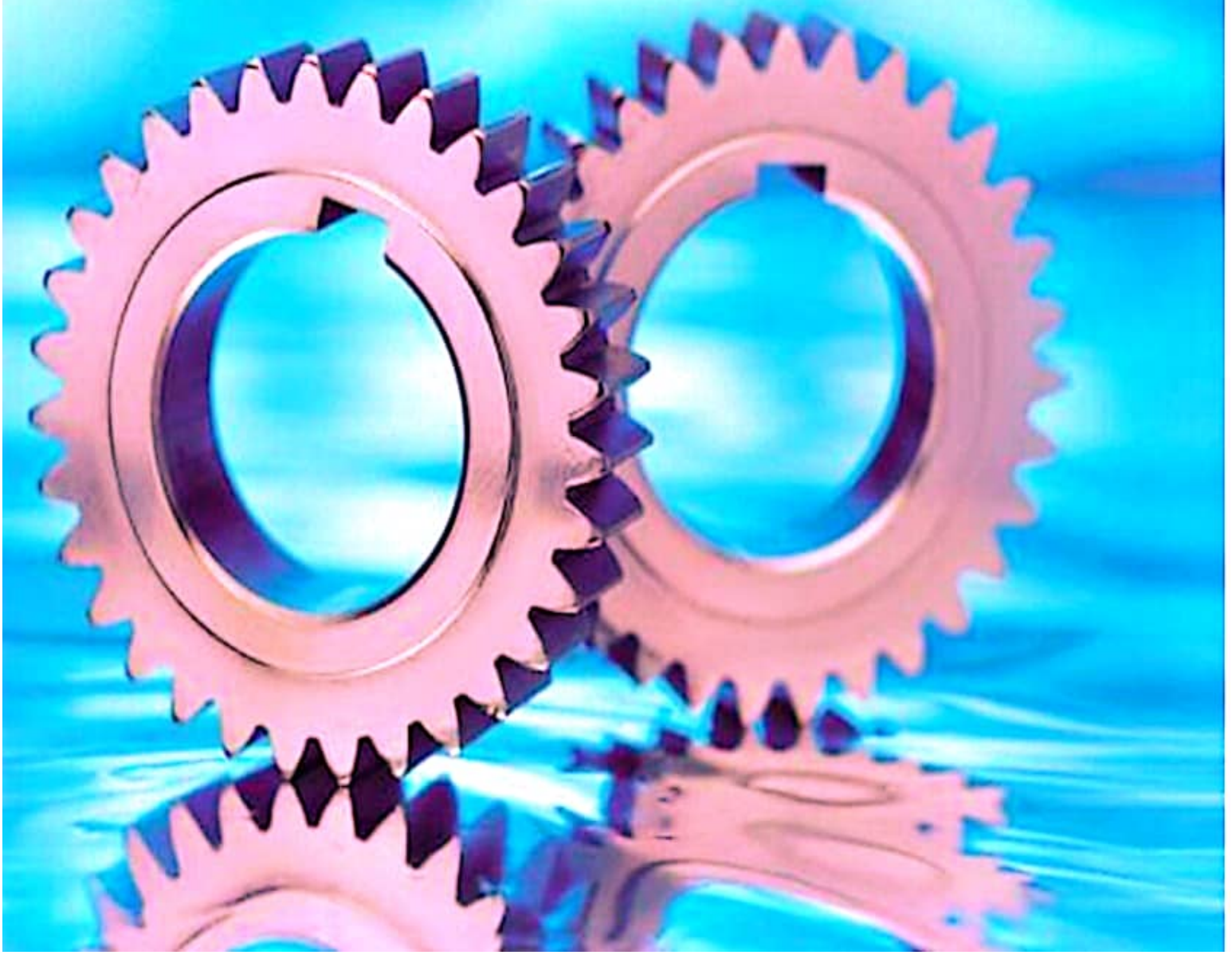
وحدة تدريبية

التفاوتات و التوافقات



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1.1 الدقة و التفاوت (*Precision & Tolerances*)

تعتبر الجودة الإعتبار الأساسي في تصنيع أية ماكنة أو تركيب هيكلي حيث إن العناية الصناعية التي يتم إجراءها على المنتج تُحدد جودته أو نوعيته نسبة إلى المنتجات الأُخرى المنافسة له في السوق وإلى حد ما كلفته النسبية المرافقة وسعر البيع . لذلك فيمكن تعريف الدقة (*Precision*) على إنها درجة الضبط الضرورية لضمان وظيفة الجزء كما مُخطط لها . وكمثال على ذلك ، يمتلك الجزء المسبوك نوعان من السطوح ،السطوح المتداخلة (*Mating Surface*) والتي تُشغل إلى درجة النعومة المناسبة وتكون عند نفس المسافة الصحيحة بين الواحدة والأُخرى .

أما النوع الثاني فهو السطوح غير المتداخلة (*Non Mating Surface*) والتي تكون مُعرضة أو مكشوفة للهواء وليس هنالك أي إهتمام للعلاقة لبقية الأجزاء أو السطوح وتترك على حالتها الأولية من حيث خشونة السبك . لذلك تحتاج السطوح المتداخلة إلى دقة صناعية كبيرة عما هو عليه في السطوح غير المتداخلة . إن الأبعاد على الرسم يجب أن تُشير إلى إي من الأجزاء يجب أن يُجرى لها إنهاء سطحي ودرجة الدقة المطلوبة في الإنهاء . على أية حال ، بسبب عدم إمكانية إنتاج أي مسافة بمقاس مُطلق فإنه يجب أن تكون هنالك بعض التغيرات المسموح بها في الصناعة والتي يطلق عليها التفاوتات .

يمكن تعريف التفاوت (*Tolerance*) على إنه التسامح المتنوع لأي مقاس معين والذي يعطي الوسائل العملية لإنجاز الدقة المطلوبة . إن التفاوت على أي بُعد يتغير تبعاً لدرجة الدقة الضرورية لسطح خاص ، فبالنسبة للسطوح غير المتداخلة تتراوح قيمة التفاوت من (0.254 *mm*) للأجزاء الصغيرة إلى (25 *mm*) للأجزاء الكبيرة . أما بالنسبة للسطوح المتداخلة فإن قيمة التفاوت تبلغ أجزاء المليون من المليمتر وهي في بعض الأحيان ضرورية للحصول على الدقة الفائقة في تداخل السطوح .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2.1 مصطلحات التفاوت (*Tolerances Nomenclature*)

إن المصطلحات أو التعاريف التي تستخدم لوصف الأبعاد مرتبطة فيما بينها بشكل وثيق إلى درجة إن معناها العام يجب أن يُفسر ويُفهم بدقة قبل الإقدام على إختيار الطريقة التي يتم فيها وضع المقاسات على الأجزاء المصنعة . الشكل رقم (1) يوضح رسم لعمود وثقب مثبت عليهما مصطلحات التفاوت .

وفيما يلي شرح لهذه المصطلحات :

1- **البُعد (Dimension)** .

هو ميزة أو صفة هندسية مثل القطر ، الطول ، الزاوية وغيرها من الصفات الهندسية .

2- **المقاس الأساسي (Basic Size)** .

هو المقاس الذي يتم الإستناد إليه عند تثبيت حدي القياس .

3- **المقاس (Size)** .

مقدار معين يُشير إلى قيمة البُعد . مثلاً إذا كان طول جزء ما ($20mm$) فالرقم (20) يعني المقاس.

4- **التفاوت (Tolerance)** .

وهو التسامح المتنوع لأي مقاس معين والذي يُحدد الدقة المطلوبة ،ويمثل التفاوت الفرق بين الحد الأعلى للمقاس و الحد الأدنى للمقاس وتكون قيمته مطلقة (بدون إشارة) .

5- **حدود المقاس (Size Limits)** .

وهما المقاس الأعلى و المقاس الأدنى المسموح بهما ويقع المقاس الحقيقي بينهما .

6- **خط الصفر (Zero Line)** .

وهو خط مستقيم تستند إليه الإنحرافات عند تمثيل الحدود بيانياً .

7- **الإنحراف (Deviation)** .

وهو الفرق الجبري بين مقاس معين والمقاس الأساسي ، ويقسم الإنحراف إلى نوعين هما :

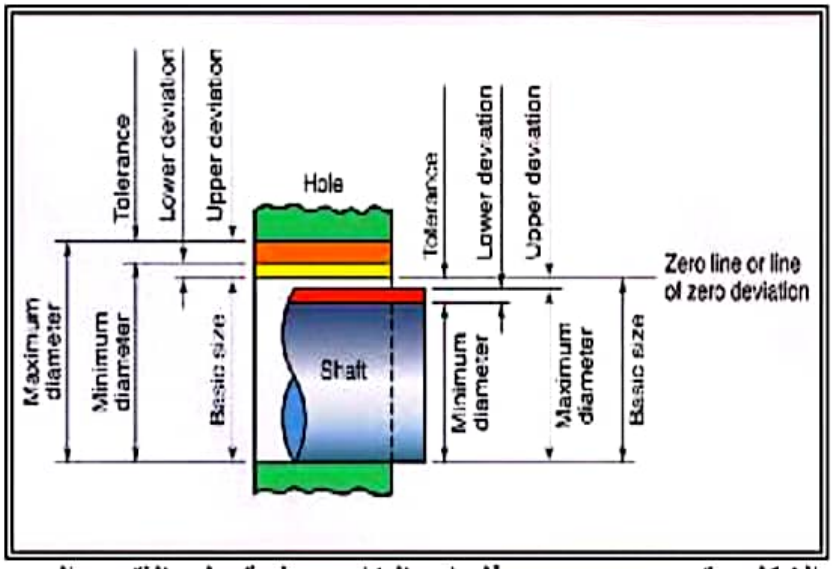
a- **الإنحراف العلوي (Upper Deviation)** . ويسمى أيضاً بالتجاوز العلوي ويمثل الفرق بين الحد الأعلى للمقاس والمقاس الأساسي .

الإنحراف السفلي (Lower Deviation) . ويطلق عليه كذلك التجاوز السفلي وهو الفرق بين الحد الأدنى للمقاس والمقاس الأساسي . وتعتبر الإنحرافات التي تقع فوق خط الصفر إنحرافات موجبة والتي تقع تحت هذا الخط تعتبر إنحرافات سالبة .

8- **الإنحراف الأساسي (Fundamental Deviation)** .

ويمثل قيمة أحد الإنحرافين (العلوي أو السفلي) الذي يتم إختياره لتحديد موقع منطقة التفاوت بالنسبة إلى خط الصفر . ويعتبر الإنحراف الأساسي هو الأقرب إلى خط الصفر .

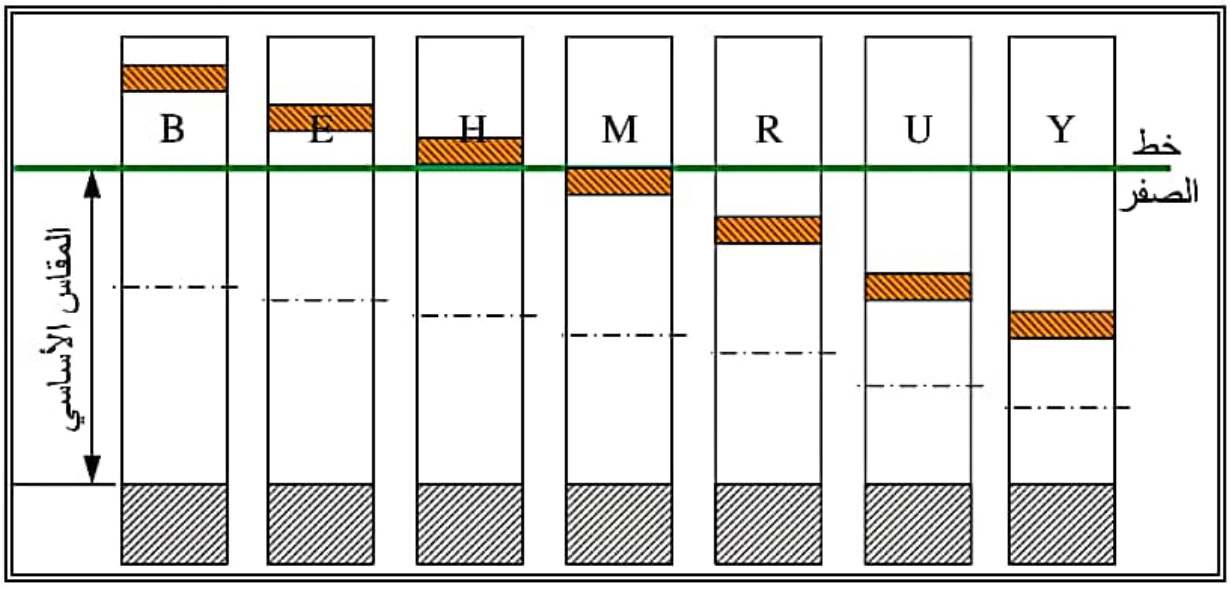
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



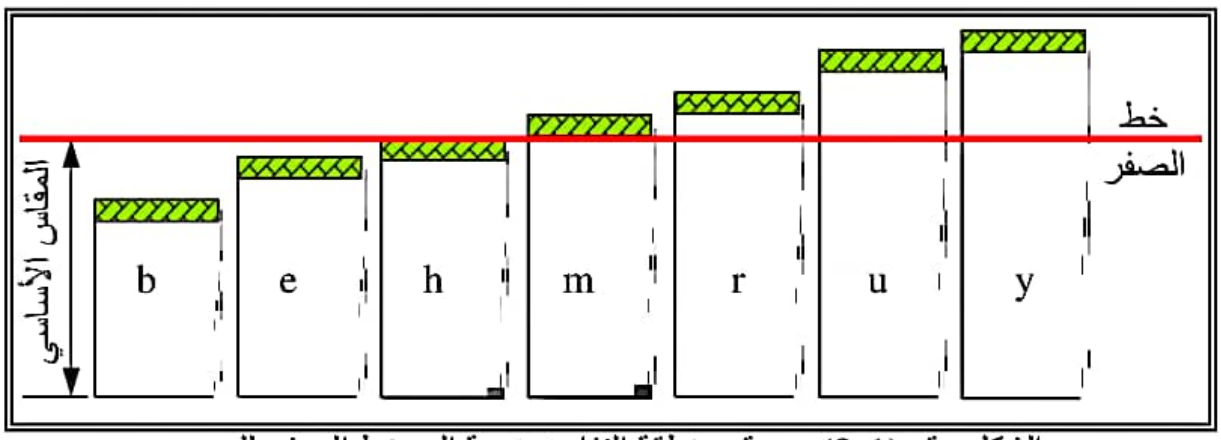
الشكل رقم (1-1) : مصطلحات التفاوت مثبتة على الثقب والعمود

9- **منطقة التفاوت (Tolerance Zone)** .

وهي المنطقة المحصورة بين الخطين اللذين يمثلان حدود التفاوت ويتم تحديدها بواسطة مقدار التفاوت نسبة إلى خط الصفر . الشكل رقم (1-2) و(1-3) يوضحان منطقة التفاوت للثقوب والأعمدة على التوالي نسبة لخط الصفر .



الشكل رقم (1-2) : موقع منطقة التفاوت نسبة إلى خط الصفر للثقب



الشكل رقم (1-3) : موقع منطقة التفاوت نسبة إلى خط الصفر للعمود

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

10- درجة التفاوت (Tolerance Grade) .

وهي مقياس لمقدار التفاوت وهذه الدرجة تعتبر دليلاً واضحاً لمدى جودة الإنتاج حيث كلما كانت درجة التفاوت واطئة كان التفاوت قليل وبالتالي تكون الدقة عالية وبالعكس فكلما زادت درجة التفاوت زاد التفاوت وقلت الدقة . ويمكن تمثيل درجة التفاوت بمجموعة أرقام يبلغ عددها (18) رقماً مرتبة كالآتي :

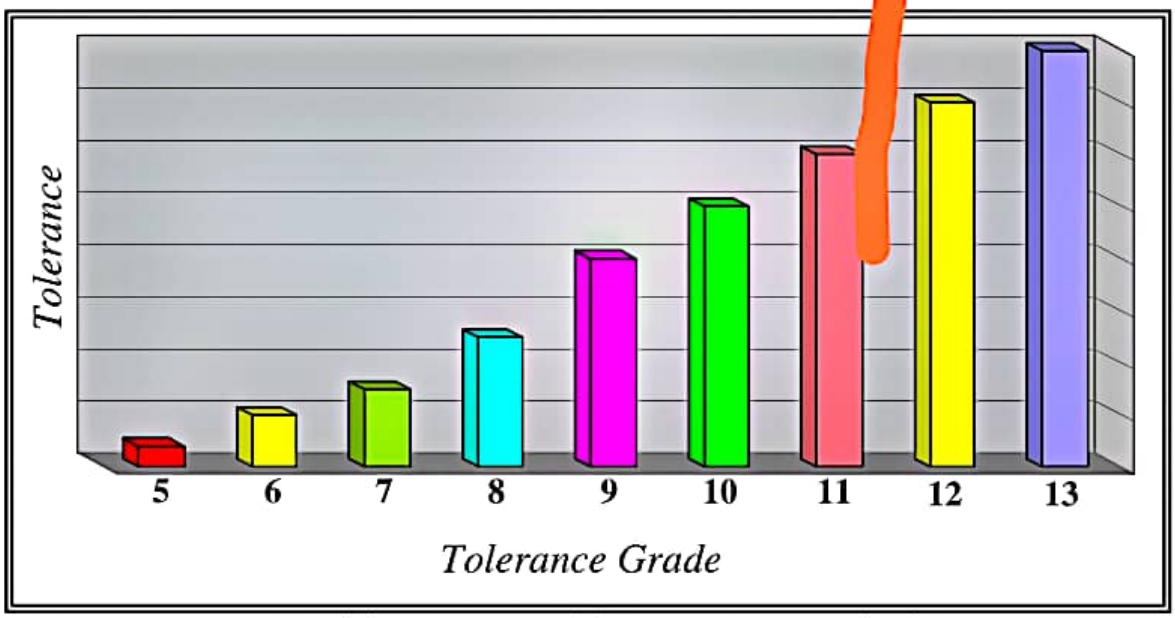
(16,15,14,13,12,11,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1,01,0) .وتقسم هذه الأرقام إلى ثلاث مجاميع هي :

المجموعة الأولى 01-5 تفاوتات دقيقة .

