2022

مطبوعة دروس علم القياس

لسنة الثالثة أستاذ تعليم ثانوي اختصاص هندسة ميكانيكية

من اعداد الأستاذ الدكتور: خريف نصرالدين محمد

2022

ENSET SKIKDA

Créé par : KHERIEF NACEREDDINE MOHAMED

الفهرس

مقدمة عامة 1

1. المحور الأول: قواعد علم القياس 2

1.1 تعاريف، مجال التطبيق، المقادير وتمثيلها 2

2.1 أنواع المقادير، الوحدات، المعيار والقياس 5

3.1 الخطأ، السماحة، المراقبة 9

2. المحور الثاني: أدوات المراقبة 15

1.2 طريقة مراقبة أبعاد قطعة 15

2.2 أدوات القراءة المباشرة 16

3.2 أدوات القراءة غير مباشرة 19

4.2 ضبط ومعايرة 32

3. المحور الثالث: محددات القياس واحجام القياس 40

1.3 محددات القياس واحجام القياس 40

2.3 التفاوتات والتسامحات المعيارية 40

3.3 أنواع محددات القياس 41

4.3 نصائح مهمة للاستعمال الصحيح لمحددات القياس الحديثة 53

4. المحور الرابع: قياس الزوايا 54

1.4 عموميات 54

2.4 الوحدة المستعملة في قياس الزاوية 54

3.4 المنقلة الرقمية ومحددات الزوايا 55

4.4 مناقل قياس الزوايا 56

5.4 القياس الدقيق للزوايا باستخدام قضيب الجيب وقوالب القياس 63

6.4 استخدام ساعات القياس 70

5. المحور الخامس: قياس بالإحداثيات 71

1.5 مبدأ عمل 71

2.5 نظام إحداثيات الآلة 71

3.5 نظام إحداثيات الجزء 73

4.5 الكيانات المقاسة والمنشأة 77

5.5 الكيانات المبنية 77

6.5 نصائح مسبار للتعويضات 78

7.5 الإسقاطات 79

8.5 تطبيق تقنيات 79

6. المحور السادس: طرق القياس الهوائية 82

1.6 مقدمة 82

2.6 معادلة نظام الاستشعار etamic مع الحقن 83

3.6 ميزة الحساسية المزدوجة المميزة 86
4.6 اختيار قطر فوهة القياس وفقًا لقطر الجزء المراد فحصها 86
7. المحور السابع: مراقبة أخطاء الشكل والوضعية 90
1.7 تعريفات 90
2.7 الهندسة الاسمية الحقيقية والانحرافات 90
3.7 إقران مرجع محدد مع عنصر مرجعي 103
4.7 تحديد موقع منطقة التسامح من الناحية الحقيقية 108
5.7 ضبط العيوب الهندسية 115
8. المحور الثامن: الات القياس ثلاثية الابعاد 129
1.8 آلات القياس ثلاثية الأبعاد 129
2.8 المبدأ العام 129
3.8 هندسة آلات القياس ثلاثية الأبعاد 129
4.8 جهاز فحص 130
5.8 عملية القياس ب CMM 131
6.8 المزايا والقيود 133
9. المراجع 134

مقدمة:

لقد قام المجتمع الدولي بإيجاد تنظيم وتشريع وضعي للقياسات حتى يمكن تنظيم مختلف مجالات الحياة المعاصرة خاصة منها ما يتعلق بالمعاملات التجارية والصناعية .ومنه أنشأت فكرة المنظمات الدولية والوطنية للمقاييس والمواصفات .وقد اهتمت هذه الهيئات بدقة القياس وضبط أجهزته وتوحيد الوحدات المستعملة فيه وأساليبه .وقد أدى هذا التنظيم إلى الوصول إلى نتائج مهمة جدا على مستوى الصناعة التي أصبحت قادرة على تصنيع منتجات تتوفر فيها خاصية التبادلية وذات جودة عالية وحسب المواصفات المطلوبة في الأسواق الدولية والمحلية مما أدى إلى نمو وازدهار الاقتصاد العالمي .ومع تطور الصناعات الميكانيكية منذ بداية الثورة لصناعية وعلى مر العصور، ابتكر الإنسان لنفسه أدوات قياس تلبى احتياجاته، وعند انفتاح الدول على بعضها تطلب الأمر وضع بعض المعايير والقياسات الموحدة لتتوافق مع غيرها ومن هنا نشأت فكرة التوحيد القياسي للوحدات.

تتعد الأجهزة المستخدمة للقياس في المهن الميكانيكية، ولكل جهاز قياس طبيعة واستخدام خاص يناسب إمكانياته .فتوجد أجهزة تستخدم في القياس المباشر وأخرى تستخدم في القياس الغير مباشر.

وتشترك معظم أجهزة القياس في بعض الأساسيات والمفاهيم العامة، فعلى سبيل المثال لا الحصر، نظام الوحدات units المصمم عليه الجهاز (نظام متري أو نظام إنجليزي) وسيتم توضيح الفرق بينهم بالتفصيل في هذه الوحدة، ودقة الجهاز لأصغر قيمة مقاسة عليه .... الخ.

1.1 تعاريف، مجال التطبيق، المقادير وتمثيلها:

تصنف أدوات القياس إلى أربع أقسام أساسية وهي:

✓ **أدوات قياس بدائية:**

وهي أدوات قياس استخدمها الأنسان البدائي من خلال الاستفادة من جسده أو الأشياء المحيطة به والتي تتميز بقلة التفاوت بينها باختلاف الشخص القائم بها ومنها على سبيل المثال:

- الشبرSpan
- الذراعArm
- القصبةCane
- القدمFeet

✓ **أدوات قياس تقريبيه**

وهي الأدوات التي تستخدم لقراءة أو نقل الأبعاد من على القطع المراد قياس ابعادها

- المسطرة المدرجةRuler
- الشريطTape
- المترMeter
- المدورCompass
- المنقلة العاديةProtractor

✓ **أدوات قياس دقيقه**

- قدمه ذات ورانيهVernier caliper
- الميكروميترMicrometer
- منقله ذات ورانيهProtractor Vernier

✓ **أدوات قياس عالية الدقة**

- محددات القياسLimit gauges
- قوالب القياس الأطوال
- قوالب قياس الزوايا
-

1.1.1 تعريف علم القياس (المترولوجيا)

علم القياس (المترولوجيا) Metrology في القاموس الدولي للقياسات 1993 م بأنه "علم إجراء عملية القياس مع تحديد نسبة الخطأ المترتبة على عملية القياس".

The International Vocabulary of Metrology (VIM- 1993) defines metrology as the Science of measurements associated to the evaluation of its uncertainty.

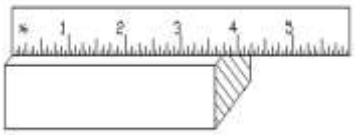
2.1.1 العناصر الأساسية لعلم القياساتBasic Components of Metrology

توجد ثلاثة عناصر اساسية لعلم القياسات هي:

- عملية القياسMeasurement
- نظام وحدات القياسUnit of measurement
- مرجعية عملية القياسTraceability

أولا :عملية القياسMeasurement process

تعرف عملية القياس بأنها عملية تحديد البعد المراد قياسه بواسطة جهاز قياس له وحدة قياس معلومة .حيث تسمح عملية القياس بتحديد قيمة البعد المقاس بقيمة عددية بالنسبة لوحدة قياس معلومة كما هو مبين في شكل .فمثلا نتيجة قياس أبعاد القطعة التقريبية باستخدام مسطرة القياس لتحديد الطول والارتفاع بقيم عددية) رقمية) بوحدة مليمتر أو البوصة، مع تحديد نسبة الخطأ المترتبة على عملية القياس.



شكل 1: قياس طول القطعة = مقارنة الطول مع مسطرة القياس

وتتم عملية القياس باستخدام أجهزة ومعدات خاصة تناسب أغراض القياس مثل :أجهزة القياس Measurement-Instrumentsأو محددات القياس Gages

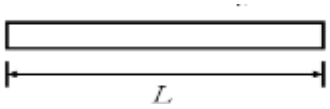
شكل2: عرض أجهزة ومعدات القياس

تحتوي نتيجة عملية القياس على ثلاثة معلومات أساسية وهي:

القيمة العددية

التي من خلالها يحدد وصف للبعد أو الخاصية المقاسة .عند استخدم أجهزة القياس يتم الحصول على القيمة في صورة عددية أو رقمية، وتنقسم الأرقام بصفة عامة إلى أرقام عشرية وأرقام صحيحة.

الأرقام الحقيقية (العشرية) وهي التي تمثل كميات متصلة/مستمرة، مثل طول عمود، كتلة عينة، سرعة سيارة ... الخ (مثلا 11.3مم.)



شكل3: طول عمود

الأرقام الصحيحة وهي التي تمثل كميات صحيحة ومنفصلة، مثل عدد الأشخاص، عدد العينات، عدد الأجهزة .الخ (مثلا 12كجم.)

شكل4 : العينة

- **وحدة قياس مناسبة:**

وهي الوحدات التي تصف القيم العددية ويكون متفق عليها عادة في إطار نظام وحدات القياس الدولي.

- **نسبة خطأ معينة:**

عادة كل عملية قياس توجد بها نسبة أخطاء معينة تعود لأسباب متعلقة بالجهاز أو طريقة استعمال الجهاز بواسطة المستخدم والظروف المحيطة عند الاستعمال.

ثانيا :نظام وحدات القياس

وهو النظام المتبع في القياس وأشهرها هو النظام الدولي للوحدات International System of Units-SI ، في هذا النظام تم الاتفاق على وحدات قياس مناسبة في إطار نظام وحدات القياس الدولي .وسيتم توضيح هذا البند لاحقا بالتفصيل.

ثالثا :مرجعية عملية القياسTraceability

والتي تعرف بأنها" خاصية لنتيجة عملية القياس والتي يمكن ربطها بمرجعية محدد مثل هيئة القياس والمعايرة الدولية، وذلك وفق سلسلة متواصلة من المقارنات ذات النسب المعروفة من الأخطاء ."ويتم الحصول على المرجعية Traceability غالبا بالمعايرة.

(مثلا المثقال الذي يستعمله البائع والذي يزن 1 كجم يجب أن يتم معايرته ومقارنة بالكجم القياسي الموجود بهيئة القياس والمعايرة وإعطاء شهادة بذلك من الهيئة)

3.1.1 الإجراءات العملية الواجب مراعاتها عند إجراء عملية القياس

خلال إجراء عملية القياس في ورش التشغيل والمعامل تكمن مهمة الفني في تحديد قيم الأبعاد بالنسبة لوحدة القياس الدولية بالدقة اللازمة واتخاذ جميع التدابير للحيلولة دون وقوع أخطاء قياس بنسب كبيرة ومن بين أهم هذه الإجراءات العملية نذكر ما يلي:

1. المحافظة على جهاز القياس في حالة عملية جيدة وعدم تعرضه لأي شيء قد يتلفه.
2. المحافظة على بيئة عمل خاصة (درجة حرارة =20 ^{o} م، درجة رطوبة =% 50 ومحيط نظيف خالي من الأتربة
3. اتخاذ جميع الاحتياطات لإجراء قراءة نتيجة القياس الصحيحة (القراءة العمودية على تدريج الجهاز .الخ.)
4. استعمال وحدة القياس المناسبة.
5. المعايرة الدورية لجهاز القياس وهذا بمقارنته مع معايير معلومة.

4.1.1 طرق إجراء عملية القياس

تجرى عملية القياس على طريقتين، إما أن يكون بطريقة مباشرة Direct Measurement أو غير مباشرة Indirect Measurement.

1. **القياس المباشر :**الذي يتم تحديد البعد المراد قياسه مباشرة بواسطة جهاز القياس كما هو مبين في شكل رقم5

شكل 5: عملية القياس المباشر

2. **القياس الغير مباشر :**يتم عن طريق وسائل مساعدة مثلا المدور لنقل البعد المراد قياسه من القطعة ومن ثم مقارنته مع جهاز قياس مثل المسطرة أو القدمة ذات الورنية بطريقة غير مباشرة كما هو مبين في شكل رقم 6 تستعمل هذه الوسائل في الحالات التي يتعذر فيها وصول جهاز القياس إلى البعد المقاس.

المدور داخلي المدور خارجي

شكل 6: استعمال المدور لنقل الأبعاد وإجراء القياس الغير مباشر

2.1 أنواع المقادير، الوحدات، المعيار والقياس:

1.2.1 وحدات القياس الدوليةInternational System of Units

لقد استعمل الإنسان منذ فجر التاريخ القياسات لتحديد ومعرفة العوامل الفيزيائية المتواجدة في محيطه. ولتحديد ذلك كان توجهه إلى استعمال وحدات قياس طبيعية مستسقاة من محيطه المعهود .فقد استعمل الذراع والقدم لتحديد الأبعاد والأطوال كما استعمل وحدة الزمن المتمثلة في الليلة واليوم لتحديد المسافات البعيدة. كانت هذه المعايير ووحدات القياس كافية في العصور الأولى من التاريخ البشري رغم تنوعها واختلافها من مكان إلى آخر .ومع التقدم الصناعي الذي واكب الثورة الصناعية مع مطلع القرن الثامن عشر الميلادي أصبحت هذه المعايير ووحدات القياس لا تفي بالغرض .وقد دفعت ظروف الحرب العالمية الثانية إلى تطور صناعي مذهل كان أساسه تبادلية المنتجات الصناعية مما أبرز الحاجة الماسة إلى توحيد نظم القياس على المستوى الدولي .انبثق عن هذا النظام الدولي لوحدات القياس International System of Units -SI المتفق عليه في المؤتمر الدولي للقياسات في سنة 1960 م .يحدد هذا النظام وحدات قياس الكميات الطبيعية التي نتعامل معها في حياتنا الصناعية، الاقتصادية والاجتماعية. يحتوي النظام الدولي لوحدات القياس على وحدات أساسية مبينة في جدول رقم 1 ووحدات مشتقة مبينة في جدول رقم2 .

أ .الوحدات الأساسية في نظام الوحدات الدوليةSI Base Units

هي الوحدات الأولية التي تصف القيمة الفيزيائية للقياس

الكمية المقاسة	الوحدة	رمز الوحدة
الطول او البعد	**المتر**	**m**
الكتلة	**الكيلوغرام**	**Kg**
الزمن	**الثانية**	**s**
درجة الحرارة	**درجة كلفين**	**K°**
التيار الكهربائي	**الامبير**	**A**
كمية المادة	**المول**	**mol**
شدة الاضاءة	**القنديلة**	**Cd**
الزاوية	**الراديان**	**rad**

جدول 1: الوحدات الأساسية

لكل وحدة من الوحدات الأساسية معيار دولي معرف بدقة متناهية ومحفوظ من طرف المنظمة العالمية للمقاييس International Standards Organization ISO.يستعمل هذا المعيار الدولي لمعايرة المعايير الوطنية الموجودة على مستوى مختلف دول العالم والمحفوظة من طرف الهيئات الوطنية للمقاييس والمواصفات.

ب .الوحدات المشتقةDerived Units

من الوحدات الأساسية يمكن استنباط وحدات عملية أخرى تسمى بالوحدات المشتقة .تشتق هذه الوحدات عن طريق القوانين الفيزيائية التي تحكم الكمية المدروسة .جدول رقم 2 يمثل بعض الوحدات المشتقة التي نستعملها بكثرة في واقعنا الصناعي.

الكمية المقاسة	الوحدة	رمز الوحدة
المساحة	**الطول * الطول**	**m^2**
الحجم	**الطول * الطول*الطول**	**m^3**
السرعة الخطية	**الطول/الزمن**	**m/s**
الذبذبة	**1/الزمن**	**Hz**
الكثافة	**الكتلة/ الحجم**	**Kg/m^3**
التسارع	**السرعة/الزمن**	**m/s^2**
القوة	**الكتلة*التسارع**	**N**
الضغط	**القوة/المساحة**	**Pa**
التدفق	**الحجم/الزمن**	**m^3/s**

جدول 2: الوحدات المشتقة

تستعمل بعض أجزاء أو مضاعفات وحدة القياس وهي مبينة على جدول رقم3

اسم المعامل	الرمز	معامل الضرب
التيرا	**T**	**10^{12}**
الجيجا	**G**	**10^{9}**
الميجا	**M**	**10^{6}**
كيلو	**K**	**10^{3}**
ديكا	**-**	**10**
ديسي	**dc**	**10^{-1}**
السنتي	**c**	**10^{-2}**
الميلي	**m**	**10^{-3}**
الميكرو	**µ**	**10^{-6}**
النانو	**n**	**10^{-9}**
البيكو	**p**	**10^{-12}**
فيمتو	**f**	**10^{-15}**

جدول 3: مضاعفات وأجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة

حسب النظام الدولي للمقاييس SI ففي المختبرات وورش الميكانيكا تستعمل وحدة المتر في قياس الأبعاد والأطوال كوحدة أساسية .إلا أنه عمليا كثيرا ما نستعمل وحدة المليمتر أو السنتيمتر عند إجراء القياس والرسومات الهندسية وهي معرفة كما يلي:

$$1mm=1/1000m=10^{-3}m$$

$$1cm=1/100m=10^{-2}m$$

2.1.2 وحدات القياس في النظام الإنجليزي English Units

وحدات النظم الإنجليزي تعود إلى وحدات القياس المستخدمة في إنجلترا وبعض الدول مثل أمريكا والهند. إن وحدة المتر المستعملة في النظام الدولي أخذت من النظام المتري الفرنسي .وبالموازاة مع هذا النظام يوجد هناك النظام الإنجليزي الذي ما زال مستعملا بصورة أقل شمولية من النظام الدولي .يعتمد النظام الإنجليزي على وحدات القياس التالية :الميل، الياردة، القدم والبوصة .وهي معرفة كما يلي:

الوحدة الانجليزية	الرمز	معامل تحويلها في SI
المبل	**mile**	**1mile=1,0609km**
الياردة	**yard**	**1yd=91,44cm**
القدم	**ft**	**1ft=30,48 cm**
البوصة	**in**	**1in=25,4mm**

جدول 4: وحدات القياس في النظام الإنجليزي

تعتبر وحدة البوصة من بين الوحدات المعمول بها في المجال الصناعي مثل اقطار الانابيب .لذا نجد أن معظم أجهزة قياس الأبعاد مثل المسطرة الحديدية أو القدمة ذات الورنية مدرجة بهذه الوحدة إضافة إلى وحدة المليمتر.

- **أجزاء البوصة هي:**

1/128, 1/64, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 5/8, 3/4, 7/8

حتى يسهل علينا استعمال هذه الأجزاء وما يقابله كأعداد عشرية يمكن لنا أن نستعمل الجداول الصناعية المتوفرة في ورش التشغيل والتي تعد كأدوات مساعدة للفني في عمليات القياس.

- **عمليات التحويل بين الوحدات Units of Conversion**

نظرا لأهمية وحدات قياس الأبعاد (mm, cm, in) في مجال القياسات الصناعية فان عمليات التحويل بين مختلف هذه الوحدات .من الأمور الضرورية التي يجب الإلمام بها لتجنب الوقوع في أخطاء أثناء عمليات القياس، لان كتابة الأرقام بدون مراعاة الوحدة السليمة لها قد يؤدي إلى أخطاء فادحة قد تؤدي إلى خسائر مادية أو قد تصل إلى خسائر في الأرواح .فعلى سبيل المثال، إن انفجار المكوك الفضائي الأمريكي في فضاء كوكب المريخ في أكتوبر 1999 م لم يكن إلا نتيجة خطاء في استعمال وحدات القياس للتسارع بين الوحدة البريطانية ووحدة النظام الدولي.

1 . للتحويل من قدم Feet الى بوصة:Inch

1 ft = 30 قدم x = 1 بوصة "30

2 . للتحويل من بوصة الى سنتيمتر:

5 in = 5×2.54 = 12.7 cm بوصة x= 5

3 .-للتحويل من بوصة الى مليمتر:

5 in = 5×25, 4 = 127 mm بوصة x= 5

4 . التحويل من مليمتر الى بوصة:

2 = 508 / 254 = 508 mm =x بوصة(" 2)

5 . للتحويل من متر الى سنتيمتر:

x= 3.5 m= 3.5 × 100 = 350 cm

6 .-للتحويل من سنتيمتر الى مليمتر:

x= 350 cm × 10 = 3500 mm.

3.1 الخطأ، السماحة، المراقبة:

a) **المدى :Span** يعرف النطاق الذي يستطيع الجهاز قياسه بالمدى، والذي يعبر عن النهايات العظمى والصغرى التي يستطيع الجهاز قراءتها: المدى = القيمة القصوى – القيمة الصغرى

وتكون قراءة التدريج الكلى للجهاز Full scale reading هي القيمة القصوى للتدريج. يوضح شكل رقم 7 أن المدى لهذا الجهاز = 5- 3 =2 وحدة قياس.

شكل7 : التدريج الكلي للجهاز

b) **الخطاء :Error** الخطاء هو الفرق بين القيمة المقاسة والقيمة الصحيحة (الحقيقية) المثالية .ويعرف الخطاء أيضا بانه الفارق بين قراء الجهاز عن قيمة قياسية معروفة مسبقا .فمثلا جهاز يقرأ قطر عمود بقيمة 20.2 mm مع ان قطر العمود المعياري هو 20 mm فيكون الخطاء.2 mm

- ❖ الخطأ المطلق:

=القيمة المقاس – القيمة الحقيقية

- ❖ الخطأ النسبي

= الخطأ المطلق / القيمة الصحيحة

- ❖ النسبة المئوية = الخطأ المطلق / 100
- ▪ **مثال :**أحسب الخطاء ونسبة الخطاء fractional error والنسبة المئوية للخطاء error percent للقيم التالية:

القيمة المقاسة(m)	109	1050	45	17
القيمة الصحيحة(m)	100	1000	50	20

جدول 5: مثال

c) **دقة القياس :Accuracy** دقة الجهاز هي مقدرته على إظهار القيمة الصحيحة بشكل مضبوط، أو هي مدى اقتراب القراءة المأخوذة (الوحيدة) على الجهاز بالقيمة الحقيقية للبعد المقاس .وتختلف الدقة عن مصداقية trueness القراءة في أن المصداقية تعبر اقتراب القيمة المتوسطة لمجموعة قراءات إلى القيمة الحقيقية. ويمكن التعبير عن الدقة بأحد الطرق التالية:

- ❖ الدقة كنسبة من القيمة الحقيقية:

الدقة = الخطأ المطلق / القيمة الصحيحة * 100%

= (القيمة المقاسة –القيمة الحقيقية) /القيمة الحقيقية*100=قيمة%

- ❖ الدقة كنسبة من التدرج الكلي للجهاز

الدقة = الخطأ المطلق /مدى الجهاز *100

=القيمة المقاس – القيمة الحقيقية /أقصى قيمة للتدرج *100=قيمة %

- ❖ الدقة كنسبة من القيمة المقاس:

الدقة = الخطأ المطلق/القيمة المقاس *100= قيمة%

d) **الانضباطية أو التكرارية :Precision or repeatability** الانضباطية هي تكرارية القراءات بنفس القيمة وبنفس الجهاز، حتى لو كان الجهاز يكرر في كل مرة القراء بالخطاء .أي إذا أخذت عدة قراءات لنفس البعد وكانت القراءات متماثلة تماما فانه يقال إن الجهاز المستعمل مضبوط.

دائما يحدث خلط وتشويش بين الانضباطية والدقة وشكل 2 يشير إلى عدد التصويبات التي يطلقها أربعة أشخاص لتوضيح الفارق بين الانضباطية والدقة.

الرامي الأول :يمتاز بالدقة والانضباطية

الرامي الثاني :غير دقيق لأنه يخطأ الهدف دائما ولكنه مضبوط فهو يطلق كل مرة في نفس المكان تقريبا

الرامي الثالث :دقيق لان كل تصويباته كانت حول الدائرة الثانية وقريب من المركز ولكنه غيرمضبوط لان كل التصويبات متفرقه.

الرامي الرابع :غير دقيق لان كل تصويباته بعيده هن المركز ومشتتة وهو أيضا غير مضبوط لان كل التصويبات متفرقه.

دقيق	مضبوط	
	لا	نعم
نعم	3	1
لا	4	2

شكل8: الفارق بين الدقة والانضباطية

e) **الحساسية :Sensitivity** الحساسية تعبر عن إلى أي مدى يستشعر الجهاز الإشارة المقاسة أو الداخلة، مثلا عند قياس الفولت إذا كانت اقل قراءة يحس بها الجهاز هي 3 فولت ولا يستشعر أي قيم تحت هذه القيمة فتكون حساسية الجهاز 3 فولت .وكلما كانت حساسية الجهاز عالية كلما كان أفضل.

يعبر عن حساسية الجهاز بالنسبة بين التغير في قيم الخرج على التغير في الإشارة الداخلة للجهاز كما يلي:

الحساسية =التغير في خرج الجهاز/التغير في الإشارة الداخلة للجهاز

كل جهاز قياس يفضل أن يكون ذو حساسية عالية بحيث يستشعر قيم المتغيرات المقاس حتى ولو كانت صغيرة لذلك ولزيادة الحساسية تزود الأجهزة بوسيلة تكبير للإشارة الداخلة ويمكن تقسيم وسائل التكبير المستخدمة إلى أربعة أنواع:

ميكانيكية وفيها يكون التكبير باستخدام أذرع أو تروس.

كهربية وفيها يتم التكبير من خلال أحد العناصر الكهربية مثل شدة التيار أو الفولت.

ضوئية وفيها يتم التكبير باستخدام المرايا أو العدسات.

هوائية وفيها يتم التكبير باستخدام ضغط الهواء أو معدل تصرف الهواء.

f) **الاستشعار :Resolution** هو اقل تغير في الإشارة المقاسة (الداخلة للجهاز) التي ينتج عنها تغير في قيمة الخرج المقروءة بالجهاز أي التي يستشعرها أو يكشف عنها الجهاز.

يسمى الاستشعار Resolution أيضا(اقل قيمة تقرأ least count) ويطلق على القيمة التي لا يحسها ولا يشعر الجهاز بقراءتها اسم النطاق الميت(Dead band) في أي عملية قياس يجب اختيار الأجهزة بحيث يكون استشعارها Resolution مرتبط بمدى الدقة المطلوبة في قياس الجزء المراد قياسه، فمثلا إذا كانت الدقة المطلوبة هي 0.01 mm عند قياس عمود أسطواني فمن الممكن استخدام الميكروميتر العادي أما إذا كانت الدقة المطلوبة في القياس هي 0.001 مم 1 (ميكرون) فان استخدام مثل هذا الميكروميتر لا يفي بالغرض المطلوب ولذلك وجب استخدام أجهزة أخرى بحيث يمكن قياس الكسر العشري التالي للدقة المطلوبة عليها(أي يمكن قراءة حتى 0.005 (مم))والعكس أيضا صحيح فلا يجب استخدام جهاز ذو استشعار Resolutionعالي جدا في قياس الأبعاد غير المطلوب فيها دقة عالية.

1.3.1 أنواع أخطاء القياس:

مما لا شك فيه أن كل عملية قياس يوجد بها نسبة خطأ معينة تعود لأسباب تتعلق بالنقاط التالية:

كفاءة جهاز القياس المستخدم.

قدرة ومهارة القائم بالقياس.

طريقة وظروف عملية القياس.

- يمكن تقسيم أخطاء القياس إلى الأنواع الثلاثة التالية:

1. الأخطاء العشوائيةRandom error
2. الأخطاء النظاميةSystematic error
3. الأخطاء الغير منطقيةIllegitimate erro

أ-الخطأ العشوائي

هذا الخطأ يحدث بطريقة عشوائية لا يمكن التكهن بها ومن الصعب استنباطه .ولا يخضع لأية قوانين معروفة، ويتم الكشف عنه، عن طريق تكرار قياس كمية ما بجهاز القياس نفسه وفى الظروف نفسها، ثم تعيين الحدود القصوى والصغرى التي

يقع ضمنها الخطأ العشوائي وتسمى هذه الحدود بالحدود الحدية Limiting errorsويكون احتمال وقوعه ضمن هذه الحدود معروفا.

- **مصادر الأخطاء العشوائية:**

إن الأسباب الرئيسية لحدوث الأخطاء العشوائية تنتج عن متغيرات لا يمكن حصرها، وكلما تطورت تقنيات القياس برزت أسباب ومصادر جديدة لمثل هذه المتغيرات، ولكن الأسباب الرئيسية لهذه الأخطاء تتمثل في:

التغيرات الناتجة عن مصادر الاهتزازات المختلفة

التغيرات أو الإزاحات الصغيرة في وضعية جهاز القياس

أية تغيرات مهما كانت بسيطة في الشروط البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة النسبية

تغيرات ناتجة عن مكان وجود جهاز القياس والقطعة المصنعة التي تتم قياسها

تغيرات إضافية ذات مصادر مختلفة مثل الاحتكاك بين أجزاء جهاز القياس والقطعة

تغيرات تنتج عن الشخص القائم بالقياس.

ب-الخطأ النظامي (الرتيبى)

الخطاء النظامي هو جزء من الخطاء المطلق absolute error الذي يبقى ثابت دائما عند تكرار عملية القياس لنفس الكمية .

الخطاء النظامي هو انحراف (انحياز) Bias عن القيمة الحقيقية true value عند تكرار عملية القياس لنفس الكمية.

الانحياز = القيمة المتوسطة للقراءات average value– القيمة الحقيقية المثاليةideal value

الانحراف = Deviation القيمة المقاسة – القيمة المتوسطةaverage value

الخطاء النظامي هو الخطاء التي يتخذ دائما نفس القيمة عند استخدام نفس طريقة القياس للكمية المقاسة تحت الشروط البيئية نفسها .المقصود بالشروط البيئية هي درجة الحرارة ونسبة الرطوبة والضغط الجوي في الوسط المحيط بجهاز القياس، وأهمها درجة الحرارة حيث أن كلا من القطعة المصنعة وأداة القياس تتأثر بأي تغير في درجة الحرارة.

ومن أسباب تواجد الاخطاء النظامية الرئيسية هو خطأ في معايرة الجهاز المستخدم مثلا أو وجود عيب بمجسات القياس وغيرها ويمكن التخلص من مثل هذه الأخطاء في نتيجة القياس بطريقة الحساب

- **تأثير درجة الحرارة على الأخطاء النظامية وتصحيحها**

درجة الحرارة القياسية هي° 20 م ومن المستحسن أن تجرى جميع القياسات عند هذه الدرجة .غير أنه ليس من الملزم أن يتم ذلك ما دام سيؤخذ في الاعتبار الفروق الناتجة عن التغير في درجات الحرارة.

وحيث أن أغلب أجهزة القياس مصنوعة من الصلب فإنه إذا كان الجزء المراد قياسه مصنوعا من نفس المعدن وسمح له بأن يكتسب نفس درجة حرارة الجهاز، وذلك بتركه فترة في نفس مكان الجهاز فعندئذ تكون القراءة المبينة على الجهاز صحيحه وهي البعد الحقيقي للجزء المقاس عند 20 م أما إذا كان هناك فرق بين درجتي حرارة الجهاز والجزء المراد قياسه أو كان هناك اختلاف في معدنيهما فإنه يمكن حساب قيمة التصحيح وبفرض أن معامل التمدد الطولي للجزء المراد قياسه هوl_1 ، وأن معامل التمدد الطولي للجهاز هو l_2 ، وأن درجة الحرارة هي T°C ، وأن القراءة المبينة على الجهاز هي x (mm) فيصبح مقدار التصحيح y هو:

مقدار التصحيح $\mathbf{y= x.(l_1-l_2).(20-T°C)\ (mm)}$

البعد الحقيقي للجزء عند $20°C = x+y$

حيث أن:

y :مقدار التصحيح (خطأ القياس)

x :القراءة المبينة على الجهاز

l_1 :معامل التمدد الطولي للجزء المراد قياسه

l_2 :معامل التمدد الطولي للجهاز

T°C :درجة الحرارة القطعة القطعة

✓ **مثال**

إذا كان الجزء المراد قياسه هو قضيب مصنوع من النحاس الأحمر معامل تمدده الطولي هو0.0000165 mm /درجة مئوية والجهاز المستعمل مصنوع من الصلب ومعامل تمدده الطولي هو 0.0000115مم/درجة مئوية وكانت القراءة المبينة عليه هي150 mm ودرجة الحرارة حين أخذت القراءة كانت° 30 م.أحسب طول القضيب عند° 20 م

✓ **الحل**

مقدار التصحيح $y= x.(l_1-l_2).(20-T°C)$ **(mm)**

y=150(0,0000115-0,0000165)(20-30)=-0,0075 mm

البعد الحقيقي للجزء عند 20°C = x+y

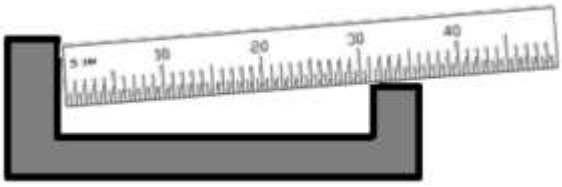
=150+(-0,0075)= 149.9925mm

ت-الخطاء الغير منطقي

هو خطاء منطقي ينتج من خطاء في مؤشر جهاز القياس أو شاشة عرض القيمة، أو خطاء بشري في قراءة القيمة بالخطاء أو قد يكون نتيجة عطب في الجهاز

ج-خطأ التباين أي خطاء المحاذاة:(Misalignment Error)

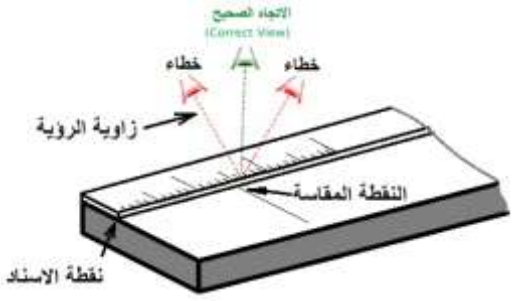
إحدى حالات الخطأ في قراءة البعد نتيجة تغيير وضع جهاز القياس (أي تغيير مكان النظر إلى المقاس)



شكل 9: خطأ التباين

خ-خطأ الرؤيةVisual Error :

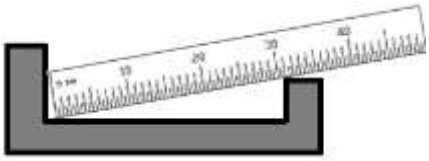
ينشأ عن قراءة خطأ للمقاس عند النظر الية.



شكل10: خطأ الرؤية

ه-خطأ التداول باليدHandling Error – Position Error :

الشكل التالي يوضح أخطاء القياس بسبب تداول غير صحيح لأداة القياس أو القطعة بالنسبة الى بعضهما البعض أثناء القياس



شكل11: خطأ التداول باليد

1.2 طريقة مراقبة أبعاد قطعة:

✓ **نقل الأبعاد باستخدام المدور:**

- **المداور /الفراجار :**تتعدد أنواع المداور تبعا لتنوع أغراض استعمالها فمنها المستخدم في عمليات القياس ومنها المستخدم في عملية الشنكرة أي نقل الأبعاد إلى قطعة العمل أو لرسم الدوائر .تصنع المداور من الصلب متوسط الكربون وله أنواع متعددة تصنف حسب شكل الساقين فمنها المدور العدل وأبو شوكة وذي السنين والكروي، ويكون جناحا من النوع المثبت بالبرشام أو النوع الذي يتم التحكم في جناحيه عن طريق مثبتة كما هو مبين في شكل رقم 12.

شكل 12: الأنواع المختلفة للفرجار.

يستخدم المدور الخارجي لقياس ومراجعة الأقطار والأبعاد الخارجية للمشغولات المختلفة أثناء تشغيلها، ويستخدم فرجار القياس الداخلي للحصول على القياسات الداخلية حيث يدخل المدور إلى المكان المراد قياسه ثم يفتح بعد ذلك باتجاه الخارج وببطء حتى يتم التلامس بين الذراعين وحافة المكان المراد قياسه ويتم بعد ذلك إخراج المدور مع تماشى الضغط على الساقين وذلك للاحتفاظ بدقة القياس ثم يتم بعد ذلك قراءة القياس المعطى بواسطة الفتحة بالقدمة أو المسطرة، بينما المدور ذو الشوكتين والذى يسمى بفرجار العلام أو المدور العدل لأنه يتكون من ساقين مبسطين مستقيمين لكل منهما سن على شكل شوكة ويستعمل لنقل الأبعاد إلى قطعة العمل أو لعمل علامة أو دوائر عليها .ويوضح شكل رقم 13 استخدامات الأنواع المختلفة من المدور.

شكل 13: استخدامات الأنواع المختلفة من المدور

2.2 أدوات القراءة المباشرة:

❖ **قياس الأبعاد باستخدام المسطرة المدرجة والمتر :**

شكل 14: شكل عينة معدنية مسطحة للقياس

تستخدم المساطر بصفة عامة للقياسات التقريبية للأبعاد الطولية وللحصول على قياسات دقيقة يتم استخدام القدمة ذات الفرنية والميكروميتر.

تتاح المساطر بأطوال مختلفة قد تصل إلى واحد متر، تعتمد دقة القياس بالمسطرة على مهارة الفني أي أنها تعتمد على العنصر البشري ويمكن الوصول لدقة قراءه بواسطة المساطر تصل إلى 0.5% ± .

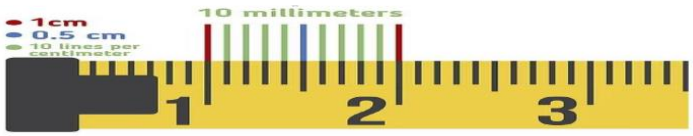
ويستخدم أيضا المتر Tape في قياس أطوال من 1 مم إلى 10 متر أو أكثر.

أولا :المتر

يفضل استخدامه لقياس الأجسام الطويلة كالمواسير ويستخدم بكثرة في أعمال الصاج والألواح المعدنية وصناعة الأثاث المعدني وأعمال الألوميتال وتمديدات شبكات الانابيب.

شكل 15: شكل متر القياس الطوليtap

يكون تدريج المتر طبقا لأحد النظامين النظام الدولي أو النظام الإنجليزي، وحدة الأطوال في النظام الدولي هي المتر والذي يقسم إلى سنتيمتر ومليمتر كما هو مبين في شكل، وفي النظام الإنجليزي يكون التدريج مقسما بالبوصة inch والقدم Feet والقدم يساوي 12 بوصة.

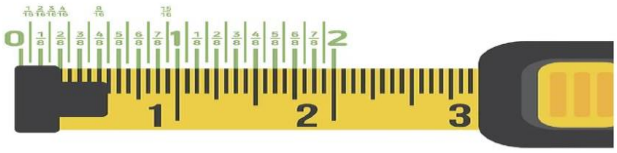


شكل 16: تدريج المتر Tape بالسنتيمتر في النظام الدولي المتري

عادة يتم تقسيم البوصة ليكون أصغر تدريج في البوصة هو 16 / 1 واحد على 16 من البوصة كما هو مبين في شكل ويليها ثمن ثم ربع ثم نصف وثلاثة أرباع وبوصة كاملة وبالتالي فان البوصة تقسم إلى16 جزء على المتر الطولي وهي بالترتيب:

16/1و 16/2=8/1 و16/3 و16/4 = 4/1 و16/5 16/6 =4/3 و16/7 و16/8=2/1 و16/9 و16/10=8/5...الخ

وفي الحياة العملية تباع المنتجات طبقا للنظام الإنجليزي، مثلا انبوب نصف بوصة أو حديد سمك ربع بوصة وهكذا.



شكل 17: تدريج المتر Tape بالبوصة في النظام الإنجليزي

شكل 18: تقسيم البوصة في النظام الإنجليزي

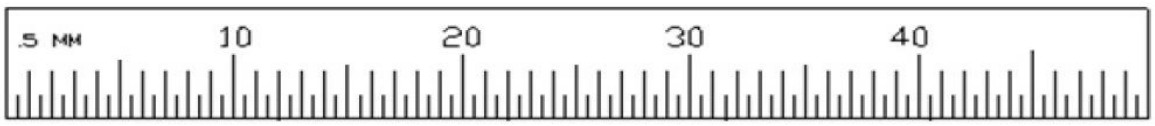
ثانيا :القدم المساطر الحديدية:

يوجد العديد من أنواع المساطر الحديدة التي سيتم التطرق اليها في النقاط التالية:

- **أنواع المساطر الحديدية:**

1. مسطرة حديدية عادية:

تعتبر المسطرة من أول أجهزة قياس الأبعاد التي تعاملنا معها منذ السنوات الأولى للدراسة الابتدائية نظرا لسهولة استعمالها حيث أن قراءة القياس عليها بسيط جدا عادة ما تكون المسطرة مدرجة بالمليمتر (1 mm) وبنصف المليمتر (0.5 mm) تصنع المساطر المستخدمة في الورش من الصلب الذي لا يصدأ، أكثر أنواع مساطر القياس المستعملة في الورش هي ذات أطوال 6 بوصة 12 بوصة أو 18 بوصة.



شكل 19: مسطرة عادية

2. مسطرة ذات نهاية طرفية:

يمكن استعمال مسطرة حديدية مع نهاية لوضعها مع حافة القطعة المقاسة لكي يمكن الحصول على أحسن دقة قياس.

شكل 20: مسطرة ذات نهاية معدنية.

3. مسطرة رفيعة:

يستعمل هذا النوع من المساطر الصغيرة لقياس أعماق الثقوب

شكل 21: مسطرة ضيقة لقياس أعماق الثقوب.

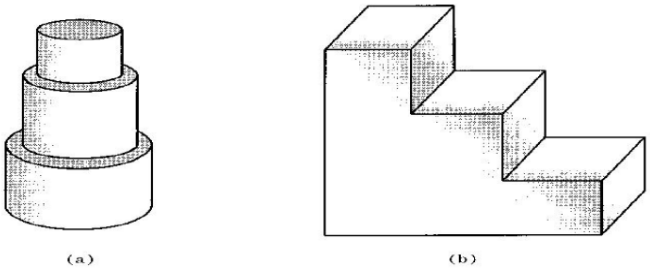
4. مسطرة قصيرة بماسك:

هي مسطرة حديدية قصيرة بماسك ويستعمل هذا النوع من المساطر لقياس الأبعاد الصغيرة

شكل 22: مسطرة قصيرة بماسك.

3.2 أدوات القراءة غير مباشرة:

1.3.2 قياس الأبعاد باستخدام القدمة ذات الفرنية:



شكل 23: القطع المعدنية المستخدمة في القياس.

خلال عمليات التشغيل ومن حين لآخر يقوم الفني بالتحقق من مطابقة أبعاد القطع القطعة المصنعة مع المواصفات الموضوعة على التصاميم سواء من ناحية الشكل، أو الأبعاد أو جودة الأسطح .ولا يمكن أن يتأتى ذلك إلا عن طريق إجراء عمليات القياس على هذه الخصائص .إن جودة المنتجات الصناعية تستدعي تصنيع قطع ميكانيكية بدقه عالية تتجاوز دقه المسطرة الحديدية، لهذا فإن القياسات الدقيقة تستلزم استعمال أجهزة أكثر دقة مثل القدمة ذات الورنية والميكروميتر .كما تستعمل هذه الأجهزة الدقيقة أثناء تركيب الماكينات وأدوات القطع وأثناء إجراء عمليات الصيانة عليها.

تعتبر القدمة ذات الورنية من بين أهم أجهزه القياس المستعملة في ورش الميكانيكا بصفة عامة وورش التشغيل بصفة خاصة .

ترجع هذه الأهمية للإمكانات المتعددة للقدمة في قياس الأبعاد مقرونة مع سهولة الاستعمال زيادة على دقتها الممتازة.

اخترعت القدمة ذات الفرنية بواسطة المخترع الفرنسي بير فينر Pierre Vernier سنة 1632 وهي عبارة عند دمج المسطرة مع الكاليبرcaliper يركز هذا التطبيق على التعريف بمكونات القدمة ذات الفرنية وأنواعها القياسية وكيفية

استخدامها والتمكن من معرفة التدرجيات المسجلة عليها ودقة القياس التي يمكن الحصول عليها حسب التدريج الواقع على القدمة ذات الفرنية.

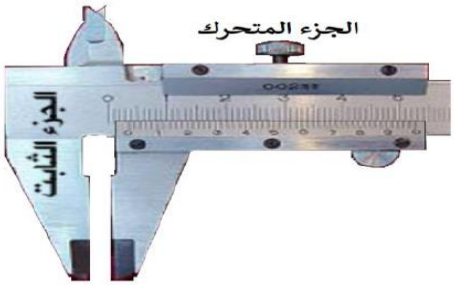
أتى اسم القدمة ذات الفرنية في اللغة العربية من شكلها المشابه للقدم ومقياس الورنية المستخدم فيها .تجمع القدمة ذات الفرنية بين المسطرة والكاليبرCaliper ، وتستخدم لقياس الأبعاد والأقطار الداخلية والخارجية والأعماق والطول للمشغولات.

وتستخدم القدمة ذات الورنية في قياس الأبعاد والأطوال التي يصعب قياسها في المسطرة المترية كالأقطار الداخلية والخارجية للأنابيب وأعماقها، وهي بذلك أدق في القياس من المسطرة المترية حيث تصل دقتها إلى حدود 0.1 mm ونستطيع بواسطتها قياس الأبعاد التي لا يزيد طولها عن10 cm. .

