المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ميكانيكا إنتاج

قياسات (نظري)

١١٣ ميك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " القياسات " لمتدربي قسم" ميكانيكا إنتاج " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

يُعتبر علم القياسات من العلوم التطبيقية الأساسية التي تدرس للمتدربين في تخصص التقنية الميكانيكية نظراً لاحتياج كافة المقررات التخصيصية الأخرى التي يدرسها المتدرب لهذا العلم. فدراسة تقنيات التشغيل والتشكيل تتطلب إلمام الدارس بمهارة إجراء قياس الأبعاد للقطع التي يتم تشغيلها وتشكيلها . كذلك إجراء الاختيارات المختلفة على المواد الهندسية، مثل اختبار الشد والضغط، يحتاج للتحديد الدقيق لمقاسات العينات المستخدمة في الاختيارات إلى غير ذلك من المقررات العملية التي يدرسها المتدرب كي يتأهل التأهيل اللازم للعمل في المجال التقني .

والقياسات الميكانيكية الدقيقة نراها في حياتنا اليومية ، فمثلاً قياسات درجات حرارة وضغط الجو وقياس الأوزان وسرعة السيارات وضغط إطار السيارة والزمن الذي يقطعه عداء في مسابقة العدو وكمية الوقود التي تعبأ بها السيارة في محطة الوقود كما نجد أيضاً القياسات الأخرى المتعلقة بخواص المادة مثل الكثافة واللزوجة ودرجة غليان السوائل وإجهاد الشد في المعادن وإلى غير ذلك من القياسات المتعددة والهامة التي تحيط بنا ونظراً لأن هذه الحقيبة التدريبية تم إعدادها للمتدربين الملتحقين بالفصل الدراسي الأول للكليات التقنية حيث يبدأ المتدربون بدراسة المقررات الأساسية مثل الورش التأسيسية والرسم الهندسي فهو يحتاج لدراسة علم قياس الأطوال (Metrology) في هذه المرحلة ، لذلك فإن المنهج الدراسي الذي تحتويه هذه الحقيبة يتناول دراسة الطرق والأساليب والأدوات المختلفة المستخدمة في "قياس الأبعاد" الذي يتم تغطيته في الوحدة الأولى من الحقيبة. وتتناول هذه الوحدة التعرف والتدريب على استخدام القدمة ذات الورنية والميكرومتر بأنواعهما لقياس الأبعاد الدقيقة ، ويتم أيضا التدريب على استخدام قوالب قياس الأبعاد. كما يتم استعراض الأنواع المختلفة من اللوالب الشائعة الاستخدام و الطرق المختلفة لفحصها.

وفي الوحدة الثانية يتم التعرف على الأنواع المختلفة من أدوات قياس الزوايا و الميول مثل المناقل و قضيب الجيب و قوالب قياس الزوايا بالإضافة لمحددات قياس الاستدقاق.

أما الوحدة الثالثة فتتناول شرح لمفهوم "التفاوتات والإزواجات" للمشغولات مع التعرف على مواصفاتها واستخراج قيمها من الجداول القياسية ، و كذلك التعرف على الأنواع المختلفة من محددات القياس الحدية.

ويأتي بعد ذلك في الوحدة الرابعة " قياس خشونة الأسطح" والتعرف على الطرق المختلفة لقياس خشونة الأسطح والمقاييس العالمية المستخدمة لتقدير جودة تشطيب الأسطح، كذلك عرض لرموز تشطيب الأسطح المستخدمة في الرسومات الهندسية و علاقة خشونة الأسطح بالتفاوتات المسموحة للأبعاد.

وتتناول الوحدة الخامسة " قياس الشكل والوضع" عن طريق التعرف على كيفية فحص التفاوتات الهندسية لبيان أهمية خواص الشكل مثل الأسطوانية والاستدارة والاستقامة، كما تعرض أيضاً فكرة موجزة عن الأجهزة الضوئية لقياس الوضع.

ونظراً لأهمية تحديد الأخطاء المصاحبة للقياسات من أجل الحصول على قياسات ذات دقة عالية، فقد تم إفراد الوحدة السادسة لذلك، فهي تغطي الخصائص المختلفة لأجهزة القياس مثل الدقة والحساسية و تطبيقاتها العملية، و كذلك الأنواع المختلفة من أخطاء القياس النظامية و حساب بعضها، بالاضافة للتعريف بالأخطاء العشوائية.

وتأتي الوحدة السابعة لتعطي مقدمة مبسطة في صورة "مدخل لضبط الجودة" يتناول وصف المفاهيم الأساسية لضبط الجودة ومميزاتها و نظم ادارة الجودة و المواصفات العالمية التي وُضعت من أجلها. وتنتهي هذه الوحدة بالتعريف بخرائط التحكم كأحد أهم الأساليب الإحصائية البسيطة المستخدمة في مجال ضبط الجودة.

ويلي الوحدات النظرية السبع المشار إليها الوحدة الثامنة التي تحتوي على عدد تسع تجارب معملية تم وضعها بنفس ترتيب الوحدات النظرية بحيث يقوم المتدرب بإجراء هذه التجارب في المختبر بالتوازي مع الوحدات النظرية التي تُعطي له الخلفية النظرية اللازمة لإجراء تلك التجارب.

قياسات

قياس الأبعاد

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الأولى

قياس الأبعاد

الجدارة

التعرف على المبادئ الأساسية لتقنية قياس الأطوال و تطبيقاتها في مجال الإنتاج

الأهداف

عندما تكمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على معرفة:

- المصطلحات الأساسية للقياس
- مبادئ تصميم القدمة ذات الورنية وأنواعها و استخداماتها
- مبادئ تصميم الميكرومتر وأنواعه و استخداماته
- حساب أطوال قوالب القياس المجمعة و استخداماتها
- الأنواع المختلفة للقلاوظات و كيفية فحصها بواسطة محددات فحص القلاوظات

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪

الوقت المتوقع للتدريب

6 ساعات

متطلبات الجدارة

الإلمام بمبادئ الفيزياء و الرياضيات

1-1 أهمية قياس الأبعاد

منذ بدء الحضارة الإنسانية بدأ اهتمام الإنسان بقياس الأبعاد نظراً لأن معظم احتياجات الإنسان تتطلب تحديد قيم لأبعادها. فمثلاً إذا احتجنا لشراء ورق للكتابة فإننا يجب أن نحدد الأبعاد المطلوبة ، وإذا أردنا شراء ثوب فلابد أن نحدد للبائع بدقة المقاس الذي يناسبنا. كذلك إذا ذهب رجل لشراء قطعة أرض فإنه يسأل عن مساحتها التي تحتاج ضمنا لمعرفة أبعادها. هذه هي بعض الأمثلة القليلة مما يمكن أن نذكره إذا بحثنا في حياتنا اليومية عن التطبيقات المختلفة التي تحتاج لإجراء قياس للأبعاد.

ومن الجدير بالذكر أن دقة قياس أبعاد المنتجات ترتبط ارتباطا وثيقاً بجودتها وبالتالي إرضاء المستهلك وإقباله على شراء هذه المنتجات . فإذا ظهرت في الأسواق نوعية جديدة من ورق الطابعات - على سبيل المثال - وتم عمل حملات دعائية للإشادة بنوعية هذا الورق المصنوع من خامات ذات خواص جيدة وتوفره بسعر منافس، فإن الرضاء التام للمستهلك وإقباله على شراء هذا النوع من الورق مرهون بدقة أبعاد كل ورقة . فإذا حدث اختلاف عن المقاس المحدد للورق، تسبب ذلك في حدوث مشاكل عند الاستخدام وبالتالي سينصرف المستهلك عن شراء هذه النوعية وسيتجه إلى النوعيات الأخرى المتوافرة في الأسواق والتي توفر له الدقة المطلوبة في المقاس لتلافي مشاكل الاستخدام.

2-1 الفحص والقياس

تحتاج الشركات المنتجة لإجراء فحص على منتجاتها للتأكد من مطابقتها المنتجات للمواصفات الفنية المطلوبة و ذلك لضمان تصنيع منتجات تحقق مستوى الأداء المطلوب . وتشمل عمليات الفحص كلاً من القياس والمعايرة . ويُقصد بعملية قياس شيء معين تحديد قيمة صفه أو خاصية ما لهذا الشيء في صورة رقم عددي له مدلول بوحدات القياس المتعارف عليها . فإذا أخذنا قياس الأبعاد ، نجد أن المقصود هنا تحديد قيمة البعد المقاس بالنسبة لأحد الوحدات العالمية القياسية لقياس الأطوال مثل المتر (meter) وذلك عن طريق إجراء هذا القياس بواسطة معدات وأجهزة خاصة تم تصميمها لهذا الغرض. والقياس إما أن يكون مباشراً وذلك بمقارنة المشغولة المطلوب قياسها مباشرة بجهاز القياس كأن يُقارن طول المشغولة بالتدرج المخرز على المسطرة المدرجة. أما القياس غير المباشر فيتم بواسطة وسيلة قياس مساعده مثل فرجار القياس الداخلي وذلك لاستشعار البعد المراد قياسه من المشغولة ثم يتم قياس هذا البعد على مسطرة مدرجة أو قدمة ذات ورنية (كما سنرى فيما بعد) لتحديد القيمة العددية للبعد المطلوب.

أما عملية المعايرة فهي التأكد من مطابقة الشيء المراد فحصه للمواصفات المحددة له من حيث الشكل والأبعاد دون الحصول على قيمة عددية . وتتم عملية المعايرة بواسطة محددات أو مجسدات القياس مثل قوالب القياس التي هي عبارة عن مجموعة من القوالب، كل منها على شكل متوازي

مستطيلات ومكتوب عليه بُعد معياري معين. و يمكن استخدام هذه القوالب أيضاً، إلى جانب المعايرة، في إجراء عمليات قياس الأبعاد عند الحاجة لدقة عالية كما سيرد ذكر ذلك بالتفصيل في بقية هذه الوحدة.

ونظراً لأهمية القياسات الدقيقة فإنه توجد في معظم المنشآت الصناعية معامل للقياسات الدقيقة يتم فيه إجراء القياسات على بعض العينات المنتجة للتأكد من مطابقتها للمواصفات المطلوبة . كما تنتشر معامل القياسات الدقيقة في الجامعات والكليات التقنية ومراكز الأبحاث وذلك لإجراء التدريبات العملية للطلاب والتجارب المعملية التي تحتاجها البحوث العملية والتي تهدف إلى تطوير العمليات الإنتاجية والتطبيقية وغيرها من المجال التقني. ولكي تتم عمليات القياس بأقصى دقة ممكنة فلابد من استخدام وسائل قياس على أعلى درجات الدقة إلى جانب توافر بعض الشروط اللازمة في المعامل التي تجري فيها عملية القياس، لذلك يجب مراعاة ما يلي في معامل القياسات الدقيقة:

1- أن تكون درجة الحرارة داخل المعمل 20 مْ ± $\frac{1}{2}$ مْ.
2- أن تكون الرطوبة النسبية 50% ± 5%.
3- أن تكون المعامل خالية من الأتربة والغبار.
4- أن تكون المعامل بعيدة ومعزولة عن أي مصدر بسبب اهتزازات مثل المكابس.
5- أن تكون جيدة الإضاءة بحيث تسهل عملية أخذ القراءات من معدات القياس.

3-1 وحدات القياس

لإجراء قياس لكمية معينة فلابد من وجود معايير لتحديد القيمة المقاسة ، فالنسبة لقياس الأبعاد ابتكر الإنسان في العصور المختلفة وحدات قياس مُتفق عليها يتم مقارنة الأبعاد المقاسة بها. فمثلاً في العصور الوسطى كان يتم استخدام القدم والذراع الملكي كوحدات لقياس الأطوال، وكان بديهياً أن تختلف هذا المعايير من بلد إلى بلد آخر. وفي العصر الحديث اتخذ العالم الإنجليزي جيمس وات سُمك الشلن الإنجليزي كوحدة قياس لتحديد قيم التفاوتات المسموحة في أبعاد المحرك البخاري الذي قام بتصميمه وتنفيذه ليكون بعد ذلك أحد مؤشرات بداية الثورة الصناعية . وقد كانت تلك الوحدات المشار إليها في وقت استخدامها هي أقصى ما يمكن للإنسان الوصول إليه، حيث كانت أفضل الاختيارات المتاحة. ومع تطور وتقدم الصناعة زادت الحاجة إلى وجود وحدات قياس معيارية تتفق كل دول العالم عليها وتكون بمثابة معيار ثابت وموحد عالمياً. لذلك نشأت مع نهاية القرن التاسع عشر عدة نظم للوحدات

كان أهمها وأحدثها النظام المتري للوحدات الذي تم اعتماده كنظام دولي لوحدات القياس (SI) اتفقت عليه كل دول العالم في مؤتمر دولي للقياس عُقد في سنة ١٩٦٠. وهذا النظام يحدد وحدة قياس لكل كمية من الكميات الطبيعية التي نتعامل معها في حياتنا اليومية مثل الطول والكتلة والزمن وغير ذلك من الكميات التي يعرضها جدول (1-1). و بالإضافة للوحدات الأساسية التي تم عرضها في جدول (1-1) توجد وحدات مشتقة من تلك الوحدات مبينة في جدول (١-٢). والمتر الطولي تم اتخاذه كوحدة لقياس الأطوال منذ عام 1875 وهو يساوي جزءاً من أربعين مليون من الأجزاء من طول خط الزوال الأرضي.

جدول (1-1) : الوحدات الأساسية في النظام المتري للوحدات

الكمية المقاسة	وحدة القياس	الرمز
الطول	متر	m
الكتلة	كيلو جرام	kg
الزمن	ثانية	s
التيار الكهربي	أمبير	A
درجة الحرارة	كلفن	K
كمية المادة	مول	mol
شدة الإضاءة	قنديله	cd
الزاوية المسطحة	رديان	rad
الزاوية المجسمة	ستراديان	sr

وقد تم تصنيع المتر المعياري من سبيكة البلاتين والإيريديوم وتم حفظه في باريس بفرنسا وقد أخذت كل دولة من دول اتفاقية المتر الدولية نموذجاً من هذا المتر المعياري. ومن الطبيعي أن تنشأ عدة تفاوتات حتمية عند عمل تلك النماذج من المتر الأصلي ، لذلك فقد تم تحديد طول المتر المعياري بعدد موجات الضوء الأحمر البرتقالي لغاز الكريبتون -86 الخامل . فقد وجد أن المتر المعياري يقع عليه 1650763.73 موجه من هذا الضوء. و في عام 1982 تم تعديل تعريف المتر ليكون المسافة التي يقطعها الضوء خلال زمن مقداره $\frac{1}{299,792,458}$ ثانية.

جدول (١-٢) الوحدات المشتقة في النظام المتري للوحدات

الكمية المقاسة	الوحدة المشتقة	الرمز
المساحة	متر مربع	m^2
الحجم	متر مكعب	m^3
الذبذبة	هرتز	Hz
الكثافة	كيلو جرام لكل متر مكعب	kg/m^3
السرعة الخطية	متر لكل ثانية	m/s
العجلة الخطية	متر لكل ثانية مربعة	m/s^2
الزاوية	ردیان	rad
السرعة الزاوية	ردیان لكل ثانية	rad/s
العجلة الزاوية	ردیان لكل ثانية مربعة	rad/s^2
القوة	نيوتن	N
الضغط	نيوتن لكل متر مربع	N/m^2

كذلك توجد معاملات للضرب تستخدم مع الوحدات الأساسية والمشتقة عند التعامل مع الأرقام الكبيرة مثل الكيلومتر الذي يساوي 1000 متر أو الأرقام الصغيرة مثل الميكرون الذي يساوي 10^{-6} من المتر. ويبين جدول (١-٣) بقية معاملات الضرب الأخرى المعتمدة التي تتراوح ما بين 15^{12} وحتى 10^{-18}.

جدول (١-٣) : معاملات الضرب للوحدات القياسية

معامل الضرب	اسم المعامل	الرمز
$١٠^{١٢}$	تيرا	T
$١٠^{٩}$	جيجا	G
$١٠^{٦}$	ميجا	M
$١٠^{٣}$	كيلو	k
10^{2}	هيكتو	h
١٠	ديكا	da
10^{-1}	ديسي	d
10^{-2}	سنتي	c
10^{-3}	ميللي	m
10^{-6}	ميكرو	μ
10^{-9}	نانو	n
10^{-12}	بيكو	p
10^{-15}	فيمتو	f
10^{-18}	أتو	a

وجدير بالذكر إن هناك بعض الدول مثل إنجلترا والولايات المتحدة وكندا كانت تستخدم إلى عهد قريب وحدات أخرى غير المتر المعياري في قياس الطول مثل البوصة والقدم واليادرة. والبوصة تساوي 25.4 مم والقدم يساوي 12 بوصة أما اليادرة فتساوي ثلاثة أقدام.

كما يوجد في قياس الزوايا النظام الستيني الذي يتخذ الدرجة (^{o}) كوحدة قياس وهي تساوي جزء من 360 جزءاً من محيط الدائرة وتنقسم الدرجة إلى 60 دقيقة (') وتنقسم كل دقيقة إلى 60 ثانية ("). والعلاقة بين النظام الستيني والنظام الدائري (الذي يستخدم الرديان كوحدة قياس للزوايا) كالتالي:

$$1^{o} = \frac{2\pi}{360} \text{ رديان}$$

4-1 معدات قياس الأبعاد

لإجراء عملية قياس دقيقة لابد من استخدام معدة القياس المناسبة لذلك يتوافر في مجال قياس الأطوال أنواع متعددة من معدات القياس تم تصميمها لتغطي أكبر عدد ممكن من الأبعاد المختلفة وأهم معدات القياس التي سيتم تناولها بالدراسة هي :

1- المساطر المدرجة.

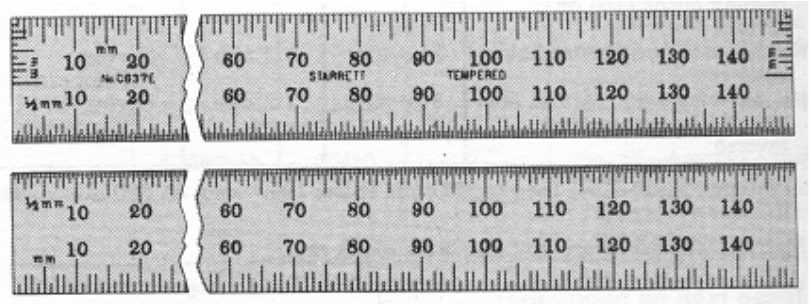
2- القدمات ذات الورنية.

3- الميكرومترات.

كذلك سيتم استعراض بعض أنواع الوسائل المساعدة للقياس مثل الفرجارات بالإضافة للوسائل التي يمكن استخدامها للقياس والمعايرة معاً مثل قوالب القياس.

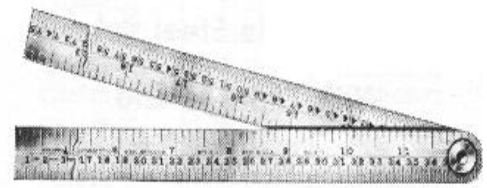
1-4-1 المساطر المدرجة (Rules)

المساطر المدرجة (شكل (1-1)) هي أدوات قياس بسيطة لقياس الأطوال . ويتم فيها قراءة القيمة المطلوب قياسها مباشرة من على التدريج الموجود عليها وتتراوح أطوال المساطر المدرجة من 100 مم وحتى 5م . وتستعمل في ورش الإنتاج مساطر فولاذية بأطوال 100 مم ، 300 مم، 500 مم. ويتم تصنيعها من فولاذ القوابض الرقيق المصلد، ويكون محفوراً عليها تدريج مليمتري أو نصف مليمتري وبالتالي يمكن استخدام المساطر المدرجة لقياس أبعاد حتى ٠,٥ مم حيث أن ذلك هو أقل تقسيم على المسطرة ويسمى بحساسية المسطرة.



شكل (1-1): المساطر المدرجة.

و توجد أيضاً المساطر المدرجة المفصلية و شرائط القياس الموضحة بشكل (1-2)(أ) و (ب) على الترتيب، و هذه التصميمات تتيح إمكانية استخدامها لقياس أبعاد طويلة في حين أن الأداة يمكن طيها في حيز صغير.



(أ)

(ب)

شكل (1-2): المساطر المفصلية و شرائط القياس.

2-4-1 الفرجارات (Dividers)

تستخدم الفرجارات كوسائل قياس مساعدة للقياس بطريقة غير مباشرة فيتم بواسطتها نقل قيمة القياس من المشغولة إلى جهاز القياس أو بالعكس. و تُصنع الفرجارات بأشكال مختلفة لتناسب كافة المشغولات، فمنها الفرجار الداخلي و الخارجي و الفرجار ذو النابض و جميعها موضحة بشكل (1-3). وتصل حساسية الفرجارات (أي أقل قيمة يمكن قياسها) إلى 0.01 مم.

فرجار داخلي

فرجار خارجي

فرجار ذو نابض

شكل (1-3): أشكال مختلفة من الفرجارات.

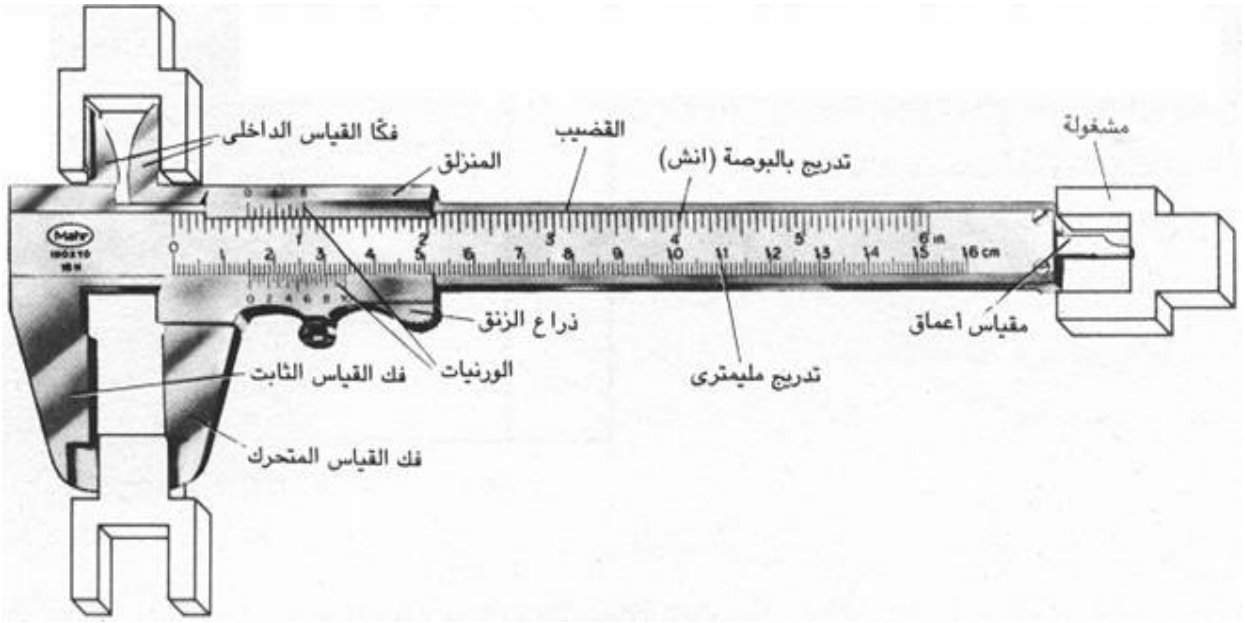
3-4-1 القدمة المنزلقة ذات الورنية Vernier Caliper

تعتبر القدمة المنزلقة ذات الورنية من أهم معدات القياس المستخدمة في تشغيل المعادن، وذلك بسبب إمكاناتها المتعددة في القياس وبساطة تصميمها وسهولة استخدامها بالإضافة لمناسبة حساسية قياسها للعديد من التطبيقات الميكانيكية في مجال التصنيع . كما إنها ملائمة بصفة خاصة للقياسات

السريعة ، حيث يمكن أن تجري بها قياسات داخلية وخارجية وفي أحيان كثيرة قياسات للأعماق لذلك فهي دائما موجودة على خطوط الإنتاج وماكينات التشغيل .

1-3-4-1 تركيب وتصميم القدمة ذات الورنية

تتكون القدمة ذات الورنية (شكل (١-٤)) من جزئيين أساسين أحدهما ثابت ومدرج عليه مقياس مثل مقياس المسطرة ، يسمى بالمقياس الرئيسي ، وهذا الجزء متصل بأحد فكي القياس وهو الفك الثابت . أما الجزء الأساسي الثاني فهو منزلق وبه تدرج آخر يسمى بالمقياس الثانوي أو الورنية ، وهذا الجزء متصل بأحد فكي القياس الذي يسمى بالفك المتحرك. وتتم عملية القياس بوضع المشغولة المراد تحديد مقاسها بين فكي القدمة وبذلك يكون الفك المتحرك (وبالتالي المقياس الثانوي) قد تحرك بالنسبة للمقياس الرئيسي مسافة تساوي قيمة البعد المطلوب تحديده.

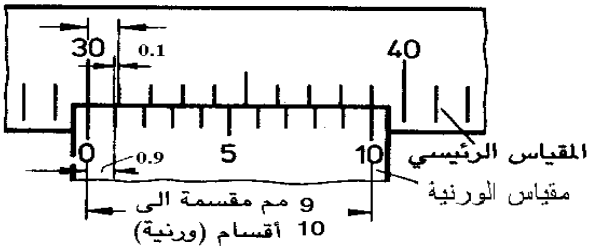


شكل (١-٤): الأجزاء الأساسية للقدمة ذات الورنية.

وتعتمد فكرة القياس بواسطة القدمة ذات الورنية على نظرية مقياس الورنية و هي تحديد قيمة كسور أقل تدريج على المقياس الرئيسي وهذه القيمة تعتمد على أسلوب تدريج مقياس الورنية الذي تم تقسيمه إلى عدد اختياري من الأقسام تبعاً للحساسية المطلوبة ، فكلما زاد عدد أقسام التدريج الثانوي (على الورنية) زادت حساسية الورنية، أي أمكن للقدمة قياس أبعاد أصغر.

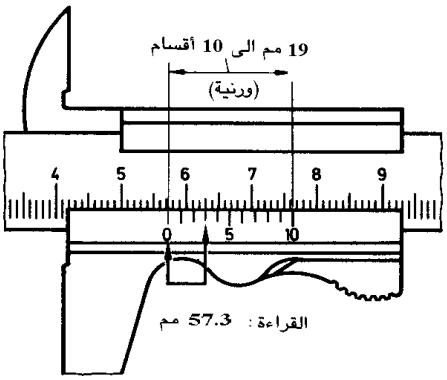
و لتوضيح نظرية مقياس الورنية سنتناول القدمة ذات التدريج المتري والتي يكون طول القسم الواحد على التدريج الرئيسي فيها يساوي 1 مم (شكل (١-٥)). فيتم اختيار عدد من أقسام التدريج

الرئيسي وليكن (ن) قسم، فيكون الطول الكلي لهذه الأقسام مساوياً ن مم. ويتم تقسيم هذه المسافة إلى عدد من الأقسام يساوي (ن +1) على مقياس الورنية، وبالتالي يكون طول القسم الواحد على تدريج الورنية يساوي ($\frac{ن}{ن+1}$) مم. وعلى ذلك يكون الفرق بين طول القسم الواحد على التدريج الرئيسي والتدريج الثانوي مساوياً ($\frac{1}{ن+1}$)، هذا الفرق هو أقل بعد يمكن تحديده باستخدام القدمة ذات الورنية و يسمى حساسية الورنية.



شكل (١-٥): تقسيم مقياس الورنية العشرية.

وتوجد ورنيات عشرية وعشرينية وخمسينية ، وكما يتضح من التسميات تختلف هذه الورينات في عدد أقسام التدريج الثانوي. ففي القدمة ذات الورنية العشرية يكون عدد الأقسام (ن +1) يساوي 10 وبالتالي تكون حساسية هذه القدمة $^1/_{10}$ = 0.1 مم. وبالمثل تكون حساسية القدمة العشرينية = $^1/_{20}$ = 0.05 مم. كما توجد قدمات ذات تدريج مُوسع على الورنية يكون فيه الطول الذي يتم تقسيمه على الورنية أطول من تلك الموجود على القدمة العادية . فعلى سبيل المثال في الورنية العشرية الموسعة (شكل (١-٦))، يتم تقسيم 19 مم إلى 10 أقسام على الورنية (بدلاً من 9 مم في حالة الورنية التقليدية). ويجب التأكيد على أن هذه الزيادة في طول الأقسام على الورنية لا تؤثر على حساسية القدمة ولكن تجعل القراءة من على الورنية أسهل وأوضح.



شكل (١-٦): الورنية العشرية الموسعة.

1-4-3-2 كيفية قراءة الأبعاد على القدمة ذات الورنية

قبل الشروع في قراءة أحد الأبعاد المقاسة على القدمة ذات الورنية، يجب مراعاة القواعد التالية التي تضمن إجراء القياس بأعلى دقة ممكنة:

1- يجب أن يكون فكي القياس نظيفين.

2- يجب إبعاد فكي القياس عن المشغولة بقدر الإمكان إثناء إمرارهما عليها.

3- لا يجوز أن تكون القدمة مائلة ومرتكزة على حافتيها أثناء القياس ، فيجب عند قياس قطر داخلي مثلاً أن يكون فكي القدمة متعامدين على محور المشغولة.

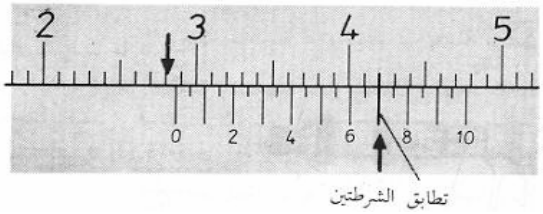
4- يجب أن يكون النظر عمودياً على تدريج القدمة أثناء القراءة.

5- يجب إمساك القدمة في الوضع الصحيح وتوفير قوة الضغط المناسبة للقياس.

6- بعد الانتهاء من القياس يجب حفظ القدمة، كسائر أجهزة القياس الأخرى، منعزلة عن أدوات العمل (العدد) وفوق قاعدة لينة.

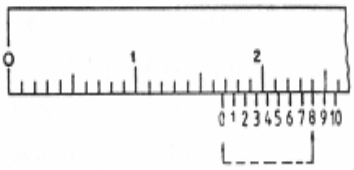
وعند القراءة يعتبر خط الصفر لمقياس الورنية بمثابة علامة عشرية ، أي يتم قراءة القيم الصحيحة للطول المقاس من على يسار خط الصفر للورنية. و لتحديد قيمة البعد المقاس ، تحدد أولاً قراءة القيمة الصحيحة الكبرى على المقياس الرئيسي ففي الشكل (1-7) هذه القيمة (2) أي 2 سم = 20 مم والقيمة الصحيحة الصغرى = ٨ مم (حيث أن صفر الورنية تعدي قسم واحد فقط بعد القراءة الصحيحة الكبرى)، وعلى ذلك تكون القراءة الصحيحة الكلية 28 مم. ثم يتم بعد ذلك تحديد القيمة الكسرية من على مقياس الورنية عن طريق تحديد رقم التدريج الذي حدث عنده تطابق بين التدريج الرئيسي وتدريج الورنية. ففي شكل (1-7) يتضح أن التطابق حدث عند التدريج رقم 14 ، وعلى ذلك تكون قيمة القراءة الكسرية = حساسية الورنية × عدد التدريجات حتى التطابق، أي = 0.05 × 14 = 0.7 مم (حيث إن الورنية الموضحة بالرسم عشرينية أي أن عدد الأقسام على الورنية = 20 قسم و بالتالي تكون حساسيتها = $\frac{1}{20}$ = 0.05 مم) وبناء على ذلك يتم تحديد البعد المقاس كمجموع القيمة الصحيحة والقيمة الكسرية للقراءة أي أن:

قيمة القراءة = 28 + 0.7 = 28.7 مم.

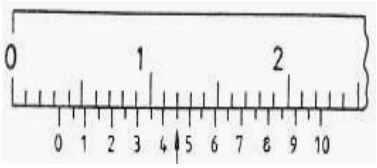


شكل (1-7): قراءة القدمة ذات الورنية العشرينية.

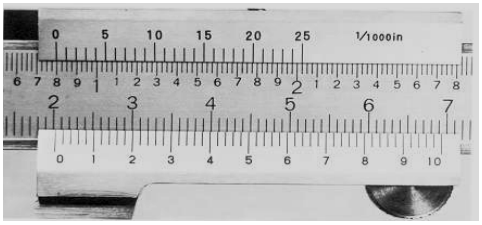
وهذه الطريقة في القراءة تُستخدم في جميع أنواع القدمات على اختلاف أنواعها مثل قدمة قياس الأعماق وقدمه قياس الارتفاعات اللتين سيرد ذكرهما بمزيد من التفصيل في بقية الفقرات التالية من الوحدة. .و يعرض شكل (1-8) بعض الأمثلة على قراءة الأبعاد المقاسة بواسطة القدمة ذات الورنية بحساسيات قياس مختلفة.



ورنيه عشرية: القراءة = 16.8مم



ورنيه عشرينية: القراءة = 3.45 مم

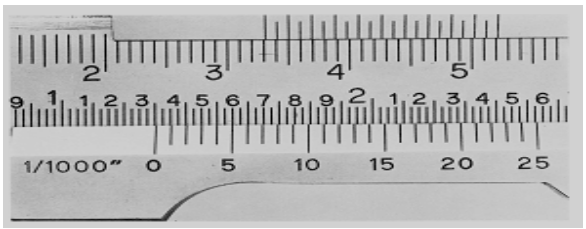


ورنيه خمسينية: القراءة = 20.26مم

شكل (1-8) : أمثلة على قراءة القدمة ذات الورنية المترية.

