مادة: قياسات ميكانيكية الفرقة الرابعة انتاج

اعداد

أم.د/ معتز بالله حسن عطا

المحاضرة الثانية

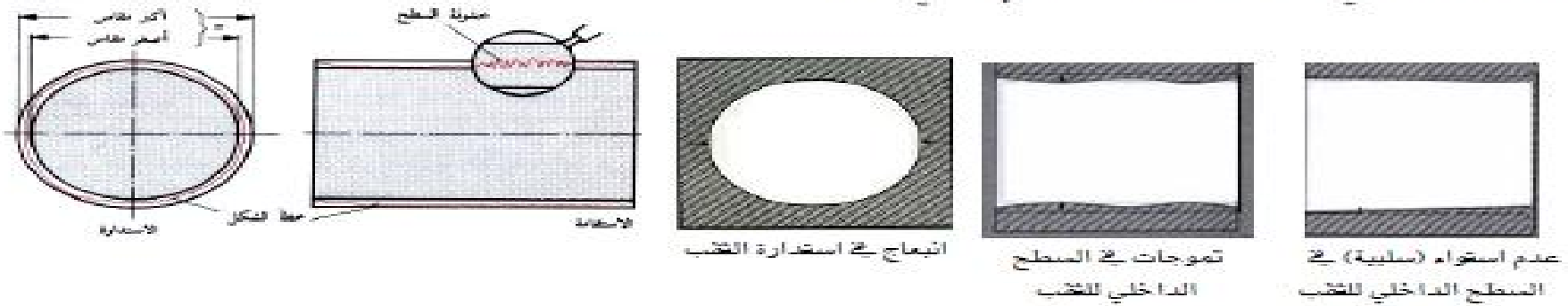
فى المحاضرة الماضية تم الانتهاء من الباب الأولى وهو

(قياس الخشونة)

وفى هذه المحاضرة سيتم شرح

(قياس الشكل والوضع)

تطرقنا في الوحدة الثالثة لدراسة التفاوتات التي تحدث في الأبعاد الاسمية للمنتجات و كيفية تحديدها بحيث تقع في نطاق مسموح ومن ثم يمكن التجاوز عنها و يصبح المنتج مقبولاً من ناحية الأبعاد. لكن هذه التفاوتات ليست الوحيدة التي لا يمكن التخلص منها بصورة مطلقة، بل توجد انحرافات أخرى كتلك الأخطاء التي تظهر على الأشكال الداخلية و الخارجية للقطع الموضحة في شكل (5-1). و يتضح من هذه الأمثلة أن الأبعاد الفعلية للقطع تقع ما بين الحدين الأدنى و الأعلى للمقاس، و لكن هناك حيوداً آخر غير حيود الأبعاد قد يجعل هذه القطع غير مقبولة ، و هذا الحيود يسمى بالتفاوت الهندسي أي الانحراف الذي يظهر على الشكل الهندسي للقطعة.



شكل (5-1): التفاوتات الهندسية المختلفة.

و كما أشرنا في الوحدة الرابعة، فإن الحزوز و الأخاديد الموجودة على الأسطح يتم تصنيفها كخشونة لهذه الأسطح، أما التموجات و عدم الاستواء (أو عدم الاستدارة) فهي أحد أنواع التفاوتات الهندسية التي سيتم تناولها بشيء من التفصيل في هذه الوحدة. و يجب التأكيد على أن كلاً من الانحرافات الهندسية و الخشونة تكون في الواقع مجتمعة معاً (شكل (5-2)) في قطعة الشغل و لا يمكن فصل بعضها عن بعض.

شكل (5-2): تداخل جميع أنواع الانحرافات.

2-5 أنواع التفاوتات الهندسية

يمكن تقسيم التفاوتات الهندسية في المشغولات إلى خمسة أنواع تم تعريف كل منها كما يلي و ذلك طبقاً للمواصفة ANSI Y14.5M-1982.

تفاوت الشكل: يعبر عن مدى حيود سطح فعلي عن الشكل المرغوب والذي يتضمنه الرسم الهندسي. وهو يشمل: الاستواء و الاستقامة و الاستدارة و الأسطوانية.

تفاوت الجانبية: يعبر عن مدى حيود سطح فعلي عن ، الشكل المرغوب والذي يتضمنه الرسم الهندسي، و (أو) بالنسبة لمرجع أو مراجع إسناد. و انحرافات جانبية إما أن تكون لخط أو لسطح.

تفاوت الاتجاه: يعبر عن مدى حيود سطح فعلي بالنسبة لمرجع أو مراجع إسناد. و تتضمن انحرافات الاتجاه كل من التعامد و الزاوية و التوازي.

تفاوت الموضع: يعبر عن مدى حيود أحد سمات القياس الفعلي عن الموقع المحدد بالرسم الهندسي و الذي يرتبط بمرجع إسنادي أو بمراجع اسنادية أو بسمات أخرى. و هذه النوعية تشمل انحرافات الوضع و أحادية المركز.

تفاوت الانتحاء: يعبر عن مدى حيود سطح فعلي عن الشكل المرغوب والذي يتضمنه الرسم الهندسي. وذلك أثناء دوران السطح دورة كاملة (360^{o}) حول محور إسنادي. و الانتحاء إما أن يكون دائرياً أو أن يكون كلياً.

