الباب السادس

6

معامل القياس
والقياس بالطرق غير المباشرة

Measurement Laboratories
& Indirect Measurement

تمهيد

نظـراً إلـى الحاجة المتزايدة إلى صناعة الآلات والمعدات والماكينات والدقة الـواجب توافرها في هذه المنتجات لتحقيق صفة التبادلية ، وخاصة بعد التقدم الكبير الـذي شمل معظم أنحاء العالم .. كان من الضروري وجود إدارة بكل مصنع إنتاجي تسمى بإدارة مراقبة الإنتاج أو بإدارة مراقبة الجودة ، مهمتها هي فحص ومعايرة دقة قياسـات الأجـزاء والمنتجات المصنعة بإنتاج كمي ، ومطابقتها للمواصفات القياسية الخاصـة بكل منها وذلك من خلال معامل خاصة تسمى بحجرات تفتيش القياسات .. (للفـصل بـين الأجزاء والمنتجات المقبولة عن الأجزاء المرفوضة) . ولضمان الدقة العالـية فـي قـياس ومعايرة الأجزاء المصنعة .. كان من الضروري أن تتوفر في المعامل أو حجرات التفتيش شروط أساسية.

يـناقش فـي هذا الباب الشروط الواجب توافرها في حجرات القياس (المعامل القياسـية) والقياسات الدقيقة ، ومصادر الخطأ بالقياسات المختلفة من حيث الأسلوب المتبع في القياس أو دقة أداء أدوات وأجهزة القياس ومهارة مستعملي هذه الأجهزة.

ويتـناول المـشغولات التي يصعب قياسها بدقة بطرق القياس المباشر ، ويلزم الأمـر قياسها بطرق القياس الغير مباشر ، الأمر الذي أدى إلى الاستعانة ببلي وقدود القياس وتطبيق المبادئ الأولية في حساب للمثلثات.

كمـا يتعـرض لطرق قياس الزوايا المختلفة باستخدام جهاز الجيب مع عرض للعديد من الأمثلة.

روعـي عـند إعداد هذا الباب أن يكون العرض مبسطاً بقدر المستطاع بحيث يناسب المبتدئ ، وكذلك ذوي الخبرة في هدا المحال.

معامل القياس

Measurement Labs

يوجد عادة بالمصانع الإنتاجية.مجموعة معامل مثل معمل الفلزات والمعاملات الحرارية الذي يعتبر أساسي لمعرفة سلوك ونوعية جميع أنواع المعادن والسبائك المستخدمة في المجال الصناعي، حيث يتم فيه إجراء جميع أنواع المعالجات الحرارية للمعادن والسبائك بهدف تغيير خواصها ، بالإضافة إلى التعرف على بنية المشغولات المصنعة بورش السباكة ــ معمل الاختبارات الميكانيكية للمواد واللحام الذي يجرى به جميع الاختبارات الميكانيكية للمواد مثل اختبار الصلادة والكلال واللي والصدم بأنواعه وكذلك بعض اختبارات جودة عمليات اللحام .. بالإضافة إلى معامل أخرى مثل معمل الاهتزازات الميكانيكية وديناميكا الآلات ــ معمل أبحاث الإنتاج ــ معمل اختبارات رمل السباكة ــ معمل القياسات وأجهزة القياس .. وهو الموضوع الذي نهدف إليه ، الذي يعتبر أساسي بالمصانع الإنتاجية.

معامل القياس والمعايرة :

لضمان جودة المنتجات المصنعة وجودة أدوات ومعدات وأجهزة القياس ومعامل الاختبار التي تستخدم بالصناعات المختلفة وخاصة الصناعات الميكانيكية، كان من الضروري وجود نظام للمعايرة يعمل على مستويات مختلفة، حيث يعتبر هذا المعمل ماهو إلا وسيلة لتحقيق التبعية لمعايير المشغولات وقطع الغيار المنتجة محلياً وعالمياً ومطابقة قياسها، وعادة يتم ربط وحدات القياس على المستوى المحلي بأي دولة بالمعايير الدولية والعالمية لغرض الوصول إلى تبادل المنتجات المصنعة.

يجرى بمعامل القياس المتواجدة بالمصانع الإنتاجية المختلفة، مراجعة القياسات التالية :-

1. مراجعة قياس أبعاد جميع المشغولات المصنعة بورش التشغيل المختلفة.
2. قياس درجة تشطيب أسطح المشغولات المصنعة.

3. معايرة أدوات وأجهزة القياس المستخدمة دورياً.

الشروط الواجب توافرها في معامل القياس :

توجد معامل (حجرات) خاصة للقياسات الدقيقة بجميع المصانع الإنتاجية. الغرض منها هو فحص ومعايرة قياسات المشغولات المصنعة work Pieces ومقارنة قياساتها بقياسات الجزء الأساسي النموذجي Master Gauge ، وذلك لتحديد الانحرافات Deviations (مقدار الزيادة أو النقص في القياس الأساسي) للتعرف على الأجزاء المقبولة Accepted أو الأجزاء المرفوضة Rejected.

ولضمان الدقة العالية في القياسات .. يجب أن تتوفر في معامل (حجرات) القياس الشروط التالية:-

1. **درجة حرارة ثابتة** 20° م :

يعتبر هذا الشرط من أهم الشروط الواجب توافرها في معامل القياس ، لذلك يجب أن يزود المعمل بجهاز تكييف هواء ، كما يجب أن تكون حوائطه مبطنة بعوازل حرارية وأرضيته وسقفه مغطاة بطبقة عازلة للحرارة.

2. **نسبة رطوبة مناسبة** :

يفضل أن تكون نسبة الرطوبة في جو المعمل ما بين 50 % ـ 55 % وذلك لراحة الفنيين والمهندسين العاملين به ، بالإضافة إلى المحافظة على أدوات وأجهزة القياس والمشغولات المطلوب قياسها أو فحصها من الصدأ.

3. **النظافة والخلو من الأتربة** :

يجب توفر النظافة المستديمة وخلو المعمل من الأتربة والغبار لعدم حدوث خدوش بأسطح العدسات والأجزاء البصرية ، بالإضافة إلى عدم تعرض أجهزة القياس الأخرى للتآكل.

4. البعد عن مصادر الاهتزازات :

أيّ اهتـــزاز بالمبني ينتج عنه إزاحة للمشغولات المقاسة وكذلك أدوات وأجهزة القـياس المستخدمة ، لذلك يجب أن يكون المعمل بالدور الأرضي ، وفي حالة وجود ماكينات قياس ، يفضل تثبيتها على قواعد خرسانية ومخدات من الكاوتشوك.

القياس بالطرق غير المباشرة

Indirect Measurement

تـــوجد بعـــض المشغولات لا يمكن قياسها بأدوات القياس التقليدية مثل القياس بإحـــدى القـــدمات ذات الورنية أو القياس بإحدى الميكرومترات، ويجب في مثل هذه الحـــالات إســـتخدم وســـائل القياس غير المباشر .. فيما يلي عرض أمثلة للعديد من المشغولات التى يجرى قياسها بالطرق غير المباشرة.

بلي وقدود القياس :

يـــستخدم بلي وقدود القياس الأسطوانية كأدوات قياس مساعدة مع قوالب القياس في كثير من عمليات القياس وخاصة في القياس الغير مباشر للزوايا ، وقياس أبعادها في حالة صعوبة قياسها بالطريقة المباشرة.

يختار غالباً بلي وقدود القياس الأسطوانية المستخدمة لعمليات الفحص والقياس مـــن المحامل التدحرجية المقاومة للاحتكاك .. محامل الكريات والمحامل الأسطوانية (رولمان البلي).

يـــصنع بلـــي وقـــدود القياس الأسطوانية من الصلب المقسي والمعالج حرارياً والمجلخ بدقة فائقة ، تصل الدقة في قدود القياس الأسطوانية من حيث الطول والقطر والاستدارة ، في حدود 2 ميكرومتر (2 um).

تنتج دور الصناعة قـــدود القياس على هيـــئة مجمـــوعة متدرجـــة في القياس مـــن 5 ــ 30 ملليمتـــر داخـــل صـــندوق خـــشبي صغير.، ويجب مراعاة وجود

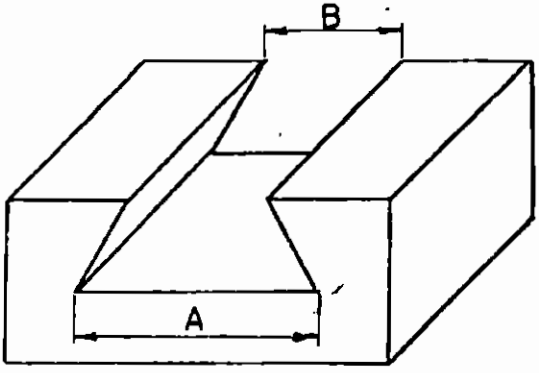
مجموعتين متماثلتين من هذه القدود حتى يمكن توفير زوج من كل قياس.