ويجدر بالإشارة إلى أنه يوجد عادةً على القدمة المنزلقة الشاملة تدريج أخر (غير التدريج المتري) وذلك بالجهة السفلية للقدمه على كل من القضيب والورنية وهو مدرج بالبوصة (" = in.) وقيمة التدريج على المقياس الرئيسي = "$\frac{1}{16}$ (شكل (1-9) (أ))، و حساسيتها = "$\frac{1}{128}$ وبهذا التدريج يمكن للقدمة إجراء قياسات لمشغولات تكون أبعادها بالبوصة مثل المواسير التي تعطي مقاساتها بالبوصة حتى وقتنا هذا. كما توجد أيضاً القدمات ذات الورنية المدرجة بالبوصة والتي تُذكر حساسيتها عليها بالبوصة كالموضحة بشكل (1-9)(ب))، ففيها حساسية الورنية = "0.001.

(أ) القراءة = $2\ \frac{1}{64}$ (بوصة)



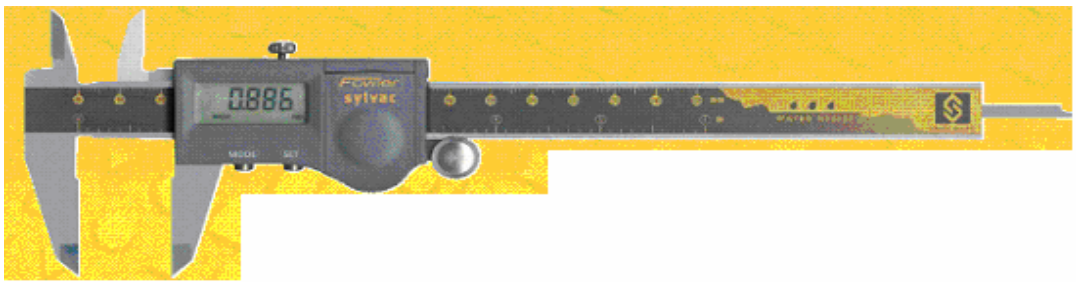
(ب) القراءة = 1.304 (بوصة)

شكل (1-9): أمثلة على قراءة القدمة ذات الورنية المدرجة بالبوصة.

3-3-4-1 أنواع القدمة ذات الورنية

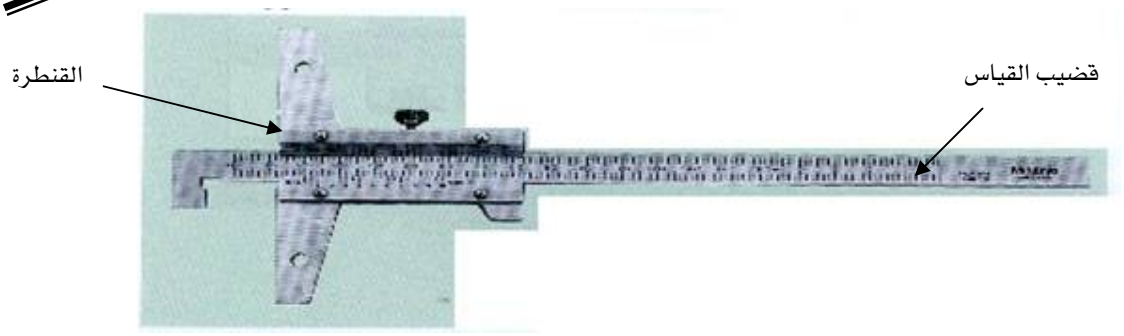
بالإضافة إلى القدمة ذات الورنية التقليدية، توجد أيضاً القدمات التي تحتوي ورنيتها على مُبين ذي مؤشر (Dial Caliper) و التي تظهر في شكل (1-10) و تسمى أيضاً قدمة وجه الساعة لأن المبين يكون على شكل الساعة التقليدية. و يتم بواسطة المبين تحديد قيمة القراءة بحساسية تصل إلى 0.02 مم أو 0.001". كما توجد القدمة الرقمية (Digital Caliper) كتلك المبينة في شكل (1-11). و تكون هذه القدمة مجهزة بشاشة صغيرة تظهر عليها القراءة مباشرةً و تصل حساسيتها إلى 0.01 مم أو 0.0005". و يوجد من القدمات الرقمية أنواع بها إمكانيات التوصيل على وحدة تسجيل بيانات و بالتالي يمكن إجراء قياسات عديدة و تسجيل قيمها خلال فترة قصيرة دون الحاجة لتدوين القيم القراءات يدوياً.

شكل (1-10): قدمة بمبين ذو مؤشر.



شكل (1-11): القدمة الرقمية.

و توجد أشكال أخرى من القدمات ذات الورنية تم تصميمها لتلائم التطبيقات المختلفة في قياس الأبعاد. فقدمة قياس الأعماق (Depth Gauge) الموضحة في شكل (1-١٢)، تستخدم لقياس أعماق المجاري والتدرجات والثقوب النافذة. وهي مكونه أساساً من قضيب للقياس وقنطرة توجد عليها الورنية.



شكل (1-12): قدمة قياس الأعماق.

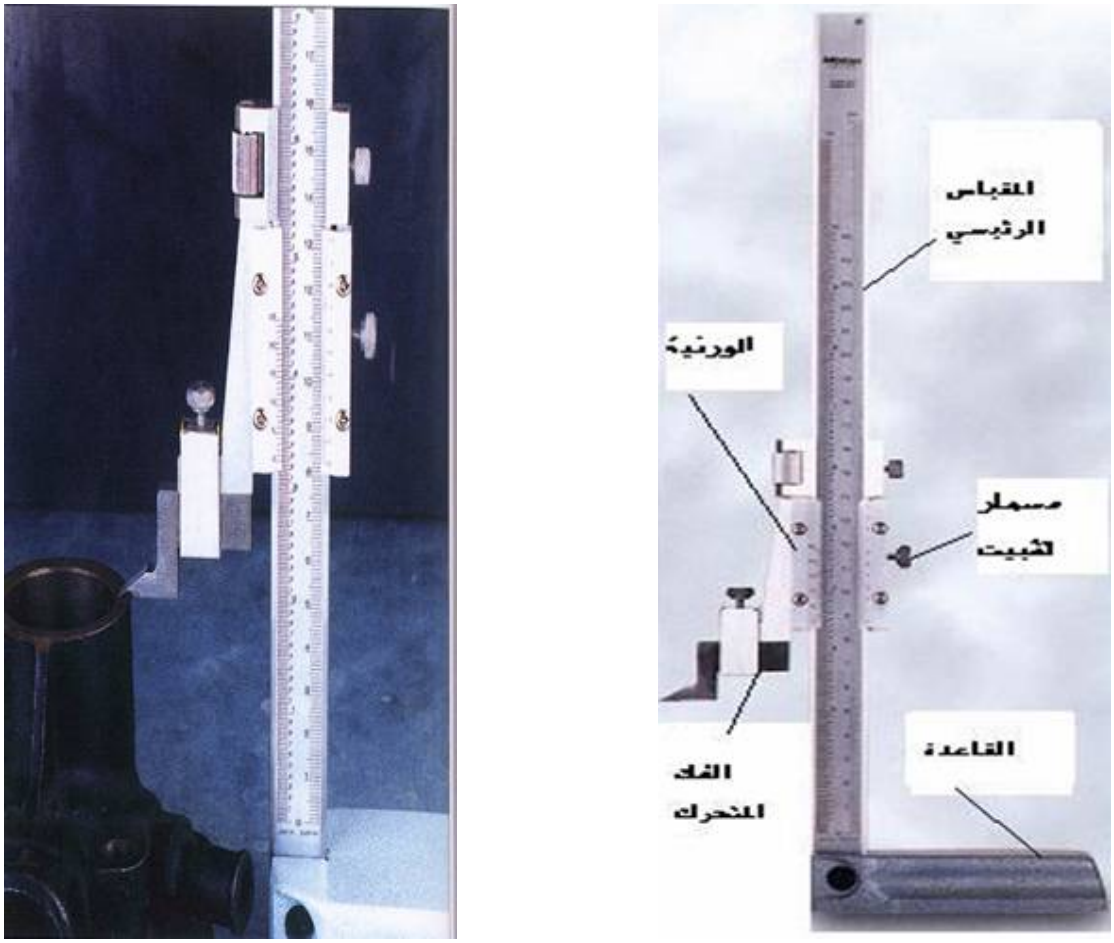
ولإجراء عملية القياس تثبت القنطرة على سطح قطعة الشغل يرفع قضيب القياس حتى يرتكز على السطح الداخلي (قاع الشغلة) ثم يربط مسمار التثبيت وُتقرأ قيمة القراءة بالطريقة التي سبق ذكرها. ويجب مراعاة بعض القواعد، بالإضافة إلى ما تم ذكره من قبل، عند استخدام قدمة قياس الأعماق لتجنب بعض الأخطاء المصاحبة للقياس:

1- التأكد من امتداد فك القياس المسافة الكافية لملامسة سطح الشغلة.
2- وضع القدمة عمودياً على الشغلة دون انحراف.
3- عدم زيادة أو نقصان ضغط ارتكاز فك القياس على الشغلة.

ولقياس ارتفاع بعض المشغولات التي يصعب قياسها بالقدمة التقليدية كما في شكل (1-13) نستخدم قدمة قياس الارتفاعات (Height Gauge) التي تم تصميمها لهذا الغرض. وهي تتكون أساساً من مقياس رئيسي يرتكز على قاعدة القدمة و فك متحرك، يختلف شكله تبعاً لنوع القدمة، يحتوي على الورنية. وهذه القدمة يمكن استخدامها أيضاً في إنجاز العلامات على المشغولات (الشنكرة).

1-4-4 الميكرومتر (Micrometer)

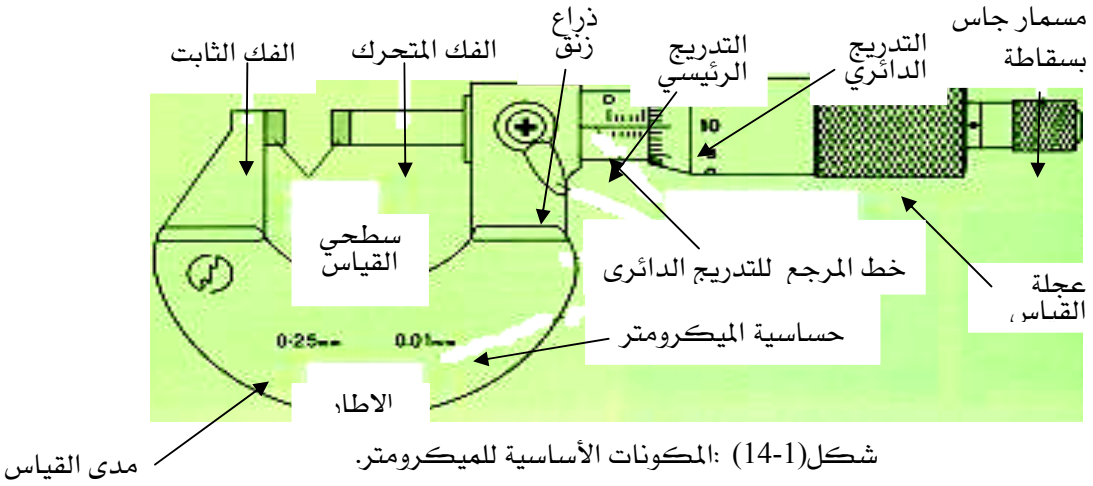
يعتبر الميكرومتر من معدات قياس الأبعاد البسيطة التي تستخدم بكثرة في المجال التقني حيث أنه يمتاز بسهولة الاستخدام وصغر الحجم إلى جانب حساسيته العالية (1/10٠ مم). وتتوفر عدة أنواع من الميكرومترات للاستخدامات المختلفة مثل القياس الخارجي والداخلي وقياس الأعماق وقياس القلاووظ الخارجي إلى غير ذلك من التطبيقات المتعددة. وسيتم عرض كل نوع من هذه الأنواع على حدة ولكن سنبدأ بالتعرف على مكونات المكيرومتر ونظرية القياس بالميكرومتر.



شكل (1-13): قدمة قياس الارتفاعات واستخدامها في قياس بعض المشغولات.

1-4-4-1 تركيب وتصميم الميكرومتر

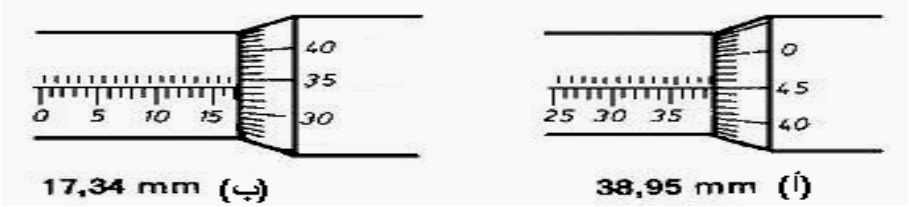
يتكون الميكرومتر (شكل (1-14)) أساساً من الإطار و عجلة القياس و الفكين الثابت و المتحرك اللذين ينتهيين بسطحي القياس المصنوعين من الكربيد لمقاومة التآكل الناتج من الاحتكاك المتكرر مع الأسطح المقاسة. كما يوجد مسمار جاس بسقاطة انزلاقية تعمل على إبقاء قوة الضغط بين الشغلة المقاسة وفكي القياس ثابتة في حدود N ١٠ لضمان الحصول على دقة قياس ثابتة. ويتم القياس بوضع القطعة المراد قياسها بين سطحيي القياس و يتم تحريك الفك المتحرك (عن طريق عجلة القياس) حتى يتلامس سطحي القطعة مع سطحي فكي القياس، ثم تُربط ذراع الزنق لتثبيت القطعة في وضع القياس و بالتالي يكون البعد المقاس مساوياً للمسافة التي تحركها الفك المتحرك.



شكل(1-14) :المكونات الأساسية للميكرومتر.

وتعتمد فكرة القياس بالميكرومتر على التحكم في حركة الفك المتحرك عن طريق حركة دائرية للولب قلاووظ تكون حركته المحورية المناظرة للحركة الدورانية هي الحركة الخطية للفك المتحرك. فإذا دار لولب القلاووظ دورة كاملة أدى ذلك إلى تحرك الفك المتحرك مسافة خطية تساوي خطوة القلاووظ المستخدم. والمقياس الرئيسي للميكرومتر مقسم لتدريجات تساوي كل منها قيمة خطوة لولب القلاووظ المستخدم و تُقرأ منه القراءة الصحيحة للبعد المقاس، بينما تُؤخذ القراءة الكسرية من على عجلة القياس (التقسيم الدائري). فإذا نظرنا إلى شكل (1-14) نجد أن القراءة الصحيحة (على المقياس الرئيسي) تساوي 38.5 مم للحالة (أ) و تساوي 17 مم للحالة (ب) في نفس الشكل.

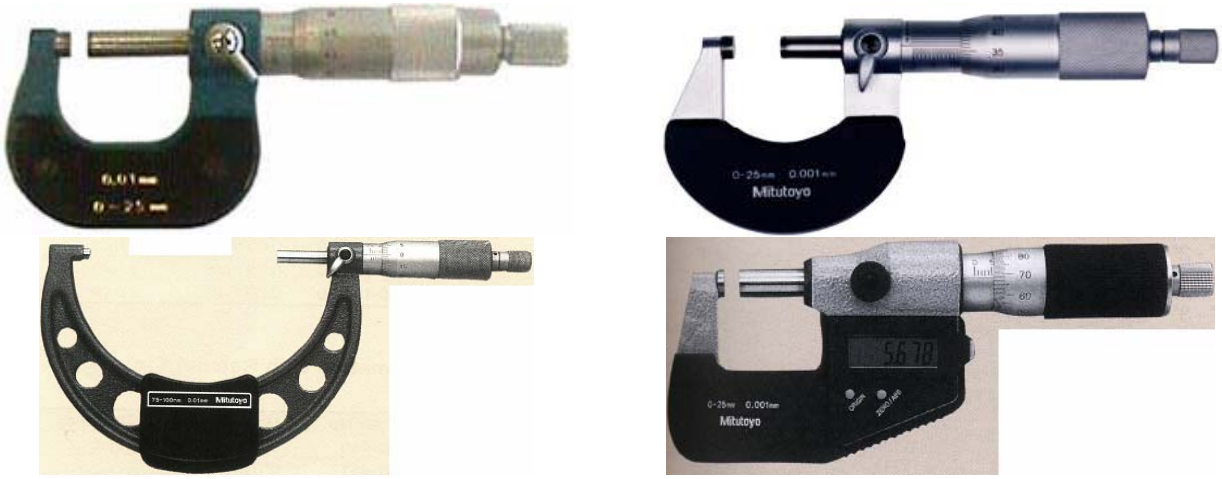
ولمعرفة قيمة الحركة الخطية المناظرة لدوران عجلة القياس جزء من اللفة، تم تقسيم عجلة القياس إلى عدد معين من الأقسام مبين على سطح عجلة القياس، وبالتالي إذا دارت عجلة القياس (ن) من الأقسام، تكون القراءة الكسرية مساوية لعدد الأقسام × حساسية الميكرومتر . وفي أغلب الميكرومترات المترية، تكون خطوة القلاووظ المستخدم = 0.5 مم ، وعدد الأقسام على عجلة القياس (التقسيم الدائري) يساوي 50 قسماً، وبالتالي تكون حساسية الميكرومتر = $\frac{0.5}{50}$ = 0.01 مم. ويوضح شكل (1-15) مثالين على كيفية قراءة الأبعاد من على الميكرومتر.



شكل (1-15): أمثلة على قراءة الميكرومتر.

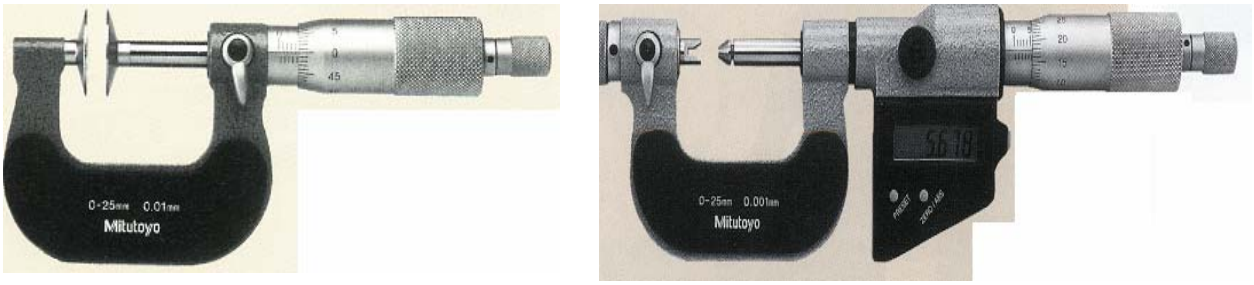
2-4-4-1 ميكرومتر القياس الخارجي (Outside Micrometer)

يوضح شكل (1-16) طرازات مختلفة من ميكرومترات القياس الخارجي تم تصميمها لتلائم مجال معين من تطبيقات القياس. وتتعدد نطاقات القياس لتناسب الأبعاد المطلوب قياسها، فتبدأ صفر إلى 25 مم، ومن 25 إلى 50 مم، ومن 50 إلى 75 مم، و هكذا إلى أن يصل أقصى بعد يمكن قياسه إلى 1000 مم. أما في النظام الإنجليزي فيمكن قياس أبعاد حتى ٤٠ بوصة بواسطة الميكرومتر.



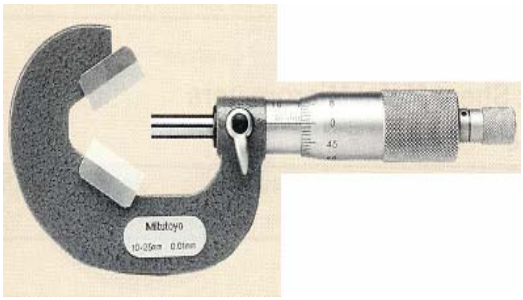
شكل(1-16) : تصميمات مختلفة من ميكرومترات القياس الخارجي.

و توجد أشكال متعددة لسطحي القياس للفك الثابت و للفك المتحرك و هما يسميان بالساق و المصد أو اللقم. و يعرض شكل (1-17) نماذج من هذه الأشكال التي يناسب كل منها أحد التطبيقات المختلفة مثل قياس اللوالب (أ)، قياس السماكة للألواح المعدنية على سبيل المثال (ب)، قياس الفراغات الرفيعة والتي تحتاج لطرفي قياس مدببين (ج)، و كذلك المشغولات غير المنتظمة الشكل (د).



(ب) (أ)

(ج)



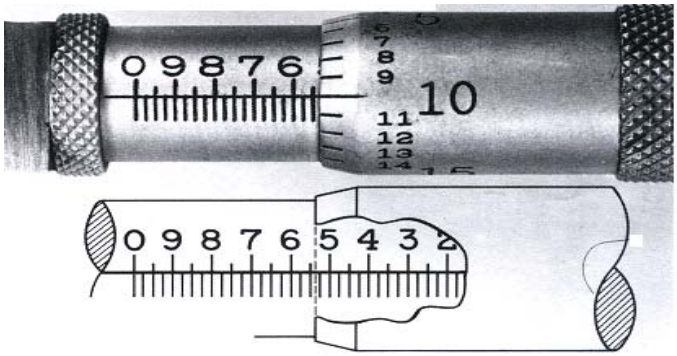
(د)

شكل(1-17) : ميكرومترات قياس خارجي ذات أشكال مختلفة للساق و المصد.

3-4-4-1 ميكرومتر قياس الأعماق (Depth Micrometer)

يستخدم ميكرومتر قياس الأعماق لقياس عمق الثقوب والمجارى وارتفاعات الأكتاف و الحزوز. وهو يتكون، كما هو مبين في شكل (1-18)، من حد ثابت وآخر متحرك كما في ميكرومتر القياسات الخارجية ، إلا أن شكل الحد الثابت مصمم بحيث يمكنه الارتكاز على الشغلة المراد قياس العمق بها، وبحيث يكون الحد الثابت موازياً المحور الشغلة . ويوجد عجلة للقياس وتدريج دائري لتحديد القيمة الكسرية كما ذُكر سابقاً. و يجب ملاحظة أن التدريج الموجود على المقياس الرئيسي يكون وضعه معاكساً لوضعه على ميكرومتر القياس الخارجي، فالتدريج يبدأ من الصفر الموجود في أعلى المقياس الرئيسي وينتهي بالقيمة العظمى في أسفله . وهذا الانعكاس في التدريج ناتج من طبيعة قياس الأعماق حيث أنه كلما زاد العمق المقاس تطلب ذلك امتداد الحد المتحرك داخله بالتالي تحركت عجلة القياس مسافة أكبر إلى أسفل ولزيادة مدى القياس. و كذلك بالنسبة لاتجاه التدريج على عجلة القياس فهو أيضاً معاكس بالمقارنة بالميكرومتر التقليدي كما يتضح ذلك من شكل (1-19). و لزيادة مدى القياس، توجد ميكرومترات أعماق ذات أعمدة قياس إضافية يتم توصيلها بالحد المتحرك لزيادة طوله. وحتى يتم القياس بدقة ، يجب مراعاة ألا يرتفع الحد الثابت عن الشغلة المقاسة بفعل قوة القياس.

شكل (1-18): ميكرومتر قياس الأعماق.



القراءة الكلية = "0.535

شكل (1-19): قراءة ميكرومتر الأعماق بالبوصة.

4-4-4-1 ميكرومتر القياس الداخلي (Inside Micrometer)

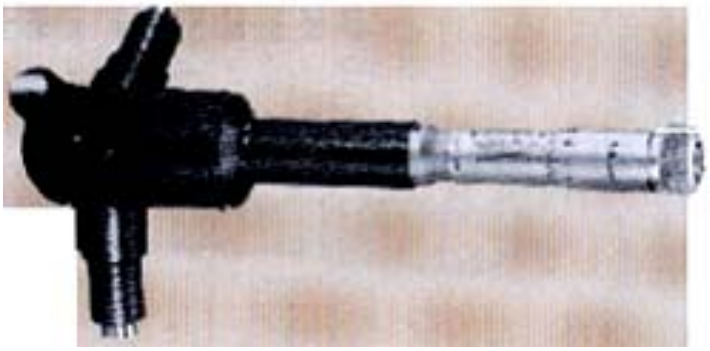
يستخدم هذا النوع من الميكرومترات لإجراء القياسات الداخلية بدقة، وأجزائها الرئيسية موضحة في شكل (1-20)(أ). ويلاحظ أن هذا النوع من الميكرومترات تكون أسطح قياسه كروية لتناسب شكل الأسطح المقاسة كالأسطح الأسطوانية كما في حالة قياس القطر الداخلي لثقب على سبيل المثال. و يمكن تغير أعمدة القلاووظ بأخرى ذات أطوال مختلفة لزيادة مجال القياس، وطريقة أخذ القراءة هي نفسها كما في الميكرومتر الخارجي باستخدام المقياس الرئيسي والتقسيم الدائري ، ولكن يجب أن يُضاف إلى هذه القراءة الطول الصفري للميكرومتر أي طول الميكرومتر عندما تكون قراءته مساوية للصفر. و يتوفر أيضاً ميكرومترات قياس داخلي بفكي قياس كما هو مبين في شكل(1-18)(ب)، و هو يلائم قياس الأبعاد الداخلية الضيقة التي لا يستطيع الميكرومتر التقليدي الوصول إليها.

(أ) ميكرومتر قياس داخلي طوله الصفري 25 مم.

(ب) ميكرومتر قياس داخلي بفكي قياس.

شكل (1-20): ميكرومترات القياس الداخلي.

ولزيادة دقة قياس الثقوب الداخلية توجد ميكرومترات داخلية ذات ثلاثة فكوك متحركة ، كذلك الميكرومتر الموضح في شكل (1-22) وتساعد هذه الحدود الثلاثة على حسن ارتكاز الميكرومتر في الثقب المقاس ، كما أنها تستخدم بدقة لقياس الثقوب العميقة وفحص شكل الثقوب.

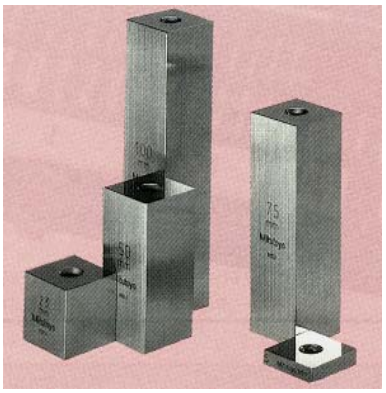


شكل (1-21): ميكرومتر قياس داخلي ذو ثلاثة فكوك قياس.

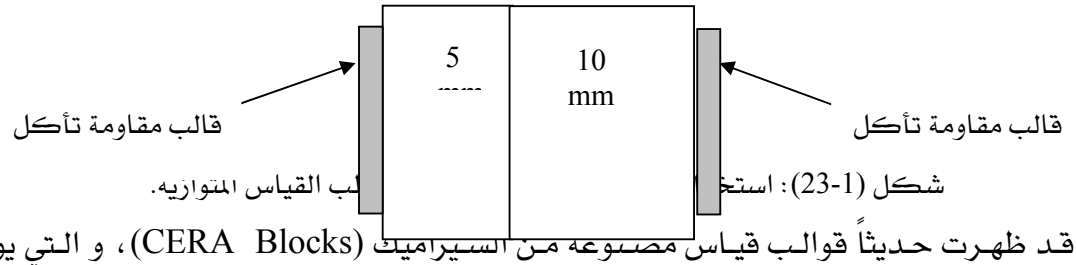
5-4-1 قوالب القياس Gauge Blocks

تعتبر قوالب القياس من الدعامات الأساسية في عمليات قياس الأبعاد ، فهي من أهم أنواع محددات القياس التي تُعد مرجع لاختبار دقة معدات القياس وتحديد مقدار الخطأ في قراءات تلك المعدات. إلى جانب هذا الدور الأساسي في مجال قياس الأبعاد ، تستخدم قوالب القياس في إجراء بعض عمليات القياس البسيطة . وقوالب القياس ، شكل (1-22) عبارة عن مجموعة من القوالب كلاً منها على شكل متوازي مستطيلات ، و يكون مقطعها على شكل مستطيل أو مربع. ويتم تصنيعها من سبيكة من الفولاذ المقسى والمعامل حرارياً بحيث يتم رفع درجة حرارتها بشدة ثم تبريدها بصورة متتالية ليؤدي ذلك في النهاية إلى خلو هذه السبيكة من أي اجهادات داخلية. و يتوفر مع كل مجموعة من القوالب قالبان يسميان

قالبي مقاومة التآكل (يكون سمك كلاً منهما 1 مم أو 2 مم)، وهما معالجان معالجة خاصة لمضاعفة مقاومتهما للتآكل نتيجة الاستعمال المتكرر للقوالب و الاحتكاك مع أسطح القياس. و يتم وضع المجموعة المختارة من قوالب القياس بين هذين القالبين حتى يكونا متلامسان مع سطحي القياس، كما في شكل (1-23) ، و يجب أن يؤخذ في الاعتبار قيمة سُمك قالبي القياس عند حساب البعد المقاس.

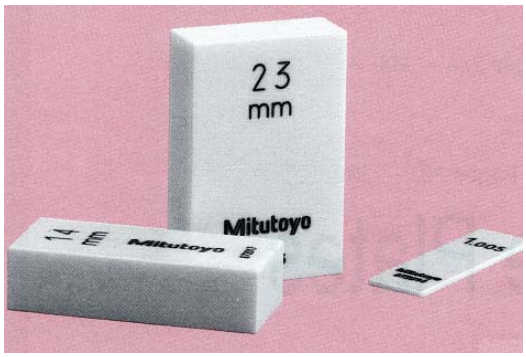


شكل (1-22): مجموعة قوالب قياس متوازية ذو مقطع مربع مصنوعة من الفولاذ.



شكل (1-23): استخ[illegible] القياس المتوازيه.

و قد ظهرت حديثاً قوالب قياس مصنوعة من السيراميك (CERA Blocks)، و التي يوضحها شكل (1-24). و تمتاز هذه النوعية من القوالب عن تلك المصنوعة من الفولاذ بخفة وزنها ومقاومتها العالية للتآكل و التي تفوق مقاومة الفولاذ بعدة أضعاف، كما أن معامل تمددها الحراري منخفض، و لذلك فإن أسعارها مرتفعة بالمقارنة بالقوالب الفولاذية التقليدية.



شكل (1-24): مجموعة قوالب قياس متوازية ذو مقطع مستطيل مصنوعة من السيراميك.

و بغض النظر عن نوع القوالب، فإن سطحي القياس في كل قالب يكونا مصقولان ومتوازيان ويكتب على أحدهما البعد المحدد للقالب ، ويكون دقة هذا البعد عالية للغاية وتتراوح ما بين 0.00006 مم حتى 0.00045مم. و طبقاً لأخر مواصفات ISO وDIN ، هناك الأربع رتب التالية لدقة قوالب القياس:

1- رتبة ٠٠: وهي ذات دقة عالية (0.06 ± ميكرون)، وتستخدم في المعامل وتصنيع النماذج.
2- رتبة 0: وهي تستخدم في ضبط أجهزة القياس في المعامل وتبلغ دقتها 0.12 ± ميكرون.
3- رتبة1: تصل دقتها إلى 0.2 ± ميكرون، و تستخدم في لفحص المشغولات ذات الدقة العالية.
4- رتبة 2: وهي أطقم الشغل ، وتكون دقتها في حدود 0.45 ± ميكرون .و تستخدم لكافة تطبيقات قياس الأبعاد في الورشة.

وتتوفر قوالب القياس في شكل أطقم، و يتكون كل طاقم من عدد معين من القوالب متدرجة الأبعاد ، وهذه الأبعاد إما تكون بالبوصة أو بالميللمتر. ونظراً لشيوع النظام المتري سنعرض هنا مثالين لطاقمين من قوالب القياس مدرجة بالميللمتر. ففي جدول رقم (1-4) نجد أن الطاقم الأول يحتوي على عدد 112 قالب مقسمة كالتالي : عدد قالب واحد طوله 1.0005 مم وعدد 9 قوالب تتدرج أطوالها من 1.001 مم حتى 1.009 مم بزيادة ثابتة (تسمى الخطوة) تساوي 0.001 مم. كما يوجد عدد 49 قالب بأطوال تبدأ من 1.01 مم وبزيادة ثابتة مقدارها 0.01 مم لتصل أبعاد هذه الفئة إلى 1.49 مم وهناك عدد 49 قالب تبدأ أطوالها من 0.5 مم وحتى 24.5 مم بخطوه مقدارها 0.5 مم، وأخيراً يوجد عدد 4 قوالب بأطوال 25 مم، 50 مم ، 75 مم، 100 مم أي أن خطوتها تساوي 25 مم.

جدول (1-4): أحد أطقم قوالب القياس.

الخطوة (مم)	أطوال قوالب القياس (مم)	عدد القوالب
٠,٠٠٠٥	١,٠٠٠٥	١
٠,٠٠١	١,٠٠١ ، ١,٠٠٢ ، ١,٠٠٣ ،.....، ١,٠٠٨ ، ١,٠٠٩	٩
٠,٠١	١,٠١ ، ١,٠٢ ، ١,٠٣ ، ١,٠٤ ،..... ، ١,٤٨ ، ١,٤٩	٤٩
٠,٥	0.5، 1 ، 1.5 ، 2 ، 2.5 ،.....، 23.5 ،٢٤ ،24.5	49
٢٥	25 ، ٥٠ ، ٧٥ ، ١٠٠	٤

ويعرض الجدول (1-5) مثالاً آخر لطاقم من قوالب القياس ولكن مجموع القوالب 88 قالب و قيمة الخطوة مختلفة في القوالب الكبيرة. وهكذا توجدأطقم أخرى كثيرة بخطوات وأعداد مختلفة لتناسب تطبيقات الاستخدام المختلفة، كذلك توجد أطقم قوالب قياس مدرجة بالبوصة لفحص المشغولات المصنعة بالوحدات الإنجليزية.