المجموعة الثانية 6-10 تفاوتات متوسطة .

المجموعة الثالثة 11-16 تفاوتات كبيرة .

الشكل رقم (1-4) يوضح العلاقة بين التفاوت ودرجة التفاوت . الجدول رقم (1-1) مدرج فيه عدد من القوانين التي تحكم التفاوت



الشكل رقم (1-4) : علاقة التفاوت مع درجة التفاوت

الجدول رقم (1-1) : قوانين التفاوت

المصطلح	القانون
الحد الأعلى للمقاس	المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي
الحد الأدنى للمقاس	المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي
التفاوت	الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس
الإنحراف العلوي	الحد الأعلى للمقاس - المقاس الأساسي
الإنحراف السفلي	الحد الأدنى للمقاس - المقاس الأساسي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الجدول رقم (1-2): منطقة التفاوت للثقوب

ISO Tolerances for Holes (ISO 286-2)																				
Nominal hole sizes (mm)																				
Basic Size	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
Upper and Lower Deviations (µm)																				
A11	+345 +270	+370 +280	+400 +290	+430 +300	+470 +310	+480 +320	+530 +340	+550 +360	+600 +380	+630 +410	+710 +460	+770 +520	+830 +580	+950 +660	+1030 +740	+1110 +820	+1240 +920	+1370 +1050	+1560 +1200	+1710 +1350
B11	+215 +140	+240 +150	+260 +150	+290 +160	+330 +170	+340 +180	+380 +190	+390 +200	+440 +220	+460 +240	+510 +260	+530 +280	+560 +310	+630 +340	+670 +380	+710 +420	+800 +480	+860 +540	+960 +600	+1040 +680
C11	+145 +70	+170 +80	+205 +95	+240 +110	+280 +120	+290 +130	+330 +140	+340 +150	+390 +170	+400 +180	+450 +200	+460 +210	+480 +230	+530 +240	+550 +260	+570 +280	+620 +300	+650 +330	+720 +360	+760 +400
D10	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80		+220 +100		+260 +120		+305 +145			+355 +170			+400 +190		+440 +210	
E6	+28 +20	+34 +25	+43 +32	+53 +40	+66 +50		+79 + 60		+94 +72		+110 +85			+129 +100			+142 +110		+161 +125	
E7	+32 +20	+40 +25	+50 +32	+61 +40	+75 +50		+90 + 60		+107 +72		+125 +85			+146 +100			+162 +110		+185 +125	
E9	+50 +20	+61 +25	+75 +32	+92 +40	+112 +50		+134 +60		+159 +72		+185 +85			+215 +100			+240 +110		+260 +125	
E11	+95 +20	+115 +25	+142 +32	+170 +40	+210 +50		+250 + 60		+292 +72		+335 +85			+390 +100			+430 +110		+485 +125	
E12	+140 +20	+175 +25	+212 +32	+250 +40	+300 +50		+360 + 60		+422 +72		+485 +85			+560 +100			+630 +110		+695 +125	
E13	+200 +20	+245 +25	+302 +32	+370 +40	+440 +50		+520 + 60		+612 +72		+715 +85			+820 +100			+920 +110		+1 015 +125	
F6	+18 +10	+22 +13	+27 +16	+33 +20	+41 +2		+49 + 30		+58 +36		+68 43			+79 +50			+88 +56		+98 +62	
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25		+60 + 30		+71 +36		+83 43			+96 +50			+108 +56		+119 +62	
F8	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25		+76 + 30		+90 +36		+106 43			+122 +50			+137 +56		+151 +62	
G6	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9		+29 +10		+34 + 12		+39 +14			+44 +15			+49 +17		+54 +18	
G7	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9		+40 +10		+47 + 12		+54 +14			+61 +15			+69 +17		+75 +18	
G8	+22 +4	+27 +5	+33 +6	+40 +7	+48 +9		+56 +10		+66 + 12		+77 +14			+87 +15			+98 +17		+107 +18	
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0		+19 0		+22 0		+25 0			+29 0			+32 0		+36 0	
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0		+30 0		+35 0		+40 0			+46 0			+52 0		+57 0	
H8	+18	+22	+27	+33	+39		+46		+54		+63			+72			+81		+89	

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

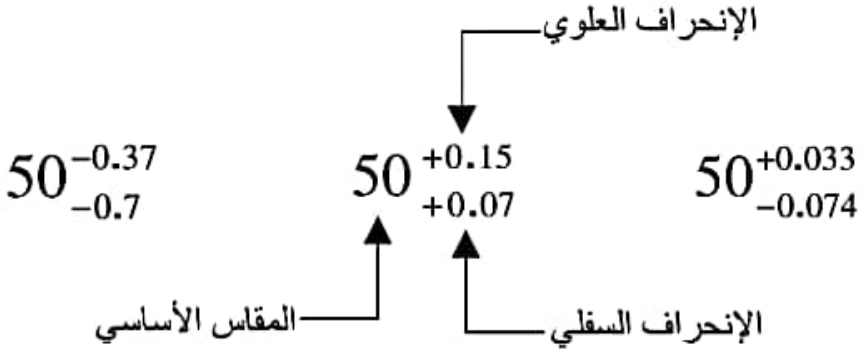
3.1 تثبيت التفاوت على الرسم (*Tolerance Fixing*)

إن الهدف من تثبيت التفاوت على الرسم هو من أجل إعطاء فكرة لمشغل الماكنة بأن البُعد للجزء المُصَنع يجب أن لا يتجاوز الحدود المحددة له مما يرفع مقدار الدقة ويقلل الكلفة نتيجة لإختزال حجم الأخطاء التي يمكن أن تحدث عندما يحصل إنحراف وتجاوز على القياس الحقيقي للجزء . هنالك طريقتان تستخدم لتثبيت التفاوت على الرسم هما :

1- التثبيت بواسطة الأرقام (By Numbers) .

في هذه الطريقة يتم إعطاء المقاس الأساسي إضافية إلى قيمتي الإنحراف العلوي والسفلي ، وكما موضح في الأمثلة أدناه .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



إذا كانت قيمتي الإنحراف متساويتين في القيمة ومختلفة في الإشارة فيمكن كتابته بالشكل التالي :

$$50^{+0.13}_{-0.13} \longrightarrow 50 \pm 0.13$$

يقسم التفاوت إلى نوعين هما :

1- التفاوت ثنائي الإتجاه (Bilateral Tolerance) .

تكون هنالك قيمتين للإنحراف تنقسم إلى جزء موجب وجزء سالب أو كلاهما موجب أو يكونا سالبين وكما في الأمثلة أعلاه .

2- التفاوت أُحادي الإتجاه (Unilateral Tolerance) .

وتكون قيمة أحد الإنحرافين صفر ، وكما موضح في الأمثلة أدناه :

$$60^{\ 0}_{-0.14} \longrightarrow \begin{matrix} 60+0 \\ 60-0.14 \end{matrix} \qquad 60^{+0.2}_{\ 0} \longrightarrow \begin{matrix} 60+0.2 \\ 60+0 \end{matrix}$$

إختبار ذاتي (3): ما هي أنواع التفاوت

2- التثبيت بواسطة الرموز (By Letters) .

تستخدم هذه الطريقة الرموز أو الحروف في تثبيت التفاوت حيث يتم إعطاء المقاس الأساسي للجزء متبوعاً بحرف وكما في الأمثلة التالية :(40K6 , 33C11 , 55E9 , 60H8) . لكل رمز من هذه الرموز إنحراف علوي وسفلي يتم إستخراجها من الجداول الخاصة بالتفاوت وكما موضح في الجداول (1-2)و(1-3) ، وهذه الرموز موضوعة من قِبل النظام العالمي (*ISO*) حيث تم الإتفاق على إن الحروف الكبيرة تُشير إلى الثقوب(*Holes*) أما الحروف الصغيرة فتُشير إلى الأعمدة (*Shafts*) ، وهي موضحة في الجدول رقم (1-4) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال:

من المثال التالي إحسب الحد الأعلى والأدنى للمقاس ، ومقدار التفاوت علماً إن جميع الأبعاد بالمليمتر .

$$80\ ^{+0.075}_{-0.125}$$

الحل //

المقاس الأساسي للجزء هو (80 mm) والإنحراف العلوي (+ 0.075 mm) والإنحراف السفلي (- 0.125mm) .

الحد الأعلى للمقاس= المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى للمقاس= 80 + 0.075

الحد الأعلى للمقاس= 80.075 mm

الحد الأدنى للمقاس = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى للمقاس = 80 – 0.125

الحد الأدنى للمقاس = 79.875 mm

التفاوت = الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس

التفاوت = 80.075 - 79.875

التفاوت = 0.2 mm

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال2

إذا كان مقدار المقاس الأساسي لجزء معين هو (125mm) والحد الأعلى لمقاسه (125.035mm) ومقدار التفاوت له هو (0.024 mm) ، المطلوب حساب كافة الأبعاد الأخرى ووضعها بشكل قياسي على الرسم .

الحل //

التفاوت = الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس

الحد الأدنى للمقاس = الحد الأعلى للمقاس – التفاوت

الحد الأدنى للمقاس = 125.035 – 0.024

الحد الأدنى للمقاس= 125.011 mm

الإنحراف العلوي = الحد الأعلى للمقاس - المقاس الأساسي

الإنحراف العلوي = 125.035 – 125

الإنحراف العلوي = 0.035 mm

الإنحراف السفلي = الحد الأدنى للمقاس - المقاس الأساسي

الإنحراف السفلي = 125.011 – 125

الإنحراف السفلي = 0.011 mm

الشكل القياس للتفاوت على الرسم (تثبيت التفاوت على الرسم) هو : $125^{+0.035}_{+0.011}$

مثال3

من خلال الرمز التالي (40N7) حدد الإنحراف العلوي والسفلي مع حساب الحد الأعلى والحد الأدنى للمقاس .

الحل //

الرقم (40) يُشير إلى المقاس الأساسي (بالمليمتر) للجزء والرمز(N7) يُشير إلى إن هذا الجزء هو ثقب لأن الرمز هو حرف كبير الذي يدل على الثقوب ، لذلك من خلال الجدول رقم (1-2) والخاص بمنطقة تفاوت الثقوب نجد إن :

الإنحراف العلوي = -8 μ = - 0.008 mm

الإنحراف السفلي = -33 μ = - 0.033 mm

$40^{-0.008}_{-0.033}$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4.1 التفاوتات المتراكمة (*Cumulative Tolerances*)

إن مصطلح التفاوتات المتراكمة يُطلق على الحالة التي يكون فيها الموقع بإتجاه ثابت ومسيطر عليه بأكثر من تفاوت واحد ، وكما موضح في الشكل رقم (1-5- a) . إن المسـافة بين ثقبين تكون مفصولة ببعدين أو ثلاثة أو أربعة أبعاد حيث هذه المسافة سوف تتغير موقعياً بواسطة مجموع التفاوتات على كل الأبعاد. إن هذا التعقيد في وضع الأبعاد يمكن الحد منه عن طريق إسناد جميع الأبعاد إلى موقع واحد يعتبر كمرجع لهذه الأبعاد وكما موضح في الشكل رقم(1-5- b) ، ويطلق على هذه الحالة مصطلح (*Base Line Dimensioning*) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

6.1 أنواع التـــوافـــق (Types of Fit)

إن نوع التوافق يعتمد على طبيعة الربط بين الأجزاء المتداخلة (الثقب - العمود) حيث يمكن تقسيم التوافق إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

1- التوافق الخلوصي (Clearance Fit)

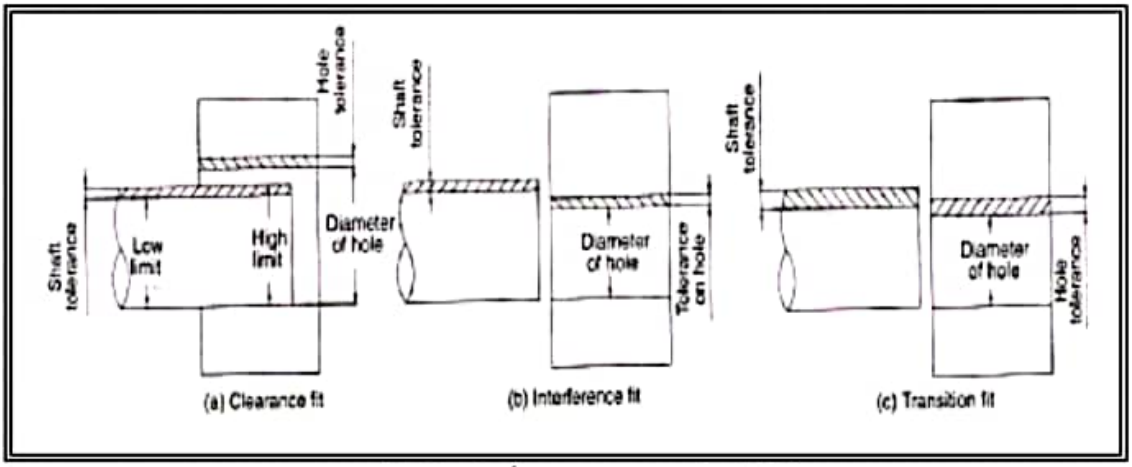
في هذا النوع من التوافق يكون مقاس الجزء الداخلي الذي يُمثل العمود هو أصغر من مقاس الجزء الخارجي وهو الثقب مما ينتج عنه حركة نسبية بينهما التوافق الخلوصي موضح في الشكل رقم (1-6-a).

2- التوافق التداخلي (Interference Fit)

في هذه الحالة يكون مقاس الجزء الداخلي (العمود) أكبر من مقاس الجزء الخارجي (الثقب) حيث يحصل تداخل دائمي بينهما (حالة حشر) . في التوافق التداخلي يتم إستخدام الضغط أو التمدد الحراري للجزء الخارجي حتى يتم التثبيت .الشكل رقم (1-6-b) يوضح التوافق التداخلي .