أمـا بلـي القياس (المدحرجات القياسـية) فإنه لا يتواجد عادة في مجموعات جاهـزة ، ولكـن يمكن شراؤه بالعدد اللازم لتكوين مجموعات متزاوجة متدرجة في القـياس ، يصل الدقة في مقاس بلي القياس في حـدود 2 ميكرومتر (2 Um) ، كما تـصل درجـة دقة ونعومـة السـطح لكل من بلي وقـدود القياس الأسطوانية في حدود 0.1 ميكرومتر (1 Um).

فـيما يلـي عرض لبعض قياسات الأبعاد والزوايا بطريقة القياس الغير مباشر للمشغولات المختلفة.

قياس أبعاد مجرى غنفاري داخلي

يراد قياس أبعاد مجرى غنفاري داخليّ B ، A للمشغولة الموضحة بشكل 6 – 1 بطريقة القياس الغير مباشر.



شكل 6 – 1

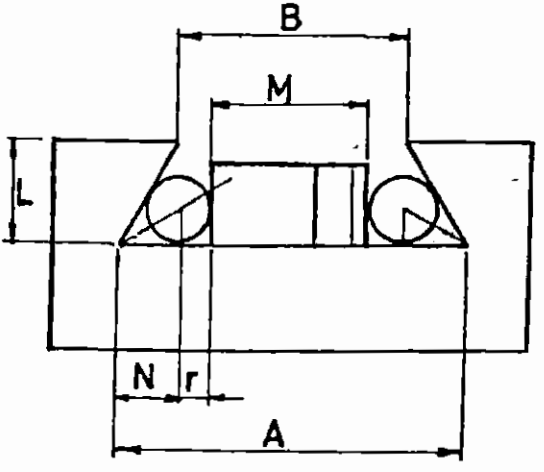
قياس أبعاد المجرى الغنفاري B ، A بطريقة القياس الغير مباشر

الأدوات المستخدمة :

1. زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية بأقطار مناسبة.
2. مجموعة قوالب قياس.
3. ميكرومتر أعماق أو قدمة أعماق.. حسب الدقة المطلوبة.

خطوات العمل :

1. يجب العناية بتنظيف أسطح القياس لكل من المجرى الغنفاري وقوالب القياس وقدود القياس الأسطوانية بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي ، قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف ، لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة وأدوات وأجهزة القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.
2. إذا لم تكن زاوية المجرى الغنفاري (θ) معلومة ، فيجب قياسها باستخدام منقلة بورنية.
3. تثبت أسطوانتان متماثلتان من قدود القياس بمقاس معلوم بداخل زاوية المجرى الغنفاري (θ).
4. تعيين المقاس (M) وذلك من خلال مجموعة قوالب القياس التي تتوافق توافقاً محكماً في الحيز المحصور بين قدي القياس الأسطوانيين شكل 6 – 2 .
5. قياس ارتفاع المجرى (L) باستخدام ميكرومتر قياس أعماق أو قدمة أعماق.



شكل 6 – 2

تثبيت زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية
ومجموعة قوالب القياس بداخل المجرى الغنفاري

6. إيجاد قيمة البعد A من العلاقة التالية:-

$$A = M + 2r + 2N$$

حيث **M** .. مجموع أبعاد قوالب القياس.

r ... نصف قطر قد انقياس الأسطواني.

N ... البعد بين الخط العمودي من رأس الزاوية (θ)

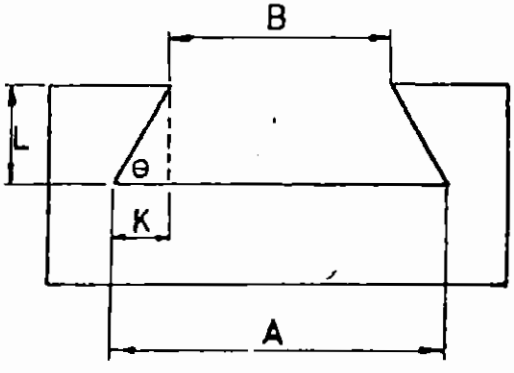
والخط العمودي من مركز القد الأسطواني =

$$\frac{\text{نصف قطر قد القياس الأسطواني}}{\text{Tan } \theta}$$

L ... فاع المجرى الغنفاري.

θ ... زاوية المجرى الغنفاري.

7. إيجاد قيمة انبعد B كما هو موضح بشكل 6 – 3 من العلاقة التالية:-



شكل 6 – 3

إيجاد قيمة البعد B من خلال استخدام النسب المثلثية

$$B = A - 2k$$

ويمكن إيجاد قيمة البعد K من خلال استخدام النسب المثلثية التالية :-

$$\tan \theta = \frac{L}{K}$$

$$\therefore K = \frac{L}{\tan \theta}$$

مثال :

يراد قياس أبعاد المجرى العنفاري الداخلي A ، B للمشغولة الموضحة بالشكلين السابقين بطريقة القياس الغير مباشر ، باستخدام زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية قطر كل منهما 12 mm ، ومجموعة قوالب قياس بأبعاد مختلفة ، علماً بأن زاويتي المجرى العنفاري θ متماثلتان وقيمة كل منهما 60^0 وارتفاعها 20 mm.

الحل :

أولاً : لقياس البعد العنفاري A يتبع خطوات العمل التالية :-

البعد بين الخط العمودي من رأس الزاوية (θ) والخط العمودي من مركز القد الأسطواني =

$$\frac{\text{نصف قطر قد القياس الأسطواني}}{\text{Tan } \theta}$$

(أ) تثبت أسطوانتان متماثلتان من قدود القياس مقاس كل منهما 12 mm بالزاويتين العنفاريتين.

(ب) تثبت مجموعة قوالب قياس بتوافق محكم ما بين قدي القياس الأسطوانتين.

(ج) بتعيين مجموعة قوالب القياس المثبتة وجدت أنها 10.76 mm.

(د) إيجاد قيمة البعد K من خلال استخدام النسب المثلثية التالية:-

$$\tan 30^0 = \frac{\text{نصف قطر قد القياس الأسطواني}}{\text{Tan } \theta}$$

$$0.5774 = \frac{6}{N} = 10.3914 \text{ mm}$$

$$N = \frac{6}{0.5774} = 10.3914 \text{ mm}$$

$$A = M + 2r + 2N$$

$$A = 10.76 + (2\times6) + (2\times10.3914)$$

$$= 43.543 \text{ mm}$$

ثانياً : إيجاد قيمة البعد B من خلال استخدام النسب المثلثية :-

$$\tan\theta = \frac{L}{K}$$

$$\mathbf{1.7321} = \frac{20}{K}$$

$$K = \frac{20}{1.7321} = 11.547\text{mm}$$

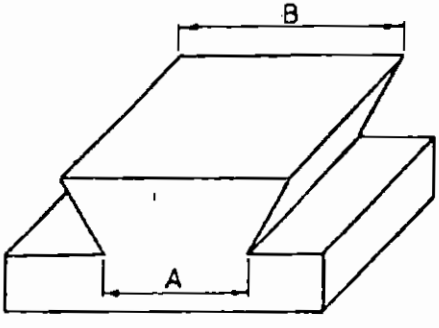
$$B = A - 2K$$

$$= 43.543 - (2\times11.547)$$

$$= 20.449 \text{ mm}$$

قياس أبعاد مجرى غنفاري خارجي

يراد قياس أبعاد مجـرى غنفاري خارجي B ، A للمشـغولة الموضـحة بشكل 6 – 4 بطريقة القياس الغير مباشر.



شكل 6 – 4

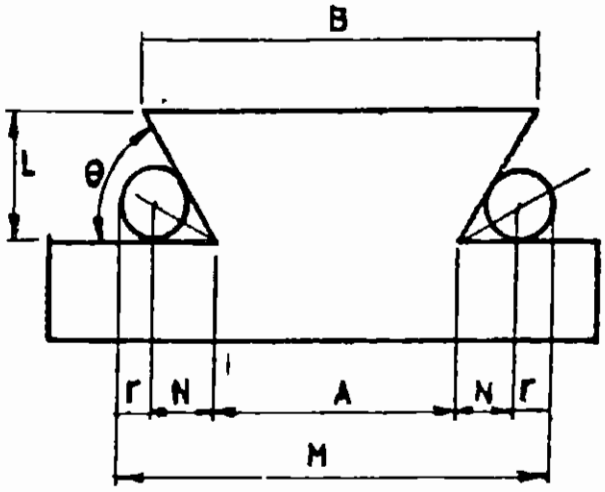
قياس أبعاد المجرى الغنفاري B ، A بطريقة القياس الغير مباشر

الأدوات المستخدمة :

1. زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية بأقطار مناسبة.
2. ميكرومتر خارجي بمدى قياس مناسب.
3. ميكرومتر أعماق أو قدمة أعماق.. حسب الدقة المطلوبة.