جدول (1-5): أحد مجموعات قوالب القياس.

الخطوة (مم)	أطوال قوالب القياس (مم)	عدد القوالب
٠,٠٠٠٥	١,٠٠٠٥	١
٠,٠٠١	١,٠٠١ ، ١,٠٠٢ ، ١,٠٠٣ ،..... ، ١,٠٠٨ ، ١,٠٠٩	٩
٠,٠١	١,٠١ ، ١,٠٢ ، ١,٠٣ ، ١,٠٤ ،..... ، ١,٤٨ ، ١,٤٩	٤٩
٠,٥	١,٥ ، ٢ ،..... ، ٨,٥ ، ٩ ، ٩,٥	١٩
١٠	١٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ،.....، ٨٠ ، ٩٠ ، ١٠٠	١٠

ولتحديد بعد معين بواسطة قوالب القياس يجب أولاً التأكد من النظافة التامة للقوالب وخلوها من أي أتربة وما شابه ثم توضع نهاية أحد القالبين المراد تجميعها على نهاية القالب الآخر ويتم ضغط القالبين أثناء إزلاق أحدهما على الآخر حتى يتم في النهاية التصاقهما . ولمعرفة عدد القوالب اللازمة نبدأ أولاً باختيار قالب القياس الذي يحقق أقل رقم عشري في البعد المطلوب، يليه قالب قياس آخر يُحقق الرقم العشري التالي وهكذا حتى يكتمل البعد الكلي المراد تحديده. ويُراعي عند اختيار قوالب القياس أن يكون عددها أقل ما يمكن لأن ذلك يقلل أي أخطاء قياس محتملة بالإضافة إلى عدم استهلاك عدد أكبر من القوالب. ولتوضيح عملية تجميع القوالب لتحديد بعد معين سنأخذ بعض الأمثلة العددية التالية و التي لم يستخدم فيها قالبي مقاومة التآكل و سيتم الاستعانة بطاقم قوالب القياس الموضح بجدول (4-1).

البعد المطلوب (مم)	قوالب القياس اللازمة (مم)
50.392	25, 23, 1.39, 1.002
67.984	50, 15.5, 1.48, 1.004
70.615	60, 8.5, 1.11, 1.005
5.6295	2.5, 1.12, 1.009, 1.0005

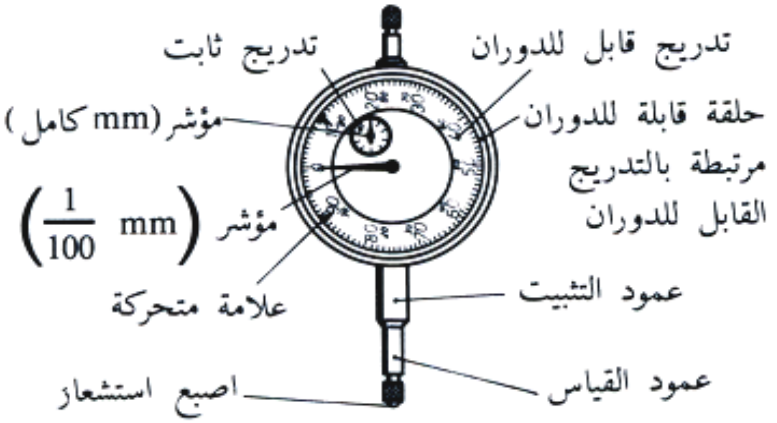
أما إذا استخدمنا قالبي مقاومة التآكل بسمك 1 مم لكل منهما، فستصبح المجموعة اللازمة للبعد 67.984 مم، على سبيل المثال، كالآتي:

50, 13.5, 1.48, 1.004 مم.

6-4-1 ساعات القياس (Dial Gauges)

تستخدم ساعات القياس لتحديد قيمة حيود المقاس الفعلي عن المقاس النظري لقطع الشغل مثل قياس الحيود الناتج عن عدم استواء الأسطح و عدم انتظام دوران الأعمدة. و هي عبارة عن محددات قياس

ذات قرص مدرج (أو مبين) و تتكون أساساً من إصبع استشعار و عمود تثبيت و تدريج ثابت و اخر قابل للدوران ترتبط به حلقة قابلة للدوران كما يتضح من الشكل (1-25). و يتم تثبيت الساعة على سطح مستو، ثم يتم تحريك إصبع الاستشعار على السطح المراد قياسه فتنتقل انحرافات المقاس من إصبع الاستشعار ، عن طريق مجموعة من التروس لتكبير الحركة، إلى المؤشر الكبير الذي يتحرك على القرص المدرج و المقسم إلى 100 قسم دائري. و تناظر الدورة الكاملة للمؤشر 1 مم من الحركة الخطية لإصبع الاستشعار. و يوجد مؤشر صغير يعطي قيمة القراءة المناظرة للدورات الكاملة للمؤشر الكبير. و يعرض شكل (1-26) (أ) إحدى ساعات القياس ذات المؤشر وكذلك طريقة تثبيتها أثناء القياس في شكل (1-26) (ب). كما تظهر في شكل (شكل (1-26) (ج)، ساعة قياس رقمية تعطي قيمة القراءة مباشرة على شاشة صغيرة بدلاً من أخذ قراءة المؤشر، وبالتالي تقل أخطاء القياس.



شكل (1-25): المكونات الأساسية لساعة القياس.

(أ) (ب) (ج)

شكل (1-26): ساعات القياس و طريقة تثبيتها أثناء القياس.

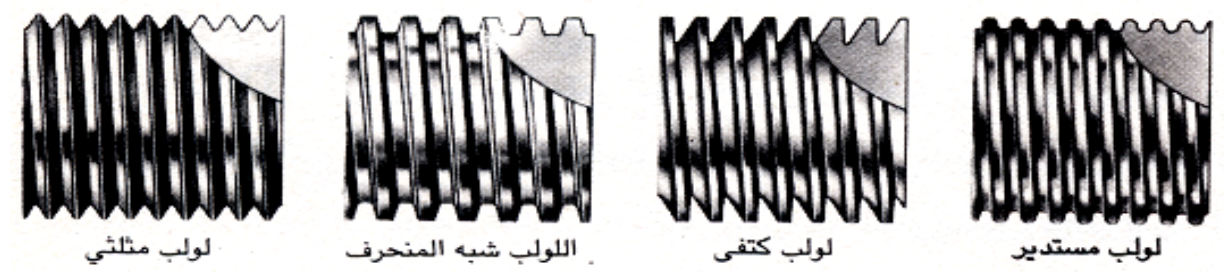
١-٥ فحص القلاووظات (اللوالب)

من التطبيقات شائعة الانتشار في الورش و المصانع، تصنيع اللوالب وذلك لكثرة استخداماتها في العديد من الأجزاء الميكانيكية، و ينشأ الخط الحلزوني للولب عند تحرك نقطة في الاتجاه الطولي (اتجاه المحور) على سطح أسطوانة تدور بانتظام حول محورها. وتسمى المسافة التي تحركتها النقطة في الاتجاه الطولي على مدار دورة واحدة **بالخطوة**. و ينشأ عن إفراد المنحنى الحلزوني مثلث قائم الزاوية تكون قاعدته هي محيط الأسطوانة و ارتفاعه هو طول الخطوة، أما الوتر فيناظر الطول الإفرادي للخط الحلزوني، وتسمى الزاوية المحصورة ما بين محيط الأسطوانة والخط الحلزوني بزاوية الخطوة و هي تتناسب عكسياً مع قطر اللولب و طردياً مع خطوته، وتتراوح قيمتها في اللوالب العادية ما بين ٢ و ٤ درجات. وقبل أن نستعرض الوسائل المختلفة لفحص اللوالب، سنتعرف على بعض التعريفات الأساسية و الأنواع المختلفة من اللوالب.

و لضمان تبادلية الأنواع المختلفة من اللوالب بين الدول، تم اعتماد عدة أنواع قياسية من اللوالب، فيوجد اللولب المتري للمواصفات القياسية الألمانية و الذي استبدل باللولب المتري لمواصفات ISO. كذلك يوجد لولب ويتروث الذي تعطى أبعاده بالبوصة، و لولب شبه المنحرف ، واللولب الكتفي، و اللولب المستدير. و تختلف هذه الأنواع من اللوالب في زاوية السن و في أشكالها (كما يتضح من تسميتها) من حيث الاستدارات و التسطحات و الخلوصات على القطر الخارجي و قطر قاع السن. و يتم حساب أبعاد كل نوع من الأنواع السابقة بواسطة معادلات خاصة بكل نوع. و تعتمد تلك المعادلات التصميمية على بعدي اللولب الأساسيين أي الخطوة و القطر الخارجي.

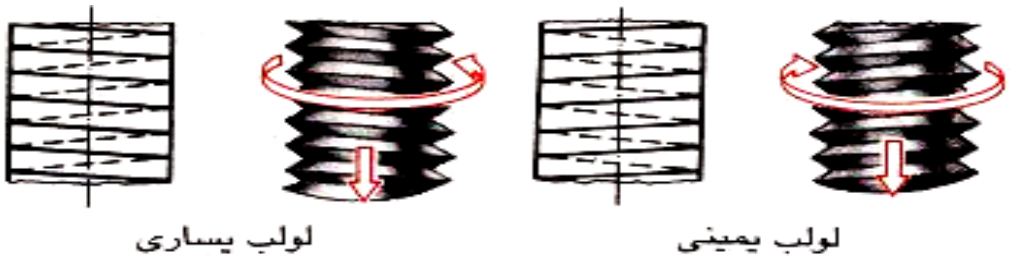
1-5-1 تصنيف اللوالب

يمكن تصنيف اللوالب الشائعة الاستخدام من حيث: الجانبية ،الغرض من الاستخدام، اتجاه الدوران، و عدد الأبواب. فمن حيث جانبية اللولب يوجد اللولب ذو السن المثلثي و اللولب شبه المنحرف و اللولب الكتفي و اللولب المستدير كما يتضح من شكل (1-27).



شكل (1-27): الأشكال المختلفة لجانبية اللوالب.

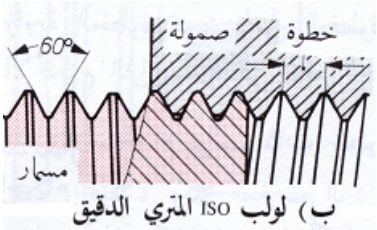
وتبعاً لاتجاه الدوران يمكن التمييز بين اللولب اليميني و اللولب اليساري الموضحين في شكل (1-28) كالتالي: عند الإمساك باللولب في وضع رأسي نجد أن أبواب اللولب اليميني تصعد لأعلى و العكس في اللولب اليساري. و يستخدم اللولب اليساري عند الخشية من انحلال اللولب اليميني أثناء التشغيل (كتثبيت قرص التجليخ و بدال الدراجة).



شكل (1-28): اللوالب اليمينية و اليسارية.

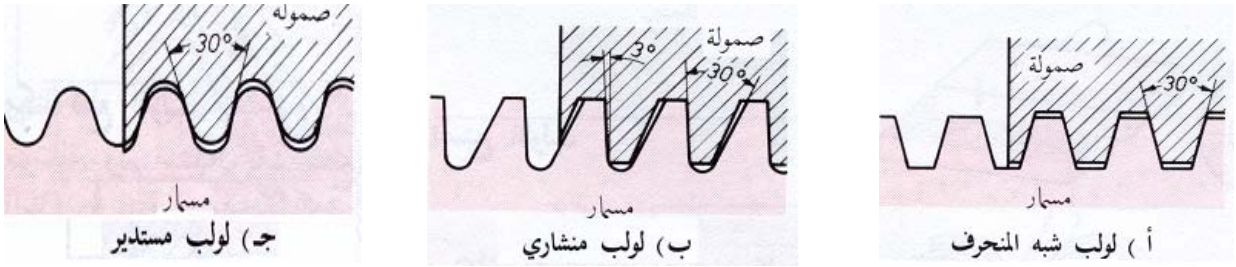
أما من حيث الغرض من الاستخدام فهناك نوعان: لوالب التثبيت و لوالب الحركة، وكما يتضح من التسمية فالأولى تستخدم لتثبيت الأجزاء مع بعضها البعض، و الثانية لتحريك الأجزاء بالنسبة لبعضها البعض، كما أنها تستخدم لتحويل الحركة الدائرية إلى حركة خطية. و يوضح شكلا (1-29) و (1-30) الأنواع المختلفة من كل من لوالب التثبيت و لوالب الحركة.

أ) لولب ISO المتري



ب) لولب ISO المتري الدقيق

شكل (1-29): الأنواع المختلفة للوالب التثبيت.



شكل (1-30): الأشكال المختلفة للوالب الحركة.

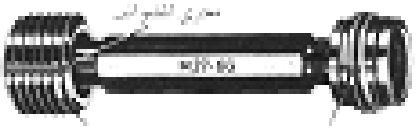
أما من حيث عدد الأبواب، فتوجد لوالب مفردة الأبواب، و هي أكثر الأنواع شيوعا في الاستخدام، و أخرى متعددة الأبواب. و عدد الأبواب هو عدد بدايات السن على اللولب كما هو موضح في شكل (1-31). و تستعمل اللوالب متعددة الأبواب حينما يراد الحصول على حركة كبيرة في الاتجاه المحوري من خلال عدد دورات قليل. وفي اللوالب الثنائية أو المتعددة الأبواب تكون الخطوة ضعف أو عدة أضعاف التقسيم. وتستخدم اللوالب متعددة الأبواب في المكابس ذات الأعمدة المحورية و أقلام الحبر و في مسامير ضبط المسافات في آلات التصوير.

شكل (1-31): عدد الأبواب في اللوالب.

2-5-1 معدات فحص اللوالب

يُجرى فحص اللوالب عن طريق القياس و المعايرة للتأكد من مطابقة أبعادها الفعلية للأبعاد التصميمية القياسية. وهذه الأبعاد هي القطر المتوسط و الخطوة و زاوية السن و يمكن فحصها في عملية واحدة بواسطة محددات قياس اللوالب الموضحة في شكل (1-32). و توجد محددات قياس اللوالب

الحلقية لتحديد مقاس اللوالب الخارجية، أما اللوالب الداخلية فيستخدم لقياس أبعادها محددات قياس اللوالب السدادية. ويوجد على الطرف السماحي لهذه المحددات شكل الجانبية الكاملة للولب، حيث يجب أن يسمح بلولبته داخل المشغولة، أما الطرف اللاسماحي فعليه شكل اختياري للجابية على القطر الخارجي و الداخلي للقاع ولا يختبر به إلا القطر المتوسط، حيث يجب ألا يسمح بلولبته داخل المشغولة. و يميز محدد القياس الحلقي اللاسماحي للوالب و الطرف اللاسماحي لمحدد قياس اللوالب السدادي باللون الأحمر.



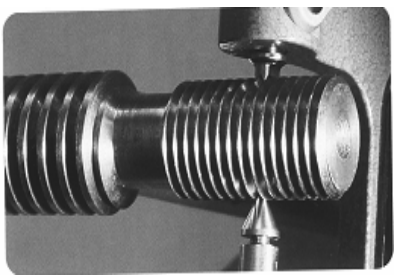
محدد قياس لوالب سدادي

محدد قياس لوالب حلقي

محدد قياس لوالب حدي ذو إستيطينات

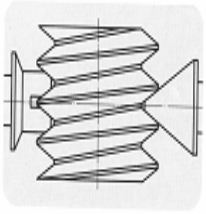
شكل (1-32): محددات قياس اللوالب السدادية و الحلقية.

و لإجراء قياس للقطر الخارجي للولب يتم استخدام ميكرومتر دقيق، أما القطر المتوسط (وهو قطر تخيلي يناظر قطر دائرة الخطوة في التروس) فيمكن قياسه في أبسط صورة كما في شكل (1-33)(أ) بواسطة ميكرومتر الجانبية (شكل (1-33)(ب)) الذي يختلف عن الميكروميتر العادي في استبدال سطحي القياس المستويين (اللقم) بأخريين توجد عليهما قطعتا قياس (مخروط و تجويف) تناسبان الخطوة و زاوية السن (شكل (1-33)(ج)).



(أ)

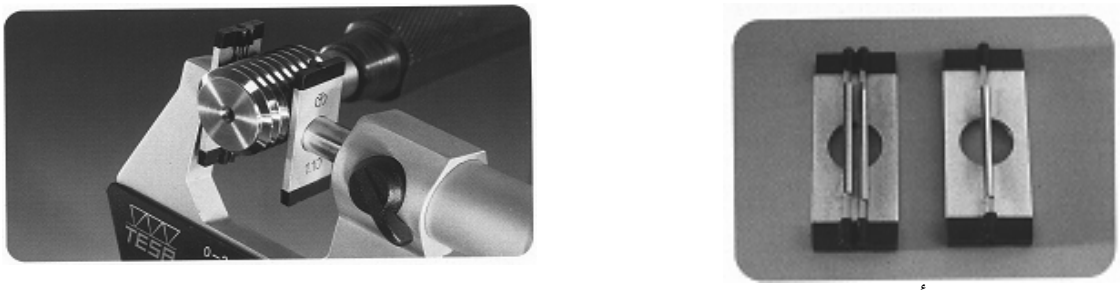
(ب)



(ج)

شكل (1-33): قياس القطر المتوسط للولب بواسطة ميكرومتر الجانبية.

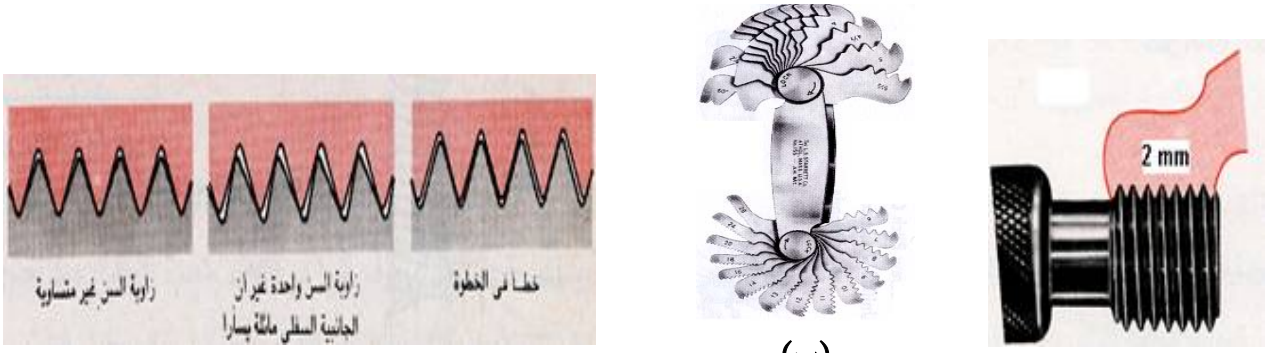
و يمكن استخدام طريقة الأسلاك الثلاثة للحصول على قيم أكثر دقة للقطر المتوسط. و في هذه الطريقة يوضع بداخل فجوات اللولب على أحد جانبيه سلك قياس و على الجانب الأخر سلكين كما هو مبين في شكل (1-34)(أ). ثم يتم القياس من فوق الأسلاك بواسطة ميكرومتر قياس خارجي، (شكل (1-34)(ب))، أو باستخدام إحدى الوسائل البصرية ذات الحساسية العالية. و ترتبط أقطار الأسلاك المصنعة بدقة متناهية مع خطوة اللولب المراد فحصه، و المقاس الناتج عن هذه الطريقة ليس هو القطر المتوسط و لكنه مقاس اختباري، يتم بواسطته استنباط القطر المتوسط من جداول فنية مخصصة لذلك.



(ب) (أ)

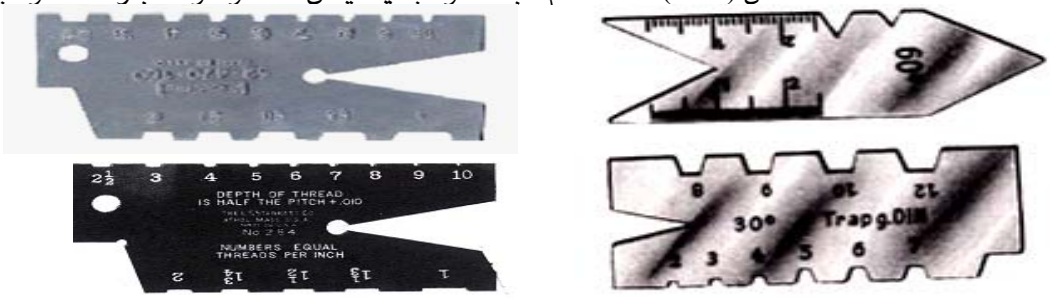
شكل (1-34): قياس القطر المتوسط للولب بطريقة الأسلاك الثلاثة.

أما خطوة اللولب فيتم قياسها بطريقة مبسطة، إما بواسطة الفرجار و القدمة ذات الورنية و ذلك بقياس المسافة بين عدد اختياري من الأبواب ثم تُقسم على هذا العدد، أو باستخدام طبعات اللوالب المبينة في شكل (1-35)(أ)، و التي تأتي على شكل أطقم كذلك المبين في شكل (1-35) (ب). و يتكون الطاقم من عدة طبعات بزاوية سن واحدة محددة على الطاقم، و كل طبعة عليها مقاس لخطوة معينة سواءً بالمليمتر أو بالبوصة. و يمكن استخدام طبعات اللوالب أيضاً لفحص دقة اللوالب وتحديد أي أخطاء سواءً في الخطوة أو في زاوية السن كما يتضح من الأمثلة المعروضة في شكل (1-35) (ج). أما زاوية وعمق سن اللوالب فيتم قياسهما في الورش باستخدام قدود قياس زوايا السن و العمق المبينة في شكل (1-36).



(أ) (ب) (ج)

شكل (1-35): استخدام طبعة اللوالب في قياس الخطوة و اختبار دقة اللوالب.



قدود قياس زاوية السن قدود قياس عمق السن

شكل (1-36): قدود قياس زوايا و عمق أسنان اللوالب.

و يجب التأكيد على أن الوسائل التي ذكرت لقياس أبعاد و زوايا اللوالب ما هي إلا طرق مبسطة و سريعة للاستخدام في الورش و المصانع، أما القياس الدقيق فيحتاج لوسائل أخرى متطورة و ذات حساسية عالية، كجهاز الإسقاط الضوئي المبين في شكل (1-37) (أ). و يحتوي هذا الجهاز على مجهر خاص (Microscope) لتكبير صورة جانبية اللولب فتظهر بوضوح و دقة، كما في شكل (1-37) (ب)، ليتم مقارنتها بجانبيات لوالب معيارية مرسومة على أقراص زجاجية تُوضع على شاشة الجهاز.

(أ)

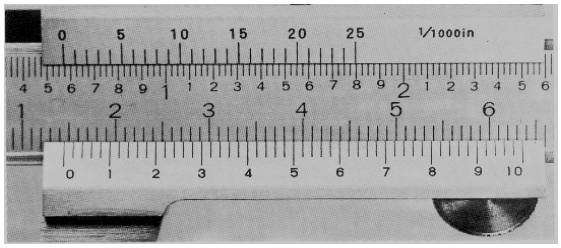
(ب)

شكل (1-37): جهاز الإسقاط الضوئي (Profile Projector) و يظهر على شاشته بوضوح جانبية أحد اللوالب.

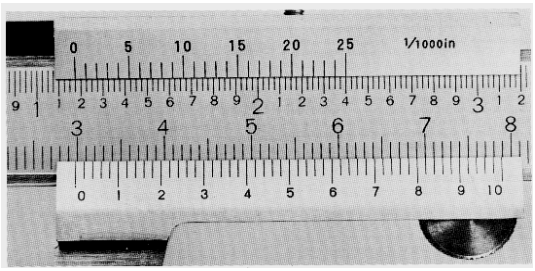
تمارين

(١) حدد قيم قراءات القدمات ذات الورنية المترية في الأشكال التالية مع كتابة وحدة القياس.

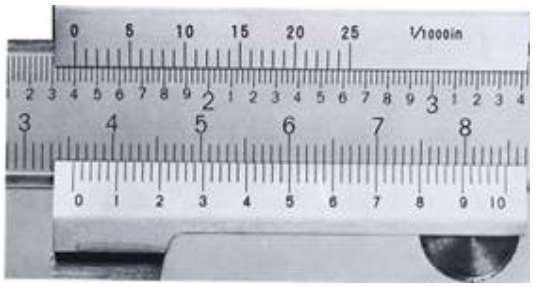
(أ)



(ب)

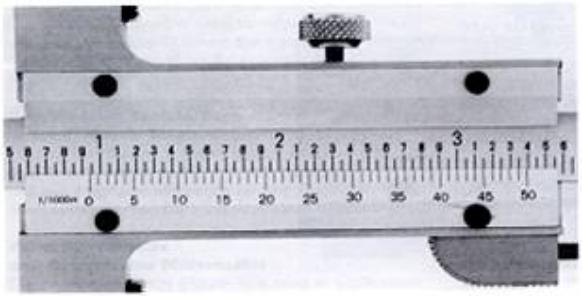


(ج)

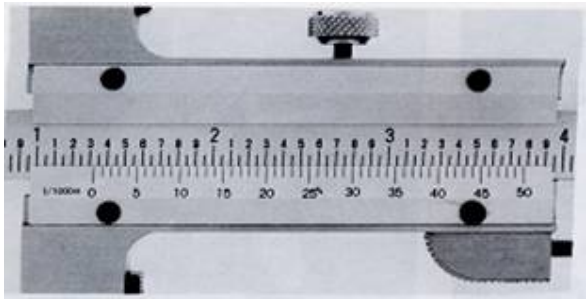


(د)

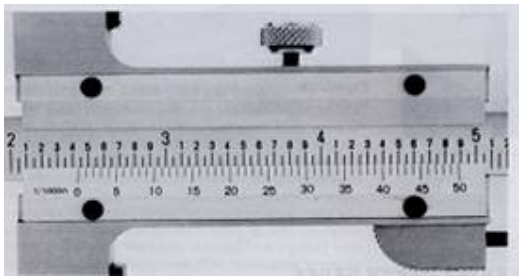
(2)حدد قيم قراءات قدمة قياس الأعماق (بالبوصة) في الأشكال التالية مع كتابة وحدة القياس.



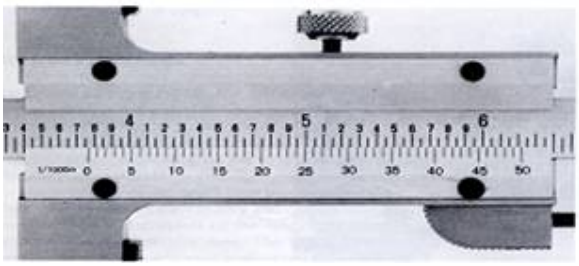
(أ)



(ب)



(ج)

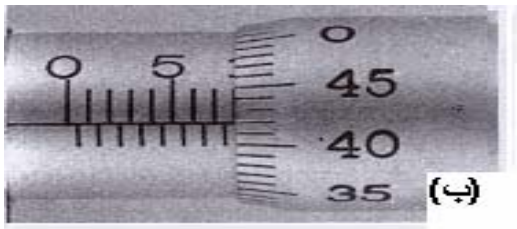


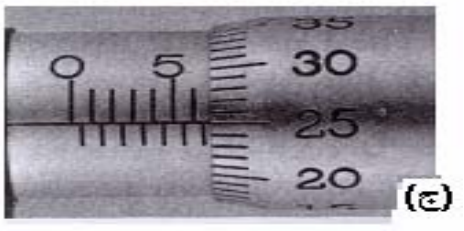
(د)

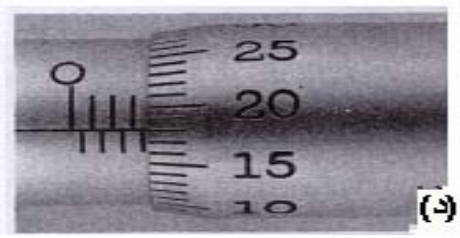
(3) المطلوب اختيار إحدى القدمات المترية الثلاث الآتية لقياس بُعد = 34.28مم، اختر القدمة المناسبة وأذكر سبب الاختيار، ثم حدد بوضوح إمكانية استخدام القدمة المختارة لبعد أخر = 68.25 مم.

رقم القدمة	أ	ب	ج
عدد أقسام تدريج الورنية	١٠	٢٠	٥٠

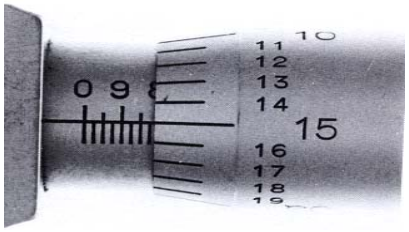
(4) حدد قيم قراءات الميكرومترات المترية في الأشكال التالية مع كتابة وحدة القياس.

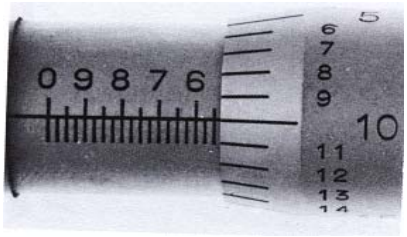






(5)حدد قيم قراءات ميكرومترات قياس الأعماق (بالبوصة) للأشكال التالية مع كتابة وحدة القياس.





(6) كوّن لكل من الأطوال التالية مجموعتين من قوالب القياس، الأولى مع استخدام قالبي مقاومة تاكل سُمك كل منهما 1مم، و الثانية بدون استخدامهما، وذلك بالاستعانة بالجدولين (1-4) و(1-5):

(أ) 79.633 مم. (ب) 128.7385مم.

(ج) 53.١٩٦ مم. (د) 99.123 مم.

قياسات

قياس الزوايا

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثانية

قياس الزوايا

الجدارة

التعرف على الطرق المختلفة لقياس الزوايا و الميل

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- المعدات البسيطة لقياس الزوايا
- كيفية استخدام قضيب الجيب في قياس الزوايا
- الطرق الشائعة لقياس زوايا الأسطح المائلة

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

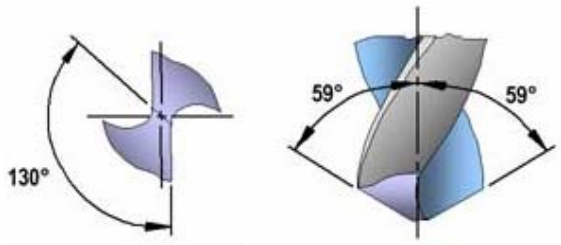
4 ساعات

متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

2-1مقدمة

يُعتبر قياس الزوايا من القياسات الأساسية في مجال التشغيل نظراً لانتشار الأسطح المائلة و الجوانب المشطوبة (أي غير المتعامدة لتجنب النهايات الحادة) في المشغولات المختلفة. فعلى سبيل المثال، قياس زوايا القَطع الموجودة بعدد القَطع كأقلام الخراطة و بنط الثقب الموضحة في شكل (2-1) و المشغولات ذات الأسطح المستدقة (المخروطية) و إلى غير ذلك من التطبيقات الميكانيكية المتعددة. و قياس الزوايا إما أن يكون بتحديد قيمتها مباشرة بواسطة المنقلة ،على سبيل المثال، أو عن طريق معرفة قيمة إحدى النسب المثلثية لها و من ثم يتم استنتاج مقدار هذه الزاوية. وقبل أن نتعرض لتفاصيل معدات القياس المختلفة، سيتم استعراض الوحدات المستخدمة في قياس الزوايا و الميول.



شكل (2-1): زوايا القطع في بنط الثقب.

٢-١ وحدات قياس الزوايا و الميول

وحدة قياس الزوايا في النظام الإنجليزي هي الدرجة (^{o})، و تناظر الدورة الكاملة على محيط الدائرة زاوية مقدارها ٣٦٠^o درجة. و تنقسم الدرجة الواحدة إلى ستين دقيقة ($1^o = 60'$) ، كما تنقسم الدقيقة إلى ستين ثانية ($1' = 60''$)، لذلك يسمى هذا النظام بالنظام الستيني. أما في النظام المتري فتقاس الزوايا بوحدة الرديان (rad) حيث تناظر الدورة الكاملة على محيط الدائرة زاوية مقدارها ٢π رديان ،حيث πهي النسبة التقريبية بين محيط الدائرة و قطرها($\pi \approx \frac{22}{7}$)،يسمى هذا النظام بالنظام الدائري. و للتحويل بين النظامين الإنجليزي و المتري في الزوايا، يمكن استخدام إحدى العلاقتين الآتيتين تبعاً لاتجاه التحويل:

$$\text{الزاوية بالتقدير الدائري (رديان)} = \text{الزاوية بالتقدير الستيني } (^o) \times \frac{360}{2\pi}$$

$$\text{الزاوية بالتقدير الستيني } (^o) = \text{الزاوية بالتقدير الدائري (رديان)} \times \frac{360}{2\pi}$$

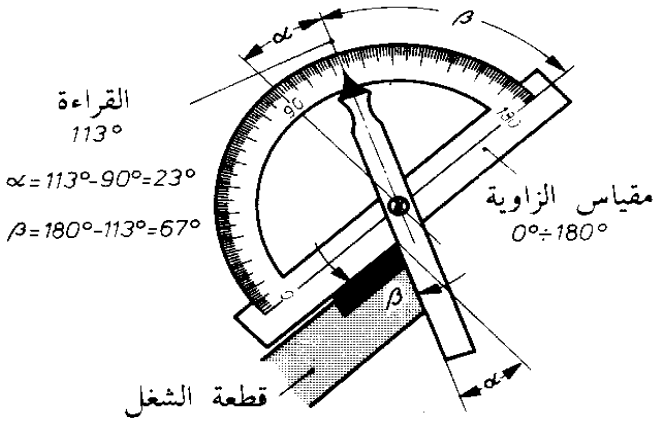
و على ذلك فالزاوية القائمة (^{o} ٩٠) تكافئ ($\frac{\pi}{2}$ ردیان) والزاوية المستقيمة (^{o} ١٨٠) تناظر (π ردیان). أما وحدة قياس الميول فتعطى كنسبة تبعاً للوحدات المستخدمة، ففي النظام المتري تستخدم وحدة (مم/م). وتعني هذه الوحدة مقدار الارتفاع (أو الانخفاض) بين نقطتين المسافة بينهما تساوي 1 متر على السطح المراد قياس ميله.