و قد تم إعطاء رمز خاص لكل نوع من أنواع التفاوتات الهندسية، كما يعرض ذلك جدول (5-1)، حتى يسهل التعبير عنها في المراحل المختلفة التي يمر بها المنتج بدءً من وضع التصميم على الرسومات الهندسية و مروراً بمرحلة التصنيع إلى أن يصبح في صورته النهائية. وتجدر الإشارة إلى أن قيم أي من هذه التفاوتات يجب ألا يتعدى حدود التفاوت المسموح في القياس ما لم ينص في الرسم على غير ذلك. كما تستخدم هذه المصطلحات للتعبير عن مدى دقة أدوات القياس التي تكون التفاوتات الهندسية عنصر مؤثر فيها مثل قوالب القياس و فكوك قياس الميكرومتر و القدمة. فمن المهم جداً أن تحتوي الكتالوجات الخاصة بهذه الأدوات، على قيم التفاوتات الهندسية التي لها تأثير مباشر على عملية القياس

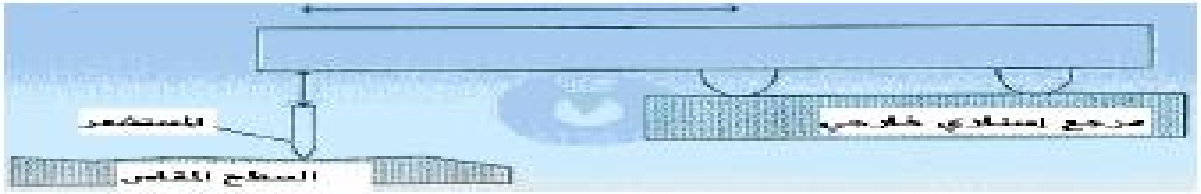
مثل التوازي و التعامد و الاستواء و الاستقامة. فإذا أخذنا على سبيل المثال الكتالوج الموضح في شكل(5-3) لأحد محددات قياس الزوايا، نجد أنه يحتوي على القيم المسموح بها لتفاوتات الاستقامة و التوازي لأحرف ساقي القياس و كذلك الاستواء و التوازي لأوجه سطحي القياس.

جدول (5-1): رموز الانحرافات الهندسية.

الرمز	المدلول	الرمز	المدلول
	الاستواء (Flatness)		التوازي (Parallelism)
	الاستقامة (لمحور) (Straightness) (of an axis)		جانبية خط (Profile) (of a line)
	الاستقامة (لسطح) (Straightness) (surface element)		جانبية سطح (Profile) (of a surface)
	الاستدارة (Roundness)		الانتحاء الدائري (Circular Runout)
	الأسطوانية (Cylindericity)		الانتحاء الكلي (Total Runout)
	التعامد (Perpendicularity)		أحادية المركز (Concentricity)
	الزاوية (Angularity)		الوضع الصحيح (True Position)

5-3أجهزة قياس التفاوتات الهندسية

يتم قياس التفاوتات الهندسية السابق تعريفها (عدا تفاوتات الوضع) بواسطة أجهزة اختبار الأسطح، و هي أجهزة إلكترونية تشابه في شكلها مع أجهزة قياس خشونة الأسطح، فهي تعتمد أساساً على وجود مستشعر دقيق (Stylus) يتحرك على السطح المقاس خلال طول العينة المحددة للقياس بسرعة دورانية أو خطية تختلف قيمها باختلاف طراز الجهاز و القطعة المقاسة. و هذه الأجهزة تكون مبرمجة و متوفر في ذاكرتها مسارات هندسية مرجعية قياسية تمد بها المستشعر لتعطيه شكل الحركة المطلوبة. فحركة المستشعر لابد أن تكون مرتبطة بسطح مرجعي معين (مرجع إسنادي) ،كالموضح في شكل (5-4)على سبيل المثال، و ذلك لتتم المقارنة بينه و بين السطح المراد قياس تفاوتاته الهندسية. و بالتالي يتم تحديد مدى انحراف السطح المقاس عن السطح المرجعي. و يختلف الشكل الهندسي للسطح المرجعي تبعاً لشكل السطح المقاس، فإذا كان مستوياً نُدخل ذلك في الجهاز فيقوم باستدعاء مسار هندسي لسطح مرجعي مستوي، أما إذا كان السطح المقاس أسطوانياً فإن المسار الذي سيحدد حركة المستشعر لسطح مرجعي أسطواني، و هكذا لبقية الأشكال الهندسية الأخرى. و يتم معايرة هذه الأجهزة على فترات دورية للتأكد من دقة قياسها بواسطة أسطح قياسية ،تكاد تكون خالية من أي انحرافات هندسية، يتم تركيبها على الجهاز و تؤخذ القراءات التي يجب أن تكون صفرية تقريباً إذا كان الجهاز مضبوطاً. أما إذا حادت القراءات عن الصفر، فيتم ضبط الجهاز من خلال اتباع إجراءات محددة في الكتالوج الخاص بالجهاز ليكون بعد ذلك جاهزاً لإجراء قياسات دقيقة.



شكل (5-4): المبدأ الأساسي لطريقة قياس التفاوتات الهندسية.