3- التوافق الإنتقالي (Transition Fit)

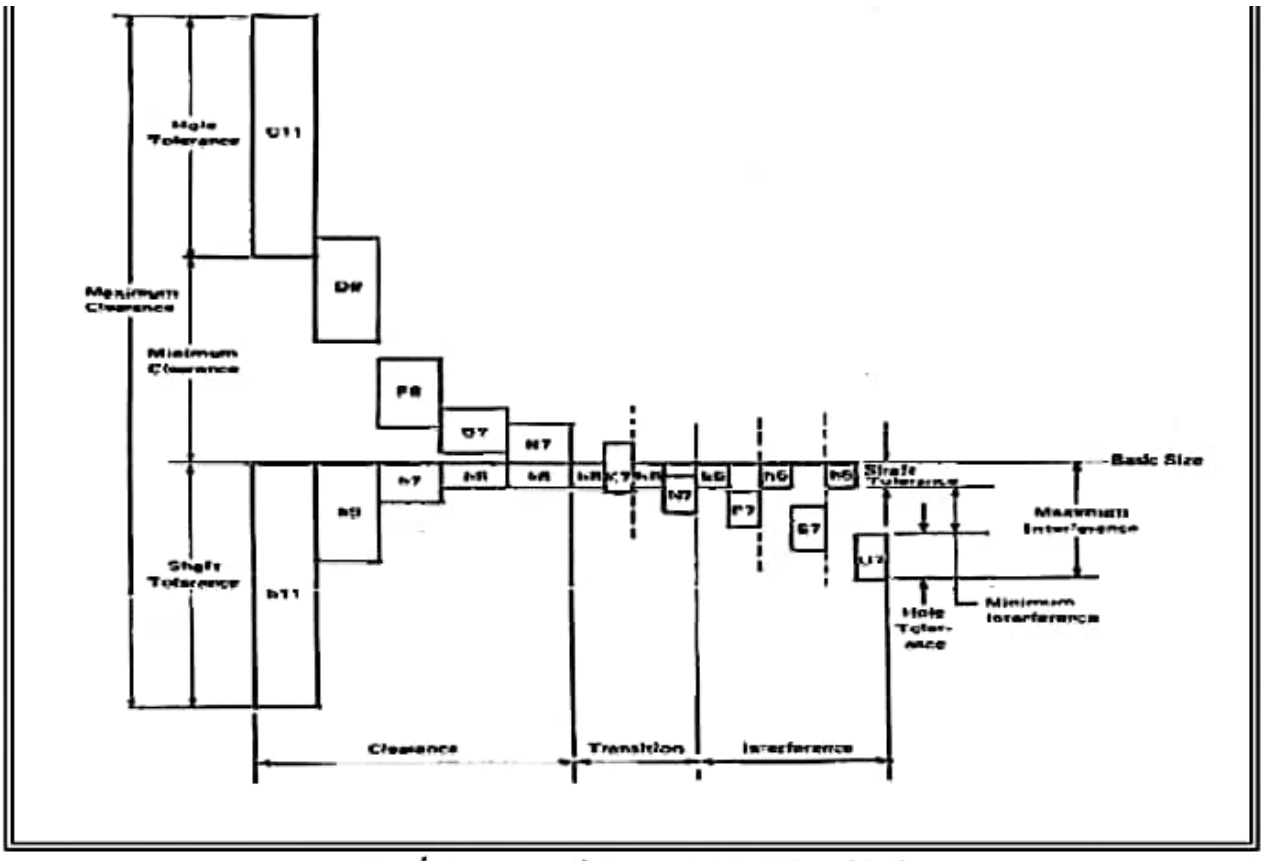
يحدث التوافق الإنتقالي (الشكل رقم (1-6- c)) عندما تكون منطقة تفاوت الثقب والعمود متداخلتين ، لهذا أما أن ينتج توافق خلوصي أو تداخلي . في هذا النوع من التوافق يكون الحد الأعلى لمقاس الثقب أكبر من الحد الأعلى و الأدنى لمقاس العمود ، والحد الأعلى لمقاس العمود أكبر من الحد الأدنى لمقاس الثقب أو يكون الحد الأعلى للعمود أكبر من الحد الأعلى للثقب والحد الأعلى للثقب أكبر من الحد الأدنى للعمود والحالة الثالثة يكون فيها الحد الأعلى للثقب أكبر من الحد الأعلى والأدنى للعمود والحد الأعلى والأدنى للعمود أكبر من الحد الأدنى للثقب.



الشكل رقم (1 - 6) : أنواع التوافق

إختبار ذاتي (7): عدد أنواع التوافق

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (1-8) : مناطق توافق الأعمدة

إختبار ذاتي (8): كيف يتم حساب قيم الخلوص والتداخل

7.1 أنظمة التـــوافـــق (*Systems of Fit*)

هنالك نظامين أساسيين للتوافق يتم إستخدامها في الصناعة والتي تعتمد على أخذ أحد الأجزاء المتداخلة كمقاس أساسي . وهذان النظامان هما :

. نظام الثقب الأساسي (Hole Basis System) .

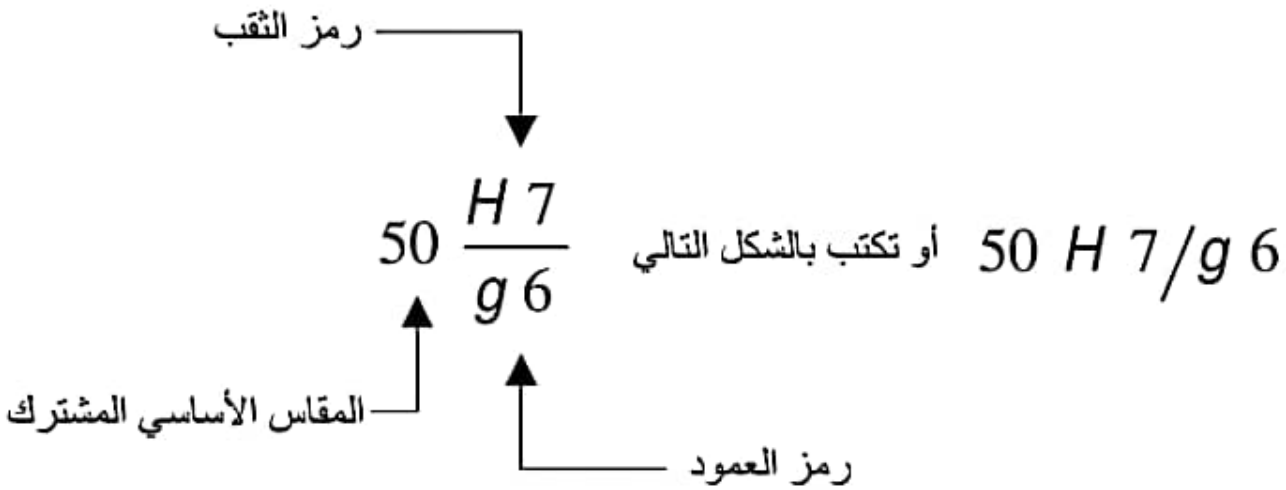
هذا النظام يتم أخذ مقاس الثقب كأساس لجميع التغييرات ، حيث يكون الثقب الأساس ممتلكاً إنحراف ي مقداره صفر . يستعمل الحرف الكبير (H) للثقوب التي يكون إنحرافها الأساسي مساوياً للصفر دائماً . والأمثلة التالية توضح ذلك .

60 H9/c8 , 65 H7/g6 , 50 H7/h6 , 60 H7/k6 , 60 H7/n6 , 75 H7/p6

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

8.1 تثبيت التوافق على الرسم (*Fit Fixing*)

مثلما هو الحال مع التفاوت فإن التوافق يجب أن يتم توضيحه وتثبيته لمعرفة نوع وطبيعة التوافق للأجزاء المتداخلة ، ويتم ذلك بكتابة المقاس الأساسي المشترك بين الأجزاء المتداخلة يتبعه الرمز الخاص بكل جزء مع ملاحظة إن رمز الثقب يكتب دائماً في البداية ، والمثال التالي يوضح ذلك .



إختبار ذاتي (10): كيف يتم تثبيت التوافق على الرسم

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال:

من خلال المعلومات المعطاة والخاصة بجزئين متداخلين ، ثقب وعمود . أوجد نوع التوافق مع إجراء كافة الحسابات المتعلقة بذلك علماً إن جميع الأبعاد بالمليمتر .

عمود $140\ ^{+0.06}_{0}$ ثقب $140\ ^{+0.24}_{+0.125}$

الحل //

1- حسابات الثقب .

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 140+ 0.24

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 140.24 mm

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 140 + 0.125

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 140.125 mm

2- حسابات العمود .

الحد الأعلى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس العمود = 140+ 0.06

الحد الأعلى لمقاس العمود = 140.06 mm

الحد الأدنى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس العمود = 140 + 0

الحد الأدنى لمقاس العمود = 140 mm

بما إن الحد الأعلى لمقاس العمود (140.06 mm) هو أصغر من الحد الأدنى لمقاس الثقب(140.125 mm) ، لذلك سوف تكون هنالك حالة خلوص بينهما لهذا يكون التوافق خلوصي .

الخلوص الأعلى = الحد الأعلى لمقاس الثقب - الحد الأدنى لمقاس العمود

الخلوص الأعلى = 140.24 – 140

الخلوص الأعلى = 0.24 mm

الخلوص الأدنى = الحد الأدنى لمقاس الثقب - الحد الأعلى لمقاس العمود

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال2

لديك المعلومات التالية والخاصة بجزئين متداخلين . خمن من خلال الحل نوع التوافق ونظام التوافق لهما.

$$35\ H\ 9/d\ 9$$

الحل //

من خلال الجداول الخاصة بمنطقة التفاوت للثقوب والأعمدة نستخرج الإنحرافات العليا والسفلى لهما حيث المقاس الأساسي المشترك بينهما هو $(35\ mm)$.

1- حسابات الثقب .

الإنحراف العلوي = $(+62\ \mu)$ ⟵ الإنحراف العلوي = $+0.062\ mm$

الإنحراف السفلي = 0

$$35\ ^{+0.062}_{0}$$

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = $35 + 0.062$

الحد الأعلى لمقاس الثقب = $35.062\ mm$

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = $35 + 0$

الحد الأدنى لمقاس الثقب = $35\ mm$

2- حسابات العمود .

الإنحراف العلوي = $(-80\ \mu)$ ⟵ الإنحراف العلوي = $-0.08\ mm$

الإنحراف السفلي = $(-142\ \mu)$ ⟵ الإنحراف السفلي = $-0.142\ mm$

$$35\ ^{-0.08}_{-0.142}$$

الحد الأعلى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس العمود = $35 - 0.08$

لحد الأعلى لمقاس العمود = $34.92\ mm$

الحد الأدنى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس العمود = $35 - 0.142$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال3

أوجد نوع التوافق و نظام التوافق للأجزاء المتداخلة التالية : $60\,R7/h6$

الحل // المقاس الأساسي المشترك بين الثقب والعمود هو ($60\ mm$) .

1- حسابات الثقب .

من خلال الجدول الخاص بتفاوتات الثقوب نستخرج ما يأتي :

الإنحراف العلوي = ($-30\ \mu$) ⟵ الإنحراف العلوي = $-0.03\ mm$

الإنحراف السفلي =($-60\ \mu$) ⟵ الإنحراف السفلي = $-0.06\ mm$

$60\ ^{-0.03}_{-0.06}$

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = $60 - 0.03$

الحد الأعلى لمقاس الثقب = $59.97\ mm$

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = $60 - 0.06$

الحد الأدنى لمقاس الثقب = $59.94\ mm$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وحدة تدريبية

خشونة السطح

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.2 المقـــدمـــة (*Introduction*)

إن خشونة السطح تنتج بشكل أساسي من عمليات التشغيل التي تترك أنماط متنوعة وواسعة على السطح المُشغل ، وهنالك الكثير من المصطلحات التي تُستخدم لوصف وتحديد جودة السطح وكما موضح في الشكل رقم (2-1) ، وهذه المصطلحات هي :

1- الرصف (Lay) .

يستخدم هذا المصطلح لوصف إتجاه نمط السطح المتكرر بواسطة عملية التشغيل .

2- الخشونة (Roughness) .

وهي دالة لمقدار الفراغات الدقيقة الناتجة من عدم إنتظام السطح . تنتج الخشونة من عمليات التشغيل.

3- إرتفاع الخشونة (Roughness Height) .

وهو إرتفاع عدم الإنتظامات مستندة إلى خط مرجعي . يقاس إرتفاع الخشونة بالميليمتر ، المايكرون ، أو المايكروإنج ، ويطلق عليها أيضاً إرتفاع التفاوتات (*Unevenness Height*) .

4- عُرض الخشونة (Roughness Width) .

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتوءات المتتابعة والتي تُحدد النموذج الساند للخشونة . يُقاس عُرض الخشونة بالميليمتر .

5- التموج (Waviness) .

ويُشير إلى عدم الإنتظام في السطح ذو الفراغات الأوسع من الخشونة وهو ناتج من الإلتواء ، الإهتزاز ، أو إنحراف العمل أثناء التشغيل .

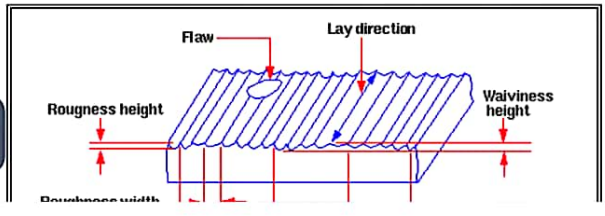
6- إرتفاع التموج (Waviness Height) .

ويمثل المسافة بين القمة إلى الإنخفاض للمقطع الجانبي للسطح مقاساً بالميليمتر .

7- الخدوش (Flaws) .

وهي شقوق تنتج على السطح المشغل نتيجة لرداءة حافة عُدة القطع ، حيث ربما تكون مثلومة أو غير ملائمة لمعدن الشُغلة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



39/350

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1.2 المقـــدمـــة (*Introduction*)

إن خشونة السطح تنتج بشكل أساسي من عمليات التشغيل التي تترك أنماط متنوعة وواسعة على السطح المُشغل ، وهنالك الكثير من المصطلحات التي تُستخدم لوصف وتحديد جودة السطح وكما موضح في الشكل رقم (2-1) ، وهذه المصطلحات هي :

1- الرصف (Lay) .

يستخدم هذا المصطلح لوصف إتجاه نمط السطح المتكرر بواسطة عملية التشغيل .

2- الخشونة (Roughness) .

وهي دالة لمقدار الفراغات الدقيقة الناتجة من عدم إنتظام السطح . تنتج الخشونة من عمليات التشغيل.

3- إرتفاع الخشونة (Roughness Height) .

وهو إرتفاع عدم الإنتظامات مستندة إلى خط مرجعي . يقاس إرتفاع الخشونة بالميليمتر ، المايكرون ، أو المايكروإنج ، ويطلق عليها أيضاً إرتفاع التفاوتات (*Unevenness Height*) .

4- عُرض الخشونة (Roughness Width) .

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتوءات المتتابعة والتي تُحدد النموذج السائد للخشونة . يُقاس عُرض الخشونة بالميليمتر .

5- التموج (Waviness) .

ويُشير إلى عدم الإنتظام في السطح ذو الفراغات الأوسع من الخشونة وهو ناتج من الإلتواء ، الإهتزاز ، أو إنحراف العمل أثناء التشغيل .

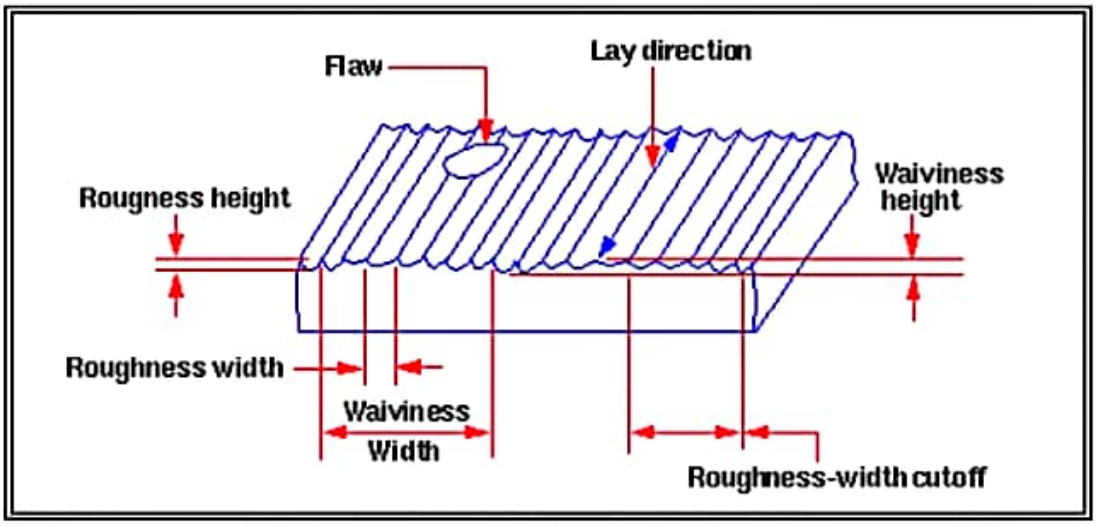
6- إرتفاع التموج (Waviness Height) .

ويمثل المسافة بين القمة إلى الإنخفاض للمقطع الجانبي للسطح مقاساً بالميليمتر .

7- الخدوش (Flaws) .

وهي شقوق تنتج على السطح المشغل نتيجة لرداءة حافة عُدة القطع ، حيث ربما تكون مثلومة أو غير ملائمة لمعدن الشُغلة .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (2-1) : أشكال خشونة السطح

إختبار ذاتي (1): عرف عرض الخشونة

2.2 أنواع خشونة السطح (*Types of Surface Roughness*)

إن الخشونة النهائية للسطح المُشغل يمكن أن إعتبارها متكونة أو مساوية لمجموع الخشونة المثالية والخشونة الطبيعية .

1- الخشونة المثالية (Ideal Roughness) .

وهي أفضل خشونة يمكن الحصول عليها لشكل عدة قطع ومقدار تغذية معينين . ويمكن الحصول على الخشونة المثالية إذا توفرت الشروط التالية :

a- عدم وجود حد القطع الناشئ (*B.U.E*) .

b- عدم وجود إصطكاك .

c- حركات ماكنة القطع مضبوطة جداً .

إن تأثير نصف قطر المقدمة للعدة(*Nose Radius*) والتغذية يمكن أن تجمع في معادلة واحدة للتنبؤ بالخشونة المتوسطة المثالية لسطح يتم إنتاجه بواسطة عدة قطع مفردة الإتصال وهذه المعادلة تطبق لعمليات الخراطة والقشط :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$R_i = \frac{f^2}{32NR} \qquad (1)$$

حيث :

R_i= خشونة السطح المتوسطة الرياضية النظرية (mm) .

f= التغذية $(mm\backslash rev)$.

NR= نصف قطر المقدمة على طرف العدة (mm) .

تفرض هذه المعادلة بأن نصف قطر المقدمة ليس صفراً والتغذية ونصف قطر المقدمة سوف تكون عوامل أساسية في تحديد هندسية السطح .