2-2 معدات و محددات قياس الزوايا

2-2-1 المنقلة البسيطة

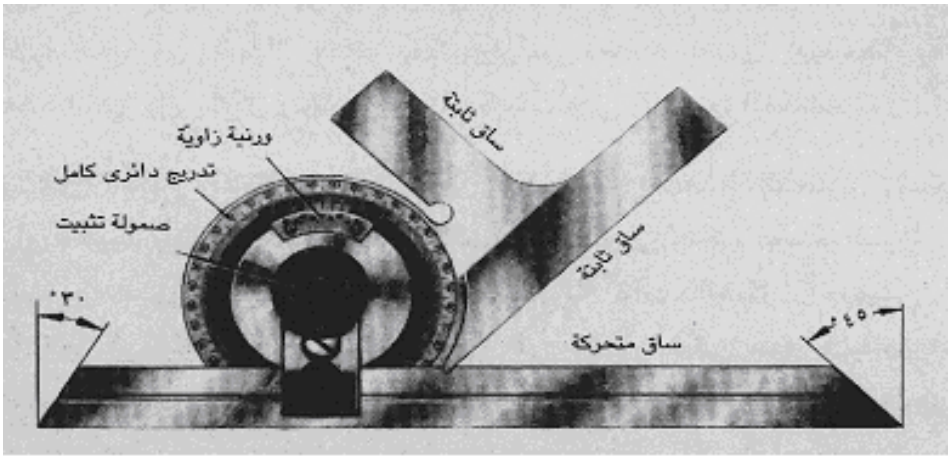
من أبسط معدات القياس المباشر للزوايا المنقلة البسيطة شكل (2-2) التي يمكن بواسطتها قياس الزوايا بالدرجات بحساسية تصل إلى نصف و ربع الدرجة في الأنواع الجيدة منها. و عند قراءة المنقلة، يجب التأكد على أي سطح من أسطح المشغولة ترتكز ساق القياس. فعلى سبيل المثال، أن تكون قيمة إحدى الزوايا على المشغولة تساوي ^{o} ١١٥ ، بينما القيمة التي يشير إليها المؤشر ^{o} ٦٥ ، فتكون قيمة القياس الصحيحة في هذه الحالة هي : ^{o} ٩٠ + ^{o} (٩٠ - ٦٥) = ^{o} ١١٥. ويوضح الشكل (3-2) مثال لكيفية تحديد قيم الزاويتين a (ميل سطح الشغلة على المستوى الرأسي) و b (ميل سطح الشغلة على المستوى الأفقي) باستخدام قراءة مأخوذة بواسطة المنقلة البسيطة.

شكل (2-2): المنقلة البسيطة.



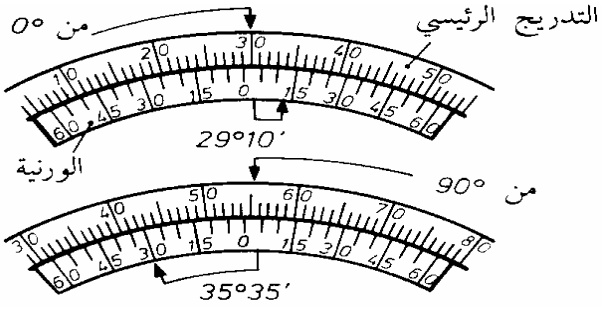
شكل (2-3): تحديد الزوايا بواسطة المنقلة البسيطة.

المنقلة الشاملة هي إحدى الأشكال المتطورة للمنقلة البسيطة. و تتكون أجزاءها الأساسية من الساق المتحركة و ساقين ثابتتين و تدريج دائري كامل و ورنيتين تضم كلاً منها 12 قسماً على جانبي خط الصفر و صامولة تثبيت كما هو مبين في شكل (2-4). و حساسية الورنية هي الفرق بين تقسيم التدريج الرئيسي و تقسيم الورنيه و هو يساوي $\frac{1}{12}=5'$. أما الساق المتحركة فهي قابلة للحركة في الاتجاه الطولي و ينتهي أحد طرفيها بحافة قياس بزاوية 45^o بينما ينتهي الاخر بحافة قياس بزاوية 30^o.



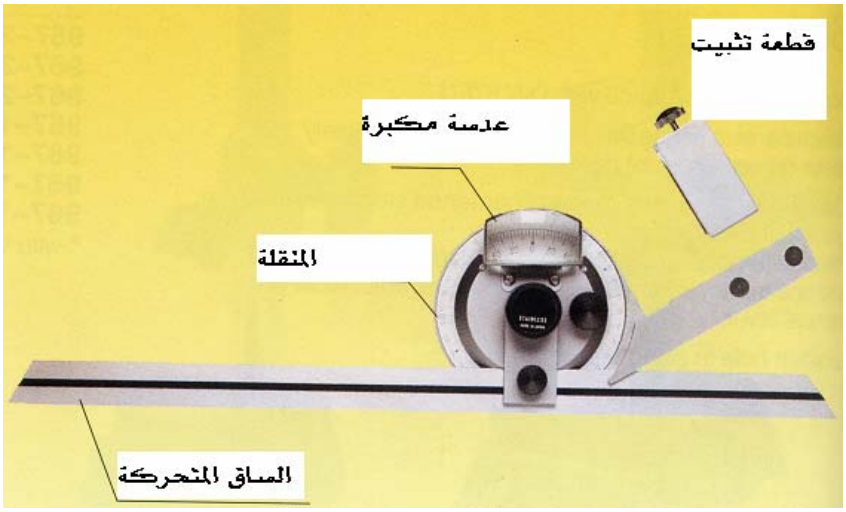
شكل (2-4): المنقلة الشاملة

و تُحسب الدرجات من الصفر أو من 90^o، حسبما يتم الضبط، و حتى خط الصفر للورنيه، ثم يتجه القارئ إلى أسفل على الورنية في نفس الاتجاه حتى يجد خط تقسيم على التدريج الرئيسي يقابل خط تقسيم على الورنية فيقرأ منه الدقائق كما هو مبين بالشكل (2-5).



شكل (2-5): قراءة الزوايا بواسطة المنقلة الشاملة.

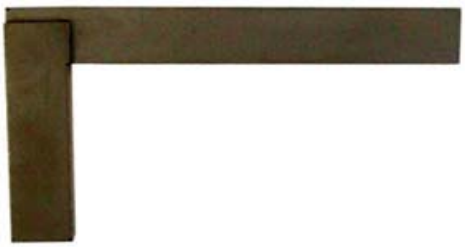
و تتم القراءة على المنقلة البصرية الشاملة المبينة في شكل (2-6) بواسطة نظام عدسات عينية يمكنها إظهار قيمة الزاوية المقاسه مكبرة على شاشة معتمة. ويجب الانتباه عند قراءة قيمة القياس هنا، و تحديد أي جانب بدأ منه القياس، كي يمكن الحصول على قيمة الزاوية الصحيحة. ومن خلال التكبير الذي يبلغ ثلاثين ضعفاً، يمكن قراءة قيمة زاوية حتى 5' دون اللجوء إلى الورنيه.



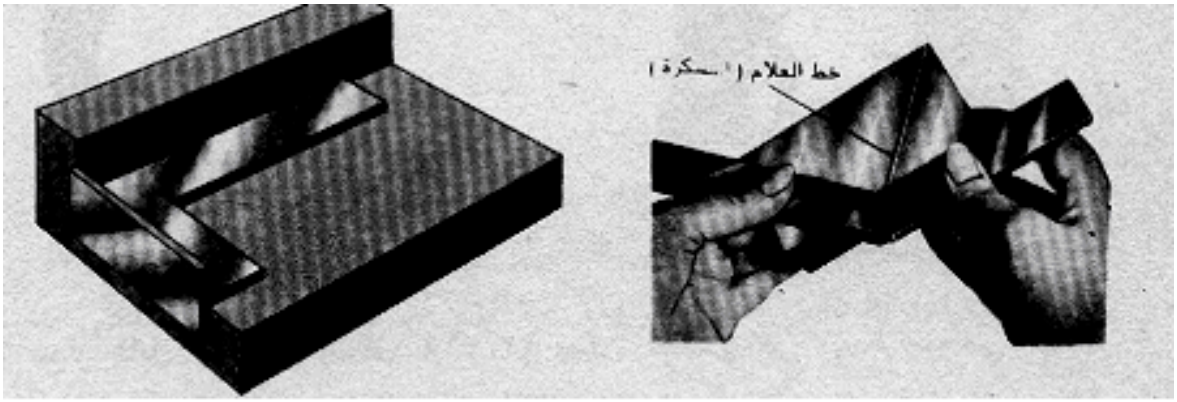
شكل (2-6): المنقلة البصرية الشاملة.

3-2-2 محددات قياس الزوايا

يتوافر العديد من أشكال محددات قياس الزوايا و التي تستخدم لفحص زوايا الأسطح المائلة. و أكثر هذه المحددات استعمالا هي الزاوية المسطحة ذات الزاوية القائمة (90^{o})، والتي تكون من خامة لينة أو مصلدة كما هو مبين في شكل (2-7). كما توجد أيضاً محددات زوايا أخرى واسعة الاستخدام ذات 120^{o} (الزاوية المسدسة)، و135^{o} (زاوية الشطب) الموضحة في شكل (2-8).



شكل (٢-٧): الزاوية القائمة



شكل (2-8): زاوية الشطوب و زاوية ضبط قائمة بمصد أثناء فحص بعض المشغولات.

و تنتشر كذلك زاوية الضبط القائمة (شكل (٢-8) التي يوجد على ضلعها القصير مصد يتم الارتكاز به على حافة الإسناد و ذلك لزيادة دقة فحص المشغولة.

٢-٢-٤ قوالب قياس الزوايا

هي قوالب من الفولاذ اسفينية الشكل تستخدم كتجسيد لمقاسات الزوايا (شكل (2-9))، حيث يشكل سطحي القياس فيها زاوية معينة تكون محفورة على أحد السطحين. ويمكن تكوين مجموعات منها مثل قوالب قياس الأطوال و ذلك لكل زاوية من صفر إلى ^{o}٩٩ بتدرج يعتمد على أطقم القوالب المتاحة. و تستخدم هذه القوالب لاختبار المحددات و العِدد و المشغولات و كذلك لضبط المكنات و المثبتات و أدلة التشغيل.

شكل (2-9): قوالب قياس الزوايا

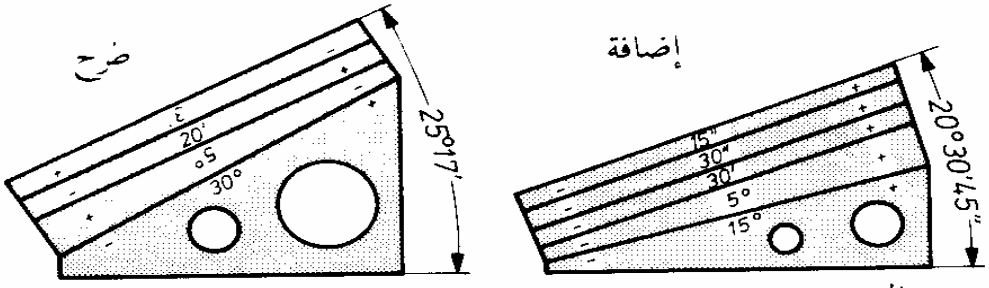
وتتنوع أطقم قوالب الزوايا عدداً و مقاساً، فعلى سبيل المثال، يوجد طاقم يتكون من 16 قالب مقسمة إلى ثلاثة فئات كالتالي:

ستة قوالب بزوايا تبلغ:٤٥،٣٠،١٥،٥،٣،١ درجة (^{o})

خمسة قوالب بزوايا تبلغ :٣٠،٢٠،٥،٣،١ دقيقة (')

خمسة قوالب بزوايا تبلغ :٣٠،١٥،٥،٣،١ ثانية (")

و هناك طريقتان لتجميع قوالب الزوايا لقياس زاوية معينة، ففي طريقة الإضافة يتم تجميع القوالب بحيث يكون اتجاه ميل السطح المائل لجميع القوالب واحد. و في هذه الحالة تكون الزاوية الناتجة هي مجموع زوايا كل قالب. أما في طريقة الطرح، توضع بعض القوالب في اتجاه معاكس لبعضها البعض ، و بالتالي تكون الزاوية عبارة عن الفرق بين مجموع زوايا القوالب في اتجاه الميل الرئيسي و مجموع الزوايا في الاتجاه الأخر. و تتضح كلتا الطريقتين من المثال الموضح بالشكل (2-10).



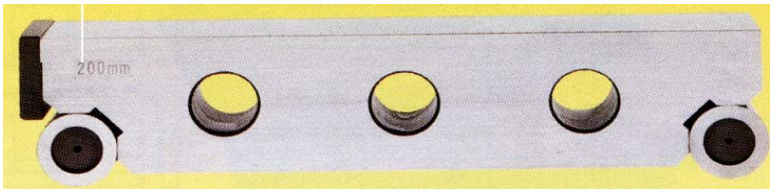
شكل (2-10): استخدام قوالب قياس الزوايا بطريقتي الإضافة و الطرح.

3-2 معدات قياس الميل

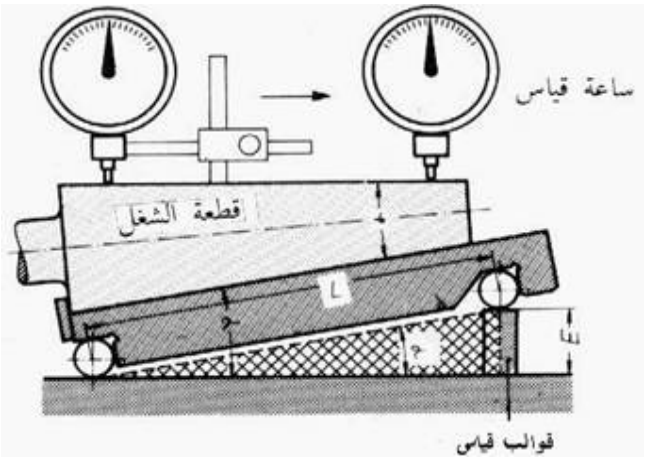
نظراً لأن قياس الزوايا بطريقة مباشرة ليس بسهولة قياس الأطوال،لذا يُفضل في حالات كثيرة الاستعاضة عن ذلك بقياس المسافات (الإحداثيات) التي تنشأ عن هذه الزوايا. و يمكن عن طريق تلك المسافات حساب النسب المثلثية للزاوية المطلوبة و بالتالي إيجاد قيمتها. و فيما يلي عرض لبعض و سائل القياس التي تستخدم لهذا الغرض.

1-3-2 قضيب جيب الزاوية

يُستخدم قضيب جيب الزاوية (شكل (2-11)) لتحديد قيمة جيب الزاوية (جا = sin) لسطح مائل و بالتالي يمكن حساب قيمة زاوية الميل. ويتكون قضيب الجيب من مسطرة و بكرتين أسطوانيتين لهم قطرين متساويين، بينهما مسافة 100 أو ٢٠٠ أو ٣٠٠ مم. و لإجراء القياس يوضع السطح المائل للمشغولة على سطح القضيب كما في شكل (٢-١٢)، ثم يتم رفع أحد طرفي القضيب تدريجياً ،بواسطة عدد من قوالب القياس، حتى يصبح سطح المشغولة أفقيا. .ويمكن التأكد من ذلك عن طريق ساعة قياس ميول الأسطح التي يجب أن تُعطي قراءة قيمتها صفراً إذا مر مجسها عل سطح أفقي تماماً. عند هذا الوضع تكون زاوية ميل سطح المشغولة مساوية لزاوية ميل قضيب القضيب على الأفقي (α).



شكل (2-11): قضيب جيب الزاوية.



شكل (2-12): قياس زاوية استدقاق المخروط بواسطة قضيب جيب الزاوية.

و بناءٌ على ذلك يمكن حساب جيب الزاوية (sin α) من العلاقة:

$$\sin\alpha = \frac{E}{L}$$

حيث : E هو ارتفاع قوالب القياس، L هي المسافة بين بكرتي القضيب (= طول قضيب القياس).

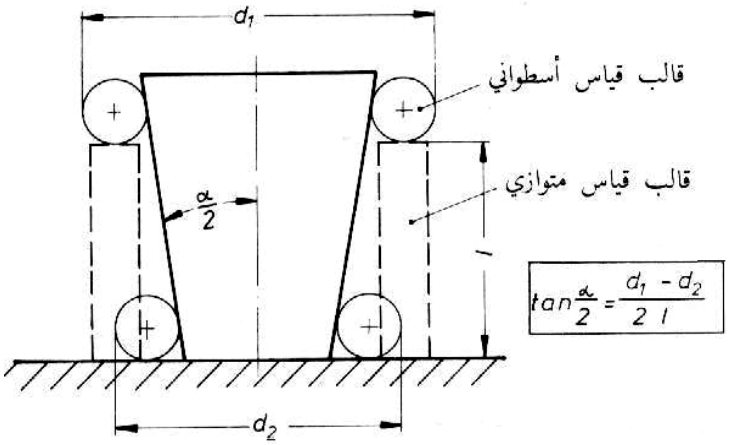
فإذا كانت المسافة بين بكرتي القياس للقضيب المستخدم (L) = ١٠٠ مم، و ارتفاع قوالب القياس (E) = 37.623 مم، فيمكن حساب جيب زاوية المخروط ($\sin\alpha$) كالتالي:

$$\sin\alpha = \frac{E}{L}$$
$$= \frac{37.623}{100} = 0.37623$$

و باستخدام الآلة الحاسبة نجد أن:

$$\alpha = 22.1°$$
$$\alpha = 22^{o}\ 6'\ 1''$$

ويوضح شكل (2-13) مثالاً عملياً اخر لقياس زاوية استدقاق المخروط بواسطة قوالب قياس الأطوال المتوازية و قوالب القياس الأسطوانية، و هي عبارة عن أسطوانات قياسية مصنوعة من نفس الخامات و بنفس دقة و جودة قوالب القياس التقليدية، و يكون محفور عليها أبعادها (٥ مم ، 10مم،...). و تمتاز هذه القوالب بدقتها العالية عند استخدامها لقياس مشغولات ذات أسطح أسطوانية أو مُستدقة حيث أن استدارة أسطحها يضمن الدقة العالية لتلامسها مع الأسطح المقاسه. ويمكن من الشكل استنتاج العلاقة التالية بين ظل الزاوية ($\tan\frac{\alpha}{2}$) و أبعاد المخروط:



شكل (2-13): قياس زاوية استدقاق مخروط باستخدام قوالب القياس المتوازية والأسطوانية.

$$\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{d_1 - d_2}{2l}$$

حيث، d_2, d_1 : هما القطران الخارجي و الداخلي مضافاً لهما ضعف قطر قالب القياس الأسطواني (D)

l : ارتفاع المخروط مطروحاً منه قطر قالب القياس الأسطواني (D)

٢ -٣ -٢ ميزان الاستواء

يكثر استخدام ميزان الاستواء (ميزان الماء) بشكل رئيسي في التركيبات و تأسيس الماكينات، فبواسطته يمكن اختبار أحد الأسطح فيما إذا كان أفقياً أو رأسياً، كما يمكن استخدامه في قياس بعض الميول البسيطة. و يتكون ميزان الاستواء الموضح في شكل (2-14) من الجسم الخارجي الذي تتعامد أسطحه مع بعضها البعض، و أنبوبة ذات شكل برميلي أو مقوس مملوءة بالأثير أو الكحول (وليس حلوة بالماء) إلى حد أن تبقى بداخلها فقاعة هوائية صغيرة تستقر دائماً في أعلى نقطة. فإذا كان السطح المراد اختباره أفقياً (أو رأسياً) استقرت الفقاعة الهوائية في منتصف الأنبوبة، أما إذا كان السطح مائلاً استقرت الفقاعة في أعلى نقطة للميل و بالتالي يمكن تحديد اتجاه ميل السطح. و يوجد تدريج على السطح الخارجي للأنبوبة لتحديد قيمة الميل بحساسية تتراوح من 0.03 إلى 0.5 مم لكل متر من الطول وذلك تبعاً لنوعية الميزان المستخدم. ويتم اختبار دقة قياس ميزان الاستواء بوضعه على سطح مستو ثم يدار بمقدار ١٨٠، وفي كلا الوضعين يجب أن يعطي الميزان نفس قيمة القراءة. و توجد أيضاً المناقل الرقمية التي تشبه موازين الاستواء و لكنها تعطي قيمة الميل بالدرجة. و هذه النوعية تمتاز بدقتها العالية حيث أن قيمة زاوية الميل المقاس تؤخذ مباشرة من الشاشة الموجودة بالمنقلة كما يتضح من شكل (2-15).

شكل (2-14): ميزان الاستواء.

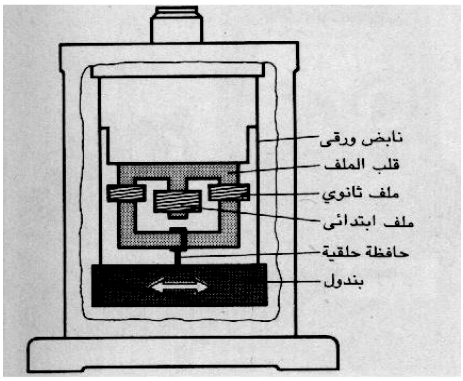
شكل (2-15): المنقلة الرقمية.

و توجد تصميمات أخرى من ميزان الاستواء كالميزان المبين في شكل (2-16) و هو عبارة عن إطار مربع مُثبت على ضلعين من أضلاعه المتجاورة ميزاني استواء تقليديين يُمكن بواسطتهما قياس الحيودات الأفقية و الرأسية في وقت واحد ، و من ثم يُستخدم هذا النوع لضبط أفقية و رأسية الماكينات الدقيقة.

شكل (2-16): ميزان استواء ذو إطار.

٢-٤-3 مقياس الميول الإلكتروني

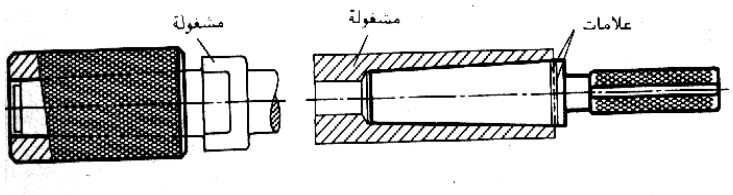
يُستخدم جهاز قياس الميول الإلكتروني عند الحاجة لحساسية قياس عالية تصل إلى "1. ويحتوي الجهاز على بندول معلق بواسطة نابضين ورقيين على حامل مثبت على غلاف رأس القياس. و عندما يميل سطح القياس، يُغير البندول من وضعه فيتغير وضع الحلقة المثبتة على البندول بالنسبة للضلع الأوسط لقلب الملف، و ينتج عن ذلك تغير المجال المغناطيسي مما يتسبب في إثارة تيار في الملف. ويكون مقدار هذا التيار المتولد مؤشراً لدرجة الميل، ويتم معايرة الجهاز ليعطي قيمة الميل مباشرةً بوحدات الميل المتعارف عليها و ذلك على مبين رقمي أو ذي مؤشر تبعاً لطراز الجهاز. و يعرض شكل (2-17) رسم تخطيطي مبسط للمكونات الأساسية لمقياس الميول الإلكتروني من الداخل.



شكل (2-17): مقياس الميول الإلكتروني.

4-4-2 محددات فحص الاستدقاق

يستخدم هذا النوع من المحددات لفحص الاستدقاقات الداخلية و الخارجية للمشغولات التي تحتوي على أشكال مخروطية، وهي نوعان خارجية و سدادية و كلاهما مبين بشكل (2-18). و يتم فحص استدقاقات العدد مثل المثاقب الحلزونية و عدد التفريز و أعمدة التجويف وذلك بواسطة محددات فحص الاستدقاق الخارجية ،أما التجاويف مخروطية الشكل فيتم فحصها باستخدام محددات الاستدقاق السدادية.

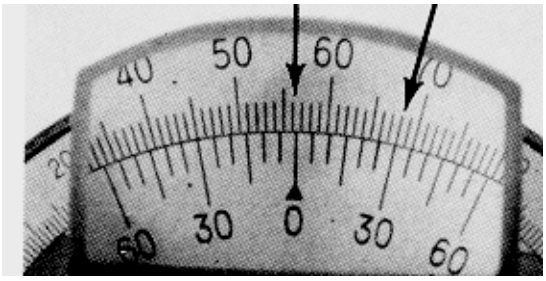


شكل (2-18): محدد استدقاق سدادي ومحدد استدقاق خارجي

وُيراعى قبل استخدام هذه المحددات أن يوضع خط بالطباشير الدهني على الاستدقاق الخارجي للمحدد أو للمشغولة في الاتجاه المحوري ثم تدار المشغولة و المحدد فوق بعضهما البعض في اتجاه معاكس. بهذه الطريقة يمكن التأكد من دقة انتظام الاستدقاق، فإذا كان منتظما انمحى خط الطباشير بشكل منتظم أيضاً. أما إذا وجدت مواضع لم يحدث فيها هذا الانتظام، دل ذلك على عدم تلامس السطح المستدق و محدد الفحص و بالتالي عدم انتظام شكل السطح المراد فحصه.

تمارين

(1) حدد قيم الزوايا المقاسه بواسطة المنقلة ذات الورنيه في الأشكال التالية من (أ) إلى (د).



(أ)

(ب)

(ج)

(د)

(2) تم قياس زاوية استدقاق لمخروط بواسطة قضيب الجيب. فإذا كان ارتفاع قوالب القياس المستخدمة 37.25مم، احسب زاوية استدقاق المخروط و اختر مجموعة قوالب القياس اللازمة إذا كان طول القضيب المستخدم يساوي:

(أ) 100 مم.

(ب) 200 مم.

(3) في ترتيبة القياس الموضحة بشكل (2-13)، إذا كان قطر أسطوانات القياس المستخدمة = 5 مم، احسب زاوية نصف رأس المخروط ($\frac{\alpha}{2}$) إذا كان ارتفاع المخروط = 350 مم، و قطراه الأكبر والأصغر = 180مم ، 120 مم على الترتيب. انتقي أيضاً مجموعة القوالب اللازمة لإجراء القياس.

(4) أعد حل التمرين رقم (3) إذا تم تبديل القوالب الأسطوانية بقوالب أخرى قطرها = 10 مم.

قياسات

التفاوتات و الإزواجات

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الثالثة

التفاوتات و الإزواجات

الجدارة

التعرف على مواصفات التفاوتات و الإزوجات وا ستخدام جداول التفاوتات

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- نظام التفاوتات طبقاً لمواصفات ISO العالمية
- المصطلحات الأساسية للإزوجات طبقاً لمواصفات ISO, DIN
- تمثيل التفاوتات المسموحة على الرسومات الهندسية
- الأنواع المختلفة من محددات القياس الحدية

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

4 ساعات

متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

1-3 مقدمة

من أهم الصعوبات التي تواجه القائمين على عمليات التشغيل مطابقة أبعاد المشغولة ،بعد تصنيعها، لأبعادها المحددة على الرسومات التصميمية. و الواقع العملي يؤكد أن هناك استحالة في تصنيع المنتج بنفس أبعاده التصميمية (الأبعاد الاسمية) تماماً و دون وجود بعض التفاوتات (أو الانحرافات) في هذه الأبعاد. و هناك أسباب عديدة تؤدي إلى حدوث تلك الانحرافات منها على سبيل المثال عدم الدقة المطلقة لماكينات التشغيل و احتمال حدوث بعض الأخطاء التي يصعب تفاديها أثناء عملية قياس المشغولة (سيتم مناقشة و عرض الأنواع المختلفة من أخطاء القياس في الوحدة السادسة). بالإضافة إلى أن المعدات المستخدمة لإجراء القياس أثناء مراحل التشغيل المختلفة بها مقدار من الخطأ وذلك لاستحالة تصنيعها هي الأخرى خالية من بعض التجاوزات الضئيلة التي يتم إعطاءها كأحد أهم مواصفات تلك المعدات.

و قد تم اعتماد مجموعة من المواصفات الدولية لتحديد قيم التجاوزات المسموحة طبقاً لمجالات الاستخدام. ويهدف هذا التوحيد في المواصفات إلى تأكيد مبدأ التصنيع التبادلي الذي يتيح استخدام المنتجات في أي مكان بغض النظر عن مكان التصنيع طالما أن هذه المنتجات مطابقة للمواصفات الدولية المتفق عليها. ومن البديهي أن تكون قيم هذه التجاوزات في حدود ضئيلة جداً و إلا أدى ذلك إلى حدوث اختلاف ملموس في أبعاد المنتج و بالتالي يتسبب ذلك في عدم إمكانية استخدامه للغرض المُصنع من أجله. فمعظم القطع المنتجة تكون عبارة عن أجزاء يتم تجميعها معاً لتكوين المنتج النهائي، لذلك يجب أن يكون هناك توافق (أو إزواج) بين أبعاد القطع المنتجة حتى تتراكب مع بعضها البعض بطريقة سليمة لتؤدي وظيفتها أثناء العمل بدون خلل. و لكي نتعرف على القيم المسموح بها لتفاوتات الأبعاد لابد من التعرف أولاً على بعض المصطلحات المستخدمة في مجال التفاوتات و الإزواجات و هذا ما سيرد في الفقرة التالية.

2-3 التفاوتات (Tolerances)

1-2-3 تعريفات أساسية

تستخدم التعريفات التالية كأساس لإجراء الحسابات اللازمة لتحديد قيم التفاوتات للمشغولات أثناء تصميمها، ويوضح الشكل (3-1) مدلول هذه التعريفات.

العمود (Shaft): كل جزء مستدير مطلوب تركيبه داخل أحد الثقوب (Hole)، بغض النظر عما إذا كان يسمى غير ذلك مثل: محور أو مسمار ربط أو مرتكز أو تيلة إلى غير ذلك من المسميات المشابهة.

المقاس الأسمي (N): هو المقاس المبين بالرسم و الذي تميز به المشغولة.

التفاوت الأعلى للمقاس (A_o): هو الفرق بين المقاس الأسمى و الحد الأعلى للمقاس.

التفاوت الأدنى للمقاس (A_u): هو الفرق بين المقاس الاسمي و الحد الأدنى للمقاس.

خط الصفر: هو خط تخيلي يكون عليه مقدار الانحراف عن المقاس الاسمي صفراً.

الحد الأعلى للمقاس (G): هو أكبر بعد مسموح به، ولا يجوز أن يتعداه المقاس الاسمي للمشغولة.

$$G = N + A_0$$

الحد الأدنى للمقاس (K): هو أصغر بعد مسموح به، ولا يجوز أن يقل عنه المقاس الاسمي للمشغولة.

$$K = N + A_u$$

البعدان الحديان: هما كل من الحد الأعلى و الأدنى للبعد.

المقاس الفعلي (I): هو البعد الذي يجرى تعيينه بقياس المشغولة ، ويجب أن يقع بين البعدين الحديين، أي أن:

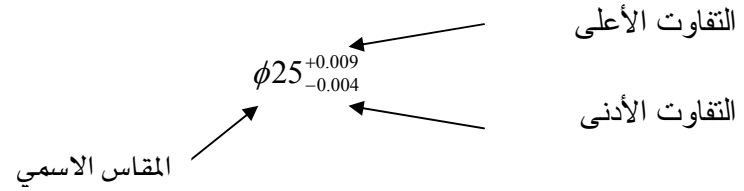
$$K \le I \le G$$

التفاوت المسموح (T) : هو الفرق بين البعدين الحديين أو الفرق بين الانحرافيين الأعلى و الأدنى للمقاس.

$$T = G - K$$

أو: $T = A_0 - A_u$

و لتوضيح المصطلحات السابقة سنعرض المثال العددي التالي:



$$G = N + A_0$$

$$G = 25 + 0.009 = 25.009mm$$

$$K = N + A_u$$

$$K = 25 + (-0.004) = 24.996mm$$

و بالتالي يكون البعد الفعلي (I):

$$24.996mm \le I \le 25.009mm$$

أما التفاوت المسموح (T):

$$T = G - K$$

$$T = 25.009 - 24.996 = 0.013mm$$

أو

$$T = 0.009 - (-0.004) = 0.013mm$$

2-2-3 تمثيل المواضع الأساسية لنطاقات التفاوت بالنسبة لخط الصفر

يتم تمثيل نطاق التفاوت لبعد معين بالنسبة لخط الصفر بمستطيل صغير مهشر يكتب على طرفه العلوي الانحراف الأعلى للمقاس و على طرفه السفلي الانحراف الأدنى للمقاس كما هو موضح بالشكل (3-2). و تكون قيم التفاوتات بوحدة الميكرون (μm). الانحرافات الواقعة فوق خط الصفر تكون موجبة و الانحرافات السالبة فتوضع تحت خط الصفر، أما إذا كانت قيمة الانحراف صفراً فلا يكتب لأنه في هذه الحالة يكون أحد طرفي المستطيل ملامساً لخط الصفر. و هناك خمسة مواضع أساسية لنطاقات التفاوت بالنسبة لخط الصفر مبينة في الشكل (3-2). .و هذه المواضع يمكن تصنيفها كالتالي:

أ - عندما يقع نطاق التفاوت بأكمله فوق خط الصفر، و في هذه الحالة يكون البعد الفعلي دائماً أكبر من البعد الاسمي.