و بالإضافة للمستشعر، تحتوي أجهزة اختبار الأسطح على وحدة إلكترونية لالتقاط و معالجة حركة المستشعر ثم إرسالها إلى حاسب إلى (يكون مرفقاً مع الجهاز) لحساب القيم المراد قياسها ومن ثم رسمها على شاشته و طباعتها إذا لزم الأمر بواسطة طابعة مرفقة. و بالرغم من أن هذه الأجهزة يمكنها قياس جميع التفاوتات الهندسية (عدا تفاوت الوضع)، إلا أنها تُسمى بأسماء ترتبط بالاستدارة مثل (Teleround, Roundtest,...). و يعرض شكل (5-5) أحد الطرازات من هذه الأجهزة مع توضيح حركة المستشعر بالنسبة لسطح القطعة المقاسة. و يختلف شكل طرف المستشعر باختلاف طبيعة القطعة المقاسة، و يُصنع من الكربيد أو التنجستون أو الياقوت الأزرق، و يتراوح قطره من 0.25 مم إلى 1.6 مم. و يبين شكل (5-6) أمثلة على أشكال متعددة من القطع أثناء قياس تفاوتات أسطحها، كما يعرض شكل (5-7) عينة من المستشعرات بأشكال مختلفة لتغطي العديد من التطبيقات العملية.

شكل (5-5): جهاز اختبار الأسطح.

و توجد أيضاً أجهزة ضوئية حديثة لقياس التفاوتات الهندسية ، و تعتمد نظرية عمل هذه الأجهزة على إسقاط شعاع الليزر (Laser) على السطح المقاس فينعكس جزء منه و يتشتت الباقي في جميع الاتجاهات، فتقوم وحدة استشعار ضوئي بالجهاز بتجميع بعضاً من الشعاع المشتت و المنعكس. و يمكن بعد ذلك استنباط علاقة بين نسبة الضوء المشتت و المنعكس و بين الانحرافات الهندسية التي نتج عنها هذه النسبة من التشتت و الانعكاس لشعاع الليزر. و تمتاز هذه الطريقة في القياس بعدم تلامس المستشعر للسطح المقاس، و بالتالي لا يتعرض السطح المقاس لأي احتمال لحدوث خدوش نتيجة احتكاكه مع المستشعر. و تبرز أهمية هذه الطريقة عند قياس الأسطح المصنوعة من المطاط و ما شابة من المواد اللينة و التي ستتأثر حتماً عند ملامسة المستشعر لسطحها.

و نظراً للتقارب بين قياس تفاوتات الشكل و قياس الخشونة ، فقد تم تصنيع أجهزة تُسمى أجهزة تتبع الشكل (Formtracer) لإجراء كلا القياسين و ذلك عن طريق تركيب المستشعر الذي يناسب كل قياس على حده، كما يتضح ذلك من شكل (5-8).

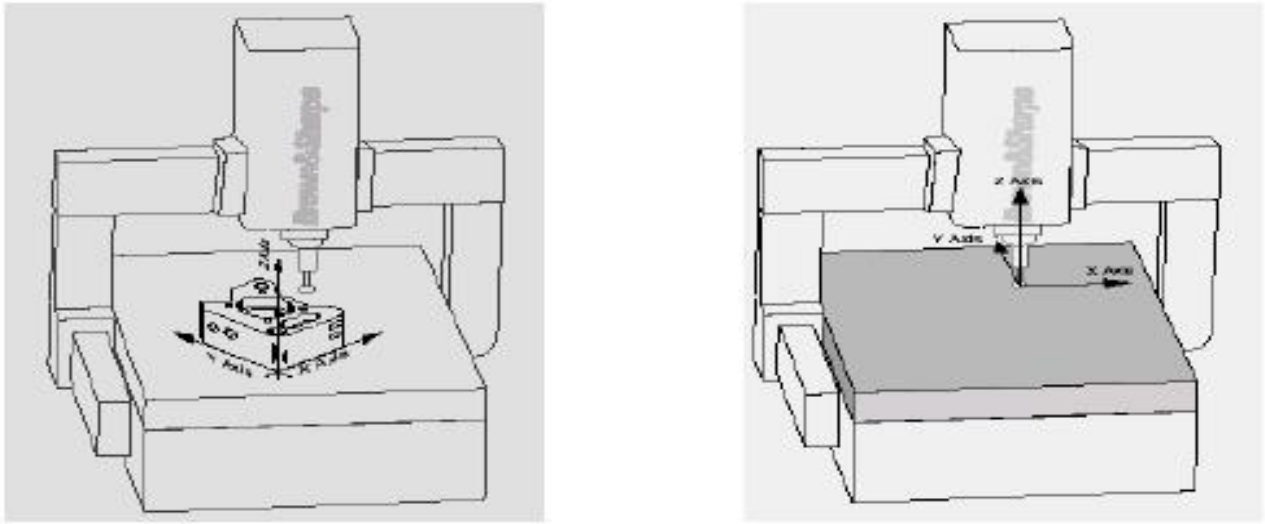
قياس تفاوتات الشكل

قياس الخشونة

شكل (5-8): جهاز تتبع الشكل.

5-4 قياس تفاوت الوضع

سبق و أن ذكرنا أن أجهزة اختبار السطح يمكنها إجراء جميع القياسات الخاصة بالتفاوتات الهندسية كالاستواء و الاستدارة و أحادية المركز ، فيما عدا تفاوت الوضع، و ذلك لاختلاف طبيعته عن بقية الأنواع الأخرى من التفاوتات. فالهدف هنا هو تحديد الوضع الصحيح لسمة معينة في قطعة الشغل، كموقع أحد الثقوب الداخلية في قطعة شغل معينة. لذلك تستخدم أجهزة خاصة لهذا الغرض تسمى ماكينات قياس الإحداثيات (Coordinate Measuring Machines, CMM). و تنقسم ماكينات قياس الإحداثيات إلى نظامين هما نظام إحداثيات الماكينة و نظام إحداثيات قطعة الشغل. في النظام الأول تكون مرجعية المحاور الثلاثة بالنسبة لحركة الماكينة (شكل (5-9) (أ)) ، أما في نظام إحداثيات قطعة الشغل تكون المحاور الثلاثة مرتبطة بمرجع أو سمة موجودة في قطعة الشغل (شكل (5-9)(ب)).