1.1.3.2 مكونات القدمة ذات الفرنية:

تتركب القدمة ذات الفرنية من جزئيين أساسيين هما:

- ✓ **الجزء الثابت :**يحتوي هذا الجزء على فك ثابت Fixed jaw متصل بمسطرة القياس الرئيسية Main scaleوالتي عادة ما تكون مدرجة بالتدريج المتري (بالملي متر) mm من جهة وبالتدريج الإنجليزي (بالبوصة Inch)من جهة أخرى .ويستخدم القياس الرئيسي ليتم قراءة الملي مترات الصحيحة.



شكل 24: الجزء الثابت والجزء المتحرك بقدمة ذات ورانية من النوعM .

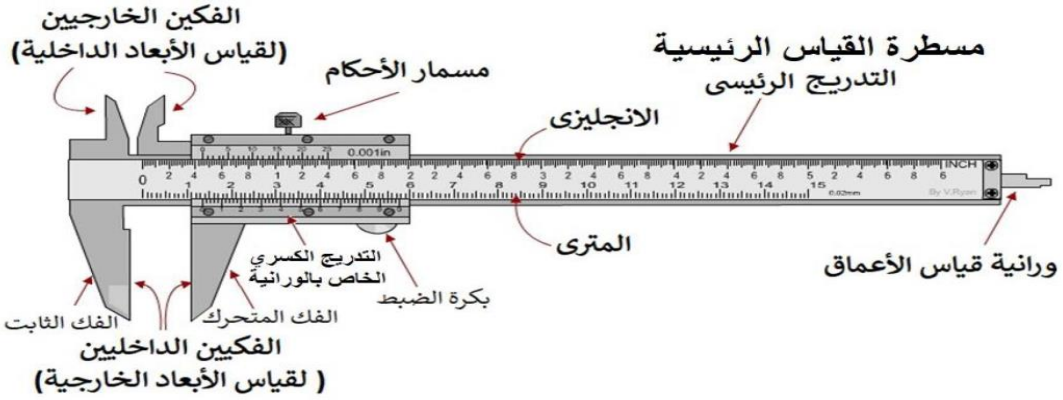
- ✓ **الجزء المتحرك:** وهو عبارة عن منزلقة تحمل الفك المتحرك movable jaw والجزء المسمى بورنية القياس Vernier scale.والورنية هي مقياس صغير ينزلق على مقياس أساسي يسمى القدمة والتي هي جزء من المسطرة المترية .وتكون ورنية القياس مدرجة بأجزاء الملي متر وتستخدم لقياس الكسور العشرية .ويتم تحديد دقة الجهاز بالتقسيم الموجود على الورنية.

وعادة ما تكون دقة قياس الورنية ب 10 / 1 = 0.1 مم أو 20 / 1 = 0.05 مم أو 50 / 1 = 0.02 مم

ويوجد ساق في نهاية الجزء المتحرك بالقدمة ذات الفرنية عبارة عن عمود لقياس أعماق الثقوب والمجاري العميقة Stem for depth measurements.

ويبين الشكل التالي تفصيلا كاملا للقدمة ذات الفرنية ومكوناتها التالية:

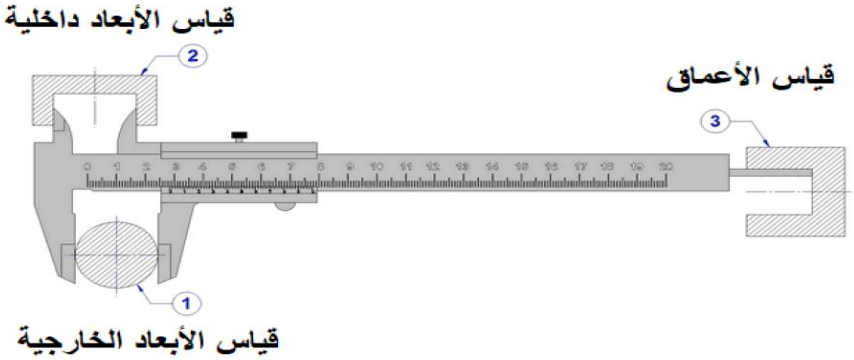
- مسطرة القياس الرئيسية (القدمة) :وتكون مدرجة بالمليمترات من طرف والبوصة من طرف أخر.
- الفرنية :Vernier هي مقياس صغير ينزلق على المقياس الأساسي (القدمة)
- الفكين الخارجيين :External jaws أحدهما ثابت، الأخر متحرك كما هو مبين في شكل رقم 42وتستخدم لقياس الاقطار الخارجية الكبيرة.
- الفكيين الداخليين :Internal jaws وتستخدم لقياس الأقطار الداخلية الصغيرة.



شكل25: قدمه ذات ورانية من النوع**M** .

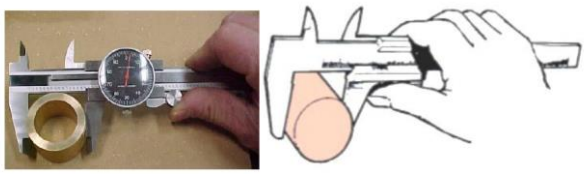
2.1.3.2 استخدامات القدمة ذات الفرنية:

تستخدم القدمة ذات الفرنية لقياس الأبعاد الداخلية أو الخارجية أو قياس الأعماق كما هو مبين في شكل رقم 26



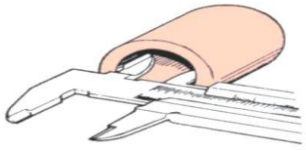
شكل26: أنواع القياس التي يمكن قياسها بالقدمة ذات الفرنية.

أ-قياس الأبعاد الخارجية:



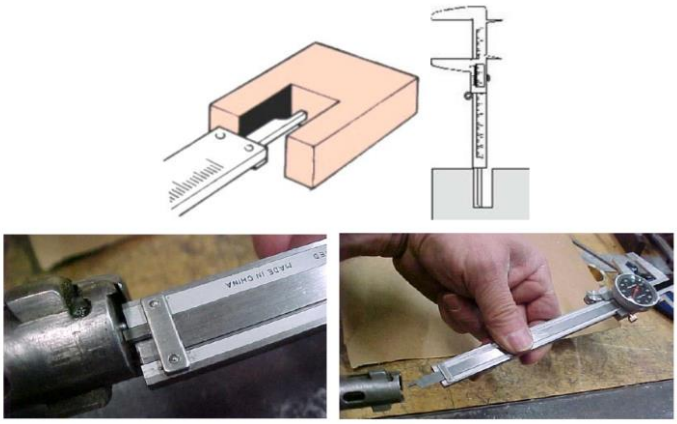
شكل 27: قياس الأبعاد الخارجية بالقدمة ذات الفرنية.

ب-قياس الأبعاد الداخلية:



شكل28: قياس القطر الداخلي بالقدمة ذات الفرنية.

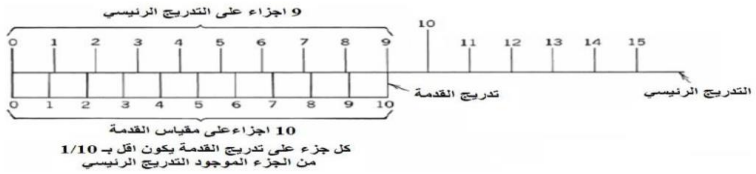
ت-قياس العمق (مثل قياس عمق مجرى الخابور أو عمق الثقوب والمجاري)



شكل29: قياس الأعماق بالقدمة ذات الفرنية.

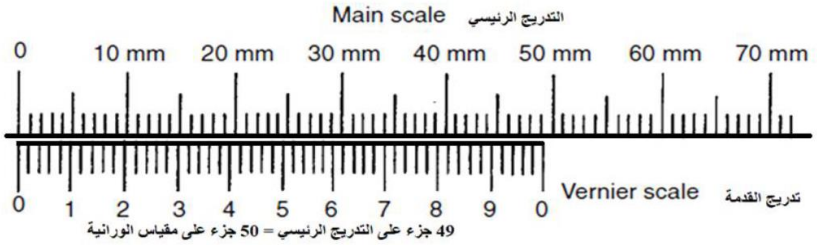
3.1.3.2 العلاقة بين تدريج الفرنية والتدريج الرئيسي:

يختلف تدريج مقياس القدمة Vernier في الطول عن تدريج مسطرة القياس الرئيسة، ففي معظم الأنواع المعتادة للقدمات ذات الفرنية يكون عدد تقسيمات القياس للوحدة الكاملة على المسطرة الرئيسية وليكن (n)يناظر في الطول عدد n+1 على مقياس الفرنيةVernier في الشكل .القدمة مقسمة إلى 10 أجزاء والذي يناظر 9 أجزاء على التدريج الرئيسي وبالتالي كل جزء على تدريج القدمة يكون اقل ب /10 1 من الجزء للتدريج الموجود على مسطرة القياس الرئيسية.



شكل30: ورانية مقسمة إلى 10 أجزاء لقدمة اقل قياس صحيح بها هو 1 مم.

شكل رقم 31 يبين قدمه ذات ورانية، بها مسطرة القياس الرئيسية مقسمة بوحدة 1 مم، وطول القدمة مقسم إلى 50 جزء والذي يناظر 49 مم على المسطرة الرئيسية وبالتالي كل تدريجة أو وحدة على القدمة أصغربقيمة 0.02 = 50 / 1 من الوحدات على المقياس الرئيسي.



شكل31: ورانية مقسمة إلى 50 جزء لقدمة اقل قياس صحيح بها هو 1 مم

إن تدريج الفرنية يقسم اقل وحدة قياس يمكن قياسها بالقدمة (مسطرة القياس الرئيسية) إلى عدد الأجزاء الموجودة على مقياس الفرنية .مثلا إذا كانت اقل وحدة قياس على القدمة هي 1 مم وكانت عدد أجزاء الفرنية 50 جزء فيعنى ذلك أن ال 1مم يمكن تقسيمة إلى 50 جزء أي بدقة 0.02 مم.

4.1.3.2 دقة الفرنية:

دقة الفرنية هي أصغر تدريج على الفرنية وتحسب بالعلاقة التالية :**الدقة =1 /ن**

حيث (ن) هي عدد التدريجات (الأجزاء) على الفرنية

إذا كان اقل تدريج على القدمة هو **1 مم**، وعدد التدريجات على الفرنية **50** جزء تكون **ن =50**فأنها تسمى الفرنية الخمسينية وتكون دقتها = **1 / 50 0.02 مم**

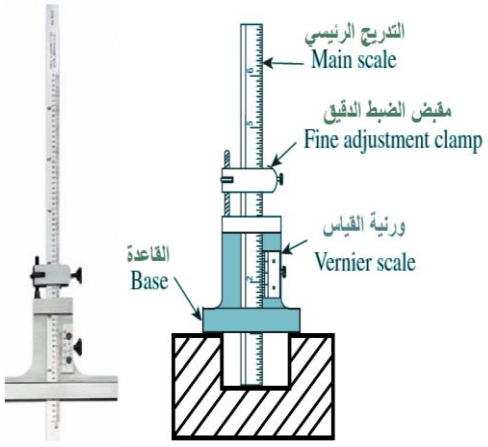
إذا كان اقل تدريج على القدمة هو **1 مم**، وعدد التدريجات على الفرنية **20 جزء** تكون **ن = 20** فأنها تسمى الفرنية العشرينية وتكون دقتها = **1 / 20 0.05 مم**

- ✓ **الورنية العشرية (مقسمة إلى 10 أقسام) تعطي دقة قياس مقدارها 0.1 مم**
- ✓ **الورنية العشرينية (مقسمة إلى 20 قسم) تعطي دقة قياس مقدارها 0.05 مم**
- ✓ **الورنية الخمسينية (مقسمة إلى 50 قسم) تعطي دقة قياس مقدارها 0.02 مم**

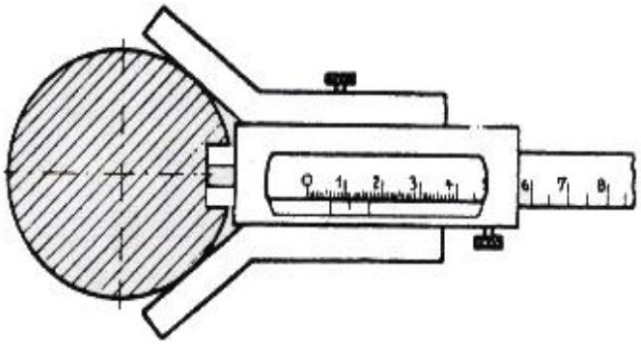
5.1.3.2 أنواع القدمة ذات الفرنية:

يوجد ثلاثة أنواع قياسية من القدمة هي كما يلي:

- **القدمة ذات الفرنية** :والتي تم شرحها بالتفصيل في الأجزاء السابقة
- **قدمه قياس الأعماق** :تستعمل قدمه قياس الأعماق في قياس أعماق الثقوب وأعماق التجاويف والمجاري المختلفة .تتكون القدمة كما هو مبين في شكل رقم 49 وشكل رقم 50 من عمود للقياس الرئيسي وقنطرة عليها ورنية القياس.

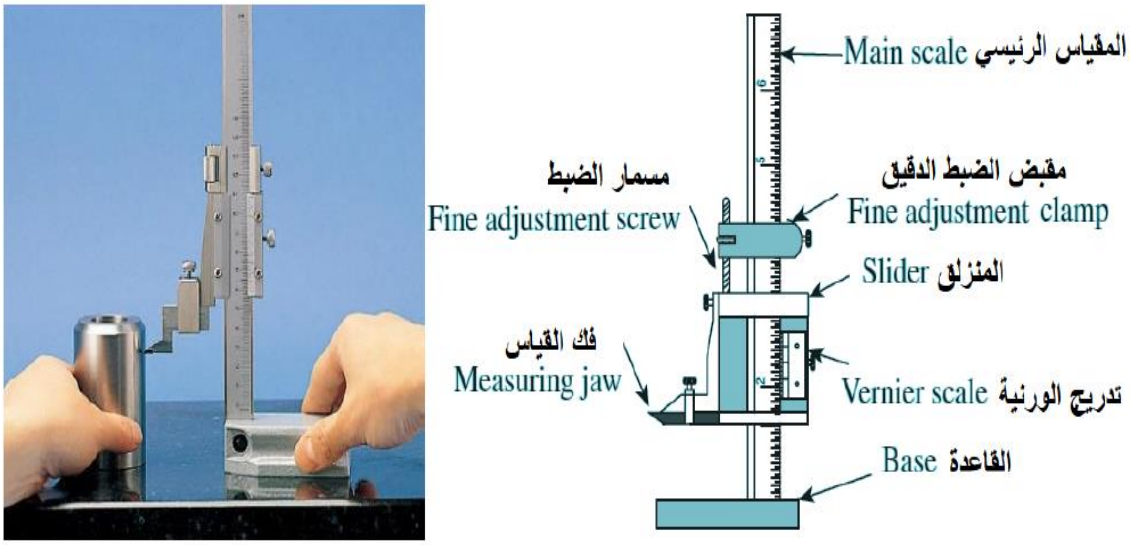


شكل 32: قدمه الأعماق للمشغولات المسطحة.



شكل33: قدمه الأعماق للمشغولات الدائرية.

- **قدمه قياس الارتفاع:** تستخدم هذه القدمة في قياس الارتفاع ويمكنها ترك علامة على قطعة العمل وبالتالي فهي أداة مفيدة في عمليات القطع كما هو مبين في شكل رقم51



شكل 34: قدمه الارتفاع.

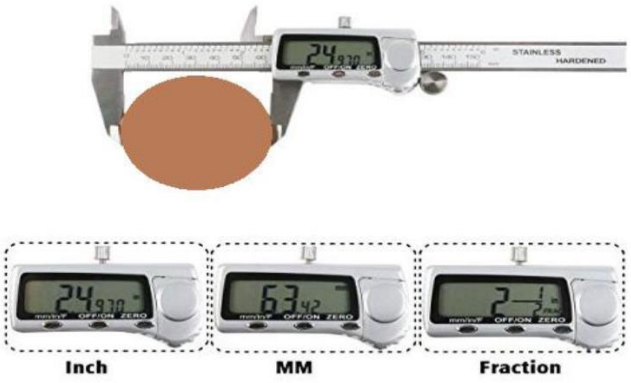
6.1.3.2 طرق القراءة من القدمة:

النوع المنتشر من القدمات ذات الورنية هو النوع التي يقوم فه الفني بقراءة القيم بالنظر إلى وضع الورنية وحساب البعد النهائي وقد تكون الورنية الكترونية لإظهار قيمة القراءة على شاشة أو قد تكون ذات ساعة قياس.

- ✓ **قدمه للقراءة بالحساب اليدوي** :في هذا النوع يتم حساب عدد التدريجيات الصحيحة ونسب التقسيم من الفرنية والتي سيتم التطبيق عليها بالتفصيل في هذا التطبيق.
- ✓ **قدمه الكترونية رقمية** :تستعمل القدمة الإلكترونية الرقمية بنفس قواعد وشروط استخدام القدمة ذات الورنية التقليدية ولكنها تسهل الحصول على القراء مباشرة من خلال الشاشة الإلكترونية كما هو مبين في شكل رقم 52 هذا النوع قد يتأثر هذا النوع بالماء والرطوبة والحرارة والمواد الكيمائية.

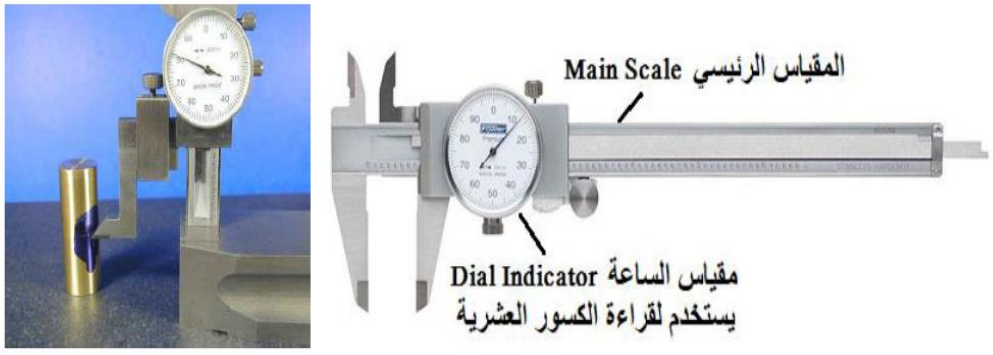
شكل35: قدمه الكترونية رقمية.

وشكل يبين مثال على قياس قطر انبوبة بوحدة المليمتر أو البوصة أو ظهور القراءة كنسبه**2.4970 مم 6.342 = مم = 2.4970بوصة = 1/2 .2 بوصة.**

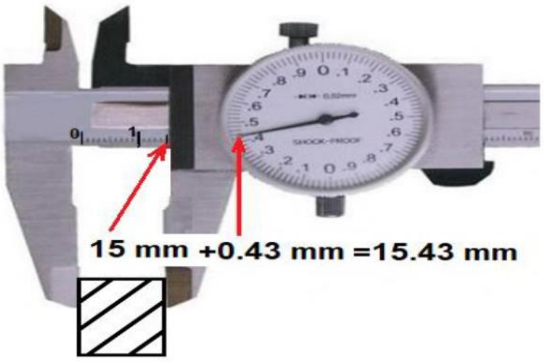


شكل36: مثال على القياس وقراءة تدريج من على الشاشة.

- ✓ **قدمه ذات ساعة :**تعمل بنفس فكرة القدمة ذات الورنية التقليدية ويتم قراءة القيمة الصحيحة بالعين والحصول على قيمة الكسر العشري من خلال قراء مؤشر الساعة.



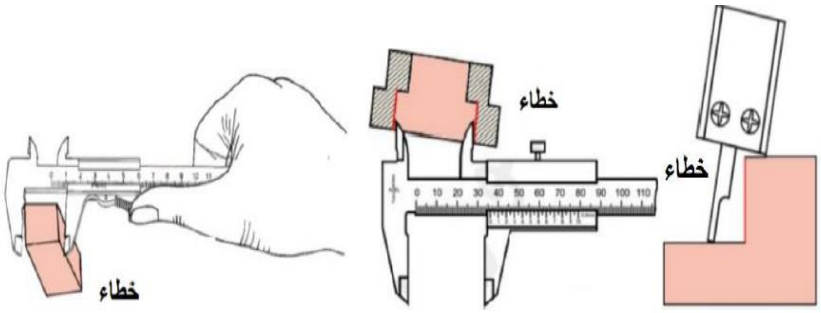
شكل 37: قدمه ذات ساعة.



شكل38: مثال على القياس وقراءة تدريج باستخدام الساعة.

7.1.3.2 أخطاء ينبغي تجنبها عند القياس بالقدمة ذات الورنية:

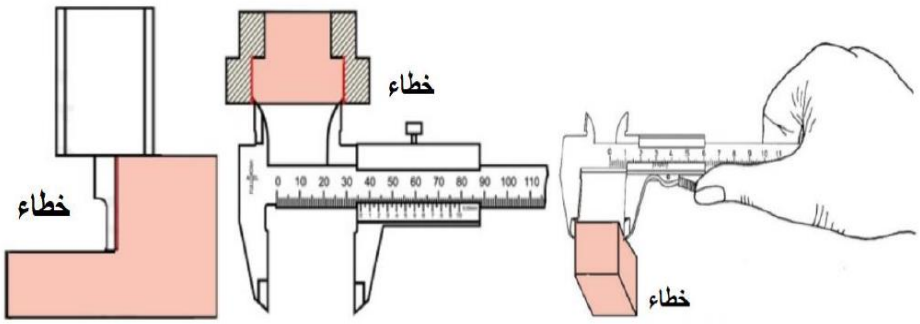
- ✓ تحريك القدمة وسحبها على قطعة العمل.
- ✓ وجود خلوص ملحوظ بين القدمة والورنية (يقال إن القدمة مبوشة.)
- ✓ الضغط بقوة شديدة أو ضعيفة على فكي القياس مع قطعة العمل.
- ✓ وضع فكي قدمه القياس على قطعة العمل في وضع مائل كما هو مبين في شكل رقم39



شكل 39: وضع فكي قدمه القياس على قطعة العمل.

شكل40: خطاء ميل القدمة عند إجراء عملية القياس.

- ✓ عدم امتداد دخول فكي قدمه القياس مسافة كافية على سطح القطعة المراد قياسها.

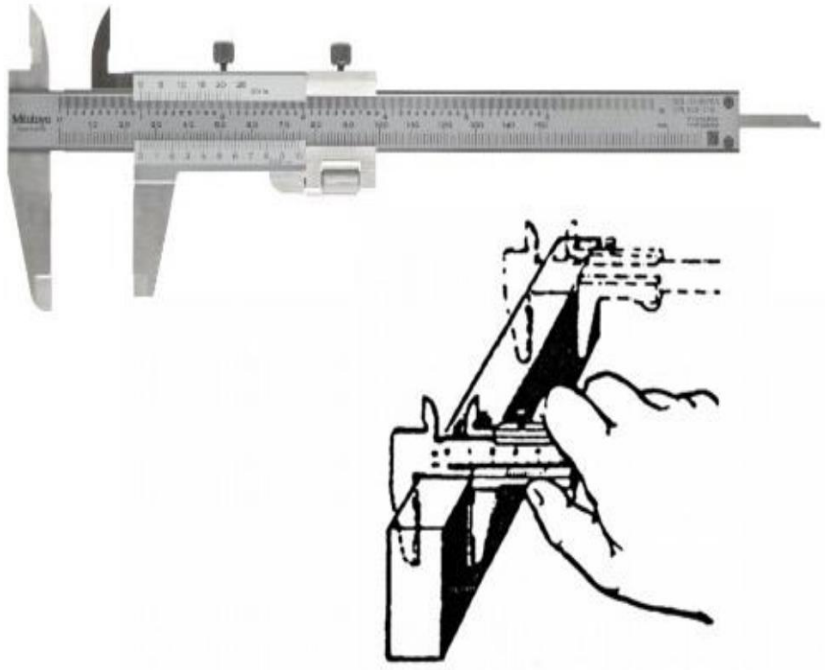


شكل 41: وضع القطعة على طرف القدمة عند إجراء عملية القياس الخارجي.

شكل42: الاستخدام الصحيح عند إجراء عملية القياس.

8.1.3.2 استخدامات أخرى للقدمة ذات الفرنية:

تستخدم القدمة ذات الفرنية فحص التوازي للمشغولات Parallelism حيث يتم تفحص موازاة الأسطح المتقابلة بواسطة فكي القدمة ذات الورنية (الكليبر) كما في شكل رقم43



شكل43: يوضح قياس توازي الأسطح باستخدام فكر الكليبر.

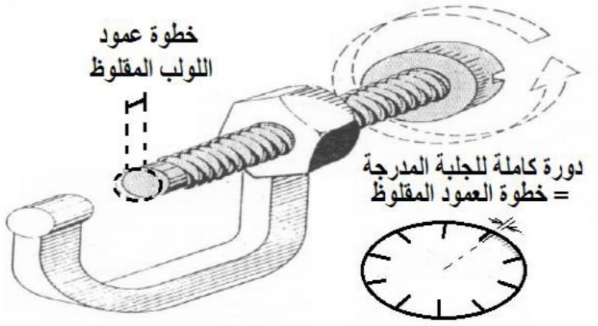
2.3.2 قياس الأبعاد باستخدام الميكرومتر:

إن الميكرومتر جهاز حساس يستعمل في القياسات الدقيقة وهو أحد أدق أجهزة قياس الأبعاد المتوفر في ورش التشغيل والمختبرات ولأغراض خاصة في المجال الصناعي، لذلك فإن على مستخدمه مراعاة بعض القواعد الأساسية التي تسمح بإجراء القياس الدقيق على الجهاز .زيادة على دقته يتميز جهاز الميكرومتر باستعمالاته المتعددة في قياس الأبعاد وسهولة استخدامه .استعمال جهاز الميكرومتر بالطريقة الصحيحة ضروري وهام لكل فني أو مهندس ميكانيكا يشرف على أعمال التشغيل والتفتيش عن جودة القطع المصنعة.

عادة ما تكون دقته **0.01 مم** وقد تصل في بعض الأجهزة قيما دون ذلك **مثل 0.001 مم.**

1.2.3.2 مبدأ عمل جهاز الميكرومتر:

جهاز الميكرومتر مبني على عل نظرية تحويل الحركة الدائرية الدورانية للولب أو القلاووظ الداخلي إلى حركة مستقيمة . يتم تحديد كل دورة كاملة من دورات جلبة القياس المدرجة إلى خطوة عمود لولب القياس المقلوظ لكي يحول القياسات الصغيرة إلى قراءات كبيرة يمكن قراءتها

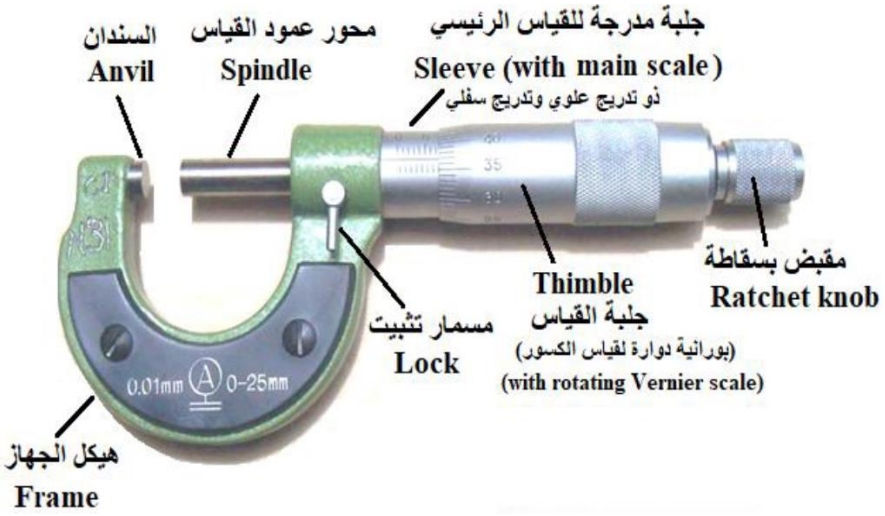


شكل44: نظرية عمل الميكرومتر..

2.2.3.2 مكونات جهاز الميكرومتر:

يتكون جهاز ميكرومتر القياس الخارجي من جزئيين أساسين:

- ✓ **الجزء الثابت :**ويحتوي على إطار أو هيكل الجهاز على شكل حرف U لحمل بقية مكونات الجهاز الثابتة والمتحركة منها .يسند الإطار كل من العمود الساند وعمود القياس الذين يستعملان لتثبيت القطعة المراد قياس أبعادها .كذلك يحمل إطار الجهاز التدرج الرئيسي للقياس أو أسطوانة التدرج الطولي.
- ✓ **الجزء المتحرك :الجزء** الأساسي المتحرك هو جلبة القياس التي إذا قمنا بتحريكها حركة دورا نية عن طريق المقبض ذو السقاطة فيتحرك محور عمود القياس لتثبيت القطعة المراد قياسها.



شكل 45: الأجزاء المكونة لميكرومتر القياس الخارجي.

عادة يكون التدرج الرئيسي للقياس مدرج بالمليمتر 1 mm من جهة ومن الأسفل مدرج ب 0.5 mm.ويكون محيط جلبة القياس مقسم إلى 50 جزء وعند تدويرها دورة كاملة يتقدم محور القياس بمقدار0.5mm

3.2.3.2.حساسية الميكرومتر :

دقة الميكرومتر هي أصغر تدريج على جلبة القياس الرئيسي، أما حساسية الميكرومتر فهي نسبة أصغر وحدة قياس على جلبة القياس الرئيسي إلى عدد التدريجات (الأجزاء) على الفرنية الدوارة =س/ن

حيث أن:

س :أصغر وحدة قياس على جلبة القياس الرئيسي

ن :عدد التدريجات (الأجزاء) على الفرنية الدوارة

- **مثال :**إذا كان اقل تدريج على جلبة القياس الرئيسي هو 0.5 مم تكون(س0.5 =مم) ، وعدد التدريجات على الفرنية 50جزء تكون 50 = ن
- حساسية الجهاز

s = 0.5 / 50 = 0.01 mm.

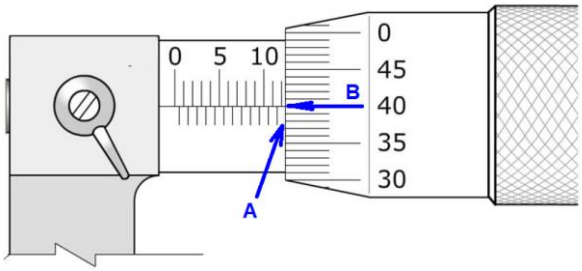
شكل 46: مجال قياس ميكرومتر هو 25 مم ودقته هي 0.01 مم.

4.2.3.2 طريقة قراءة الميكرومتر:

نتيجة القياس على الميكرومتر هي حاصل جمع (الجزء العلوي الصحيح للقياس الرئيسي + التدريج السفلي للقيا الرئيسي + قيمة الجلبة الدوارة)

أ ميكروميتر دقة: 0.01 :

هذا النوع هو الأكثر انتشارا، يوجد به تدريج على عمود القياس الرئيسي مقسم إلى وحدات 0.5 مم ويكون عدد التدريجات على الجلبة الدورة هو 50 تقسيم كما هو مبين في شكل رقم 47.



شكل 47: ميكرومتر مزودة بتدريج لتقسيم أجزاء الفرنية.

وتؤخذ القراءة كالتالي، أولا قراءة المليمترات الصحيحة ثم جزئها العشري من المقياس الرئيسي، ثم أجزاء واحد على المئات من المليمتر والتي يتم الحصول عليها من تطابق أحد خطوط الجلبة الدوارةthimble مع خط محور القياس الرئيسي.

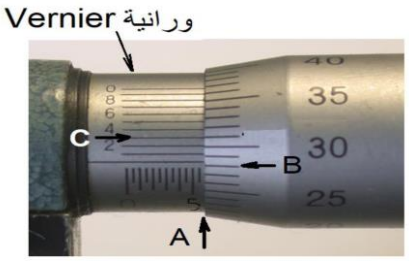
وتقرأ القيمة أولا من على جلبة القياس الرئيسيA = 12mm ، ويضاف عليها عدد الشرط على الجلبة الدوارة المقابلة لمحور القياس الرئيسي B = 0.40mmويحسب بقاعدة B = 40 يضرب في دقة الميكرومتر 0.01 لينتج 0.40

قياس ميكروميتر	*B*	*A*
12,40	0,40	12

جدول 16: مثال ميكروميتر دقة 0.01.

ب ميكروميتر دقة:0.001:

يزود هذا النوع من الميكرومترات بورانية مدرجة على جلبة القياس الرئيسية بالإضافة إلى التدريج العادي كما هو مبين في شكل رقم 77وهذه القدمة تمكن من القياس بدقة 0.001 مم أو 0.0001 بوصة .هذا التدريج الزائد يستخدم لتقسيم وحدة القياس الموجودة على الجلبة الدوارة .حيث يتم النظر إلى الخط المنطبق من خطوط الجلبة الدوارة على أحد تدرجات الورنية الموجودة اعلى جلبة القياس الرئيسية والتي عادة ما تقسم إلى 10 أجزاء وتكون الشرطة المنطبقة من خطوط الجلبة مع أحد خطوط الورنية هو القيمة الجزئية كما هو مبين في شكل رقم48.



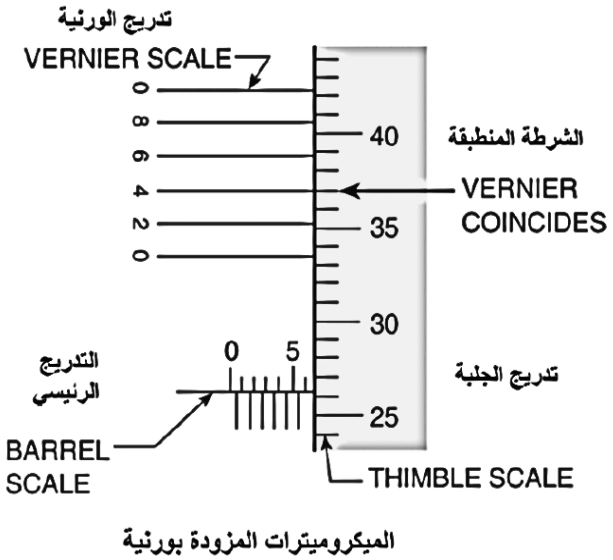
شكل 48: ميكرومتر مزودة بتدريج لتقسيم أجزاء الفرنية

وتكون القراءة كالتالي، أولا قراءة المليمترات الصحيحة من المقياس الرئيسي، ثم أجزاء واحد على المئات من المليمتر كما هو الحال في الأنواع العادية، ثم قيمة واحد على الألاف من المليمتر والتي يتم الحصول عليها من تطابق خط الجلبة الدوارة thimbleمع أحد خطوط تقسيم الورنية Vernier الموجودة على جلبة القياس وهي عشرة أجزاء في الشكل المبين.
وتقرأ القيمة أولا من على جلبة القياس الرئيسيA = 5.5mm ، ويضاف عليها عدد الشرط على الجلبة الدوارة المقابلة لمحور القياس الرئيسي .B = 0.28mm ثم يضاف عليها قيمة الفرنية بتحديد الخط المتطابق من خطوط الورنية مع خطوط الجلبة الدوارة سنجده في الشكل C = 3 يضرب في دقة الميكرومتر 0.001لينتج.0.003

قياس الميكروميتر	*C*	*B*	*A*
5,783	3*0,001=0,003	0,28	5,5

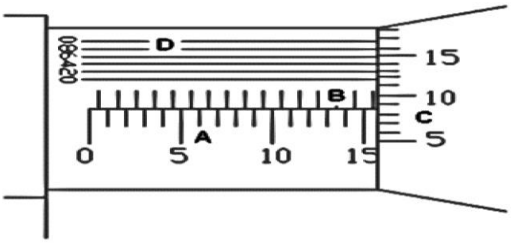
جدول 17: مثال ميكروميتر دقة 0.001

ج الميكرو ميترات ذات الورنية (دقة 0.002 مم) :



شكل 49: دقة0.002 مم

كيفية قراءتها:



شكل 50: كيفية قراء

A = 15.00 mm

B = 0.5 mm

C = 8 x 0.01 = 0.08 mm

D= 2 X 0.002 = 0.004 mm

لتحديد قيمة قراءة القياس تجمع الثلاث أرقام الآتية:

- ✓ عدد المليمترات الكاملة الظاهرة عند حد الجلبةA .
- ✓ عدد أنصاف المليمترات الظاهرةB
- ✓ رقم الخط المطابق من التدريج المئوي لخط الأساس مضروبا في 0.01 مم C .
- ✓ رقم الخط المطابق من التدريج الألفي لخط الأساس مضروبا في 0.002 ممD.

القراءة تساوى :

A + B + C + D = 15.00 + O.50 + 0.08 + 0.004 = 15.584 mm

5.2.3.2 أنواع الميكرومتر:

يوجد ثلاثة أنواع قياسية من الميكرومتر هي كما يلي

:

أ **الميكرومتر الخارجي** :يوجد عدة أنواع لميكرومتر القياس الخارجي وبأشكال مختلفة مصممة لقياسات خاصة .وهي متوفرة بأحجام مختلفة حسب نطاق القياس المتوفر.

المقاسات المتوفرة عادة هي:

25 - 0 مم،

50 - 25مم،

75 - 50 مم،

100 - 75 مم

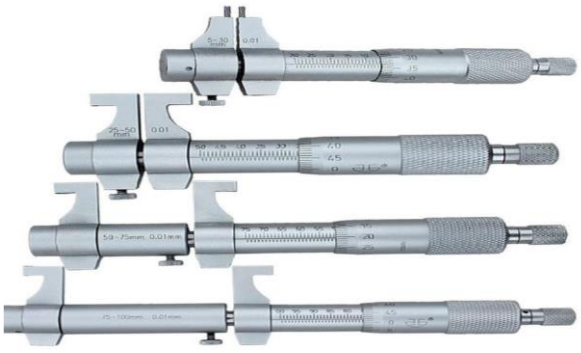
حتى يصل المقاس إلى 1000 مم .تستعمل هذه الأجهزة لقياس الأبعاد الخارجية للقطع مثل الأقطار الخارجية والسطوح.

شكل51: ميكرومتر خارجي.

ب ميكرومتر القياس الداخلي :يستعمل هذا النوع من الميكرومترات لقياس الأقطار الداخلية، الثقوب والتجاويف، وهو مزود بأعمدة تطويل يمكن استخدامها لزيادة مجال القياس .تتم قراءة القياس على الميكرومتر الداخلي بنفس الطريقة المستخدمة للميكرومتر الخارجي ويضاف إلى النتيجة قيمة الطول الصفري للميكرومتر (الطول العمود المضاف.)

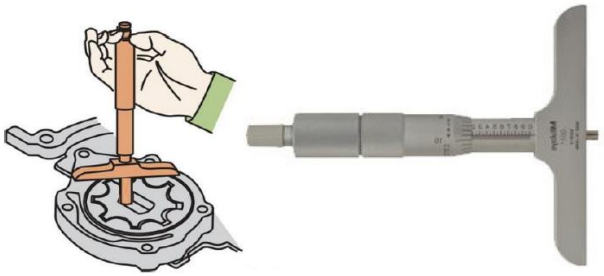
شكل 52: ميكرومترات داخلية بمقاسات مختلفة.

شكل 53: ميكرومتر داخلي بكين.



شكل 54: ميكرومترات داخلية بمقاسات مختلفة.

ج ميكرومتر قياس الأعماق :يتكون هذا النوع من جزء ثابت وجزء متحرك كما في الميكرومتر الخارجي باستثناء أن له قاعدة تستعمل لارتكاز الجهاز على العملة المراد قياسها ويستعمل لقياس أعماق الثقوب والمجاري.



شكل 55: ميكرومتر قياس الأعماق يستخدم لقياس ارتفاع سطح الترس عن سطح المضخة.

6.2.3.2 طرق القراءة من الميكرومتر:

النوع المنتشر من الميكرومترات هو الأنواع التي يقوم فه الفني بقراءة القيم بالنظر إلى وضع جلبة القياس وحساب البعد النهائي ومتاح أيضا أنواع الكترونية لإظهار قيمة القراءة على شاشة أو قد تكون ذات ساعة قياس.

شكل 56: ميكرومتر عادي.

1. **ميكرومتر عادي قراءة بالحسابات :**في هذا النوع يتم حساب عدد التدريجيات الصحيحة على المقياس الرئيسي ونسب التقسيم من جلبة أسطوانة الفرنية كما هو مبين في الأشكال السابقة.
2. **ميكرومتر الكتروني رقمي** :تستعمل الميكرومترات الإلكترونية الرقمية بنفس قواعد وشروط استخدام الميكرومترات التقليدية ولكنها تسهل الحصول على القراء مباشرة من خلال الشاشة الإلكترونية كما هو مبين في شكل 86 هذا النوع قد يتأثر بالماء والرطوبة والحرارة والمواد الكيمائية.

شكل 57: ميكرو مترات الكترونية رقمية.

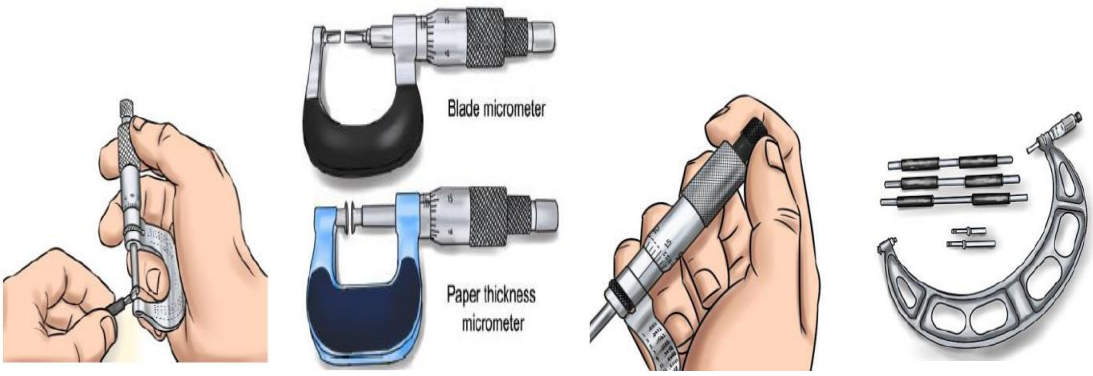
3. **ميكرومتر بساعة :**يعمل بنفس فكرة الميكرومترات التقليدية ويتم قراءة القيمة الصحيحة بالعين والحصول على قيمة الكسر العشري من خلال قراء مؤشر الساعة.

شكل 58: ميكرومتر مزود بساعة.

7.2.3.2 مزايا وعيوب الميكرومتر:

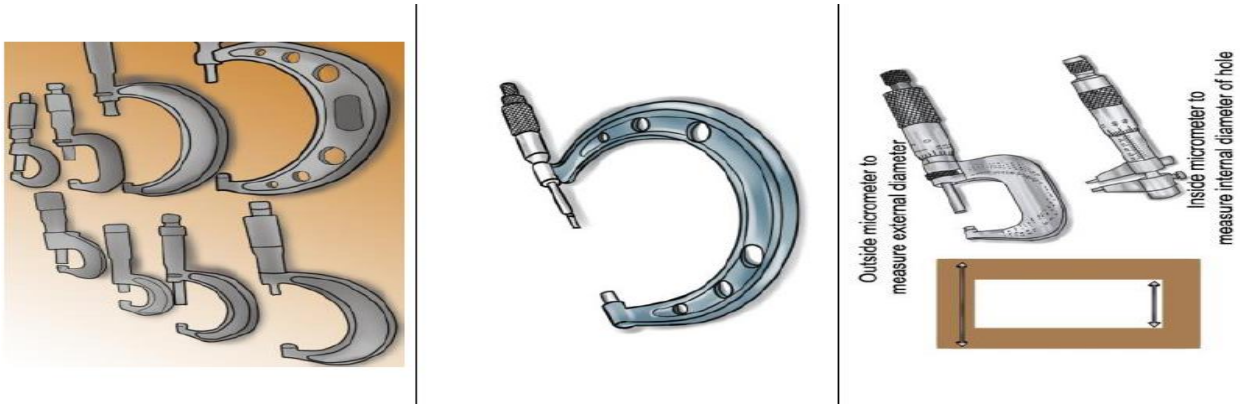
المزايا:

1. يعطي قراءات دقيقة جدا، فهو يعد من دق أجهزة القياس. يمكن الحصول من معظم الميكرومترات على دقه تصل إلى 0.001 مم أو 0.0001 بوصة
2. الميكرومترات متاحه بأنواع خاصة لقياس مشغولات مخصصة مثل المجاري والتجويفات الدقيقة او حتى لقياس سمك الورق.
1. توفر آلية عجلة التفويت أو مسرع الشقاطة المركب بالميكرومتر ضغط منتظم على جلبة القياس مما يضمن الوثوقية في النتائج.