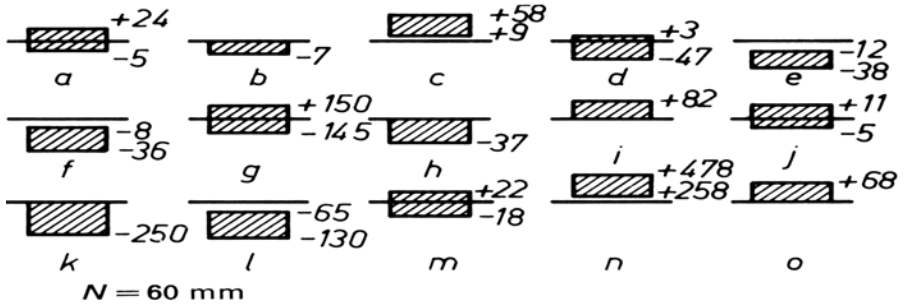
ب - عندما يبدأ نطاق التفاوت من خط الصفر إلى أعلى، و في هذه الحالة لا يمكن للبعد الفعلي أن يتعدى البعد الاسمي إلا بمقدار التفاوت المسموح على الأكثر.

ج) عندما يقع نطاق التفاوت على جانبي خط الصفر، و بالتالي يتقارب البعدين الاسمي و الفعلي.

د) عندما يبدأ نطاق التفاوت من خط الصفر إلى أسفل، و في هذه الحالة لا يمكن للبعد الفعلي أن يقل عن البعد الاسمي إلا بمقدار التفاوت المسموح على الأكثر.

ه) عندما يقع نطاق التفاوت بأكمله تحت خط الصفر، و في هذه الحالة يكون البعد الفعلي دائماً أصغر من البعد الاسمي.

مثال: احسب القيم K, G, T, A_u, A_o بالمليمتر من نطاقات التفاوتات المسموحة المعطاة في الحالات من (a) إلى (o) الموضحة بالرسم ، علماً بأن البعد الاسمي (**N**) = 60 مم.



فإذا أخذنا الحالة (a) على سبيل المثال نجد أن:

$$G = N + A_0$$

$$G = 60 + 0.024 = 60.024mm$$

$$K = N + A_u$$

$$G = 60 + (-.005) = 59.995mm$$

$$T = G - K$$

$$T = 60.024 - 59.995 = 0.029mm$$

$$= 29\mu m$$

أو

$$T = A_0 - A_u$$

$$T = 0.024 - (-0.005) = 0.029mm$$

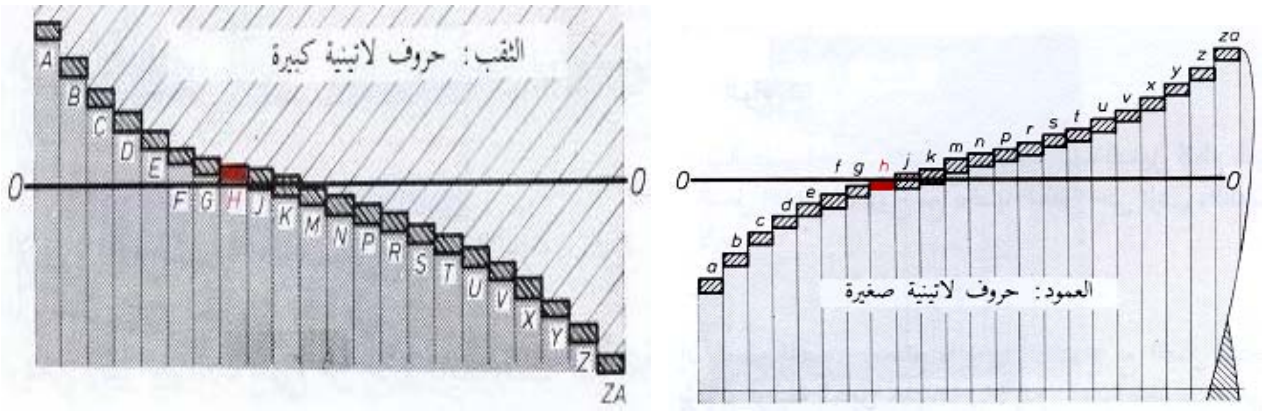
$$= 29\mu m$$

و يلاحظ من القيم التي تم حسابها في هذا المثال أن البعد الفعلي يتقارب من الحدين الأعلى و الأدنى للمقاس حيث أنه يقع بينهما، أي أن هذه الحالة تمثل الموضع رقم (ج) من مواضع نطاقات التفاوت الأساسية بالنسبة لخط الصفر التي سبق الإشارة إليها.

3-2-3 المواضع التفصيلية لنطاقات التفاوت بالنسبة لخط الصفر

يحتاج التطبيق العملي في مجال التفاوت لمواضع أكثر تفصيلاً من المواضع الأساسية الخمسة و ذلك نظراً لاختلاف طبيعة كل تطبيق. فبعض التطبيقات تحتاج لموضع التفاوت (أ) مع مراعاة أن يكون البعد الفعلي مقارباً للبعد الاسمي. و في تطبيق أخر يتطلب موضع (أ) أيضاً و لكن بحيث أن يكون البعدين الفعلي و الاسمي متباعدين. لذلك تم تحديد مواضع تفصيلية يُرمز إليها بالحروف اللاتينية، و تم الاتفاق على أن تُخصص الحروف الصغيرة للأعمدة و الكبيرة للثقوب كما هو موضح بالشكل (3-3). و قد استبعدت بعض الحروف (w,q,o,l,I,W,Q,O,L,I) وهي التي قد تسبب بعض اللبس عند استخدامها و استكملت المجموعة بالحروف المركبة (za, zb, zc, ZA, ZB,ZC). و طبقاً لأحدث

مواصفات ISO، فقد استحدثت نطاقات بينية بديلة عن تلك المستبعدة و تم تسميتها بالحروف المركبة (js, fg, ef, cd, JS, FG, EF, CD) و ذلك للأقطار الاسمية حتى 10 مم، ومن ثم يصل عدد المواضع التفصيلية إلى 28 موضعاً بالنسبة لخط الصفر.



شكل(3-3): المواضع التفصيلية لنطاقات التفاوت للأعمدة و الثقوب.

و حتى يكون هناك مجال أوسع لتحديد قيم للتفاوتات يتناسب مع التنوع في التطبيقات الميكانيكية المختلفة، فقد تم تقسيم المواضع التفصيلية بالنسبة لخط الصفر إلى عشرين رتبة طبقاً لمواصفات ISO، و يرمز لهذه الرتب بالأعداد من 1 إلى 18 بالإضافة 0 ، التي تعطى لبعض التطبيقات الدقيقة التي تحتاج للتفاوتات الضئيلة مثل قوالب القياس. و حيث إنه لا يمكن تحديد مقدار تفاوت لكل بعد إ سمي على حده (لوجود عدد لانهائي من الأبعاد الاسمية) فقد تم تحديد مجالات اسمية من ١ مم إلى ٥٠٠ مم لتغطية الأبعاد الاسمية الشائعة الاستخدام. فعلى سبيل المثال توجد مجالات اسمية كالتالي:

أكبر من 1 مم حتى 3 مم
أكبر من 3 مم حتى 6 مم
أكبر من 6 مم حتى 10 مم
أكبر من 10 مم حتى 18 مم و هكذا.

و يوضح جدول (3-1) قيم التفاوتات للأعمدة المناظرة لعينة من المواضع وذلك لمجالات اسمية تبدأ من ١ مم و حتى 180 مم بناءً على مواصفات ISO. و يتضح من قيم التفاوتات المعطاة في الجدول اعتماد تلك القيم على مجال المقاس الاسمي و رتبة التفاوت المسموح والتي يتم اختيارها حسب الغرض من الاستخدام. فإذا أخذنا عمود قطره = 20 مم ذو تفاوت h_6 ، نجد أن مقدار التفاوت يبلغ 13 ميكرون ، في حين أن هذا المقدار يساوي 25 ميكرون لعمود قطره = 150 مم و له نفس نطاق التفاوت (h_6). و يمكن أن نصل إلى

نفس الاستنتاج إذا استعرضنا الجدول (3-2) والذي يحتوي على عينة من قيم التفاوتات المعتمدة من ISO للثقوب و ذلك للمجال الاسمي من ٣ مم حتى 400 مم.

جدول (3-1): تفاوتات ISO للأعمدة.

	مجال المقاس الاسمي (مم)																			
من	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
حتى	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
	التفاوتات (ميكرون)																			
e13	-20 -200	-25 -245	-32 -302	-40 -370	-50 -440	-60 -520	-72 -612	-85 -715	-100 -820	-110 -920	-125 -1015									
f6	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98									
f7	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -108	-62 -119									
g5	-4 -9	-5 -11	-6 -14	-7 -16	-9 -20	-10 -23	-12 -27	-14 -32	-15 -35	-17 -40	-18 -43									
g6	-4 -12	-5 -14	-6 -17	-7 -20	-9 -25	-10 -29	-12 -34	-14 -39	-15 -44	-17 -49	-18 -54									
g7	-4 -16	-5 -20	-6 -24	-7 -28	-9 -34	-10 -40	-12 -47	-14 -54	-15 -61	-17 -69	-18 -75									
h5	-0 -5	-0 -6	-0 -8	-0 -9	-0 -11	-0 -13	-0 -15	-0 -18	-0 -20	-0 -23	-0 -25									
h6	-0 -8	-0 -9	-0 -11	-0 -13	-0 -16	-0 -19	-0 -22	-0 -25	-0 -29	-0 -32	-0 -36									
h7	-0 -12	-0 -15	-0 -18	-0 -21	-0 -25	-0 -30	-0 -35	-0 -40	-0 -46	-0 -52	-0 -57									
h8	-0 -18	-0 -22	-0 -27	-0 -33	-0 -39	-0 -46	-0 -54	-0 -63	-0 -72	-0 -81	-0 -89									
h10	-0 -48	-0 -58	-0 -70	-0 -84	-0 -100	-0 -120	-0 -140	-0 -160	-0 -185	-0 -210	-0 -230									
h11	-0 -75	-0 -90	-0 -110	-0 -130	-0 -160	-0 -190	-0 -220	-0 -250	-0 -290	-0 -320	-0 -360									
j6	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5	+12 -7	+13 -9	+14 -11	+16 -13	+16 -16	+18 -18									
js6	+4 -4	+4.5 -4.5	+5.5 -5.5	+6.5 -6.5	+8 -8	+9.5 -9.5	+11 -11	+12.5 -12.5	+14.5 -14.5	+16 -16	+18 -18									
k5	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2	+18 +3	+21 +3	+24 +4	+27 +4	+29 +4									
m7	+16 +4	+21 +6	+25 +7	+29 +8	+34 +9	+41 +11	+48 +13	+55 +15	+63 +17	+72 +20	+78 +21									
n5	+13 +8	+16 +10	+20 +12	+24 +15	+28 +17	+33 +20	+38 +23	+45 +27	+51 +31	+57 +34	+62 +37									
p6	+20 +12	+24 +15	+29 +18	+35 +22	+42 +26	+51 +32	+59 +37	+68 +43	+79 +50	+88 +56	+98 +62									
r6	+23 +15	+28 +19	+34 +23	+41 +28	+50 +34	+60 +41	+62 +43	+73 +51	+76 +54	+88 +63	+90 +65	+93 +68	+106 +77	+109 +80	+113 +84	+126 +94	+130 +98	+144 +108	+150 +114	

وتعتبر الرموز الخاصة بتفاوتات الأعمدة و الثقوب من أهم الرموز المستخدمة في الرسومات الهندسية للمشغولات و التي تُرسل إلى المصنع ليقوم بتصنيع القطعة المطلوبة طبقاً للأبعاد و المواصفات المحددة على الرسم. ففى شكل (3-4) (أ) عمود يحتاج إلى تفاوتات متعددة (g_6, h_6, f_7) تم اختيارها لتناسب طبيعة عمل هذا العمود. و كذلك أيضاً المشغولة المرسومة في نفس الشكل(3-4) (ب)، و التي تحتوي على عدد

من الثقوب بأقطار مختلفة و كل منها يحتاج لتفاوت يختلف عن الآخر (F_7, H_{13}, H_7) و ذلك تبعاً للوظيفة التي سيقوم بها هذا الثقب عند استخدام هذه المشغولة.

جدول (3-2): تفاوتات ISO للثقوب.

مجال المقاس الاسمي (مم)																					
من	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	
حتى	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	
التفاوتات (ميكرون)																					
E13	+200 +20	+245 +25	+302 +32	+370 +40	+440 +50	+520 + 60		+612 +72		+715 +85			+820 +100			+920 +110			+1 015 +125		
F6	+18 +10	+22 +13	+27 +16	+33 +20	+41 +2	+49 + 30		+58 +36		+68 43			+79 +50			+88 +56			+98 +62		
F7	+22 +10	+28 +13	+34 +16	+41 +20	+50 +25	+60 + 30		+71 +36		+83 43			+96 +50			+108 +56			+119 +62		
F8	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 + 30		+90 +36		+106 43			+122 +50			+137 +56			+151 +62		
G7	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10		+47 + 12		+54 +14			+61 +15			+69 +17			+75 +18		
G8	+22 +4	+27 +5	+33 +6	+40 +7	+48 +9	+56 +10		+66 + 12		+77 +14			+87 +15			+98 +17			+107 +18		
H6	+8 0	+9 0	+11 0	+13 0	+16 0	+19 0		+22 0		+25 0			+29 0			+32 0			+36 0		
H7	+12 0	+15 0	+18 0	+21 0	+25 0	+30 0		+35 0		+40 0			+46 0			+52 0			+57 0		
H8	+18 0	+22 0	+27 0	+33 0	+39 0	+46 0		+54 0		+63 0			+72 0			+81 0			+89 0		
H9	+30 0	+36 0	+43 0	+52 0	+62 0	+74 0		+87 0		+100 0			+115 0			+130 0			+140 0		
H10	+48 0	+58 0	+70 0	+84 0	+100 0	+120 0		+140 0		+160 0			+185 0			+210 0			+230 0		
H11	+75 0	+90 0	+110 0	+130 0	+160 0	+190 0		+220 0		+250 0			+290 0			+320 0			+360 0		
J6	+5 -3	+5 -4	+6 -5	+8 -5	+10 -6	+13 -6		+16 -6		+18 -7			+22 -7			+25 -7			+29 -7		
JS7	+6 -6	+7.5 -7.5	+9 -9	+10.5 -10.5	+12.5 -12.5	+15 -15		+17.5 -17.5		+20 -20			+23 -23			+26 -26			+28.5 -28.5		
K7	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21		+10 -25		+12 -28			+13 -33			+16 -36			+17 -40		
M8	+2 -16	+1 -21	+2 -25	+4 -29	+5 -34	+5 -41		+6 -48		+8 -55			+9 -63			+9 -72			+11 -78		
N7	-4 -16	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39		-10 -45		-12 -52			-14 -60			-14 -66			-16 -73		
P8	-12 -30	-15 -37	-18 -45	-22 -55	-26 -65	-32 -78		-37 -91		-43 -106			-50 -122			-56 -137			-62 -151		
R6	-12 -20	-16 -25	-20 -31	-24 -37	-29 -45	-35 -54	-37 -56	-44 -66	-47 -69	-56 -81	-58 -83	-61 -86	-68 -97	-71 -100	-75 -104	-85 -117	-89 -121	-97 -133	-103 -139		

3-3 الإزواجات (Fits)

الإزواج هو العلاقة بين مقاسات قطع الشغل قبل تركيبها مع بعضها البعض و يطلق عليها أيضاً التوافقات. وتتضح أهمية الإزواجات إذا أخذنا في الاعتبار مبدأ التصنيع التبادلي الذي يكفل سهولة الحصول على قطع الغيار بغض النظر عن مكان تصنيعها. فالعمود المنتج في مصنع ما يجب أن يزوج (يُركّب) مع المحمل المنتج في مصنع أخر بحيث يؤديان الوظيفة السابق تحديدها لهما (بأن يدور العمود بخلوص صغير في المحمل على سبيل المثال). و الإزواجات إما أن تكون أسطوانية أو مسطحة و ذلك تبعاً للشكل الهندسي لقطع الشغل. ففي الإزواجات الأسطوانية تكون المشغولات ذات أسطح أسطوانية و يسمى الجزءان المزوجان بالعمود (Shaft) و الثقب (Hole). أما إذا كانت الأسطح مستوية، فيطلق على هذا الشكل الإزواج المسطح، و تُسمى قطعتا الشغل المزوجتان بالجزء الداخلي و الخارجي. و نظرا لشيوع الإزواجات الأسطوانية في الكثير من التطبيقات الميكانيكية فسيتم التركيز عليها في بقية هذه الوحدة، مع ملاحظة أن ما سيذكر عن الإزواجات الأسطوانية يصلح أيضاً بصورة مشابهة للإزواجات المسطحة. و يُشار إلى الإزواج برمز يجمع بين القطر الاسمي للثقب (أو العمود) و نطاقا التفاوت للثقب و العمود. فالرمز ϕ 30 H_9/f_5 يعني أن الإزواج لثقب و عمود قطرهما الاسمي = 30 مم و نطاق تفاوت الثقب H_9 و نطاق تفاوت العمود f_5. و يمكن تقسيم الإزواجات إلى ثلاثة أنواع: الإزواج الخلوصي و الإزواج الانتقالي و الإزواج التداخلي، سيتم مناقشة كل نوع بالتفصيل.

(أ) الإزواج الخلوصي (Clearance Fit)

في هذا النوع يتم اختيار نطاق التفاوتات لكلاً من العمود و الثقب بحيث يوجد دائماً خلوص بينهما عند أي قيم ممكنة للمقاسات الفعلية التي يجب أن تقع داخل نطاق المقاسات الحدية كما هو موضح بالشكل (3-5). و يتوقف مقدار الخلوص على اختيار مواضع نطاقات التفاوت (التي تعتمد على الاستخدام المطلوب للعمود و الثقب). فإذا أُعطي الثقب نطاق التفاوت (H) و العمود نطاق تفاوت (f) فإن الخلوص يكون صغيراً، أما إذا أُعطي العمود نطاق تفاوت (d)، فإن الخلوص يكون أكبر عدة مرات. و بما أنه لكل من الثقب و العمود حداً أعلى و أخر أدنى لمقاسيهما، فيمكن للخلوص أن يتخذ حداً أكبر أو حداً أصغر يمكن حسابهما كالتالي:

الخلوص الأكبر (C_g) : هو الفرق بين الحد الأعلى لمقاس الثقب (G_H) و الحد الأدنى لمقاس العمود(K_s).

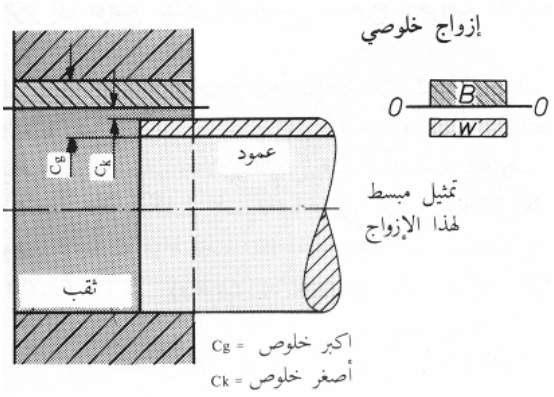
$$C_g = G_H - K_s$$

الخلوص الأصغر (C_k): هو الفرق بين الحد الأدنى لمقاس الثقب (K_H) و الحد الأعلى لمقاس العمود(G_s).

$$C_k = K_H - G_S$$

و يمكن أيضاً حساب التفاوت المسموح به في الإزواج (T_f) من العلاقة:

$$T_f = G_g - C_K$$



شكل(3-5) : الإزواج الخلوصي.

(ب) الإزواج التداخلي (Interference Fit)

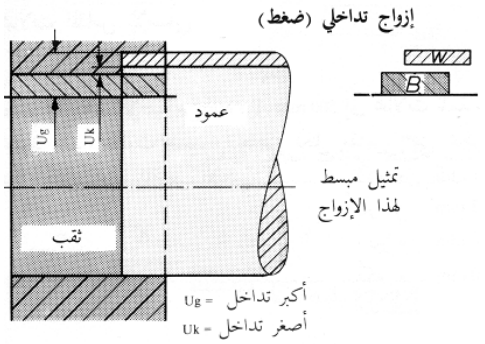
يقع نطاقا التفاوت في هذا النوع بحيث يوجد تداخل دائم عند أي قيم ممكنة للمقاسات الفعلية التي يجب أن تقع داخل نطاق المقاسات الحدية، ويكون مقاس العمود دائما أكبر من مقاس الثقب كما في شكل (3-6). و قد يتبادر إلى الذهن تساؤل عن كيفية تركيب عمود ذي مقاس أكبر (بمقدار التفاوت) داخل ثقب ذي مقاس أصغر. يتم ذلك بعدة طرق منها على سبيل المثال الكبس الطولي بواسطة مكبس و طريقة الإزواج بالانكماش (بتسخين الثقب) و التمدد (بتبريد العمود) أو بالانكماش و التمدد معاً. ويعتمد مقدار التداخل على موضع نطاقات التفاوت المختارة للعمود و الثقب، فإذا كان التفاوت (H)للثقب و (s) للعمود نتج عن ذلك تداخلاً صغيراً. أما إذا كانت هناك حاجة لتداخل كبير، فيمكن اختيار عمود ذي تفاوت (za) مع نفس الثقب. و يتم حساب قيم التداخلين الأكبر و الأصغر كما يلي:

التداخل الأكبر (U_g) : هو الفرق بين الحد الأعلى لمقاس العمود (G_s) و الحد الأدنى لمقاس الثقب (K_H).

$$U_g = G_S - K_H$$

التداخل الأصغر (U_k): هو الفرق بين الحد الأدنى لمقاس العمود (K_S) و الحد الأعلى لمقاس الثقب (G_H).

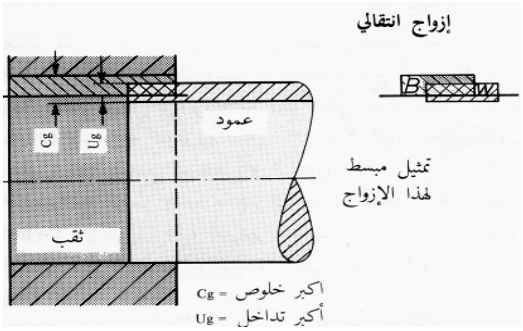
$$U_k = K_S - G_H$$



شكل(3-6):الإزواج التداخلي.

(ج) الإزواج الانتقالي (Transition Fit)

يتداخل في هذا النوع نطاقا التفاوت للثقب و للعمود بحيث يكون الناتج إما خلوصاً أو تداخلاً ، كما هو مبين في شكل (3-7) و ذلك تبعاً لقيم التفاوتات المختارة، وفي هذه الحالة يتم حساب أكبر خلوص و تداخل ممكنين كما سبق في الإزواجين الخلوصي و التداخلي.



شكل(3-7) : الإزواج الانتقالي.

مثال:

حدد نوع الإزواج $\phi 30\ H_7/g_5$ واحسب كلاً من C_g و C_k و كذلك التفاوت المسموح به في الإزواج.

الحل

بالنظر في جدول (3-1) و (3-2) نجد أن:

للثقب: $A_0 = 24\mu m$, $A_u = 0$

و للعمود: $A_0 = -25\mu m$, $A_0 = -9\mu m$

يتضح من نظرة سريعة لهذه القيم أن انحراف الثقب أكبر من انحراف العمود، وبالتالي يكون هذا الإزواج خلوصياً لأن قطر الثقب سيكون دائماً أكبر من قطر العمود. و لحساب القيم المطلوبة، سنستخدم المعادلات الخاصة بالإزواج الخلوصي كالتالي:

$$G = N + A_0$$
$$G_H = 50 + 0.025 = 50.025mm$$
$$K = N + A_u$$
$$K_H = 50 + 0 = 50.0mm$$
$$G_S = 50 + (-0.009) = 49.991mm$$
$$K_S = 50 + (-0.025) = 49.975mm$$
$$C_g = G_H - K_S$$
$$= 50.025 - 49.975 = 0.050mm$$
$$C_K = G_S - K_H$$
$$= 50 - 49.991 = 0.009mm$$

و يمكن أيضاً حساب التفاوت المسموح به في الإزواج (T_f) من العلاقة:

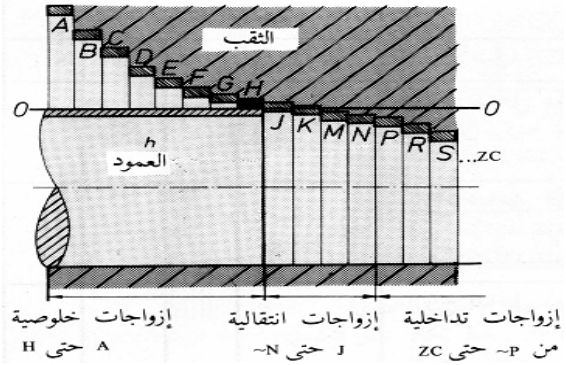
$$T_f = G_g - C_K$$
$$= 0.05 - 0.009 = 0.041mm$$

ومن الممكن اختيار أزواج أخرى من التفاوتات لكل من العمود و الثقب لتأدية نفس الغرض. هذا التعدد في التفاوتات المتاحة لنفس الغرض ليس اقتصاديا من الناحية العملية نظراً لأن ذلك سيحتاج لشراء أعداد كبيرة من أدوات الفحص للتأكد من قيم هذه التفاوتات أثناء التصنيع و بالتالي زيادة في تكلفة المنتج النهائي. لذلك فقد تم وضع نظامين محددين للإزواجات هما نظام أساس العمود و نظام أساس الثقب و سيتم استعراض كلاً منهما بالتفصيل في الفقرتين التاليتين.

1-3-3 نظام أساس العمود

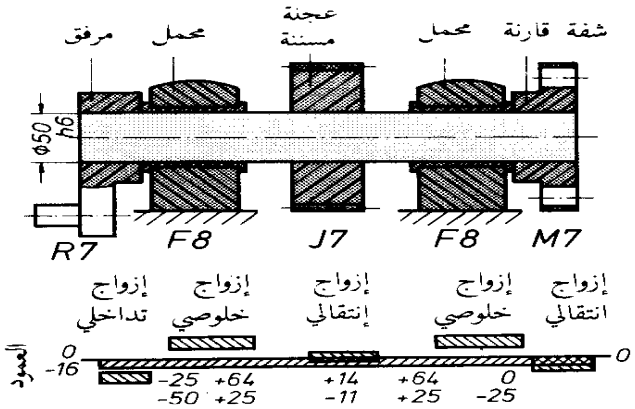
في هذا النظام يتم تثبيت تفاوت العمود عند الوضع h و تختار لجميع الثقوب التي تزوج مع هذا العمود نطاقات تفاوتات تقابل نوع الإزواجات المطلوب (خلوصي أو انتقالي أو تداخلي) لتحقق الأداء المطلوب عند تركيب العمود داخل الثقب. و بالنظر إلى شكل (3-8) نجد أن:

العمود ذو تفاوت h مع ثقب ذي تفاوت من A حتى H يعطي إزواجات خلوصية
العمود ذو تفاوت h مع ثقب ذي تفاوت من J حتى N تقريباً يعطي إزواجات انتقالية
العمود ذو تفاوت h مع ثقب ذي تفاوت من P تقريباً حتى ZC يعطي إزواجات تداخلية



شكل(3-8): نظام أساس العمود.

ويُستخدم هذا النظام في الصناعات التي تحتاج أعمدة طويلة ثابتة المقطع كالآلات الزراعية و ماكينات النسيج والأوناش. و يبين الشكل (3-9) عموداً جاهزاً ذا تفاوت مركب عليه عدة أجزاء مختلفة يحتاج كل منها إلى نوعية إزواج تختلف عن الأخرى و ذلك لاختلاف طبيعة عمل كل منهم أثناء تشغيل العمود.



شكل(3-9) : مثال تطبيقي لنظام أساس العمود.

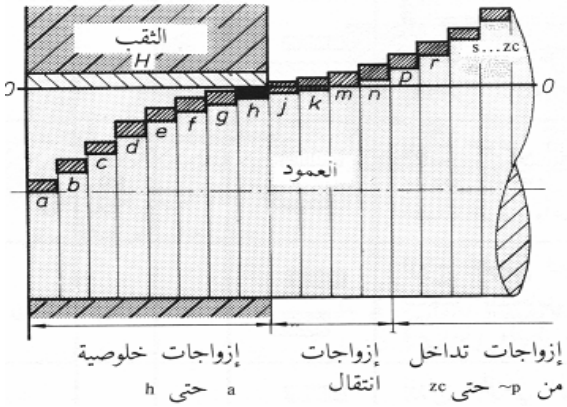
3-3-2 نظام أساس الثقب

يثبت في هذا النظام نطاق التفاوت للثقب على H ،كما يتضح من شكل (3-10) ، و يتم تحديد تفاوت العمود طبقاً للإزواج المطلوب كما يتضح من الشكل و تكون اختيارات تفاوتات العمود كالتالي:

الثقب ذو تفاوت H مع عمود ذي تفاوت من a حتى h يعطي إزواجات خلوصية

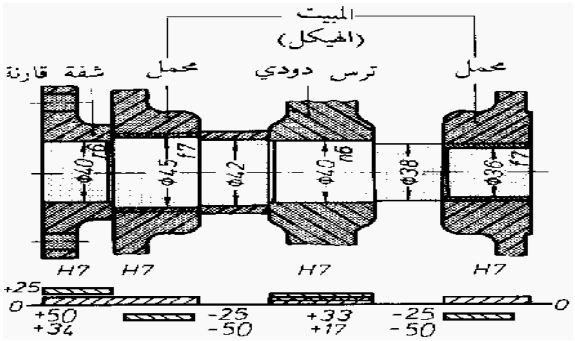
الثقب ذو تفاوت H مع عمود ذي تفاوت من j حتى n تقريباً يعطي إزواجات انتقالية

الثقب ذو تفاوت H مع عمود ذي تفاوت من p تقريباً حتى zc يعطي إزواجات تداخلية



شكل(3-10): نظام أساس الثقب.

و ينتشر استخدام هذا النظام في المصانع التي يغلب فيها استخدام أعمدة متدرجة الأقطار مثل صناعة السيارات. و يعطي الشكل (3-11) مثالاً عملياً لاستخدام نظام أساس الثقب الذي يعتبر أسهل في التصنيع بالمقارنة بنظام أساس العمود، حيث أن تشغيل الأعمدة بالخراطة و التجليخ إلى الأبعاد المطلوبة للإزواج يكون أبسط من تشغيل الثقوب.



شكل(3-11): مثال تطبيقي لنظام أساس الثقب.

و عند اختيار إزواج معين لأحد التطبيقات الميكانيكية، يتم تحديد مدى التداخل أو الخلوص المطلوب، ثم يُختار أحد نظامي الإزاوجات و نطاقا التفاوت للثقب و العمود. و يعرض جدول (3-3) أمثلة عملية على بعض التطبيقات الميكانيكية و عدد من نطاقات التفاوت التي تحقق الإزواجات اللازمة لذلك.

جدول (3-3): بعض التطبيقات الميكانيكية و الإزواجات المناظرة.

نظام أساسية العمود				التمثيل والوصف	نظام أساسية الثقب			
h11	h9	h6		الأعمدة ▨ الثقوب ▥	(H11)	H8	H7	
				إزواج تداخلي ذو تداخل كبير لا يمكن تركيبه سوى بالانكماش أو بالتمدد، ويستخدم لإزواج العجلات على المحاور، والمسامير (البنور) المرفقية في أعمدة المرفق والحلقات الانكماشية.	(d11)	u8		
				إزواج تداخلي ذو تداخل كاف يمكن تركيبه بقوة كبس كبيرة أو بالانكماش أو بالتمدد، ويستخدم لإزواج الأطواق على العجلات الدوارة والعجلات على المحاور.				(s6)
				إزواج تداخلي ذو تداخل صغير يمكن تركيبه بالكبس، ويستخدم لإزواج جلب الحامل في المبيتات، وللأطواق المسننة على أقراص التروس.				r6
				إزواج انتقالي بتداخل كبير وخلوص صغير يمكن تركيبه بقوة كبس صغيرة، ويستخدم للقارنات وجلب الحامل في المبيتات (القصاديق) والتروس الصغيرة على أطراف الأعمدة.				h6
				إزواج انتقالي بتداخل وخلوص متساوين تقريباً يمكن تركيبه بالطرق مع إحكام أجزاء المكنات ضد الدوران. يستخدم للقارنات والتروس وبكرات السيور، والعجلات اليدوية.				(k6)
				إزواج انتقالي بتداخل صغير وخلوص كبير يمكن تركيبه بالطرق الخفيف مع إحكام أجزاء المكنات ضد الدوران. يستخدم لبكرات السيور، وللتروس، وللعجلات اليدوية.				(j6)
h11	h9	h6		**إزواج خلوصي لا يزال قابلاً للانزلاق** لا يزال انزلاق الأجزاء ممكناً مع توجيهها بدقة، ويستخدم لأدوات المركزة، وللأعمدة الجوفاء في المبيتات وحلقات المباعدة (ضبط الأبعاد).	(H11)	H8	H7	h6
				إزواج خلوصي ذو قابلية جيدة للانزلاق يستعمل للمحامل الانزلاقة لأعمدة التشغيل بمكنات التشغيل، وللقوابض المنزلقة، وللتروس تغيير السرعة.			(G7)	(g6)
				إزواج خلوصي ذو خلوص صغير يستعمل للمحامل الانزلاقية عموماً ولكباسات التوجيه في الأسطوانات وللتروس التغيير، وللتروس المنزلقة.		F8	F8	f7
				إزواج خلوصي ذو خلوص ملحوظ يستعمل للمحامل الانزلاقية ذات الأعمدة الطويلة أو مواضع التحميل المتعددة، ولمحامل أعمدة المرفق وأعمدة التروس الدودية، ومحامل أذرع الروافع.		F9		(e8)
D10	D10			**إزواج خلوصي ذو خلوص كاف** يستعمل للمحامل الخاصة بمكنات البناء والآلات الزراعية، ولمحامل آليات إدارة المرافع وعرباتها، وللبكرات السائبة (غير الناقلة للقدرة).	(d9)	(d9)		(d9)
C11				**إزواج خلوصي ذو خلوص كبير** يستعمل للمحامل المعرضة لسخونة شديدة، وللمكنات غير الدقيقة، ولقواعد المحامل، ولمسامير المفاصل.	(c11)			
(A11)				**إزواج خلوصي ذو خلوص كبير جداً** يستعمل للمحامل ذات التزليق غير الكافي والمعرضة لخطر التلوث، ولأجزاء الحفارات، وللوصلات المفصلية.	(u11)			

كما يعطي جدول (3-4) إزواجات ISO التي تحقق إزواجات انتقالية وقيم التفاوتات المناظرة لكل من الثقب و العمود. و تتوافر أيضاً جداول مماثلة للإزواجات الخلوصية وأخرى للإزواجات التداخلية.