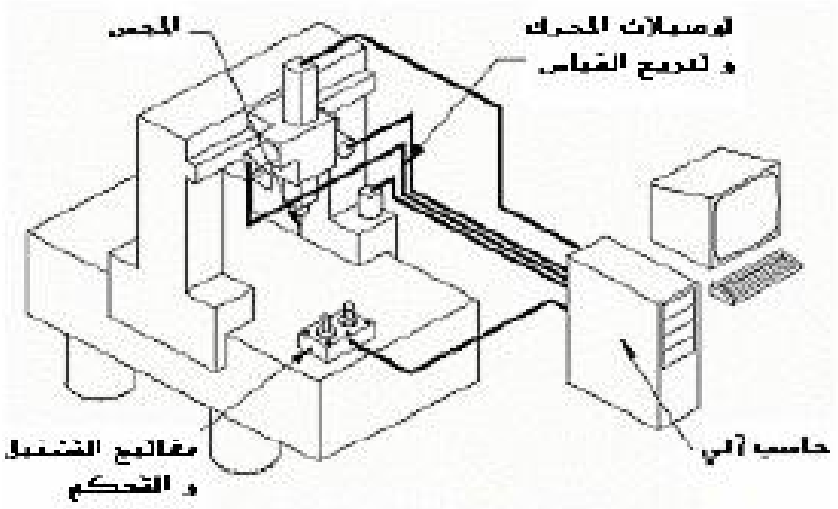
(ب) (أ)

شكل (5-9):نظام إحداثيات الماكينة و نظام إحداثيات قطعة الشغل لماكينات قياس الإحداثيات.

و يمكن إيجاز نظرية عمل هذه الماكينات بطريقة مبسطة في أنها تعتمد على وجود حاجز محزز بدقة عالية و تكون المسافة بين الحزوز هي حساسية القياس للجهاز و طول الحاجز هو مدى القياس. و يوجد حاجز أخر شفاف مثبت على رأس وحدة القياس التي تتحرك تبعاً للموضع المطلوب تحديده، و به نفس الحزوز ولكن يوضع بحيث تكون حزوزه مائلة بزاوية صغيرة على حزوز الحاجز الأساسي، والحاجزان بينهما مسافة صغيرة في حدود 0.001 مم. عند القياس تتحرك رأس القياس خلال القطعة المقاسة و حتى الموضع المراد تحديده، و يتم إمرار ضوء من مصدر ضوئي خلال عدسة تجعله في شكل أشعة متوازية يتم إسقاطها على الحاجزين المحززين. و عندما تمر أشعة الضوء المتوازية من خلال الحاجز الشفاف إلى الحاجز المصمت، يتكون عدد من الهالات الضوئية تعكس أشعة الضوء الساقط إلى إحدى الخلايا الضوئية ،الموجودة في الجهاز، فتتحول إلى إشارة كهربية تزداد شدتها كلما تحرك الحاجزان بالنسبة لبعضهما البعض، أي كلما تحرك رأس القياس و بالتالي يمكن تحديد الموضع بناءً على شدة الإشارة الكهربية التي تسجل على وحدة قراءة رقمية.

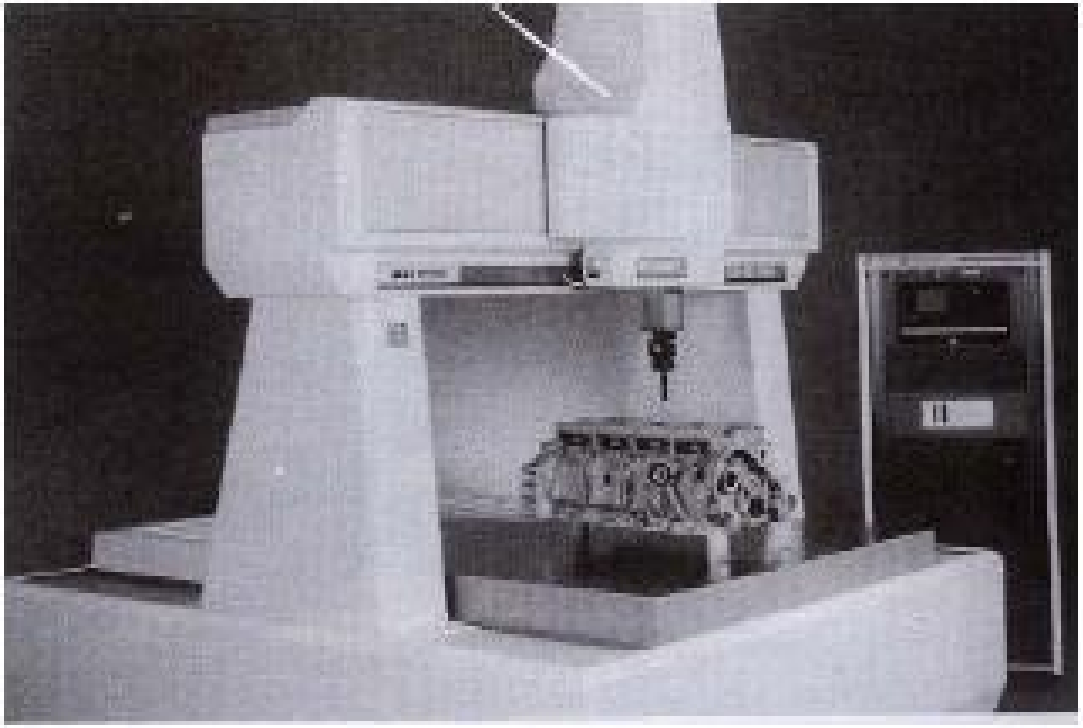
و تتكون هذه الماكينات بنظاميها ، كما هو موضح في شكل (5-10)، من ثلاثة محاور متعامدة كل منها مزود بوحدة تدريج إلكترونية متصلة بالحاسب الآلي المرفق مع الماكينة، و رأس قياس دقيق يكتسب حركته من المحاور الثلاثة. و يوجد في بعض الماكينات محرك كهربي متصل بوحدة التحكم لتحريك المحاور الثلاثة، كما توجد أيضاً بعض الطرازات يتم تحريك المحاور فيها يدوياً.