في التفريز العادي أو اللوحي (*Slab Milling*) حيث تكون حافات القطع المستقيمة للقاطع مثالية لتوليد هندسية السطح ، لذلك يمكن إستخدام المعادلة التالية لحساب قيمة خشونة السطح المثالية :

$$R_i = \frac{0.125 f^2}{(D/2) \pm (f_Z/\pi)} \qquad (2)$$

حيث :

R_i= خشونة السطح المثالية (mm) .

f= التغذية لكل سن $(mm\backslash tooth)$.

D= قطر القاطع (mm) .

Z= عدد أسنان القاطع .

إن الإشارة (+) هي للتفريز للأعلى (*Up Milling*) ، والإشارة (-) هي للتفريز للأسفل (*Down Milling*) .

إن الإجراء الذي يُتخذ للتنبؤ بخشونة السطح الحقيقية (*Actual Surface Roughness*) في عملية تشغيل معينة هي بحساب قيمة خشونة السطح المثالية بعدها يتم ضرب هذه القيمة بواسطة نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية والموضحة في الشكل رقم (2-2) التي تلائم صنف مادة الشُغلة كما في المعادلة التالية :

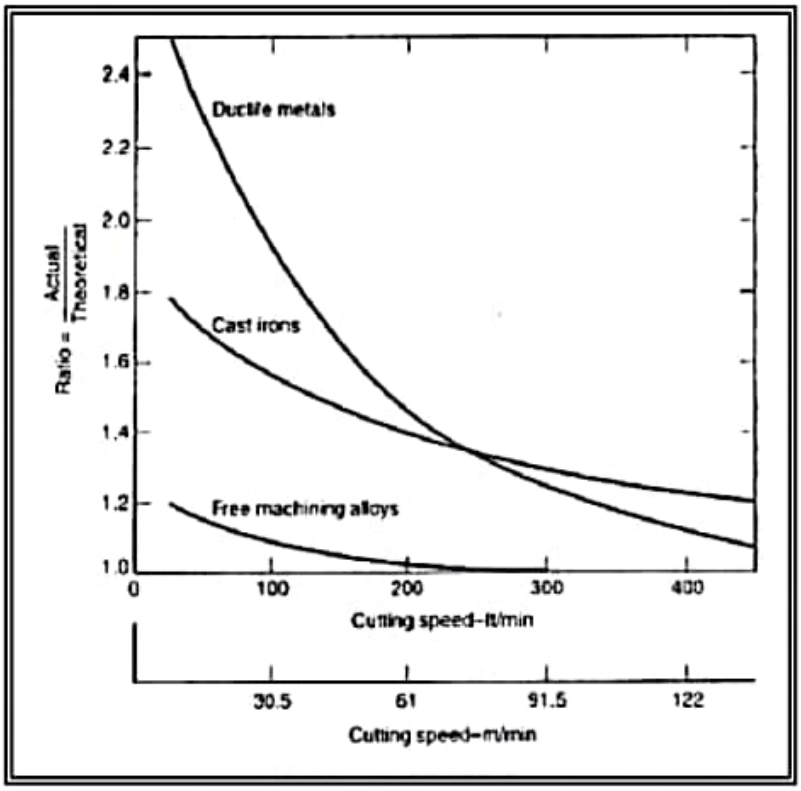
$$R_a = r_{ai} \times R_i \qquad (3)$$

حيث :

R_a= قيمة الخشونة الحقيقية المحسوبة .

r_{ai}= نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية ، وتحسب من الشكل رقم (2-2) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (2-2) : كيفية حساب نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية

مثال:

إحسب خشونة السطح الناتجة من تشغيل شُغلة من الفولاذ (C1008) المطيلي نسبياً بإستخدام عُدة قطع نصف قطر مقدمتها ($1.2mm$) مع ظروف القطع التالية : سرعة القطع ($100m\backslash min$) ، التغذية ($0.25mm\backslash rev$) .

الحل //

$$R_i = \frac{f^2}{32NR}$$

$$R_i = \frac{0.25^2}{32 \times 1.2} \Longrightarrow \boxed{R_i = 0.0016mm = 1.6\mu m}$$

من الشكل رقم (2-2) تكون نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية لهذه المادة المطيلية عند سرعة قطع ($100m\backslash min$) هي تقريباً (1.25) .

$$R_a = r_{ai} R_i$$

$$R_a = 1.25 \times 1.6 \Longrightarrow \boxed{R_a = 2\mu m}$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- الخشونة الطبيعية (Natural Roughness) .

في الواقع العملي يصعب الحصول على ظروف مثالية وبصورة إعتيادية ، لذلك ينشأ نوع آخر من الخشونة وهي الخشونة الطبيعية والتي تُشكل نسبة كبيرة من الخشونة الفعلية وهي الخشونة الناتجة من عدم إنتظام عملية القطع . هنالك عِدة عوامل تؤثر على الخشونة الطبيعية والعوامل الرئيسية هي :

a- تَكون حد القطع الناشئ في بعض المواد والذي يعتبر العامل الرئيسي للخشونة الطبيعية.
b- إستخدام ظروف تشغيل غير ملائمة تشمل سرعة القطع ، التغذية ، وعمق القطع والتي سوف تؤثر بشكل سلبي على الإنجاز السطحي للمادة المُشغلة .
c- إستخدام عُدة قطع ذات شكل هندسي ومادة لا تُلائم مادة الشُغلة المراد تشغيلها .
d- بلى عُدة القطع .
e- تضرر أو تخدش سطح الشُغلة عند جريان الرايش .
f- عدم جساءة وإستقرارية ماكنة التشغيل وعد ضبط حركاتها إضافة إلى ضُعف تثبيت الشُغلة كل ذلك يسبب الإهتزازات والإصطكاك .
g- وجود عيوب في بنية معدن الشُغلة .
h- تولد رايش غير مستمر عند قطع المواد الهشة .
i- تمزق مادة الشُغلة عند قطع معادن لينة بسرعة واطئة .

إضافة إلى ذلك تؤثر الخشونة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للسطح المُشغل حيث تنخفض مقاومة الكِلال ومقاومة الشد نتيجة لتكون نقاط ضُعف تتركز فيها الإجهادات في نهايات الإنخفاضات الناتجة من عدم إنتظام السطح المُشغل ، كذلك سوف تقل مقاومة المادة المشغلة للتآكل الكيميائي والميكانيكي وتزداد مقاومة الإحتكاك نتيجة لضُعف إنزلاق السطوح الخشنة .

إختبار ذاتي (3): ما هو العامل الرئيسي في تكون الخشونة الطبيعية

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

3.2 طُرق قياس الخشونة (*Measurement Method*)

هنالك عِدة طُرق حسابية تستخدم لتقدير خشونة السطح الناتجة من عمليات التشغيل المختلفة وهذه الطرق هي :

1- طريقة متوسط الخط المركزي (Center - Line Average -CLA) .

وتسمى أيضاً طريقة متوسط الخشونة (*Roughness Average*) ويُشار إليها إختصاراً (R_a) ويمكن تعريف هذه الطريقة على إنها متوسط الإنحرافات الموجودة فوق وتحت المستوي الوسطي للسطح مُقاسة ضمن مسافة معينة . ويمكن حسابها من المعادلة التالية :

$$R_a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n}{L}$$

$$R_a = \frac{1}{L}(y_1 + y_2 + y_3 + ... + y_n)$$

$$\Rightarrow \boxed{R_a = \frac{1}{L}\int_0^L y(x)dx} \qquad (4)$$

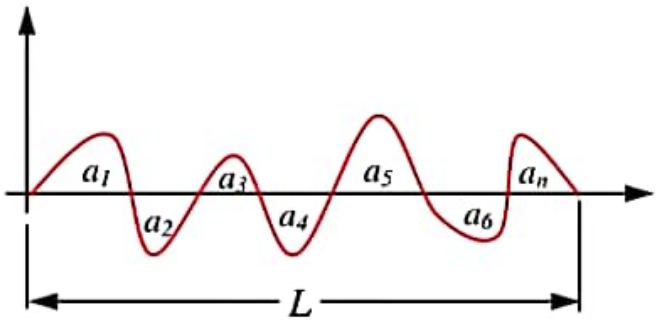
حيث إن :

R_a = خشونة السطح .

L = الطول التقديري .

y = الإرتفاع والإنخفاض .

x = المسافة على طول القياس .



تستخدم هذه الطريقة في أُوربا لحساب خشونة السطح .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- طريقة متوسط الجذر التربيعي (Root Mean Square Average) .

ويرمز لها إختصاراً ($MRMS$) أو (R_q) . تستخدم هذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق ربط فولتميتر (AC) لقياس الجذر التربيعي للإشارة الكهربائية للإرتفاعات وكما يلي :

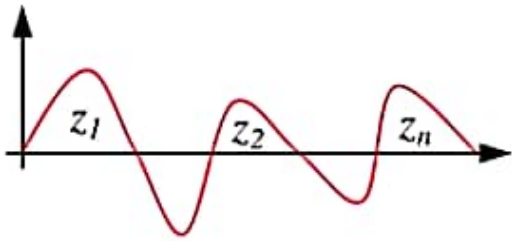
$$R_q = \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + ... + z_n^2}{n}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_q = \sqrt{\frac{1}{L}\int_o^L y^2(x)dx}} \qquad (5)$$

حيث إن :

n = عدد الإرتفاعات .

z = الإرتفاع .



3- طريقة متوسط الارتفاع بين القمة والقعر (Average Peak to valley Height).

ويرمز لها بالرمز (R_z) تأخذ هذه الطريقة خمسة إرتفاعات وخمسة إنخفاضات فقط والتي تقع ضمن طول محدد (L) . ويمكن حساب مقدار الخشونة من القانون التالي :

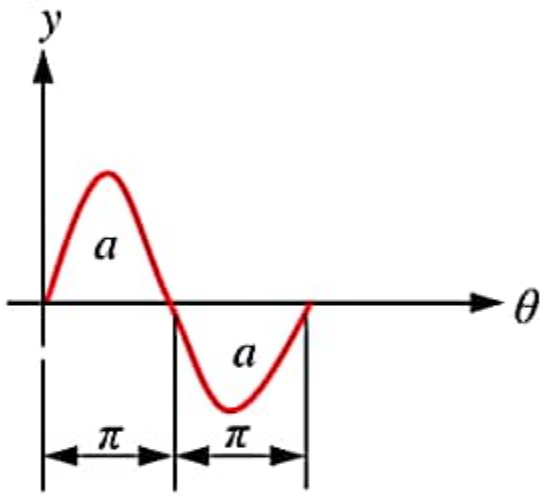
$$\Rightarrow \boxed{R_z = \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5)}{5}} \qquad (6)$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مثال2

في أحد عمليات التشغيل كانت العلامات المتروكة على سطح الشُغلة (الخشونة) على شكل دالة جيبية ($y=a\sin\theta$) ، المطلوب حساب قيمة هذه الخشونة بطُرق قياس الخشونة المختلفة .

الحل //



1- طريقة متوسط الخط المركزي (R_a) .

$$R_a = \frac{1}{L}\int_0^L y(x)dx \qquad \Longrightarrow \qquad R_a = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} a\sin\theta d\theta$$

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

$$R_a = \frac{a}{\pi}(-\cos\theta)_0^{\pi} \Longrightarrow \boxed{R_a = 0.637a}$$

2- طريقة متوسط الجذر التربيعي (R_q) .

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L}\int_o^L y^2(x)dx} \qquad \Longrightarrow \qquad R_q = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_o^{\pi} a^2 \sin^2 d\theta}$$

$$\sin^2\theta = \frac{1}{2}(1-\cos 2\theta) \Longrightarrow R_q = \sqrt{\frac{a^2}{2\pi}\int_o^{\pi}(1-\cos 2\theta)d\theta}$$

$$\Longrightarrow \boxed{R_q = 0.707a}$$

3- طريقة متوسط الإرتفاع بين القمة والقعر (R_z) .

$$R_z = \frac{5\times 2a}{5} \Longrightarrow \boxed{R_z = 2a}$$

4- طريقة أقصى إرتفاع (H_{max}) .

$$H_{max} = a_1 + a_2 \Longrightarrow \boxed{H_{max} = 2a}$$

إختبار ذاتي (4): عدد الطرق الرياضية لحساب الخشونة

4.2 أجهزة قياس الخشونة (*Measurement Instruments*)

هنالك العديد من الأجهزة المستخدمة اليوم في قياس خشونة السطوح المختلفة وتتميز هذه الأجهزة عن بعضها البعض بمدى دقتها ومبدأ عملها . ويمكن أن تقسم أجهزة قياس الخشونة إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

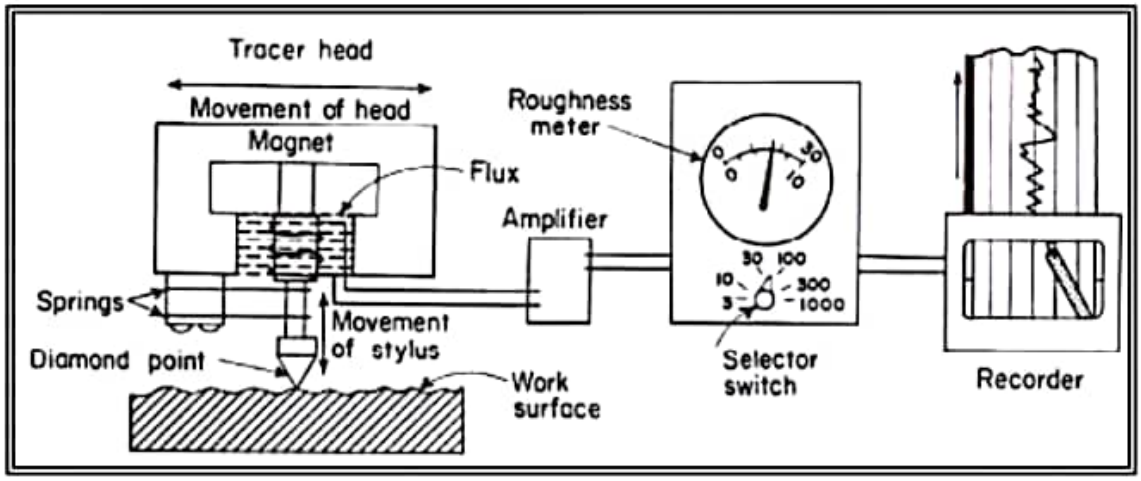
1- أجهزة الإستشعار . وتعتمد على مبدأ تحريك إبرة على السطح المراد قياس خشونته .

2- الأجهزة البصرية . ويقوم مبدأ عملها على سقوط الضوء وإنعكاسه من على السطوح المختبرة .

3- الأجهزة المجهرية . وتعتمد على إستخدام المجهر لمعرفة تنوع السطح من حيث الخشونة .

1.4.2 أجهزة الإستشعار (*Stylus Instruments*)

تعتمد أجهزة الإستشعار والموضحة في الشكل رقم (2- 3) على مبدأ تحريك إبرة عبر السطح المراد فحصه لإستكشاف التنوع في الإرتفاع كدالة للمسافة . إن أجهزة الإستشعار الأولى كانت تستخدم نظام العتلات لتكبير الإزاحة العمودية للإستشعار لتسجيل المقطع الجانبي على صفيحة زجاجية - (*Smoked Glass Plate*) وهذا النوع من الأجهزة موضح في الشكل رقم (2- 4) والمسمى بمقياس خشونة توميلنسون (*Roughness Meter Tomlinson*) .