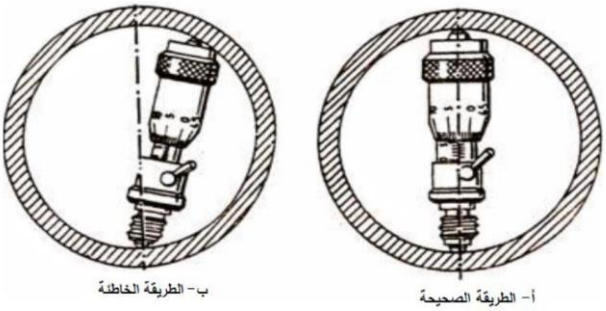
العيوب:

1. محدود المدى لان معظم الميكرومترات متوفرة لقياس مسافة 25 مم فقط أو 1 بوصة.
2. ارتفاع سعر الميكرومترات الكبيرة بالمقارنة بطرق القياس الأخرى مثل القدمة على عكس القدمة ذات الورانية التي يمكن استخدامها للقياس الخارجي والداخلي والأعماق، أما الميكرومتر الواحد يستخدم لوظيفة واحدة فقط حسب نوعه أما قياس داخلي أو خارجي.
3. تكلفة عالية عند استخدام الميكرومتر ذو السندان للمستخدمين الذين يريدون مدى كبير من القياسات . حيث يتوفر ازرع تبادلية بأطوال مختلفة تمكن من قياس ابعاد مختلفة بإطار واحد للميكرومتر.



8.2.3.2 احتمالات الأخطاء عند استعمال ميكرومتر القياس الداخلي:

كما هو موضح في شكل رقم 59، يراعى أن يكون وضع الميكرومتر الداخلي في وضع قطري غير مائل على محور التماثل عند إجراء عملية القياس

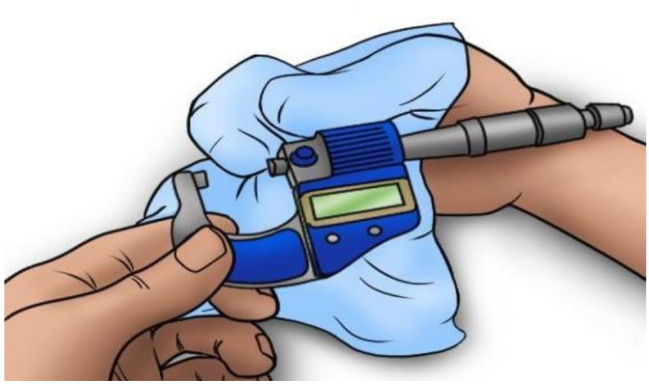


شكل59: الطريقة الصحيحة لاستعمال للميكرومتر الداخلي في القياس.

9.2.3.2 العناية وصيانة الميكرومتر:

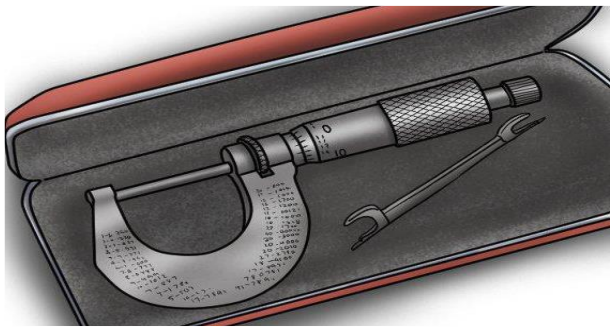
يعتبر جهاز الميكرومتر من أدوات القياس ذات الحساسية العالية جدا حيث تصل حساسية الجهاز إلى 0.01 مم وفي بعض الأحيان إلى 0.001 مم .لذا وحتى نحافظ على هذه الدقة الجيدة فيجب علينا أن نتعامل مع الجهاز بعناية كبيرة وحرص عال وإلا فسوف يتلف وتنقص دقته .لهذا فينصح مستعمل الميكرومتر بمراعاة ما يلي:

1. يجب عدم تعرض الميكرومتر للسقوط أبدا،
2. يجب تنظيف الميكرومتر بانتظام قبل الاستعمال



شكل 60: تنظيف الميكرومتر

3. عدم ترك الجهاز وسط عدد التشغيل أو مواد أخرى بل يجب وضعة في علبته أو في مكان آمن ونظيف بعد الاستعمال.



شكل 61: علبة الميكروميتر.

4. عند القياس يجب استعمال عجلة التفويت والمسمار الجاس وهذا حتى نتجنب الضغط المبالغ فيه لعمود القياس مما قد يؤثر سلبا على القلاووظ الداخلي للجهاز وبالتالي على دقة الجهاز.
5. عدم الضغط على الميكرومتر بقوة أو استعماله بعنف، بل يجب استعماله بعناية
6. عدم وضع الميكرومتر على الرائش الناتج عن عمليات تشغيل المواد أو غبار التجليخ.
7. عدم تعرضه للزيوت وزيوت وسوائل التبريد.
8. عدم استخدامه لأجسام ساخنة، حتى تصل درجة حرارة الجسم المطلوب قياسه إلى درجة حرارة الغرفة.
9. عدم فك الميكرومتر إلا عند الضرورة في حالة وجود خطئ صفري أو لتنظيف اللولب من الأتربة والغبار.
10. عدم تخزين الميكرومتر وفكي القياس متلاصقين حتى لا يتأكل سطحي القياس من الرطوبة.
11. عدم تنظيف الميكرومتر بأوراق، بل ينظف بقطعة من القماش القطن.

إذا تمت مراعاة هذه التعليمات وأجريت القراءة بالطريقة الصحيحة، فإن القياس باستعمال الميكرومتر سيكون دقيقا جدا.

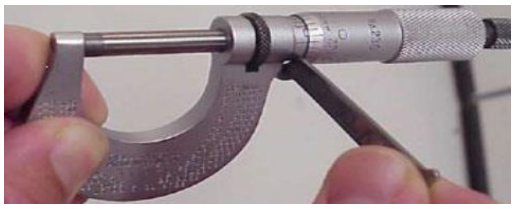
4.2 ضبط ومعايرة:

1. نظف فكي الماكروميتر بوضع قطعه من الورق المقوى بين فكي الميكروميتر وضم الفكين عليها برفق ثم سحب الورقة إلى الخارج .

2. ضم الفكين على بعضهما مستخدما الجزء الخشن من جلبة القياس أو المسمار الخلفي .

3. اختبر نقطة الصفر هل هي بمحاذاة خط التقسيم أم لا . لو كان الصفر غير محاذى لخط التقسيم فهذا يعنى أن الميكروميتر في حاجه إلى ضبط .

4. أستخدم المفتاح الملحق بالماكروميتر والموضح بالرسم للف أسطوانة التدريج الطولي إلى أن يتطابق خط التقسيم الموجود الأسطوانة مع نقطة الصفر الموجودة على جلبة القياس .



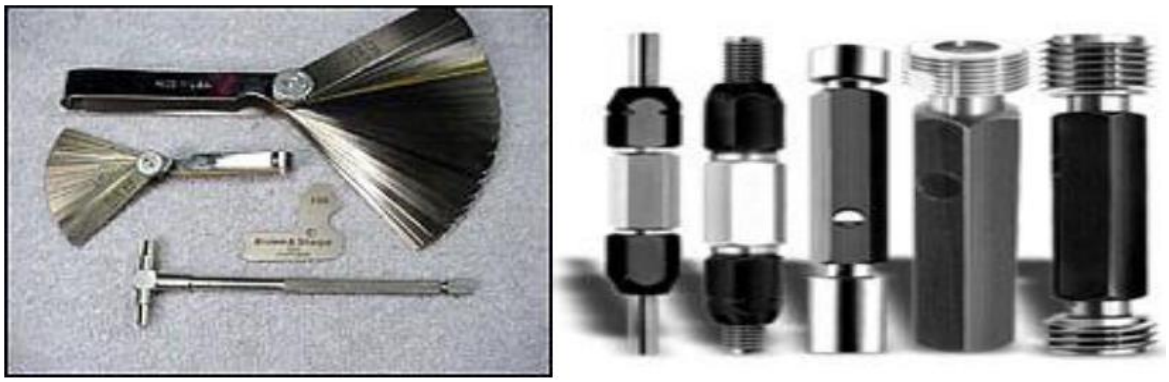
5. في حالة وجود أي حركه في لولب العمود الرئيسي نتيجة للتأكل من كثرة الاستخدام، أضبط صامولة العمود وذلك بلف جلبة القياس إلى الخلف حتى تصبح صامولة ضبط العامود ظاهر أمامك .

6. أدخل المفتاح في شق صامولة الضبط وأربطها بالقدر الكافي .

1.3 محددات القياس واحجام القياس:

تتسم الصناعات الميكانيكية المعاصرة بأنها صناعات ذات إنتاج كمي أي أنه ينتج كميات هائلة من قطع المنتج .وللتفتيش عما إذا كانت القطع مصنعة حسب المواصفات القياسية فإن عمليات القياس قد تكون غير عملية لما تتطلبه من وقت وجهد كبيرين . لذا نستعمل في هذه الحالة محددات القياس وهي أدوات تمثيل لأبعاد أو أشكال بقيم معينة وثابتة ودقيقة جدا .باستعمال محددات القياس لا يمكن الحصول على قيم عددية للمقاس وإنما يمكن التأكد مما إذا كان البعد أو الشكل مطابقا للمواصفات.

بصفة عامة، تستعمل محددات القياس لفحص واختبار المقاسات والأشكال عن طريق المقارنة وهذا قصد التفتيش عن جوده المنتجات .عادة ما تكون محددات القياس مصنعة من الصلب السبائكي الذي يعطيها خاصية مقاومة التآكل الاحتكاكي وهذا ما يسمح لها بالمحافظة على دقتها العالية لمدة زمنية أطول.



شكل 62: محددات القياس

شكل 63: مثال استعمال محددات القياس

2.3 التفاوتات والتسامحات المعيارية:

قسمت المنظمة العالمية للمعايير International Standards Organization ISO مستوى الدقة في عمليات الإنتاج إلى عشرين مرتبة، تناسب كل منها طريقة إنتاج معينة أو تطبيقا ما .وضعت في البداية المراتب من 1 إلى18 ، ثم أضيفت إليها المرتبتان 00 و 01من أجل الدقة العالية.

خصصت المراتب من 01 إلى 6 لمستوى الدقة المناسب لإنتاج أدوات القياس.

وخصصت المراتب من 5 حتى 12 لمستوى الدقة المناسب للأعمال الهندسية المختلفة.

وخصصت المراتب من 11 حتى 16 للمنتجات نصف المصنعة.

وخصصت المراتب من 16 إلى 18 للإنشاءات.

وخصصت المراتب من 11 حتى 18 للانحرافات الحدية للأبعاد غير المرفقة بتسامحاتها.

يتضمن جدول رقم 18 قيم الانحرافات المعيارية بواحدة الميكرون 1000 mm / 1 من المرتبة 5 حتى المرتبة 12 تبعا للقيمة الاسمية للبعد.

	المعيار الاسمي (mm)							
أكثر من	6	10	18	30	50	80	120	180
ضمنا	10	18	30	50	80	120	180	250
درجة التسامح الدولية	مجال التسامح (µm)							
5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	9	11	13	16	19	22	25	29
7	15	18	21	25	30	35	40	48
8	22	27	33	39	46	54	63	72
9	36	43	52	62	74	87	100	115
10	58	70	84	100	120	140	160	185
11	90	110	130	160	190	220	250	290
12	150	180	210	250	300	350	400	460

جدول 18: قيم الانحرافات المعيارية بواحدة الميكرون

3.3 أنواع محددات القياس:

توجد هناك أنواع عديدة من محددات القياس التي تستعمل بكثرة في ورش التشغيل وفي المجال الصناعي. ويمكن تصنيفها إلى:

أ-محددات قياس حدية

ب-محددات قياس بسيطة

1.3.3 محددات القياس الحدية:

وهي عبارة عن فكين يحملان مقاسين بقيمتين محددتين (في حالة القياس الخارجي) ، آو على جانبي مقبض (في حالة القياس الداخلي) ويمثل أحد القياسين الحد الأعلى للبعد المطلوب التحقيق منه، وتعرف قيمة التفاوتات بالميكرون، (الميكرون = 0.001 mm)كما يمثل القياس الآخر الحد الأدنى لنفس البعد ويكون الفرق بين هذين المقاسين هو مقدار التجاوز أو الانحراف للقياس النموذجي .تسمح هذه المحددات بالتأكد بطريقة سريعة وسهلة فيما إذا كان بعد القطعة المقاسة في نطاق حدي التجاوز المطلوب) أو التفاوت المسموح به) .

ويعتبر الجزء المراد فحصه مقبولا "إذا مر بأحد قياسي المحدد ولم يمر بالقياس الآخر و ومرفوضا" إذا مر بالقياسيين معا " حسب نوع القياس آي في حالة القياس الداخلي أو خارجي (ومن هنا جاءت تسمية هذه المحددات بمحددات دخول ولا دخول Go , Not Go Gauges من أهم هذه المحددات نجد محددات القياس السدادية التي تستعمل لفحص تفاوتات الثقوب، ومحددات القياس الفكية(لفحص أقطار الأعمدة)، ومحددات قياس اللوالب السدادية(للولبة الداخلي)ومحددات قياس اللوالب الحلقية.

شكل 64: محددات القياس الحدية

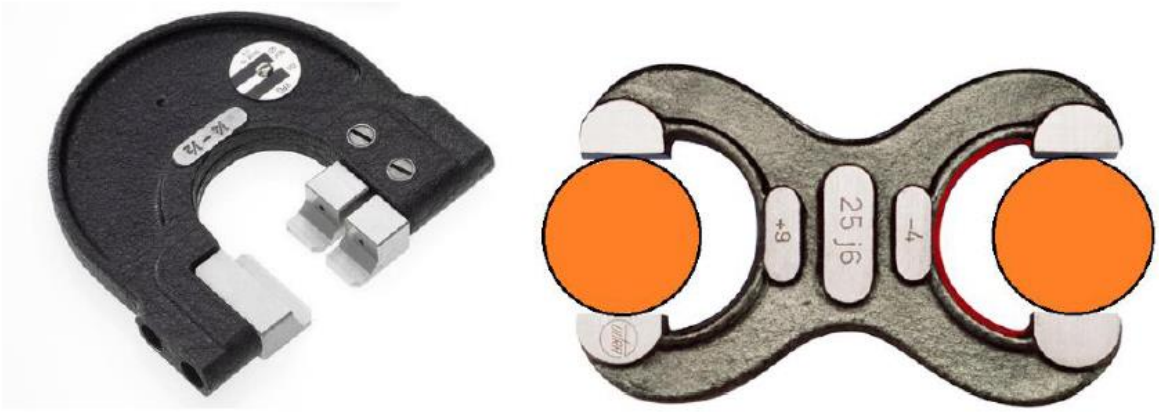
a) محدد قياس السدادية :

تستعمل محددات القياس السدادية ذات الجانبين ثنائية الطرف في مراجعة و فحص قياس الأقطار الداخلية للمشغولات الدقيقة ما بين 150 mm : 0.75 ، يعرف الجانب السماحي الدخول Go بأنه أطول من الجانب الآخر اللاسماحي آو اللا دخول Not Goوشكل رقم 65 يوضح محددات قياس سداديه ذات جانبين ثنائية الطرف ويلاحظ وجود ثقب صغير بكل منها لطرد الهواء الذي ينضغط أمام محددات القياس السدادية، أثناء عملية فحص الثقوب الغير نافذة.

شكل 65: محددات القياس السدادية

b) محددات قياس فكية:

تتكون محددات القياس الفكيه ذات الطرفين من حلقتين متقابلتين وهما الطرف السماحي والطرف اللاسماحي لقياس الأقطار الخارجية، وأحيانا تتكون من حلقة واحدة أي أن الطرف السماحي والطرف اللاسماحي يوجدان وراء بعضهما البعض على نفس الحلق (الساق) مما يقلل من وقت الاختبار. ينقش المقاس الأزواجي لمحددات القياس الحدية مثل 42 H7 على سطح معد لذلك .ويوضع كل من انحرافي المقاس مقدرا بالميكرون µm ، علي الجوانب المناظرة لكل منهما في الحدان، كما يميز وضعها بالنسبة لخط الصفر من خلال العلامات + أو صفر أو - .



شكل 66: محددات قياس فكية

c) محدد فحص اللوالب الحلقي والسدادى:

تصنع محددات فحص اللولب من نوع خاص من الصلب مقاوم للتآكل بالبرى وتعالج حراريا لرفع صلادتها والتي تصل إلى 60روكويل ثم يجلخ اللولب ويكفي الفحص بالمحددات للولب للحكم على اللولب بأنه مقبولا أو مرفوض حيث يكون الطرف السماحى للمحدد طويل ويجب أن يربط بالكامل ذلك للتأكد من خطوة اللولب أما الطرف اللاسماحى فهو قصير ولا يجب أن يمر داخل الشغلة .غير انه يمكن أن تكون هنالك أخطاء في الأبعاد التفصيلية للولب ما ولفحص اللوالب الخارجية تستخدم محددات فحص اللوالب الحلقية. أما اللوالب الداخلية فتستخدم محددات فحص اللوالب السدادية ويميز كل من المحدد الحلقي اللاسماحي والطرف اللاسماحي للمحدد السدادي باللون الأحمر . غالبا ما يتعرض الطرف السماحي للمحددات الحلقية أو السدادية للتآكل والاستهلاك قبل الطرف اللاسماحى.

شكل 67: محددات فحص لوالب حلقية وسداسية

d) محددات فحص السلبة الاستدقاق:

تستخدم هذه المحددات لفحص السلبة الدائرية الخارجية ويسمى محدد فحص استدقاق سدادي أو الداخلية والتي تسمى محددات فحص استدقاق حلقي.

شكل 68: خصائص محددات القياس الطرف السماحي (دخول)GO والطرف اللاسماحي (لا دخول)NOT GO.

تستعمل هذه المحددات للاختبار البسيط للمرور أو الفشل في المرور للمشغولات لقطر معين .وهذه المحددات هي الأنسب للعاملين الغير مهرة عند اختبار وفحص مشغولات عديدة المحدد ذو الطرف دخول GO يصنع بقطر يناسب الحد الأقصى لقطر لشغلة المراد فحصها، ويجب أن يتمكن من الانزلاق كاملا داخل الثقب المراد اختباره دون أيه عوائق .المحدد اللاسماحي No Goمصنع ليكون تقريبا عند اقل ظروف للمشغولة .ولا يجب أن يمر في القطعة المصنعة.

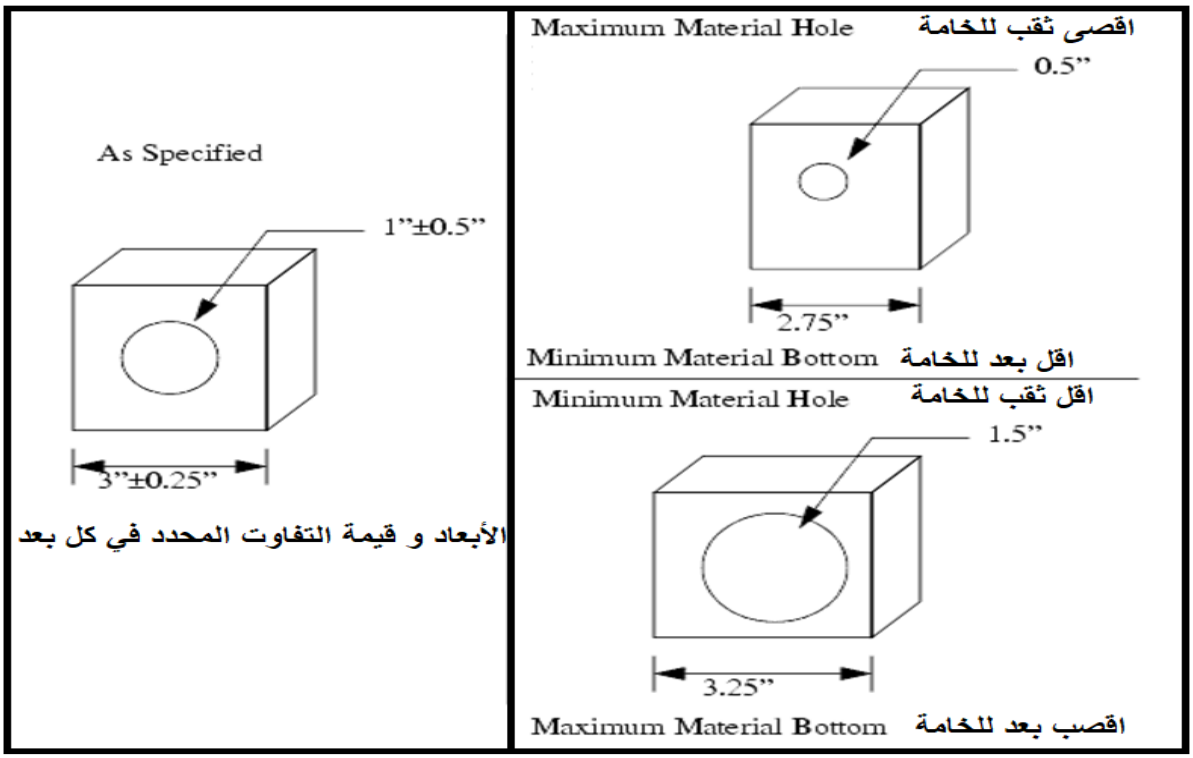
تصنع المحدات السماحية واللاسماحية بتفاوت يصل إلى % 10 من قيمة التفاوت المسموح به للقطع.

يستخدم مصطلح اقل حد للقطعة terms minimum metal condition واقصى حد للقطعة.

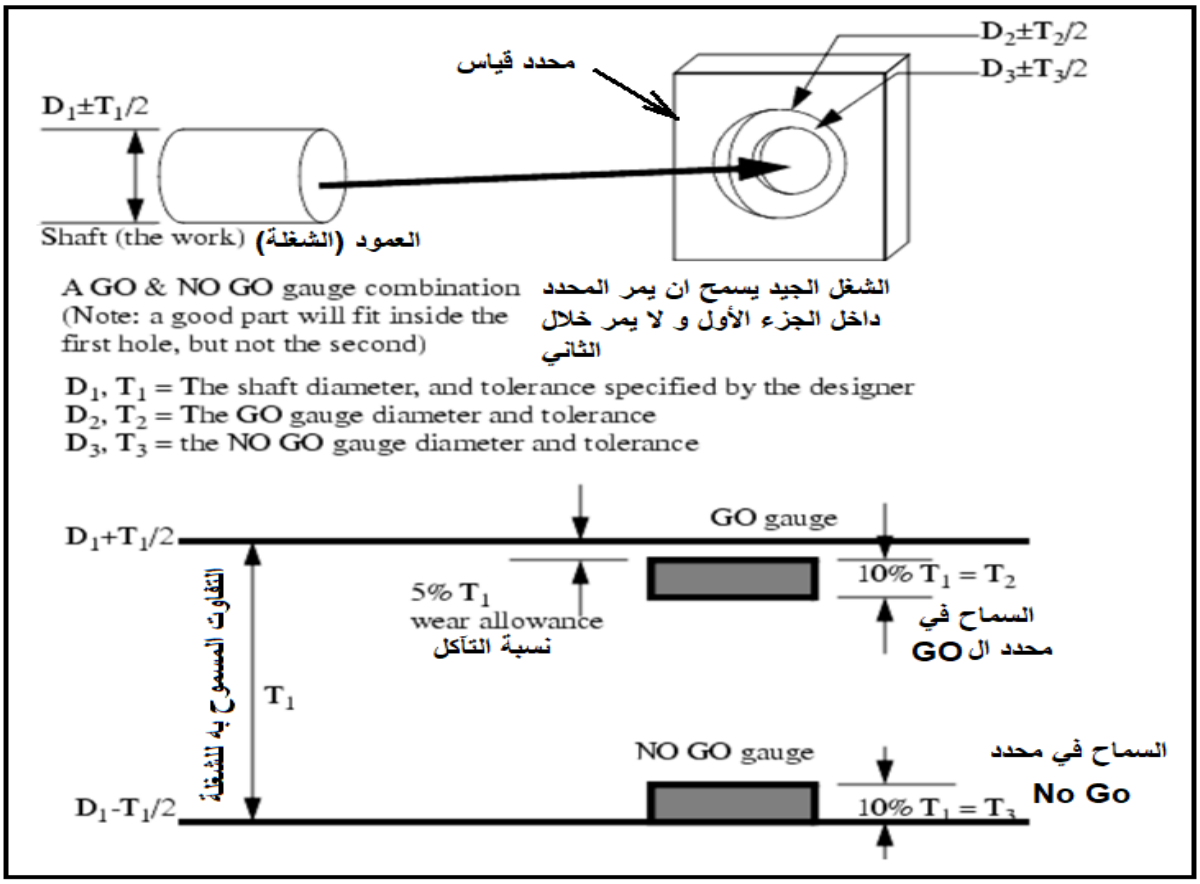
maximum metal conditionلوصف التفاوت الخاص بالشغلة، في حالة الثقوب المنشاة بالمثقاب يكون اقصى حد للقطعة maximum metal conditionعندما يكون الثقب صغير ولم يتم إزالة كمية المعدن المناسب، أما اقل حد للقطعة minimum metal conditionيكون عندما تم الثقب و توسيع الثقب عن المطلوب بإزالة لكثير من المعدن .ويعرف التفاوت انه الفرق بين الحد الأعلى والحد الأقل للقطع.

أما إذا كان الوصف السابق لقطعة ذات قطر خارجي كالأعمدة فيكون اقصى حد للقطعة maximum metal condition هو البعد أو القطر الأكبر واقل حد للقطعة minimum metal condition هو أقل قطر أو بعد.

المحدد ذو الطرف السماحي GO ممكن أن يناسب أحد الفتحات الداخلية أو الخارجية بينما المحدد اللاسماحي No Go لا يمر .أما إذا لم يمر المحدد Go في الشغلة سواء داخليا أو خارجيا فهذا يعني أن التفاوت اعلى من القيمة القصوى المسموح بها للمشغولة .أما إذا مر المحدد Not Go بفتحة الشغلة فهذا يبين أن التفاوت اقل من الحد الأدنى المسموح به للقطعة.



شكل 69: القيم المسموح بها التفاوت للقطعة.



شكل 70: محدد قياس القطر الخارجي للعمود.

2.3.3 محددات القياس البسيطة:

تستعمل هذه المحددات للفحص السريع والدقيق لأشكال وأبعاد القطع .من أكثر هذه المحددات استعمالا نجد محددات قياس خطوة اللولب الداخلية والخارجية، محددات قياس سمك الثقوب، ومحددات الاستدارة، ومحددات قياس الثقوب الصغيرة والمحددات التلسكوبية التي تستعمل بكثرة في نقل أبعاد الأقطار ومقارنتها مع جهاز القدمة ذات الورنية أو الميكرومتر أو قوالب القياس.

وفيما يلي بعض الأنواع الشائعة للمحددات البسيطة:

1 .محددات قياس تلسكوبيه

2 .محددات مجسات قياس السمك

3 .محددات قياس خطوة و زاوية اللولب

4 .محددات قياس الأقطار

5 .محددات قياس القلم

6 .محددات قياس نصف القطر

7 .محددات قياس الثقوب

8 .محددات قياس الخلوص

9 .محددات قياس الشكل

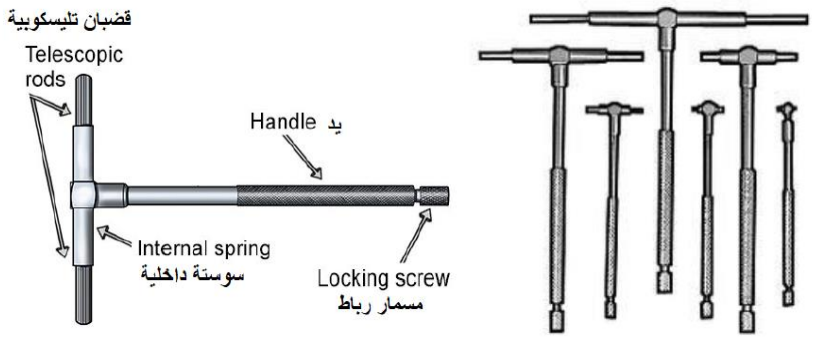
10 .محددات المتوازيات القابلة للضبط

11 .محدد المستوي

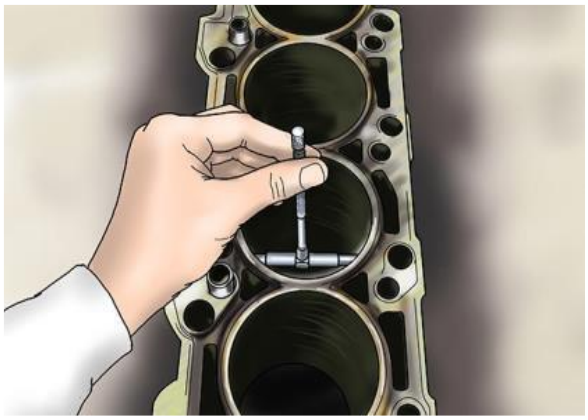
12 .محدد قياس الثقوب.

a) محددات قياس تلسكوبيه:

تستعمل بكثرة في نقل اقطار الثقوب الداخلية ثم تحديد القياس على جهاز ميكرومتر أو القدمة ذات الورنية أو الميكرومتر، وتتواجد في أطقم بأبعاد مختلفة.

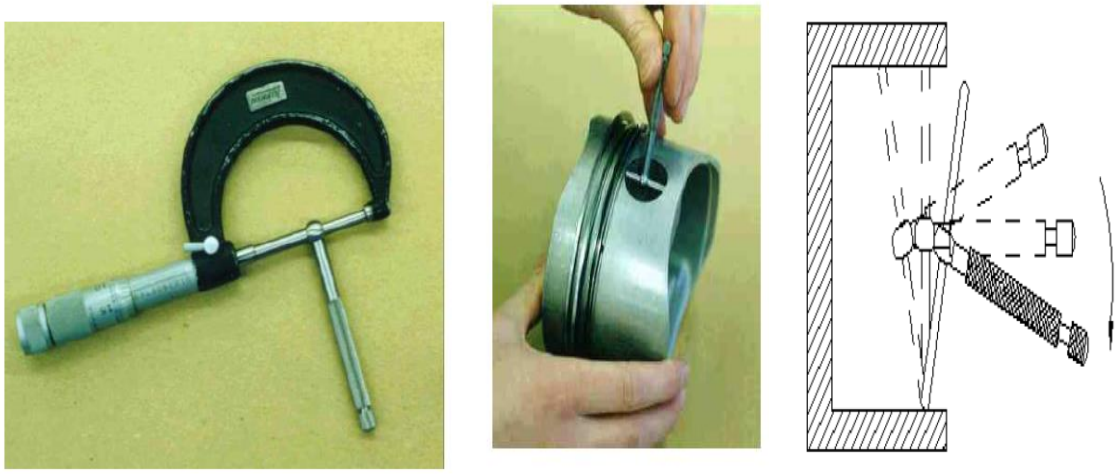


شكل 71: محدد قياس تلسكوبي



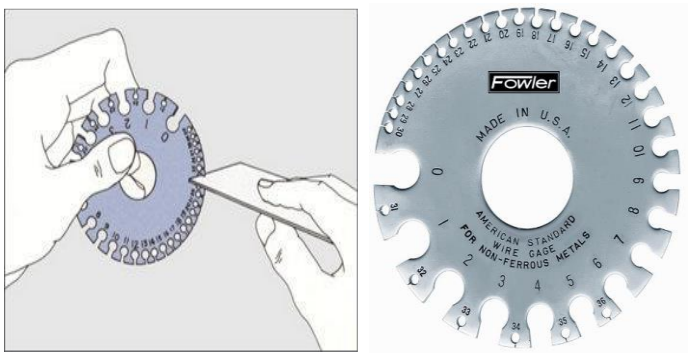
شكل 72: استعمال محدد قياس تلسكوبي لقياس قطر ثقب في أسطوانة محرك

(المحدد التلسكوبي)



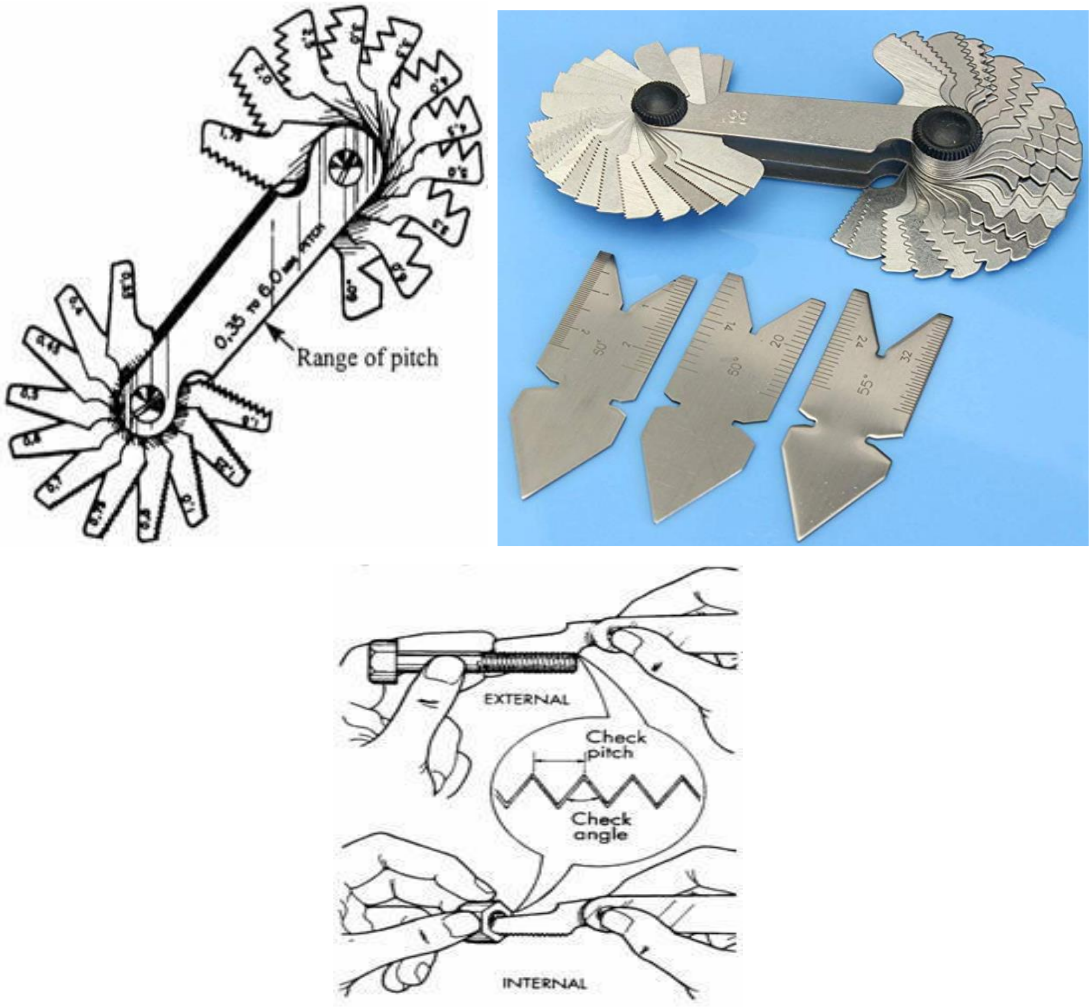
شكل 73: مثال باستعمال المحدد التلسكوبي

b) محددات (مجسمات) قياس السمك:



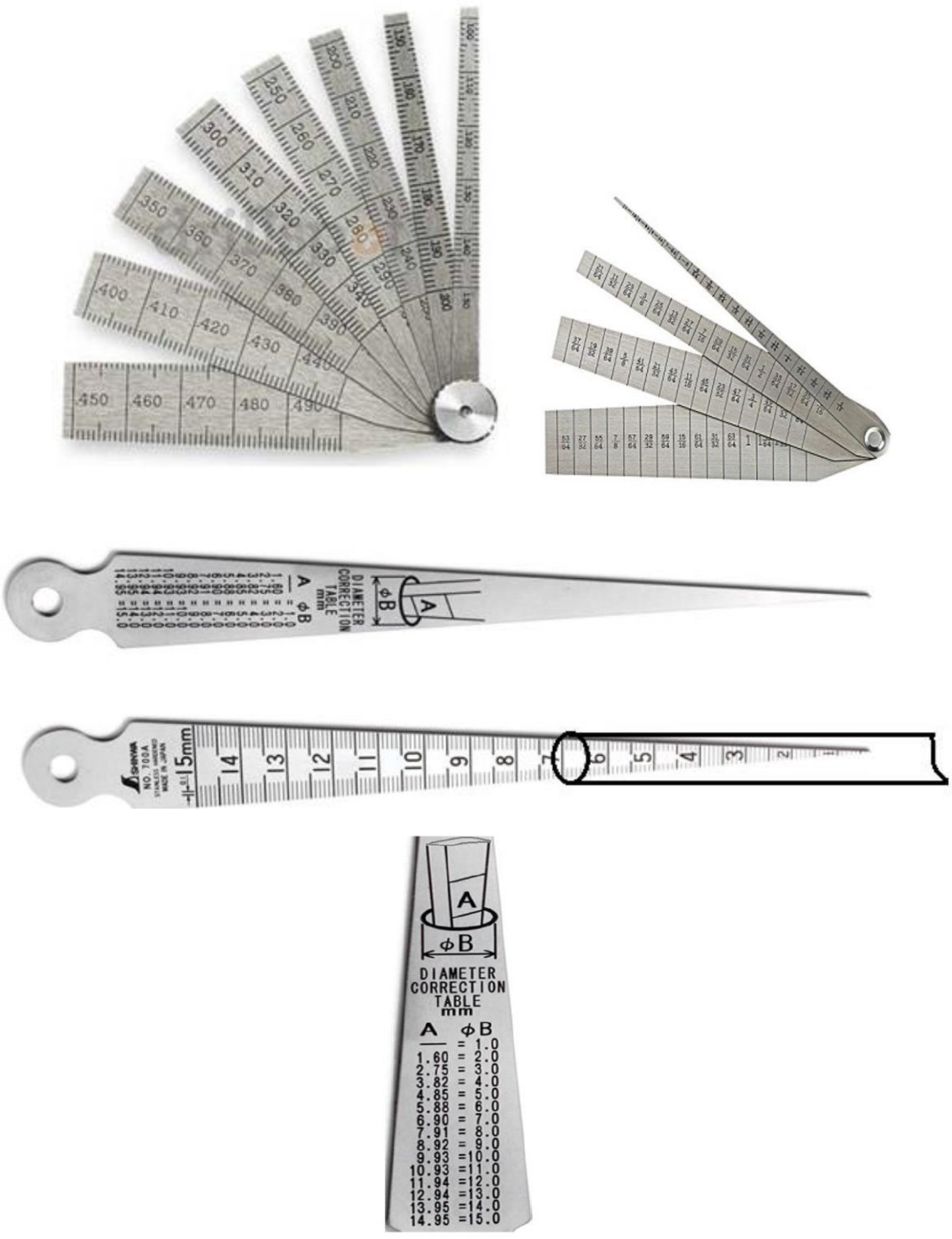
شكل 74: محددات (مجسمات) قياس السمك

c) محددات قياس خطوة وزاوية اللولب:



شكل 75: محددات قياس خطوة وزاوية اللولب

d) محددات قياس الأقطار:

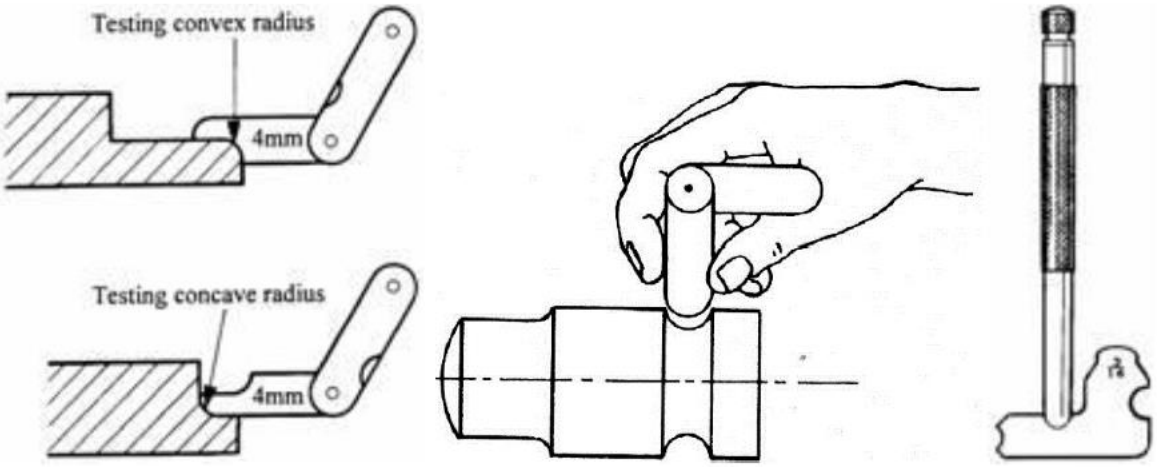


شكل 76: محددات قياس الأقطار

e) محددات قياس القلم:

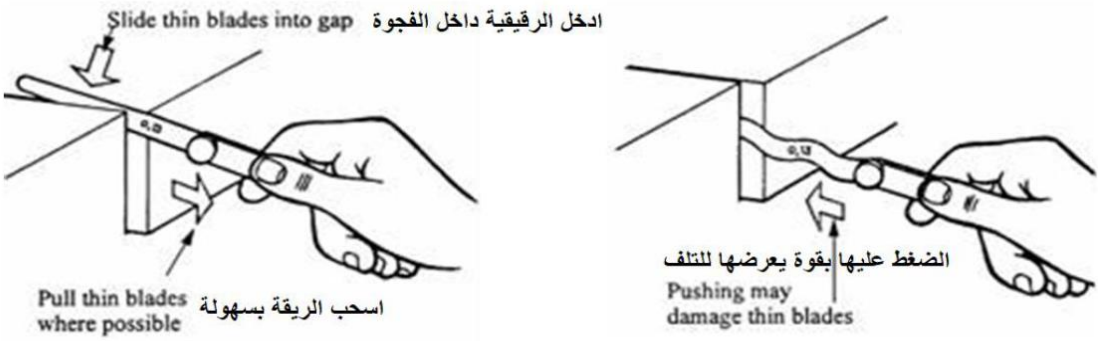
شكل 77: محدد قياس قطر القلم

f) محددات قياس نصف القطر:



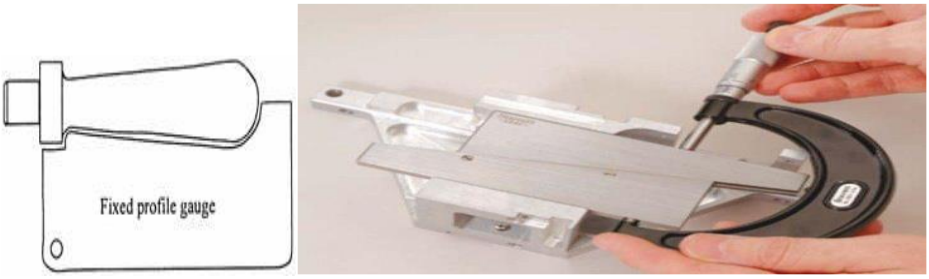
شكل 78: محددات قياس نصف القطر

g) محددات قياس الخلوص:



شكل 79: محددات قياس الخلوص

h) محددات قياس الشكل:

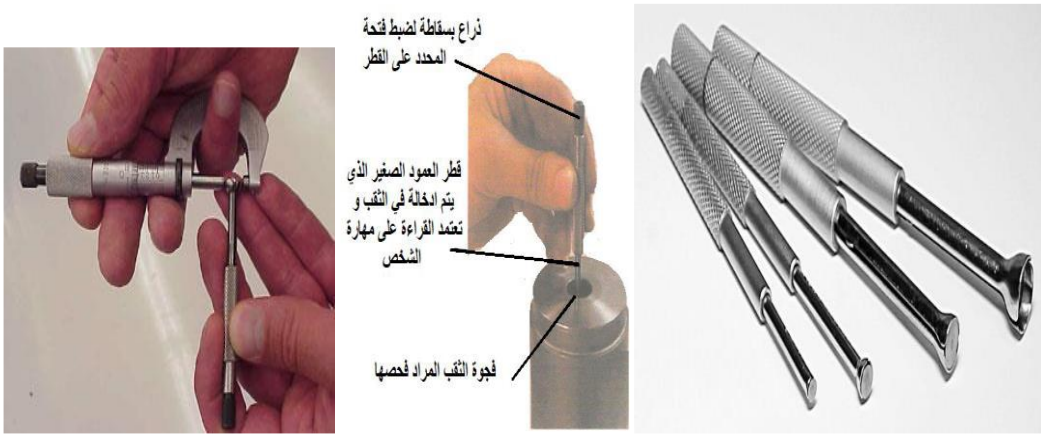


شكل 79: محددات قياس الشكل

i) قياس البعد المسافة الخارجية لمحدد التوازي:

شكل 80: قياس المسافة الخارجية لمحدد التوازي بجهاز ميكرومتر دقة0.005

j) محددات قياس الثقوب:



شكل 81: محددات قياس الثقوب

4.3 نصائح مهمة للاستعمال الصحيح لمحددات القياس الحديثة:

من أهم مميزات محددات القياس هي دقتها الجيدة وسهولة استعمالها في عمليات الفحص على أبعاد القطع المصنعة .حتى يمكن المحافظة على هذه الميزات خلال عملنا بهذه الأدوات ينصح بمراعاة ما يلي:

- علينا دائما تنظيف القطعة التي نريد فحصها بالمحدد.
- لا يسمح بضغط المحددات السدادية أو الفكية وإدخالها بالقوة داخل القطعة المفحوصة .استعمل تأثير الوزن الذاتي للمحدد حتى يدخل داخل القطر المراد فحصه.
- عند استعمال محددات القياس بطرفين نبدأ دائما بالجانب اللاسماحي ومنه تكون لدينا إحدى.

الاحتمالات التالية:

1 .عند دخول محدد القياس من الجانب اللاسماحي تعتبر القطعة غير مطابقة للمواصفات ويمكن اعتبارها تالفة ولا يمكن إعادة تشغيلها من جديد.

2 .إذا لم يدخل المحدد من الطرفين اللاسماحي والسماحي نعتبر القطعة مرفوضة ولكن يمكن إعادة تشغيلها.

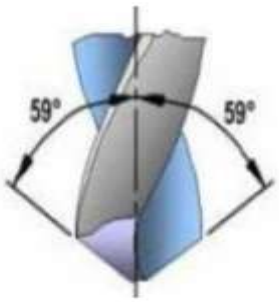
3 .عدم دخول المحدد من الطرف اللاسماحي ودخوله من الطرف السماحي، تكون القطعة مطابقة للمواصفات وضمن نطاق التفاوت المسموح به.

4. عند استعمال محددات القياس السدادية نبدأ بإدخال الطرف السماحي إلى أبعد حد ممكن داخل الثقب حتى نتأكد من أن أبعاد الثقب لا تتغير.

1.4 عموميات:

يعتبر قياس الزوايا من القياسات الأساسية في مجالات التشغيل نظرا لانتشار الأسطح المائلة والجوانب المشطوفه (أي غير المتعامدة) فعلى سبيل المثال، قياس زوايا القطع الموجودة بعدت القطع كأقلام الخراطة شكل 103 والمشغولات ذات الأسطح المخروطية وغير ذلك من التطبيقات.

ولهذا تعتبر الزوايا من المواصفات المهمة في القطع الميكانيكية .لذلك يتوجب على الفني الإلمام بطرق قياس الزوايا الموجودة وفحصها.



شكل82: زاوية القطع في طرف المثقاب

2.4 الوحدة المستعملة في قياس الزاوية:

أ-**النظام الإنجليزي** :وحدة قياس الزاوية في النظام الإنجليزي هي الدرجة Degree وأجزائها هي:

- **الدقيقة 'Minute بحيث** أن الدرجة تساوي 60 دقيقة: 1° = 60'
- **الثانية `` Second** بحيث أن الدقيقة تساوي 60 ثانية :`` 60 = 1`

ومنه يمكن الحصول على العلاقة :1°=60'=360" **ويسمى هذا النظام بالنظام الستيني.**

ب-النظام المتر: النظام الدولي للقياسات :تقاس الزاوية في النظام المتري بما يسمى الرادين Radianويكتب اختصارا rad

- **التحويل بين النظام الإنجليزي والنظام المتري:**
  - **الزاوية بالتقدير الدائري (راديان rad) = الزاوية بالتقدير السنتيي (الدرجة °) * π2/360**
  - **الزاوية بالتقدير السنتيي (الدرجة °) = الزاوية بالتقدير الدائري (راديان rad) * π2/360**

ومنه يمكن استخلاص أن:

- الزاوية القائمة 90°= π/2 rad
- الزاوية المستقيمة 180°= π rad
- الزاوية 60°=π/3 rad
- الزاوية 45°=π/4 rad

التعبير عن ميل السطح :يعبر عن ميل السطح كنسبة بين مقدار الارتفاع أو الانخفاض بين نقطتين المسافة بينهم تساوي واحد متر في النظام المتري وتكون الوحدة هي (m/mm) أي مقدار الزيادة أو الانخفاض في الارتفاع لكل واحد متر طولي .مثلا 4مم/ م تعني ان السطح ينخفض 4 mm في أحد الأطراف لكل1 m من طوله.

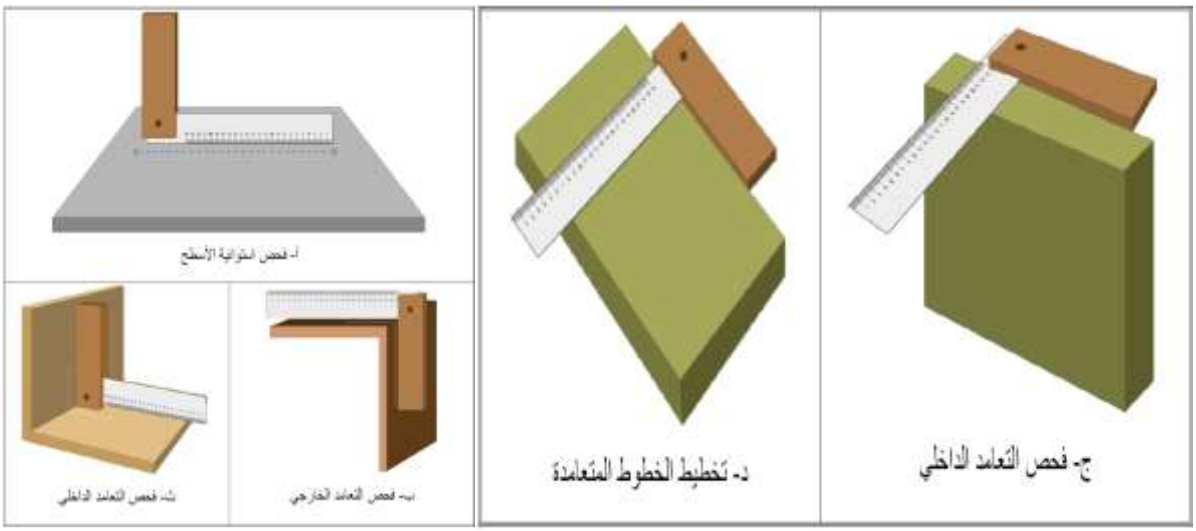
3.4 المنقلة الرقمية ومحددات الزوايا:

أ-محدد الزاوية القائمة:

تعتبر الزاوية القائمة المبينة في شكل 83 ، أحد أنواع محددات القياس الثابتة التي تستخدم لقياس الزوايا القائمة 90O ويصنع سلاح الزاوية القائمة من الصلب والمثبت على عمود خشبي أو معدني يسمى stock ويوجد عادة تدريج على السلاح

شكل 83: محدد قائم وزاوية قائمة.

وتستخدم الزاوية لفحص استوائية الاسطح كما هو مبين في شكل رقم 84.



شكل 84 :الأوضاع المختلفة لاستخدام محدد الزاوية القائمة.

ب-محدد الزوايا المنفرجة:

هذا المحدد يستعمل لقياس زاوية 120 درجة وهي زاوية الشكل السداسي كما هو مبين في شكل رقم.85

شكل85 : محدد قياس زاوية منفرجة120

ت-محدد الزوايا القابل للحركة ذو المنقلة الرقمية:

محدد قياس الزوايا الرقمي المبين في شكل رقم 86 عبارة عن جزئيين كل جزء على شكل مسطرة ومتصلين بمحور دوران مركب حساس قياس الزوايا وعلية عداد رقمي لإظهار قيمة الزاوية.

شكل 86: استعمال محدد قياس الزوايا الرقمية.

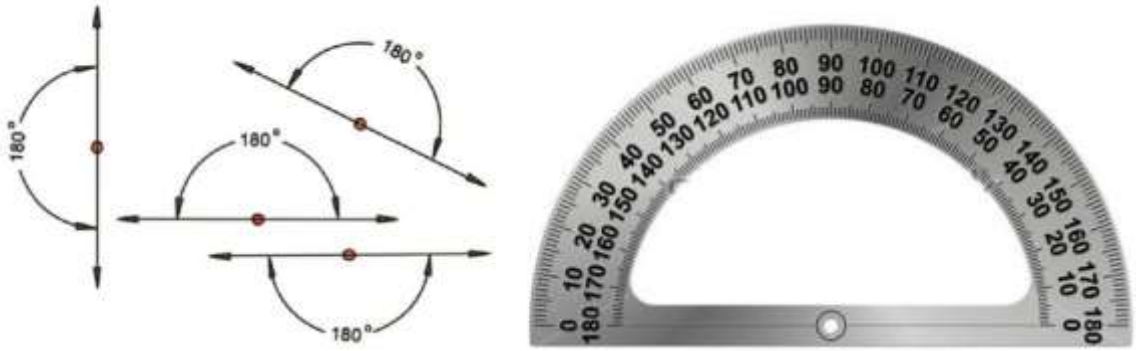
4.4 مناقل قياس الزوايا:

تستخدم المناقل بأنواعها لقياس زوايا مائلة سواء حادة أو منفرجة ويمكنها أيضا قياس الزوايا القائمة وتستخدم كذلك لأجراء عمليات الشنكرة ورسم الزوايا ويوجد ثلاثة أنواع شائعة الاستخدام من المناقل المستخدمة لقياس الزاوية وهي:

- المنقلة العادية المعدنية
- المنقلة المحورية العامة
- المنقلة الشاملة

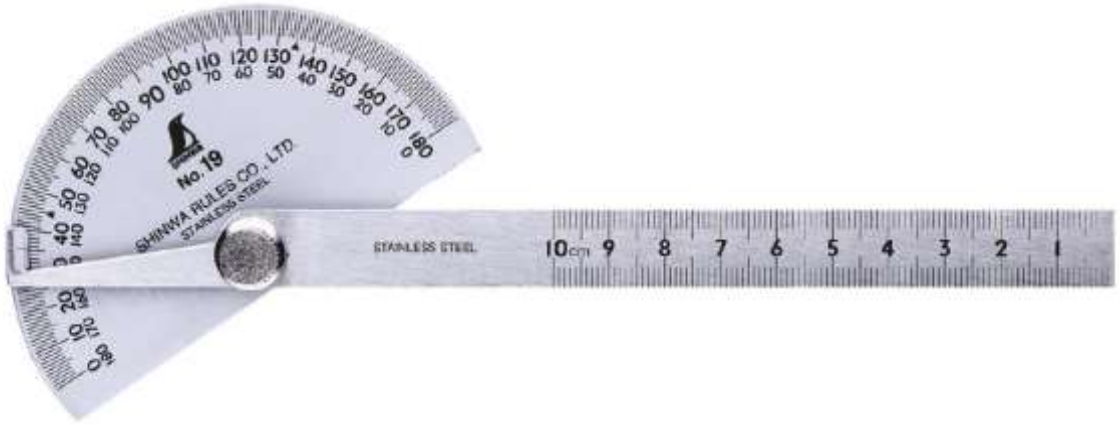
أ-المنقلة العادية المعدنية:

هي المنقلة المعدنية من ابسط معدات القياس المباشر المستخدمة لقياس زاويا القطع المعدنية وزوايا القطع للعدد والآلات في الورش الميكانيكية دقتها إلى ربع أو نصف أو درجة واحدة .وهي عبارة عن منقلة عادية مدرجة من صفر إلى 180 درجة كما هو مبين في شكل رقم 87.



شكل 87 :زاوية قياس المنقلة 180 درجة.

المنقلة البسيطة مزودة بذراع القياس الذي يتحرك حول محور المنقلة يوجد مؤشر لتحديد قيمة قراءة الزاوية على المنقلة مركب بنهاية الذراع كما هو مبين في شكل رقم 88.



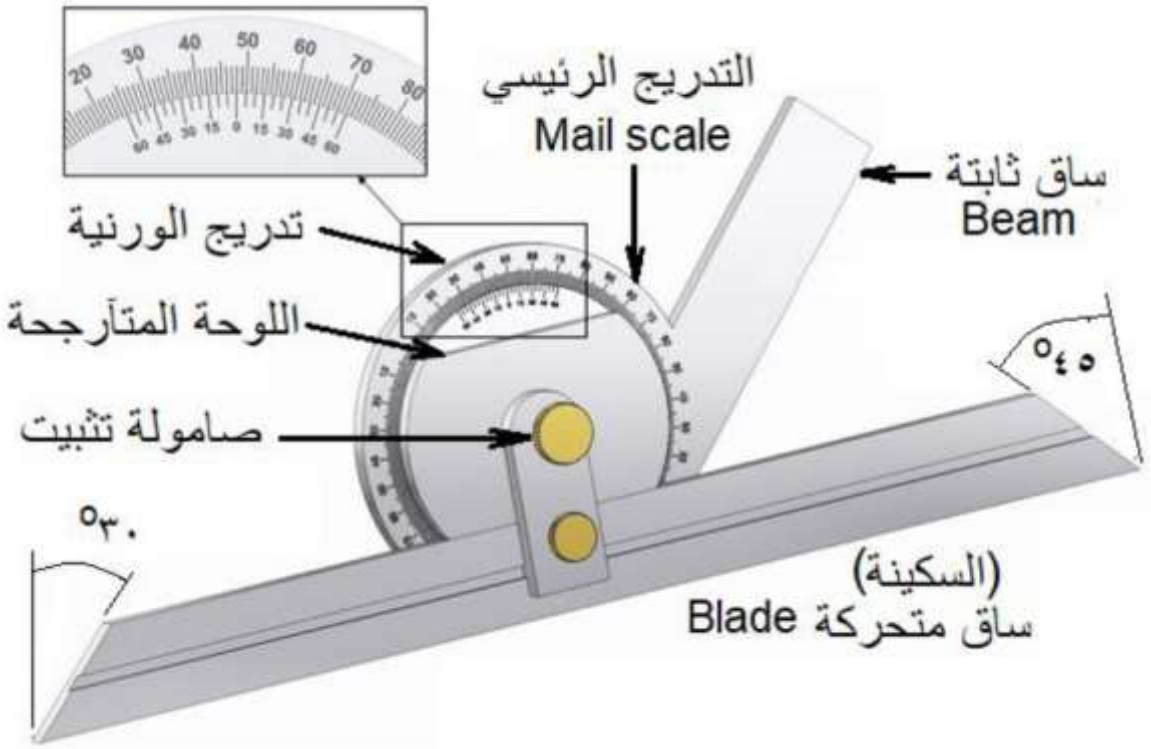
شكل 88 : المنقلة العاديةPlate protractor

تستعمل المنقلة لقياس زوايا القطع، زوايا الأسطح المائلة الخارجية وفي عمليات التخطيط وقياس زاوية ريشة المثقاب.

ب-المنقلة المحورية العامة ذات الفرنية أو الزاوية العامة: الكوستيلا

تستخدم المنقلة العامة لقياس زوايا المشغولات وتسمى (الكوستيلا)وهي أحد الأشكال المتطورة للمنقلة البسيطة .وعلى عكس المنقلة العادية فان المنقلة العامة يتم ضبطها لتناسب زاوية الميل المقاسة.

وتتكون أجزائها من الساق الثابتة والساق المتحركة القابلة للحركة في الاتجاه الطولي وتدريج دائري كامل وصامولة لتثبيت وضع المنقلة عند القياس وورنية مدرجة لقياس أجزاء الدرجة وينتهي أحد أطراف الساق المتحركة بحافة قياس بزاوية 45^o بينما ينتهي الطرف الأخر بحافة زاوية 30^o كما هو مبين في شكل رقم 89. وقد يتواجد فيها جناح ينزلق ويدور حول محور ثابت باليد ويمكن به رسم أو قياس أي زاوية مختلفة

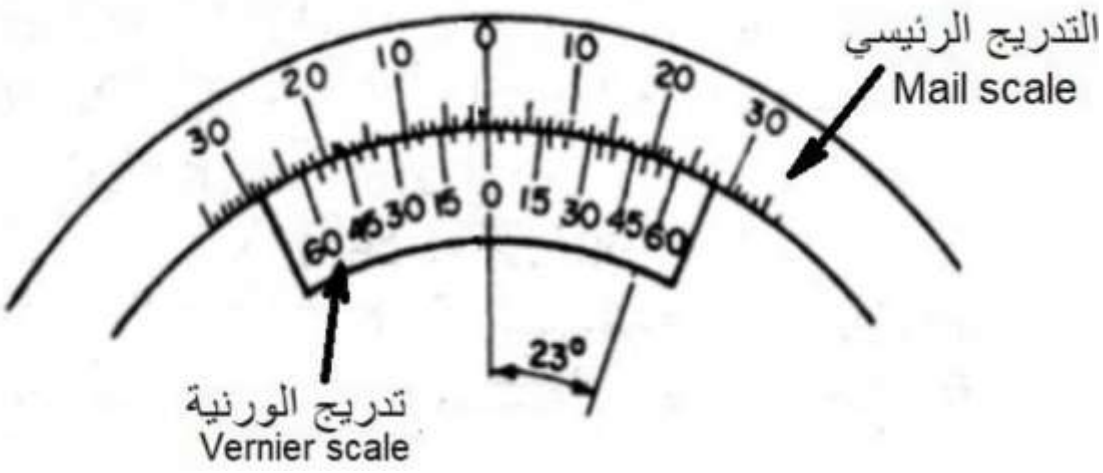


شكل 89 :المنقلة العامة ذات الورنية للقياس الدقيق للزوايا.

ورنية المنقلة مقسمة إلى نصفين يفصل بينها الصفر وكل منهما عبارة عن ورنية في حد ذاتها، وعادة تضم كل منها 12 قسم على جانبي خط الصفر بحيث يساوي طول كل جزء من هذه الأقسام 23 درجه كما هو مبين في شكل رقم 90، وبذلك يكون طول هذا الجزء بالدرجات '1380 = 60 × °23 درجة1380 ، كل قسم من أقسام الفرنية يكافئ زاوية مقدارها '115 1380 /12= وحيث أن كل قسمين او شرطين من التدريج الرئيسي يكافئان °2 ='120

أي أن الفرق بين تدريج درجتين على المنقلة وقسمين على الورنية 120 - 115='5 دقائق والتي تعتبر دقة الورنية . وبالتالي تكون قيمة كل قسم على الورنية تساوي '5 ابتداء من الصفر.

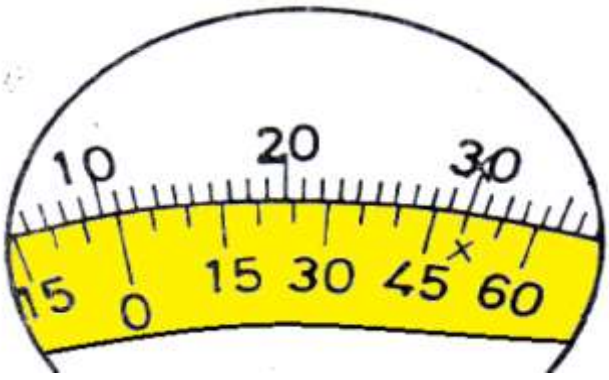
ويتم قراءة الزاوية الموجودة على المنقلة من الصفر وفي اتجاه الزاوية º90 وتقرا الزاوية بالدرجات من أقرب (تدريج) على القياس الرئيسي تقابل صفر الورنية، وللحصول على الدقائق يتم النظر إلى تطابق خطين متطابقين على كل من التدريج وأحد خطوط تقسيم الفرنية كما هو مبين في شكل رقم 91.



شكل 90: تدريج الفرنية القراءة المسجلة45° '45 ·

شكل 91 :تدريج الفرنية القراءة المسجلة.

❖ المثال المبين في شكل رقم 92 يبين قراءة قيمتها 10 درجات و 50دقيقة او ° 10 '50:

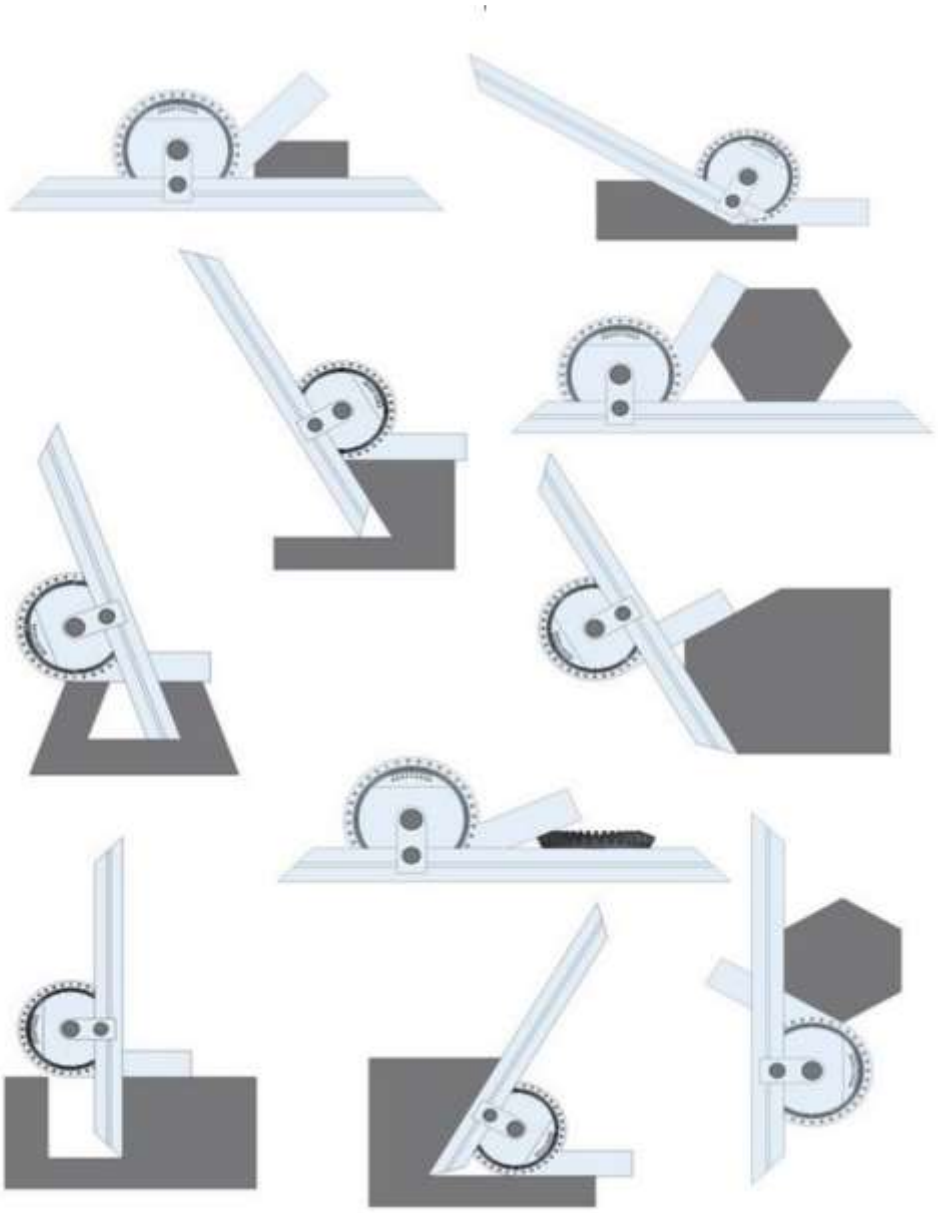


شكل 91: قراءة للمنقلة العامة ° 10 '50.

حساسية الفرنية (أقل قيمة يمكن قراءتها) =اقل وحدة قياس على مسطرة القياس الرئيسية / عدد التقسيمات الكلية على مقياس الفرنية.

وبالتالي يكون حساسية الفرنية المقسمة إلى 12 قسم لكل واحد درجة 60 (دقيقة) من التدريج الرئيسي:

حساسية الفرنية (اقل قيمة يمكن قراءتها) $= \frac{1°*60'}{12} = 5'$

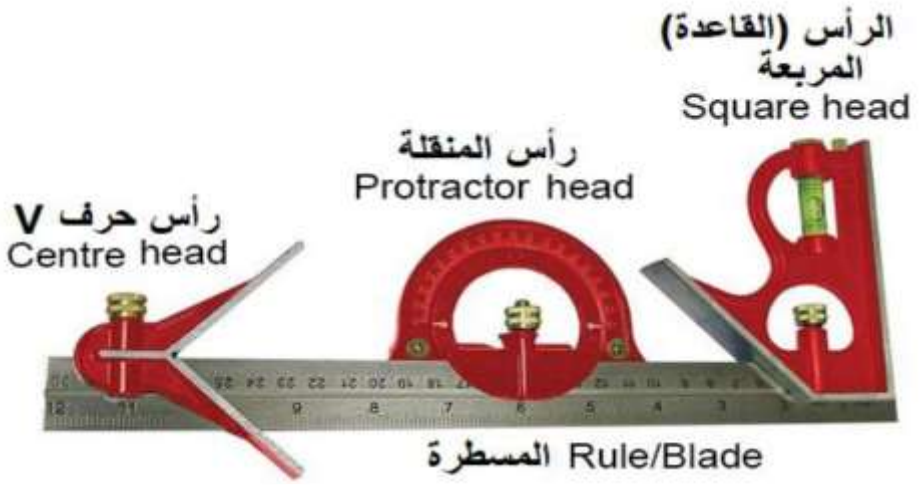


شكل 92 :الأوضاع المختلفة لقياس زوايا الأسطح باستخدام المنقلة العامة ذات الفرنية.

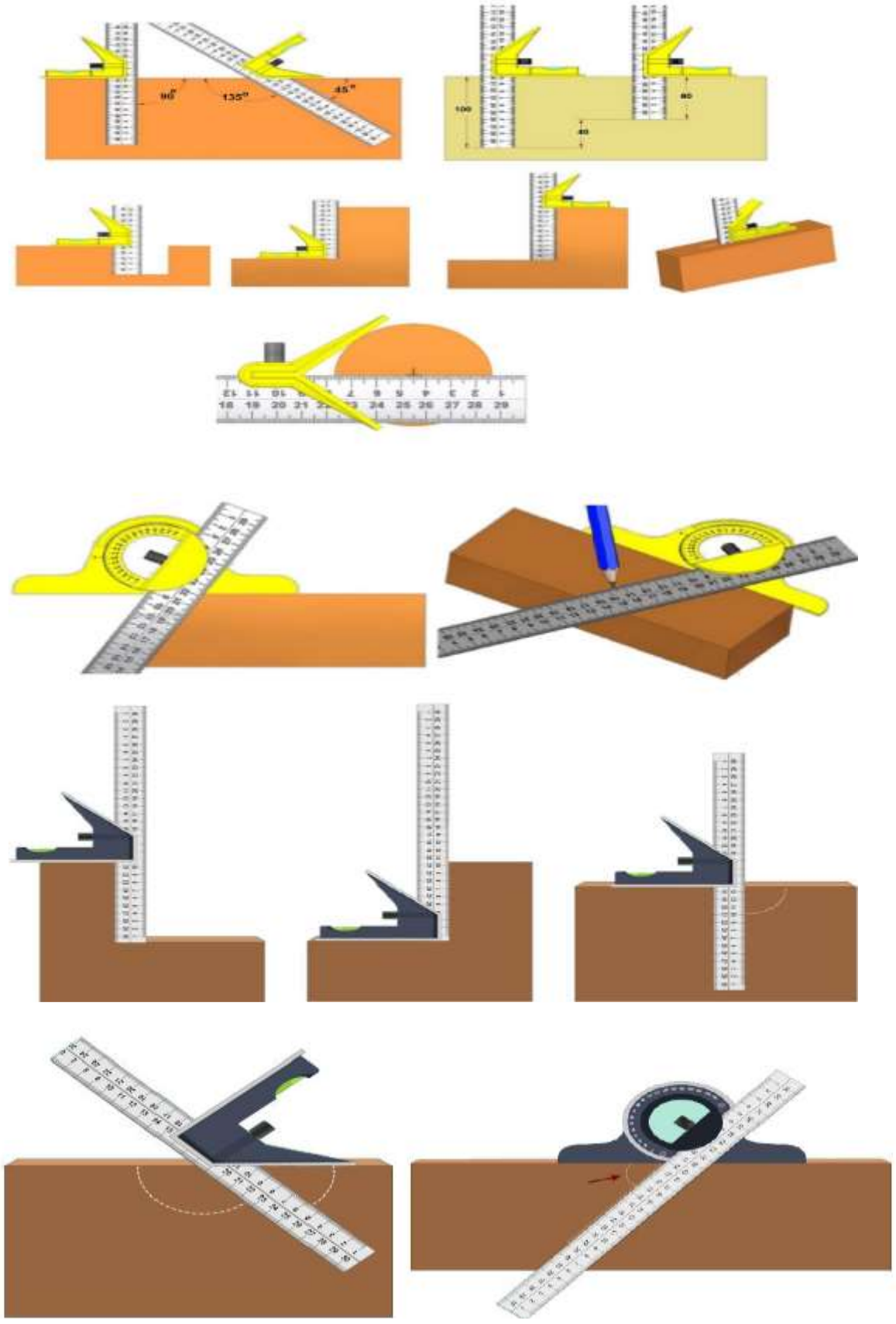
ت-المنقلة الشاملة:

وهي منقلة متعددة الاستعمالات في الورش، فمن خلالها يمكن قياس الزوايا، فحص الزوايا القائمة والمسطحة وفحص تعامد الأسطح .تسمى كذلك بالزاوية المؤتلفة وهذا لأنها تتكون من عدة قطع للاستعمالات المذكورة.

المنقلة الشاملة وهي تسمى جهاز (مور ورايت) مزودة بمسطرة يمكن تحريكها طوليا ومدرجة من الجانبين بالبوصة والمليمتر، ورأس المنقلة، والرأس المربع ورأس لتحديد المراكز ويكون الوجه المرجعي مقسى بصلادة عالية ليقاوم التأكل.
وتوجد منقلة مركزية لها تقسيم 360 درجة مقسمة إلى قياس من°0- °180- °0 .
ويوفر الراس المركزي قياس زاوية قائمة قيمتها °90 ويمكن من خلاله إيجاد مركز عمود دائري يصل قطره إلى 120 mm ويوجد في كل جزء مسمار زنق.



شكل 93: تصميمات مختلفة للمنقلة الشاملة.



شكل94 :الأوضاع المختلفة لقياس زوايا الأسطح والأقطار باستخدام المنقلة الشاملة.

5.4 القياس الدقيق للزوايا باستخدام قضيب الجيب وقوالب القياس :

تستعمل قوالب القياس لقياس للأبعاد بدقه عالية جدا وتعتبر قوالب القياس من الدعامات الأساسية في عمليات التقييس الصناعي، إذ أنها تعد مراجع (أو معايير) لاختبار وفحص دقة أجهزة قياس الأبعاد مثل القدمة ذات الورنية والميكرومتر . كما تستعمل قوالب القياس في المختبرات وورش التشغيل في القياس المباشر وفي مقارنه القياسات بهدف التفتيش عن جوده المنتجات.

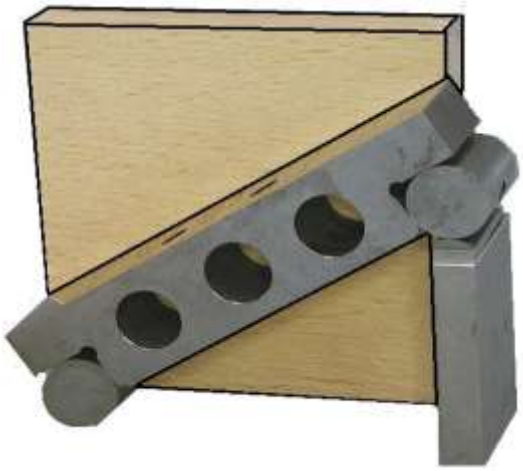
1.5.4 قضيب الجيب:

قضيب الجيب عبارة عن قضيب بطول ثابت يرتكز على بكرتين متساوية الأقطار كما هو مبين في شكل رقم 95 يستعمل قضيب الجيب مع قوالب القياس لإجراء عمليات القياسات الدقيقة لزوايا المشغولات وزاوية ميل الأعمدة وزاوية ميل المخروط. يتوفر قضيب الجيب بأطوال100 ، 200 و300 mm تكون المسافة بين مركزي الأسطوانتين (البكرتين) محددة ومعروفة بدقة، ويكون سطح قضيب القياس موازي للخط الافتراضي الواصل بين مركزي البكرتين.

شكل 95: أشكال مختلفة لقضيب الجيب.

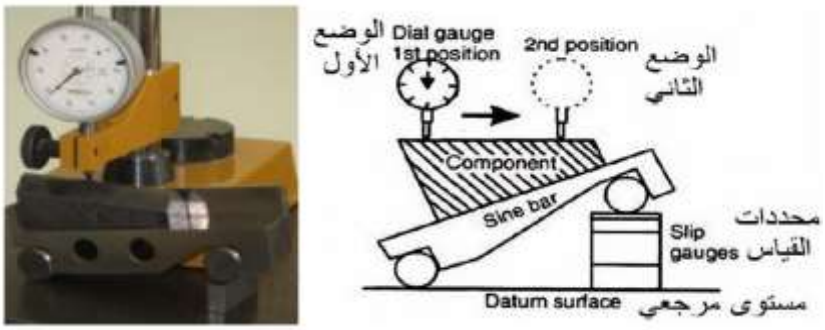
❖ **إجراء عملية القياس:**

لإجراء القياس يوضع السطح المائل للقطعة المراد قياس زاويتها تحت أو فوق قضيب الجيب حسب الشكل الهندسي للقطعة المقاسة كما هو مبين في شكل رقم 96 ثم يرفع أحد طرفي القضيب تدريجيا باستعمال قوالب قياس الأبعاد حتى يصير سطح القطعة مماس ويوازي قضيب القياس وبالتالي تكون زاوية ميل قضيب الجيب هي نفسها زاوية ميل القطعة المقاسة.



شكل 96 :القياس بقضيب الجيب.

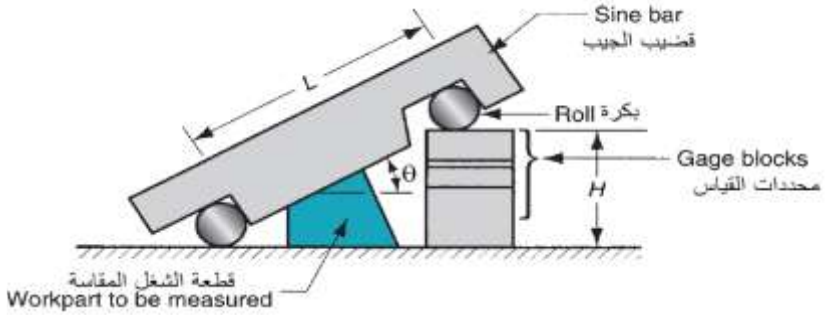
ويمكن أيضا رفع أحد طرفي القضيب تدريجيا باستعمال قوالب قياس الأبعاد حتى يصبح سطح القطعة أفقيا ولكن يجب استعمال ساعة قياس للتأكد من أفقية قضيب الجيب كما هو مبين في شكل رقم 97 وبهذا تكون زاوية الميل في القطعة مساوية لزاوية ميل قضيب الجيب مع القوالب.



شكل 97 :القياس بقضيب الجيب وساعة القياس.

❖ **حساب زاوية الميل:**

تكون المسافة بين البكرتين عادة من 100 إلى 500 mm ، ويمكن ضبط الزاوية يدويا من ناحية واحدة أو من الناحيتين، بحيث يوضع الجسم المراد قياسه على مستوى مسطح كما هو مبين في شكل رقم 98.



شكل98: حساب قياس الزوايا استخدام قضيب الجيب.

من قانون المثلثات يمكن استنتاج العلاقة بين الزاوية Θ وطول قضيب الجيب L وارتفاع قوالب القياس H ، جيب الزاوية يساوي المقابل على الوتر:

أولا حساب جب الزاوية من العلاقة: $\sin\Theta = H/L$

وبالتالي تكون الزاوية:

$$\Theta = \sin^{-1} H/L$$

وبما ان كلا من ارتفاع قالب القياس وطول القضيب معروفين فانه يمكن تحديد جب الزاوية ومن ثم الزاوية.

❖ **مثال** :إذا كانت المسافة بين بكرتين القياس المستخدم لقياس أحد الزوايا يساوي 100 مم، وارتفاع قوالب القياس كان 26.652 احسب زاوية الجيب للسطح المائل:

$$\theta = sin^{-1}\ \frac{H}{L} = sin^{-1}\ \frac{26{,}652}{100} = 15{,}46°$$

وتكون الزاوية هي 15° 27' 36".

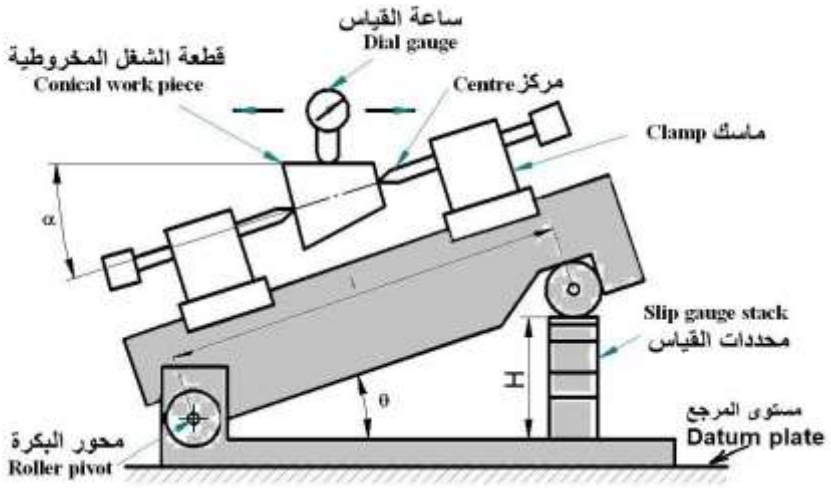
2.5.4 قضيب الجيب للمراكز:

يستخدم جهاز جيب الزوايا لتثبيت المشغولات المخروطية الأسطوانية والتي لا يمكن وضعها على جهاز قضيب الجيب التقليدي لتعرضها للتزحلق .جهاز قياس زاوية ميل المراكز هو في الأساس مثل قضيب الجيب ولكن محمل به قطع لتثبيت مراكز الجسم المخروطي عند الأطراف والتي يمكن ضبطها وتثبيتها في أي وضع كما هو مبين في شكل رقم 99 وبهذا نضمن الدقة لان المحور الصحيح هو محور قطعة الشغل .يتكون جهاز قياس جيب لمراكز من قضيب جيب مثبت في محور بكرة مرتكزة على سطح مرجعي مستوى .يوجد في اعلى القضيب مثبتات لتثبيت مراكز المشغولات المخروطية.

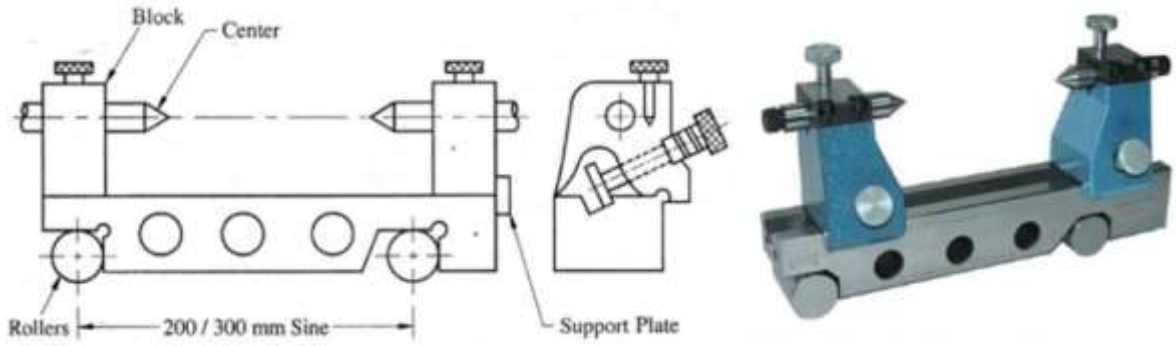
شكل 99 :جهاز المراكز

وعند قراء مبين الساعة إلى قيمة صفر عند تحركه على السطح المخروطي تحسب الزاوية بالعلاقة التالية:

$$\alpha = \theta = sin^{-1}\ \frac{H}{L}$$



شكل100: قضيب الجيب لجهاز قياس زاوية ميل المراكز.



شكل 101: أجزاء جهاز قياس زاوية ميل المراكز.

❖ **مزايا وعيوب قضيب الجيب:**

المزايا:

✓ من أدق الأجهزة المستخدمة لقياس الزوايا

✓ بسيط في التصميم والتركيب

✓ متاح بسهولة

العيوب:

✓ دقة الجهاز مقبولة حتى زاوية اقل من 15 درجة وتقل الدقة كلما زادت زاوية القياس ولا يناسب مطلقا زوايا أكبر من أو يساوي 45 درجة.

✓ يصعب التعامل معه وتثبيت محددات القياس

✓ جهاز بدائي يصعب ثباته في مكانه

✓ يستخدم في التطبيقات التي يكون المسافة محدودة بين المراكز ولهذا لا يعتبر طريقة مثلى لقياس المشغولات.

✓ قد ينتج خطاء كبير في الزاوية لأي خطاء بسيط في قضيب الجيب

3.5.4 قوالب قياس الزوايا:

قوالب قياس الزوايا هي قوالب من الصلب متوفرة على شكل أطقم محفوظة في علب خشب لحمايتها من الخدش كما هو مبين في شكل رقم 102 تم ابتكارها سنة 1939 بواسطة د.تويلسون طول كل قالب 75mm وعرض 16mmولها أسطح مائلة مصنوعة بزاوية ميل دقيقة جد ا .وعليها علامة >محفورة بكل قطعة والتي تشير قيمة الزاوية للقالب، ويوجد عادة 13 قطعة مرتبة كما بالجدول التالي. أوقد تختلف طبقا لما هو مدون على العلبة من بيانات للزوايا المتاحة.

درجة	**1**	**3**	**9**	**27**	**41**
دقيقة	1	3	9	27	
ثانية	3	6	18	30	

جدول 19: قيم الزوايا لمجموعة من قوالب القياس.

قوالب قياس الزوايا تجسد بدقة جيدة مقاسات زوايا معينة .تستعمل قوالب قياس الزوايا في أعمال معايرة الأجهزة الأخرى (المنقلة، محددات الزوايا) وفي الفحص الدقيق لزوايا المشغولات ولضبط ماكينات التشغيل.

Smallest increment by which any angle can be produced	Number of individual blocks contained in the set	Detailed listing of the blocks composing the set
1 degree	6	6 blocks of 1,3,5,15,30 and 45 degrees
1 minute	11	6 blocks of 1,3,5,15,30 and 45 degrees 5 blocks of 1,3,5,20 and 30 minutes
1 second	16	6 blocks of 1,3,5,15,30 and 45 degrees 5 blocks of 1,3,5,20 and 30 minutes 5 blocks 0f 1,3,5,20 and 30 seconds

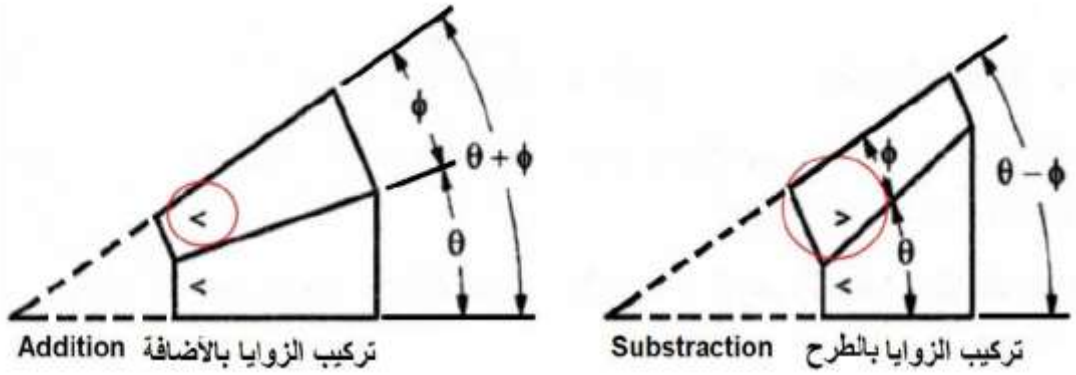
شكل102: أشكال مختلفة لقوالب قياس الزوايا وبيانات القوالب الموجودة بأحد علب قوالب قياس الزوايا.

أ- طرق استخدام أطقم قوالب قياس الزوايا:

يمكن استعمال مجموعة من القوالب لتركيب زاوية معينة على طريقتين :طريقة الإضافة وطريقة الطرح.

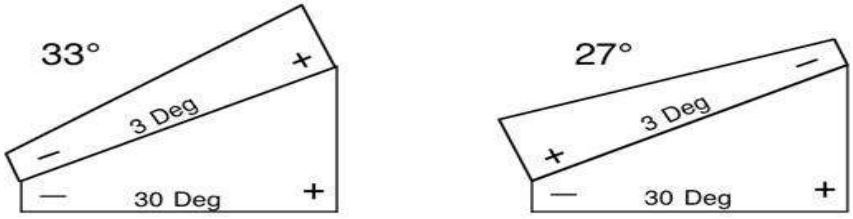
1. طريقة الإضافة :نجمع القوالب بحيث يكون اتجاه ميل السطح المائل لجميع القوالب واحد وتكون الزاوية المركبة هي مجموع زوايا كل قالب .فمثلا بإضافة قالب الزاوية 5 إلى 30 وعلى نفس الميل نحصل على زاوية 35 درجة.
2. طريقة الطرح :نركب القوالب بحيث يكون اتجاهاتها معاكسة

لبعضها البعض .وبالتالي تكون الزاوية المركبة هي الفرق بين القوالب في اتجاه الميل الرئيسي وبقية الزوايا في الاتجاه المعاكس .فمثلا بوضع قالب الزاوية 5 في الاتجاه المعاكس مع قالب الزاوية 30 نحصل على زاوية 30-5 =درجة 25.



شكل 103: تركيب الزوايا باستعمال قوالب قياس الزوايا.

❖ **مثال** :شكل رقم 104يبين تركيبة من قوالب القياس لقطعة أساسية زاويتها 30 درجة وتم طرح قالب (يركب بالعكس) بقيمة 3 درجات ليكون الناتج زاوية 27 درجة، والجزء الذي على اليسار تم إضافة قالب بقيمة 3 درجات (في نفس الاتجاه) ليصبح قيمة الزاوية الإجمالية 33 درجة.



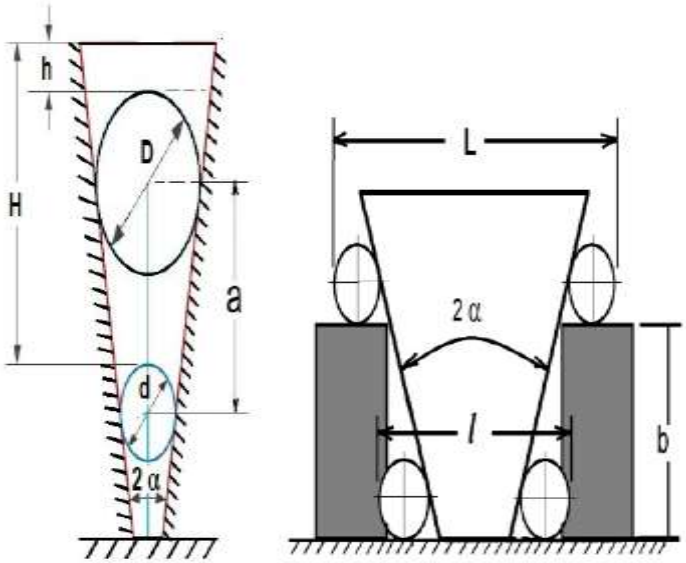
شكل 105: شكل يبين فكرة قوالب قياس الزوايا

ب- قوالب قياس الزوايا باستخدام الكرة والأسطوانات البكرات:

تستخدم القوالب الأسطوانية والكروية المبينة في شكل رقم 106 في قياس زوايا الثقوب المخروطية والمخروط الناقص.

شكل106: محددات قياس كروية لقياس السلبة المروية.

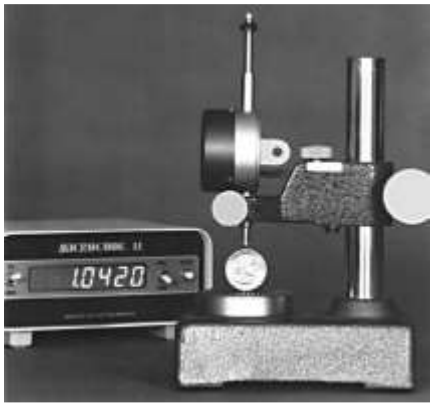
استخدام الكرات المعروف قطرها بدقة يلائم إيجاد زاوية ميل الثقوب المخروطية أما في حالة مجسم المخروط القائم فأن الأسطوانات تتناسب مع إيجاد زاوية المخروط من الخارج.



شكل107 :الأشكال التي يمكن إيجاد زواياها الداخلية الخارجية باستخدام الأسطوانات والكرات.

6.4 استخدام ساعات القياس:

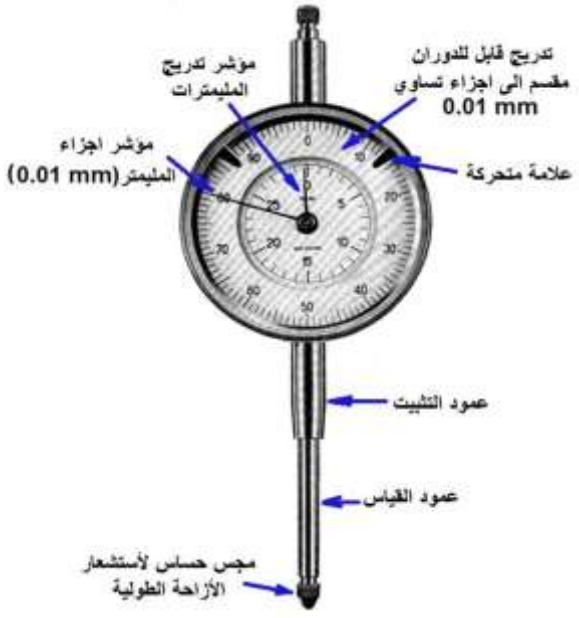
ساعات القياس هي عبارة عن محددات قياس ذات قرص مدرج أو مبين تستعمل لاختبار استواء الأسطح وانتظام أعمدة الدوران ولتحديد قيم انحرافات مقاسات وأبعاد القطع المصنعة عن الأبعاد المنصوص عليها في المواصفات والتصاميم.



شكل108: ساعة القياس.

1.6.4 مكونات ساعة القياس:

تتكون أساسا من عمود حساس للاستشعار وعمود تثبيت وتدريج ثابت وآخر قابل للدوران كما هو مبين في شكل رقم 109 كما يستخدم المبين ذو الساعة مع ميزان المياه في فحص محاور ماكينات التشغيل وضبط حركتها.

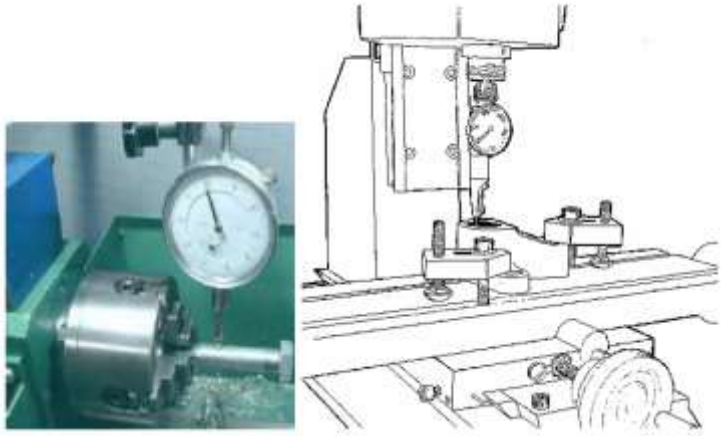


شكل109 :مكونات جهاز ساعة القياس.

عند الاستعمال يجب تثبيت ساعة القياس على سطح مستوي وعن طريق تحريك إصبع الاستشعار على السطح المراد فحصه تنتقل انحرافات الأبعاد عن طريق الإصبع إلى المؤشر على الساعة المدرجة بتدرج يساويmm 100 / 1 أي 0.01 mm ومنه يمكن تحديد قيم الانحرافات على السطح المقاس .عادة ما تستعمل هذه الطريقة في ورش التشغيل لفحص استواء الأسطح واستدارة الأعمدة ومقارنة الأبعاد مع قوالب القياس.

2.6.4 أمثلة تثبيت واستعمال ساعة القياس:

شكل110: تثبيت ساعة القياس على قاعدة قياس مغناطيسية مستوية.



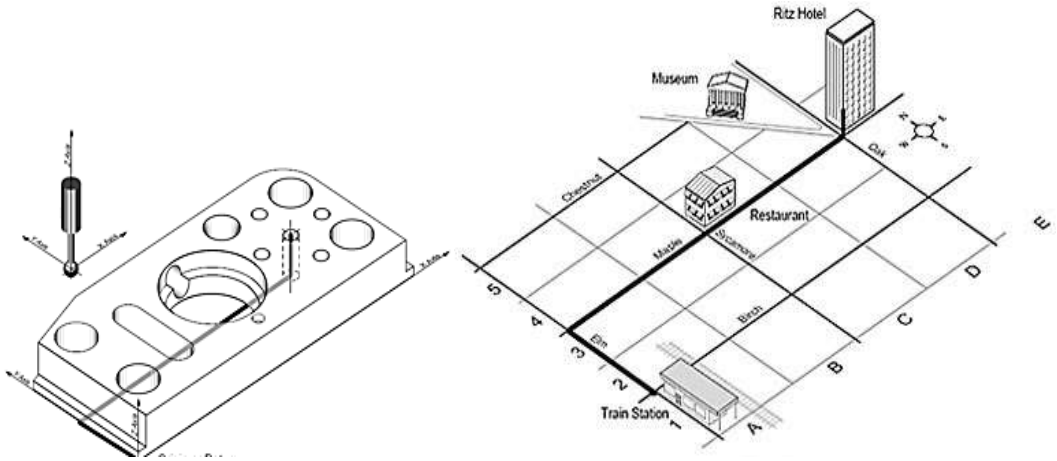
شكل 111 :استعمال ساعة القياس لفحص شغلة على آلة التشغيل.

1.5 مبدأ عمل:

نستخدم نظام إحداثيات لوصف حركات آلة القياس. اخترع الفيلسوف وعالم الرياضيات الشهير رينيه ديكارت نظام الإحداثيات في أوائل القرن السابع عشر، وهو يسمح لنا بتحديد موقع العناصر بالنسبة إلى العناصر الأخرى الموجودة على الأجزاء.

يشبه نظام الإحداثيات خريطة المستويات حيث يصف مزيج حرف على حافة واحدة من الخريطة، مع رقم على الجانب الآخر والارتفاعات، كل موقع على الخريطة بشكل فريد. يشار إلى تركيبة الحرف / الرقم / الارتفاع هذه على أنها إحداثي وتمثل موقعًا محددًا بالنسبة لجميع الآخرين.

مثال آخر هو خريطة المدينة التي تظهر المباني. للوصول إلى غرفتك في فندق Ritz من محطة القطار (أصلك)، يمكنك المشي على طول شارعين على طول شارع Elm و4 كتل سكنية في شارع Maple Street وحتى 3 طوابق للوصول إلى فندق .Ritz من الممكن أيضًا وصف هذا الموقع بالإحداثيات 4 3-E-على الخريطة، والتي تتوافق مع محاور X و Yو Z الخاصة بالجهاز. تصف هذه الإحداثيات غرفتك بشكل فريد، ولا يوجد موقع آخر على الخريطة.

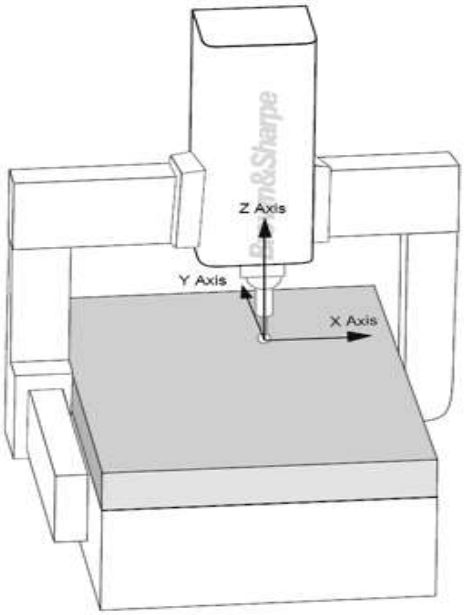


شكل 112: مبدأ عمل نظام الإحداثيات.

تطبق آلة قياس الإحداثيات (CMM) نفس مبدأ إصبعك الذي يتبع إحداثيات المستوى. تشكل المحاور الثلاثة نظام الإحداثيات للآلة. بدلاً من الإصبع، يستخدم CMM مجسًا لقياس النقاط على جزء ما. كل نقطة في الجزء فريدة من نوعها فيما يتعلق بنظام إحداثيات الجهاز. تجمع CMM النقاط المقاسة لتشكيل ميزة يمكن تحديدها الآن بالنسبة إلى جميع الميزات الأخرى.

2.5 نظام إحداثيات الآلة:

هناك نوعان من أنظمة الإحداثيات في عالم القياسات. الأول هو نظام إحداثيات الآلة، حيث تشير المحاور X و Y و Z إلى حركات الآلة. عند النظر إليه من مقدمة الجهاز، ينتقل المحور X من اليسار إلى اليمين، والمحور Y من الأمام إلى الخلف والمحور Z من أعلى إلى أسفل، متعامدًا على المحورين الآخرين.

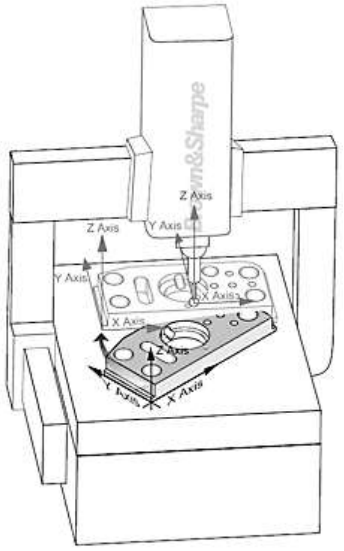


شكل 113: نظام إحداثيات الآلة.

3.5 نظام إحداثيات الجزء:

الثاني هو نظام إحداثيات الجزء، حيث تشير المحاور الثلاثة إلى الإطارات المرجعية أو خصائص الجزء.

قبل إدخال برنامج الكمبيوتر لقياس الإحداثيات، تم وضع قطع العمل فعليًا بالتوازي مع محاور الماكينة بحيث تكون أنظمة إحداثيات الماكينة وقطعة العمل متوازية. لقد كانت عملية شاقة للغاية وغير دقيقة إلى حد ما. عندما يكون الجزء مستديرًا أو محددًا بدلاً من مربعًا أو مستطيلًا.

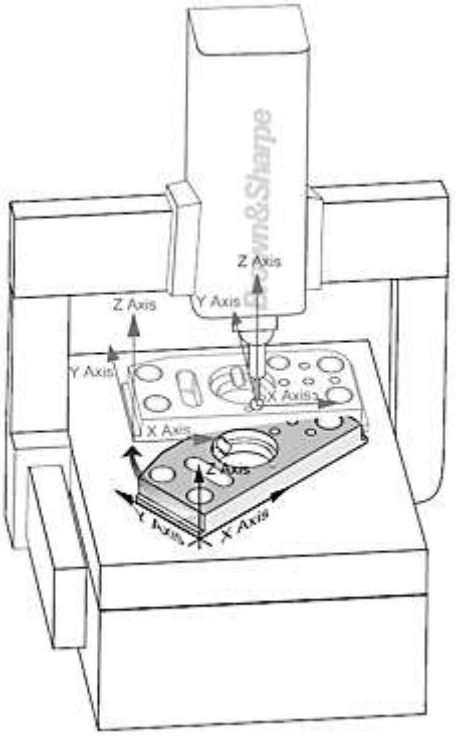


شكل 114: نظام إحداثيات الجزء.

- **ما هو المحاذاة؟**

باستخدام برنامج CMM الحالي، يقيس CMM بيانات الجزء (من مستوى الجزء)، ويؤسس نظام إحداثيات الجزء، ويربطه رياضيًا بنظام إحداثيات الآلة.

تسمى عملية ربط نظامي الإحداثيات بـ" المحاذاة ."إذا كنا نستخدم خريطة مدينة، فإننا نقوم بذلك تلقائيًا عن طريق تدوير الخريطة بحيث تكون موازية للشارع (الإطار المرجعي) أو لاتجاه البوصلة (مثل الشمال). عندما نفعل هذا، فإننا نضع أنفسنا في علاقة بـ" نظام إحداثيات العالم."

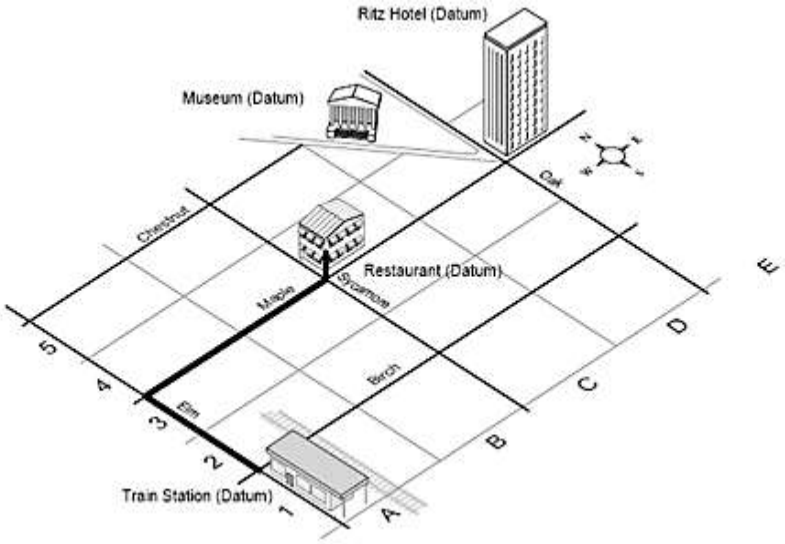


شكل 115: نظام إحداثيات المحاذاة.

- **ما هو المستودع؟**

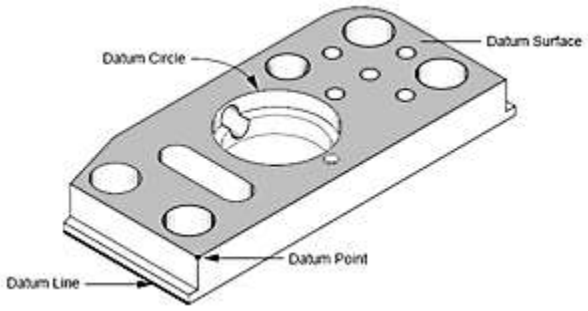
المستودع هو الموقع. نستخدم المستودعات كمرشدين لإخبار الآخرين بمكان وجودنا أو كتوجيهات، مع الإشارة إلى كيفية الوصول إلى الوجهات. على الخريطة، فندق ريتز هو معيار. هذا هو الحال أيضًا بالنسبة للشوارع ومحطة القطار والمتحف والمطعم. وبالتالي، باستخدام الأصل، والأطر المرجعية، والاتجاهات، والمسافات، يكون لدى الأشخاص كل المعلومات التي يحتاجون إليها للانتقال من مكان إلى آخر.

على سبيل المثال، للانتقال من محطة القطار (الأصل) إلى المطعم، يمكنك الذهاب إلى مبنيين شمالًا في شارع Elm Street (مستودع)، واتجه يمينًا، وانتقل إلى مبنيين شرقًا في شارع Maple Street مستودع.



شكل 116: شرح طريقة المستودع بالنسبة للخريطة.

في مجال القياس، يعتبر الإطار المرجعي عنصرًا في جزء، مثل فتحة أو سطح أو ثقب مستطيل. نقيس غرفة لتحديد المسافة بين ميزتين.

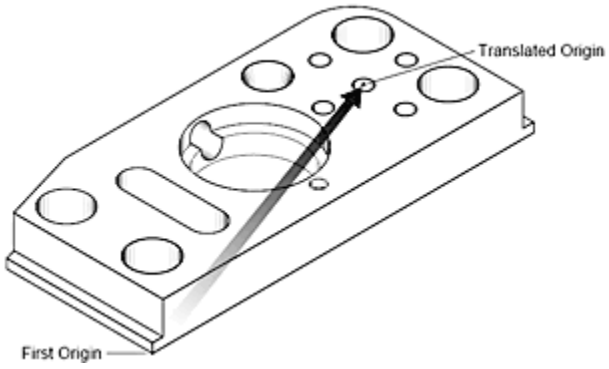


شكل 117: شرح طريقة المستودع بالنسبة للقطعة.

- **ما هي الترجمة؟**

لنفترض أنك بحاجة إلى معرفة المسافة بين ميزة معينة لجزء ما وميزة أخرى. خذ، على سبيل المثال، المسافة إلى مراكز كل من الثقوب الأربعة من الفتحة المركزية. للقيام بذلك، سنبدأ بقياس الثقب المركزي، ثم ننتقل من الأصل إلى مركز الثقب، قبل قياس كل من الثقوب الأربعة المحيطة به. يُطلق على نقل نقطة البداية (الأصل) للقياس من الموضع الحالي إلى موضع آخر في الجزء ترجمة. يقوم CMM بإجراء هذه الترجمة رياضيًا إذا قمت بتنشيط روتين محاذاة في برنامج القياس الهندسي الخاص به.

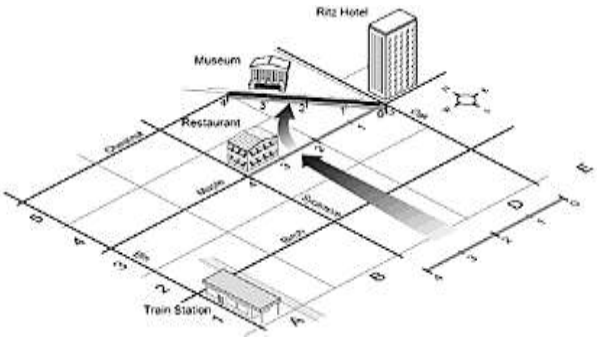
بالعودة إلى خريطة مدينتنا، بمجرد وصولك إلى فندقك، إذا قررت تناول الطعام في مطعم مرموق أثناء زيارتك، فيجب عليك تحديد موقعه على الخريطة. وبذلك يصبح الفندق نقطة انطلاقك الجديدة أو أصلك. من خلال معرفة موقعك، فأنت تعلم أنه يجب عليك السير على مسافة مبنيين غربًا في شارعMaple ، للوصول إلى المطعم.



شكل 118: شرح طريقة الترجمة.

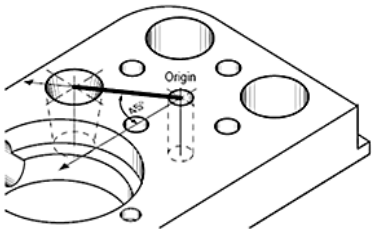
- **ما هو التناوب؟**

ليست كل الإطارات المرجعية متعامدة مع الأطر المرجعية الأخرى. على سبيل المثال، إذا نظرت إلى خريطتك، فسترى أن المتحف يقع في شارع ليس موازيًا أو متعامدًا مع شوارع الفندق والمطعم ومحطة القطار. لذلك، لتحديد المسافة بين الفندق والمتحف، يجب عليك أولاً الترجمة من الأصل إلى الفندق ثم قلب المستو لتكون موازية للشارع الذي يقع فيه المتحف. الآن يمكنك بسهولة قياس المسافة بين المتحف والفندق.



شكل 118: شرح طريقة التناوب.

نفس الإجراء ينطبق على الجزء (الشكل 119). من الممكن قياس المسافة بين فتحتين على قطعة العمل بعد ترجمة الأصل الأولي إلى أصغر ثقب وتدوير نظام إحداثيات قطعة العمل رياضيًا بمقدار 45 درجة. الآن الفتحتان على طول المحور Y الجديد ويتم حساب المسافة تلقائيًا.

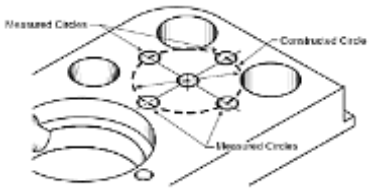


شكل 119: شرح طريقة التناوب للقطع.

4.5 الكيانات المقاسة والمنشأة:

ما هو الفرق بين الميزات المقاسة والمبنية؟ تتكون غالبية الأجزاء من عناصر هندسية بسيطة، يتم إنتاجها بالآلات أو التشكيل. هذه الوحدات الأولية (المستويات، الحواف، الأسطوانات، المجالات، الأقماع، إلخ) تسمى" الكيانات ."عندما يقيس CMM هذه الكيانات مباشرة، من خلال لمس أسطح الكيانات بمسبار، فإننا نتحدث عن الكيانات المقاسة.

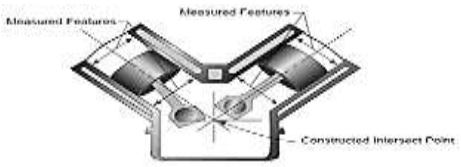
لا يمكن قياس الخصائص الأخرى بشكل مباشر، مثل المسافة والتماثل والتقاطع والزاوية والإسقاط. يجب أن يتم بناؤها رياضيًا من الكيانات المقاسة لتحديد قيمها. تسمى هذه الكيانات الكيانات المنشأة. في الشكل 120، تتكون الدائرة المركزية من النقاط المركزية للدوائر الأربع المقاسة.



شكل 120: الكيانات المقاسة والمنشأة.

5.5 الكيانات المبنية:

تعتبر العلاقات بين كيان أو مجموعة كيانات إلى كيان آخر أو مجموعة كيانات بالغة الأهمية للتصنيع. على سبيل المثال، تحدد نقطة التقاطع بين الأسطوانات الموجودة على جانب واحد من كتلة الأسطوانة وتلك الموجودة على الجانب الآخر مدى ملاءمة الأجزاء المراد تجميعها. يتم إنشاء نقطة التقاطع هذه من الكيانين المقاسين (أسطوانات المحرك).



شكل 121: الكيانات المبنية.

- **ما هو التعويض الحجمي؟**

على الرغم من أن تقنية التصنيع المتقدمة تسمح بالتسامح مع الأجزاء وإنتاجها بدقة شديدة، إلا أنه لا تزال هناك عيوب. مهما كانت صغيرة، فإن حقيقة وجود تفاوتات تعني وجود أخطاء.

لا تختلف آلات قياس الإحداثيات عن المنتجات الأخرى في هذا الصدد. على الرغم من أنها مبنية بتفاوتات شديدة للغاية، إلا أن هناك أخطاء (لفة، ونغمة، وانعراج، واستقامة، وتربيع، وأخطاء في القياس) تؤثر على دقتها. نظرًا لأن تفاوتات التصنيع تصبح أكثر إحكامًا وتشديدًا، يجب زيادة دقةCMMs

يمكن لجهاز الكمبيوتر CMM تصحيح معظم أخطاء الماكينة تلقائيًا. بعد قياس جميع الأخطاء الهندسية في CMM يشار إليها باسم" تعيين الخطأ"، يمكن تصغيرها أو حتى إزالتها باستخدام خوارزميات قوية في برنامج CMM تسمى هذه التقنية "تعويض الخطأ الحجمي."

يعمل القضاء الرياضي على الأخطاء على تقليل تكاليف التصنيع ويزود العميل بمزيد من الأداء مقابل السعر الذي يدفعه.

لشرح ما هو التعويض الحجمي، سوف نأخذ مثالاً على الخريطة والبوصلة. إذا كنت ترغب في التنقل إلى موقع معين، فأنت بحاجة إلى معرفة الاتجاه الفعلي من موقعك الحالي (الأصل). نستخدم بوصلة وخريطة لتحديد اتجاهك. ومع ذلك، هناك فرق بين الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي. يُطلق على الاختلاف بين الاثنين الاختلاف وينتج عن عدم انتظام المجال المغناطيسي للأرض. وبالتالي، لتحديد الاتجاه الحقيقي بين نقطتين، يجب إضافة أو إزالة التباين بين الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي من محمل البوصلة.

في الخريطة المصورة، عليك تعويض الفرق بين الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي (3 درجات غربًا) ، وإلا فسيكون البحار شمال غرب الوجهة المقصودة ويلمس القاع قبل الوصول إلى الوجهة النهائية.

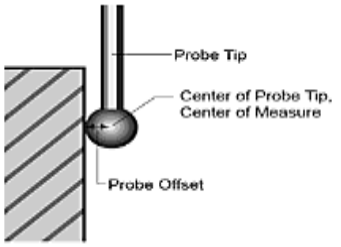
تؤدي آلة قياس الإحداثيات نوعًا مشابهًا من التعويض في الوضع التلقائي لإزالة اختلافات الماكينة من القياس.

6.5 نصائح مسبار للتعويضات:

عادةً ما تحصل CMMs على البيانات عن طريق لمس قطعة العمل بمسبار (مادي أو إلكتروني من نقطة إلى نقطة) متصل بمحور قياس الجهاز. على الرغم من أن طرف المجس دقيق للغاية، بمجرد توصيل المسبار بـCMM ، يجب تحديد موقع الطرف فيما يتعلق بنظام إحداثيات الماكينة قبل القياس. عندما يلامس محيط الطرف الجزء، يتم تحديد مركز المسبار ونصف قطره عن طريق قياس كرة دقيقة للغاية (كرة إعادة التأهيل).

بمجرد معرفة مركز الطرف ونصف قطره، عندما يلمس المسبار قطعة عمل، يتم تحويل إحداثيات الطرف رياضيًا من نصف قطر الطرف إلى نقطة التلامس الفعال للطرف (الشكل 122). يتم تحديد اتجاه الإزاحة تلقائيًا بواسطة إجراء المحاذاة.

نطبق إجراءً مماثلاً عندما نوقف مركبة. كلما زادت جودة التقدير من المظهر الخارجي للسيارة، كان من الأفضل لنا ركن السيارة بالقرب من الرصيف.

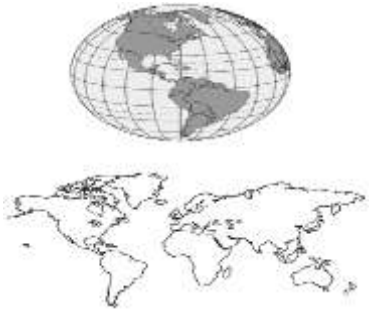


شكل 122: المسبار.

7.5 الإسقاطات:

الإسقاط هو إعادة إنتاج ميزة ذروة على سمة أخرى، على سبيل المثال إسقاط دائرة أو خط على مستوى أو نقطة على خط.

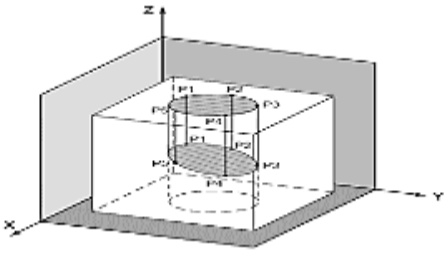
يمكننا مقارنة إسقاط كيان من جزء على آخر بإنشاء خريطة" مستوية "كلاسيكية للعالم (إسقاط مركاتور). تنتج الخريطة المستوية من إسقاط كرة العالم (كرة) على أسطوانة.



شكل 123: مبدأ الاسقاط.

في علم القياس، تسمح لك الإسقاطات بقياس مدى ملاءمة الأجزاء المراد تجميعها بدقة أكبر. كجزء من قياسات أسطوانة السيارة (مثل كتل الأسطوانات)، عن طريق إسقاط أسطوانة على سطح، يمكنك تحديد كيفية ملائمة المكابس للأسطوانة بدقة وكيف يتناسب الرأس مع الأسطوانة، وغرفة الاحتراق.

هناك حاجة إلى عدد لا يقل عن ثلاث نقاط لقياس قطر الدائرة، وإذا لم يتم وضع هذه النقاط على نفس المسافة من أعلى التجويف، فسيكون للقطر المقاس شكل بيضاوي. للقضاء على هذا التحريف، يتم عرض البيانات المقاسة على مستوى عمودي على محور الأسطوانة. والنتيجة هي تحديد دقيق للحجم الفعلي لميزة هذا الجزء.



شكل 124: مبدأ الإسقاط في عملية القياس.

8.5 تطبيق تقنيات:

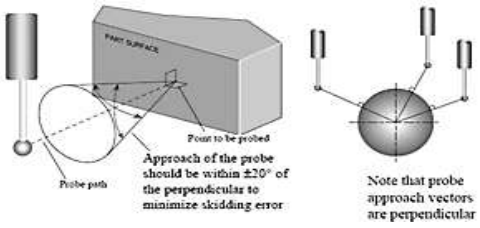
- **الفحص الفعال:**

عند فحص جزء ما، يمكنك التخلص من العديد من الأسباب الشائعة لخطأ القياس.

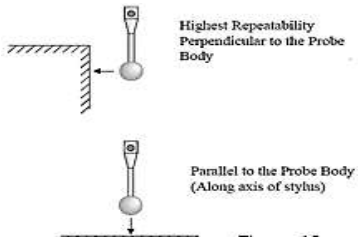
على سبيل المثال، يجب إجراء قياسات المسبار بشكل عمودي على سطح قطعة العمل إن أمكن. تم تصميم مجسات الزناد من نقطة إلى نقطة المستخدمة في آلات قياس الإحداثيات لإعطاء أفضل النتائج عندما يلمس طرف المجس قطعة الشغل المتعامدة مع جسم المسبار. من الناحية المثالية، ينبغي إجراء التحقيق في حدود ± 20 درجة من المحور العمودي لتجنب انزلاق الأطراف. يتسبب الانزلاق في نتائج غير متسقة وغير قابلة للتكرار.

- **سطح العمل:**

عند فحص قطعة لاحظ أن نهج المجس يجب أن يكون في نطاق ± 20 درجة من المحور العمودي لتقليل خطأ الانزلاق. متجهات نهج المسبار متعامدة على سطح الكرة.

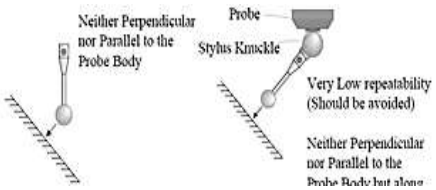


إن السبر الموازي لجسم المسبار، أي على طول محور القلم، لا يمكن تكراره مثل تلك التي يتم إجراؤها بشكل عمودي على المحور.



- **تطبيق الفعالة:**

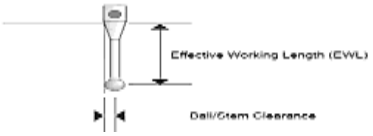
تقنيات الاستقصاء ينتج عن الفحص غير العمودي أو الموازي لجسم المسبار نتائج أقل قابلية للتكرار مقارنة بالتحقيق الموازي للجسم. يجب تجنب السبر الموازي للقلم، لأن هذا يؤدي إلى أخطاء كبيرة.



يعد الاتصال بالقضيب مصدرًا آخر لخطأ القياس إذا لامس المسبار قطعة العمل بالقضيب، وليس بطرف القلم، يفترض نظام القياس أن الفحص قد تم بالطريقة المعتادة، وينتج عن ذلك أخطاء كبيرة.

- **تطبيق تقنيات الفحص الفعالة:**

يمكنك تقليل مخاطر ملامسة القضيب باستخدام طرف قطر أكبر لزيادة المسافة بين الكرة / القضيب وسطح قطعة العمل. بشكل عام، كلما كان قطر الطرف أكبر، زاد انخفاض القلم قبل أن يصل إلى ميزة الجزء. يتم تحديد هذه المعلمة من خلال طول العمل المفيد للمسبار. أيضًا، كلما كان الطرف أكبر، قل التأثير على سطح قطعة العمل، حيث يتم توزيع نقطة الاتصال على مساحة أكبر من السمة المراد قياسها. ولكن، أكبر طرف قابل للاستخدام يقتصر على حجم أصغر الفتحات المراد قياسها.



يتم تسجيل النقاط المقاسة بمسبار إلكتروني عندما يكون القلم قويًا بدرجة كافية لكسر التلامس الميكانيكي أو توليد قوة كافية لتشغيل دائرة حساسة للضغط. يتسبب الترتيب المادي لجهات الاتصال في حدوث أخطاء صغيرة في الدقة، على الرغم من تقليلها أثناء تأهيل المسبار. ومع ذلك، فكلما زاد امتداد المسبار، زاد خطأ وزاد الخطأ المتبقي بعد تأهيل المسبار. المسابير الطويلة أقل صلابة من المسابير الأقصر. كلما زاد انحناء القلم أو انحرافه، زاد عدم الدقة. يجب تجنب المجسات ذات مجموعات القلم / التمديدات الطويلة جدًا.

شكل 125: تنسيق آلات القياس

1.6 القياس بالأنظمة الهوائية:

1.1.6 مقدمة:

في الوقت الحاضر، تُستخدم أنظمة القياس الهوائية على نطاق واسع في الصناعة الميكانيكية للتحكم في أبعاد الأجزاء الميكانيكية بسبب مزاياها (القياس بدون تلامس، والتنظيف الذاتي للأجزاء المراد التحكم فيها، وسهولة الصيانة، وإمكانية الحصول على تضخمات عالية، وأجهزة قوية وموثوقة، إلخ.).

يتميز الجهاز etamic بخاصية نظرية خطية، مما يمنحه جودة مترولوجية مثيرة للاهتمام، ولكن يتم تقليل المساحة الخطية لخاصيته التجريبية. في الواقع، لوحظت مقاومة تدفق الهواء عبر فوهة القياس عند قيم منخفضة للأبعاد بين الفوهة والجزء المراد قياسه، وانقباض عند القيم العالية لهذا البعد. لذلك يتم تقليل حساسيتها على احتمالات عالية.

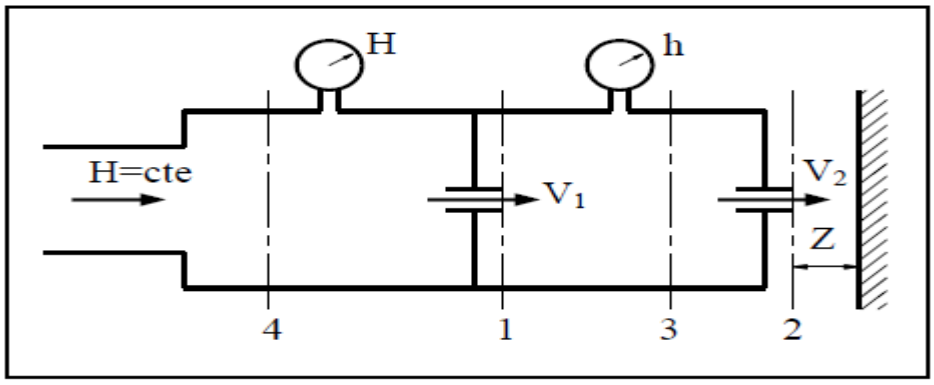
مستشعر القياس الهوائي المحدد من قبل B.N. Markow، والذي نسميه مستشعر الحقن، يسمح بزيادة المساحة الخطية مقارنة بفوهة القياس العادية. حتى أنه يمكن أن يسبب انخفاضًا في غرفة القياس الخاصة به.

يمكن أن يؤدي الجمع بين etamic مع مستشعر الحقن هذا إلى إعطاء خاصية مترولوجية مفيدة للاستخدام، لا سيما في التحكم النشط (في محطة معالجة آلية على سبيل المثال).

تعتمد دراسة النظام على القانون الأساسي لأجهزة القياس الهوائية التقليدية. نعتبر أنه من المفيد الإشارة إلى أساس الصيغ العامة والمبسطة التي تحكم هذه الأجهزة.

2.1.6 المعادلة الأساسية لأنظمة القياس الهوائية التقليدية:

يوضح الشكل 126 مبدأ القياس بهذه الأنظمة.



الشكل 126: المبدأ الأساسي لأنظمة القياس الهوائية .

في القياس بالهواء المضغوط، يُفترض أن الهواء غاز مثالي وأن التدفق ثابت الحرارة، مما يجعل من الممكن استخدام العلاقة:

$$\frac{\gamma}{\gamma-1}\cdot\frac{P}{\rho}+\frac{V^2}{2}=cte \qquad (1)$$

γ يعين المعامل الثابت للحرارة للهواء. P و ρو V هي على التوالي الضغط المطلق ، والكثافة الحجمية ، وسرعة التدفق في القسم الذي تم النظر فيه.

بتطبيق هذه العلاقة بين القسمين 1 و4، وبين 2 و3، ومع مراعاة مبدأ الحفاظ على الكتلة:

$$\rho_2 S_2 V_2 = \rho_1 S_1 V_1 \qquad (2)$$

نحصل على المعادلة التالية؛ تأثير تقييد منطقة التدفق من خلال الفتحات لا يؤخذ في الاعتبار:

$$h = \frac{1}{\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left[\frac{1}{\rho_1}+\frac{1}{\rho_3}\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2\right]}\left\{V_4^2-\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 V_3^2+\right.$$

$$\left.\frac{2\gamma}{\gamma-1}\left[\frac{H}{\rho_4}+P_{atm}\left(\frac{1}{\rho_4}-\frac{1}{\rho_1}\right)-\left(\frac{\rho_2}{\rho_1}\right)^2\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2\left(\frac{1}{\rho_3}-\frac{1}{\rho_2}\right)\right]\right\}$$

في علم القياس الهوائي، هذا التعبير غير قابل للاستخدام في هذا الشكل المعقد. نحن نستخدم صيغة أخرى أبسط مع بعض الافتراضات المبسطة:

-القسمان S_2 وS_1 بنفس الترتيب من حيث الحجم وصغيران جدًا مقارنة بتلك S_3 وS_4 اللذان لهما أيضًا نفس الترتيب من حيث الحجم (عمليًا، $d_2 \leq 2$ مم، $d_1 < 1.5$ مم، $d_3 \approx d_4 \geq 6$ مم)

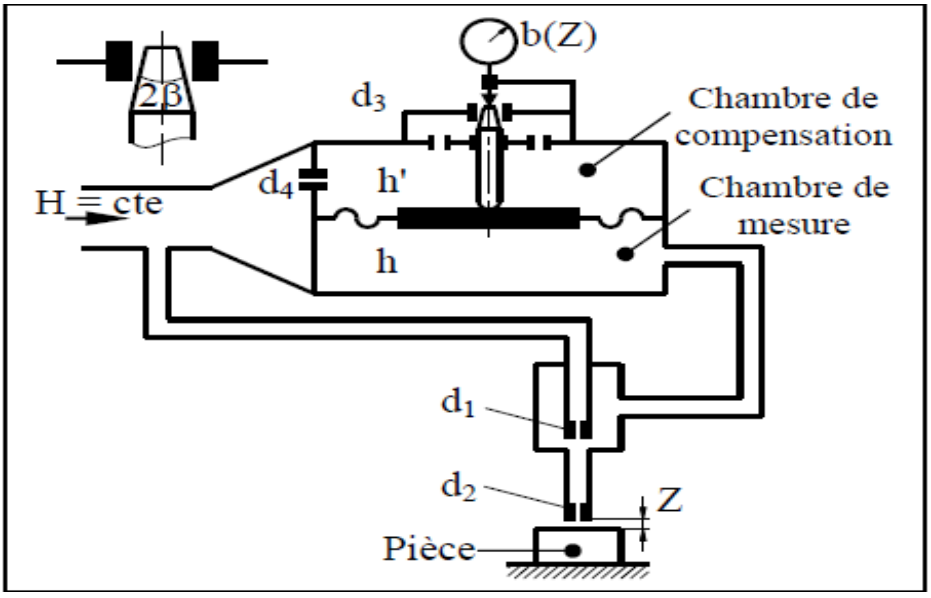
-التدفق غير القابل للضغط (عمليًا يسمح $Z \leq 0.2$ مم بالاعتراف بأن التدفق غير قابل للضغط)

بالنظر إلى هذه الافتراضات، تأخذ العلاقة السابقة الشكل المبسط التالي وهو المعادلة الأساسية لأنظمة القياس الهوائية:

$$h = \frac{H}{1+\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2} \qquad (4)$$

2.6 معادلة نظام الاستشعار etamic مع الحقن:

يوضح الشكل 127 نظام القياس هذا.



الشكل 127: رسم تخطيطي لل etamic جنبا إلى جنب مع جهاز استشعار الحقن.

يُعطى الضغط h في حجرة القياس بالتعبير التالي:

$$h = \frac{2H\left(\frac{S_2}{S_1} - \varepsilon\right)}{2\left(\frac{S_2}{S_1} - \varepsilon\right) - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2} \qquad (5)$$

مع:

$$\varepsilon = \frac{\rho_1}{\rho_2} \qquad (6)$$

يتم الحصول على الضغط في غرفة التعويض من خلال تطبيق العلاقة الأساسية المبسطة، والتي تجعل من الممكن كتابة:

$$h' = \frac{H}{1 + \left(\frac{S_3}{S_4}\right)^2} \qquad (7)$$

في حالة توازن الغشاء وبافتراض أنه مرن تمامًا ويتجاهل الإجراءات الميكانيكية (قوى الاحتكاك، حركة الزنبرك، وزن القرص المرتبط بالغشاء، إلخ)، يمكننا كتابة، h = h '. تم إجراء جميع الحسابات، وننجزها:

$$S_3 = \frac{S_2 S_4}{S_1 \sqrt{2\left(\varepsilon - \frac{S_2}{S_1}\right)}} \qquad (8)$$

S_1 و S_4 عبارة عن مقاطع دائرية بأقطار d_1 و d_4 على التوالي. S_2 هو سطح تدفق الهواء الجانبي بين الجزء وفوهة القياس بقطر d_2. S_3 هو سطح تدفق الهواء بين فتحة قطرها d_3 والإبرة. لدينا:

$$S_2 = \pi d_2 Z \qquad (9)$$

$$S_3 = \pi b \sin\beta\left(d_3 - \frac{b}{2}\sin 2\beta\right) \qquad (10)$$

العلاقة (8) تصبح:

$$\frac{\sin 2\beta}{2} b^2 - b d_3 + \frac{\left(\frac{d_4}{d_1}\right)^2 d_2 Z}{\sin\beta\sqrt{2\left(\varepsilon - \frac{4 d_2 Z}{d_1^2}\right)}} = 0 \qquad (11)$$

تم حل هذه المعادلة فيما يتعلق بـ b ومع مراعاة الشرط $b = 0$ لـ $Z = 0$، يعطي:

$$b = \frac{d_3}{\sin 2\beta}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{4\left(\frac{d_4}{d_1}\right)^2 d_2 Z \cos\beta}{d_3^2\sqrt{2\left(\varepsilon - \frac{4 d_2 Z}{d_1^2}\right)}}}\right] \qquad (12)$$

باستخدام التقريب:

$$\sqrt{1 - A} \cong 1 - \frac{1}{2}A \qquad (13)$$

سيكون لدينا أخيرًا:

$$b = \frac{1}{\sin\beta} \cdot \left(\frac{d_4}{d_1}\right)^2 \cdot \frac{d_2}{d_3} \cdot \frac{Z}{\sqrt{2\left(\varepsilon - \frac{4d_2 Z}{d_1^2}\right)}} \qquad (14)$$

3.6 ميزة الحساسية المزدوجة المميزة:

في التحكم النشط باستخدام أنظمة تعمل بالهواء المضغوط، يجب ضبط المسافة بين فوهة القياس والجزء على Z_{moy}. للسماح بالتحكم في الأجزاء التي تصل عمومًا إلى مرحلة التشطيب بسماكة إضافية من 0.3 إلى 0.5 مم، يجب أن يكون Z_{moy} أكبر من هذه السماكة الإضافية. باستخدام أجهزة القياس الهوائية التقليدية، من المستحيل تلبية هذه الحالة في نفس الوقت بحساسية عالية. يتيح استخدام نظام حقن المستشعر الإيتاميكي تلبية هذا المطلب. في الواقع، تتيح المنطقة الخطية الأولى متابعة التغيرات في الأبعاد المراد تشكيلها. في هذا المجال، ليس من الضروري وجود حساسية عالية لجهاز القياس. من ناحية أخرى، يتم استخدام المنطقة الخطية الثانية للحصول على إشارة التوقف لآلة المعالجة. في هذه الحالة، من الضروري للغاية أن يكون لديك حساسية عالية للجهاز من أجل تقليل أخطاء التصنيع للأجزاء، وبالتالي الخردة.

تؤدي المنطقة الخطية الأولى نفس الوظيفة التي تؤديها أنظمة القياس الهوائية التقليدية.

4.6 اختيار قطر فوهة القياس وفقًا لقطر الجزء المراد فحصها:

يتم إنشاء الصيغة (14) في حالة قياس الأجزاء ذات الوجه المسطح عند فوهة القياس. ومع ذلك، في الصناعة، غالبًا ما يتم قياس الأجزاء الأسطوانية والمخروطية والكروية. وبالتالي فإن سطح تدفق الهواء بين الفوهة والجزء مختلف عنه.$d_2z\pi$ هي:

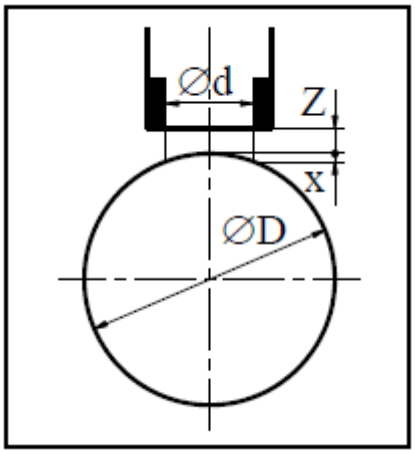
$$S = \pi d_2 Z + \Delta S$$

ΔS هي المساحة الزائدة.

وبالتالي فإن خطأ ΔS يؤدي إلى خطأ في القياس. من الواضح أن هذا الخطأ مهم إذا كانت S مهمة. ΔS يعتمد على الشكل الهندسي للجزء المراد فحصه. ضع في اعتبارك حالة التحكم في كرة وأسطوانة خارجية.

1.4.6 حالة فحص الأجزاء الكروية:

لنفترض أن d و D هما أقطار فوهة القياس والجزء المراد فحصه على التوالي. لدينا (الشكل 128):



الشكل 128: السطح الجانبي لتدفق الهواء في حالة التحكم في الكرة.

$$x = \frac{D}{2}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}\right]$$

منطقة تدفق الهواء الزائد هي:

$$\Delta S = \pi \cdot d \cdot x$$

ضع في اعتبارك خطأ السطح النسبي:

$$\varepsilon_S = \frac{\Delta S}{S}$$

هذا يسمح لنا بكتابة:

$$\frac{D}{2}(1 - \varepsilon_S)\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2} = Z\varepsilon_S$$

يكون القياس الهوائي صالحًا فقط في مجال البعد Z بحيث يكون سطح تدفق الهواء الجانبي بين الجزء وفوهة القياس مساويًا أو أقل من قسم هذه الفوهة، والذي يترجم بالعلاقة التالية لفوهة دائرية:

$$Z \leq \frac{d}{4}$$

تم إجراء جميع الحسابات، ونحصل على:

$$\frac{d}{D} \leq \frac{4\varepsilon_s(1-\varepsilon_s)}{4(1-\varepsilon_s)^2+\varepsilon_s^2}$$

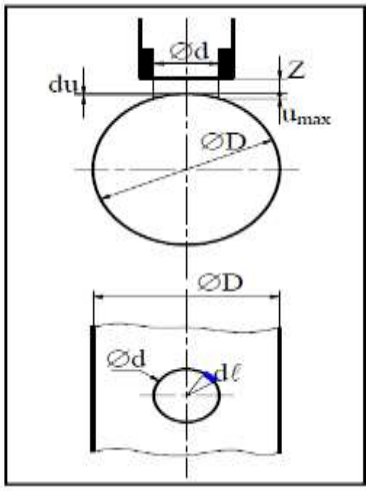
من اجل ε صغير، سيكون لدينا:

$$\frac{d}{D} \cong \varepsilon$$

2.4.6 حالة فحص الأجزاء الأسطوانة:

يمكن كتابة عنصر السطح الجانبي الزائد ΔS بالشكل (الشكل 129):

$$\Delta S = \int du \cdot d\ell$$



الشكل 129: السطح الجانبي لتدفق الهواء في حالة التحكم في الأسطوانة في القياس الهوائي.

بالتعبير عن du وdl وتطوير الحسابات، نحصل على:

$$\Delta S = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{d^3}{D}$$

التعبير عن النسبة:

$$\varepsilon_s = \frac{\Delta S}{S}$$

$$\frac{d}{D} = \frac{8Z\varepsilon_s}{(1-\varepsilon_s)d} \leq \frac{2\varepsilon_s}{(1-\varepsilon_s)}$$

بالنسبة إلى εs صغير جدًا، سيكون لدينا:

$$\frac{d}{D} \cong 2\varepsilon_s$$

: SOLEX METROLOGY 3.4.6

يستخدم هذا الجهاز للتحكم في أبعاد الأجزاء ذات الثقوب التي يجب أن تراعي أبعادها التفاوتات الشديدة جدًا، والأجزاء التي لا يمكن لمسها بسبب حالة سطحها، أو حتى الأجزاء ذات الأشكال الهندسية المعقدة وبالتالي فهي موجودة منذ سنوات عديدة في القطاعات الصناعية مثل الطب الحيوي (الأطراف الاصطناعية)، ومستحضرات التجميل (البخاخات)، والمستحضرات الصيدلانية (مضخات الجرعات)، والطيران أو السيارات (الأجزاء الميكانيكية)، حيث تشتهر بقوتها وموثوقيتها وقياسها العالي جدًا. يقيس الجهاز التجاويف أو الأقطار الخارجية للفتحات التي تتراوح أبعادها بين 2.5 مم و300 مم، بدقة عُشر ميكرومتر.

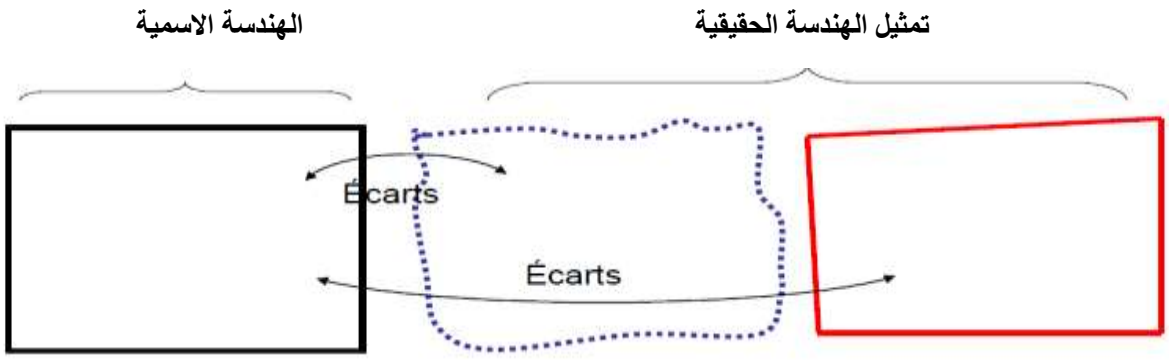
الشكل 129:SOLEX METROLOGY

7. مراقبة أخطاء الشكل والوضع:

1.7 تعريفات:

- **الأبعاد الاسمية**: هي الأبعاد الموضحة في رسومات التعريف.
- **الشكل الاسمي**: عبارة عن أسطح هندسية بسيطة (مستويات، أسطوانات، مخاريط، إلخ) تحد من جزء يمثله رسم تقني.
- **السطح الحقيقي**: العنصر الحقيقي ناتج عن التشغيل الآلي أو بشكل عام من عملية الإنتاج. لا يُعرف العنصر الحقيقي تمامًا أبدًا، بسبب محدودية وسائل الفهم، وربما التعقيد الهندسي للأسطح المرسومة. نعطي أفضل صورة ممكنة له عن طريق القياس، ونعترف، في أغلب الأحيان، ***أن العنصر الحقيقي هو العنصر المقاس***.
- **السطح المقاس**: هذه صورة العنصر الحقيقي التي تعطى بوسائل القياس. يأخذ هذا الاستنساخ شكل تسجيل أو ملف نقطي أو صورة رقمية أو بصرية، اعتمادًا على نوع المستشعر المستخدم. في جميع الحالات، يتم تحديد العنصر المقاس بواسطة سحابة من النقاط.
- **سطح الاستبدال**: ينتج العنصر المحسن من سحابة النقاط التي تحدد العنصر المقاس. يتم تحديد النقاط بشكل فردي من خلال إحداثياتها في مرجع قياس معروف، ومعالجة التحسين الرياضي تجعل من الممكن تحديد العنصر التمثيلي المثالي لسحابة النقاط. أكثر الأدوات الرياضية شيوعًا هي التحسين بطريقة المربعات الصغرى.

2.7 الهندسة الاسمية الحقيقية والانحرافات:



✓ **التسامح**: تحديد حدود اختلاف الانحرافات بين الهندسة الاسمية وتمثيل الواقع.

1.2.7 العنصر المرتبط:

العنصر المرتبط بصورة حقيقية هو عنصر هندسي مثالي (مستوي، أسطوانة، إلخ) مماس للجانب الحر للمادة وتقليل أكبر انحراف (معيار آخر: المربعات الصغرى المستخدمة عمومًا بواسطة برنامج MMT).

يمكن استخدام العناصر المرتبطة بمفردها أو مشتركة (لتحديد نظام مرجعي محدد).

✓ **ملحوظة:** من الناحية العملية، يصعب تحقيق هذه العناصر، وبالتالي فإن الخلل في شكل الحقيقي يعتبر ضئيلًا.

- **مثال**: عنصر مرتبط بصورة خط

2.2.7 أنواع التفاوتات:

هناك نوعان من التفاوتات:

- **تفاوتات الأبعاد:**
  - ✓ التفاوتات الخطية.
  - ✓ التحمل الزاوي.
- **التفاوتات الهندسية:**
  - ✓ تفاوتات الشكل.
  - ✓ تفاوتات التوجه.
  - ✓ التفاوتات الوضعية.
  - ✓ تغلب على التحمل.

- **تفاوتات الأبعاد:**

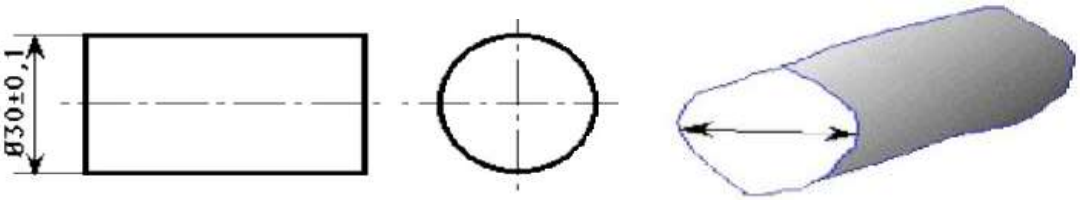
تتعلق التفاوتات في الأبعاد بكميات الطول أو نوع الزاوية.

يحد التسامح الخطي فقط الأبعاد المحلية الحقيقية (البعد بين نقطتين) لعنصر بسيط***تفاوتات الأبعاد (ISO 8015)***

- **التفاوتات الخطية**:

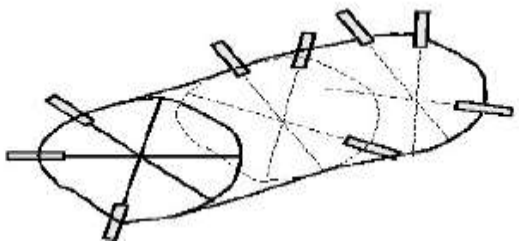
الرسم التعريفي للقطعة:

قطعة حقيقية



الجزء الحقيقي: البعد المحلي بين نقطتين.

- تفاوت الأبعاد يحد فقط من الأبعاد المحلية الفعلية:

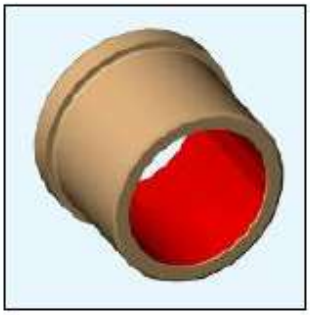


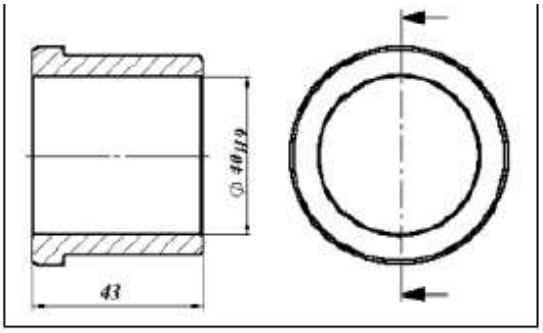
$$29,9 \leq di \leq 30,1$$

- يجب احترام كل بُعد محلي فعلي بشكل مستقل عن الأبعاد المحلية الفعلية الأخرى.

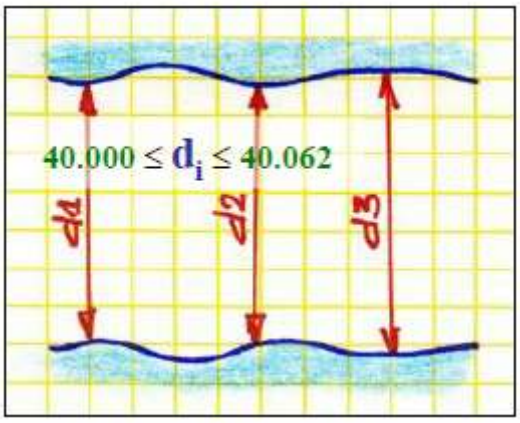
مثال: قطر الأسطوانة:

- كتابة المواصفات:





- مواصفات فك التشفير:



يجب أن تكون الأبعاد di المستخرجة من الواقع ضمن مجال التسامح.

✓ **فحص قطر الأسطوانة:**

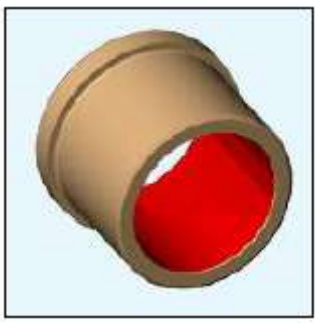
- **معايرة الميكرومتر:**

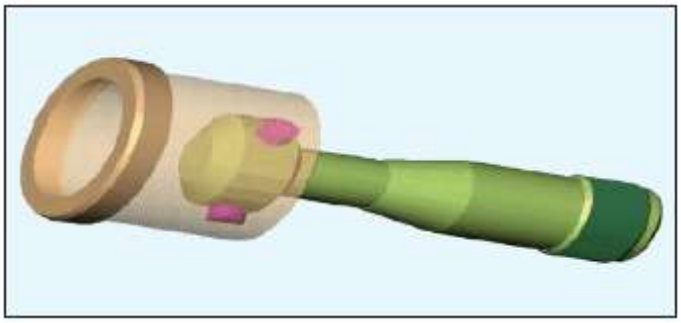
قارن القيمة التي يعرضها ميكرومتر التجويف، عند قياس أسطوانة قياسية ذات حجم معروف.

- **مراقبة:**

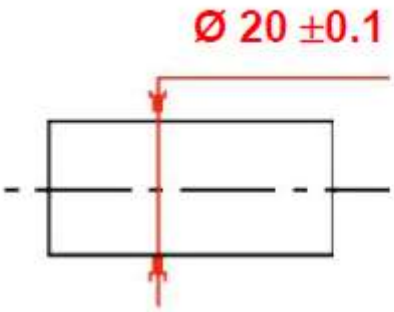
- قم بإجراء قياسات n (بناءً على مدى التجويف)

- تم إعلان التجويف متوافقًا، إذا كانت القيم المسجلة ضمن فترة التفاوت المسموح بها.



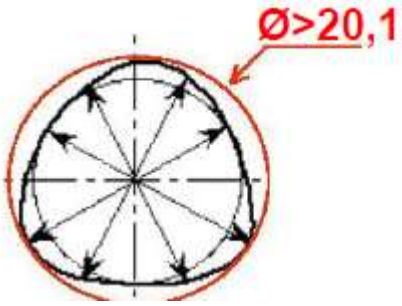


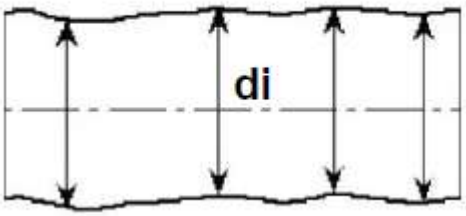
- **شرط التسامح الأبعاد: مثال:**



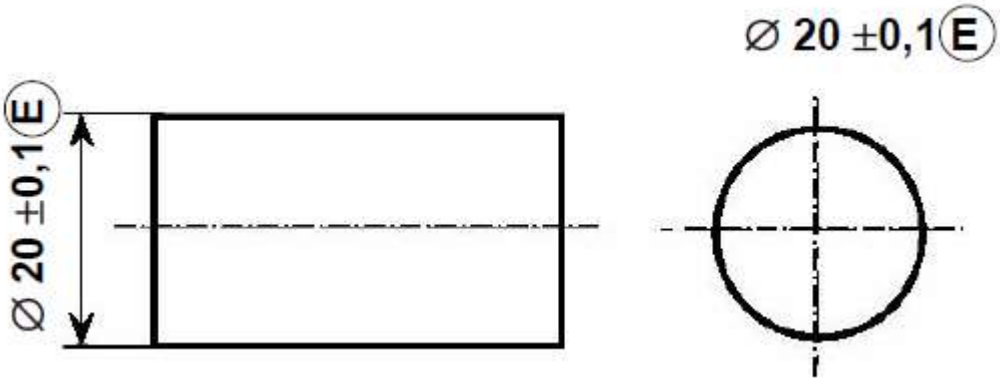
- يجب أن يظل كل بُعد محلي فعليًا ضمن تفاوت الأبعاد

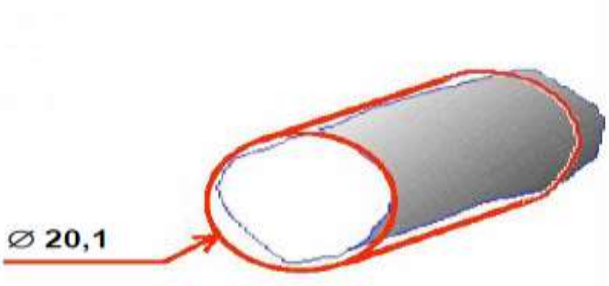
- الحالة التي يكون فيها كل بُعد محلي حقيقي di = 20.1





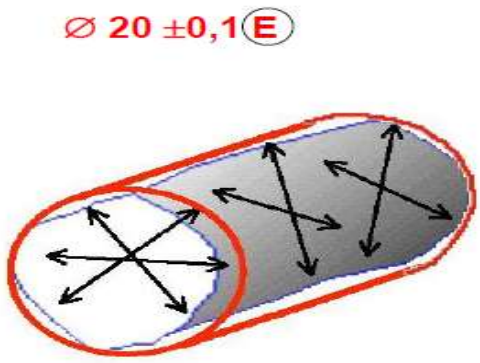
- **متطلبات المغلف:**





يجب عدم تجاوز مظروف الشكل المثالي عند الحد الأقصى للمادة (ISO 8015).

- **المتطلبات الوظيفية:**

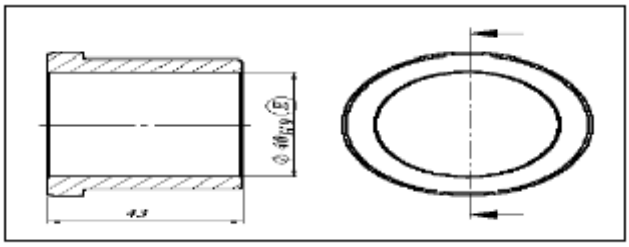


• يجب ألا يتجاوز سطح العنصر الأسطواني غلاف الشكل المثالي عند أقصى بُعد للمادة 20.1 Φ.

• لا ينبغي أن يكون البعد المحلي الفعلي أقل من Φ19.9.

✓ ***قطر الاسطوانة (متطلبات المغلف):***

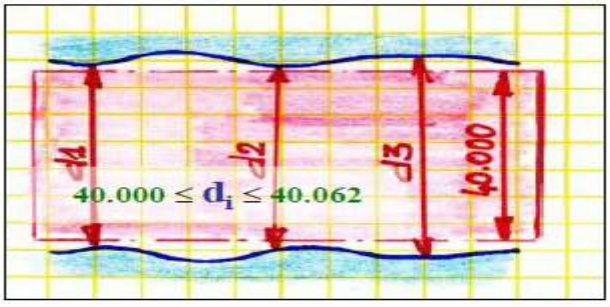
➢ **كتابة المواصفات**



➢ **مواصفة فك التشفير**

أ-يجب أن تكون الأبعاد المستخرجة من الفعلية ضمن نطاق التفاوتات.

ب-لا يجوز تجاوز مظروف أسطواني كامل لا يقل عن (40.000) مادة



- **معايرة الميكرومتر:**

قارن القيمة التي يعرضها ميكرومتر التجويف، عند قياس أسطوانة قياسية ذات حجم معروف

- **مراقبة:**

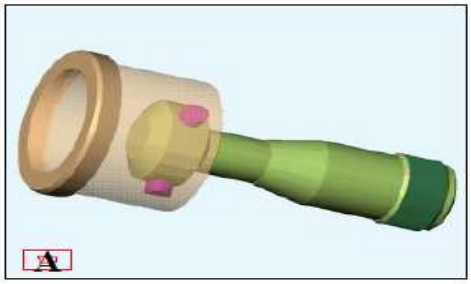
أ -قم بإجراء قياسات n (ن اعتمادًا على مدى التجويف)

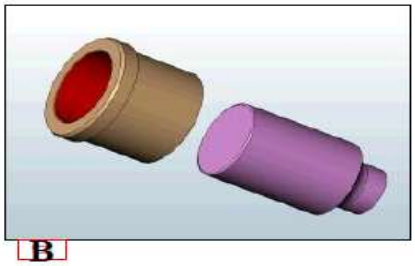
ب -أدخل أسطوانة بقطر 40000 (مغلف) في التجويف وطول أكبر من التجويف الذي تم فحصه،

ت-أعلن التجويف متوافق:

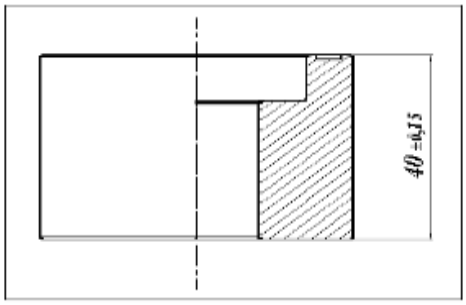
ج-إذا كانت القيم المسجلة ضمن فترة التفاوت المسموح بها.

خ-إذا تمكنت أسطوانة المغلف من الدخول بالكامل في التجويف.

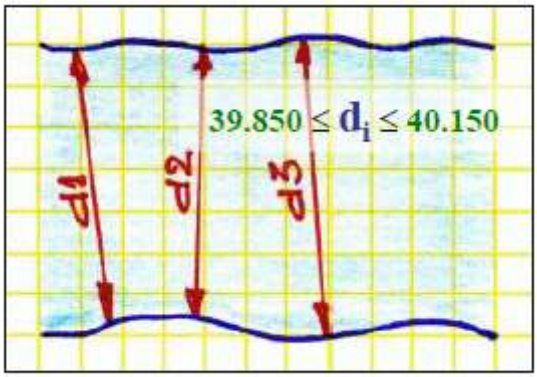




- **المسافة بين المستويات:**
  - **كتابة المواصفات:**



- **مواصفة فك التشفير:**



يجب أن تكون الأبعاد المستخرجة من الواقع ضمن فترة التسامح

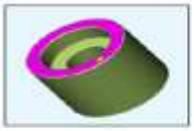
- ✓ **التحكم في المسافة بين المستويات:**
  - **معايرة الميكرومتر:**

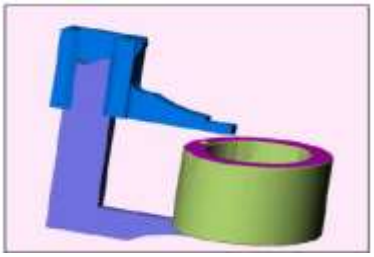
قارن القيمة التي يعرضها جهاز القياس عند قياس معيار الحجم المعروف.

- مراقبة:

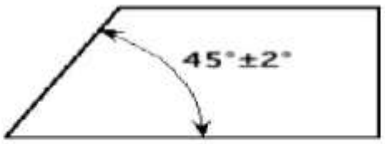
- قم بإجراء قياسات n (بناءً على مدى التجويف)

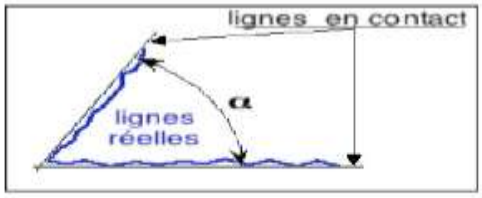
- تم الإعلان عن توافق المسافة بين المستويات، إذا كانت القيم المسجلة ضمن فترة التفاوت المسموح بها.



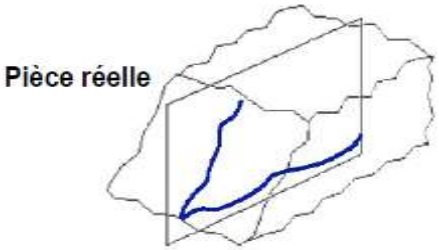


- **التفاوتات الزاوية:**





$43° \leq \alpha \leq 47°$



في كل مستو، يجب أن يظل كل بُعد محلي فعليًا ضمن تفاوت الأبعاد.

العيوب الهندسية والتفاوتات:

تحدد التفاوتات الهندسية انحراف العنصر الحقيقي عن:

- شكله

- توجهها

- موقعه الدقيق نظريًا دون مراعاة أبعاد العنصر.

- تفاوتات الشكل: الاستقامة، الاستدارة، التسطيح، الأسطوانية، ...
- التفاوتات في الاتجاه: التوازي، العمودية، الميل، ...
- التفاوتات في المواضع: التناظر، المحورية، الموقع، ...
- تفاوتات الضرب: الضرب البسيط، الضربات الكلية، ...

1.عيوب الشكل:

خاصية منطقة التفاوت		عنصر التفاوت	تمثيل	نوع
حقيقي	الوضعية			
Ø أسطوانة المسافة بين سطرين	لا شيء	عنصر خط مستقيم اسميًا	استقامة	
المسافة بين دائرتين متحدة المركز	لا شيء	عنصر خط دائري اسميًا	دائرية	
المسافة بين خطين	لا شيء	عنصر خطي	شكل خط كيفي	
المسافة بين مستويين متوازيين	لا شيء	عنصر مستوي اسميا	التسطيح	
المسافة بين اسطوانتين محوريتين	لا شيء	عنصر مستو أسطواني اسميا	اسطوانية	
المسافة بين سطحين	لا شيء	عنصر السطح	شكل أي سطح	

2. عيوب التوجيه:

خاصية منطقة التفاوت		عنصر التفاوت	تمثيل	نوع
حقيقي	الوضعية			
Ø من الاسطوانة المسافة بين خطين المسافة بين مستويين مع مرجع محدد	**الزاوية**	عنصر خط مستقيم اسميًا	التوازي	
			عمودية	
			إمالة	
المسافة بين سطرين أو سطحين - مع مرجع أو نظام مراجع		عنصر خطي	أي اتجاه خطي	
		عنصر السطح	اتجاه أي سطح	

3. أخطاء الموقف:

خاصية منطقة التفاوت			عنصر التفاوت	تمثيل	نوع
حقيقي		الوضعية			
مع مرجع محدد	المسافة بين خطين أو مستويين	زاوية مسافة: بعد	نقطة خطية مستقيمة اسميا السطح مستوي اسميا	تناظر	
	Ø من الدائرة	مسافة: بعد	منضبط	تركيز	
	Ø من الاسطوانة	مسافة: بعد	خط مستقيم اسميا	تمحور	
Øمن دائرة أو أسطوانة المسافة بين خطين المسافة بين مستويين		زاوية مسافة: بعد	منضبط خط مستقيم اسميا السطح المستوي الاسمي	موقع	
			عنصر خطي	أي اتجاه خطي	
			عنصر السطح	اتجاه أي سطح	

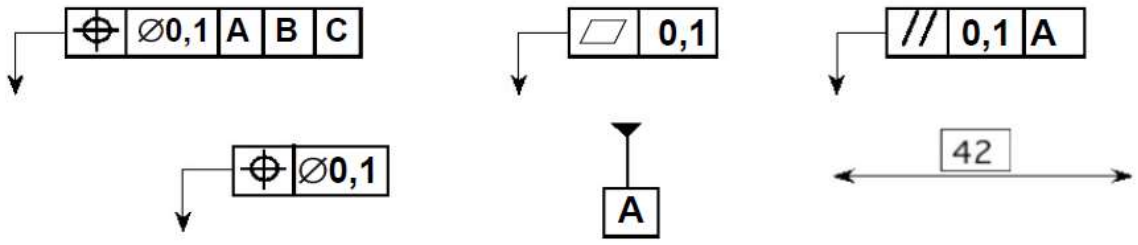
4. تفاوتات النبض:

خاصية منطقة التفاوت		عنصر التفاوت	تمثيل	نوع
حقيقي	الوضعية			
المسافة بين خطين المسافة بين سطحين - مع مرجع محدد	زاوية مسافة: بعد	عنصر خط ينتمي اسميًا إلى مستوى أو أسطوانة أو مخروط	نبضة دائرية محوري نصف قطري	
المسافة بين خطين المسافة بين سطحين - مع مرجع محدد	زاوية مسافة: بعد	مستو اسميا، عنصر مستو أسطواني أو مخروطي الشكل	نبض كلي	

b) التفاوتات الهندسية:

- عناصر حقيقية: عنصر متسامح -عنصر مرجعي
- العناصر النظرية الدقيقة:
  - مسند محدد -نظام بيانات محدد
  - منطقة التسامح -الأبعاد النظرية الدقيقة ...

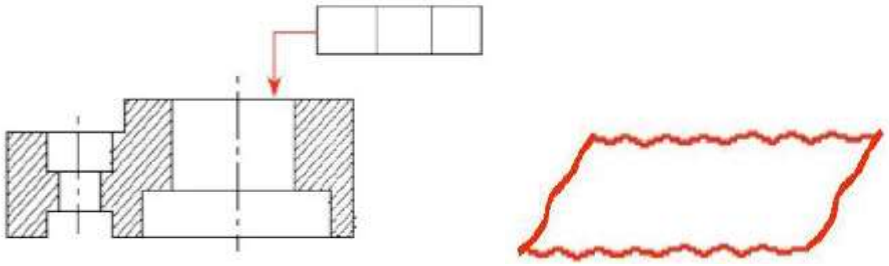
- **الترميز:**



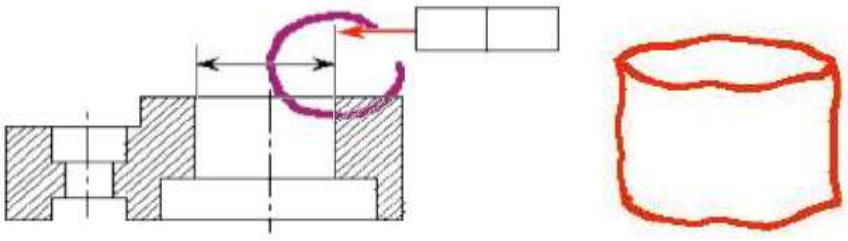
- **عنصر مسامح:**

يشير السهم إلى عنصر حقيق

- **سطح: مستو**

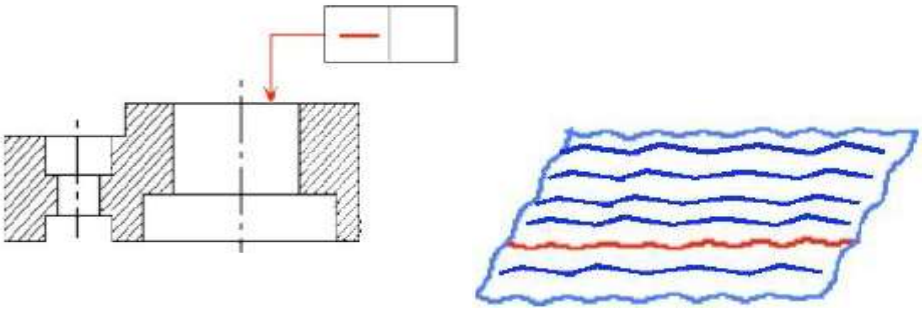


يعتبر السطح مسطحًا.

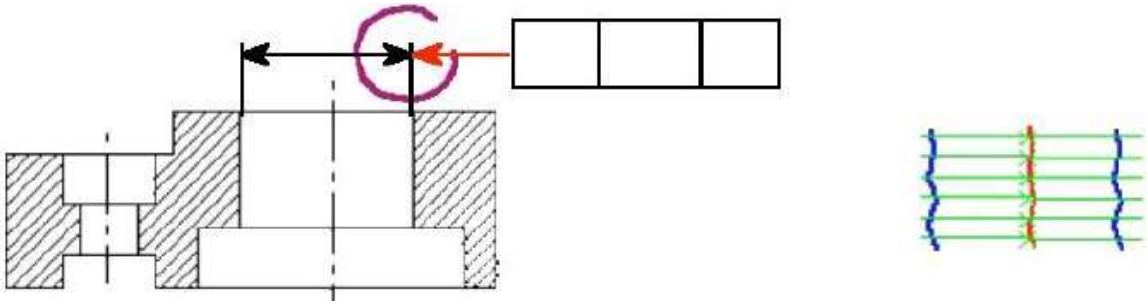


يعتبر السطح أسطوانيًا

- **عنصر مسامح:**
- يشير السهم إلى عنصر حقيقي:
- مستقيم:

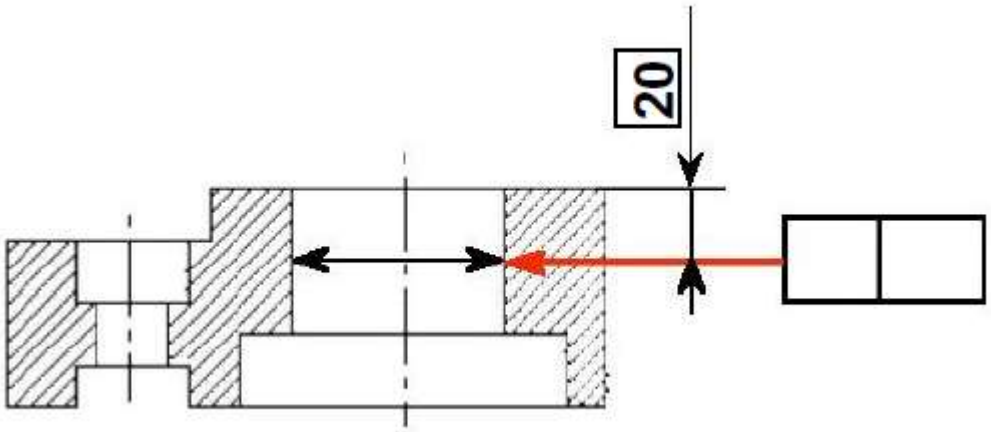


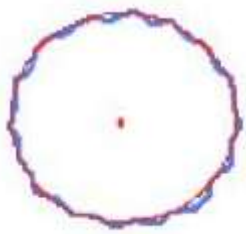
أي خط معروف أنه مستقيم (في المستويات // في مستوى التعليقات التوضيحية).



المحور الحقيقي لأسطوانة.

- نقطة:

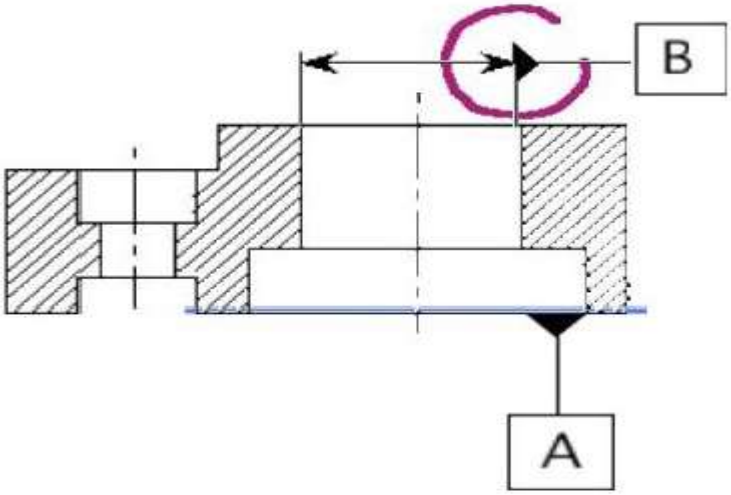




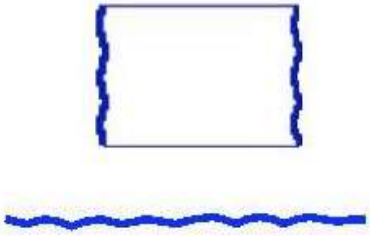
مركز دائرة المربعات الصغرى

- **عنصر مرجعي:**

➢ يتم تحديد العنصر المرجعي بواسطة المثلث الصغير.



يعتبر السطح أسطوانيًا

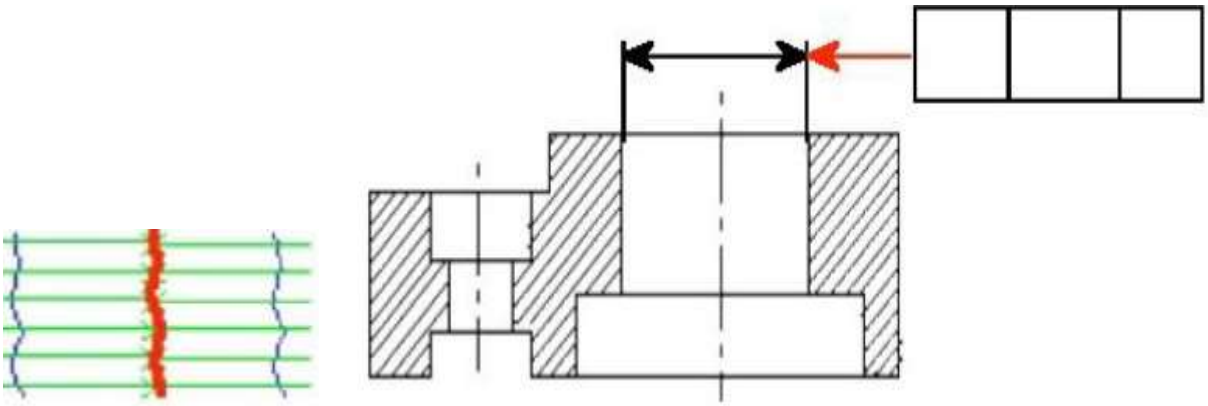


يعتبر السطح مسطحًا

➢ سيتم استخدام العنصر المرجعي لوضع مرجع محدد.