و يتم تصنيف نوع الماكينات الذي تكون حركة محاوره آلية عن طريق المحرك الكهربي و الحاسب الآلي كماكينات تحكم رقمية بالحاسب (CNC CMM).



شكل (5-10): المكونات الأساسية لماكينة قياس الإحداثيات.

و إلى جانب تحديد الوضع، تستطيع ماكينات قياس الإحداثيات أيضاً قياس الأبعاد لقطعة الشغل بدون وسائل أو محددات قياس إضافية، لذلك فيتم تركيبها على خطوط الإنتاج للفحص النهائي للمنتج من حيث الأبعاد و المواضع الصحيحة لسماته المختلفة كالتفاصيل العديدة لجسم محرك الاحتراق الداخلي الموضح في شكل (5-11) أثناء عملية فحصه.

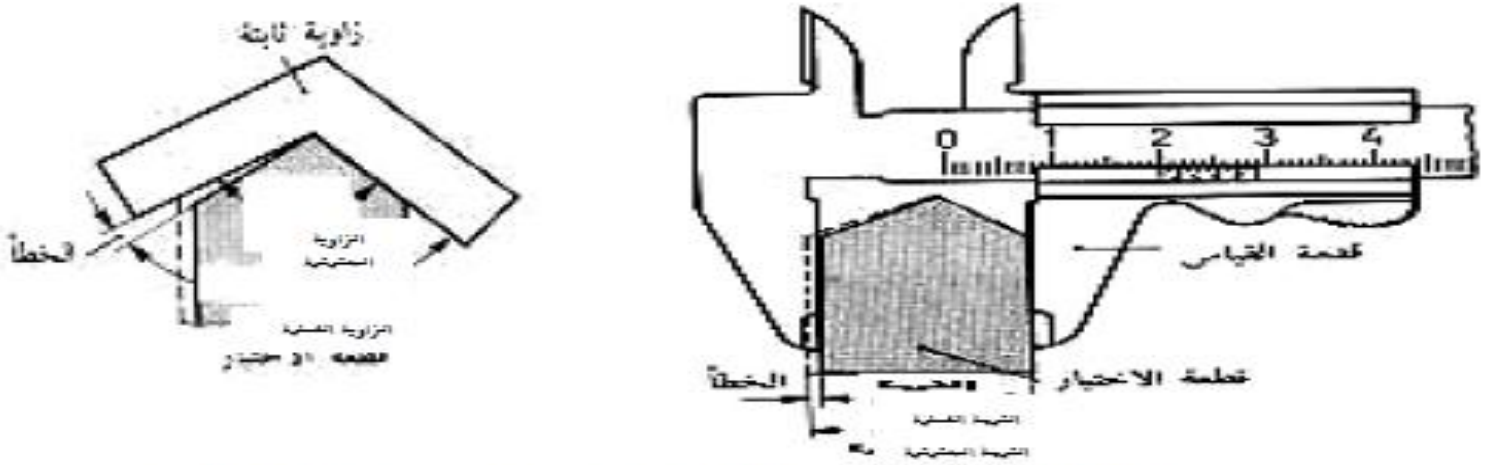


شكل (5-11): فحص سمات و أبعاد محرك احتراق داخلي بواسطة ماكينة قياس الإحداثيات.

قياسات

أخطاء القياس

من الأسئلة الهامة التي تتبادر سريعاً إلى الذهن عند إجراء قياس معين لقطعة شغل، هل عملية القياس تمت بالدقة الكافية التي تضمن أن تكون القيمة المقاسة هي القيمة الحقيقية لما هو مطلوب قياسه؟ أم أن هناك بعض الأخطاء قد حدثت أثناء القياس و بالتالي فإن هناك فرق بين هاتين القيمتين ؟ إن الواقع العملي فرض علينا حقيقة هامة يدركها كل المهتمين بالقياسات و هي أنه لا يوجد أبداً أي قياس صحيح بصورة مطلقة، حيث أن هناك أسباب واقعية لا يمكن تجنبها تماماً، تجتمع معاً أثناء القياس لتؤدي في النهاية إلى عدم التطابق الكامل بين القيمة المقاسة و القيمة الحقيقية. و يوضح شكل (6-1) بعض الأمثلة العملية لأخطاء تحدث أثناء إجراء قياسات مختلفة للأبعاد و الزوايا. و من البديهي أن نتعرف على هذه الأسباب لمحاولة تفاديها، على قدر الإمكان، لكي يتضاءل تأثيرها و تصبح القيمة المقاسة أقرب ما يكون للقيمة الحقيقية.