خطوات العمل:

1. يجب العناية بتنظيف أسطح القياس لكل من المجرى الغنفاري وقدي القياس الأسطوانين وميكرومتر القياس الخارجي وميكرومتر قياس الأعماق أو قدمة قياس الأعماق بمنظف كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة وأدوات وأجهزة القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.
2. إذ لم تكن زاوية المجرى الغنفاري (θ) معلومة فيمكن قياسها باستخدام منقلة بورنية.
3. تثبيت أسطوانتين متماثلتين من قدود القياس بمقاس معلوم بداخل زاوية المجرى الغنفاري (θ) شكل 6 – 5 .
4. تعيين المقاس (M) باستخدام ميكرومتر قياس خارجي بمدى قياس مناسب، مع مراعاة أن يكون محور تماثل فكي قياس الميكرومتر واقعًا في المستوى المار بمحور قدي القياس الأسطوانيين.
5. قياس ارتفاع المجرى الغنفاري (L) باستخدام ميكرومتر قياس أعماق أو قدمة أعماق.



شكل 6 – 5

تثبيت زوج من قدود القياس الأسطوانية بداخل المجرى الغنفاري

6. إيجاد قيمة البعد A من المعادلة التالية :-

$$A = M - 2r - 2N$$

حيث M ... قراءة قياس الميكرومتر الخارجي.. (المسافة التي تنحصر بينهما قدي القياس الأسطوانيين).

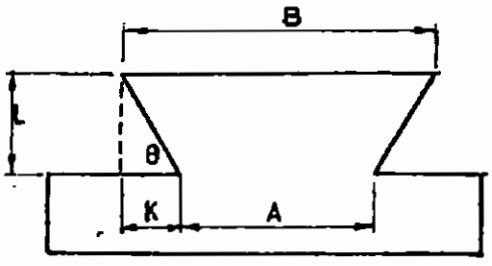
r ..... نصف قطر كل من قد القياس الأسطواني.

N ..... البعد بين الخط العمودي من رأس الزاوية θ والخط العمودي من مركز القد الأسطواني =

$$\frac{\text{نصف قطر قد القياس الأسطواني}}{\tan \theta}$$

θ ..... زاوية المجرى الغنفاري.

7. إيجاد قيمة البعد (B) من خلال استخدام النسب المثلثية كما هو موضح بشكل 6 – 6 من المعادلة التالية:-



شكل 6 – 6

إيجاد قيمة البعد B من خلال استخدام النسب المثلثية

$$B = A + 2$$

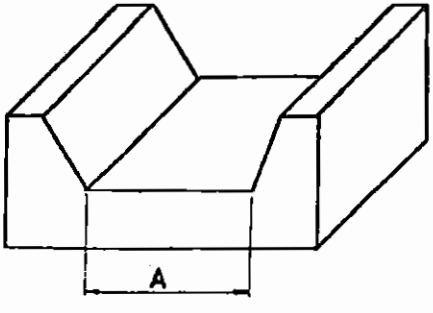
ويمكن إيجاد قيمة البعد K من خلال استخدام النسب المثلثية كما يلي :-

$$\tan\ \theta = \frac{L}{K}$$

$$\therefore K = \frac{L}{\tan\ \theta}$$

قياس البعد المنحصر بين ركنتي زاويتين داخلتين

يراد قياس البعد (A) المنحصر بين ركنتي الزاويتين الداخلتين θ ، μ للمشغولة الموضحة بشكل 6 – 7 بطريقة القياس الغير مباشر.



شكل 6 – 7

قياس البعد (A) المنحصر بين الزاويتين الداخلتين

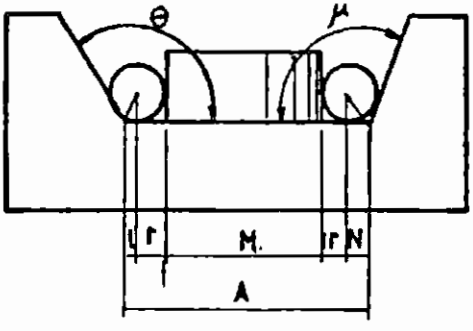
للمشغولة بطريقة القياس الغير مباشر

الأدوات المستخدمة :

1. زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية بأقطار مناسبة.
2. مجموعة قوالب قياس.
3. منقلة بورنية أو جهاز إسقاط ضوئي.

خطوات العمل :

1. يجب العناية بتنظيف كل من الأسطح الداخلية للمشغولة المراد قياسها، وقوالب القياس، وقدود القياس الأسطوانية، والمنقلة ذات الورنية بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف، لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة وأدوات وأجهزة القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.
2. إذا لم تكن قيمة كل من الزاويتين الداخلتين (θ ، μ) معلومة فيجب قياسهما باستخدام منقلة ذات ورنية أو من خلال جهاز إسقاط ضوئي.
3. وضع أسطوانتين متماثلتين من قدود القياس بمقاس معلوم في ركني الزاويتين الداخليتين (θ ، μ).
4. تعيين المقاس (M) من خلال مجموعة قوالب القياس التي تتوافق توافقاً محكماً في الحيز المنحصر بين قدي القياس الأسطوانين كما هو موضح بشكل 6 – 8 .



شكل 6 – 8

قياس البعد A بطريقة القياس الغير مباشر

باستخدام قدي قياس أسطوانيين وقوالب قياس

5. إيجاد قيمة البعد A من المعادلة التالية :-

$$A = M + 2r + L + N$$

حيث M ... مجموع أبعاد قوالب القياس.

r ... نصف قطر كل من قدي القياس الأسطوانيين.

θ ... قيمة الزاوية الداخلية.

μ ... قيمة الزاوية الداخلية.

L ... البعد بين الخط العمودي من رأس الزاوية والخط العمودي من مركز القد الأسطواني.

N ... البعد بين الخط العمودي من رأس الزاوية والخط العمودي من مركز القد الأسطواني.

ويمكن إيجاد قيمة البعدي N ، L من خلال استخدام النسب المثلثية كما يلي :-

$$\tan\frac{\theta}{2} = \frac{r}{L}$$

$$L = \frac{r}{\tan\frac{\theta}{2}}$$

$$\therefore L = r\cot\frac{\theta}{2}$$

$$\tan = \frac{\mu}{2} = \frac{r}{N}$$

$$N = \frac{r}{\tan\frac{\mu}{2}}$$

$$\therefore N = r\cot\frac{\mu}{2}$$

$$A = M + 2r + r\cot\frac{\theta}{2} + r\cot\frac{\mu}{2}$$

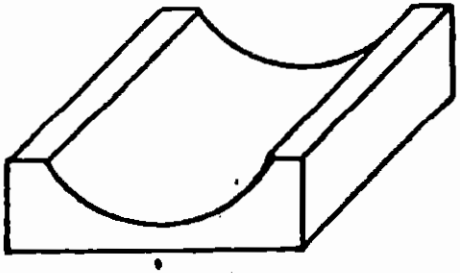
$$= M + 2r + r(\cot\frac{\theta}{2} + \cot\frac{\mu}{2})$$

$$= M + 2r\left[1 + \frac{1}{2}(\cot\frac{\theta}{2} + \cot\frac{\mu}{2})\right]$$

$$\boxed{A = M + 2r(1 + \frac{\cot\frac{\theta}{2} + \cot\frac{\mu}{2}}{2})}$$

تعيين نصف قطر سطح مستدير داخلي بمشغولة

يراد إيجاد نصف قطر السطح المستدير الداخلي (R) للمشغولة الموضحة بشكل 6 – 9 .



شكل 6 – 9

مشغولة ذات سطح مستدير داخلي

الأدوات المستخدمة :

1. ميكرومتر قياس أعماق.
2. ميكرومتر قياس خارجي مناسب.

خطوات العمل :

1. تنظيف أسطح القياس لكل من السطح المستدير الداخلي بالمشغولة، وميكرومتر الأعماق بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس

بوقت كاف ، لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة وأدوات القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.