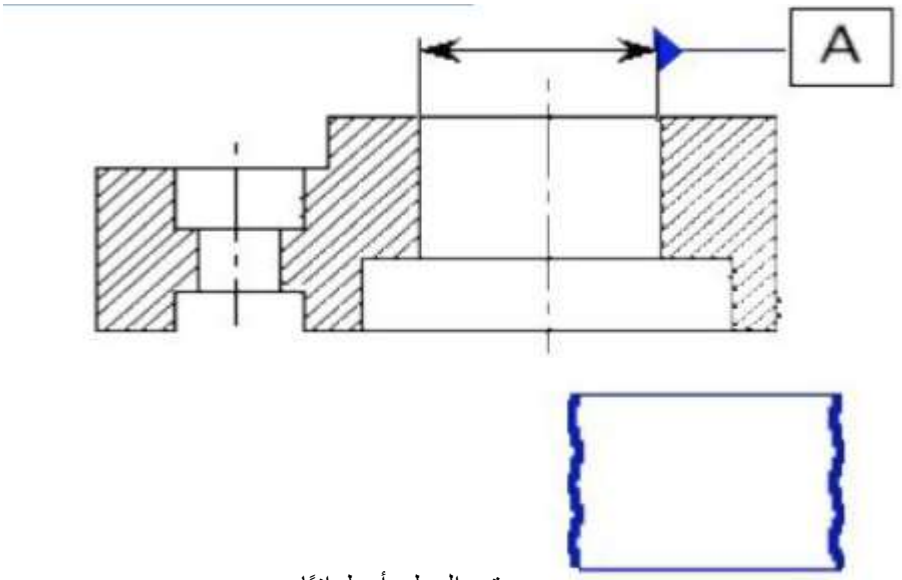
- **تعيين العناصر الحقيقية للجزء:**

عنصر التسامح



المحور الحقيقي للاسطوانة

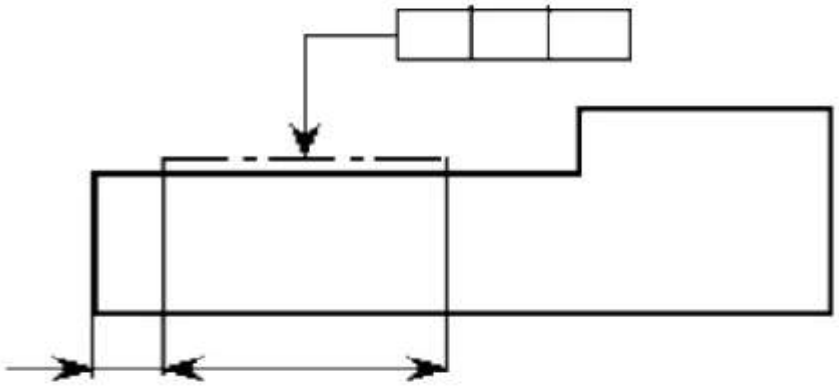
عنصر مرجعي



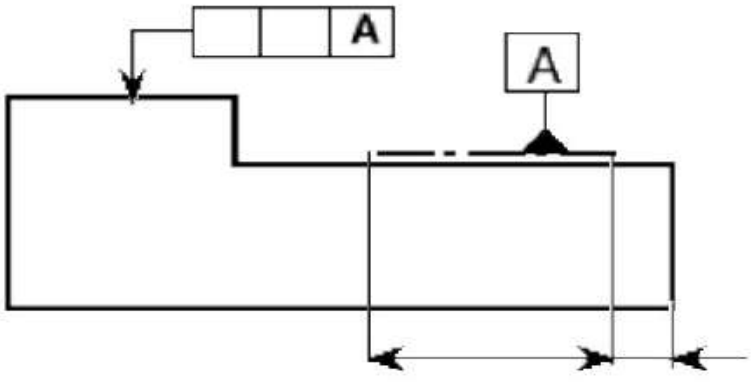
يعتبر السطح أسطوانيًا

- **جزء مقيد من عنصر التسامح أو العنصر المرجعي:**

تطبيق التسامح على جزء مقيد من عنصر التسامح



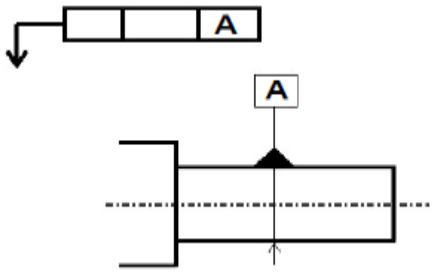
تم تطبيق التسامح على جزء مقيد من العنصر المرجعي

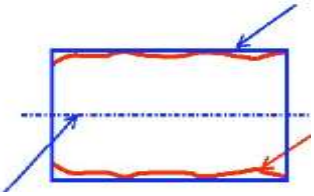


3.7 إقران مرجع محدد مع عنصر مرجعي:

1. **المرجع المحدد هو مستقيم:**

محور الأسطوانة:





اسطوانة

يعتبر السطح أسطوانيًا

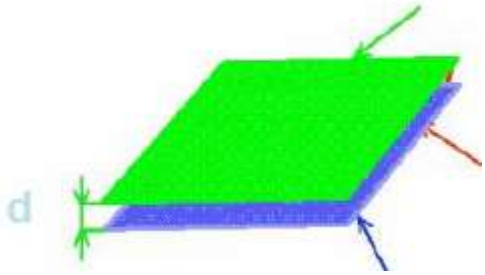
مستقيم

- العنصر المرجعي: يعتبر السطح أسطواني الشكل
- مرجع: اسطوانة
- معيار الارتباط: أصغر اسطوانة مقيدة
- المرجع المحدد: يمين (محور الأسطوانة)

2. **المرجع المحدد هو مستوى:**

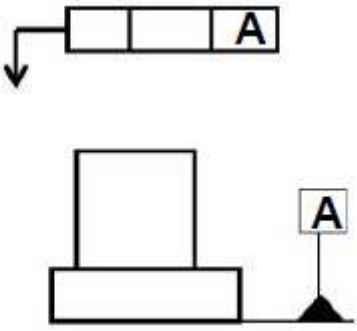
- مستوى الظل الخارجي المادي

مستويين متوازيتان مفصولين بحد أدنى d



يعتبر السطح مسطحًا

مستو



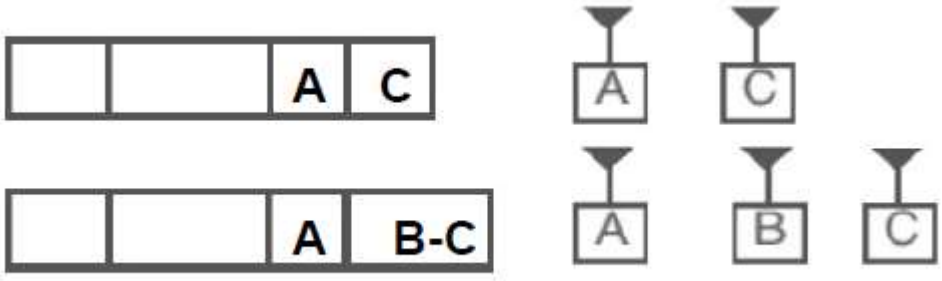
- عنصر المرجع: يعتبر السطح مستويًا
- المرجع المحاكي: مستوى الظل الخارجي المادي
- معيار التجميع: الحد الأقصى d الحد الأدنى للفرق

• المرجع المحدد: المستو

3. نظام العناصر المرجعية:

• يتكون النظام المرجعي المحدد من عدة مراجع محددة (بسيطة أو مشتركة)

• النوع: نقطة مستقيمة مستوية



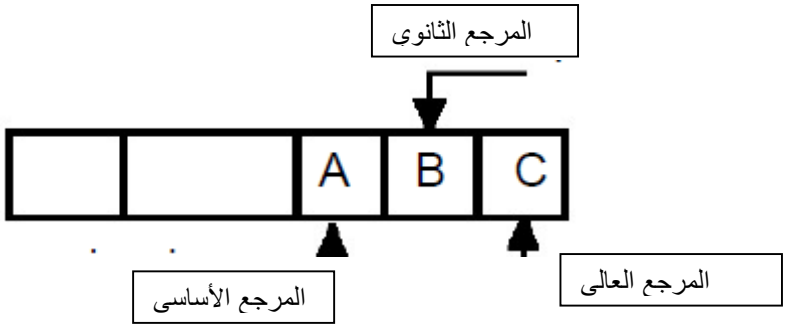
• المراجع المحددة مرتبطة ببعضها البعض بواسطة قيود هندسية للتوجهات

- ضمني (قواعد الرسم الفني)

- مبين صريح بأبعاد نظرية دقيقة

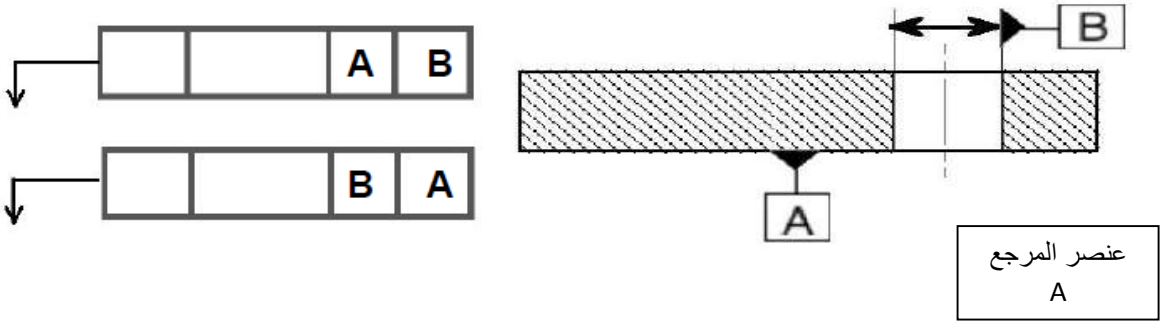
4. نظام المراجع المحددة:

الارتباط بالعناصر المرجعية:

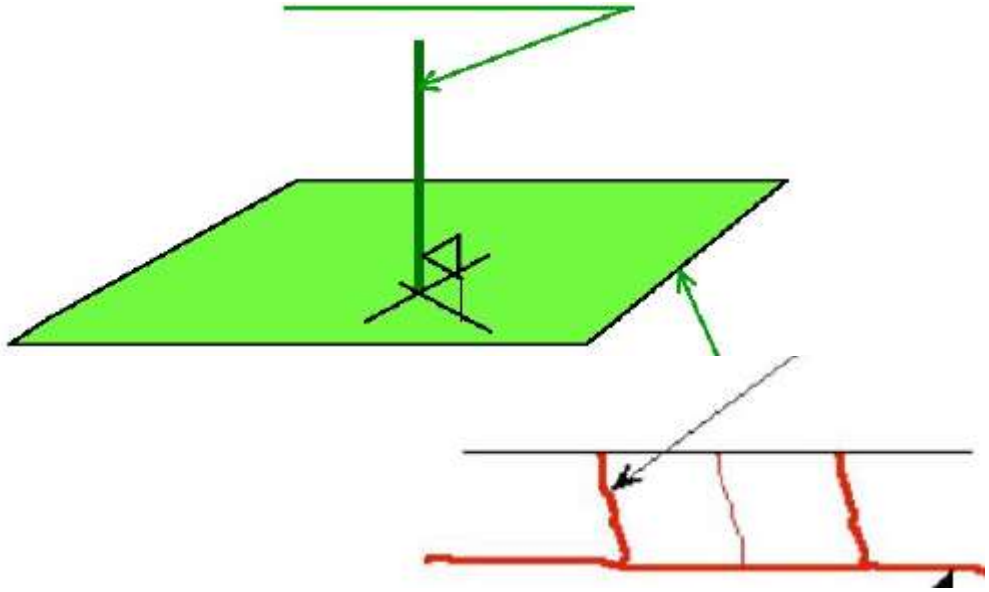


ترتيب المواصفات له أهمية في النتيجة: نحن نربط المرجع الأساسي بالعنصر المرجعي الخاص به، ثم المرجع الثانوي بالعنصر المرجعي الخاص به وما إلى ذلك، مع احترام القيود الهندسية للتوجهات بين المراجع المحددة.

- **مثال:**

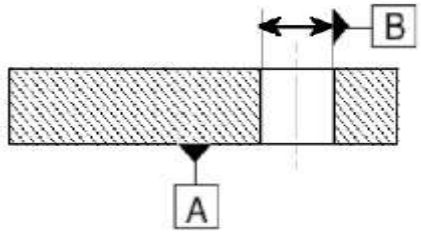


(يعتبر السطح مسطحًا) عنصر المرجع B

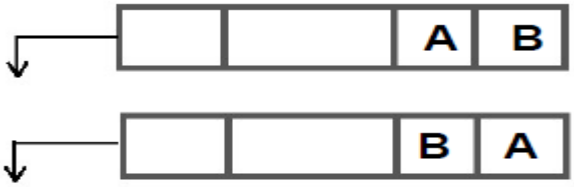


- **مراجع محددة:**

السطر المحدد B

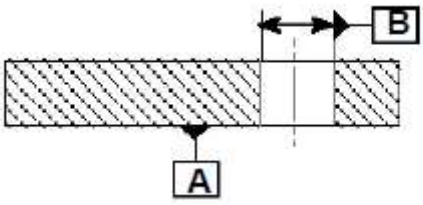


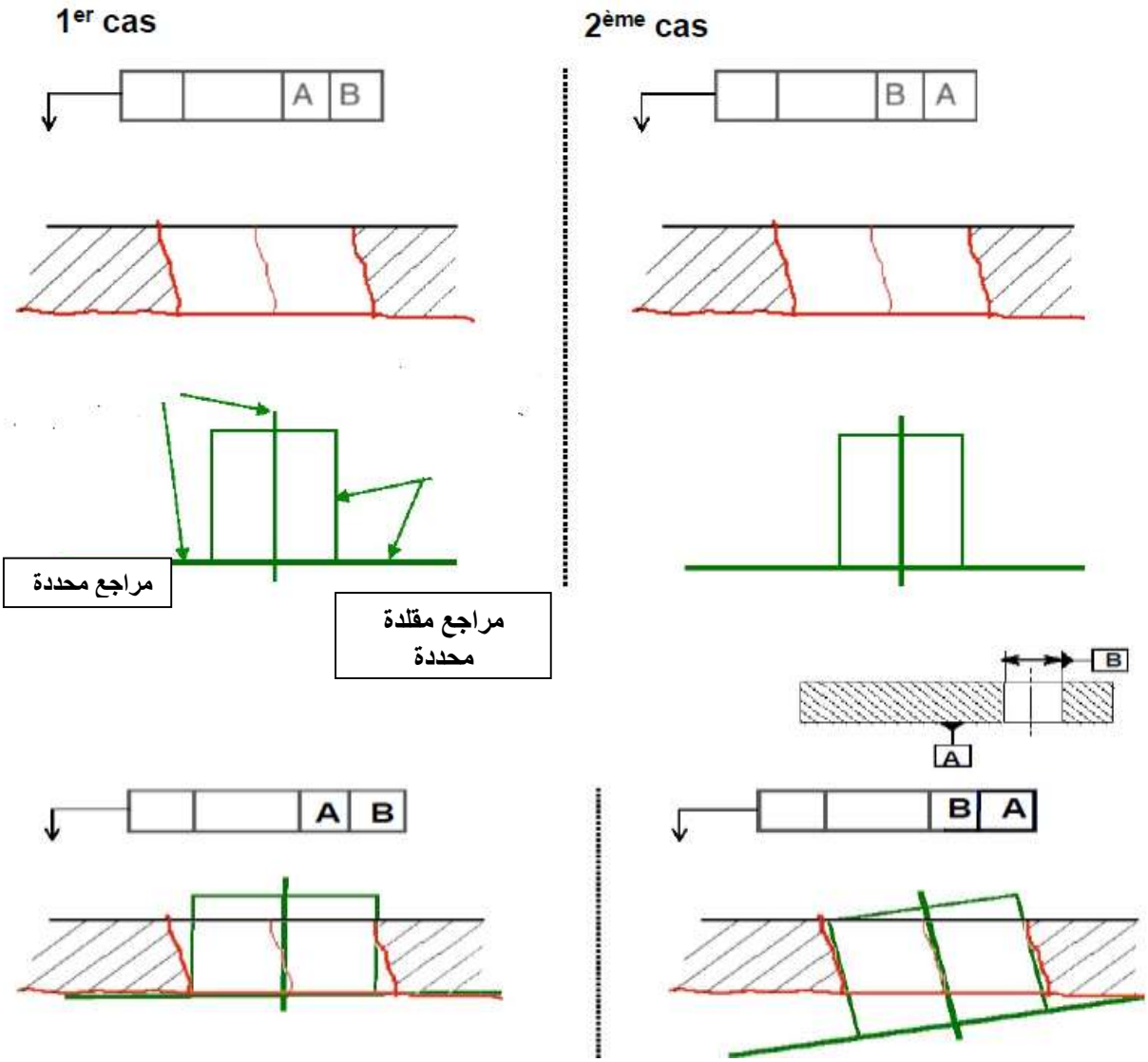
المستوى المحدد A



القيد (ضمني): السطر المحدد B عمودي على المستوى المحدد.A

- **تجمعية:**





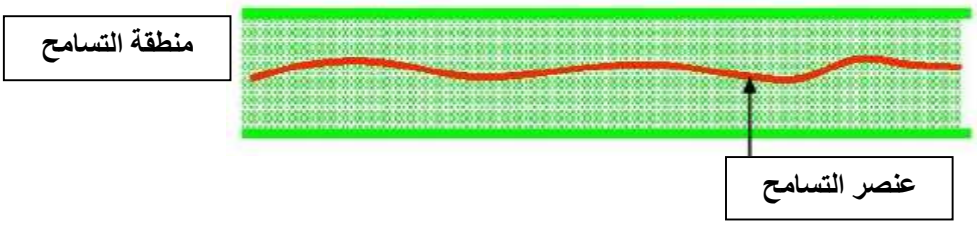
المستوى A: الظل الخارجي المادي

الخط B: محور أكبر أسطوانة منقوشة متعامدة مع المستوى A.

- تقليل الحد الأقصى للانحراف
- عمودي على الخط B

5. منطقة التسامح: شكل منطقة التسامح:

- جزء من المساحة التي يجب تضمين عنصر التسامح فيها.
- المتطلبات: يتم تضمين عنصر التسامح في منطقة التسامح.

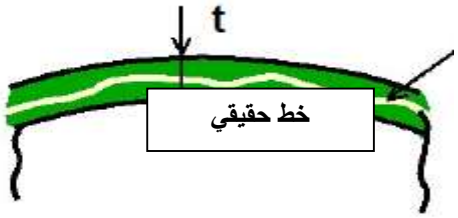


• يتم تحديد المدى "المفيد" لمنطقة التسامح من خلال مدى عنصر التسامح.

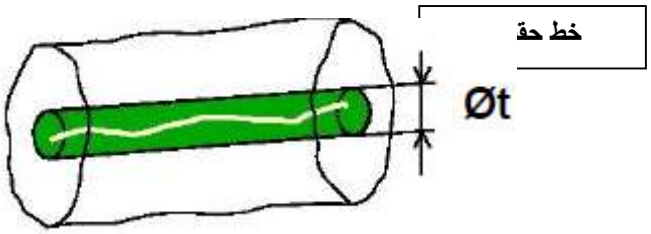
6. منطقة التسامح المحددة بسطح:

- دائرة

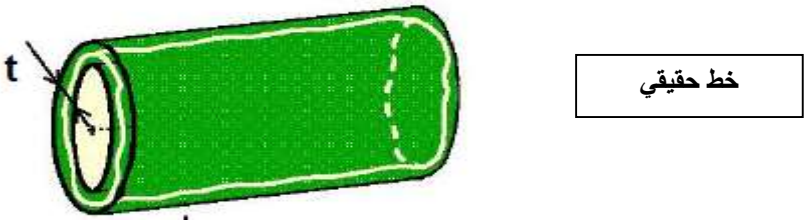
- دائرتان متحدة المركز



- خطان متوازيان

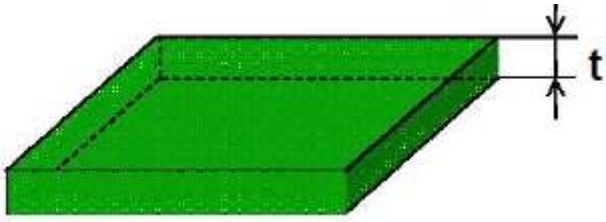


- خطان متساويان البعد

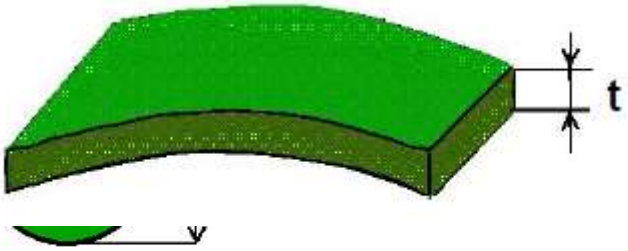


7. منطقة التسامح المحددة بحجم:

- أسطوانة

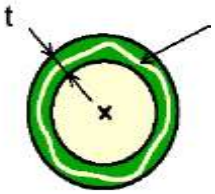


- أسطوانتان متحدتان المركز



- مستويين متوازيتان

- سطحين متساويين



4.7 تحديد موقع منطقة التسامح من الناحية الحقيقية:

• دون قيود على العناصر الظرفية لمنطقة التسامح

- عن طريق التحقق من الشرط: يتم تضمين العنصر المسموح به في منطقة التسامح.

• مع وجود قيود على عناصر الحالة في منطقة التسامح

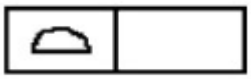
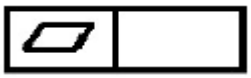
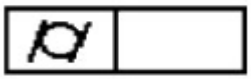
- احترام القيود الهندسية على موقع منطقة التسامح، إذا تم تحديدها في الرسم:

• الاتجاه / المرجع (المراجع) المحدد (المراجع)

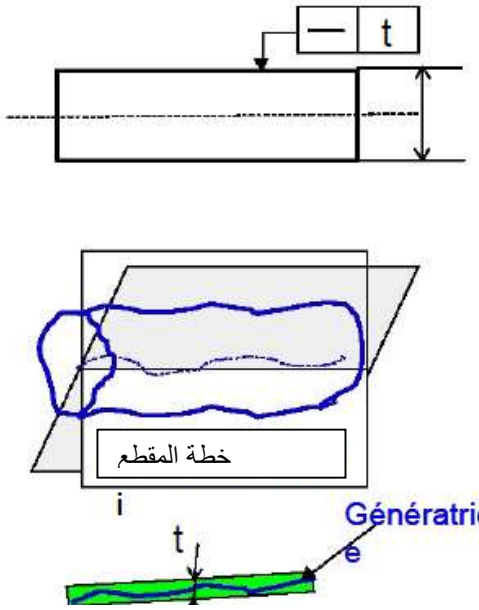
• من موضع/ مرجع (ق) محدد

1.4.7 منطقة التسامح غير المقيد:

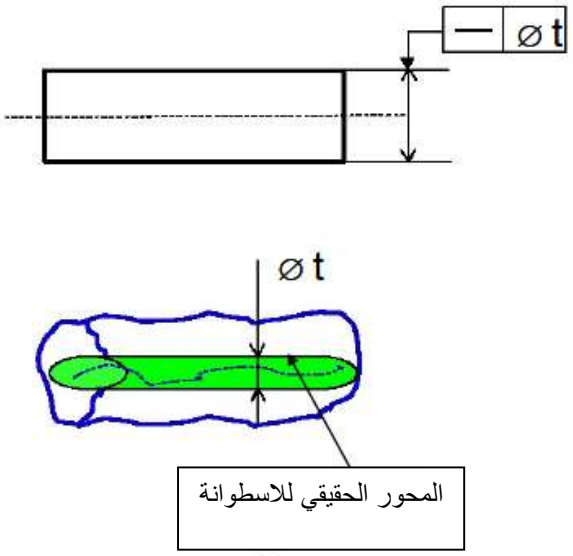
تفاوتات الشكل:

الخصائص المتسامحة	الرموز
شكل أي خط	
استقامة	
دائرية	
شكل أي سطح	
التسطيح	
اسطوانية	

- **التفاوتات في الشكل: الاستقامة**

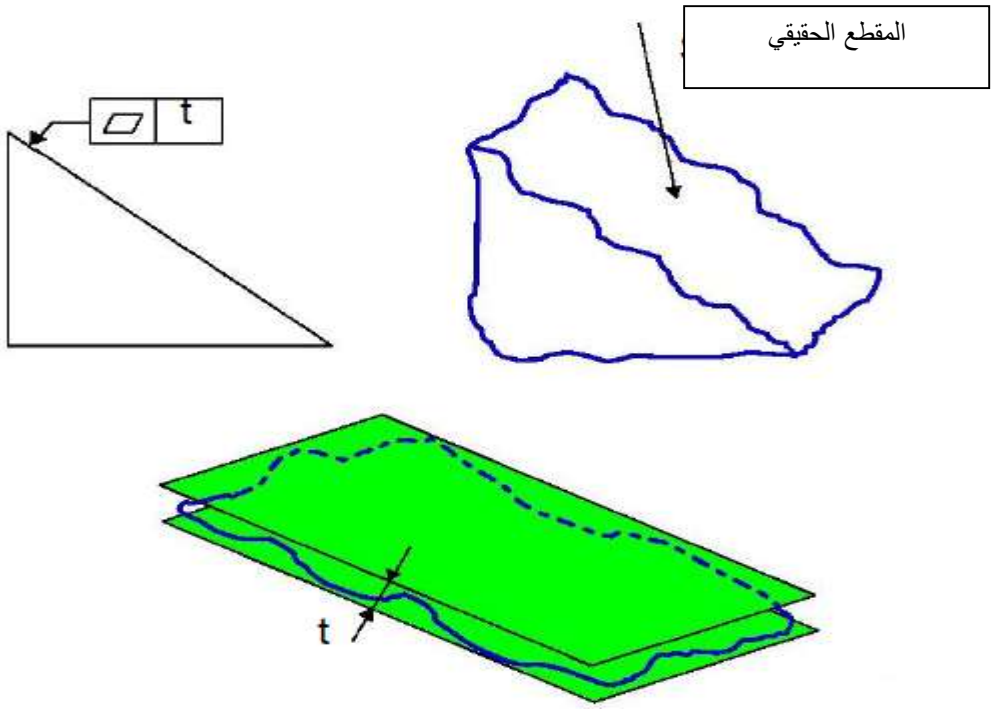


العنصر المتسامح: مولد منطقة تسامح الأسطوانة: خطان // يفصل بينهما t



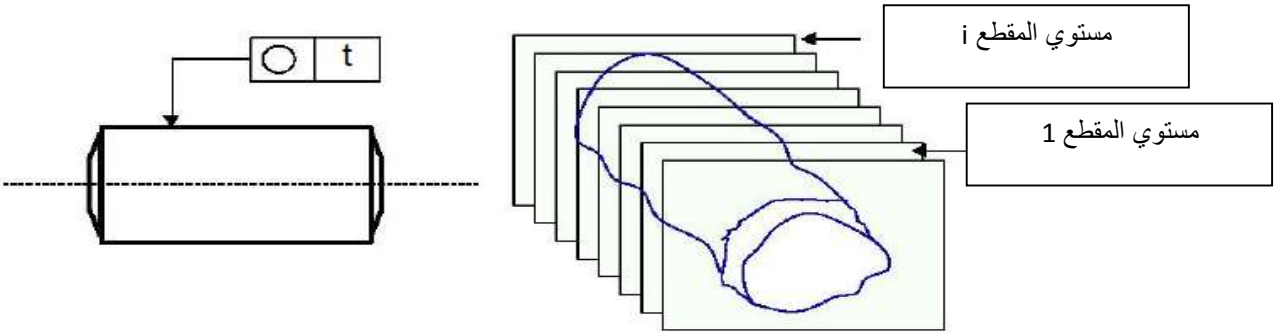
عنصر التسامح: المحور الحقيقي لمنطقة تسامح الأسطوانة: اسطوانة بقطر t

- **التحمل في الشكل: التسطيح:**



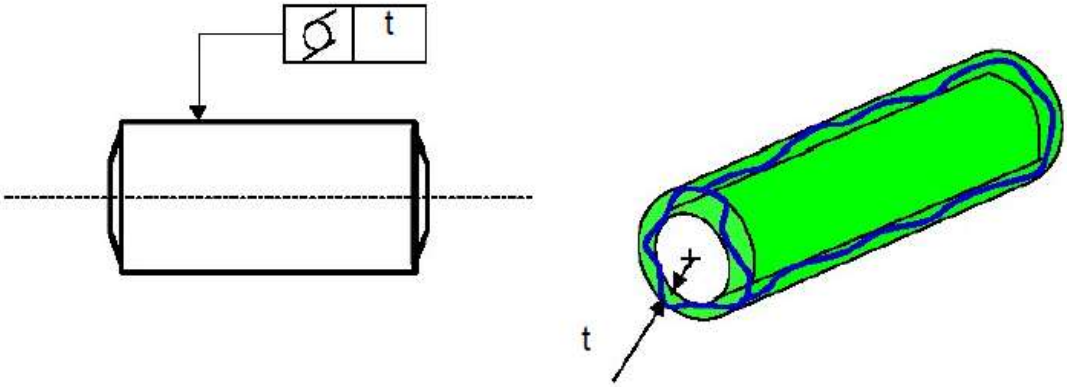
عنصر التسامح: السطح يعتبر مسطح منطقة التسامح: طائرتان // مفصولة بـt

- **التفاوتات في الشكل: دائرية**



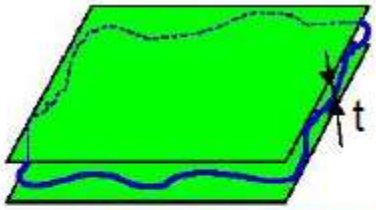
عنصر التسامح: يعتبر الخط منطقة تسامح دائرية: دائرتان متحدتان المركزان متباعدتان

- **التحمل في الشكل: أسطواني**



عنصر التسامح: السطح الذي يعتبر أسطوانيًا منطقة التسامح: أسطوانتان متحدتان المركز متباعدتان.t

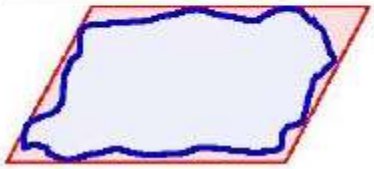
- **منطقة التسامح المقيدة لتوجيه:**



قد تكون منطقة التسامح مقيدة:

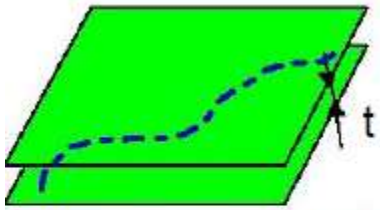
- لتظل موازية لمرجع محدد

- التسامح التوازي



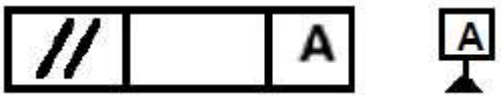
- ليظل عموديًا على مرجع محدد

- التسامح العمودية

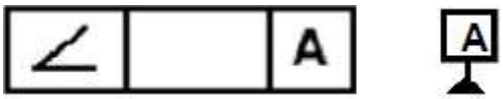


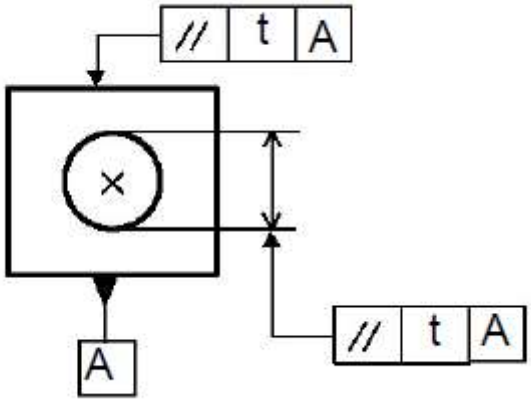
- لعمل زاوية بمرجع محدد

- التسامح الميل



1. **تحمل الاتجاه: التوازي**





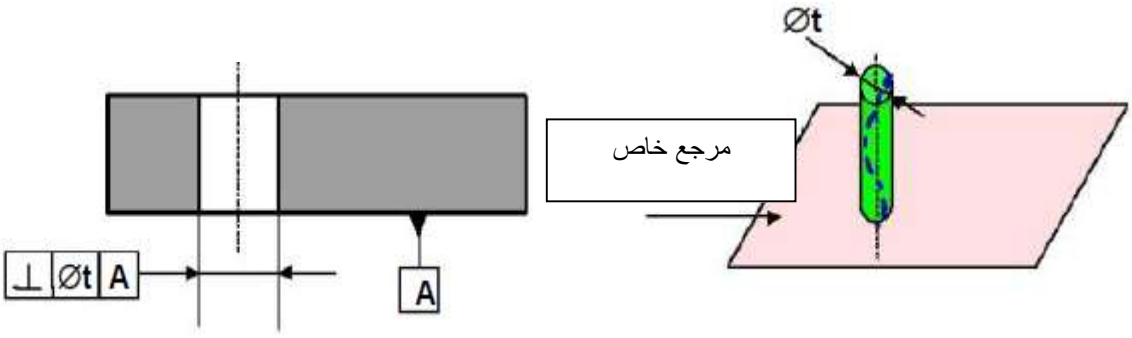
عنصر التسامح: يعتبر السطح مسطحًا (المحور الحقيقي للتجويف)

العنصر المرجعي: يعتبر السطح مسطحًا

المرجع المحدد: مستوى الظل الخارجي للمادة يقلل الحد الأقصى للانحراف.

منطقة التسامح: مستويين متوازيتان منفصلتان ومتوازيتان ببعد t مع المرجع المحدد.

2. التسامح الاتجاه: عمودي:

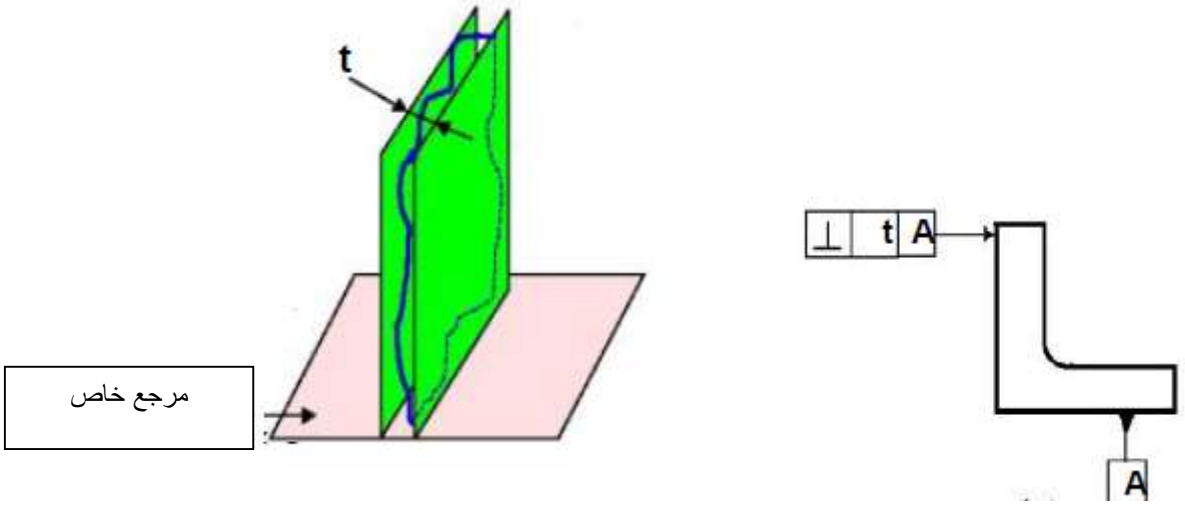


عنصر متسامح: المحور الحقيقي للتجويف

العنصر المرجعي: يعتبر السطح مسطحًا

المرجع المحدد: مستوى الظل الخارجي للمادة يقلل الحد الأقصى للانحراف.

منطقة التسامح: أسطوانة قطرها t مع محور عمودي على المرجع المحدد A



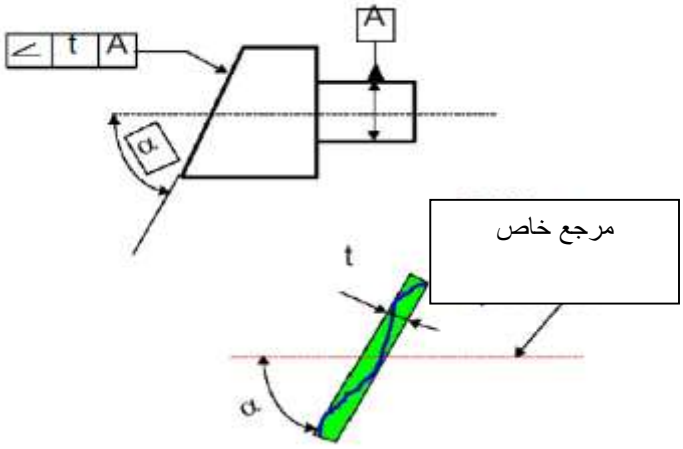
عنصر متسامح: يعتبر السطح مسطحًا

العنصر المرجعي: يعتبر السطح مسطحًا

المرجع المحدد: مستوى الظل الخارجي للمادة يقلل الحد الأقصى للانحراف.

منطقة التسامح: طائرتان متوازيتان منفصلتان ومتعامدتان على المرجع المحدد أ.

3. التسامح مع الاتجاه: الميل:



عنصر متسامح: يعتبر السطح مسطحًا

العنصر المرجعي: السطح يعتبر أسطواني الشكل.

المرجع المحدد: محور الأسطوانة (أصغر أسطوانة مقيدة)

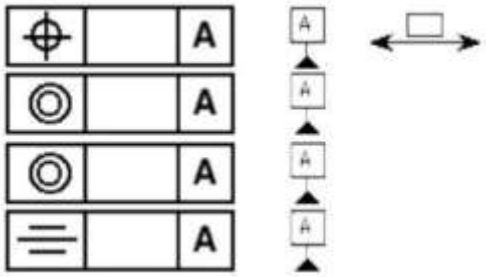
منطقة التسامح: مستويان متوازيان يفصل بينهما t ويميلان بزاوية نظرية للقيمة α فيما يتعلق بالمرجع المحدد.

4. منطقة التسامح: الضغط في الموضع:

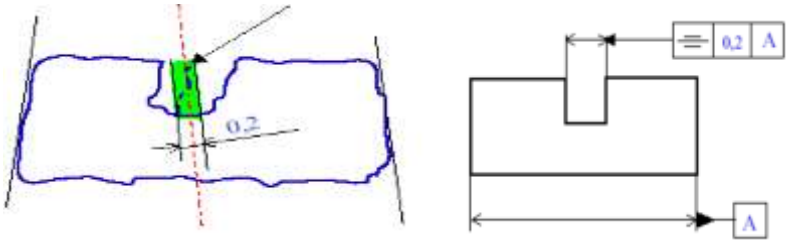
- موقف القيد:

منطقة التفاوت مقيدة في الموضع بالنسبة لمرجع واحد أو أكثر.

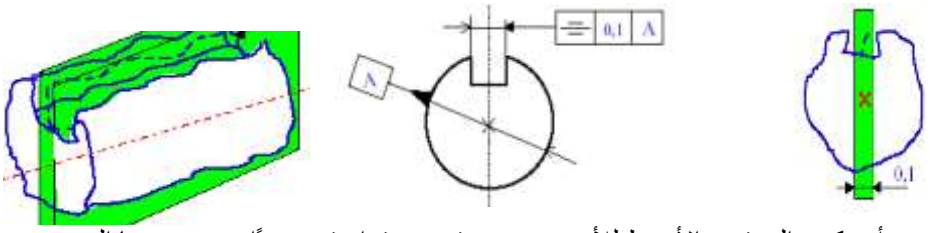
- تسامح الموقع
- تسامح المركزية
- تسامح المحوري
- تسامح التناسق



5-تسامح التناسق:

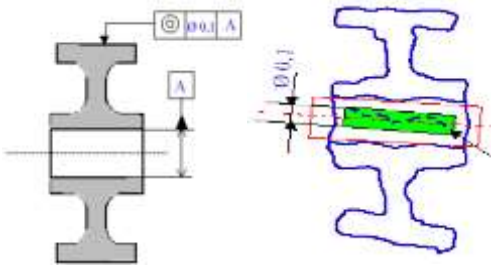


يجب أن يكون المستوى المتوسط للأخدود بين مستويين متوازيتين متباعدتين 0.2 ومرتّبين بشكل متماثل فيما يتعلق بالمستوى المتوسط مستويين.



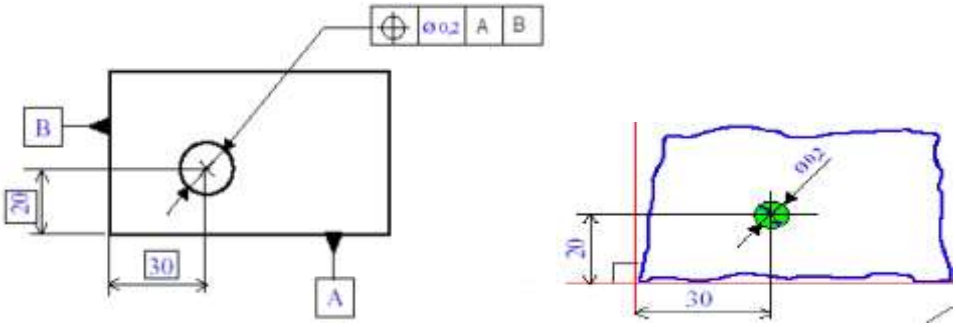
يجب أن يكون المستوى الأوسط للأخدود بين مستويين متوازيتين بعيدًا عن بعضهما البعض ب 0.1 ومرتبا بشكل متماثل فيما يتعلق بالمستوى الأوسط للأسطوانة.

6-تسامح المحوري:



يجب أن يكون المستوى الأوسط للأخدود بين مستويين متوازيتين بعيدًا عن بعضهما البعض ب 0.1 ومرتبا بشكل متماثل فيما يتعلق بالمستوى الأوسط للأسطوانة.

7-تسامح الموقع:



يجب تضمين محور الأسطوانة الحقيقية في منطقة أسطوانية قطرها 0.2 يكون محورها في الوضع النظري الدقيق:

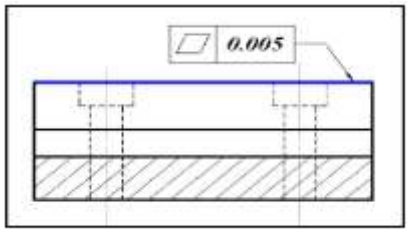
-20 ملم مقارنة بـ A.

- 30 ملم مقارنة بـ B.

5.7 ضبط العيوب الهندسية:

a) التسطيح: التفسير:

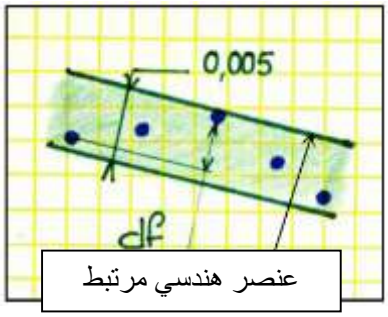
- **كتابة المواصفات:**



- **مواصفة فك التشفير:**

يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

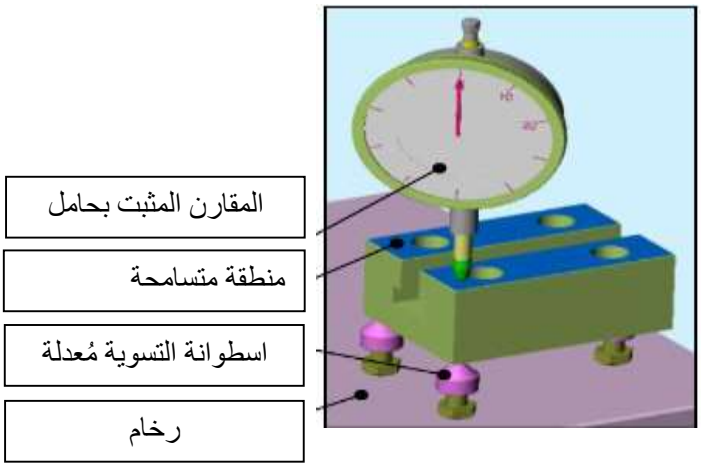
عنصر هندسي مرتبط

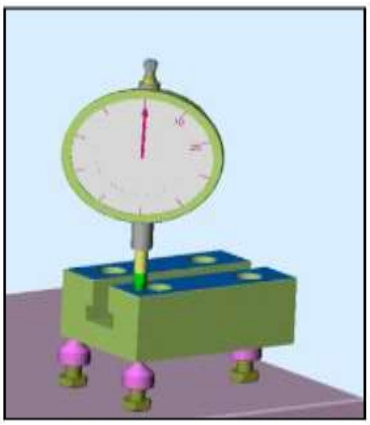


يتم رسم العنصر الهندسي المرتبط على الجانب الحر للمادة، ويتم توجيهه بطريقة تقلل من عيب الشكل. عيب شكل df = مسافة أبعد نقطة عن العنصر المرتبط.

b) التسطيح: المراقبة:

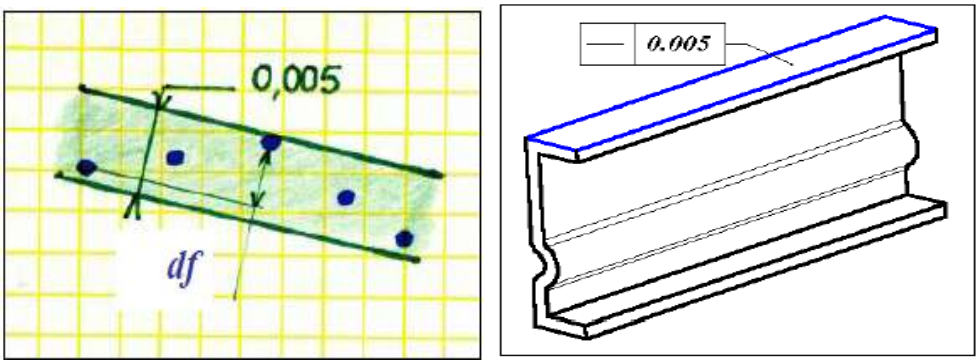
يتم توجيه العنصر الهندسي المرتبط عن طريق تسوية النقاط القصوى للعنصر المسموح به.





- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبيرة.
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.005 مم

c) الاستقامة: التفسير



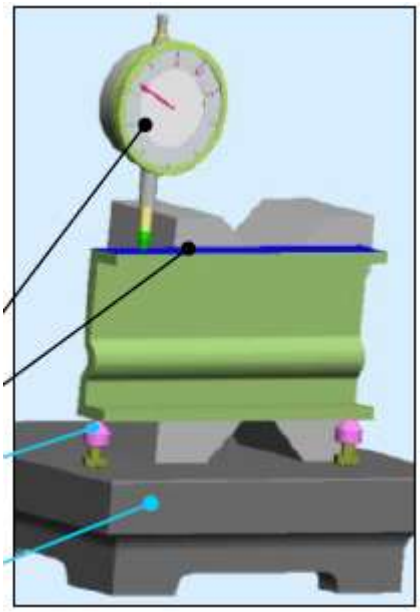
- **مواصفات التشفير:**

يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

عيب شكل df = مسافة أبعد نقطة عن العنصر المرتبط.

- **التحكم:**

تجهيز الحاجز: يتم توجيه العنصر الهندسي المرتبط عن طريق تسوية النقاط القصوى للعنصر التسامح.

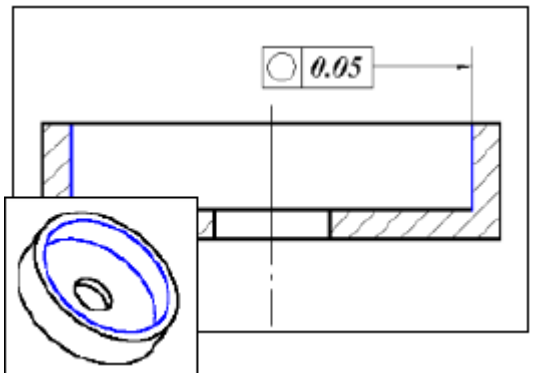


- **المراقبة:**

- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة لليد الكبيرة.
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.005 مم

d) دائرية:

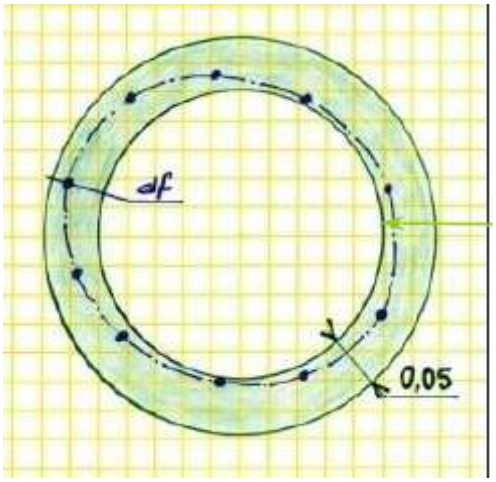
- **كتابة المواصفات:**



- **مواصفات التشفير:**

يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

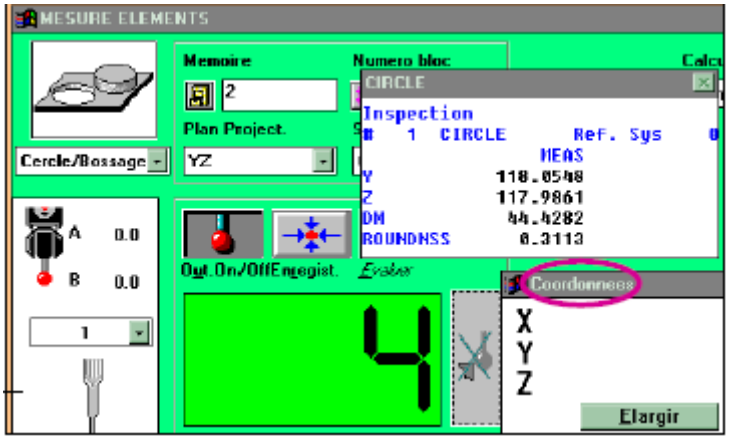
يتم رسم العنصر الهندسي المرتبط على الجانب الحر للمادة، ويتوافق مع أكبر دائرة منقوشة في القسم المرصود. عيب شكل df = مسافة أبعد نقطة عن العنصر المرتبط.