شكل (6-1): حدوث بعض الأخطاء أثناء عمليات القياس المختلفة.

2-6 تعريفات أساسية

- القيمة الحقيقية (True Value)

هي القيمة الاسمية أو النظرية للكمية المطلوب قياسها.

- القيمة الفعلية (Measured Value)

هي القيمة المقاسة فعلاً بواسطة أداة أو جهاز القياس.

- الخطأ (Error)

هو الفرق بين القيمة الفعلية (المقاسة) و القيمة الحقيقية (الاسمية).

الخطأ = القيمة الفعلية – القيمة الحقيقية

$$خ = ل - ك$$

وقد يكون الخطأ موجباً أو سالباً تبعاً لطبيعة ظروف القياس.

- الخطأ النسبي (Relative Error)

هو النسبة بين الخطأ و القيمة الحقيقية.

$$\text{الخطأ النسبي} = \frac{خ}{ك}$$

و أحياناً يحسب الخطأ كنسبة مئوية و ذلك بالضرب في 100%.

- الظنية أو الشك (Uncertainty)

هي القيمة المحتملة لنطاق ما نظن أنه الخطأ ، و هي مرتبطة بالخطأ غير معلوم المصدر والذي سنتم مناقشته عندما نتعرف على لأنواع المختلفة لأخطاء القياس.

- مدى القياس (Range of Measurement)

هو أقصى قيمه مقاسه يمكن الحصول عليها بواسطة أداة القياس.

- دقة القياس (Accuracy of Measurement)

هي أقصى قيمة فرق بين القيمة المقاسة و القيمة الفعلية، أي أقصى قيمة للخطأ. و بالتالي فإن دقة القياس تعتبر وصف لدرجة صحة القياس و خلوه من الخطأ. و في أحياناً كثيرة تعطى الدقة كنسبة مئوية من مدى القياس.

- حساسية القياس (Sensitivity or Resolution of Measurement)

هي أقل تغير في الكمية المقاسة يمكن لأداة القياس إدراكه و الإحساس به. ففي الشمة ذات الورنية مثلاً تكون الحساسية هي أقل رقم عشري تستطيع الشمة تحديده.

- الضباطة أو الانضباط (Precision)

درجة تقارب القيم المقاسة لنفس الكمية المقاسة (بعد مثلاً) من بعضها إذا تكررت عملية القياس تحت نفس الظروف المحيطة.

4-6 أنواع أخطاء القياس

تنقسم أخطاء القياس إلى نوعين أساسيين هما الأخطاء النظامية و الأخطاء العشوائية. و المقصود بالأخطاء النظامية هي تلك النوعية من الأخطاء التي تكون قيمتها ثابتة و مصدرها معلوم ، على عكس الأخطاء العشوائية التي لا تكون معلومة المصدر و ذات قيمة متغيرة. و من طبيعة عمليات قياس الأطوال، فإن حدوث الأخطاء النظامية فيها يكون أكثر من وقوع الأخطاء العشوائية.

1-4-6 الأخطاء النظامية (Systematic Errors)

لكي تتم دراسة الأخطاء النظامية بهدف تجنبها أو محاولة حساب قيمتها من أجل تصحيحها، فإنه يتم تصنيفها إلى عدد من الأخطاء الفرعية، و ذلك تبعاً لمصدر كل منها، كما يلي:

(i) أخطاء أدوات القياس

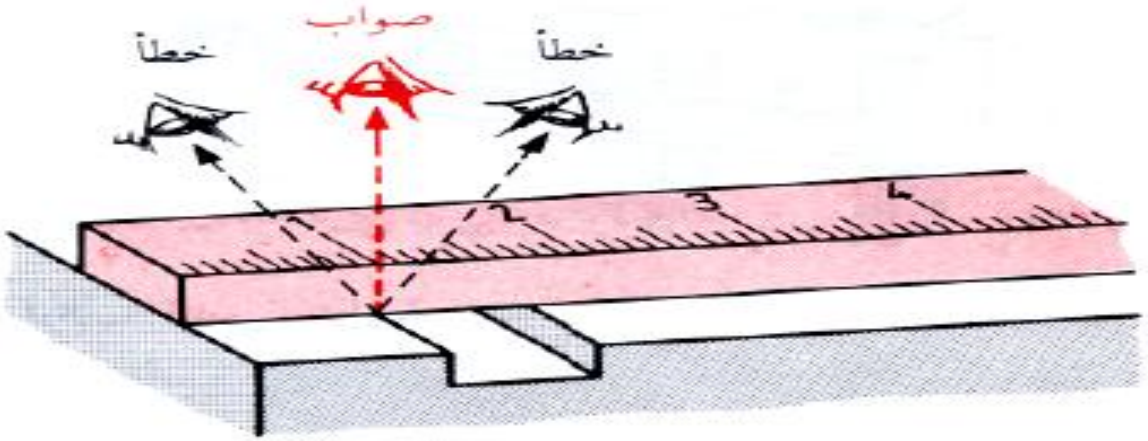
و هي الأخطاء التي تحدث نتيجة وجود بعض العيوب في أداة القياس ، كوجود خلوص زائد بين الفك المتحرك في الخدمة و قضيب القياس، أو عدم الحصول على قراءة صفرية عند انطباق فكي الميكرومتر و يسمى هذا النوع بالخطأ الصفري. و هذه النوعية من الأخطاء يمكن تصحيحها بمعايرة أداة القياس. ولتصحيح الخطأ الصفري للميكرومتر مثلا نقوم بإطباق الفكين و نحدد قيمة القراءة، التي هي في الواقع قيمة الخطأ الصفري. ويتم تسجيل قيمة على الأداة، و ذلك لإضافته جبرياً (تبعاً لإشارته) إلى قيم القراءات التي ستؤخذ بعد ذلك لكي نحصل على القيم الحقيقية للأبعاد المقاسة بهذا الميكرومتر.