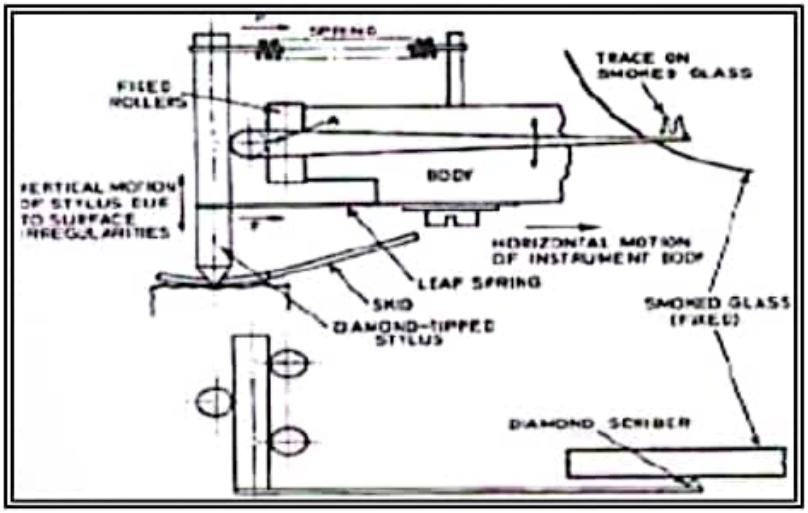


الشكل رقم (2- 3) : جهاز الإستشعار لقياس الخشونة

إن الخطوة التالية في تطور أجهزة الإستشعار كانت في دمج محول (*Transducer*) يُستخدم لتحويل الإزاحة العمودية إلى إشارة كهربائية ، وهذه الإشارة يمكن معالجتها بعد ذلك بواسطة الجهاز إلكترونياً لحساب وسيط الخشونة المناسبة . إن نوع المحول المستخدم يؤثر بشكل كبير في عمل الجهـــاز . وتستـــخدم غالباً بلورة كهروضغطية (*Piezoelectric*)

كمحول في الأجهزة منخفضة الكلفة ، وتتضمن آليات التحويل الأخرى محولات الملف المتحرك ، محولات المواسعة ، والمحولات التفاضلية ذات المتغير الخطي (*LVDT*) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

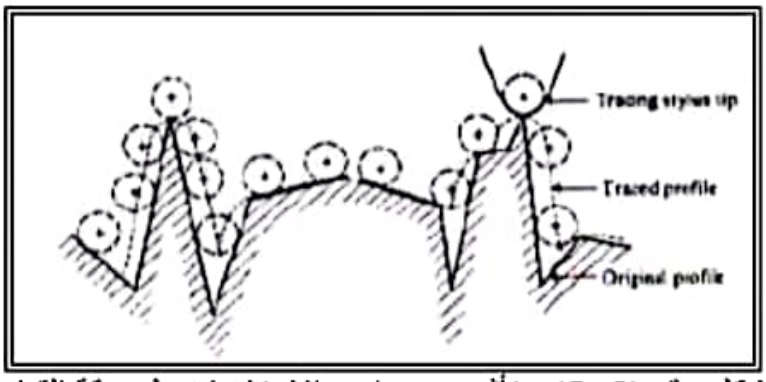


الشكل رقم (2- 4) : مقياس خشونة توميلنسون

هنالك بعض الأخطاء التي يمكن أن تنتج في قياسات الخشونة عند إستخدام أجهزة الإستشعار وهذا راجع إلى الأسباب الآتية :

1- حجم إبرة الإستشعار (Stylus Size) .

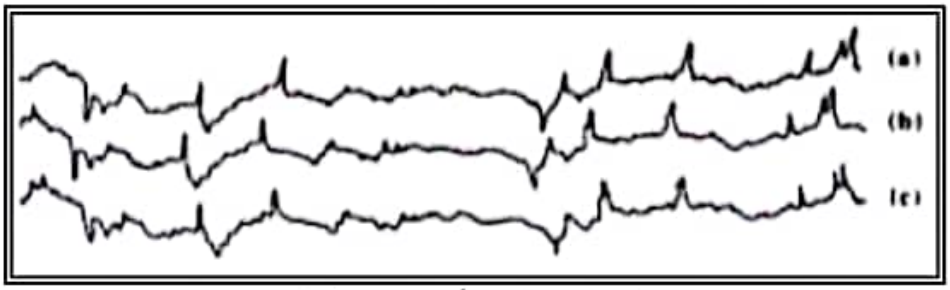
إن تأثير حجم إبرة الإستشعار موضح في الشكل رقم (2- 5) والذي يوضح مقارنة تخطيطية للمقطع الجانبي الحقيقي (*Actual Profile*) والمقطع الجانبي المقتفي(*Traced Profile*) . هذا التأثير لحجم الإبرة يصبح أكثر وضوحاً عندما يقل تقوس الإرتفاعات والإنخفاضات أو عندما يزداد الميل .



الشكل رقم (2- 5) : تأثير حجم إبرة الإستشعار على دقة القياس

2- حِمل الإستشعار (Stylus Load) .

لقد وجِد بأن التشوه اللدن يمكن أن يحدث على السطح إذا تم إستخدام حِمل أعلى من المُوصى به بواسطة الأحمال القياسية وما موضح في الشكل رقم (2- 6).



الشكل رقم (2- 6) : تأثير حِمل الإستشعار

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

3- الإنحراف الجانبي (Lateral Deflection) .

ويتم حساب الإنحراف الجانبي ليكون متوفر عندما يُقارن لأبعاد إبرة الإستشعار .

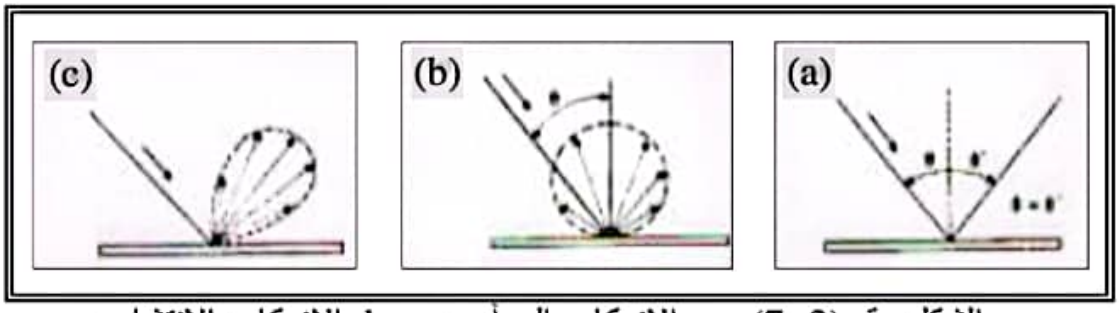
4- سرعة إبرة الإستشعار (Stylus Speed) .

إذا كانت سرعة إبرة الإستشعار عالية فيمكن أن تفقد الإبرة الإتصال مع السطح . ومع ذلك فقد وجِد إنه لمعظم السطوح تكون الأخطاء الناتجة من سرعة الإبرة غير مهمة أو ثانوية .

إختبار ذاتي (5): وضح تأثير سرعة إبرة الإستشعار على قياس الخشونة

2.4.2 الأجهزة البصرية (*Optical Instruments*)

يعتمد مبدأ عمل هذه الأجهزة على تسليط حُزمة من إشعاع كهرومغناطيسي وإنعكاسه من على السطح الذي يتم إختباره ، وهذا الإنعكاس يتم بثلاث آليات هي : الإنعكاس المرآوي (*Specularly*) ، الإنعكاس الإنتشاري (*Diffusely*) ، أو يتم بكلا الآليتين معاً . الشكل رقم (2- 7) يوضح الأشكال الثلاثة من الإنعكاس .

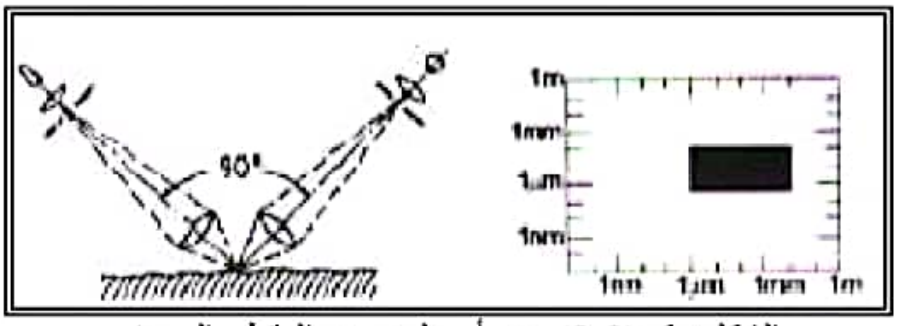


الشكل رقم (2- 7) :a - الإنعكاس المرآوي b- الإنعكاس الإنتشاري
c- الإنعكاس المرآوي و الإنتشاري

وإعتماداً على خشونة السطح ، فإن الإشعاع المسلط ذو طول موجي مُحدد يمكن أن ينعكس مرآوياً ، بينما الإشعاع لطول موجي آخر يمكن أن ينعكس إنتشارياً . لذلك فإن مقدار الإنعكاس المرآوي أو الإنعكاس الإنتشاري يمكن أن يستخدم لحساب خشونة السطح . أحد الأجهزة التي تستخدم الإنعكاس المرآوي لوصف الخشونة هو مجهر المقطع-الضوئي (*Light – Section Microscope*) ، حيث تسقط صورة لشق داخل السطح وتقوم العدسة الشيئية بإلتقاط الصورة عند زاوية الإنعكاس المرآوي ، فإذا كان السطح

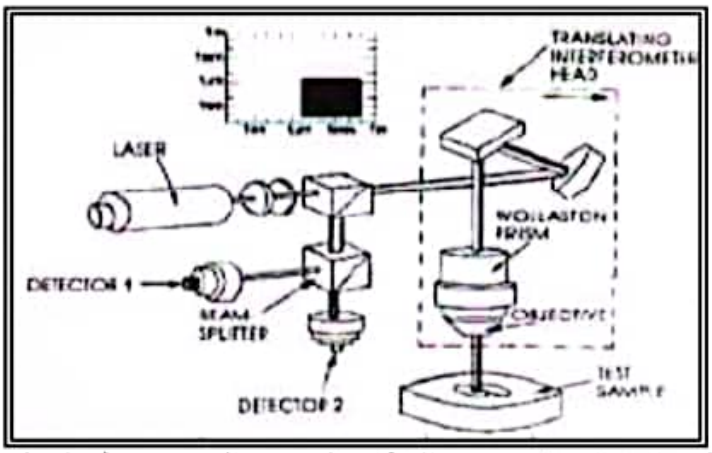
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

صقيل ، فسوف تكون الصورة الناتجة مستوية . أما إذا كان السطح خشناً فإنه سوف يتم ملاحظة نموذج متعرج في الصورة المنعكسة .هذا الجهاز مناسب لقياس خشونة القمة إلى الإنخفاض مع إنجاز عمودي إلى حوالي ($0.5\ \mu m$) . الشكل رقم (2-8) يوضح مبدأ هذا الجهاز .



الشكل رقم (2-8) : مبدأ عمل مجهر المقطع-الضوئي

إن التأثير المتبادل للضوء المستقطب مع السطح يمكن أن يستعمل لتقدير خشونة السطح ، وهذا المبدأ تم إستخدامه في جهاز القطاع الجانبي البصري طويل المسار(*Long - Path length Optical Profile*) الموضح في الشكل رقم (2-9) والذي يركز حزمة ليزرية على السطح بواسطة مرايا متراصفة . قبل وصول الليزر للعينة المختبرة فإنه يذهب خلال موشور ولاستون (*Wollaston Prism*) الذي يقوم بإستقطاب الحزمة إلى مركبتين متعامدتين ، هذه الحزم تُركز بعد ذلك بؤرياً على السطح حيث تنعكس راجعة للموشور . وأخيراً يتم توجيه الحزم المنعكسة مباشرة إلى فالق الحزمة (*Beam Splitter*) الذي يُرسل كل حزمة إلى كاشف مختلف . إن الإختلاف الطوري للحزم المستقطبة ، والذي يتناسب مع الإرتفاع عند السطح ينتج فرق جهد يمكن قياسه . يمتلك جهاز القطاع الجانبي طويل المسار درجة وضوح ذات مدى عمودي ($2\ \mu m$) و($0.025\ nm$) على التوالي .



الشكل رقم (2-9) : جهاز القطاع الجانبي البصري طويل المسار

تُعرف الأجهزة التجارية التي تُقيم شدة الإنعكاس المرآوي بمقياس لمعان السطح (*Meters Gloss*) وتعتمد قدرة هذه الأجهزة على قياس الخشونة على الإرتباط العكسي بين شدة الإنعكاس المرآوي و

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

متوسط الجذر التربيعي(*RMS*) . إن أحد المزايا الرئيسية لهذه التقنية هي إنها تسمح بمعاينة سريعة للسطوح المتشابهة . إن درجة الوضوح العمودي هي حوالي(*nm* 1). لقد وجد بأن قياسات الخشونة التي تستخدم هذه التقنية لا ترتبط بشكل وثيق مع قياسات الإستشعار ، ونتيجة لهذا فإن قراءات الجهاز يجب أن يتم معايرتها لكل نوع من المواد التي يتم إختبارها .

التقنية الأُخرى المستخدمة لوصف تضاريس السطح هي قياس الإهليلجية(*Elipsometry*) حيث إنها تعمل على قياس التغير في الإستقطاب بعد إنعكاس شعاع ضوئي من السطح . إن هذه التقنية في القياس بقيت تحت البحث بسبب كون مقدار دوران الشعاع يتأثر كذلك بعوامل السطح الأُخرى مثل التركيب ، درجة الحرارة ، وحالة الإنفعال وغيرها من العوامل .

إختبار ذاتي (6): ما هو مبدأ عمل الأجهزة البصرية

3.4.2 الأجهزة المجهرية (*Microscopic Instruments*)

هنالك العديد من الأجهزة المستخدمة في هذا المجال وسوف نقتصر هنا على عرض جهازين فقط هما .

1- المجهر النفقي الماسح (Scanning Tunneling Microscopy) .

المجهر النفقي الماسح (*STM*) يختلف عن بقية العمليات المجهرية الأُخرى في كونه لا يستعمل عدسات ، إضاءة خاصة أو مصدر إلكتروني . عوضاً عن ذلك المجهر النفقي الماسح يستخدم الإلكترونات المقيدة الموجودة على العينة كمصدر للإشعاع . يتم إستخدام فولتية إنحياز منخفضة(V_b) ، تيار نفقي (I) ، يمر خلال حواجز جُهدية لسبر طرف المعدن.

إن المعادلة التي تصف التيار النفقي هي :

$$I \approx 18 \frac{V_b}{10^4 \times \Omega} \times \frac{k}{d} \times A_{eff} \times e^{-2dk} \qquad (8)$$

حيث :

A_{eff} = المساحة المؤثرة لطرف الإبرة والتي تساعد في حساب درجة الوضوح الجانبية .

k = جزء لمعدل دالة الشُغل .

الفسحة .

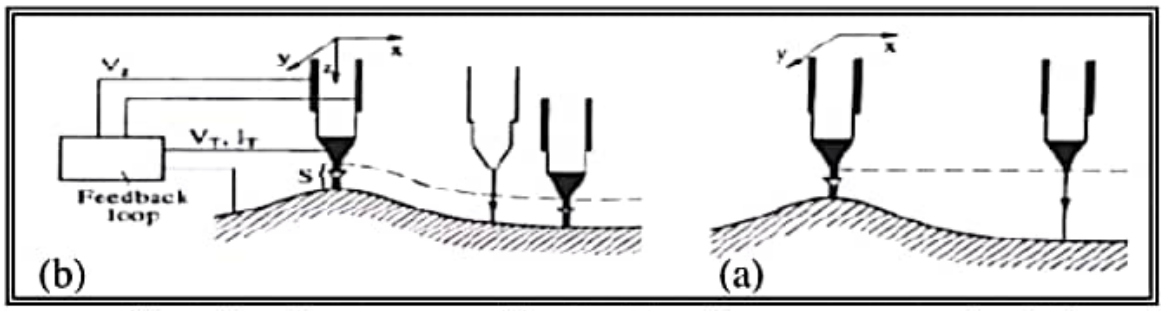
المحافظة على تيار مستقر تقريباً (±2%) ، فإن الفسحة (d) التي بين المادة وطرف الإبرة سوف عند إرتفاع مستقر فوق السطح . يمتلك المجهر النفقي الماسح القدرة على العمل بإسلوبين هما :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1- إسلوب الإرتفاع الثابت (Constant Height Mode) .

2- إسلوب التيار الثابت (Constant Current Mode) .

يسمح إسلوب الإرتفاع الثابت بمسح سريع عبر السطح مع إبقاء فولتية الإنحياز ثابتة . حلقة التغذية المرتدة (*Feedback Loop*) في النظام تُعدل بإستمرار وتتابع التيار النفقي . تسجل أي تغيرات للتيار النفقي بشكل متزامن مع الموقع الممسوح والتي تستخدم لإنشاء الخريطة النهائية للسطح . إن التصوير السريع للسطوح المستوية ذرياً يتم عمله بسهولة خلال إسلوب الإرتفاع الثابت نتيجة لحقيقة كون حلقة التغذية المرتدة والمضخم الكهروضغطي لا يُصحح بإستمرار لأي تغيرات سطحية . كما يلاحظ في الشكل رقم (2-10-a) فإن الإبرة يحافظ على إرتفاع ثابت متحرك فقط في الإتجاه (y-x) .



الشكل رقم (2-10) :a - إسلوب الإرتفاع الثابت b- إسلوب التيار الثابت

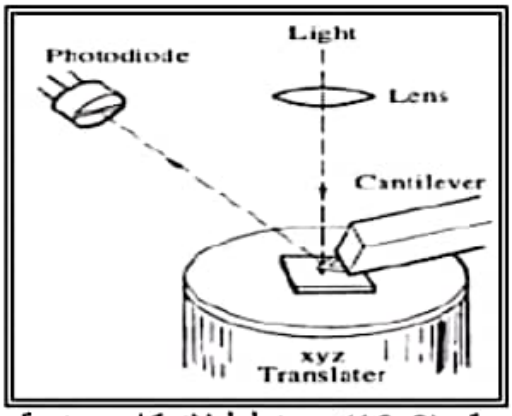
أما في إسلوب التيار الثابت فإن طرف الإبرة يمسح عبر السطح و التيار النفقي يبقى ثابتاً . بعدها يتم تعديل إرتفاع طرف الإبرة بإستمرار بواسطة مراقبة فولتية التغذية الخلفية(V_f) . حالما يبدأ طرف الإبرة بالمسح للسطح المستوي الكلي بإتجاه (y-x) سوف يتولد سطح ($3D$) مستخدماً فولتية التغذية الخلفية . في حالة إسلوب التيار الثابت ، تستخدم حلقة التغذية الخلفية معالجة أكبر عما هو عليه في إسلوب الإرتفاع الثابت مسببة إعاقة أكثر للسرعة بواسطة حلقة التغذية الخلفية . الشكل رقم (2-10-b) يوضح إسلوب التيار الثابت ، حيث يحافظ طرف الإبرة على مسافة ثابتة فوق سطح المادة .