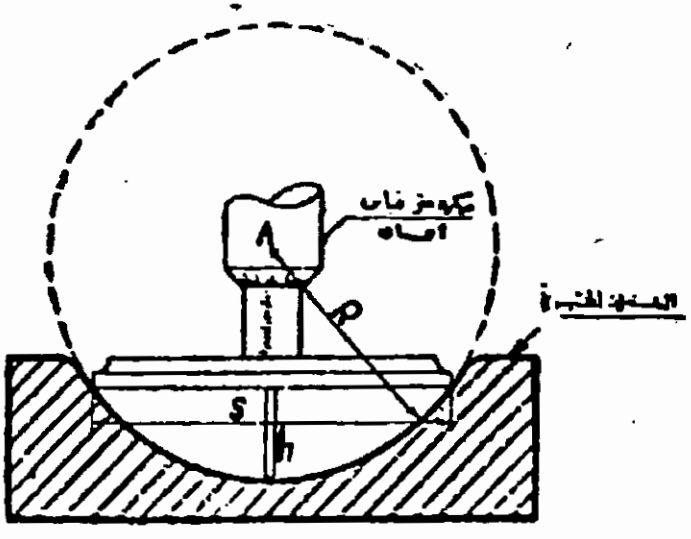
2. قياس عرض قاعدة ميكرومتر الأعماق باستخدام ميكرومتر خارجي مناسب.

3. (أ) يوضع ميكرومتر الأعماق على المشغولة، بحيث ترتكز قاعدة الميكرومتر على السطح المستدير الداخلي المطلوب تعيين نصف قطره.

(ب) دوران أسطوانة قياس الميكرومتر عن طريق مسمار التحسس، حتى يلامس الطرف الأمامي لعمود قياس الميكرومتر قاعدة السطح المستدير الداخلي للمشغولة كما هو موضح بشكل 6 – 10 .

(ج) تعيين قراءة ميكرومتر الأعماق.

4. إيجاد نصف قطر السطح المستدير الداخلي (R) للمشغولة من خلال العلاقة التالية :-



شكل 6 – 10

استخدام ميكرومتر أعماق

في تعيين نصف قطر السطح المستدير الداخلي للمشغولة

$$R = \frac{h}{2} + \frac{S^2}{8h}$$

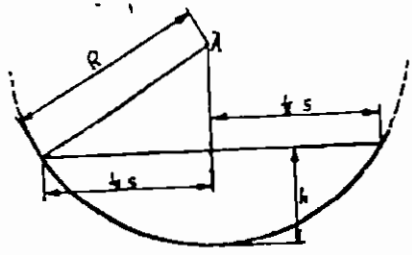
حيث A ... مركز الدائرية التي يقع السطح المستدير للمشغولة بها.

R ... نصف قطر السطح المستدير للمشغولة.

S ... عرض قاعدة ميكرومتر الأعماق.

h ... قراءة ميكرومتر الأعماق (المسافة بين قاعدة الميكرومتر وقاعدة السطح المستدير).

ومن خلال الرسم التخطيطي الموضح بشكل 6 – 11 يمكن استنتاج نصف قطر السطح المستدير الداخلي (R) بالمعادلة السابقة ، وبتطبيق نظرية فيثاغورث كالآتي :-



شكل 6 – 11

رسم تخطيطي يوضح استنتاج نصف قطر السطح المستدير الداخلي

$$R^2 = (R - h)^2 + (\frac{S}{2})^2$$

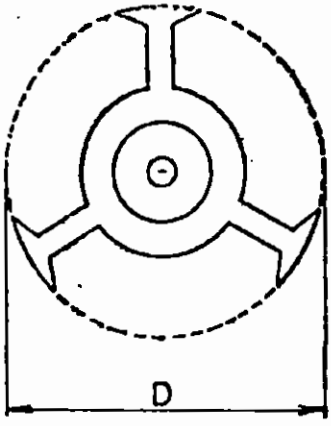
$$R^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + \frac{S^2}{4}$$

$$SRh = h^2 + \frac{S^2}{4}$$

$$\therefore R = \frac{h}{2} + \frac{S^2}{8h}$$

قياس قطر خارجي لمشغولة ذات ثلاثة حواف

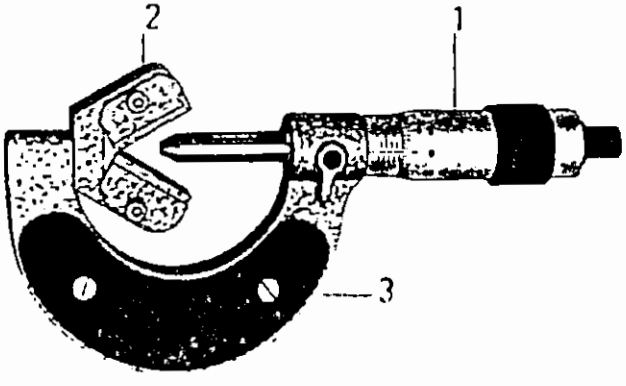
يراد قياس القطر الخارجي D للمشغولة ذات الثلاث حواف الموضحة بشكل 6 – 12 .



شكل 6 – 12

قياس القطر الخارجي D لمشغولة ذات ثلاث حواف

تنتج دور الصناعة ميكرومترات خاصة لقياس التروس وعدد القطع ذات الثلاثة حواف شكل 6 – 13 ، والخمس حواف ، وأيضاً التسع حواف.



شكل 6 – 13

ميكرومتر قياس التروس والعدد ذات الثلاث حواف

1. رأس الميكرومتر.
2. الإطار.
3. قاعدة الارتكاز على شكل حرف V بزاوية قدرها 60^0 .

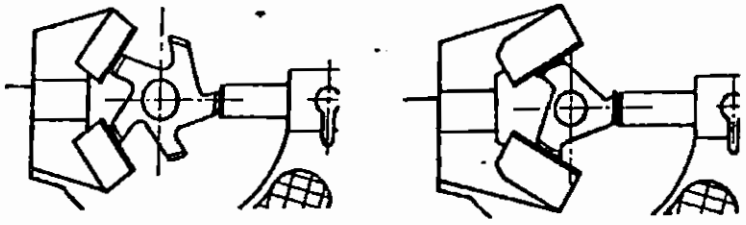
تتشابه هذه الميكرومترات مع بعضها البعض من حيث دقة القياس والشكل العام والتصميم ، وتختلف زاوية قاعدة الارتكاز بكل منهم باختلاف شكل الجزء المراد قياسه (ثلاث أو خمس أو تسع حواف) وزاوية قاعدة الارتكاز بكل منهم كالآتي :-

زاوية قاعدة ارتكاز ميكرومتر قياس العدد ذو الثلاثة حواف = 60^0

زاوية قاعدة ارتكاز ميكرومتر قياس العدد ذو الخمس حواف = 108^0

زاوية قاعدة ارتكاز ميكرومتر قياس العدد ذو التسع حواف = 140^0

لذلك فإنه يمكن قياس المشغولة أو المشغولات المتشابهة ، بطريقة القياس المباشر باستخدام ميكرومترات العدد ذات قاعدة الارتكاز حرف V ، المختلفة الزوايا كما هو موضح بشكل 6 – 14 .



(ب) (أ)

شكل 6 – 14

قياس المشغولة أو المشغولات المشابهة باستخدام ميكرومترات

قياس سكاكين الفرايز ذات قاعدة الارتكاز حرف V المختلفة الزوايا

(أ) قياس المشغولة ذات الثلاثة حواف باستخدام ميكرومتر قياس العدد وسكاكين الفرايز وقاعدة الارتكاز حرف V 60^0.

(ب) قياس المشغولة ذات الخمس حواف باستخدام ميكرومتر قياس العدد وسكاكين الفرايز ذو قاعدة الارتكاز حرف v 108^0.

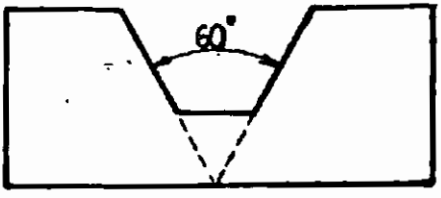
وفي حالة عدم وجود ميكرومترات قياس العدد وسكاكين الفرايز ذات قاعدة الارتكاز حرف V حيث أنها قليلة الانتشار.

تجهز الأدوات والمعدات وأجهزة القياس الخاصة لقياس هذه المشغولة بطريقة

القياس الغير مباشر ، ويتم القياس بتسلسل الخطوات التالية :-

الأدوات المستخدمة :

1. قاعدة حرف V 60^0 تماماً ، بحيث يقع خط امتداد جانبيها على مستوى السطح الأسفل للقاعدة كما هو موضح بشكل 6 – 15.
2. ميكرومتر خارجي أو قدمة قياس ارتفاعات .. حسب الدقة المطلوبة.
3. زهرة استواء .. في حالة استخدام قدمة قياس الارتفاعات.