(i) أخطاء أسلوب القياس.

و هي الأخطاء التي تنتج عن عدم استخدام الأسلوب الأمثل الذي لا يسبب أي تغير في طبيعة القطعة المقاسة أثناء إجراء القياس. ، كزيادة ضغط القياس عند استخدام ميكرومتر قياس خارجي بدون مسمار جاس يضمن ضغطاً ثابتاً للقياس.

(ب) الأخطاء البشرية

هي الأخطاء التي تحدث من الشخص الذي يقوم بعملية القياس و ذلك بسبب و جود قصور في مهارة استخدام أدوات القياس. ومن أشهر الأمثلة على هذه النوعية من الأخطاء، خطأ النظر بميل على موضع القياس كما هو مبين في شكل (6-5)، و خطأ عدم محاذاة أداة القياس و القطعة المقاسة.



شكل (6-5): خطأ النظر بزاوية مائلة على موضع القياس.

(ت) أخطاء في الظروف المحيطة بالقياس.

و هي الأخطاء التي تحدث نتيجة لإجراء القياس في ظروف مغايرة للظروف القياسية، كدرجة حرارة القياس التي يجب أن تكون في حدود 20 مْ ± $^1/_2$ مْ .

6-4-2 حساب بعض الأخطاء النظامية

فيما يلي سنقوم بحساب خطأين نظاميين دارجين و هامين في قياس الأطوال هما خطأ درجة الحرارة و خطأ عدم المحاذاة.

1-2-4-6 حساب خطأ درجة الحرارة

نظراً لأن التغير في درجة الحرارة يؤدي إلى تمدد أو انكماش (حسب اتجاه التغير) قطع الشغل المشاسة، فقد تم تحديد درجة حرارة قياسية (20 مْ) يتم عندها قياس الأطوال و يعتبر الطول المشاس في هذه الحالة هو الطول الحقيقي (ل). فإذا حدث و تم القياس عند درجة أخرى (د) فإن الطول المشاس (لـ) سيختلف عن (ل)، ويكون الخطأ (خ) في هذه الحالة:

$$خ = لـ - ل$$

$$= ل م (د - 20)$$

$$لـ = ل [1 + م (د - 20)]$$

حيث:

م: معامل التمدد الحراري الطولي لمعدن قطعة الشغل.

مثال:

قطعة شغل مصنوعة من النحاس الأحمر درجة حرارتها = 30 مْ، تم قياسها في مختبر القياسات و لم تترك الوقت الكافي لتتساوى درجة حرارتها مع درجة حرارة المختبر (20 مْ). فإذا كان الطول الحقيقي للقطعة = 400 مم، احسب طول القطعة المشاس عند 30 مْ، و خطأ القياس الناتج في هذه الحالة، علماً بأن معامل التمدد الحراري الطولي للنحاس = 16.5×10^{-6}/ مْ.

الحل:

$$لـ = ل [1 + م (د - 20)]$$

$$= 400 [1 + 16.5\times10^{-6} (30 - 20)]$$

$$= 400\ [165\times10^{-6} + 1]$$
$$= 400.066 \text{ مم}$$

$$\text{خ} = \text{ل}_{\text{م}} - \text{ل}$$
$$= 400 - 400.066$$
$$= 0.066 \text{ مم}$$

6-4-2-2 حساب خطأ عدم المحاذاة

يعتمد حساب هذا النوع من الأخطاء على شكل أداة القياس و وضعها بالنسبة للقطعة المقاسة، لذلك سنأخذ بعض الأمثلة لعدم المحاذاة باستخدام أدوات قياس مختلفة و سنقوم بحساب كلاً منها.

(أ) عدم محاذاة مسطرة القياس للاتجاه الصحيح للبعد المطلوب قياسه

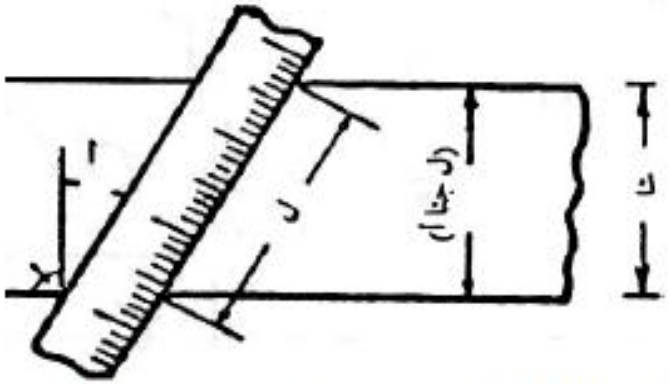
يحدث هذا الخطأ بسبب ميل مسطرة القياس على اتجاه القياس الصحيح بزاوية (أ) كما يتضح من شكل (6-6). لذلك ينشأ خطأ (خ) بين البعد الحقيقي (ك) و البعد المقاس (ل). و إذا استخدمنا التعريفات الأساسية للخطأ و لجيب تمام الزاوية (جتا أ)، يمكن استنتاج العلاقات الآتية:

$$\text{خ} = \text{ل} - \text{ك}$$

$$\text{جتا أ} = \frac{\text{ك}}{\text{ل}}$$

$$\text{خ} = \text{ل} - \text{ل جتاأ}$$

$$= \text{ل}(1 - \text{جتاأ})$$



شكل (6-6): خطأ عدم المحاذاة عند استخدام المسطرة.