إن تركيب طرف الإبرة مهم جداً لعملية المسح النفقي . إن أطراف الإبرة عموماً متركبة من التنكستن ، بلاتين-آرديوم ، أو الذهب ، إضافة إلى ذلك يجب أن يتم شحذ الطرف حتى يشبه كثيراً القلم ، وإعتماداً على نوع الفولتية المطبقة للنظام (AC/DC) فإن الطرف يمكن أن يمتلك أشكال مختلفة . إذا كانت الفولتية المطبقة (AC) عندها يكون الطرف بشكل مخروطي وهو مفضل جداً للتصوير عالي الوضوح.أما إذا كانت الفولتية المطبقة (DC) عندها يكون الطرف بشكل قطع زائد . درجة وضوح المادة تعتمد بشكل كبير على شكل طرف الإبرة ، حيث كلما قلت زاوية الطرف زادت الدقة . درجة الوضوح النموذجية للمجهر النفقي الماسح هي تقريباً ($0.1\ nm$) جانبياً و($0.01\ nm$) عمودياً .

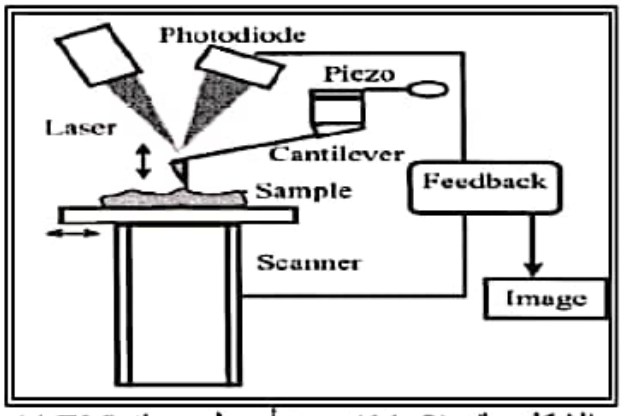
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- الدراسة المجهرية بالقوة الذرية (Atomic Force Microscopy) .

تَستخدم هذه الطريقة والتي يُرمز لها إختصاراً (*AFM*) طرف إبرة كابولية(*Probe Tip Cantilever*) لإستكشاف القوى الضعيفة على سطح الشُغلة . بينما يتحرك النموذج في إتجاه (y-x) فإن النهاية المتمركزة للإبرة الكابولية يمكن أن تصنع الإتصال مع سطح الشُغلة أو تعمل بإسلوب لا إتصال . يتحرك المسح على طول إتجاه(y-x) وتوضح قوى التنافر الصغيرة للغاية من الإبرة وسطح الشُغلة وتتحرك للأعلى وللأسفل عمودياً تابعة شكل السطح . كل البيانات يمكن أن تُجمع بواسطة إستخدام الليزر ، مجسات كهروضغطية ، ومجسات كهروضوئية . المجسات الكهروضغطية تُرسل فولتية للمحول حيثما تصنع حركة من العتلة الكابولية ،المجس الكهروضوئي قادر على قياس الحركة مستنداً على التغيرات في زاوية السقوط التي تُصنع بواسطة العتلات الكابولية . إن مبدأ عمل الليزر هو في نفس إسلوب المجس الكهروضوئي . يمكن الحصول على أعلى درجة وضوح فقط في حالة إسلوب الإتصال أو في حالة قوى التنافر القوية . الشكل رقم (2-11) يوضح ثلاث مجسات مختلفة على جهاز (*AFM*) ، أما الشكل رقم (2-12) يوضح إنتقال الضوء لأسفل طرف العتلة الكابولية وكيف إنه بعدها ينتقل للأعلى لدايود ضوئي والذي سوف يوضح زاوية السقوط . شكل التوضيح هذا سوف يسمح بتغيرات صغيرة جداً في زاوية السقوط .



الشكل رقم (2-12) : مخطط لإنعكاس حزمة بصرية



الشكل رقم (2-11) : مبدأ عمل جهاز(*AFM*)

إختبار ذاتي (7): ما هي أنواع الأجهزة المجهرية

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وحدة تدريبية

أجهـــزة القيـــاس والمعايـــرة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عرض الوحدة النمطية

1.3 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يمكن تعريف القياس (*Measuring*) على إنه العملية التي تنفذ لإيجاد القياس الحقيقي للبُعد أما المعايرة (*Gauging*) فإنها العملية التي يتم من خلالها معرفة فيما إذا كان البُعد يقع ضمن الحدود الثابتة المسموح بها . لذلك وفي حالة الإنتاج الكمي فإنه يُلجأ إلى المعايرة في تحديد الأجزاء الجيدة والرديئة الصنع حيث يقل الزمن اللازم للفحص ، إضافة إلى ذلك فإن المعايرة لا تحتاج إلى خبرة ومهارة كبيرتين على عكس القياس الذي يكون من الدقة بحيث يستلزم الكثير من المهارة لإجراءه وكذلك يكون وقت القياس أكثر من المعايرة . وتختلف الدقة في أجهزة القياس من جهاز إلى آخر وحسب الغرض المصنوع لأجله .

إختبار ذاتي (1): ما الفرق بين القياس والمعايرة

2.3 أجهزة القياس (*Measuring Instruments*)

هنالك العديد من أجهزة القياس التي تستخدم اليوم في أكثر المصانع والورش لقياس الأبعاد للأجزاء المصنعة وتختلف هذه الأجهزة فيما بينها في طريقة عملها وطريقة قياسها للأبعاد والدقة التي يتم الحصول عليها منها ، حيث الأجهزة التي تقيس أبعاد إلى ($0.02\ mm$) تعتبر أجهزة دقيقة . يمكن أن تُقسم أجهزة القياس إلى نوعين رئيسيين هما أجهزة القياس مباشرة الخطية و أجهزة القياس الضوئية والليزرية .

1.2.3 أجهزة القياس الخطية (*Linear Measuring Instruments*)

تقسم أجهزة القياس الخطية إلى نوعين أساسيين هما :

1- أجهزة القياس مباشرة القراءة .

2- أجهزة القياس نوع النقل .

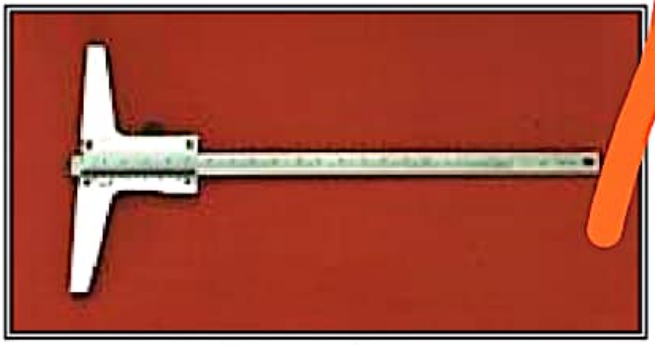
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

1.1.2.3 أجهزة القياس مباشرة القراءة (*Direct-Reading Instruments*)

يتم في هذا النوع من الأجهزة أخذ قياس البُعد مباشرة من الجهاز والذي يحتوي على تدريجات والتي منها يتم قراءة الطول ، السمُك ، العمق ، القطر ، الإرتفاع وغيرها . ومن أنواع أجهزة القياس مباشرة القياس مايلي :

1- مسطرة الفولاذ (Steel Rule) .

تستخدم هذه المسطرة كجهاز قياس خطي يحتوي على تدريجات والتي يتم رصفها مع نهايات الجزء المراد قياس أبعاده ، ثم يتم أخذ القراءة بشكل مباشر . يبلغ طول مسطرة الفولاذ ($25cm$) وكل سنتيمتر مقسم بدوره إلى عشرة أقسام فكل جزء بين تقسيمين هو مليمتر واحد . ويمكن كذلك أن تستخدم المساطر الفولاذية لقياس العمق للشقوق والثقوب وكما موضح في الشكل رقم (3-1) ، فعند إستخدام هذه المسطرة يتم إرخاء اللولب بمقدار كافي لتسهيل إنزلاق الرأس على المسطرة وتوضع نهاية المسطرة في قعر الشق أو الثقب الغير نافذ وثم يُحرك الرأس حتى ينطبق على سطح القطعة الموجود فيها الشق أو الثقب ويشد اللولب وتسحب مسطرة قياس العمق من الشق ويتم تحديد عمقه بقراءة تقسيم المدرج الذي ينطبق مع السطح السفلي للرأس .



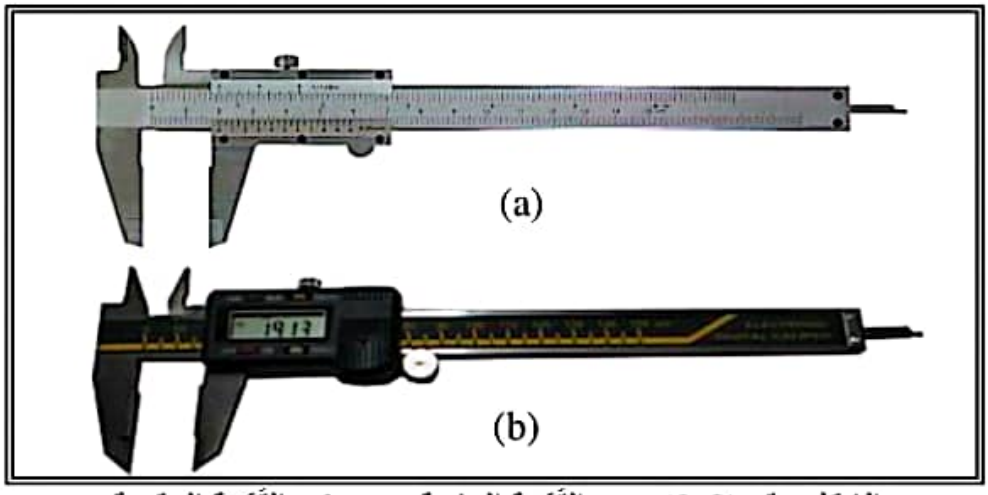
الشكل رقم (3-1) : مسطرة قياس العمق

2- القَـدَمــة (Verniers) .

يلاحظ من إستخدام مسطرة الفولاذ بأن أجزاء القياس الدقيقة (أجزاء المليمتر) غير مثبتة على المسطرة ويمكن تقديرها بواسطة الخبرة . ولكن هنالك أدوات قياس يمكن من خلالها تحديد هذه الأجزاء الدقيقة وتعتبر القَدَمة (*Verniers*) أحد هذه الأدوات . تتكون القَدَمة والموضحة في الشكل رقم (3-2) من فكين أحدهما ثابت وعليه مُدرج مماثل لمسطرة الفولاذ والآخر متحرك وعليه مُدرج القَدَمة . تكون بأنواع منها القَدَمة العادية (الشكل رقم (3-2-a)) و القَدَمة الرقمية الموضحة في الشكل رقم (3-2-*b*) والتي تزود بمخرجي قراءة مع مخرج مشترك أصغر (*LCD Readouts*) بالمليمترات أو بالإنجات وتُشغل بنظام

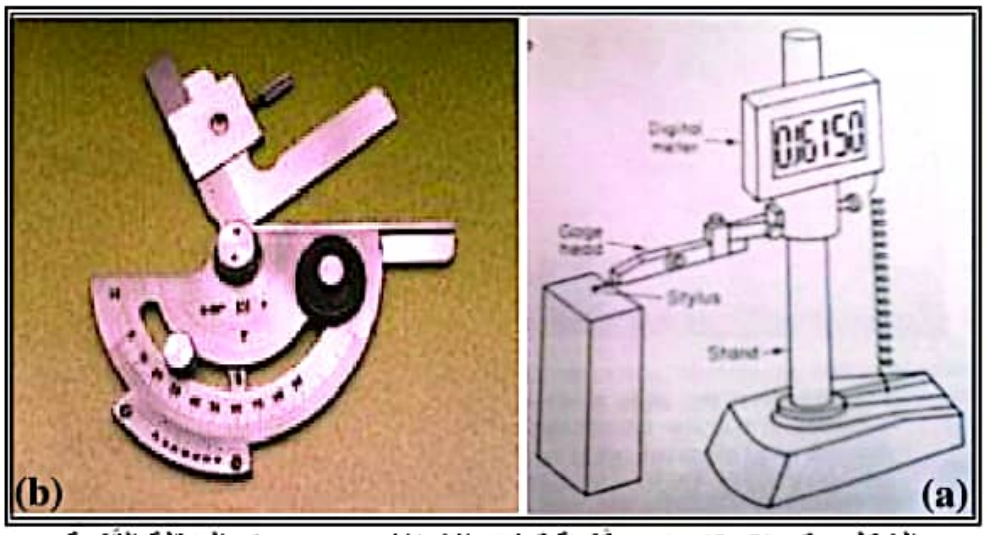
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

(*Microprocessor - Based System*) . تعتبر القَدَمة جهاز متعدد الوظائف حيث تستطيع قياس العمق الداخلي والخارجي ، الأقطار ، المراكز ، الشقوق المستقيمة ، المسطحة ، والمحيطية .



الشكل رقم (2-3) :*a* - القَدَمة العادية *b* - القَدَمة الرقمية

ويمكن أن تدمج القَدَمة مع أجهزة أُخرى من أجل قياس أفضل مثلما هي الحال مع قَدَمة قياس الإرتفاع والموضحة في الشكل رقم(3-3-*a*) والمنقلة القَدَمة التي تستخدم لقياس الزوايا وبدقة عالية وهي موضحة في الشكل رقم (3-3-*b*) .



الشكل رقم (3-3) : *a* - قَدَمة قياس الإرتفاع *b*- المنقلة القَدَمة

3- المايكروميتر (Micrometer).

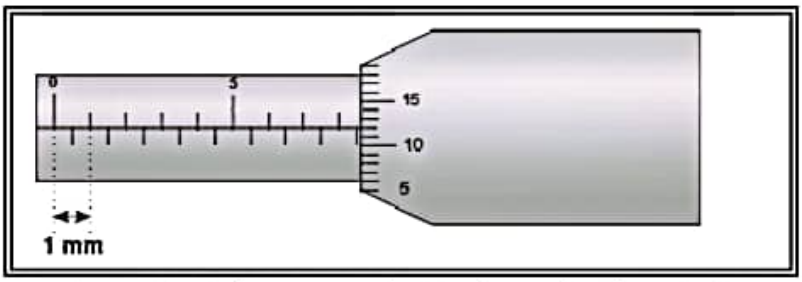
المايكروميتر هو أحد أدوات القياس الدقيقة والموضح في الشكل رقم (3-4) ، ويتم الحصول على القياس عن طريق تكبير قراءة القياس وهذا هو أساس عمل المايكروميتر. يتكون المايكروميتر من عِدة أجزاء هي المصد ، عمود الدوران ، الماسورة ، العروة ، والعروة المساعدة . إن المايكروميتر يمكن أن يكون من النوع العادي (الشكل رقم (3-4-*a*)) أو يكون بشكل رقمي كما في الشكل رقم (3-4-*b*).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشكل رقم (3-4): a- المايكروميتر العادي b - المايكروميتر الرقمي

يوضع الجسم المراد قياسه بين المصد وعمود الدوران ويمسك جيداً بواسطة اليد ومن ثم يُحرك عمود الدوران بإتجاه الجسم بواسطة العروة إلى أن يتم الحصول على تماس أولي بين المصد والجسم وكذلك بين سطح عمود الدوران والجسم . كذلك يجري تحريك العروة المساعدة من أجل منع حدوث زيادة في الضغط من قِبل المصد وعمود الدوران التي تسبب عدم دقة القياس .

وعند سماع صوت واطئ معين يصدر من المايكروميتر عندئذ يمكن أخذ القراءة منه بواسطة المدرج الموجود على الماسورة والتي هي تدريجات بالمليمتر أما أجزاء المليمتر فتقرأ بواسطة المدرج الدائري الموجود على العروة من خلال تطابق أحد خطوط تقسيمه مع الخط الوسطي للمدرج الأُفقي للماسورة ،وكما في الشكل رقم (3-5) .