جدول (٣ -٤): إزواجات ISO الانتقالية (نظام أساس الثقب)

التفاوت (ميكرون)		التفاوت (ميكرون)		مجال المقاس الاسمي(مم)	
n6	H7	k6	H7	To	Over
+52 +27	+40 +0	+28 +3	+40 +0	160	140
+52 +27	+40 +0	+28 +3	+40 +0	180	160
+60 +31	+46 +0	+33 +4	+46 +0	200	180
+60 +31	+46 +0	+33 +4	+46 +0	225	200
+60 +31	+46 +0	+33 +4	+46 +0	250	225
+66 +34	+52 +0	+36 +4	+52 +0	280	250
+66 +34	+52 +0	+36 +4	+52 +0	315	280
+73 +37	+57 +0	+40 +4	+57 +0	355	315
+73 +37	+57 +0	+40 +4	+57 +0	400	355
+80 +40	+63 +0	+45 +5	+63 +0	450	400
+80 +40	+63 +0	+45 +5	+63 +0	500	450

التفاوت (ميكرون)		التفاوت (ميكرون)		مجال المقاس الاسمي(مم)	
n6	H7	k6	H7	إلى	من
+10 +4	+10 +0	+6 +0	+10 +0	3	0
+16 +8	+12 +0	+9 +1	+12 +0	6	3
+19 +10	+15 +0	+10 +1	+15 +0	10	6
+23 +12	+18 +0	+12 +1	+18 +0	18	10
+28 +15	+21 +0	+15 +2	+21 +0	30	18
+33 +17	+25 +0	+18 +2	+25 +0	40	30
+33 +17	+25 +0	+18 +2	+25 +0	50	40
+39 +20	+30 +0	+21 +2	+30 +0	65	50
+39 +20	+30 +0	+21 +2	+30 +0	80	65
+45 +23	+35 +0	+25 +3	+35 +0	100	80
+45 +23	+35 +0	+25 +3	+35 +0	120	100

بالإضافة للتفاوتات الخاصة بأبعاد القِطع التي تتراكب في بعضها البعض، كالأعمدة و الثقوب، توجد بعض التطبيقات تكون فيها القطع بمفردها و بالتالي تسمى أبعادها بالأبعاد الحرة. و هذه الأبعاد لها أيضاً حدود مسموحة للتفاوتات لكي يتم إنتاجها بدقة مقبولة تجعلها تؤدي وظيفتها على أفضل وجه ممكن . و قد صدرت المواصفة الموحدة DIN ISO 2768 والتي تعطي رموز و قيم تفاوتات الأبعاد الحرة كما هو موضح في جدول (3-5).

جدول (3-5): التفاوتات المسموحة للأبعاد الحرة طبقاً للمواصفة DIN ISO 2768.

4-3 محددات القياس الحدية (Limit Gauges)

يمكن بواسطة محددات القياس الحدية التأكد بطريقة سهلة و سريعة من وقوع المقاس الفعلي للمشغولات داخل حدي التفاوت المسموحين، أي الحدين الأعلى و الحد الأدنى للمقاس، و بالتالي قبول أو رفض المشغولة. وتنقسم هذه المحددات إلى محددات سداديه (Plug Gauges) لفحص الثقوب، ومحددات قياس فكية (Snap Gauges) و حلقية (Ring Gauges) لفحص الأعمدة. و يوضح شكل (12-3) محددات القياس الحدية السدادية الأسطوانية و هي تتكون من طرفين كلاهما على شكل أسطوانة، يُسمى الأول الطرف السماحي (Go gauge) و يكون عليه المقاس الأصغر، و الطرف الثاني عليه المقاس الأكبر و يُسمى الطرف اللاسماحي (No Go gauge)، و يكون محفوراً على كل محدد المقاس الاسمي و رمز التفاوت الخاص به. و يجب أن يدخل الطرف السماحي برفق و دون استخدام العنف، أما الطرف اللاسماحي فلا يحتاج سوى أن يُعلق قليلاً في الثقب المراد اختباره، و هو يُميز بوجود دائرة حمراء عليه. أما الطرف السماحي فيُمكن تمييزه بأنه أطول من الطرف اللاسماحي لأنه يدخل في الثقوب بمعدلات كبيرة لذلك يمكنه أن يُستخدم أيضاً لاختبار الشكل الهندسي للثقب فضلاً عن استخدامه الأصلي.

شكل (3-12): محددات القياس السدادية

و قد ظهرت حديثا محددات قياس سدادته يميز فيها الطرف اللاسماحي باللون الأحمر و السماحي باللون الأخضر، كذلك الموضح بشكل (3-13)، لتجنب أي التباس عند الاستعمال. و نظراً لتعرض الطرف السماحي للاحتكاك فغالبا تتم كسوته بطبقة كربيدية لمقاومة البري.

شكل (3-13): محددات القياس السدادية الملونة

و توجد أيضاً محددات القياس السدادية المسطحة ومحددات القياس الكروية التي يوضحها شكل (3-14) (أ) و (ب) على الترتيب. والمحددات المسطحة يكون لها أسطح قياس أسطوانية و تمتاز بخفة وزنها بالمقارنة بالمحددات السدادية التقليدية، وهي تستخدم أساساً لفحص الثقوب الكبيرة كما أنها تصلح في حدود معينة لاختبار استدارة الثقوب. أما محددات القياس الكروية فلها أسطح قياس كروية يمكن بواسطتها إجراء اختبار دقيق لأقطار الثقوب و تحديد الانحرافات في شكلها.

وتُستخدم محددات القياس الفكية لاختبار تفاوتات الأعمدة، و يوجد منها عدة أنواع مثل المحددات المزدوجة (Double End) (شكل (3-15)(أ))، وأحادية الطرف (Single End) (شكل (3-15)(ب))، و أحادية الطرف القابلة للضبط (Adjustable) (شكل (3-15)(ج)) و الأخيرة يُمكن ضبط مدى قياسها بواسطة قوالب القياس على عدة نطاقات للتفاوت، و بالتالي تُستخدم لاختبار عدد من التفاوتات، على عكس المحددات العادية التي تستخدم للتفاوت المدون عليها فقط. و يوجد من هذا النوع تصميمات بها مُبينات رقمية أو بمؤشر (شكل (3-16)) لضمان الحصول على أعلى دقة ضبط.

شكل (3-16): محددات قياس فكية قابلة للضبط ذو مبين بمؤشر أو رقمية.

و بالإضافة إلى المحددات الفكية، تستخدم أيضاً محددات القياس الحلقية الموضحة في شكل (3-17) لفحص الأعمدة، و هي عبارة عن أقراص مستديرة مثقوبة و مجلخة. و لكل مقاس تفاوت يوجد قرصان أحدهما سماحي و الثاني لا سماحي، و يستخدم هذا النوع بكفاءة عالية لاختبار الأعمدة الطويلة.

شكل (3- 17): محددات القياس الحلقية.

تمارين

(يمكن استخدام الجدول التالي لاستخراج قيم التفاوتات لكل من الأعمدة و الثقوب التي سترد في التمارين التالية.)

(1) احسب T,K,G للثقب φ 30 H 7. {30.021مم، 30 مم، 0.021 مم}

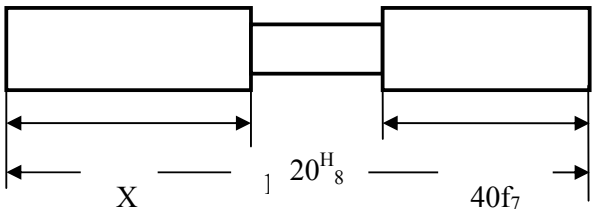
(2) احسب بوحدة الميكرون (C_g و C_k) أو (U_g و U_k) أو(C_g و U_k) للإزوجات الآتية و حدد نوع كلاً منها:

(ا) φ 25 H_7/g_6 { ٤١ ميكرون ، ٧ ميكرون ، خلوصي}

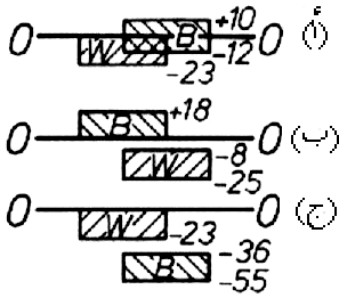
(ب) φ 25 H_7/n_6 { ٦ ميكرون ، ٢٨ ميكرون ، انتقالي}

(ج) φ 25 H_{11}/s_6 { ٤١ ميكرون ، ٧ ميكرون ، تداخلي}

(3) المطلوب حساب أكبر و أصغر قيمة للبعد "X" في المشغولة المبينة في الشكل التالي.



(٤) في الشكل التالي، حدد نوع الإزواج و احسب مقادير الخلوص و التداخل في كل حالة.



(٥) أكمل الجدول التالي و وضح نوع الإزواج في كل حالة.

(6) حدد الأبعاد K,G لعمود مزوج مع ثقب $\varphi 50\ H_8$ بحيث يكون أصغر خلوص $C_g = 0.065$ mm ، وأكبر خلوص $C_k = 0.2$ mm. احسب أيضاً قيم التفاوتات (T) للعمود و التفاوت المسموح به في الإزواج (T_f).

$60^{+0.04}_{+0.01}$

قياسات

قياس الخشونة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الرابعة

قياس خشونة الأسطح

الجدارة

التعرف على المفاهيم الأساسية لجودة تشطيب أسطح المنتجات

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- أساسيات خشونة الأسطح
- المقاييس العالمية لخشونة الأسطح
- تأثير خشونة الأسطح على التفاوتات المسموحة و بالتالي على جودة المنتج
- الطرق المختلفة لقياس خشونة الأسطح

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

4 ساعات

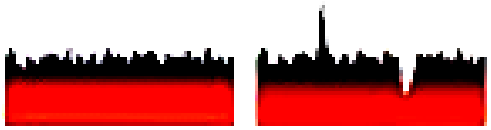
متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

1-4 مقدمة

من الخصائص الهامة التي يجب أن تتوافر في المنتجات درجة نعومة أسطحها، حيث إن كثيراً من التطبيقات العملية تحتاج إلى أسطح على درجة عالية من النعومة حتى تؤدى الوظيفة المطلوبة منها بأفضل أداء ممكن. لذلك فقد اهتم المتخصصون في مجال التصنيع بالتوصيف الدقيق للأسطح عن طريق التعبير عن طبيعة هذه الأسطح بقيم عددية تعكس درجة نعومتها. و في الماضي كانت الأسطح تُوصف بأنها كالمِرآة إذا كانت على درجة عالية من النعومة. و قد أثبت الواقع العملي افتقار هذا الأسلوب الوصفي لدقة التحديد الكامل لنعومة السطح المراد تصنيعه، ومن ثم عدم تقييد المُصنع بدرجة النعومة المطلوبة.

و قد أثبتت الخبرة العملية عدم إمكانية أسطح ذات نعومة مطلقة مهما كانت دقة و إمكانيات الماكينات الحديثة المستخدمة في التشغيل. فإذا أخذنا أحد المشغولات و قمنا بفحص أحد أسطحه تحت مجهر ذو درجة تكبير عالية، سنرى أن لهذا السطح تضاريس ، كما هو موضح بالشكل (4-1)، أي قمم و منخفضات و أخاديد قد لا نشعر بوجودها بالعين المجردة أو بمجرد إمرار اليد على هذا السطح. وهذا يُثبت أن استواء السطح ليس مطلقاً بل لابد من وجود بعض الانحرافات الطفيفة و التي تكون خشونة الأسطح أحد مظاهرها.



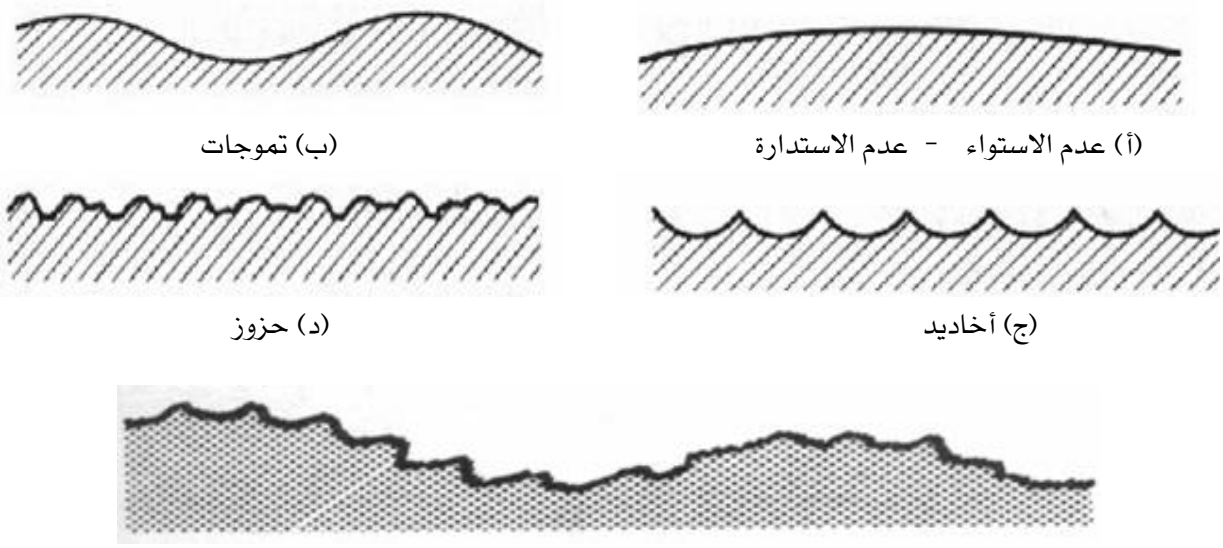
شكل (4 -1) : تضاريس السطح تحت المجهر.

2-4 تصنيف عدم استواء الأسطح

تختلف أشكال و أبعاد انحرافات الأسطح و التي تؤدي إلى عدم استوائها تبعاً لمتغيرات متعددة مثل نوع الخامة المستخدمة و طريقة التثبيت و دقة ماكينات التشغيل و غير ذلك من العوامل الأخرى و يُمكن تقسيم عدم استواء الأسطح إلى ما يلي من انحرافات تبعاً لأشكالها المختلفة الموضحة بشكل (4-2):

(أ) **الحيود:** و هو يعني الانحراف أو عدم الاستواء في الأشكال المسطحة و عدم الاستدارة في الأشكال الأسطوانية، كما يظهر ذلك في شكل (4-2) (أ). و ينشأ هذا النوع نتيجة لوجود خلوص بين المسارات الدليلية للأدلة الانزلاقية بماكينات التشغيل، أو لانحناء الماكينة أو

المشغولة نتيجة عدم التثبيت الأمثل للمشغولة، إلى جانب احتمالية وجود عيوب أو تشوه بالتصليد في الخامة المستخدمة.



(أ) عدم الاستواء - عدم الاستدارة (ب) تموجات

(ج) أخاديد (د) حزوز

(و) سطح به جميع الانحرافات من (أ) إلى (د)

شكل (4-2): الأشكال المختلفة لعدم استواء الأسطح.

(ب) التموجات: يوضح شكل (4-2) (ب) هذه النوعية من عدم استواء الأسطح و التي تنتج من الدوران غير المنتظم، أو للاهتزازات الزائدة لأعمدة ماكينات التشغيل، أو لحدوث أخطاء في تثبيت المشغولة. و يتراوح طول هذه التموجات بين 1 مم ، 25 مم وارتفاعها بين 0.02 مم ، 0.05 مم.

(ج) الأخاديد: تنتج هذه الانحرافات في المشغولات نتيجة لوجود عيوب في التركيب البنائي لسطحها، كما تنشأ من شكل حد القطع للعدة و التغذية غير المناسبة. ويُبين شكل (4-2) (ج) تمثيلاً لأخاديد السطح.

(د) الحزوز: تنشأ حزوز الأسطح التي تظهر في شكل (4-2) (د)، نتيجة أسلوب توجيه العدة على السطح المُشغل و التصاق الرائش بالحد القاطع للعدة.

و في الحياة العملية تجتمع الأسباب التي تم ذكرها معا و تتراكب الأنواع المختلفة لانحرافات الشكل وبالتالي يكون السطح غير مستو و تظهر فيه تموجات و أخاديد و حزوز في نفس الوقت، كما هو مبين بشكل (4-2 (و)).

و تشمل خشونة الأسطح (Surface Roughness) وجود الأخاديد والحزوز، و تكون أبعادها في غاية الصغر ،فيتراوح طولها بين 0.005 مم ،0.25 مم وارتفاعها بين 0.000025 مم ، 0.012 مم. أما التموجات و عدم الاستواء (أو عدم الاستدارة) فيتم تصنيفها على أنها عدم انتظام في الشكل، و هذا ما سيتم تناوله بتفصيل أكثر في الوحدة الخامسة.

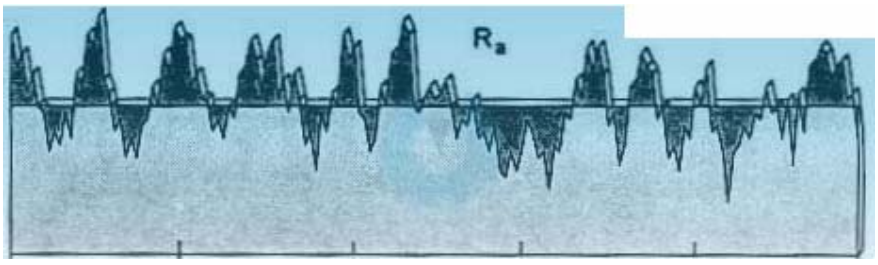
4-3 مقاييس الخشونة

لكي يتم وصف خشونة الأسطح بطريقة محددة، كان لابد من الاتفاق على مقاييس عددية تعبر عن درجة خشونة السطح. و قد اتفق المتخصصون في مجال خشونة الأسطح على عدد من المقاييس العددية لتكون مقاييس موحدة تستخدم للتمييز بين الأسطح ذات درجات الخشونة المختلفة. و هذه المقاييس هي:

4-3-1 الخشونة المتوسطة (R_a)

هي المتوسط الحسابي لمدى ابتعاد الانحرافات عن البعد الفعلي المتوسط. و يتم حساب الخشونة المتوسطة بقسمة مجموع المساحات المظللة (شكل (4-3)) على طول العينة. و يمكن تقريب هذه القيمة لتكون مجموع الانحرافات (r_n) مقسوماً على عددها (N)،أي:

$$R_a = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} r_n$$



شكل (4 -3) :الخشونة المتوسطة R_a.

4-3-2 عمق الخشونة (R_t)

هو البعد بين الحد الأقصى و الحد الأدنى للانحرافات. و يعتبر عمق الخشونة من أكثر المقاييس المستخدمة لتقييم بنية الأسطح، و لكنه لا يعطي فكرة واضحة عن الخواص الانزلاقية للأسطح و مقاومتها للبري. لذلك يتم الاستعانة بمقاييس أخرى لخشونة الأسطح للوصول لأعلى دقة في تقييم الأسطح.

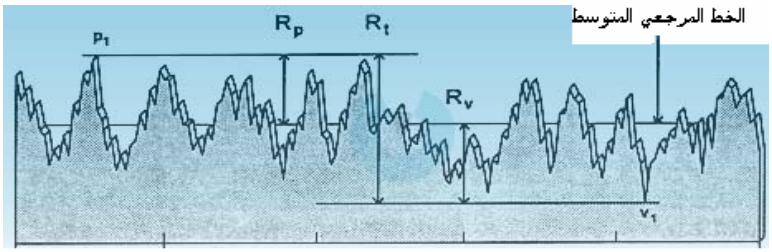
4-3-3 عمق التسطيح (الاستواء) (R_p)

هو البعد بين الحد الأقصى و الخط المرجعي المتوسط للانحرافات. و يدل هذا المقياس على المقدار اللازم لضغط قمم التموج الفعلية حتى تصبح مستوية. و يمتاز هذا المقياس عن المقاييس الأخرى للخشونة، بأنه يعطي أفضل بيان عن الأداء الوظيفي للسطح مثل الأسطح الانزلاقية أسطح الإزواجات التداخلية التي يتم تركيبها بالكبس.

4-3-4 العمق الأدنى للخشونة(R_v)

هو البعد بين الحد الأدنى و الخط المرجعي المتوسط للانحرافات. و يوضح الشكل (4-4) كلاً من مقاييس الخشونة R_t, R_p, R_v و التي ترتبط ببعضها البعض بالعلاقة الآتية:

$$R_t = R_p + R_v$$

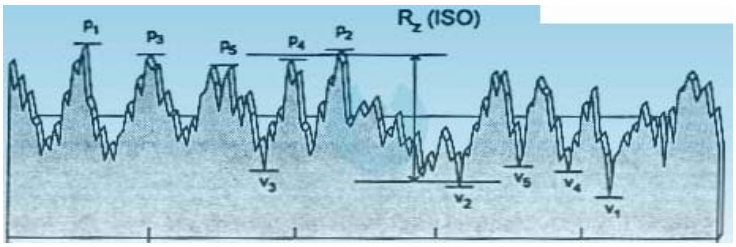


شكل (4 -4) :عمق الخشونة R_t و عمق التسطيح R_p.

4-3-5 متوسط أقصى انحرافات للسطح (R_z)

هو متوسط الفرق بين أعلى خمسة انحرافات (شكل (4 -5)) $(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$ و أدنى خمسة انحرافات $(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5)$ في العينة المقاسة. و طبقاً لمواصفات ISO و بالنظر إلى شكل (4-5) نجد أن:

$$R_z = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5) - (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5)}{5}$$



شكل (4 -5) : متوسط أقصى انحرافات للسطح R_z.

6-3-4 متوسط الجذر التربيعي لانحرافات السطح (R_q)

هو الجذر التربيعي لمتوسط مجموع مربعات الانحرافات. و تظهر أهمية هذا المقياس عند تقييم الخواص الضوئية للأسطح. و تستخدم المعادلة التالية لحساب R_q :

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} r_n^2}$$

حيث N : عدد نقاط القياس.

r_n: قيمة الانحراف عند نقاط القياس.

إن المقاييس التي تم تعريفها هي أكثر المقاييس أهمية و استخداما في مجال الإنتاج، ولكن توجد أيضاً مقاييس أخرى مشابهة و كذلك مقاييس لحساب طول موجة الخشونة. و هذه المقاييس يستخدمها المتخصصون بكثرة عند إجراء دراسات بحثية في مجال خشونة الأسطح.

مثال:

في تجربة معملية لتقييم خشونة أحد الأسطح تم أخذ القراءات التالية عند ١٨ نقطة قياس على السطح:

نقطة القياس	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨
الانحراف (µm)	٧	١٩	٢٧	١٩	١٧	١٥	٩	٣	١٣	١٥	١٩	١١	٢٢	١٣	٨	٣	١	١١

احسب مقاييس الخشونة R_t, R_z, R_a, R_q.

الحل:

بالرجوع إلى شكل (4 -4) نجد أن عمق الخشونة R_t يمكن حسابه كالتالي:

$$R_t = p_1 - v_1$$
$$= 27 - 1 = 26 \ \mu m$$

و باستخدام معادلات تعريف كلاً من R_q, R_a, R_z، نستطيع حساب القيم المطلوبة كالتالي:

$$R_z = \frac{(p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5) - (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5)}{5}$$
$$R_z = \frac{(27 + 22 + 19 + 19 + 19) - (1 + 3 + 3 + 7 + 8)}{5} = 16.8 \ \mu m$$

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} r_n$$

$$R_a = \frac{(7 + 19 + 27 + 19 + 17 + 15 + 9 + 3 + 13 + 15 + 19 + 11 + 22 + 13 + 8 + 3 + 1 + 11)}{5} = 12.89 \ \mu m$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} r_n^2}$$

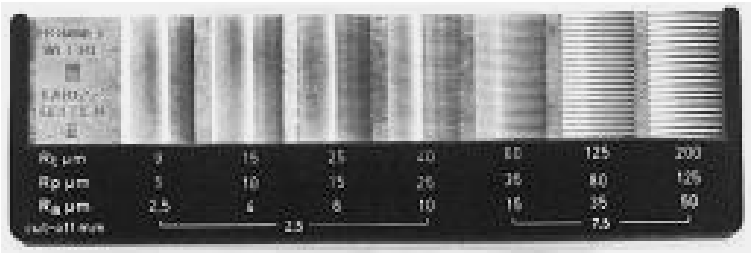
$$R_q = \sqrt{\frac{(7^2 + 19^2 + 27^2 + ... + 3^2 + 1^2 + 11^2}{18}} = 14.58 \ \mu m$$

4-4 طرق قياس خشونة الأسطح

توجد عدة طرق لتقدير درجة خشونة الأسطح تعتمد كل منها على درجة الدقة المطلوبة في القياس، فمنها طريقة الإحساس اليدوي و التي تصلح للفحص السريع الذي لا يتطلب دقة عالية. كما توجد أجهزة فحص ميكانيكية و كهربية و إلكترونية و ضوئية تستخدم لتتبع تضاريس السطح (قمم ، منخفضات، حزوز، ....) و تكبيرها و رسمها و حساب مقاييس الخشونة التي سبق الإشارة إليها. و فيما يلي عرض لأهم الطرق الشائعة في قياس خشونة الأسطح.

٤ -٤ -١ فحص خشونة الأسطح بواسطة المقارنة بالعينات القياسية

يمكن تقييم عمق الخشونة بطريقة تقريبية بشيء من الخبرة المتوفرة لدى بعض الفنيين ذوي المهارة، و ذلك بإمرار الظفر على سطح قطعة الشغل و سطح عينة مقارنة قياسية عدة مرات بالتناوب. و تكون هذه الطريقة كافية في حالات كثيرة كالخراطة الطولية و الوجهية و التفريز و التجليخ و القشط بنوعيه. و تتوفر العينات القياسية في شكل مجموعات، تحتوي كل مجموعة على عدد معين من العينات القياسية، مُدون أسفل كل منها عمق الخشونة (R_t) و عمق الاستواء (R_p) و الخشونة المتوسطة (R_a). و حيث إن درجة الخشونة الناتجة تعتمد على طبيعة عملية التشغيل، لذلك توجد لكل عملية تشغيل مجموعة عينات قياسية تناسبها، كتلك المعروضة في شكل (4-6) و الخاصة بعمليات الخراطة الطولية.



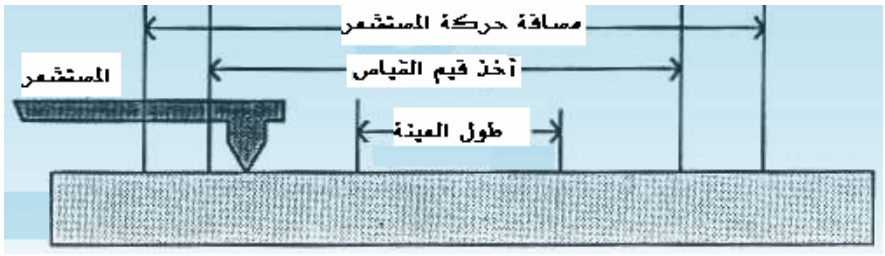
شكل (4-6): أحد العينات القياسية لفحص الخشونة السطحية للخراطة الطولية

2-4-4 قياس الخشونة بجهاز قياس جودة الأسطح

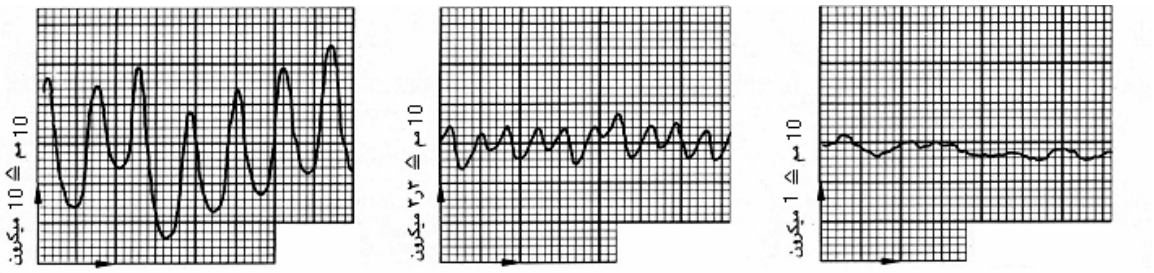
عند الحاجة لقياس خشونة الأسطح بطريقة دقيقة يمكن من خلالها تحديد قيم مقاييس الخشونة الثلاثة (R_t, R_p, R_a) يتم استخدام جهاز قياس جودة الأسطح. و المقصود بجودة الأسطح هنا مدى درجة نعومتها ، فكلما زادت درجة النعومة ارتفعت جودة السطح. و يبين شكل (4-7) أحد الطرازات من هذا الجهاز الذي يتكون من رأس قياس ذي مستشعر دقيق أو جاس (stylus) به إبرة ماسية يبلغ نصف قطرها من 1ميكرون إلى 5 ميكرون لتتمكن من الوصول إلى أدق تضاريس السطح المقاس. و يتصل رأس المستشعر بوحدة بيان (بمؤشر أو رقمي) و بوحدة تسجيل لإظهار و حفظ نتائج القياس على الترتيب. و يمكن تثبيت رأس القياس على حامل عند قياس قطع شغل صغيرة، أو يتم مسكها باليد على قطع الشغل الكبيرة. و في كلتا الحالتين يتحرك المستشعر الدقيق لمسافة معينة تتراوح من 1 مم إلى 5 مم وتسمى هذه المسافة بطول العينة. و لإجراء القياس يتم تحديد طول العينة المقاسة و تتحرك إبرة المستشعر

شكل (4-7): جهاز قياس جودة الأسطح.

على السطح المقاس خلال مسافة أطول عدة مرات من طول العينة لضمان استقرار حركة المستشعر. و عندما يقترب المستشعر من طول العينة يبدأ في التقاط تضاريس السطح من ارتفاعات و أخاديد كما هو موضح بشكل(4-8). و حيث أن هذه التضاريس تكون ضئيلة جداً، فيتم تضخيمها بواسطة مضخم إلكتروني (مزود به الجهاز) ليتم في النهاية عرضها على وحدة البيان ثم يتم تسجيلها على وحدة التسجيل بغرض الحفظ و تحليل النتائج لاحقاً. كما يمكن رسم نتائج القياس في صورة منحنى (يمثل محوره الأفقي موضع القياس على طول العينة و المحور الرأسي يمثل قيم التضاريس المقاسه) بواسطة وحدة رسم. ويمكن أن يظهر هذا المنحنى على شاشة مزود بها بعض الأنواع من أجهزة قياس جودة الأسطح. و يتم تكبير القيم المقاسة (المحور الرأسي) عدة أضعاف قد تصل إلى 100,000ضعف و ذلك تبعاً لإمكانيات الجهاز و دقة تضاريس السطح المقاس. أما المحور الأفقي فتكون نسبة تكبيره في حدود من 20 إلى 100ضعف حتى يمكن طباعة المنحنى على شريط طباعة بطول مناسب لتسهيل عرض نتائج القياس و تحليلها كما هو موضح بشكل (4-9).



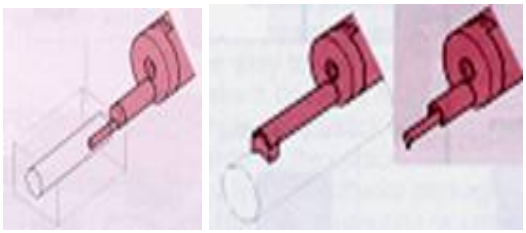
شكل (4-8): كيفية حركة مستشعر جهاز قياس جودة الأسطح.



شكل (4-9): عينات من نتائج قياس تضاريس سطح مكبرة بنسب تكبير مختلفة.

و قد حدث في السنوات الأخيرة تطور كبير في أجهزة قياس خشونة الأسطح لتواكب أحدث تقنيات العصر كالجهاز الموضح في شكل (4-10) (أ). و تكون هذه الأجهزة مبرمجة، فالبيانات تصل مباشرة و بمجرد التقاطها بواسطة المستشعر إلى الحاسب المتصل بالجهاز ليقوم بحساب مقاييس الخشونة المطلوبة و رسمها على شاشته بنسب تكبير تصل إلى 500,000 ضعف، ثم تتم الطباعة بواسطة الطابعة المرفقة. أما المستشعر فيأتي كوحدة متكاملة يتم تركيبها في الجهاز. و توجد أشكال متعددة لطرف المستشعر يمكن تبديلها لتلائم شكل السطح المراد قياسه كما هو موضح في شكل (4-10) (ب).