شكل 6 – 15

قاعدة حرف V 60^0 يقع خط تقاطع امتداد جانبيها علي مستوي السطح الأسفل

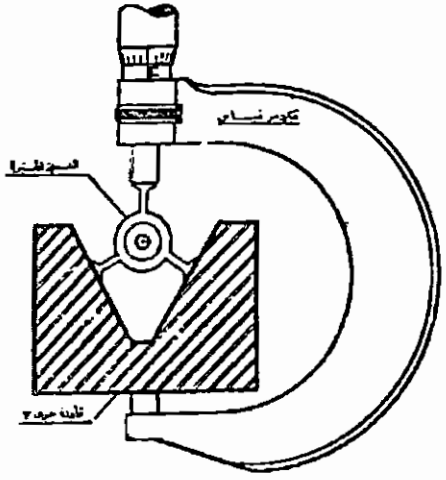
ملاحظة :

يجب مراجعة الزاوية 60^0 للقاعدة حرف V ، والتأكد من وقوع نقطة تقاطع امتداد جانبي القاعدة بمستوى السطح الأسفل للقاعدة.

خطوات العمل :

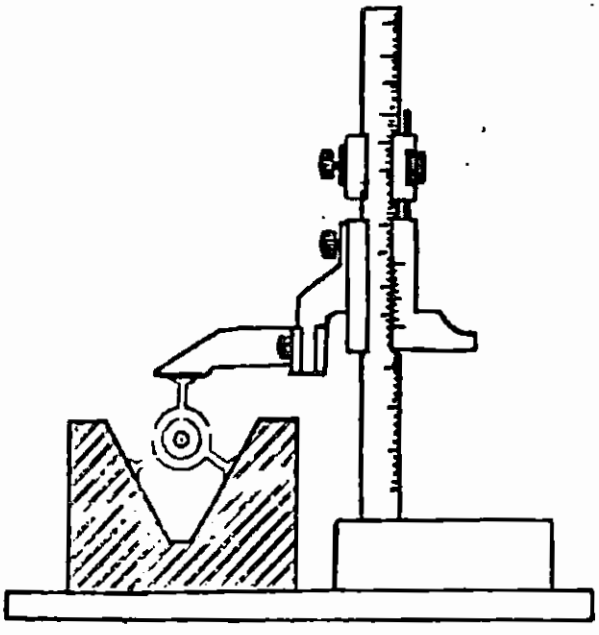
1. يجب العناية بتنظيف أسطح القياس لكل من المشغولة المراد قياسها والقاعدة حرف V وأدوات وأجهزة القياس المستخدمة بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف ، لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة والقاعدة حرف V وأدوات القياس المستخدمة مع درجة حرارة حجرة القياس.
2. وضع المشغولة المراد قياس قطرها الخارجي بداخل فتحة القاعدة حرف V ، حيث يرتكز طرفان منها على جانبي زاوية القاعدة ، ويكون الطرف الثالث متجهاً إلى أعلى.

3. (أ) يؤخـذ قياس البعد M باسـتخدام ميكرومتر خارجي كما هو موضـح بشكل 6 – 16 .



شكل 6 – 16
قياس البعد M بالمشغولة ذات الثلاث حواف باستخدام قاعدة حرف V بزاوية قدرها 60^0 وميكرومتر خارجي

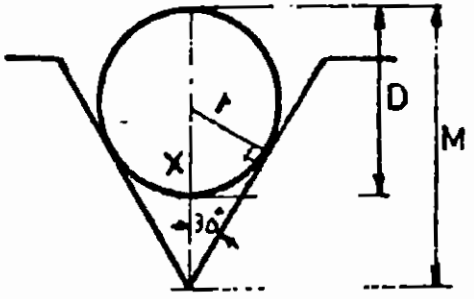
(ب) يؤخذ قياس البعد M باسـتخدام قدمة قياس ارتفاعات كما هو موضـح بشكل 6 – 17 .



شكل 6 – 17
قياس البعد M بالمشغولة ذات الثلاث حواف باستخدام قاعدة V 60^0 وقدمة قياس إرتفاعات

4. إيجاد قيمة القطر D للمشغولة ذات الثلاثة حواف من خلال الرسـم التخطيطـي

الموضح بشكل 6 – 18 بالعلاقة التالية :



شكل 6 – 18

رسم تخطيطي للمشغولة والقاعدة حرف V

يوضح الأبعاد المستخدمة في حساب القطر D بعد قياسها

حيث M ... البعد بين السطح الأعلى للقطر الخارجي للمشغولة والسطح الأسفل للقاعدة حرف V.

r ... أو ... $\frac{D}{2}$ نصف قطر المشغولة.

X ... الخط العمودي الساقط من مركز المشغولة وسطح القاعدة حرف V.

$$D = \frac{2}{3} M$$

ويمكن استخدام قيمة القطر الخارجي D بالمعادلة السابقة من خلال الحل التوضيحي التالي :-

$$\sin 30 = \frac{r}{X}$$

$$X = \frac{r}{\sin 30} = \frac{r}{0.5} = 2r = D$$

بذلك يكون قياس الميكرومتر أو قدمة الارتفاعات (البعد بين السطح الأعلى للقطر الخارجي للمشغولة والسطح الأسفل للقاعدة حرف V) كالآتي :-

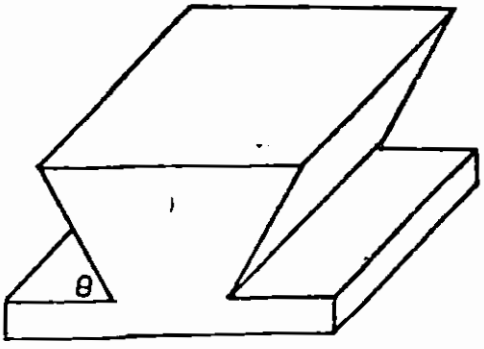
$$M = D + \frac{D}{2} = \frac{2D + D}{2} = \frac{3D}{2}$$

$$\therefore 3D = 2M$$

$$\boxed{D = \frac{2}{3}M}$$

قياس زاوية مجرى غنفاري خارجية

يراد قياس زاوية المجرى الغنفاري الخارجية θ للمشغولة الموضحة بشكل 6 – 19 .



شكل 6 – 19

مشغولة بزاوية غنفاري خارجية

الأدوات المستخدمة :

1. زوج متماثل من قدود القياس الأسطوانية بمقياس مناسب معلوم.
2. مجموعة قوالب قياس.
3. ميكرومتر قياس خارجي ذو مدى قياس مناسب.

خطوات العمل :

1. يجب تنظيف أسطح القياس لكل من المجرى الغنفاري ، وقدي القياس الأسطوانين ، وقوالب القياس ، والميكرومتر الخارجي بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف ، لكي تتساوى درجة حرارة

كل من المشغولة وأدوات القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.

2. (أ) يوضع قدا القياس الأسطوانيان بالمجرى الغنفاري للمشغولة بحيث يمس السطح المستدير الخارجي كل من القاعدة والسطح المائل للمجرى.

(ب) يؤخذ قياس البعد (M) باستخدام ميكرومتر القياس الخارجي.

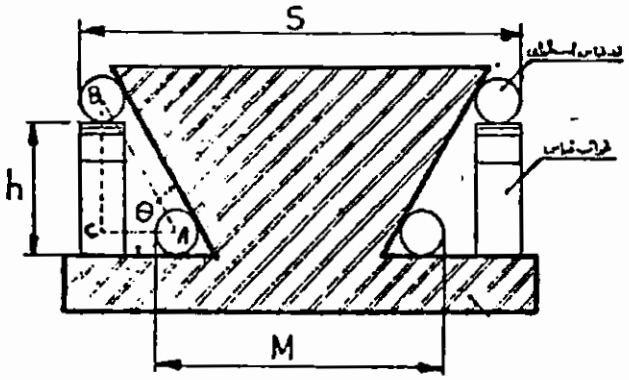
(ج) إخراج قدي القياس الأسطوانيين من وضعهما بعد إجراء عملية القياس.

3. (أ) توضع مجموعتان من قوالب قياس متماثلتان ومتساويتان في القياس بأعلى قاعدة المشغولة.

(ب) يوضع قدي القياس الأسطوانين على المجموعتين المتماثلتين من قدود القياس الأسطوانية بحيث يمس السطح المستدير الخارجي لكل منهما السطحين المائلين لمجرى المشغولة.

(ج) يؤخذ قياس البعد (S) باستخدام ميكرومتر القياس الخارجي.

4. إيجاد قيمة زاوية المجرى الغنفاري الخارجية θ كما هو موضح من الرسم التخطيطي بشكل 6 – 20 بالمعادلة التالية:-



شكل 6 – 20

رسم تخطيطي للمشغولة المطلوب قياس زاويتها الخارجية θ

باستخدام قدي قياس أسطوانيين ومجموعتين متماثلتين من قوالب القياس

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2h}{S - M}$$

حيث h ... مجموع أبعاد قوالب القياس.