الشكل رقم (3-5): كيفية قراءة تدريجات المايكروميتر

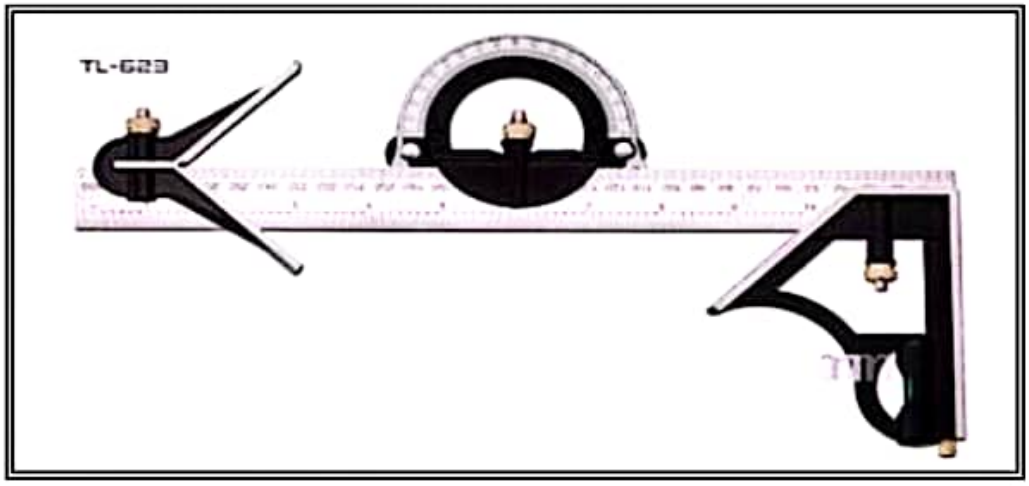
4- زاوية الضبط القائمة .

وهي عبارة عن مسطرة محمولة على قاعدة تستعمل لضبط الزوايا القائمة وكذلك تستعمل مدرج المسطرة لغرض قياس الأبعاد كما تستخدم أيضاً في التحديد .

5- المجموعة المركبة (Combination Set) .

تحتوي المجموعة المركبة على مسطرة قياس ، زاوية الضبط القائمة ، ميزان التسوية الكحولي ، المنقلة القَدَمة ، وكذلك على أداة إيجاد المركز والتي تستعمل لإيجاد مراكز الأعمدة والقضبان ذات المقاطع الدائرية.المجموعة المركبة موضحة في الشكل رقم (3-6) .

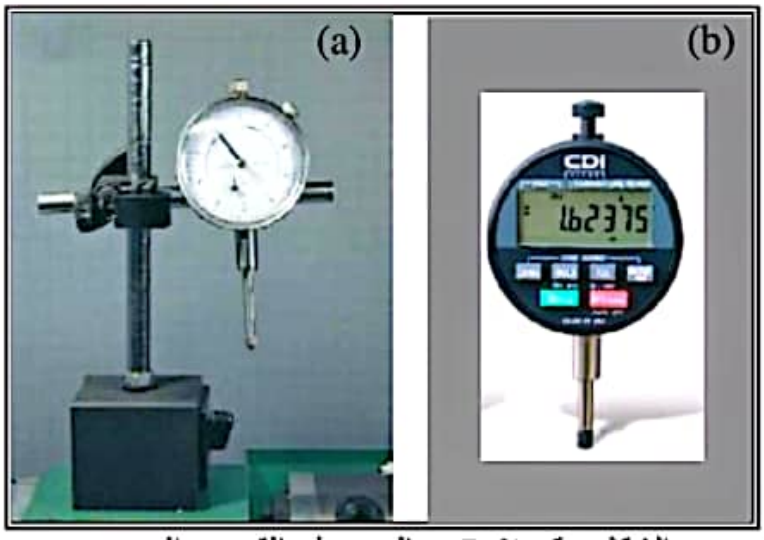
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (3-6) : المجموعة المركبة

6- المُبين ذو القرص المدرج (Dial Indicator) .

ويستخدم في كثير من عمليات القياس والمعايرة حيث يستخدم للمقارنة بين إرتفاع سطح معلوم وإرتفاع سطح مجهول. المبين ذو القرص المدرج موضح في الشكل رقم (3-7) . وبواسطة المبين ذو القرص المدرج من الممكن تحديد الإستقامة والإستواء للسطوح ، وكذلك معرفة مقدار تمركز أي سطح إسطواني.ويمكن أن يكون المبين عادي (إنظر الشكل رقم (3-7-*a*)) أو رقمي(الشكل رقم (3-7-*b*)) .



الشكل رقم (3-7) : المبين ذو القرص المدرج

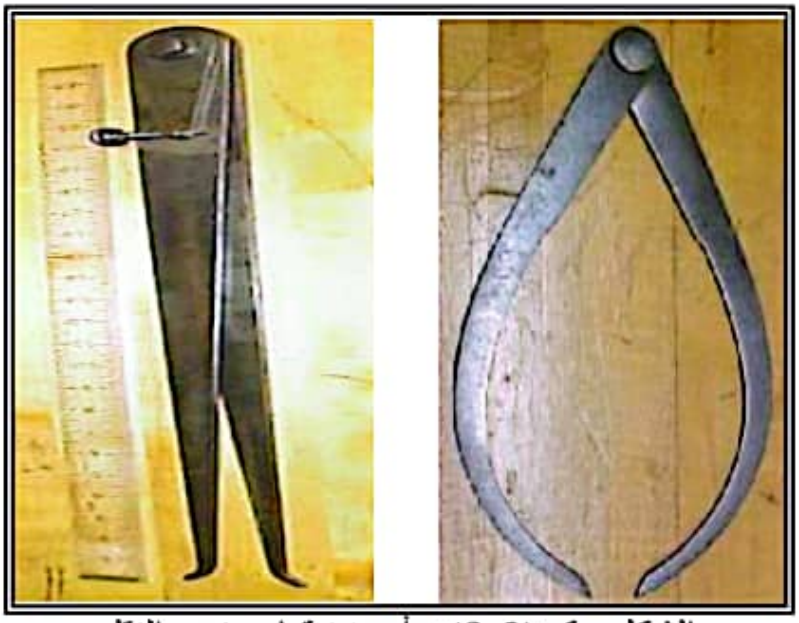
7- ميزان التسوية الكحولي (Spirituous Compromise Criterion) .

إن هذه الأنواع من الميازين متوفرة بمختلف الأحجام والدقة وتستعمل لمعرفة توازن السطوح عند فحص المكائن الإنتاجية . يحتوي ميزان التسوية الكحولي على قارورة زجاجية مقوسة تحتوي على كحول وفقاعة هوائية . تبقى هذه الفقاعة عند فحص السطوح الأُفقية في أعلى نقطة من التقوس وفي حالة وجود أي ميل في السطح المطلوب معرفة توازنه تتحرك هذه الفقاعة عن موقعها المُشار إليه أعلاه مبينة بذلك ميلان السطح . وكلما كبر قطر التقوس للقارورة كلما كانت دقة القياس عالية .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2.1.2.3 أجهزة القياس نوع النقل (*Transfer type Instruments*)

هذه الأجهزة لا تحتوي على تدريجات يمكن من خلالها أخذ القراءات منها مباشرة لذلك يتم الإستعانة بأجهزة أُخرى لإستخراج الأبعاد التي يتم قياسها . ومن أنواع هذه الأجهزة هو فرجال القياس النابضي (*Spring Caliper*) ، حيث يستخدم هذا الفرجال لقياس الأقطار الداخلية والخارجية وأيضاً يستخدم لقياس الأبعاد الخطية . لا يحتوي فرجال القياس النابضي على أية تدريجات وإنما يتم وضعه على الجزء حتى يتوافق مع قياس البُعد له ثم بعدها يتم مقارنة قراءته مع أحد الأجهزة المساعدة له مثل مسطرة الفولاذ لإستخراج القراءة .أجهزة قياس نوع النقل موضحة في الشكل رقم (3-8) .



الشكل رقم (3-8) : أجهزة قياس نوع النقل

2.2.3 أجهزة القياس الضوئية والليزرية (*Measuring with Light & Laser*)

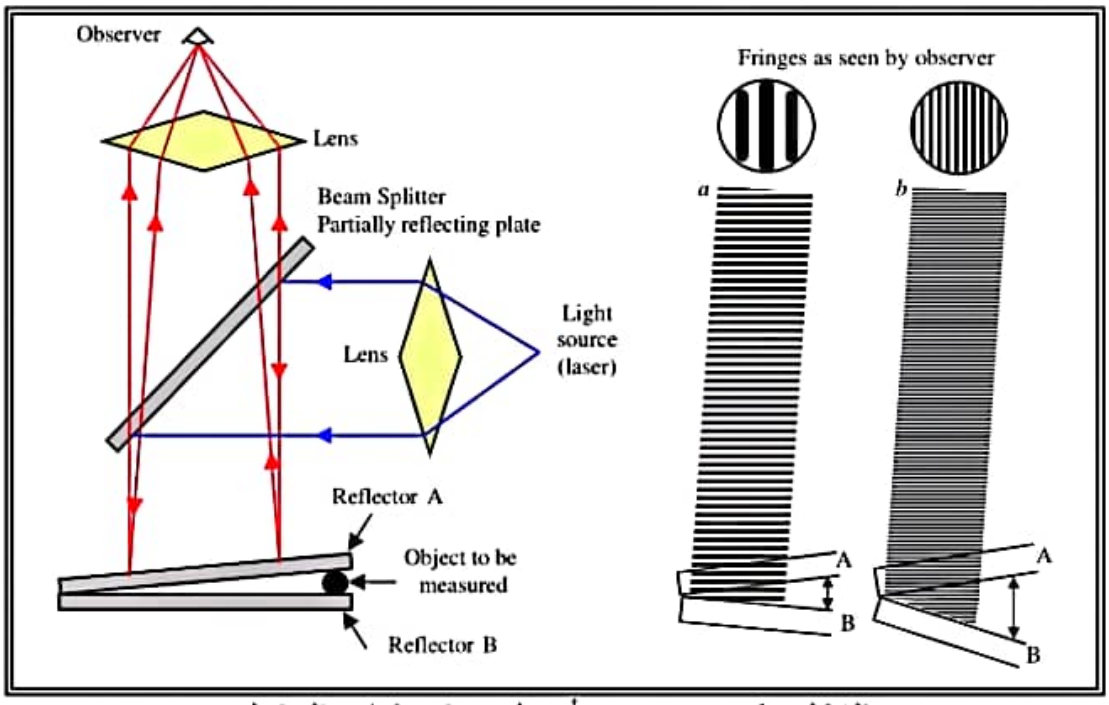
تعتمد هذه الأجهزة على إستخدام الظواهر مثل التقاطع والتداخل وإستخدام الليزر في قياس أبعاد المنتجات الصناعية . هنالك أنواع عديدة من هذه الأجهزة التي تستخدم اليوم في ورش تصنيع المعادن ومنها :

1- مقياس التداخل (Interferometer) .

هو جهاز يمكن من خلاله قياس المسافة والسمك بواسطة قياس الأطوال الموجية (*Wave Lengths*) ، مقياس التداخل موضح في الشكل رقم (3-9) . في بداية القياس يقوم فالق الحزمة بتقسيم حزمة الضوء

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

إلى الحزمة المقاسة(*Measurement Beam*) وحزمة المرجع(*Reference Beam*) تنتقل الحزمة المقاسة إلى العاكس(*A*) وهو صفيحة زجاجية ضوئية والمستند على الجزء الذي يراد قياس مسافته ، بينما حزمة المرجع توجه مباشرة إلى عاكس ثابت (*B*) . بعد ذلك تنعكس كلا الحزمتين راجعة خلال فالق الحزمة حيث يتوحدان في حزمة مفردة قبل الإنتقال إلى الراصد . هذه الحزمة الموحدة تنتج هُدب التداخل(*Interference Fringes*) ، إعتماداً فيما إذا كانت أمواج الحزمتين الراجعة متوافقة الطور (*In-Phase*) أو خارج الطور (*Out-Phase*) . تنتج الأمواج متوافقة الطور سلاسل شرائط أو حزم لامعة ، بينما الأمواج خارج الطور تنتج حزم داكنة .



الشكل رقم (3-9) : مبدأ عمل جهاز مقياس التداخل

2- نظام قياس المسح الليزري (Laser Scanning System) .

تتضمن عملية القياس في هذا الجهاز وضع الجسم بين مصدر الحزمة ومستقبل يتضمن صمام ثنائي ضوئي (*Photodiode*) ، بعدها يقوم معالج مايكروي بحساب أبعاد الجسم إعتماداً على الظل الذي يطبعه الجسم .

3- مقياس التداخل الليزري (Laser Interferometer) .

يستخدم هذا الجهاز حزمة من الهليوم-النيون ، التي تفلق إلى حزمتين كل حزمة مختلفة في التردد والإستقطاب . عندما تجمع الحزمتان فإن أية حركة بين البصريات تخلق إزاحة دوبلر (*Doppler Shift*) في التردد ، بعدها تحول هذه الإزاحة إلى قياس المسافة .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

3.3 أجهزة المعايرة (*Gauging Instruments*)

ويُطلق عليها أيضاً مُحددات القياس (*Limiting Gauges*) وتستخدم في الإنتاج الكمي الكبير حيث لا يمكن أخذ كل القراءات للأجزاء المصنعة بسبب الكلفة العالية لذلك يتم حساب فيما إذا كان الجزء المصنع يقع ضمن حدود الإنتاج المسموح بها أم لا ، وهنا تأتي وظيفة أجهزة المعايرة أو مُحددات القياس . تُصنع مُحددات القياس من المواد ذات الصلادة العالية مثل الفولاذ عالي الكاربون والفولاذ السبانكي ويكون لها حدان رئيسيان هما :

1- دخول (*Go*) . أي الأبعاد المسموح بها والتي تقع ضمن حدود القياس .
2- لا دخول (*Not Go*) . وهي الأبعاد التي لا تقع ضمن حدود القياس وغير مسموح بها .

4.3 أنواع أجهزة المعايرة (*Type of Gauges*)

هنالك أنواع عديدة من أجهزة المعيرة أو مُحددات القياس المستخدمة في جميع ورش التشغيل والتي تختلف في طبيعة عملها حسب الغرض المطلوب منها . ويمكن تصنيف مُحددات القياس حسب عملها كالآتي :

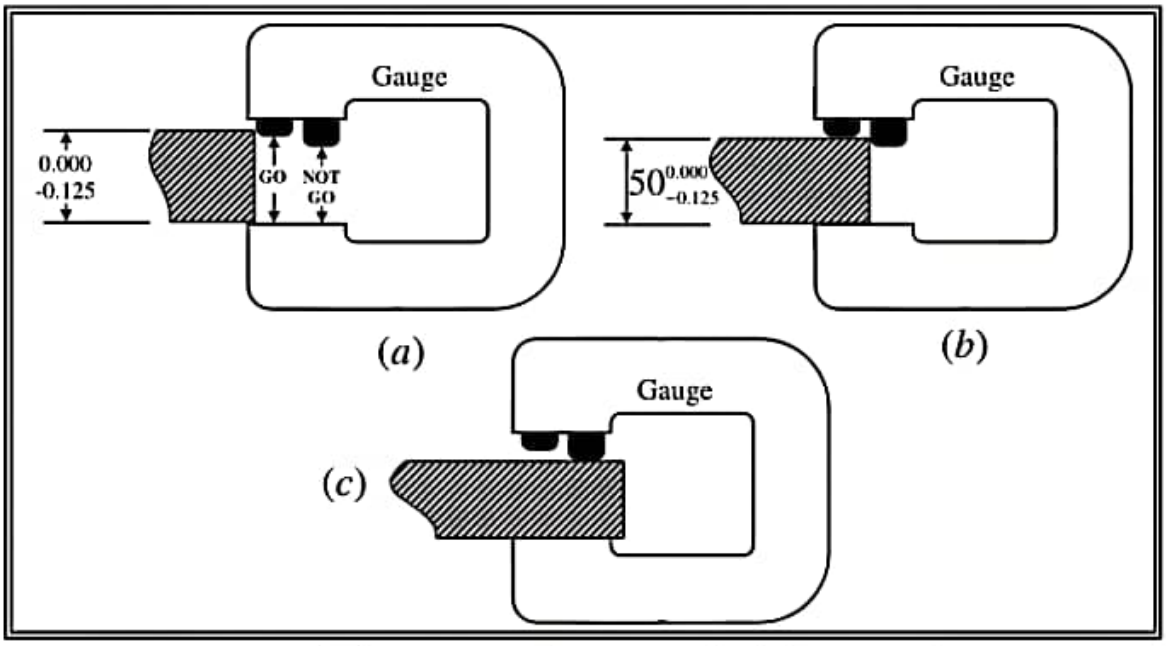
1.4.3 مُحددات قياس الأبعاد الخارجية (*External Limiting Gauges*)

تحتوي هذه المُحددات على فكوك يثبت عليها البعد الإسمي والسماحات المسموح بها للمنتج على حدي مُحدد القياس . هنالك عِدة أنواع من هذه المُحددات وهي :

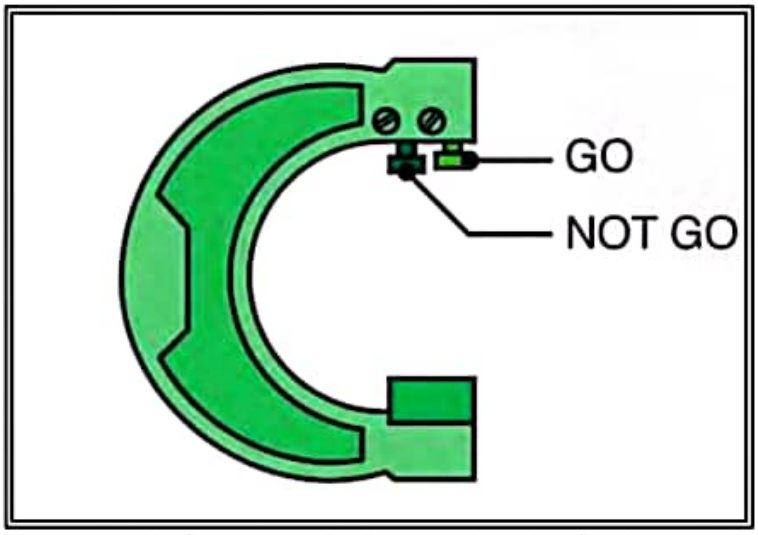
1- **مُحددات القياس الإطباقية (Snap Gauges) .**

وتمتلك هذه المُحددات فتحة ثابتة والأُخرى قابلة للحركة ، وأيضاً يحتوي على حدين هما دخول (*Go*) و حد لا دخول (*Not Go*) . الشكل رقم (3-10) يوضح مبدأ عمل هذه المُحددات . أما الشكل رقم (3-11) فيستعرض أنواع مُحددات القياس الإطباقية .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



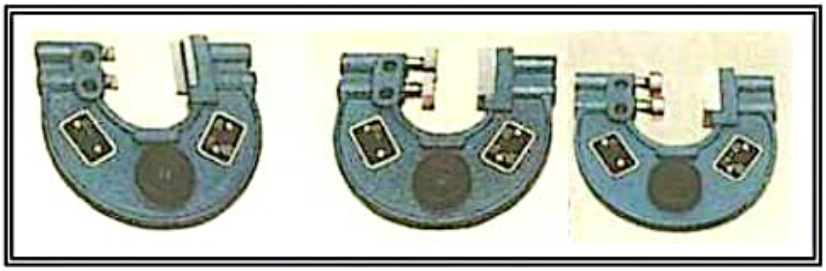
الشكل رقم (3-10) : مبدأ عمل مُحددات القياس الإطباقية



الشكل رقم (3-11) : مُحدد قياس إطباقي

2- مُحددات القياس الإطباقية القابلة للضبط (Adjustable Snap Gauges) .