(أ)



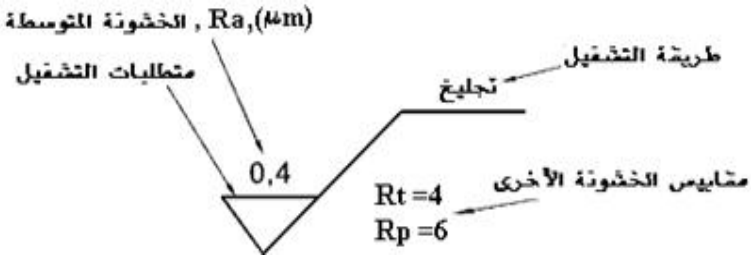
(ب)

شكل (4-10): أحد أجهزة قياس خشونة الأسطح الحديثة و عدد من المستشعرات لتطبيقات مختلفة.

5-4 رموز تشطيب الأسطح في الرسومات الهندسية

من المعروف أن الرسومات الهندسية تحتوي على رموز و مصطلحات لتمييز الأبعاد و الأقطار الخارجية و الداخلية و عمليات التصنيع المختلفة التي تتم على المشغولات التي تحتوي عليها هذه الرسومات، بالإضافة لذلك توجد رموز و مصطلحات تمييز الدرجات المختلفة لخشونة الأسطح. و قد

أصدرت منظمة ISO مواصفة رقم 1302 عام 1978 و التي تحتوي على مصطلحات و علامات خاصة تشير إلى مقاييس الخشونة و جودة السطح و أسلوب الإنتاج. و يوضح شكل (4-11) هذه الرموز التي تشير إلى مقاييس الخشونة (R_a, R_p, R_t) و طريقة التشغيل (تنعيم ، تجليخ، خراطة، .....) و أي متطلبات أخرى للتشغيل (إزالة رايش، عدم تشغيل لسطح، .....).



شكل (4-11): رموز تشطيب السطح طبقاً لمواصفة ISO.

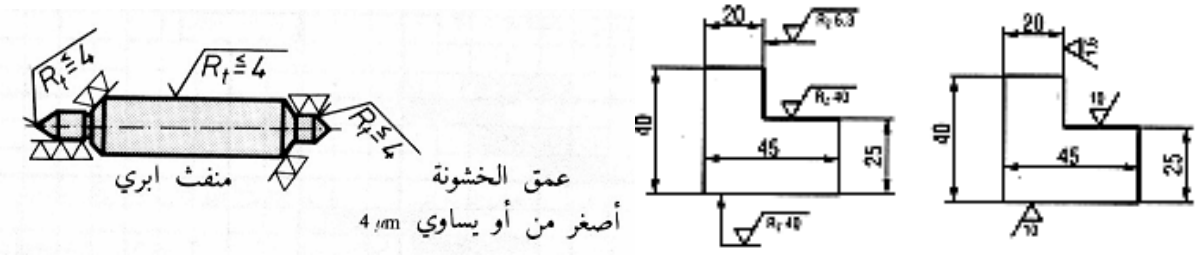
و من الجدير بالذكر أنه قبل صدور مواصفة ISO كانت الرموز شائعة الاستخدام هي تلك التي تتبع مواصفة DIN ١٤٠ لعام 1960، و فيها تتم الإشارة إلى درجة تشطيب (إنجاز) السطح بالعلامات الموضحة في جدول (4-1) و الذي يحتوي أيضاً على أمثلة من التطبيقات التي تستخدم درجات التشطيب المذكورة.

جدول (4-1): رموز تشطيب (إنجاز) الأسطح و الاستخدامات المناظرة.

رمز تشطيب (إنجاز) السطح و مدلوله	تطبيقات الاستخدام
▽▽▽ الأسطح ذات قيم الإنجاز الفائقة	• الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط العالية (أوعية الضغط و أنابيب الضغط العالي). • الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل عالي (الأسطوانات و الكباسات الهيدروليكية). • الإزواجات التداخلية (أعمدة التوربينات و أطواق العجلات). • أسطح القياس في أجهزة القياس (قوالب القياس المنزلقة، محددات القياس السدادية). • الأسطح الانزلاقية (أسطوانات و مكابس المحركات).
▽▽ الأسطح ذات قيم الإنجاز العالية	• الأسطح المانعة بدون استخدام مواد مانعة للتسرب و التي تستخدم للضغوط المنخفضة (أوعية الضغط). • الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل كبير (المحامل الانزلاقية). • الإزواجات الانزلاقية (العجلات المنزلقة على الأعمدة). • الأسطح الانزلاقية (الأدلة الانزلاقية). • أسطح التدحرج (المحامل التدحرجية و جوانب أسنان التروس).

	• أسطح التثبيت (الثقوب و السيقان المخروطية لتثبيت العدد).
الأسطح ذات قيم الإنجاز المتوسطة	• الأسطح المانعة باستخدام مواد مانعة للتسرب (الشفاه). • أسطح الإزواجات الخلوصية المعرضة لتحميل خفيف (المحامل الانزلاقية ذات الخلوص الكبير). • الإزواجات الانتقالية (الأعمدة و صرر العجلات). • أسطح الإزواج (حواف و أكتاف المركزة).
الأسطح ذات قيم الإنجاز المنخفضة	أسطح الاتصال و التقابل، وأسطح البط بمسامير ملولبة للأجزاء الكبيرة.
	الأسطح الخام الناتجة من عمليات لا تتج رايش (الصب النظيف ،التشكيل بالقوالب، الطرق بعناية، التشغيل بالبرادة).
بدون علامة	الأسطح الخام الناتجة من عمليات الحدادة و السحب و الضغط و الدرفلة و التشكيل.

و يعرض شكل (4-12) أمثلة لرسومات هندسية لبعض المشغولات و عليها الرموز المختلفة لتشطيب (إنجاز) أسطحها طبقاُ لكلتا المواصفتين ISO و DIN.

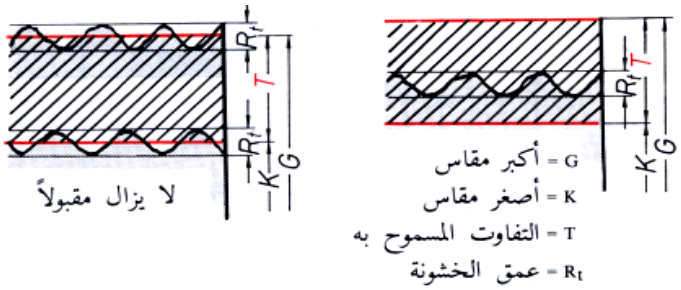


شكل (٤ -١٢): رموز تشطيب الأسطح على الرسم الهندسي لأحد المشغولات.

٤-٦العلاقة بين عمق الخشونة والتفاوت المسموح

نظراً لأن خشونة السطح تسبب زيادة أو نقص (انحرافات) في أبعاد قطع الشغل، فيجب مراعاة ألا تتعدى هذه الانحرافات قيم التفاوتات المسموحة و إلا أصبح المنتج غير مقبول. لذلك فإن عمق الخشونة (R_t) يجب أن يكون في حدود نسبة صغيرة (لا تزيد عن 30%) من التفاوت المسموح، و بالتالي يُراعى تقليل عمق الخشونة كلما كان التفاوت المسموح منخفضاً. ويوضح شكل (٤-١٣) المقاسات المختلفة

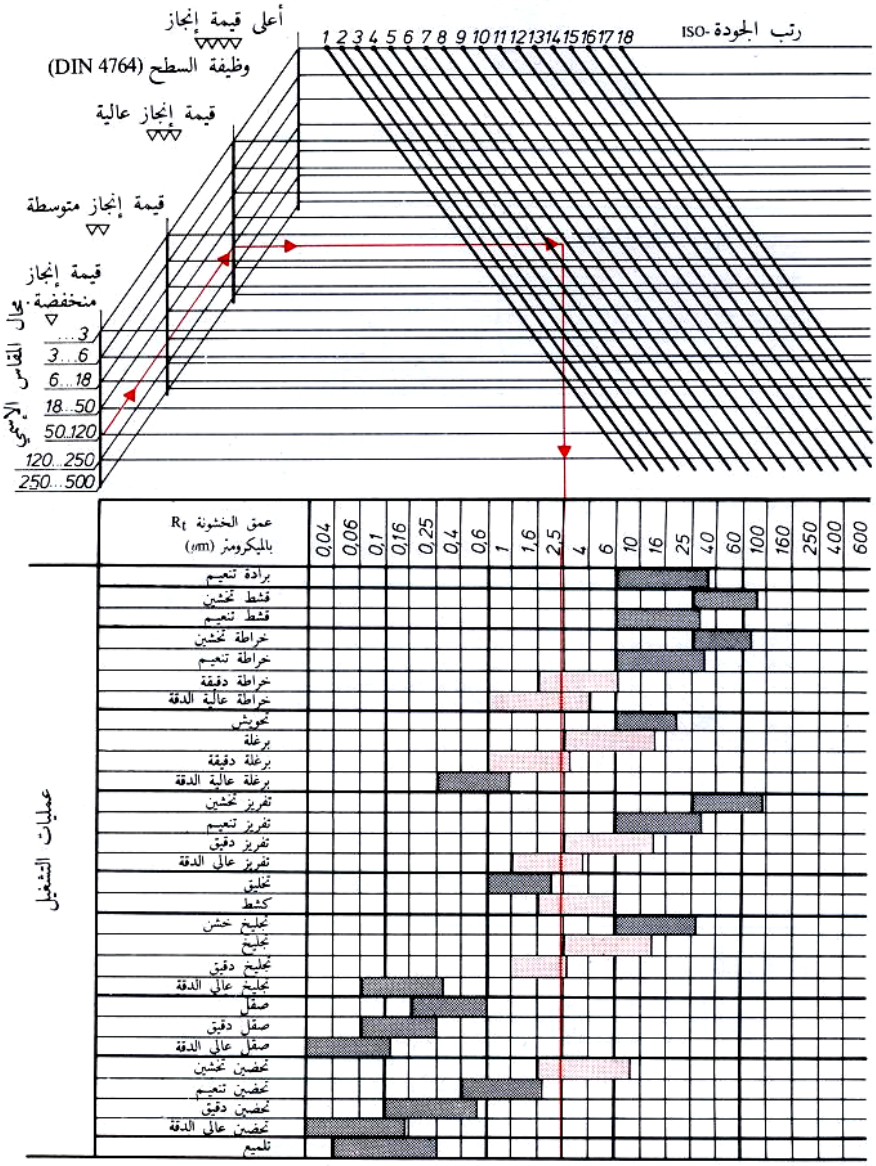
لقطعة شغل و عمق خشونة سطحها الذي يظهر كجزء صغير من التفاوت المسموح به للأبعاد، لذلك فقيمة هذا العمق لا تزال مقبولة في كلتا الحاليتين المبينتين.



شكل (٤ -١٣): تناسب عمق الخشونة مع التفاوت المسموح للمشغولات المقبولة.

و لكي يصل عمق الخشونة إلى القيم التي تحقق تناسبها مع قيم التفاوتات المسموحة، فيجب استخدام عملية التشغيل المناسبة لذلك. و يوضح جدول (4-2) عمليات التشغيل التي يمكن بها التوصل إلى القيم المختلفة لعمق الخشونة.و ارتباط تلك العمليات برتب التفاوتات المسموحة و المقاس الاسمي للمشغولة و ذلك طبقاً لمواصفات ISO. و لتوضيح كيفية استخدام هذا الجدول، سنأخذ مثالاً لعمود$\varphi 60\ h7$ مطلوب تشغيله بدرجة تشطيب سطح$\nabla\nabla$، فإذا تتبعنا الأسهم بداية من تحديد المجال الاسمي (50-120) ثم الوصول إلى قيمة التشطيب المطلوبة ($\nabla\nabla\nabla$)، فالتحرك أفقياً حتى ملاقاة رتبة التفاوت (الجودة (7))، و أخيرا النزول رأسياً، سنجد أن عمق الخشونة (R_a) المراد الوصول إليه على هذا العمود يجب ألا يزيد عن 2.5µm. و يتضح من الجدول أن هذه القيمة يمكن الحصول عليها عن طريق أي من عمليات التشغيل التي تقع على يسار قيمة عمق الخشونة المطلوبة (الخراطة عالية الدقة،...). وإذا رجعنا إلى جدول (3-1) للتفاوتات المسموحة للأعمدة ، سنجد أن قيمة التفاوت المسموح ($T = 30\mu m$)، أي أن نسبة عمق الخشونة إلى التفاوت المسموح تقل عن 10% و هذا يجعل العمود المنتج مقبولاً من حيث الأبعاد كما ذكرنا من قبل.

جدول (4-2): عمليات التشغيل المختلفة و علاقتها برتب التفاوت و عمق الخشونة.



تمارين

(1)قارن بين كل من:

(أ) الأنواع المختلفة من عدم استواء الأسطح

(ب) المقاييس المختلفة لخشونة الأسطح

(2) في تجربة معملية لتقييم خشونة أحد الأسطح تم أخذ القراءات التالية عند ١٣ نقطة قياس على سطح القياس، أحسب مقاييس الخشونة R_q, R_a, R_t

رقم نقطة القياس	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣
الانحراف (μm)	٣	١٩	٢٢	١٥	٣٠	١٩	٢٧	١٩	٣٠	١٢	٢٢	١٤	٥

{27 ميكرون، 18.2 ميكرون، 19.9 ميكرون}

(3) في التطبيقات الثلاثة التالية، حدد عمق الخشونة و عملية التشغيل المناسبة مستعيناً بالجدول (4-2) و جداول تفاوتات الثقوب و الأعمدة بالوحدة الثالثة.

(أ) إزواج خلوصي لمحمل انزلاقي φ40 H6 مُعرض لتحميل كبير.

(ب) إزواج انتقالي لعمود φ100 n7 و مُصرة ترس φ100 H7

(ج) إزواج خلوصي لأسطوانة هيدروليكية φ8 h6 و كباس φ8 H6 معرض لتحميل كبير.

قياسات

قياس الشكل و الوضع

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة الخامسة

قياس الشكل و الوضع

الجدارة

التعرف على كيفية فحص الأشكال الأسطوانية و قياس الوضع

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- أهمية التفاوتات الهندسية لبعض القطع الانتاجية
- توصيف التفاوتات الهندسية في الرسومات الفنية
- أجهزة قياس التفاوتات الهندسية
- أجهزة قياس الوضع

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

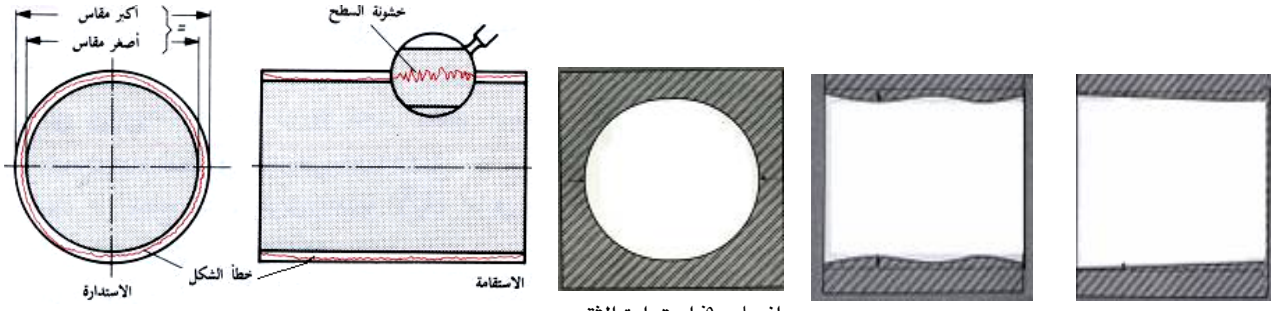
ساعتان

متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

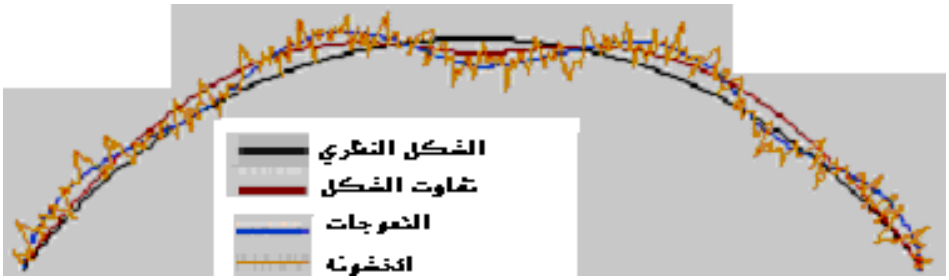
1-5 مقدمة

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 أخر غير حيود الأبعاد قد يجعل هذه القطع غير مقبولة ، و هذا الحيود يُسمى 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 علىأن 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 المقاس 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 المقاس ما لم ينص في الرسم على غير ذلك. كما تُستخدم 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)

	STRAIGHTNESS OF BLADE EDGES		PARALLELISM OF BLADE EDGES	
DESCRIPTION	GRADE A	GRADE B	GRADE A	GRADE B
75mm/3"	4µm	8µm	5µm	8µm
100mm/4"	4µm	8µm	5µm	8µm
150mm/6"	4µm	8µm	5µm	8µm
200mm/8"	4µm	8µm	8µm	12µm
225mm/9"	6µm	12µm	8µm	12µm
300mm/12"	6µm	12µm	8µm	12µm
	FLATNESS OF WORKING FACES		PARALLELISM OF WORKING FACES	
DESCRIPTION	GRADE A	GRADE B	GRADE A	GRADE B
75mm/3"	2µm	4µm	3.5µm	5µm
100mm/4"	3µm	6µm	3.5µm	5µm
150mm/6"	3µm	6µm	3.5µm	5µm
200mm/8"	4µm	8µm	5µm	8µm
225mm/9"	4µm	8µm	5µm	8µm
300mm/12"	4µm	8µm	5µm	8µm

شكل (5-3): قيم التفاوتات الهندسية المسموحة لبعض محددات قياس الزوايا.

5-3أجهزة قياس التفاوتات الهندسية

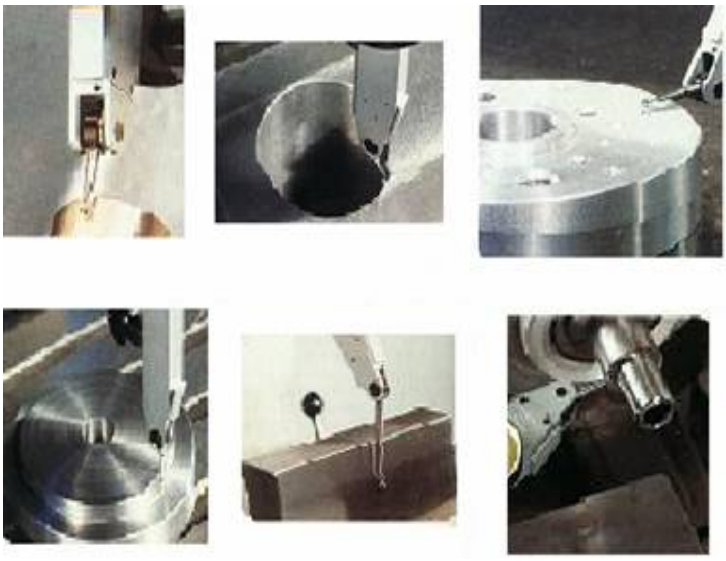
يتم قياس التفاوتات الهندسية السابق تعريفها (عدا تفاوتات الوضع) بواسطة أجهزة اختبار الأسطح، و هي أجهزة إلكترونية تتشابه في شكلها مع أجهزة قياس خشونة الأسطح، فهي تعتمد أساساً على وجود مستشعر دقيق (Stylus) يتحرك على السطح المقاس خلال طول العينة المحددة للقياس بسرعة دورانية أو خطية تختلف قيمها باختلاف طراز 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 الأساسى لطريقة قياس التفاوتات الهندسية.

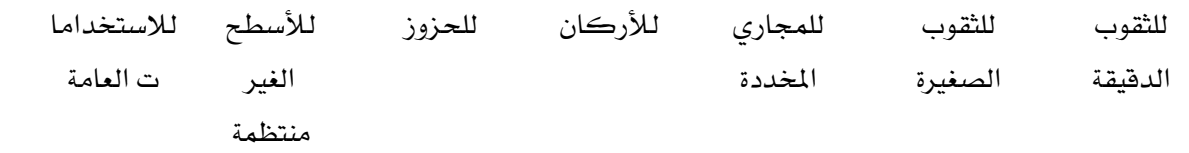
و بالإضافة للمستشعر، تحتوي أجهزة اختبار الأسطح على وحدة إلكترونية لالتقاط و معالجة حركة المستشعر ثم إرسالها إلى حاسب إلى (يكون مرفقاً مع الجهاز) لحساب القيم المراد قياسها ومن ثم رسمها على شاشته و طباعتها إذا لزم الأمر بواسطة طابعة مرفقة. و بالرغم من أن هذه الأجهزة يمكنها قياس جميع التفاوتات الهندسية (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 ُيصنع 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.



شكل (5-6): أمثلة لقطع ذات أشكال مختلفة أثناء قياس تفاوتات أسطحها.



شكل (5-7): عينة من المستشعرات بأشكال مختلفة.

و توجد أيضاً أجهزه 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).

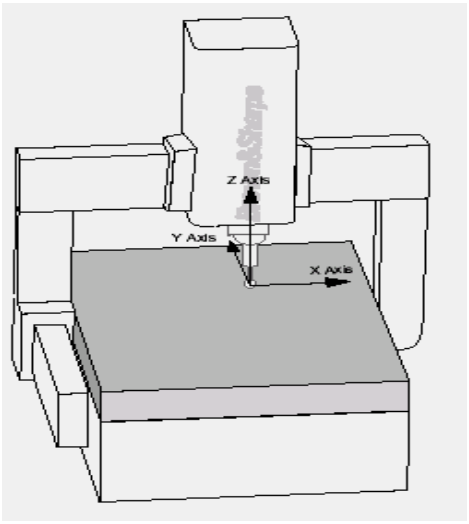
قياس تفاوتات الشكل

قياس الخشونة

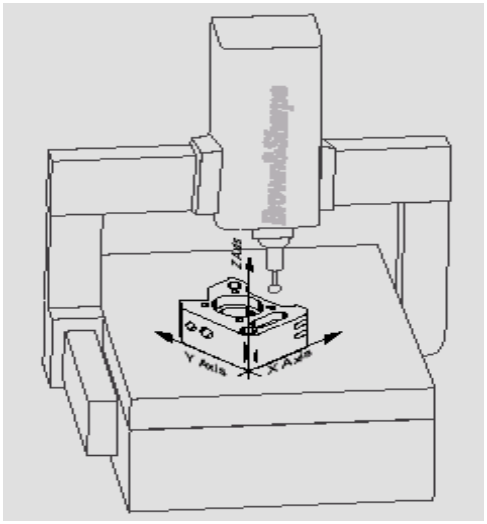
شكل (5-8): جهاز تتبع الشكل.

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)).



(أ)



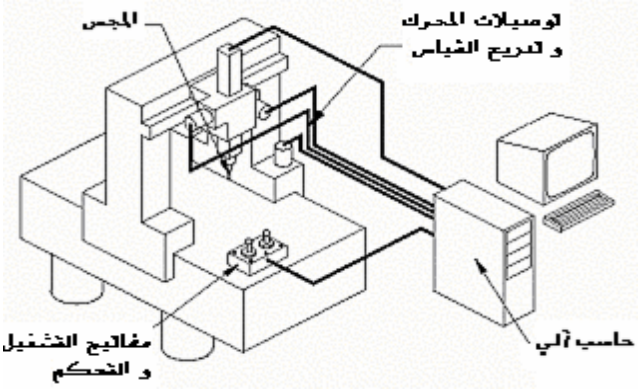
(ب)

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.

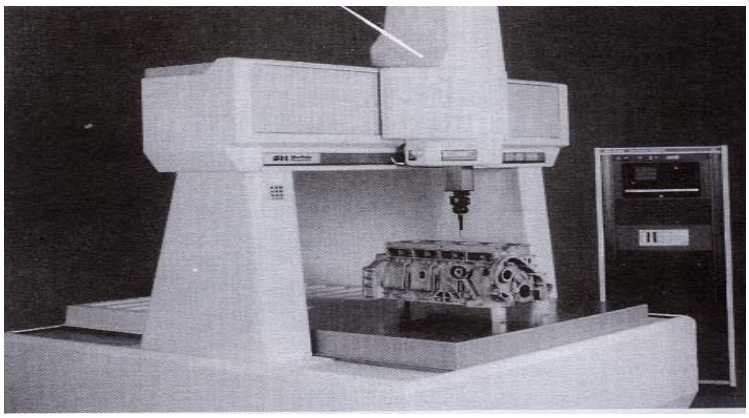
و تتكون هذه الماكينات بنظاميها ، كما هو موضح في شكل (5-10)، من ثلاثة محاور متعامدة كل منها مزود بوحدة تدريج إلكترونية متصلة بالحاسب الآلي المرفق مع الماكينة، و رأس قياس دقيق يكتسب حركته من المحاور الثلاثة. و يوجد في بعض الماكينات محرك كهربي متصل بوحدة التحكم لتحريك المحاور الثلاثة، كما توجد أيضاً بعض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

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة السادسة

أخطاء القياس

الجدارة

التعرف على خصائص أجهزة القياس و أخطاء القياس

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- الخصائص الأساسية لمعدات القياس (الحساسية و الدقة و الضباطة)
- الفرق بين الأخطاء النظامية و العشوائية
- كيفية تقدير بعض الأخطاء النظامية

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

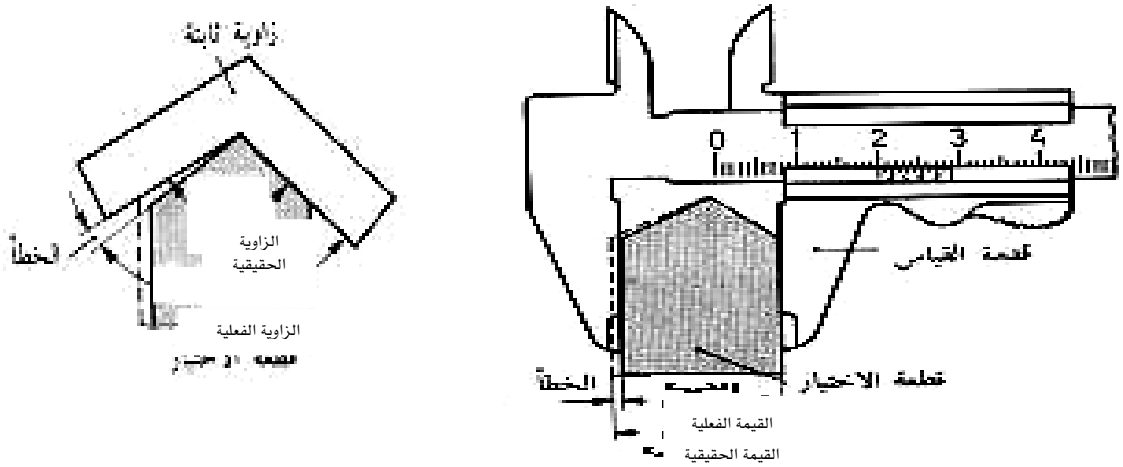
ساعاتان

متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

1-6 مقدمة

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.

و نظراً لأهمية هذا الموضوع فقد أفردت له وحدة مستقلة سنتناول فيها بالتفصيل أهم ما يتعلق بأخطاء القياس بصفة عامة مع التركيز على بعض الأخطاء التي تحدث أثناء قياس الأطوال. و سنبدأ ببعض التعريفات الأساسية التي تخص عملية القياس و أهم الخصائص في أجهزة قياس الأطوال التي تتعلق بأخطاء القياس.

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.

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 ستتم 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.

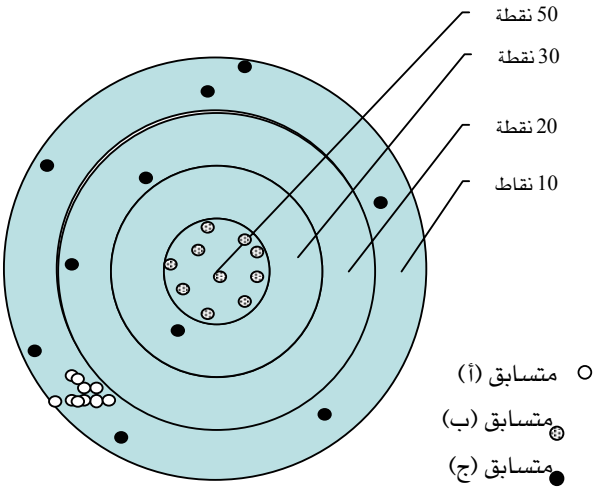
- حساسية القياس (Sensitivity or Resolution of Measurement)

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

- الضباطة أو الانضباط (Precision)

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

و لكي لا يحدث خلط بين مدلول بعض الخصائص الأساسية لأدوات القياس مثل الضباطة و الدقة، سنأخذ المثال التالي. سنقوم بمحاكاة عملية القياس بعملية التصويب على هدف هو عبارة عن أربع دوائر متحدة المركز و يحاول الرامي أن يصيب الدائرة الصغيرة الموجودة في المركز حيث إنها تعطي أعلى عدد من النقاط كما هو موضح في شكل (6-2)، و الذي يعرض أيضاً نتائج التصويب لثلاثة متسابقين كل منهم قام بالتصويب عشر مرات. نلاحظ بنظرة سريعة على الشكل، أن المتسابق (أ) هو الأفضل لأن جميع تصويباته داخل أصغر دائرة على عكس المتسابقين (ب) و (ج)، و من ثم فإن (أ) هو أعلى دقة من (ب) و (ج). و لكن إذا دققنا النظر، سنجد أن تصويبات المتسابق (ب) رغم أنها تقع جميعاً داخل أكبر دائرة، أي سيحصل على أقل درجة، لكنها متقاربة للغاية بل وأكثر تقارباً من تصويبات المتسابق (أ)، أي أنه أعلى ضباطة من (أ). أما المتسابق (ج) فدقته و ضباطته منخفضتين لأن كل تصويباته وقعت خارج الدائرة الصغيرة و مبعثرة بصورة عشوائية في جميع الاتجاهات.

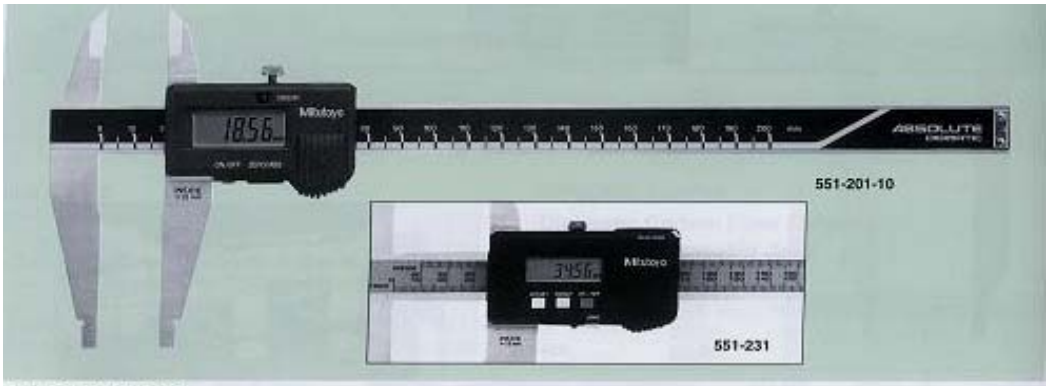


شكل (6-2): محاكاة دقة و ضباطة التصويب بدقة و ضباطة القياس.

3-6 أهمية خصائص معدات القياس

تعرفنا في الفقرة السابقة على بعض الخصائص الهامة لمعدات القياس مثل الضباطة و الحساسية و الدقة، و تنبع أهمية هذه الخصائص من كونها العناصر الأساسية لتوصيف معدات القياس. فعندما يحتاج مصنع لشراء بعض أدوات القياس، يقوم أحد المختصين في القياسات أولاً بتحديد متطلبات هذه الأدوات في صورة خصائصها المختلفة السابق ذكرها، ثم يقوم بالإطلاع على أحدث الكتالوجات المتاحة في هذا المجال، و التي تحتوي على العديد من الاختيارات. عند هذه المرحلة يتم عمل مفاضلة بين الاختيارات المتاحة، بعد استيفاء المواصفات الفنية، على أساس عدة عوامل منها السعر و اسم المورد. لذلك فمن البديهي أن يكون المهتمون بالقياسات على دراية جيدة بخصائص أدوات القياس ليستطيعوا استخراج ما يحتاجونه من تفاصيل عند التعامل مع مثل هذه الكتالوجات في الحياة العملية.

فإذا أخذنا على سبيل المثال الكتالوج المبين في شكل (6-3)، وهو لقدمة رقمية، سنجد أنه يعرض لنا مواصفات (Specifications) هذه القدمة ممثلة في خصائصها. أولاً نجد أن هناك فئتين من هذه القدمة، الأولى مترية فقط (Metric) و الثانية مترية و تقيس بالبوصة أيضاً (Inch/Metric).