M ... قراءة ميكرومتر القياس الخارجي .. (المسافة التي ينحصر بينها قدا القياس الأسطوانيان السفليان بداخل المجرى الغنفاري).

S ... قراءة ميكرومتر القياس الخارجي .. (المسافة التي ينحصر بينها قدا القياس الأسطوانيان العلويان الموضوعان على قوالب القياس).

يمكن إستنتاج قيمة الزاوية θ بالمعادلة السابقة من خلال الحل التوضيحي التالي :-

ΔABC

AB // السطح المائل للمجرى الغنفاري

AC // سطح زهرة الاستواء

$BC \perp AC$

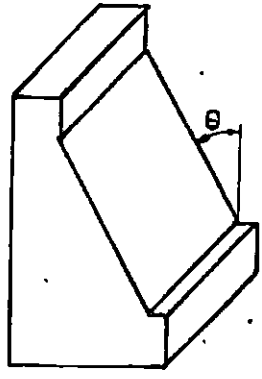
$\therefore \angle BAC = \theta$

$$\tan\theta = \frac{BC}{AC} = \frac{h}{\frac{1}{2}(S - M)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2h}{S - M}$$

قياس زاوية سطح مائل بمشغولة

يراد قياس الزاوية θ للسطح المائل بالمشغولة الموضحة بشكل 6 - 21 .



شكل 6 - 21

قياس الزاوية θ للسطح المائل بمشغولة

الأدوات المستخدمة :

1. زهرة استواء.
2. عدد 2 قد قياس أسطواني بقطرين مختلفين.
3. زهرة قائمة حرف L .. (لوح زاوي).
4. قدمة قياس الارتفاعات.

خطوات العمل :

1. يجب تنظيف سطح زهرة الاستواء، وأسطح المشغولة ، وأسطح قياس كل من قدي القياس الأسطوانين ، وقدمة قياس الارتفاعات بمنظف مناسب كالبنزين أو الكحول النقي قبل البدء في عملية القياس بوقت كاف ، لكي تتساوى درجة حرارة كل من المشغولة ، وأدوات القياس مع درجة حرارة حجرة القياس.
2. (أ) وضع كل من المشغولة والزهرة القائمة حرف L على زهرة الاستواء ، ويلاحظ أنه عند وضع كل من قدي القياس الأسطوانين في الزاوية المحصورة ، يمس علي كل من السطح المائل للمشغولة وسطح الزهرة القائمة في خط مستقيم

.. أي عمودي على المستوى الرأسي.

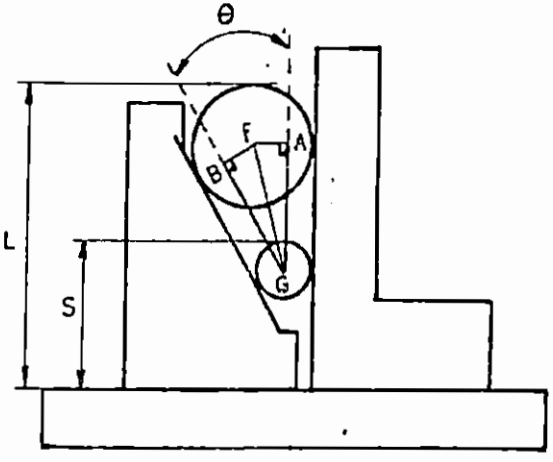
(ب) يراعى تثبيت كل من المشغولة والزهرة القائمة في هذا الوضع ، وعدم انزلاقهما على زهرة الاستواء بأي حال من الأحوال.

3. (أ) يوضع قد القياس الأسطواني ذو القطر الأصغر في الزاوية المحصورة بين السطح المائل للمشغولة وسطح الزهرة القائمة ، ويؤخذ قياس البعد (S) باستخدام قدمة قياس الارتفاعات.

(ب) إخراج قد القياس الأسطواني من وضعه بحرص شديد لعدم انزلاق المشغولة أو الزهرة القائمة.

4. يوضع قد القياس الأسطواني ذو القطر الأكبر في نفس المكان السابق لوضع قد القياس الأسطواني ذو القطر الأصغر ، ويؤخذ قياس البعد (L) باستخدام قدمة قياس الارتفاعات.

5. إيجاد قيمة الزاوية θ كما هو موضح بالرسم التخطيطي بشكل 6 – 22 بالمعادلة التالية:-



شكل 6 – 22

رسم تخطيطي للمشغولة المطلوب قياس زاوية θ

للسطح المائل باستخدام قدي قياس أسطوانيين بقطرين مختلفين

حيث r ... نصف قطر قد القياس الأسطواني ذو القطر الأصغر.

R ... نصف قطر قد القياس الأسطواني ذو القطر الأكبر.

S ... قيمة البعد بين المماس العلوي لقد القياس الأسطواني الأصغر وسطح زهرة الاستواء.

L ... قيمة البعد بين المماس العلوي لقد القياس الأسطواني الأكبر وسطح زهرة الاستواء.

GA ... مستقيم رأسي من مركز القد الأسطواني يوازي السطح الرأسي للزهرة القائمة حرف L.

GB ... مستقيم من مركز القد الأسطواني الأصغر يوازي السطح المائل للمشغولة.

FA ... عمود على المستقيم GA.

FB ... عمود على المستقيم GB.

$$\theta = 2\tan^{-1}\frac{R-r}{(L-S)-(R-r)}$$

ويمكن إستنتاج قيمة الزاوية بالمعادلة السابقة من خلال الحل التوضيحي التالي :-

$$FA = FB = R - r$$

$$\angle AGF = \angle BGF = \frac{1}{2}\angle\theta$$

$$\tan\frac{\theta}{2} = \frac{AF}{AG} = \frac{R-r}{AG}$$

$$AG = L - R - S + r$$

$$= L + r - R - S$$

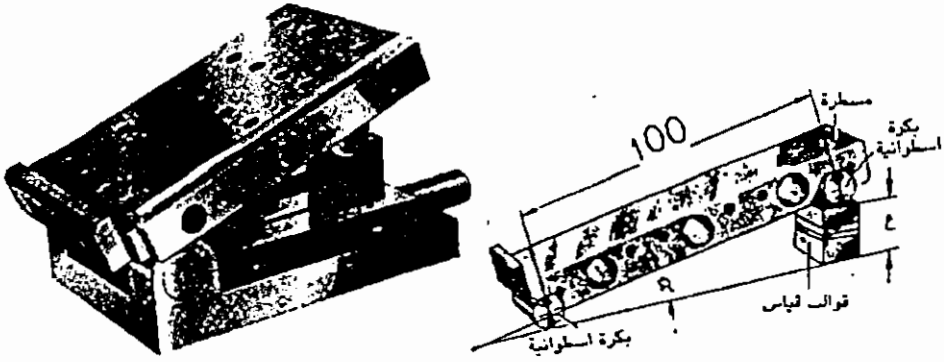
$$= \frac{R-r}{(L-S)-(R-r)}$$

$$\therefore \theta = 2\tan^{-1}\frac{R-r}{(L-s)-(R-r)}$$

قضيب الجيب : Sine Bar

يتكون قضيب الجيب Sine bar (قضيب قياس جيب الزاوية) الموضح بشكل 6 – 23 من قضيب على شكل مسطرة مثبتة بكلتي نهايتها على مرتكزين على شكل بكرتين أسطوانتين . يصنع القضيب والمرتكزان من الصلب المعامل حرارياً ليكتسب أسطح قياسه درجة صلادة عالية.

يتعدد طول قضيب الجيب، والمقاسات الأكثر انتشاراً هي طول 100 ، 200 ملليمتر شكل 6 – 23 (أ) ، ويعتبر طول القضيب ما بين محوري البكرتين الأسطوانتين ، كما تنتج دور الصناعة أشكال خاصة أخري لهذا الغرض وشكل 6 – 23 (ب) يوضح لوحة قياس زاوية الجيب Sine plate أبعادها 150 × 150ملليمتر ، وذلك لإمكان حمل المشغولات الكبيرة.



شكل 6 – 23

قضيب قياس جيب الزاوية

يستخدم قضيب الجيب في قياس واختبار زوايا أسطح العدد والمشغولات ذات الدقة العالية، وذلك بالاستعانة بزهرة استواء على درجة عالية من الدقة ومبين قياس ذو قرص مدرج Indicator.