وهو أيضاً من مُحددات القياس الإطباقية ، حيث هذا النوع يمكن أن يتحرك أحد الفكوك وبالتالي يه ضبطه على الأبعاد المطلوبة . الشكل رقم (3-12) يوضح هذا النوع من المُحددات .



الشكل رقم (3-12) : مُحددات قياس إطباقية قابلة للضبط

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وتستخدم لقياس الأعمدة (*Shafts*) أو الأجزاء الإسطوانية وهي موضحة في الشكل رقم (3-13) ، حيث تستخدم فتحة مساوية لحد البُعد (*Go*) وأخرى (*Not Go*) لنفس البُعد .

الشكل رقم (3-13) : مُحددات القياس الحلقية

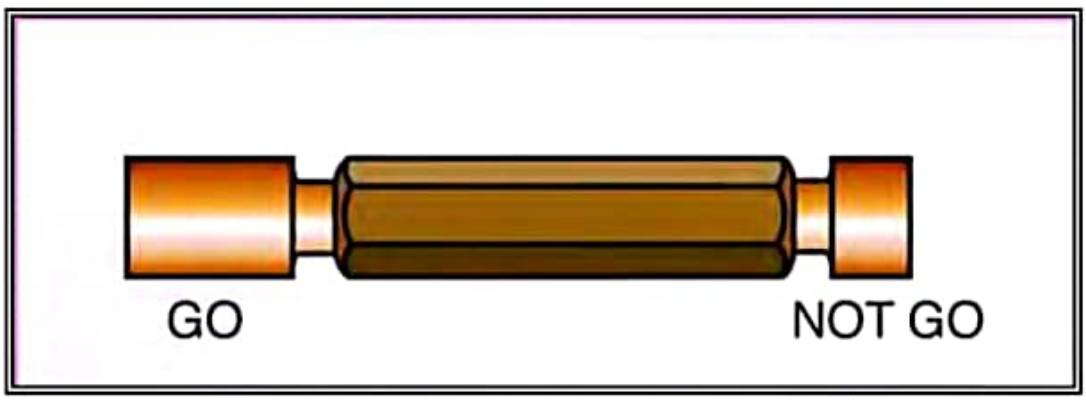
إختبار ذاتي (4): عدد أنواع مُحددات قياس الأبعاد الخارجية

2.4.3 مُحددات قياس الأبعاد الداخلية (*Internal Limiting Gauges*)

وتستخدم لقياس الأبعاد الداخلية للأجزاء المصنعة وتكون على أنواع هي :

1- **مُحددات القياس السدادية ثنائية الطرف (Double End Plug Gauges) .**

يمتلك هذا المحدد قطر مفرد للسيطرة على الحدود العليا والدنيا للثقب . تحتاج المعايرة في هذا النوع إلى محددين للقياس الأصغر يسمى (*GO*) للسيطرة على الأبعاد المسموح بها (الدنيا) والواسع (*NOT GO*) للسيطرة على الأبعاد الكبيرة . عادة يكون الجزء الواسع أقصر من الجزء الأصغر . الشكل رقم (3-14) يوضح محدد سدادي ثنائي الطرف .

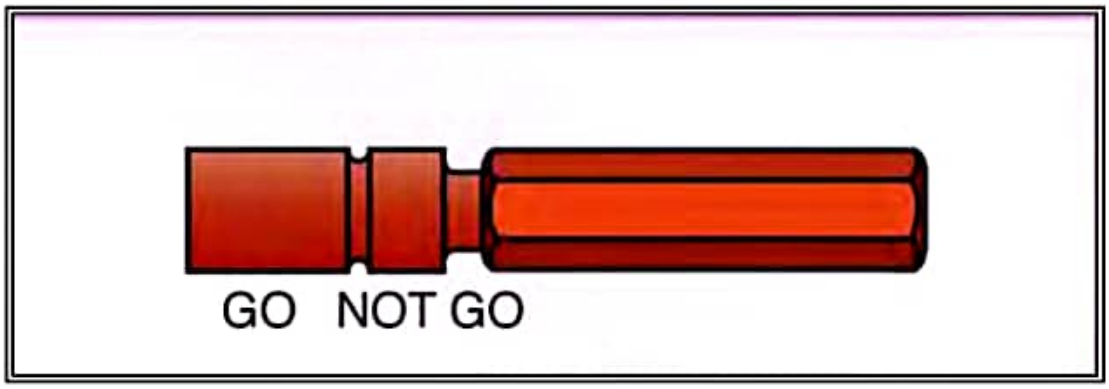


الشكل رقم (3-14) : مُحدد قياس سدادي ثنائي الطرف

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

2- مُحددات القياس السدادية الثنائية المتتابعة (Sequent Double End Plug Gauges) .

ويكون حد الدخول و لا دخول واقعين في الجهة نفسها ، ويكون جزء الدخول على النهاية الخارجية وكما في الشكل رقم (3-14) .

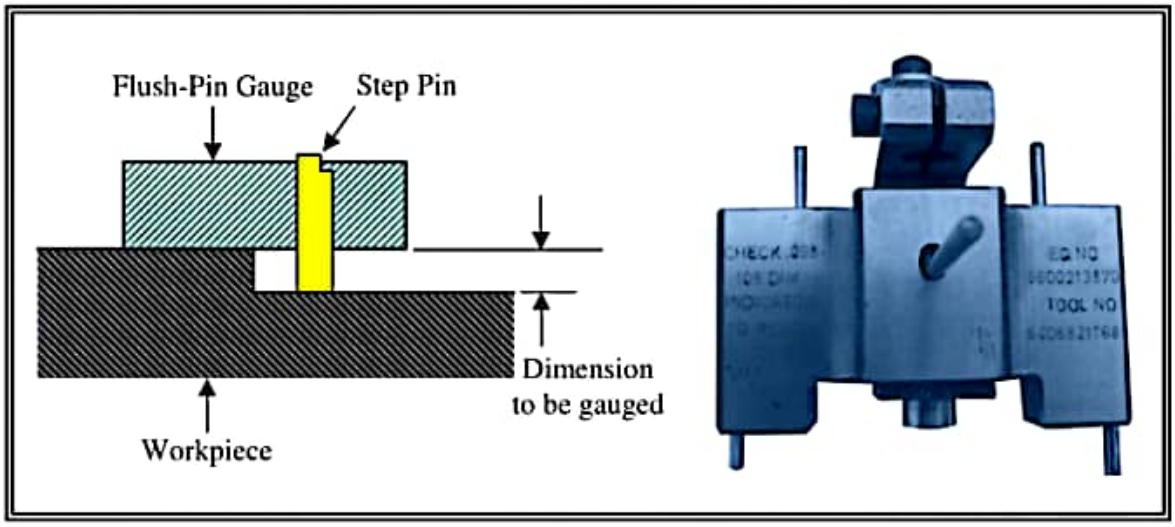


الشكل رقم (3-14) : مُحدد قياس سدادي ثنائي متتابع

3- مُحددات القياس الثنائية مسطحة الحدين (Flush Pin Gauges) .

وتقيس هذه المحددات حدود البُعد بين السطحين وتستخدم أيضاً لقياس عمق الثقوب . يتم وضع المقطع الرئيسي للمحدد على أعلى السطحين مع إستناد المسمار المتدرج على السطح الأدنى فإذا كان العمق بين السطحين ليس كبير جداً ، فإن قمة المسمار ولكن ليس الخطوة المنخفضة سوف تكون فوق قمة سطح محدد القياس بشكل طفيف . أما إذا كان العمق كبير جداً فإن المسمار سوف تكون أسفل السطح .

وفي حالة كون العمق صغير سوف تكون الخطوة المنخفضة في أعلى سطح جسم محدد القياس . الشكل رقم (3-15) يوضح مُحدد قياس ثنائي مسطح الحدين .

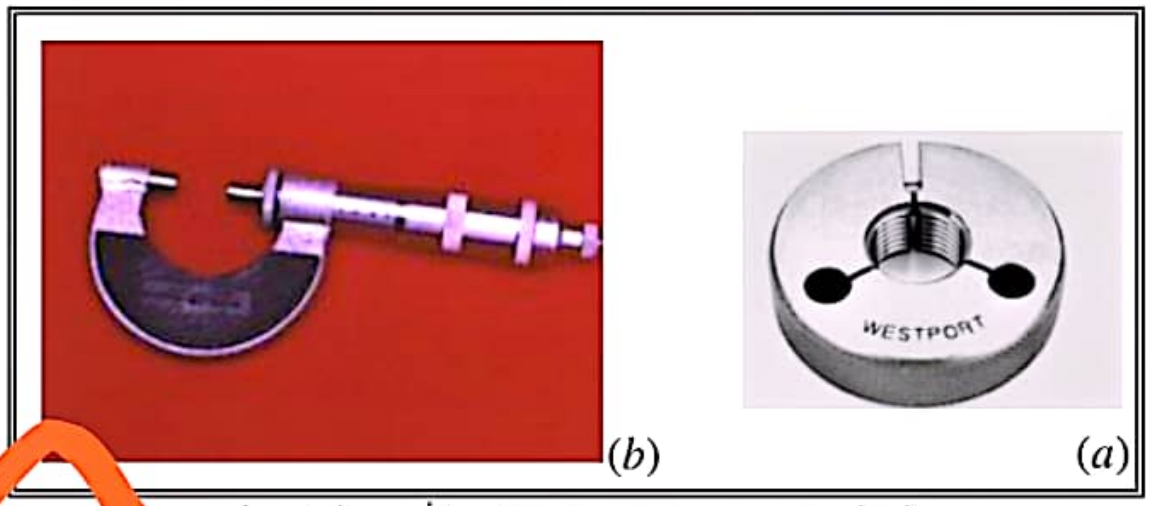


الشكل رقم (3-15) : مُحدد قياس ثنائي مسطح الحدين

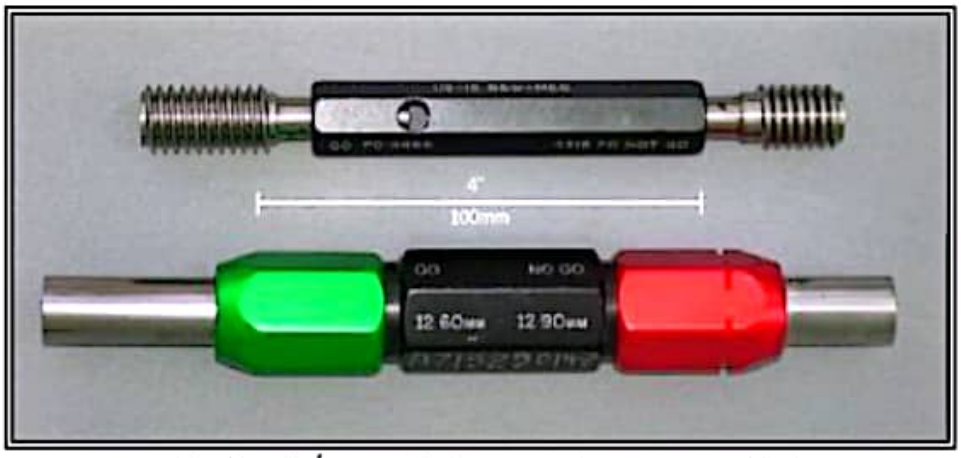
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

3.4.3 مُحددات قياس الأسنان (Threads Limiting Gauges)

وتستخدم لقياس أجزاء الأسنان الداخلية والخارجية .الشكل رقم (3-16-a) يوضح مُحددات قياس حلقية تستخدم للأسنان الخارجية إضافة إلى إستخدام المايكروميتر في القياس الخارجي والموضح في الشكل رقم (3-16-*b*) . الشكل رقم (3-17) يوضح مُحددات قياس الأسنان الداخلية .



الشكل رقم (3-16) : مُحددات قياس الأسنان الخارجية

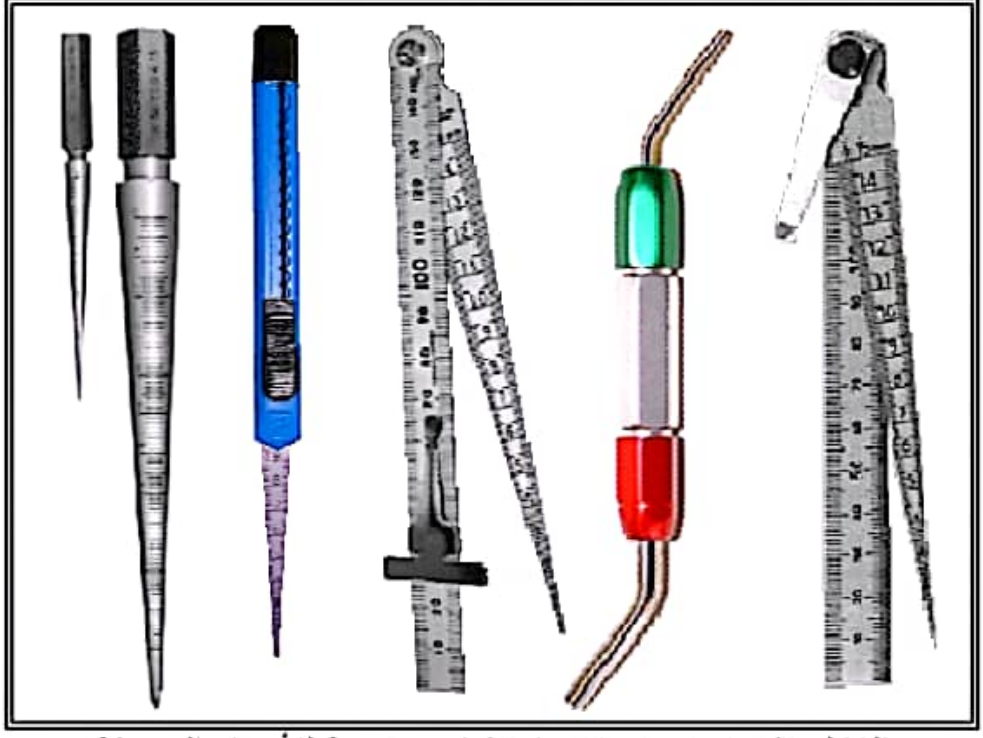


الشكل رقم (3-17) : مُحددات قياس الأسنان الداخلية

4.4.3 مُحددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف (Tapered Limiting Gauges)

وتستخدم للأجزاء مستدقة الأطراف (السُلبات) الداخلية والخارجية . تقوم هذه المحددات بمعايرة كل من زاوية الجزء المستدق وحجمه . أي إنحراف عن الزاوية الصحيحة سوف يلاحظ عن طريق الإسترخاء بين المحدد السدادي والثقب المستدق . أما الحجم فيفحص بواسطة العمق الذي تتوافق إليه السدادة داخل الثقب ، والعمق الصحيح يدرج بواسطة علامة على السدادة . الشكل رقم (3-18) يوضح عدد من مُحددات القياس للأجزاء المستدقة .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



الشكل رقم (3-18) : مُحددات قياس متنوعة للأجزاء المستدقة

إختبار ذاتي (5): ما هو مبدأ عمل مُحددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner