة للتوافقات في بعض التركيبات الميكانيكية المتزاوجة بين الأعمدة والثقوب التالية، مع توضيح العناصر المتوافقة برسم تخطيطي واضح.

(أ) ϕ 60H6 ، ϕ 60e7

(ب) ϕ 80H7 ، ϕ 80s7

(جـ) ϕ 110H6 ، ϕ 110e7

(د) ϕ 140H6 ، ϕ 140m7

4- قطر كل من عمود وثقب متزاوجين هما ϕ 85h5 ، ϕ 85H6. فإذا علم أن مقدار التفاوت بكل منهما من واقع جداول التوافقات هو ϕ 85h5 = $\left(\begin{smallmatrix}0\\-15\end{smallmatrix}\right)$ ، ϕ 85H7 = $\left(\begin{smallmatrix}+22\\0\end{smallmatrix}\right)$. أوجد الآتي:

(أ) حساب تفاوت كل من العمود والثقب.

(ب) مقدار أكبر وأصغر انحراف للتركيبة.

obeikandl.com

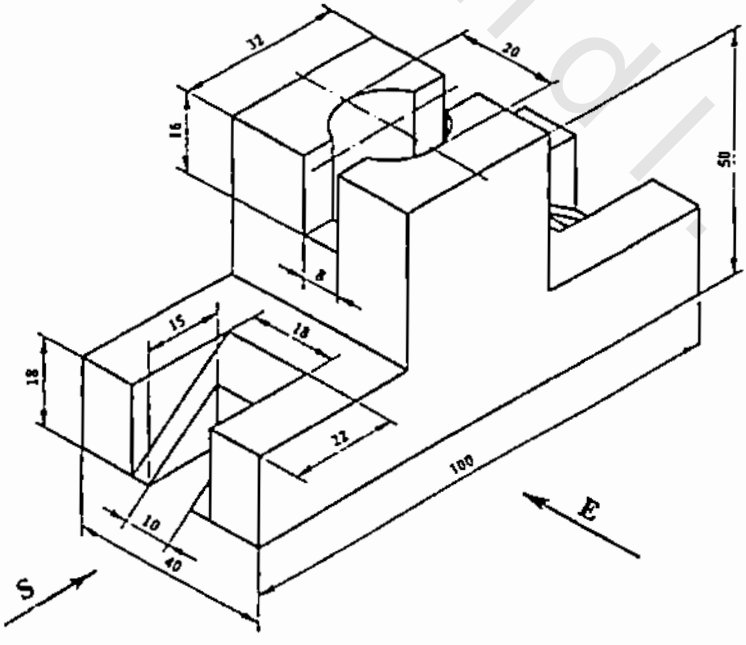
(جـ) رسم تخطيطي واضح للتركيبة الميكانيكية.

5- ما هو تأثير عمق الخشونة الكبير للأسطح المتزاوجة على الخلوص بين الجزأين المتوافقين.

6- شكل 9-37 يوضح منظور هندسي لقطعة ميكانيكية. والمطلوب رسم المساقط بمقياس مناسب مع وضع علامات التشغيل كالآتي:

- مسقط رأسي نصفه الأيسر قطاع.
- مسقط جانبي نصفه الأيمن قطاع.
- مسقط أفقي.
- وضع علامات التشغيل كالآتي:

- الثقب ϕ 20mm والمجرى العرضية 8mm بدرجة خشونة N8.
- درجة خشونة بقية الأسطح N11.



شكل 9-37

قطعة ميكانيكية