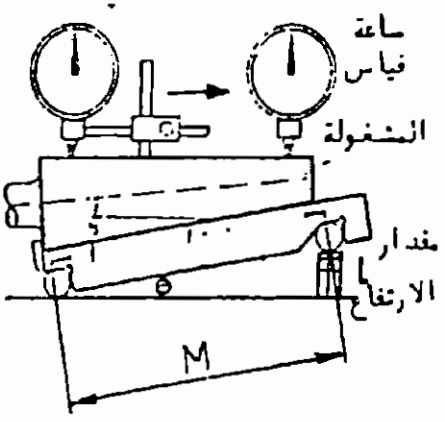
تعتمد طريقة قياس الزوايا باستخدام قضيب الجيب الموضحة بشكل 6 – 24

على الخطوات التالية :-

1. تنظيف سطح قضيب الجيب وقواعد الارتكاز والجزء المراد قياس زاويته، وتنظيف زهرة الاستواء.
2. ارتكاز البكرتين الأسطوانيتين على زهرة الاستواء.
3. يثبت الجزء المراد قياس زاويته على سطح قضيب الجيب.
4. رفع طرف الضبط تدريجياً مع وضع قوالب قياس أسفله إلى أن يصل السطح العلوي للجزء المراد قياسه موازياً قياس لسطح زهرة الاستواء.
5. اختبار السطح العلوي للجزء المطلوب قياسه بمبين قياس ذو قرص مدرج بتلامس طرف القياس ، وملاحظة التغيير في وضع مؤشر المبين أثناء تحريك مبين القياس على طول السطح.
6. في حالة أي تغيير في قراءة مؤشر مبين القياس ، يجب تعديل مجموعة قوالب القياس ، إلى أن تكون قراءة المبين ثابتة أثناء تحركه على طول السطح ، وبذلك يكون السطح العلوي للجزء المطلوب قياسه موازياً تماماً لسطح زهرة الاستواء ، ويمكن إيجاد قيمة الزاوية المراد قياسها بالمعادلة التالية :-

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}}$$

$$\text{جيب الزاوية المطلوب قياسها} (\theta <) = \frac{\text{ارتفاع قوالب القياس}}{\text{طول قضيب الجيب المستخدم}} = \frac{L}{M}$$



شكل 6 – 24

استخدام قضيب جيب الزاوية ومبين قياس في قياس مستدق بمشغولة

مثال 1 :

يراد قياس زاوية بمشغولة باستخدام قضيب الجيب الذي طوله 200 ملليمتر ، علماً بأنه وضع أسفل طرف ضبط القضيب مجموعة قوالب قياس قدرها 100 ملليمتر . أوجد زاوية الميل ؟

الحل :

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{ارتفاع قوالب القياس } L}{\text{طول قضيب الجيب المستخدم } M} \quad \sin\theta =$$

$$\text{جا الزاوية} = \frac{100}{200} = 0.5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \sin\theta =$$

$$\text{جا}^{-1}\ 0.5 = {}^{0}30 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \sin^{-1} 0.5 =$$

مثال 2 :

يراد قياس زاوية بمشغولة باستخدام قضيب الجيب الذي طوله 100 ملليمتر ، علماً بأنه وضع أسفل طرف ضبط القضيب مجموعة قوالب قدرها 23 ملليمتر . أوجد زاوية الميل ؟

الحل:

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{ارتفاع قوالب القياس } L}{\text{طول قضيب الجيب المستخدم } M} \quad \sin\theta =$$

$$\text{جا الزاوية} = \frac{0.23}{100} = 0.23 \ldots\ldots\ldots\ldots \sin\theta =$$

بالبحث بجدول الجيب أو باستخدام الآلة الحاسبة عن مقابل جا 0.23 (sine).

تكون زاوية الميل = $13^0\ 18'$

تذكر أن :

قضيب الجيب يعتبر من الأجهزة الدقيقة لقياس واختبار الزوايا المختلفة .. لذلك يجب المحافظة عليه وتخزينه في المكان المخصص له في حالة عدم استخدامه.

درجة دقة القياس

Measurement Degree of Accuracy

القياس هو العلم والفن المتعلقان بقياس الأطوال وضبط الأبعاد . والقياس الدقيق هو الصرح القوي الذي تقوم عليه الصناعات الحديثة وهو الدعامة الأولى بل الأساس الذي يعتمد عليه الإنتاج الصناعي في جميع مراحله ، وما يترتب عليه من تبادل السلع بين دول العالم إلى حتمية تصنيع منتجات بقياسات موحدة متفق عليها بتفاوتات تكاد تكون معدومة في معظم المشغولات .. الأمر الذي ترتب عليه دقة عمليات القياس التي تتوقف على ضرورة استخدام أدوات وأجهزة قياس دقيقة أو على مستوى عالٍ من الدقة ، والتي تعتمد على طريقة حفظها وتناولها ومعايرتها لإنتاج هذه المشغولات.

أسس تصميم أدوات وأجهزة القياس :

تصميم أدوات وأجهزة القياس، بحيث يمكن استعمالها في أوسع مجال في القياسات ، وتتلخص أهم أسس تصميماتها فيما يلي :-

1. تقسيم أدوات القياس ذات التدريج إلى أقسام تمثل وحدات قياس، كما هو الحال في المسطرة Rule أو المنقلة Protractor ، بحيث يمكن قراءة قيمة البعد أو المقاس مباشرة على هذا التدريج ، مع تقدير قيمة أجزاء القسم الواحد اعتماداً على النظر.
2. يمكن زيادة دقة القياس بتزويد التدريج أو المقياس الرئيسي بورنية منزلقة Vernier مدرجة تنزلق عليه . ويمكن بواسطتها قياس أجزاء من القسم الواحد.
3. يمكن أيضاً زيادة دقة القياس بالاستعانة بوسائل مختلفة لتكبير أقسام التدريج باستعمال عدسة مكبرة أو مجهر.
4. تصميم أدوات وأجهزة القياس بحيث يمكن مراجعة قياس البعد المطلوب عن طريق حركة مؤشر على تدريج ، ويجرى فيها تكبير حركة المؤشر بواسطة ترتيبات ميكانيكية مختلفة كما هو الحال في مبينات القياس Indicator Gauges.
5. اعتماد بعض أجهزة القياس على استعمال حركة الشعاع الضوئي أو على إسقاطه ، كما تبنى التصميمات في بعضها على خاصية التداخل الضوئي.
6. استعمال فرق ضغوط الهواء في قياس الانحرافات في الأبعاد.
7. تصميم أدوات قياس بمقاسات محددة ، وهي أدوات قياس فائقة الدقة والمعروفة بمحددات القياس Limit Gauges ، وذلك للكشف عن القياس أو البعد بين حدين Limits معينين ، بحيث يكون المنتج مقبولاً ، وعند وقوع القياس أو البعد خارج هذين الحدين (بالزيادة أو بالنقص) .. يكون المنتج غير مطابق للمواصفات الموضوعة ويصير ذلك مرفوضاً.

ملاحظة :

يؤخذ في الاعتبار عند تصميم هذه المحددات ، التآكل Wear التي ستتعرض لها هذه الأدوات من كثرة الاستعمال ، علماً بوجود محددات قياس أخرى قابلة للضبط Adjustable .. الأمر الذي يزيد كثيراً في مجال استعمالها.

مصادر الخطأ في القياس

لا يوجد قياس على الإطلاق بدون خطأ، فلابد من وجود بعض الخطأ ، ويتوقف قيمته على دقة تصميم وأداء جهاز القياس المستعمل، وأسلوب القياس المتبع ، ومهارة من يستخدمه . ويجب ألا ترتفع قيمة أخطاء القياس عن الحدود المسموح بها في عملية القياس ، إلى جانب أن تكون ذات قيمة صغيرة بالمقارنة بحساسية القياس . وهناك أنواع لأخطاء القياس يمكن تحديد قيمة كل منها ، وبالتالي يمكن تصحيح القياسات المأخوذة بناء على ذلك لتحديد القيم الحقيقة للأبعاد.

وتتلخص مصادر الخطأ في القياس في الآتي :-

1. **مصادر الخطأ بأداة القياس :**

(أ) درجة الدقة التي تصنع بها عناصر أداة القياس.

(ب) انخطأ في مرابط القياس (وهو المعروف بخطأ علامة الصفر) ويشكل انحراف خط الصفر عن موضعه الصحيح في الوقوع بالخطأ في جميع القياسات التي تجرى باستعمال أي أداة القياس بوجه عام ، ومن ثم فإنه يتعين على القائمين بعمليات القياس مداومة مراجعة أدوات وأجهزة القياس للتأكد من مطابقة خط الصفر بالوضع الصحيح له.

(ج)الخطأ في مركزية محاور دوران أو ارتكاز عناصر أداة القياس.

(د) الخلوص الزائد في أجزاء أداة القياس، حيث يؤثر ذلك في مقدار البعد بين فكي أداة القياس بالنسبة لعلامات التدريج.

(هـ)احتكاك بعض العناصر في أدوات وأجهزة القياس مع بعضها البعض ، وما ينشأ عن ذلك من تآكل وانحراف.