فإذا كان الطول المقاس (ل) = 150مم ،و زاوية عدم المحاذاة (أ) = 6°، فإن الخطأ (خ) يكون:

$$خ = ل(1 - جتا أ)$$

$$= 150 (1 - جتا\ 6^{\circ})$$

$$= 0.822 \text{ مم}$$

و بالتالي يصبح الطول الحقيقي (ك):

$$ك = ل - خ$$

$$= 150 - 0.822$$

$$= 149.178 \text{ مم}$$

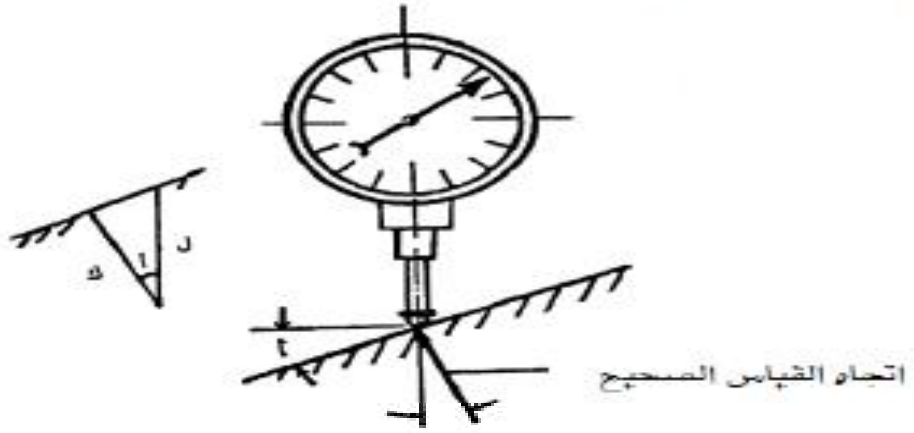
و يكون الخطأ النسبي $= \frac{خ}{ك}$

$$= \frac{0.822}{149.178} \times 100\% = 0.55\ ٪$$

(ب) عدم المحاذاة عند استخدام مبين القياس مائلاً على السطح المقاس

يحدث هذا الخطأ عند استخدام مبين القياس دون مراعاة الاتجاه الصحيح للقياس كما يتضح من شكل (6-7). و يمكن من الشكل استنتاج نفس العلاقات السابقة بين الطول الحقيقي و الطول المقاس و خطأ القياس كما في خطأ عدم المحاذاة عند استخدام المسطرة، أي أن:

$$خ = ل(١ - جتا آ)$$



شكل (6-7): خطأ عدم المحاذاة عند استخدام مبين القياس.

(ت) عدم المحاذاة عند استخدام ميكرومتر القياس الخارجي

يقع هذا الخطأ إذا كان فكي القياس للميكرومتر الخارجي غير متعامدين مع محور القطعة الأسطوانية المقاسة، كما هو موضح في شكل (6-8). والخطأ الناتج (خ) في هذه الحالة يمكن تحديد قيمته من العلاقة الآتية:

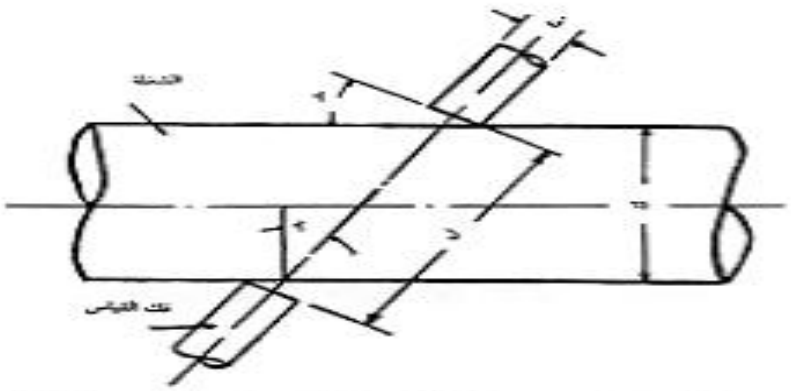
خ = ل (1 – جتاأ) + ق جاأ

حيث:

ل : الطول المقاس

أ : زاوية الحيود عن التعامد بين فكي القياس و محور القطعة المقاسة

ق: قطر فك القياس للميكرومتر.



شكل (6-8): خطأ عدم المحاذاة عند ميل فكي قياس الميكرومتر القياس الخارجي على سطح القطعة المقاسة.

6-4-3 الأخطاء العشوائية (Random Errors)

رغم حرص المختصين بالقياسات على تجنب حدوث الأخطاء أثناء القياس عن طريق تتبع مصادرها لخفض قيمها لأدنى حد ممكن، إلا أنه ثبت بالممارسة العملية أن هناك أخطاء غير معلومة المصدر و تحدث بصورة غير منتظمة لذلك فهي تسمى بالأخطاء العشوائية. و حدوث هذه الأخطاء، كما يتضح من اسمها، لا يتم بشكل محدد و بالتالي فقيمها هي الأخرى غير محددة. و لكي نتعرف على طبيعة الأخطاء العشوائية، سنأخذ بعض الأمثلة من حياتنا اليومية ثم نربطها بعمليات القياس.