عنصر هندسي مرتبط

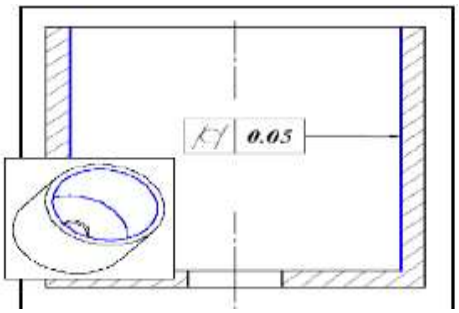
- **مراقبة:**

من الصعب للغاية التحكم في عيوب الاستدارة بالوسائل التقليدية. لتحديد عدم وجود الاستدارة، سيتم استخدام آلة قياس ثلاثية الأبعاد.



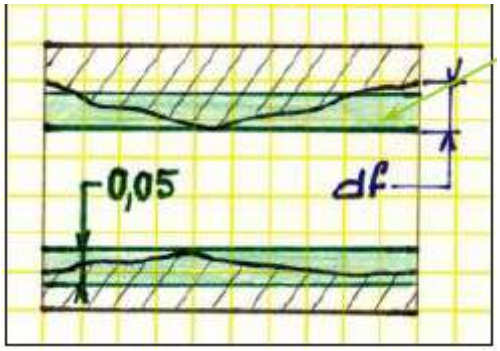
e) أسطوانية:

- **كتابة المواصفات:**



- **مواصفات التشفير:**

يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

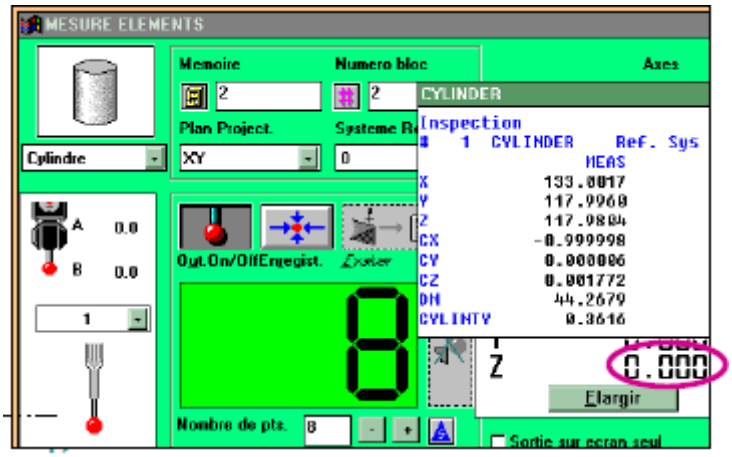


عنصر هندسي مرتبط

- يتم رسم العنصر الهندسي المصاحب على الجانب الحر للمادة، ويتوافق مع أكبر أسطوانة منقوشة. عيب شكل df = مسافة أبعد نقطة عن العنصر المرتبط.

مراقبة:

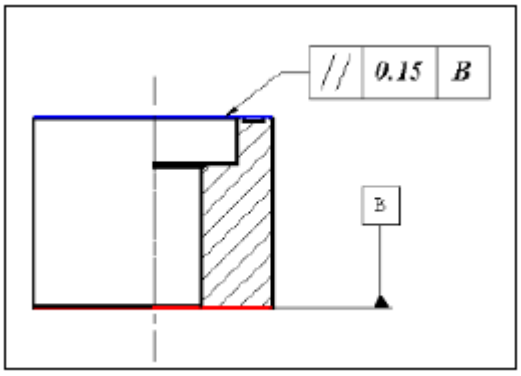
من الصعب للغاية التحكم في عيوب الأسطوانة بالوسائل التقليدية. لتحديد عيب الأسطوانة، سيتم استخدام آلة قياس ثلاثية الأبعاد.



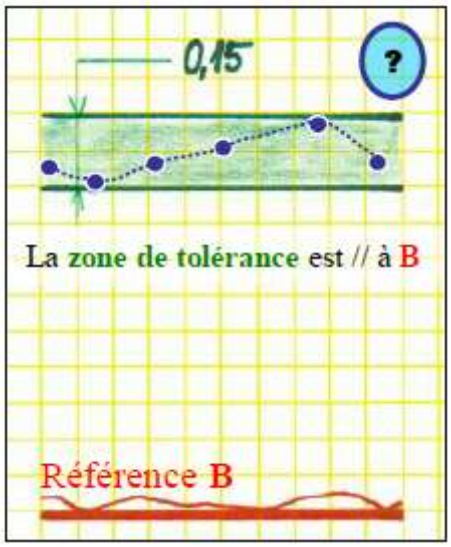
f) موازاة مستو: التفسير:

- **كتابة المواصفات:**

-



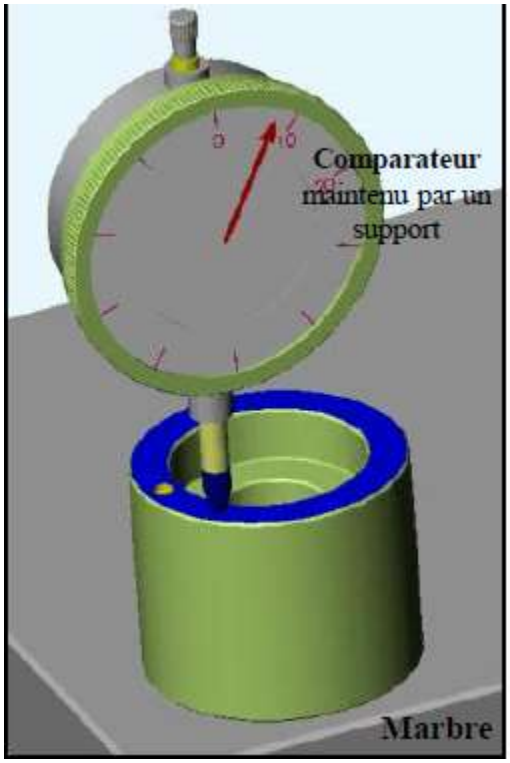
مواصفات التشفير:



يجب أن تكون النقاط المستخرجة من المواقع في منطقة التسامح

- **مراقبة:**
- **معايرة عملية المراقبة:**

للتحكم في التوازي، لا توجد عملية معايرة -يتم أخذ اتجاه السطح فقط في الاعتبار.



- **مراقبة:**

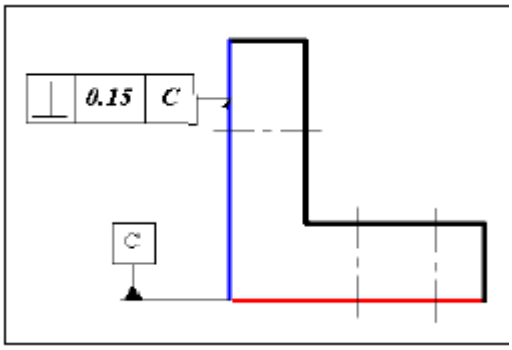
معايرة عملية المراقبة

- ضع السطح المرجعي B على اللوحة.

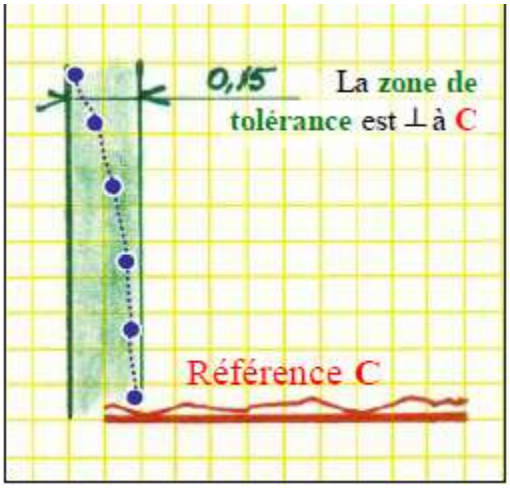
- اجعل المسبار ملامسًا للعنصر المسموح به.
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.
- يتم الإعلان عن توافق العنصر، إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.15 مم

g) عمودية المستو: التفسير:

- **كتابة المواصفات:**



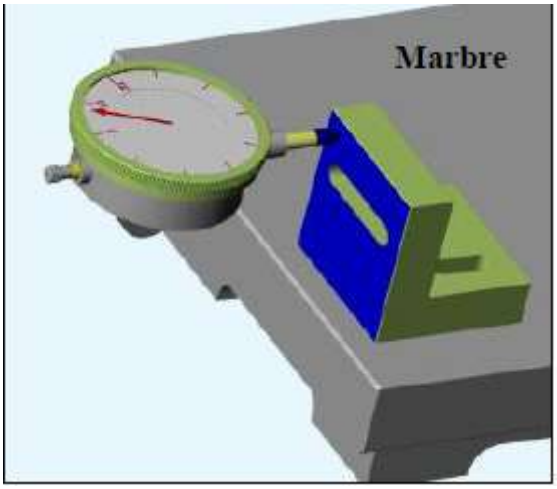
- **مواصفات التشفير:**



يجب أن تكون النقاط المستخرجة من المواقع في منطقة التسامح

- **مراقبة:**
- **معايرة عملية المراقبة:**

للتحقق من العمودية، لا توجد عملية معايرة -يتم أخذ اتجاه السطح فقط في الاعتبار.



- **مراقبة:**
- **معايرة عملية المراقبة:**

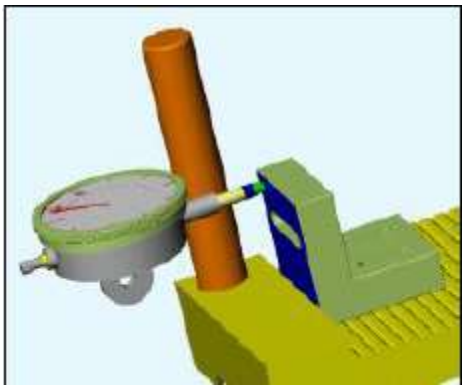
- ضع السطح المرجعي C على اللوحة.
- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.15 مم

❖ **ملاحظات مهمة**:

- يجب أن يكون إزاحة أداة المقارنة متعامدة تمامًا مع اللوحة الرئيسية
- يصعب الحصول عليها بالوسائل التقليدية.
- بشكل عام يتم إهمال عيب الشكل أمام عيب التوجيه.

- **معايرة:**

ضع المجس في الطرف العلوي لعنصر التسامح

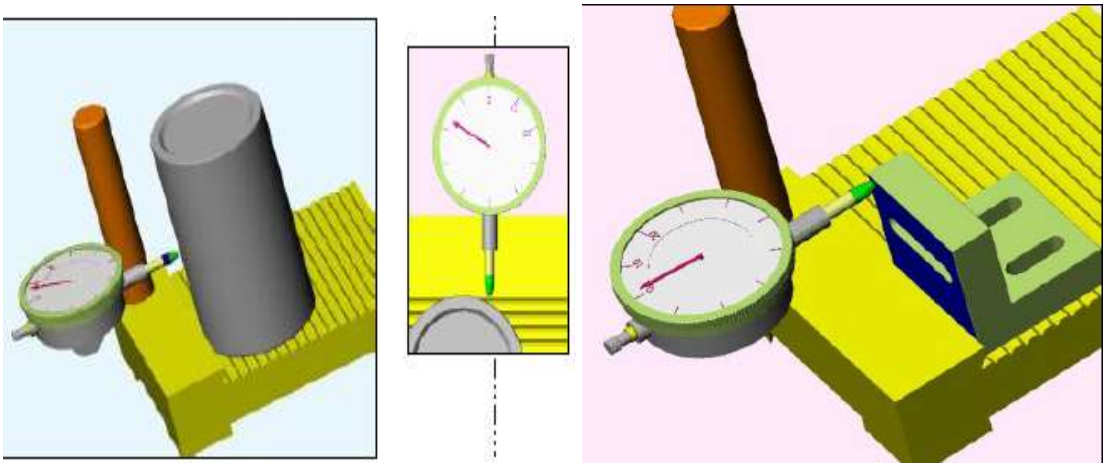


- **مراقبة:**

- ضع السطح المرجعي C على اللوحة.
- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.
- جس مجموعة المولد، ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.

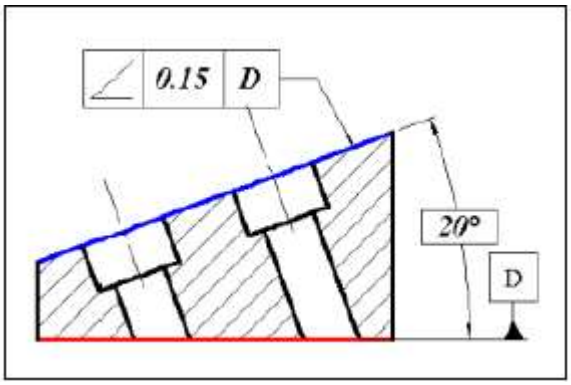
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.15 مم

اضبط المقارن 0 عند نقطة الانعكاس، عند تحريك الأسطوانة القياسية



h) ميل المستوى:

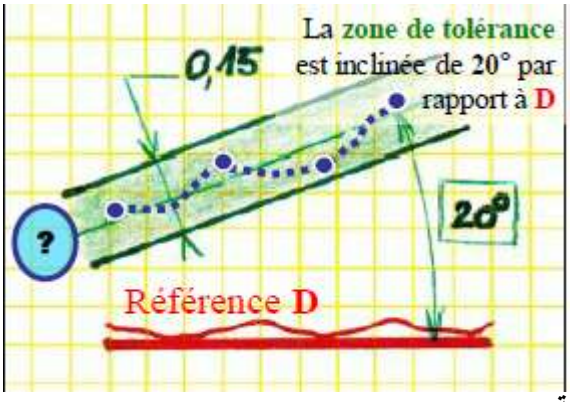
- **كتابة المواصفات:**



- **مواصفات التشفير:**

يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

-

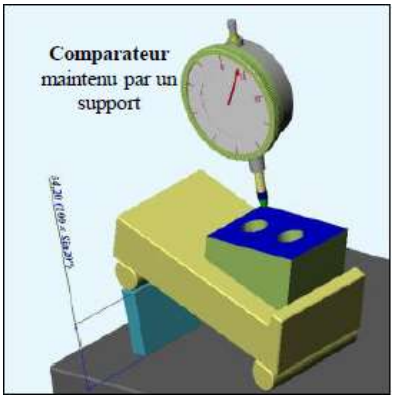


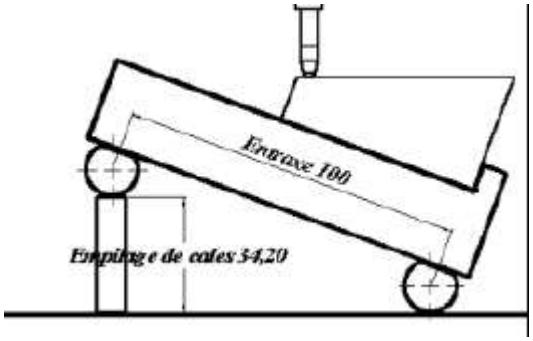
مراقبة:

- **معايرة عملية المراقبة:**

- ضع السطح المرجعي D على مسطرة الجيب

- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقص الكبير.
- يتم الإعلان عن توافق العنصر، إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.15 مم

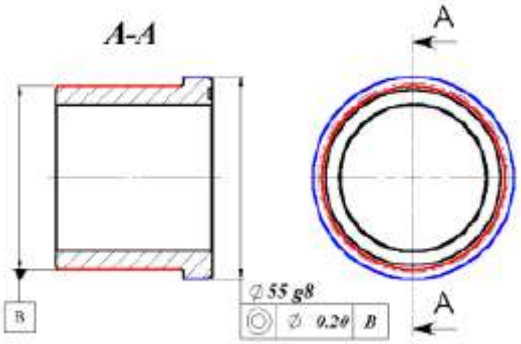




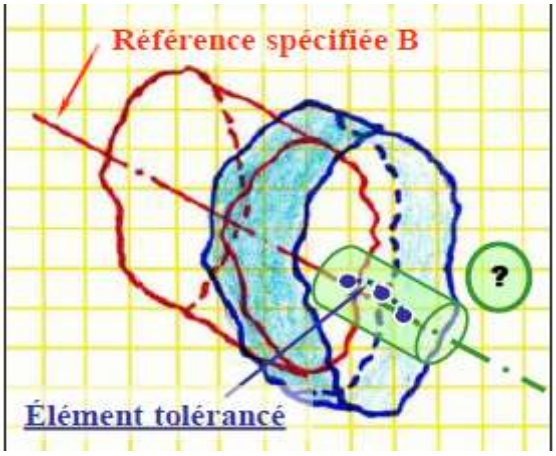
تكديس الرقائق = مسافة المركز 100 × جيب الزاوية المحددة

i) المحورية: التفسير:

- **كتابة المواصفات:**



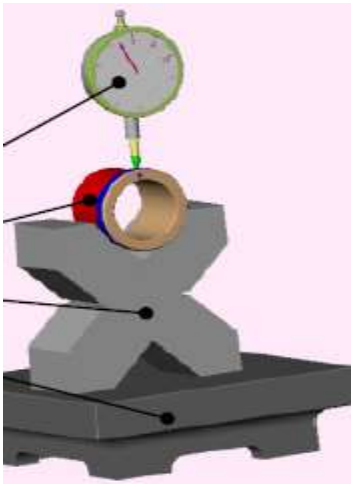
- **مواصفات التشفير:**



يجب أن تكون النقاط المستخرجة من الواقع في منطقة التسامح

- **مراقبة:**

- **معايرة عملية المراقبة:**



المقارن المثبت بحامل

قطعة يستريح على السطح المرجعيA

المراقبةVé

الرخام

ملاحظة: تعتبر عيوب شكل العنصر المسموح به والمرجع A عيوبًا لا تذكر

- **مراقبة:**

- ضع السطح المرجعي B على الشيك V.

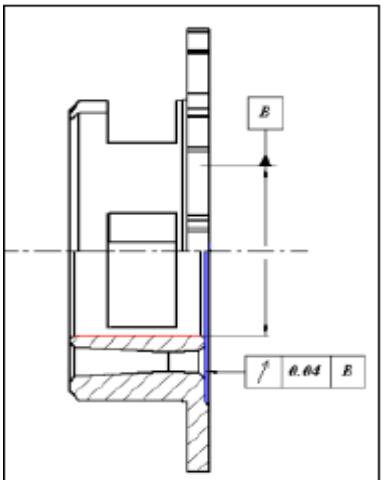
- اجعل المسبار ملامسًا للسطح المسموح به.

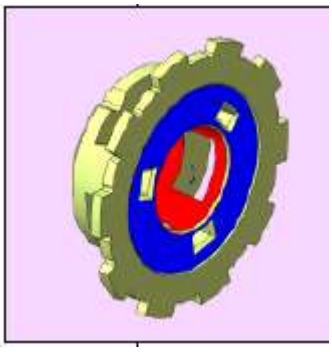
- جس السطح بالكامل ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.

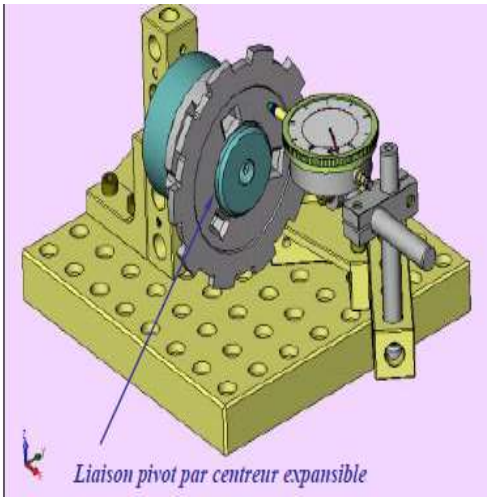
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق في الارتفاع بين القيمتين القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.20 مم

j) ضربات دائرية محورية:

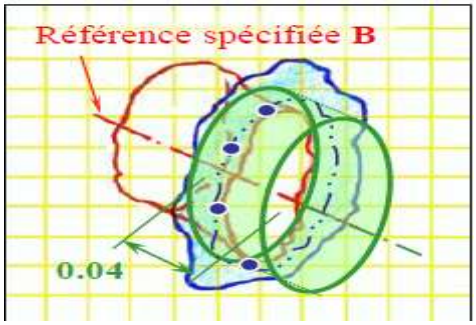
- **كتابة المواصفات:**







- **مواصفات التشفير:**



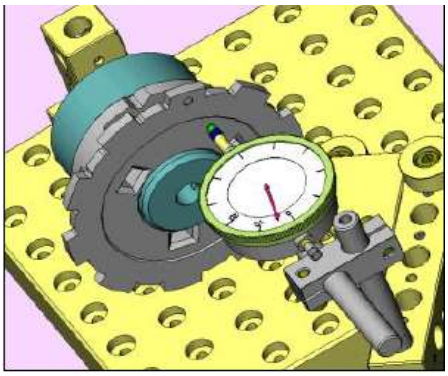
- **معايرة عملية المراقبة**

- قم بتثبيت التجويف المرجعي B في جهاز التمركز القابل للتوسيع.

- اجعل المسبار ملامسًا للعنصر المسموح به.

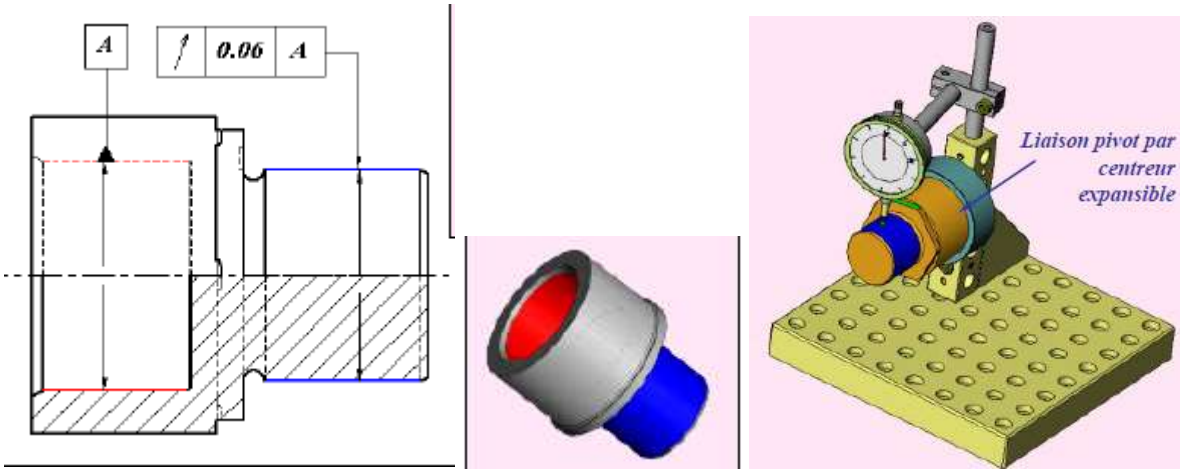
- جس السطح بالكامل، ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.

- يتم التصريح عن توافق العنصر إذا كان الفرق بين القيم القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.04 مم

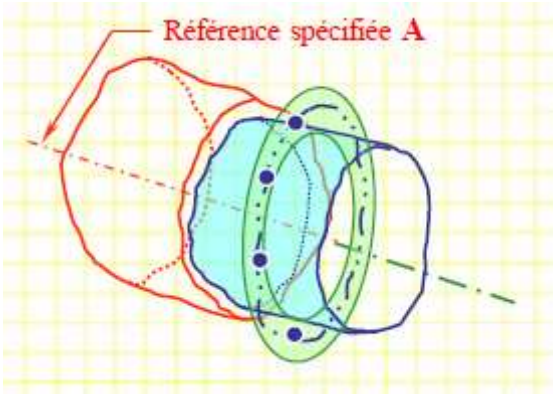


k) نبضة دائرية إشعاعية:

- **كتابة المواصفات:**



- **مواصفات التشفير:**



يجب أن يقع العنصر المسموح به داخل منطقة التسامح

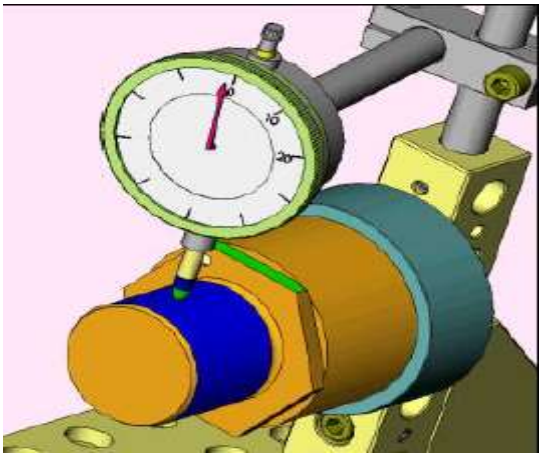
- **معايرة عملية المراقبة**

- قم بتثبيت التجويف المرجعي B في جهاز التمركز القابل للتوسيع.

- اجعل المسبار ملامسًا للعنصر المسموح به.

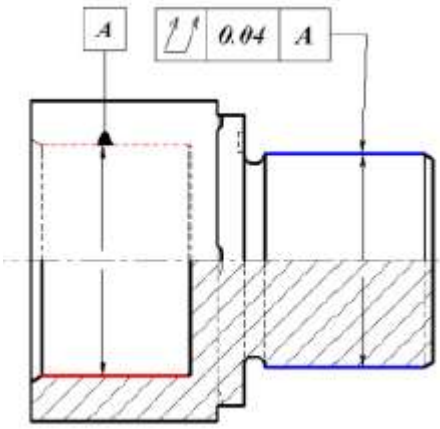
- جس السطح بالكامل، ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.

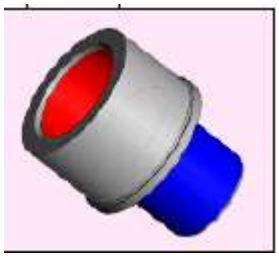
- يتم التصريح عن توافق العنصر، إذا كان الفرق بين القيم القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.06 مم

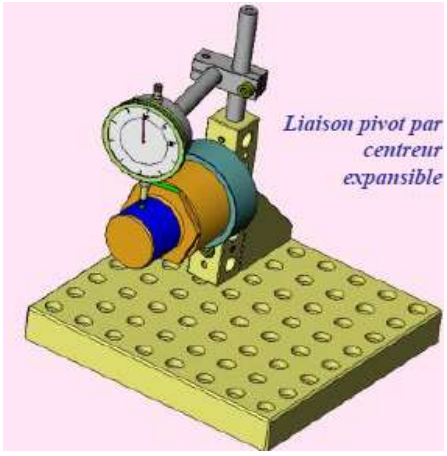


l) مجموع الضربات الشائعة:

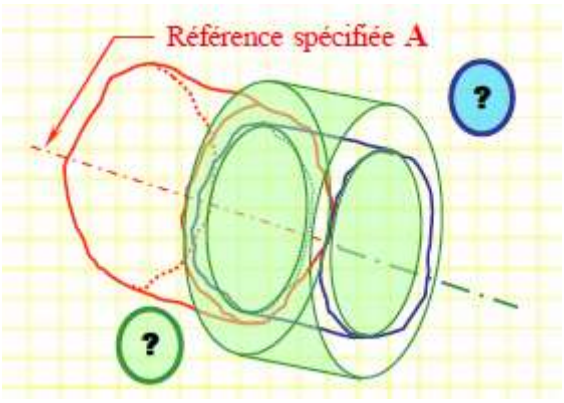
- **كتابة المواصفات:**



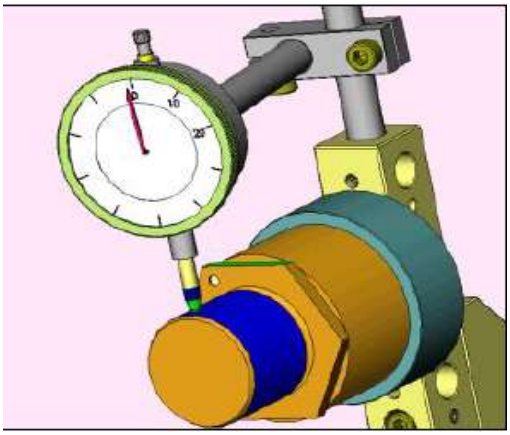




- **مواصفات التشفير:**



- **معايرة عملية المراقبة**



- قم بتثبيت التجويف المرجعي B في جهاز التمركز القابل للتوسيع

- اجعل المسبار ملامسًا للعنصر المسموح به.

- جس السطح بالكامل، ولاحظ قيمة المواضع المتطرفة للرقاص الكبير.

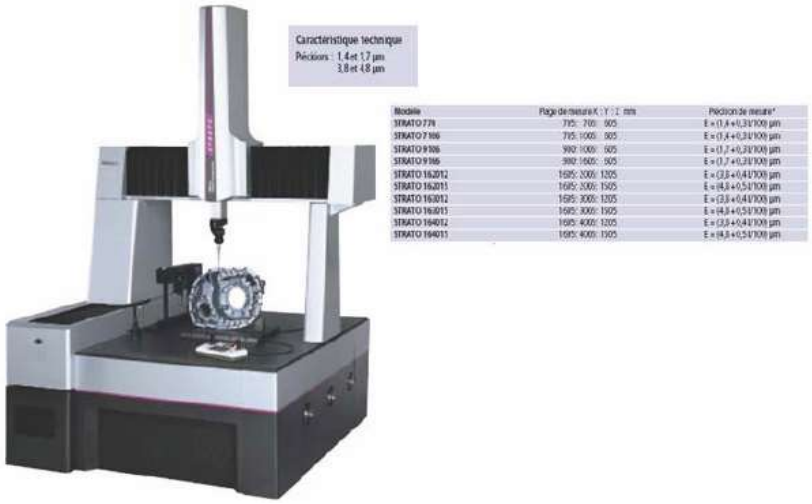
- يتم الإعلان عن توافق العنصر إذا كان الفرق بين القيم القصوى والدنيا أقل من أو يساوي 0.04 ملم ملاحظة: يجب أن تكون الحركة الأفقية للمقارنة موازية للمرجع المحدد.

1.8 آلات القياس ثلاثية الأبعاد:

ولدت آلات قياس الإحداثيات (CMMs) في أوائل الستينيات وتم تطويره بالفعل بعد اختراع مسبار الزناد في عام 1970. المفاهيم الرئيسية التي تحكم تنفيذ وتشغيل هذه الآلات موجودة منذ أوائل الثمانينيات. فيما يلي بعض الأمثلة على MMT.

2.8 المبدأ العام:

MMT هي آلة لالتقاط المعلومات ومعالجتها. يتحرك المسبار بفضل ثلاث شرائح ذات اتجاهات متعامدة وتتلامس مع الأسطح الحقيقية. أثناء كل نهج، يخزن الكمبيوتر إحداثيات X وY وY لمركز مجال التحقيق (في الحالة المتكررة حيث ينتهي المسبار في كرة صغيرة). ا النقاط التي تم فحصها تجعل من الممكن تحديد صورة للسطح الحقيقي. من الإحداثيات التي تم إدخالها، سيعمل برنامج معالجة البيانات عمليات حسابية لإيجاد قيم الأبعاد أو المواصفات الذي يسعى المرء إلى معرفته أو السيطرة عليه. يميل هذا العلاج الرياضي إلى الاقتراب المزيد والمزيد من متطلبات المعايير دون الاحترام الكامل لها دائمًا.

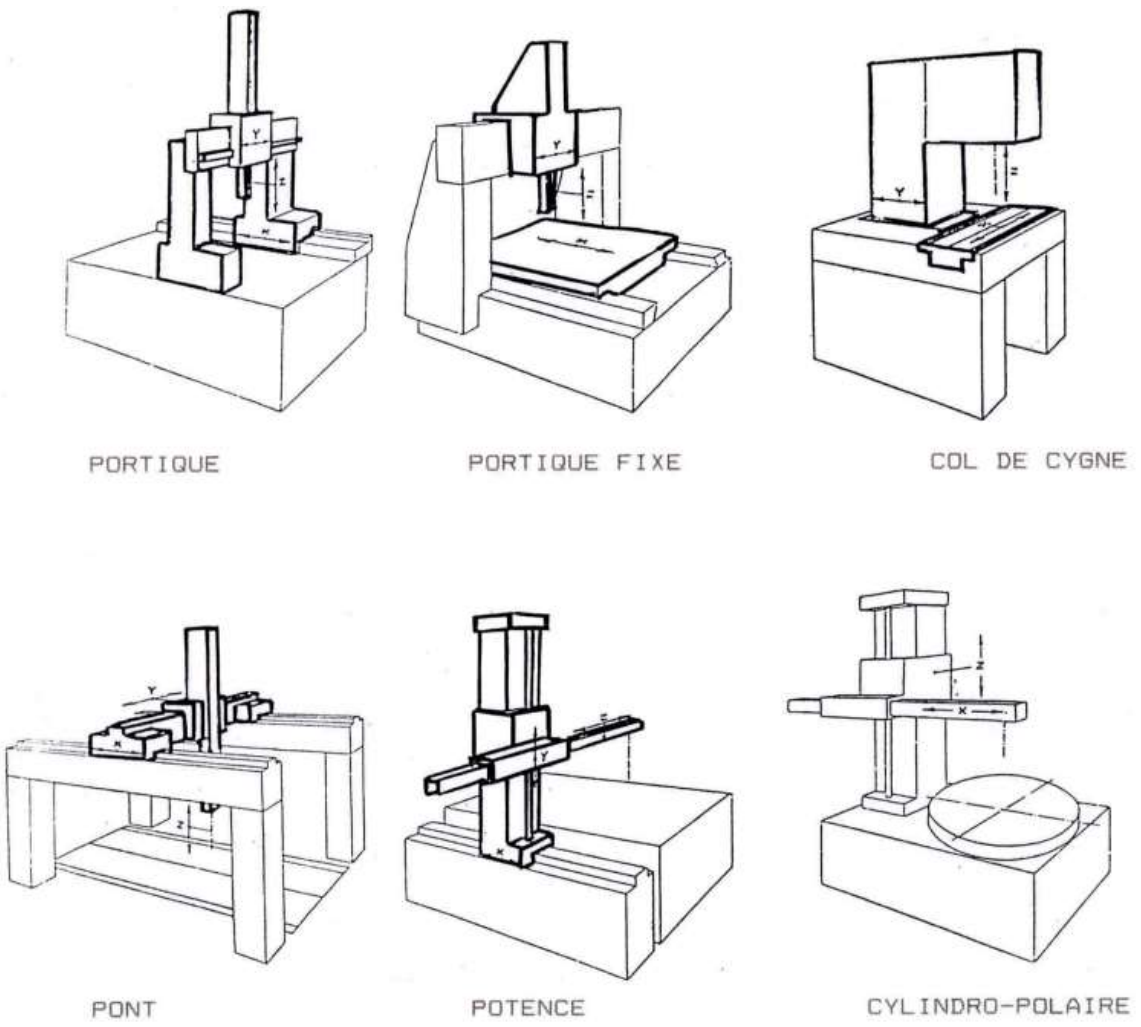


شكل130: آلة القياس ثلاثية الأبعاد.

3.8 هندسة آلات القياس ثلاثية الأبعاد:

البنى الأكثر استخدامًا هي:

- هيكل حبل المشنقة: مناسب تمامًا للأحجام الكبيرة. تسمح للوصول إلى جميع جوانب الغرفة ولكن ثني الذراع يمنحها دقة محدودة.
- هيكل ناتئ: مناسب بشكل خاص للسعات الصغيرة من القياس، فهو يسمح بالوصول الجيد للغرفة.
- هيكل البوابة: هذا هو الأكثر شيوعًا إلى حد بعيد. يسمح بالعلاج الأحجام الكبيرة وسهولة الوصول إلى الأسطح.



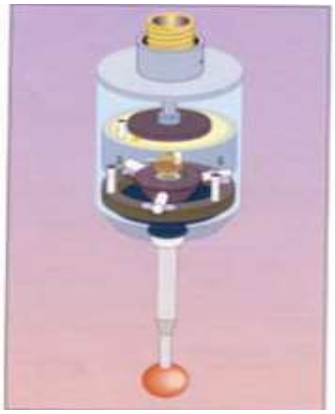
شكل131: آلات القياس ثلاثية الأبعاد.

4.8 جهاز فحص:

هناك نوعان من رؤوس التحقيق:

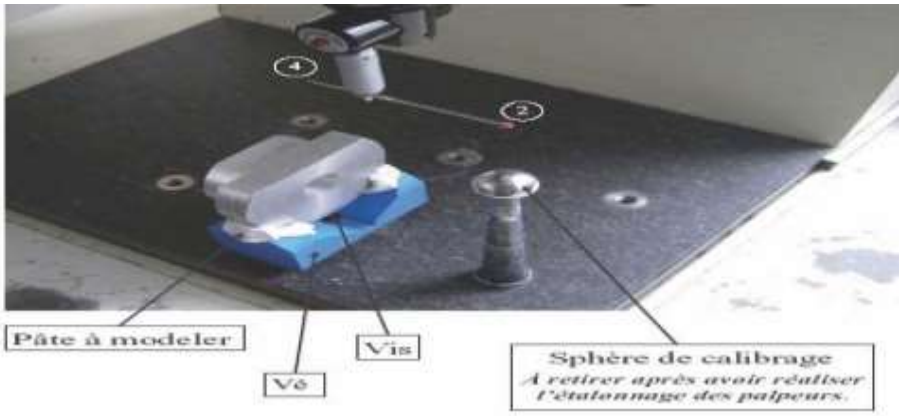
- **رؤوس التحقيق الديناميكية**: في لحظة التلامس بين المسبار والسطح الملموس، يحدث انقطاع في التلامس الكهربائي في الرأس والتي تؤدي إلى ترتيب القراءة لموضع الكرة الموجودة في نهاية المسبار (في إحداثيات X، Y، Z)

- **رؤوس التحقيق الثابتة**: يقوم المسبار بتشغيل ثلاثة أجهزة استشعار داخلية في الرأس، الذين يقدمون باستمرار معلومات عن حالة جزء نشط من المسبار. هذه المعلومات تسمح بإدارة محركات تشغل الحركات المختلفة للآلة وتسمح لذلك فحص مستمر للأسطح.



شكل132: جهاز فحص لآلة القياس ثلاثية الأبعاد.

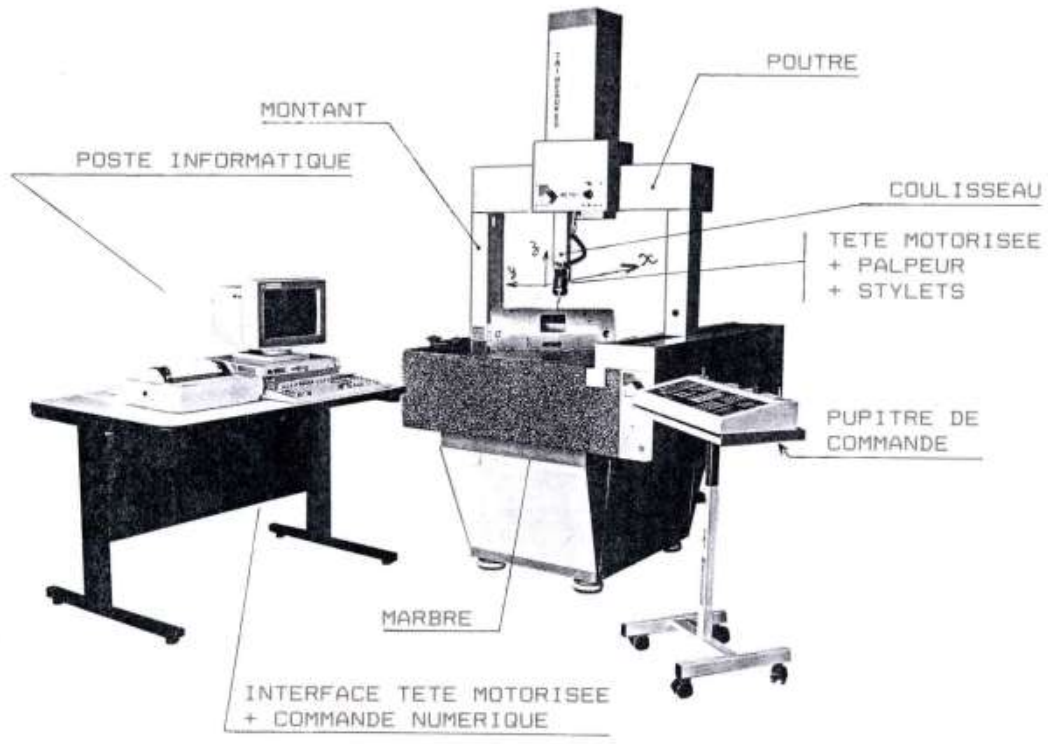
5.8 عملية القياس بـCMM :



شكل133 : تحديد موضع الجزء على CMM والمجسات المستخدمة.

يتكون CMM من 4 تجميعات فرعية متميزة:

- هيكل الإزاحة
- نظام الفحص
- النظام الالكتروني
- نظام الحاسب الآلي ومكتب التحكم



شكل: مكونات CMM

أ.. هيكل الإزاحة:

يتضمن 3 ارشادات في الإزاحة الخطية المتعامدة اثنان في اثنين نرمز لهما ب X وY و Z. هذه الارشادات، بدون خلوص أو الاحتكاك، يسمح بالوصول إلى جميع نقاط الحجم المتوازي.

ب. نظام الفحص:

يتمثل دوره في اكتشاف الاتصال بين القلم والجزء، وفي هذه اللحظة يتم إرسال المعطيات إلى النظام الإلكتروني بحيث يقرأ إحداثيات نقطة الاتصال على الأنظمة من القياس.

ج. النظام الإلكتروني:

لها عدة وظائف أساسية:

- تلقي نبضات الاتصال من رأس التحقيق.

- إرسال أوامر قراءة على 3 أنظمة قياس في وقت الاتصال.

- استلام أوامر الحركة الخاصة بالتحكم في المحركات من نظام الحاسب الآلي عدد المحاور (آلات رقمية NC).

- إدارة الأمن مثل الحد الأدنى من ضغط الهواء على الوسادات الهوائية، ومفاتيح الحد من حركات الخ.

د. نظام الكمبيوتر ومكتب التحكم:

- اقتناء وتخزين نطاقات التحكم في الأجزاء.

- تنفيذ نطاقات المراقبة.

- معالجة المعلومات وتحرير النتائج.

- برنامج محادثة يسمح باستخدام الآلة.

6.8 المزايا والقيود:

- قياس الخشونة
- عدم اليقين في القياس
- قدرة القياس
- إنتاجية
- الربحية

المراجع

1. M. PRIEL. « Vocabulaire de la métrologie ». Techniques de l'ingénieur, R115, 2010.

2. M. Dursapt. « Aide-mémoire Métrologie dimensionnelle ». Edition Dunod, Paris, France, 2009.

3. F. Taillade. « Notions de métrologie ». cel-00564306, version 1, 2011.

4. « Le Système International d'Unités ». Bureau International des Poids et Mesures – Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 8ème Edition 2006.

5. A. Chevalier. « Guide du dessinateur industriel ». Édition Hachette, 2004.

6. S. Bensaada et D. Feliachi. « Le dessin technique, deuxième partie : Le dessin industriel ». Edition O.P.U, 1994.

7. Manuel de technologie mécanique, Guillaume SABATIER, et al Ed. Dunod.

8. Memotech : productique matériaux et usinage BARLIER C. Ed. Casteilla

9. Sciences industrielles MILLET N. ed. Casteilla

10. Memotech : Technologies industrielles BAUR D. et al, Ed. Casteilla

11. Métrologie dimensionnelle CHEVALIER A. Ed. Delagrave

12. Perçage, fraisage JOLYS R et LABELL R. Ed. Delagrave

13. Guide des fabrications mécaniques PADELLA P. Ed. Dunod

14. Technologie : première partie, Bensaada S et FELIACHI d. Ed. OPU Alger

15. تكنولوجيا عمليات التصنيع خرير ز وفواز د. ديوان المطبوعات الجامعية الجزائرية.