مما سبق يتضح أهمية العناية بأدوات وأجهزة القياس ، وفحصها ومراجعتها دورياً لضبطها وتصحيحها على الوحدات الأمامية ، في حجرات التفتيش أو في مراكز

القياسات والمعايرة.

2. مصادر الخطأ بعملية القياس :

(أ) عدم تمام انطباق فكي أداة القياس على البعد المقاس.

(ب) الضغط الزائد على فكي أداة القياس.

(ج) الخطأ في قراءة تدريج أداة القياس.

(د) خطأ ارتفاع درجات الحرارة، حيث أن درجة الحرارة القياسية التي يجب إجراء عمليات القياس عندها هي 20°م ، وإذا أجريت عملية قياس عند درجة حرارة مختلفة عن هذه الدرجة، فإن نتيجة القياس تكون غير صحيحة ، وهذا يسبب تمدد أو انكماش الأبعاد المقاسة . ويمكن تحديد الخطأ الناتج عن اختلاف درجات الحرارة من المعادلة التالية:-

$$خ = ل_د - ل$$

$$= ل م (د - 20)$$

$$ل_د = ل [1 + م (د - 20)]$$

حيث خ ... قيمة الخطأ الناتج عن اختلاف درجات الحرارة.

ل ... طول المشغولة الحقيقية عند درجة حرارة 20° م.

$ل_د$ ... طول المشغولة المقاسة عند درجة حرارة د.

د ... درجة حرارة المشغولة أثناء عملية القياس.

م ... معامل التمدد الطولي لمعدن المشغولة المقاسة.

ويعتبر خطأ ارتفاع درجة حرارة المشغولة من الأخطاء التي يمكن تصحيحها في عمليات القياس ، ومن ثم فبتحديد قيمة هذا الخطأ يمكن تحديد القيمة الحقيقية للبعد.

القيمة الحقيقية للبعد = القيمة المقاسة - الخطأ

(هـ) خطأ عدم المحاذاة. قبل التعرف على أخطاء عدم المحاذاة .. يجب الرجوع

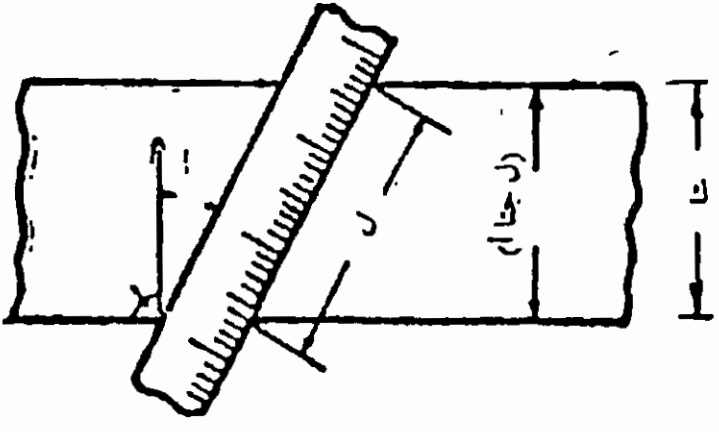
إلى أهم المبادئ الأساسية لعملية القياس ، وهو ضرورة إنطباق فكي أداة القياس على الجزء المراد قياسه ، بحيث يكون فكي اتجاه القياس موازياً للبعد.. واتجاه القياس محدد بنوع أداة القياس المستخدمة . فمثلاً اتجاه القياس بميكرومتر خارجي يكون في اتجاه محور حركة عمود القياس إلى قاعدة الارتكاز ، واتجاه القياس بالمبين ذو القرص المدرج (Indicator) يكون في الاتجاه المحوري العمودي لعمود التحسس على سطح المشغولة.

ويمكن حدوث أخطاء في عمليات القياسات المختلفة نتيجة للاتجاهات الغير صحيحة لأدوات وأجهزة القياس المستخدمة.

فيما يلي بعض الأمثلة لأخطاء عدم المحاذاة الناتجة عن عدم إنطاق فكي أداة القياس في الاتجاه الصحيح.

مثال 1 :

عندما يكون وضع تدريج القياس (اتجاه القياس) مائلاً بالنسبة للاتجاه الصحيح للبعد المراد قياسه كما هو موضح بشكل 6 – 25 فإن الخطأ عن عدم المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية :-



شكل 6 – 25

خطأ القياس نتيجة لاتجاه القياس على البعد الغير صحيح

خ = ل – ك

= ل – ل جتا أ

= ل (1 – جتا أ)

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

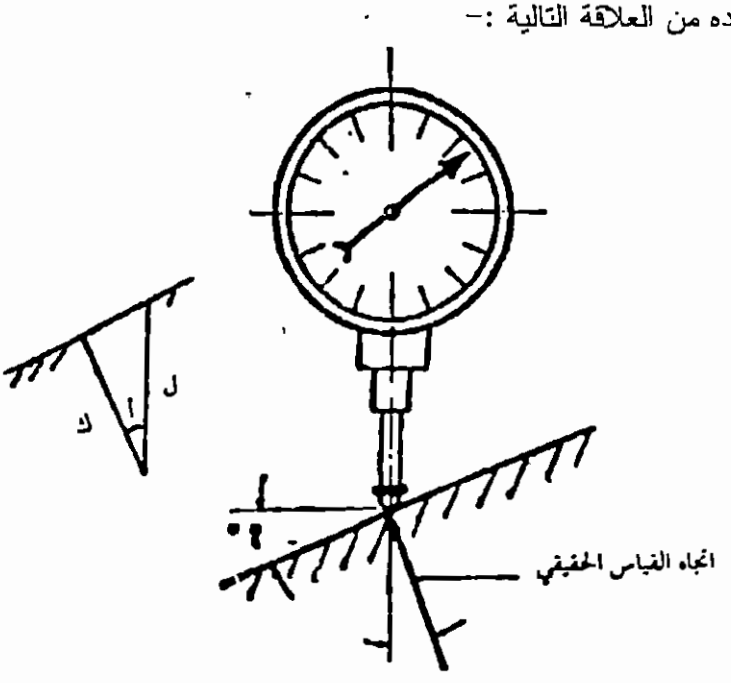
ل ... القراءة على تدريج القياس.

ك ... البعد الحقيقي.

أ ... زاوية عدم المحاذاة.

مثال 2 :

عندما يكون اتجاه القياس لمبين ذو قرص مدرج (Indicator) مائلاً على السطح المراد قياسه كما هو موضح بشكل 6 – 26 فإن الخطأ الناتج عن عدم المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية :-



شكل 6 – 26

خطأ القياس نتيجة لميل الاتجاه الصحيح للمبين على سطح المشغولة

خ = ل – ك

= ل – ل جتا أ

= ل (1 – جتا أ)

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

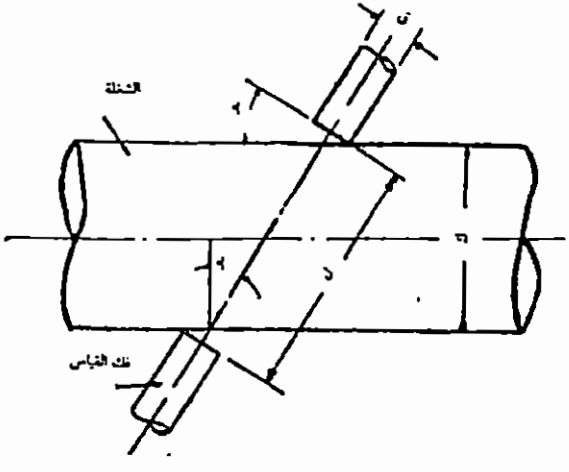
ل ... قراءة البعد على القرص المدرج لمبين القياس.

ك ... قيمة البعد الحقيقي.

أ ... زاوية عدم المحاذاة.

مثال 3 :

عندما يكون اتجاه القياس لعمود القياس وقاعدة الارتكاز (فكي القياس بميكرومتر خارجي) بوضع غير متعامد مع محور المشغولة الأسطوانية المراد قياسها كما هو موضح بشكل 6 – 27 فإن قيمة الخطأ الناتج عن عدم المحاذاة يمكن تحديده من العلاقة التالية :-



شكل 6 – 27

خطأ القياس نتيجة عدم تعامد فكي

قياس ميكرومتر خارجي مع محور مشغولة أسطوانية

خ = ل – ك

= ل – (جتا أ + ق جا أ)

= ل (1 – جتا أ) + ق جا أ

حيث خ ... خطأ عدم المحاذاة.

ل ... قراء قياس الميكرومتر.

ك ... قيمة القطر الحقيقي.

ق ... قطر كل من عمود القياس وقاعدة الارتكاز (فكي قياس الميكرومتر).

أ ... زاوية عدم المحاذاة.