SPECIFICATIONS

Metric

Range OD	ID	Order No.	Resolution	Accuracy	Remarks
0 - 200mm	10 - 210mm	551-201-10	0.01mm	±0.03mm	ABS Digimatic Caliper
0 - 300mm	10 - 310mm	551-231	0.01mm	±0.04mm	with Preset function
0 - 500mm	20 - 520mm	551-204-50	0.01mm	±0.06mm	—
0 - 750mm	20 - 770mm	551-206-50	0.01mm	±0.07mm	—
0 - 1000mm	20 - 1020mm	551-207-50	0.01mm	±0.07mm	—

Inch/Metric

Range OD	ID	Order No.	Resolution	Accuracy	Remarks
0 - 8"/200mm	4" - 8"/10.16 - 210mm	551-221-10	.0005"/0.01mm	±.001"	ABS Digimatic Caliper
0 - 12"/300mm	4" - 12"/10.16 - 310mm	551-241	.0005"/0.01mm	±.002"	with Preset function
0 - 20"/500mm	5" - 20.5"/12.7 - 512mm	551-224-50	.0005"/0.01mm	±.0025"	—
0 - 30"/750mm	5" - 30.5"/12.7 - 762mm	551-226-50	.0005"/0.01mm	±.003"	—

شكل (6-3): أحد الكتالوجات للقدمة الرقمية.

و في كل فئة يوجد عدد من القدمات كل واحدة بمدى قياس مختلف، ففي العمود الأول نجد أن مدى قياس الأقطار الخارجية (OD) هو 0-200 مم و الثاني 0-300 مم، وهكذا حتى يصل إلى 1000 مم. و في العمود الثاني من الجدول، نجد مدى قياس الأقطار الداخلية (ID) لهذه الفئة يبدأ من 10-210 مم و ينتهي إلى 20-1020 مم للقدمة المترية. يأتي بعد ذلك الرقم الذي يتم به إحدى القدمات و يسمى رقم الطلبية (Order No.)، فالقدمة الأولى رقم طلبيتها هو 551-201-10. يلي رقم الطلبية في العمودين الرابع و الخامس اللذين يحتويين على قيم الحساسية (Resolution) و الدقة (Accuracy) على الترتيب. فالقدمة الأولى حساسيتها 0.01 مم و دقة قياسها 0.03± مم.

و في شكل (6-4) نجد كتالوجاً أخر و لكن لميكرومترات قياس خارجيين و هي مدرجة بالنظام المتري، كما هو موضح أعلى كل فئة من فئاتها الثلاث. و بالنظر سريعاً لجدول كل فئة، نرى أن مدى القياس للميكرومتر الأخير يساوي 75-100 مم، و حساسية القياس هي 0.001 مم و دقة القياس تصل إلى 1± ميكرون. و أحياناً يحل التدريج (Graduation) محل الحساسية كما في الفئة الثانية، فهو يساوي 0.01 مم لكل الميكرومترات في هذه الفئة. و من المواصفات الهامة التي أعطيت أيضاً، قيم التفاوتات

المسموحة للاستواء (Flatness = 0.6µm) و للتوازي (Parallelism = 2µm) لسطحي القياس (Measuring Faces) نظراً لما لهما من أهمية بالغة في الحصول على قراءات دقيقة.

شكل (6-4): أحد الكتالوجات لميكرومترات قياس خارجى.

6-4 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.

6-4-1 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:

(أ) أخطاء أدوات القياس

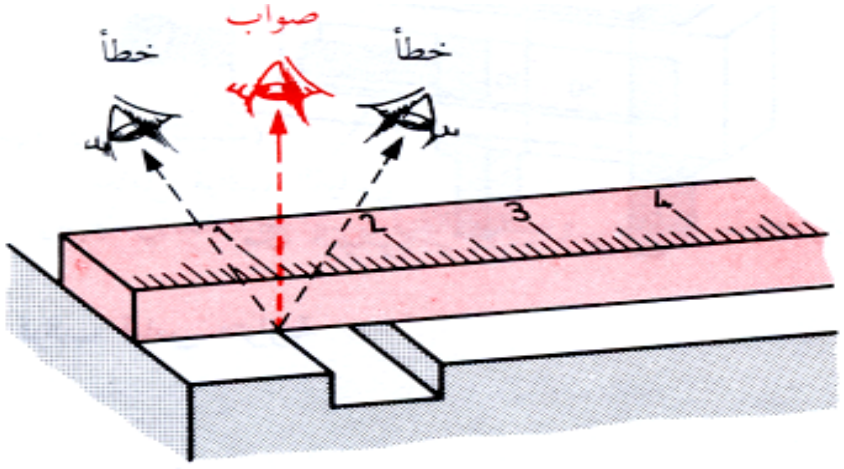
و هي الأخطاء التي تحدث نتيجة وجود بعض العيوب في أداة القياس ، كوجود خلوص زائد بين الفك المتحرك في القدمة و قضيب القياس، أو عدم الحصول على قراءة صفرية عند انطباق فكي الميكرومتر و يسمى هذا النوع بالخطأ الصفري. و هذه النوعية من الأخطاء يمكن تصحيحها بمعايرة أداة القياس. ولتصحيح الخطأ الصفري للميكرومتر مثلا 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.

(أ) 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. .

2-4-6 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 المقاسة، فقد تم تحديد درجة حرارة قياسية (20 مْ) يتم عندها قياس الأطوال و يعتبر الطول المقاس في هذه الحالة هو الطول الحقيقي (ل). فإذا حدث و تم القياس عند درجة أخرى (د) فإن الطول المقاس ($ل_د$) سيختلف عن (ل)، ويكون الخطأ (خ) في هذه الحالة:

$$خ = ل_د - ل$$

$$= ل م (د - 20)$$

$$ل_د = ل [1 + م (د - 20)]$$

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 المقاس عند 30 مْ، و خطأ القياس الناتج في هذه الحالة، علماً بأن معامل التمدد الحراري الطولي للنحاس = 16.5×10^{-6}/ مْ.

الحل:

$$ل_د = ل [1 + م (د - 20)]$$

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

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

خ = ل$_{ح}$ – ل
$= 400 – 400.066$
$= 0.066$ مم

2-2-4-6 حساب خطأ عدم المحاذاة

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

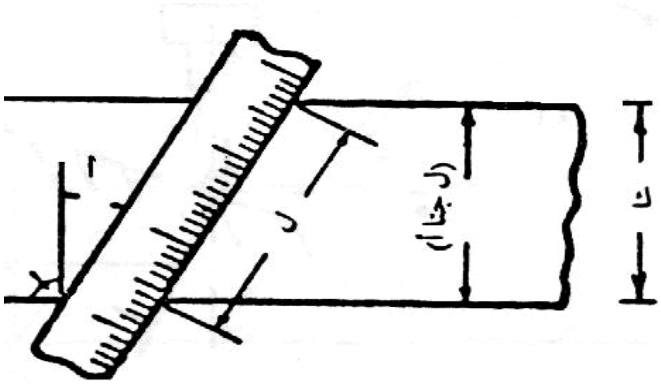
(أ) عدم محاذاة مسطرة القياس للاتجاه الصحيح للبعد المطلوب قياسه

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:

خ = ل – ك

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

خ = ل – ل جتاأ
= ل(١ – جتاأ)



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

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

خ = ل(١ – جتاأ)

= 150 (١ – جتا 6^o)

= 0.822 مم

و بالتالي يصبح الطول الحقيقي (ك):

ك = ل – خ

= 150 –0.822

= 149.178 مم

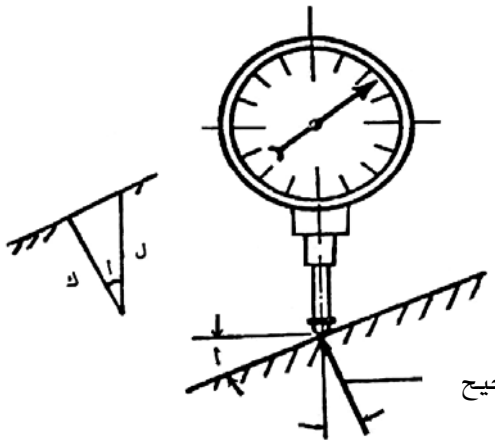
و يكون الخطأ النسبي = $\frac{\text{خ}}{\text{ك}}$

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

(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 – جتاأ)



اتجاه القياس الصحيح

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:

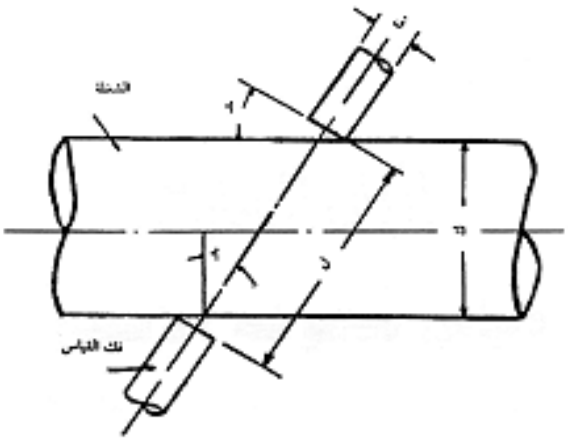
خ = ل (1 – جتاأ) + ق جاأ

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.

3-4-6 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.

إذا أخذنا مثالاً لحافلة مدرسية تقوم بنقل الطلاب من منازلهم إلى المدرسة كل صباح، و تعيدهم بعد نهاية اليوم لمنازلهم، فسنجد أن مسؤلي المدرسة يتخذون كافة الاحتياطات اللازمة ،من حيث الصيانة الدورية للحافلة و التدريب الكافي للسائق، لكي تتم عملية نقل الطلاب بدون تأخير و حتى يكون هناك موعد ثابت لوقت الذهاب و لوقت الإياب لكل طالب. كل هذه الاحتياطات ستؤدي حتماً لتقليص احتمال حدوث تأخير في مواعيد نقل الطلاب، ولكنها لا يمكن أن تلغي تماماً هذا الاحتمال. فقد تكون الحافلة على أكمل وجه من حيث الصيانة، ولكن قد يحدث عطل فجائي غير متوقع كانفجار أحد الإطارات أو ربما عطب أحد الأجزاء الداخلية في المحرك، أو أن الطرق مزدحمة على غير المعتاد في يوم ما لسبب غير واضح و من ثم يحدث بعض التأخير. يمكن أيضاً أن يحدث بعض التأخير بسبب وجود حملة مرور تفتيشية تستوقف بعض المركبات بصورة عشوائية، أو أن هناك بعض الأعمال الإنشائية في أحد الطرق المؤدية للمدرسة. و يتضح أن مثل هذه الأسباب، و غيرها كثير، لا تكون معلومة مسبقاً ولا تحدث بصورة منتظمة و لكنها تتسبب جميعاً في تأخر الحافلة. لذلك فإنه عندما يحدد السائق موعد الذهاب و الإياب لكل طالب، فإنه لا يحدد له موعد ثابت تماماً بالدقيقة و الثانية، لأن في ذلك استحالة كما رأينا، و إنما يحدد له فترة زمنية معينة يختارها السائق بناءً على خبرته اليومية و معرفته بكافة الظروف المصاحبة لعملية نقل الطلاب. فمثلاً يكون الموعد من الساعة 7:05 إلى الساعة 7:15 صباحاً و من 1:40 إلى 1:50 بعد الظهر. و مع ذلك فهناك احتمال حدوث تأخير للحافلة و ذلك نتيجة لسبب اضطراري لم يتوقع السائق حدوثه أو ربما لا يعرفه أصلاً و لكنه فوجئ به و بالتالي لم يستطع تحديد فترة التأخير الاضطرارية.

و إذا أجرينا مقارنة بين عملية نقل الطلاب و عملية إجراء القياس، نجد أن هناك تشابه كبير، فالاحتياطات التي تؤخذ من أجل الحد من أعطال الحافلة تناظر تحديد ، و بالتالي تصحيح، الأخطاء النظامية (كخطأ درجة الحرارة و خطأ عدم المحاذاة). أما الأسباب الأخرى التي قد تؤدي إلى تأخير الحافلة وغالباً ما تكون غير معلومة تماما، فهي تناظر أخطاء القياس العشوائية. فعندما يقوم شخص بقياس وزنه عدة مرات متتالية في نفس الوقت بواسطة ميزان فإنه سيقرأ عدة قراءات مختلفة رغم أن وزنه الحقيقي لم يتغير أثناء القياس. يحدث ذلك رغم أن الميزان معاير حديثاً و تم تصحيح خطأه الصفري، و درجة الحرارة لم تتغير ، و الشخص ينظر عمودياً على اتجاه المؤشر (أو يقرأ القيمة مباشرة من على الشاشة)، إلى غير ذلك من كافة الاحتياطات التي تلغي تقريباً أسباب الأخطاء النظامية. لابد إذاً من وجود أخطاء أخرى مجهولة المصدر تسبب اختلاف قراءات الميزان، هذه هي الأخطاء العشوائية.

و في قياس الأطوال توجد أيضاً أخطاء عشوائية، فعند استخدام القدمة مثلاً يمكن أن تتعدد القراءات لنفس القيمة المقاسة بالرغم من إجراء القياس في نفس الظروف. و قد نقوم بالتخمين لكي نتوقع مصادر هذه الأخطاء، كاختلاف الضغط على القطعة المقاسة، أو لوجود بعض ذرات الغبار على سطحي القياس تختلف كميتها نتيجة لتكرار القياس و من ثم تتغير القراءة،أو ربما يوجد خلل إلكتروني بسيط في شاشة القدمة الرقمية. و هكذا توجد احتمالات كثيرة و لكنها غير مؤكدة لأسباب حدوث الأخطاء العشوائية، و من ثم فلا يمكننا حساب قيمة محددة لقيمة الخطأ العشوائي. لذلك فقد أجريت العديد من الدراسات لإيجاد طرق إحصائية لتقدير، وليس لحساب، قيمة الخطأ العشوائي و الذي تم استبدال اسمه بالظنية أو بالشك (Uncertainty) لأن كلمة خطأ تعني قيمة محددة يمكن حسابها (كما تم حساب بعض الأخطاء النظامية)، أما الظنية فهي النطاق المحتمل لما نظن أنه الخطأ العشوائي. ولإيضاح مدلول الظنية نفرض أن القيمة التي تم تقديرها للظنية = 10± ميكرون، و حيث أن هذه القيمة تقديرية تحتمل الصواب و الخطأ، فهي لا تكفي وحدها لتحديد الظنية بل تصاحبها قيمة أخرى تسمى مستوى الموثوقية (Level Confidence) و تُعطى في صورة نسبة مئوية. فإذا كانت هذه النسبة = 99% مثلاً فهذا يعني أن احتمال صحة الحسابات التي أجريت لتقدير قيمة الظنية = 99%، أي أن قيمة الخطأ العشوائي يحتمل ألا تزيد عن 10+ ميكرون، وألا تقل عن 10– ميكرون بنسبة 99% ، و بالتالي فهناك احتمال ضئيل (1%) أن تتعدى قيمة الخطأ العشوائي 10± ميكرون.

و يجب التأكيد على أن ضآلة قيم الأخطاء النظامية أو نطاق الأخطاء العشوائية (الظنية)، لا يعني أنه يمكن إهمالها أو التجاوز عنها، لأن هذا شيء نسبي يعتمد أساساً على التطبيق العملي الذي يتم القياس من أجله. فإذا كان مدى التفاوت المسموح كبيراً، فيمكن في هذه الحالة التجاوز عن قيمة الخطأ، أما في التطبيقات التي تسمح بتفاوت محدود فيجب أن نحدد تماماً قيمة خطأ القياس، و قد يلزم أيضاً استخدام أجهزة قياس متطورة ذات دقة بالغة بدلاً من أدوات القياس التقليدية.

تمارين

(١) قارن بين كل من:

(أ) الأخطاء النظامية و الأخطاء العشوائية.

(ب) دقة القياس و حساسية القياس.

(٢) قطعة شغل مصنوعة من الصلب درجة حرارتها = 30 مْ، تم قياسها في مختبر القياسات و لم تترك الوقت الكافي لتتساوى درجة حرارتها مع درجة حرارة جهاز القياس (20 مْ). فإذا كان الطول المقاس للقطعة = 500.0288مم، احسب الطول الحقيقي للقطعة المقاس ، و خطأ القياس الناتج في هذه الحالة، علماً بأن معامل التمدد الحراري الطولي للصلب = 11.5×10^{-6}/ مْ.

{500 مم ،0.0288 مم}

(٣) مشغولة مصنوعة من الألومنيوم طولها الحقيقي = 300 مم، تم قياسها في مختبر القياسات و لم تترك الوقت الكافي لتتساوى درجة حرارتها مع درجة حرارة أداة القياس (20 مْ). فإذا كان خطأ القياس الناتج من اختلاف درجات الحرارة = 0.0966 مم، احسب الطول الفعلي للقطعة ، و درجة حرارة القياس، علماً بأن معامل التمدد الحراري الطولي للألومنيوم = 23×10^{-6}/ مْ.

{ ٣٠٠.0966مم، 34 مْ }

(٤) قام فني في أحد مختبرات القياس باستخدام مسطرة مدرجة ليقيس أحد الأبعاد الطولية، فسجل قراءة مقدارها 142.1مم. و لكنه اكتشف أن حرف المسطرة لم يكن موازياً تماماً لاتجاه البعد المقاس، و نتج عن ذلك زاوية عدم محاذاة مقدارها 7^o . ماذا تقترح على هذا الفني ليحصل على القيمة الحقيقية للبعد الذي قام بقياسه؟

(٥) عمود قطره الحقيقي 10 سم، تم استخدام ميكرومتر قياس خارجي للتأكد من قيمة هذا القطر. فإذا كانت هناك زاوية ميل بين محور العمود و سطحي فكي القياس مقدارها 8^o أثناء القياس، و قطر فك القياس = 5 مم، احسب قيمة الخطأ الناتج و الطول المقاس و كذلك الخطأ النسبي.

قياسات

مدخل إلى ضبط الجودة

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الوحدة السابعة

مدخل إلى ضبط الجودة

الجدارة

التعرف على المفاهيم الأساسية لضبط الجودة

الأهداف

عندما تكمل هذا الفصل يكون لديك القدرة على معرفة:

- الفرق بين ضبط الجودة و توكيد الجودة
- الجهات المسؤولة عن جودة المنتج في المنشآت الصناعية
- المقاييس العالمية لنظم إدارة الجودة
- أساسيات خرائط التحكم

مستوى الأداء المطلوب

أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للتدريب

4 ساعات

متطلبات الجدارة

اجتياز الوحدات السابقة

1-7 مقدمة

تواكب الاهتمام بجودة المنتجات مع بداية الثورة الصناعية في أوائل القرن العشرين، وقد نبع هذا الاهتمام من حرص المنتجين و المصدرين على منافسة سلعهم في الأسواق و تحقيق أعلى نسب مبيعات. و من البديهي أن ترتبط الجودة بالقياسات بل يمكن القول إنهما وجهان لعملة واحدة. فأحد أهم عناصر المنتج الجيد أن تكون أبعاده الفعلية مطابقة (مع نسبة تفاوت مسموحة) لأبعاده الاسمية. لذلك فإنه من الضروري بعد دراسة قياسات الأبعاد المختلفة، أن نتعرف على المبادئ الأساسية التي تتحكم في تحديد جودة المنتج، و هذا ما ستحتويه هذه الوحدة.

2-7 تعريفات أساسية

(أ) الجودة (Quality)

هي مجمل الصفات و الخصائص ،لمنتج أو لخدمة، و التي تظهر مدى قدرة هذا المنتج أو هذه الخدمة على الوفاء بمتطلبات محددة أو مفترضة من هذا المنتج أو هذه الخدمة. و كما يتضح من التعريف أن الجودة لا تخص فقط المنتجات بأنواعها المتعددة، و إنما تشمل أيضاً الخدمات المختلفة كالخدمات الصحية و الفندقية و التعليمية وإلى غير ذلك من الخدمات و التي أدت المنافسة بين الجهات التي تقدمها إلى رغبة العميل المتزايدة في الحصول على تلك الخدمات بصورة جيدة.

و المتطلبات المحددة التي وردت في تعريف الجودة ، يتم النص عليها بوضوح عند التعاقد، أما المتطلبات المفترضة فهي متغيرة مع احتياجات السوق ولذلك يجب تعريفها و إيجادها بناء على متغيرات السوق. و المتطلبات، سواء المحددة أو المفترضة، تشمل السلامة و الإتاحية والقابلية للصيانة والاعتمادية و القابلية للاستخدام و اقتصادية السعر و التأثير على البيئة. و يمكن بسهولة تعريف السعر تبعاً للعملة السائدة في البلد التي يتم فيها بيع المنتج أو توفير الخدمة. أما المتطلبات الأخرى فيتم تعريفها عن طريق تحويل صفات و خصائص المنتج الجيد أو الخدمة الجيدة إلى مجموعة من المواصفات. و بالتالي يكون مدى تطابق المنتج أو الخدمة مع المواصفات الموضوعة، بمثابة مقياس كمي و عملي للجودة. و بناءً على ذلك، فإذا لم تحقق المواصفات الموضوعة رضاء العميل (أو ملائمة المنتج أو الخدمة للاستخدام، فلابد من تعديل هذه المواصفات لأنها أساساً و ضعت لتحقيق رغبات العميل. كما أن ذلك يتماشى مع طبيعة تغير احتياجات السوق مع الزمن و بالتالي يجب تعديل المواصفات بناءً على كافة المتغيرات.

(ب) ضبط الجودة (Quality Control)

هو استخدام الأساليب و الأنشطة المختلفة لتحقيق و إبقاء و تحسين جودة المنتج أو الخدمة. و يشمل ذلك تكامل كل من الأساليب و الأنشطة التالية:

1- مواصفات لكل الاحتياجات

2- تصميم المنتج أو الخدمة للوفاء بالمواصفات

3- الإنتاج أو التركيب للوفاء بمضمون محتوى المواصفات

4- الفحص بغرض تحديد التطابق مع المواصفات

5- متابعة الاستعمال للحصول على معلومات تفيد في تعديل المواصفات إذا احتاج الأمر

و من البديهي أنه إذا تم استغلال هذه الأساليب و الأنشطة الاستغلال الأمثل، فإن ذلك سيؤدي حتما لوصول المنتج أو الخدمة للعميل بأعلى جودة و أقل سعر، ويكون الهدف دائماً هو التحسين المستمر للجودة.

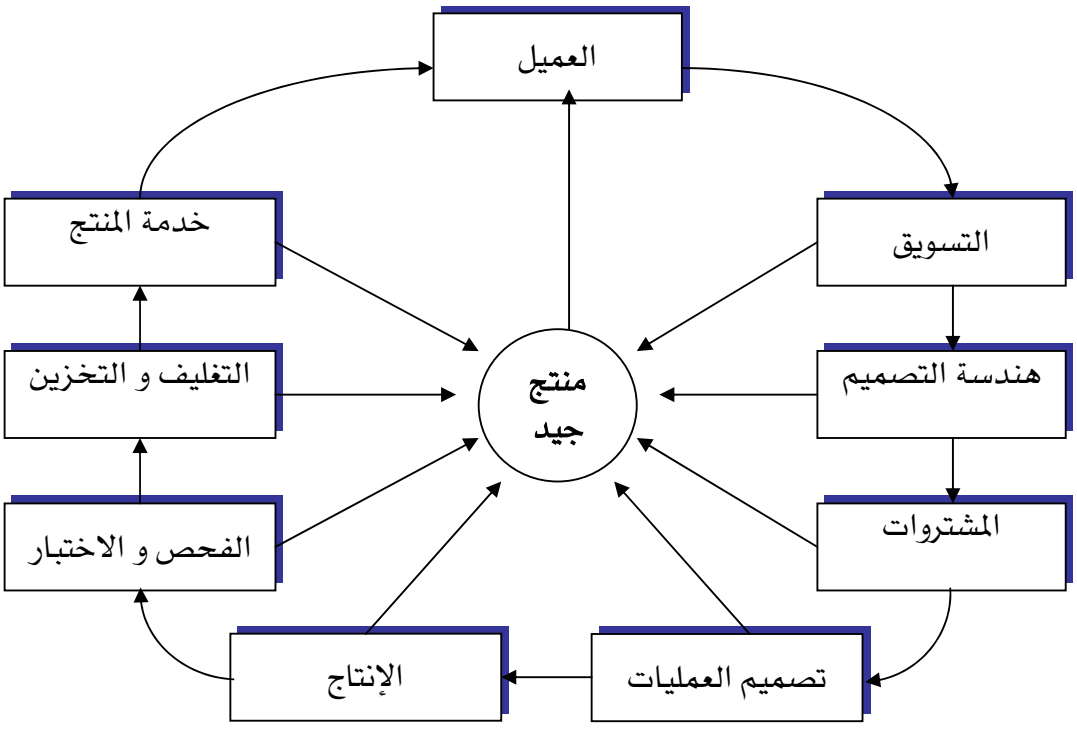
(ج) توكيد الجودة (Quality Assurance)

هو جميع الإجراءات (التخطيطية و النظامية) اللازمة لإكساب الثقة الكافية بأن المنتج، أو الخدمة، سيفي بمتطلبات الجودة. و يشمل توكيد الجودة أيضاً التحقق من أن الجودةالفعلية هي الجودة المطلوبة. و يتضمن ذلك التقييم المستمر للفاعلية و الملائمة مع الأخذ في الاعتبار ضرورة معرفة مقاييس زمنية تصحيحية و المبادرة بتفعيل نتائج التقييم إذا احتاج الأمر.

و يجب أن نفرق بين ضبط الجودة و توكيد الجودة، فالأول يهتم بالمواصفات و الإنتاج و التركيب و الفحص و متابعة الاستعمال، أما توكيد الجودة فبالإضافة إلى هذه الأنشطة، يهتم أيضاً بالنظام الكلي للجودة و الذي يشتمل على عدة عناصر أخرى سيتم عرضها لاحقاً في هذه الوحدة.

3-7 مسؤولية الجودة (Responsibility for Quality)

على من تقع مسؤولية تحقيق الجودة ؟ سؤال في غاية الأهمية و لابد من تحديد إجابته حتى لا تتيه المسؤولية، وبالتالي تضيع الجودة، بين الجميع في المنشأة الصناعية أو الخدمية التي تهتم بالجودة. و المنشأة هي الجهة المعنية بتصنيع المنتج أو تقديم الخدمة كالشركة أو المصنع أو المؤسسة أو الهيئة أو المنظمة إلى غير ذلك من المسميات المختلفة. و نظراً لاهتمامنا بمجالات الإنتاج المختلفة، فسيتم التركيز على طبيعة الأنشطة في المنشآت الصناعية في بقية هذه الوحدة. و قد يتبادر سريعاً إلى الذهن أن الوصول إلى منتج ذي جودة عالية تحقق الوفاء برغبات العميل، هو مسؤولية القائمين على أقسام الإنتاج في المنشأة الصناعية، حيث أن درجة مهارة التصنيع لديهم هي التي ستحدد جودة المنتج أو عدمها. ورغم ما للتصنيع أهمية بالغة في تحديد جودة المنتج، إلا أن الدراسات و الإحصاءات التي تمت في هذا المجال قد أثبتت أن هناك عناصر أخرى تؤثر في إرضاء العميل و بالتالي تتأثر الجودة بتلك العناصر. فإذا نظرنا إلى شكل (7-1)، نجد أن الوصول إلى منتج جيد يحتاج إلى مساهمة كافة الأنشطة الموجودة في المنشأة الصناعية بدءًا من التسويق و انتهاء بخدمة المنتج. و من ثم، فإن الإجابة على السؤال المطروح هي أن مسؤولية جودة المنتج تقع على عاتق الجميع ولا تنفرد بها جهة واحدة أو عدة جهات معينة في المنشأة الصناعية.



شكل (7-1): الجهات المسؤولة عن الجودة في المنشأة الصناعية.

و قد تم وضع الشكل على صورة دائرة مغلقة يقع العميل على قمتها، فهو الذي يتلقى المنتج بعد أن تسهم الأنشطة الأخرى في المنشأة الصناعية في إخراج المنتج بالجودة المطلوبة. و يأتي ترتيب كل نشاط من هذه الأنشطة في الدائرة حسب تسلسله المنطقي في دورة المنتج. و يختلف المسمى الإداري الذي يعطى لكل من أنشطة المنشأة الصناعية، ففي بعض المنشآت يستخدم مسمى قسم و في منشآت أخرى إدارة، وقد تندمج بعض الأنشطة تحت مسمي قطاع وذلك تبعاً للهيكل الإداري الأساسي للمنشأة. و لكي نتعرف على تأثير كل من هذه الأقسام قسم عن جودة المنتج، سنناقش دور و مسؤوليات كل قسم على حده.

7-3-1 التسويق (Marketing)

يعتبر التسويق بمثابة حلقة الوصل بين العميل و المنشأة الصناعية، فالعميل لا يرى أي فرد من العاملين في المصنع و لكنه يلتقي بمندوب المبيعات أو مسؤول التسويق، لذلك فالتسويق هو واجهة المنشأة. و يقوم التسويق بتقييم درجة جودة المنتج التي يحتاجها العميل و إمداد المنشأة الصناعية بالمعلومات الخاصة بالجودة و متطلبات الجودة. و يتم ذلك بالاستعانة بحجم المبيعات المحققة، و شكاوى العملاء التي تعكس عدم رضاهم من بعض أمور محددة في المنتج، و كذلك تقارير الصيانة التي تعطي مؤشراً للمشاكل المتكررة و التي تتسبب في عدم ارتياح العميل. و يمكن لمسؤولي التسويق الحصول على مثل هذه المعلومات أيضاً من خلال زيارات يقومون بإجرائها لمواقع العملاء و كذلك عن طريق عقد ندوات و ورش عمل يدعى فيها العملاء لمناقشة كافة متطلباتهم و شكاواهم التي تتعلق بالمنتجات. و يستطيع قسم التسويق الحصول على معلومات أخرى تفيد في تحسين المنتج و جودته مثل شكل المنتج و لونه و طعمه و رائحته و طبيعة استخدامه و تأثيره على البيئة و كيفية تركيبه و نوعية تغليفه.

7-3-2 هندسة التصميم (Design Engineering)

يقوم قسم هندسة التصميم بترجمة متطلبات العميل إلى معايير عملية و مواصفات محددة للمنتجات الجديدة أو لتعديل المنتجات الحالية. و لابد من الالتزام بالبساطة في التصميم و عدم التعقيد و الالتزام بمتطلبات العميل. و لكي تتم الفائدة المرجوة، تقوم هندسة التصميم بإشراك الأقسام الأخرى مثل المشتروات و الإنتاج و الجودة أثناء مراحل التصميم. و من الأفضل عند تصميم أجزاء المنتج استخدام عناصر تصميمية قياسية كلما كان ذلك ممكناً. و يتم أيضاً في التصميم مراعاة تفاوتات الأبعاد المسموحة بحيث لا يكون نطاقها واسع فيزيد احتمال انخفاض الجودة، كما أنها لا يجب أن تكون ضيقة فتحتاج لماكينات تشغيل و معدات قياس ذات دقة عالية و من ثم ترتفع التكلفة النهائية للمنتج. و تختص أيضاً هندسة التصميم باختيار المواد الخام طبقاً للاحتياجات المطلوبة في المنتج، و مراعاة الأمن و

السلامة عند استخدام المنتج و كذلك طبيعة الصيانة. و بناء على ذلك تتم مراجعة التصميم على مراحل لكي يتم تحديد أية مشاكل أو عدم توافق قبل إرساله لقسم الإنتاج. و يمكن القول بأن الجودة يتم وضعها على المنتج أثناء تصميمه و قبل إرسال التصميمات للتصنيع.

7-3-3 المشتروات (Procurement)

من الأمور المسلم بها أن الخامة ذات الخواص الجيدة و المناسبة لطبيعة المنتج، تظهر المنتج النهائي في أحسن صورة و تجعله يؤدي و وظيفته على أفضل وجه. لذلك فتوفير الخامات الجيدة و المناسبة يلي التصميم في الحصول على الجودة المطلوبة. و الخامات التي يتولى قسم المشتروات شرائها، إما أن تكون قياسية كالحديد الصلب و النحاس، أو قطع بسيطة مثل المسامير و المواسير و الوصلات، أو قطع مركبة كالتروس و الأعمدة، أو قطع متكاملة و أساسية لعمل المنتج. و يقوم قسم المشتروات بالشراء إما من الموردين المتاحين في السوق، أو من مورد محدد أثبت من خلال التعاملات المتعددة معه حسن التزامه بالمواصفات المطلوبة و كذلك إعطاء أفضل سعر متاح في السوق. و لكن لهذا الأسلوب عيب هام و هو أنه في حالة عدم قدرة هذا المورد على توفير الخامات المطلوبة ،لأي أسباب طارئة تعرض لها كالحرائق أو الكوارث الطبيعية أو أعطال الماكينات أو عدم توفر العمالة أو أي صعوبات اقتصادية تتسبب في توقف نشاط المورد لفترة معينة. و يقوم قسم المشتروات بالتأكد من جدية و التزام المورد بتوريد الخامات الجيدة المطلوبة عن طريق عمل إحصاءات لما قام هذا المورد بتوريده من قبل للمنشأة من حيث الالتزام بالمواصفات و مواعيد التوريد. كما يقوم مندوبون من قسم المشتروات بعمل زيارات ميدانية لمنشأة المورد، يتم فيها مشاهدة إمكانياته على الطبيعة ، و كذلك التعرف على إجراءات ضبط الجودة لديه. ويتم أيضاً خلال هذه الزيارات تجميع بيانات عن نظام الجودة الذي يتبعه المورد و ذلك بهدف تقييمه من أجل اتخاذ قرار باستمرار التعامل مع هذا المورد أو استبداله بمن هو أفضل. و يتم هذا التقييم باتباع أساليب فنية معينة لا يتسع المجال هنا للإفاضة و الإسهاب فيها.

7-3-4 تصميم العمليات (Process Design)

تقع على قسم تصميم العمليات مسؤولية اختيار و تطوير العمليات التصنيعية من أجل الحصول على منتج جيد، و يتضمن ذلك تخطيط الإنتاج و الأنشطة المساندة. و يتم عمل مراجعة لتصميم العمليات لتوقع أي مشاكل متعلقة بالجودة و مرتبطة بالمواصفات. فعلى سبيل المثال، إذا ثبت أن نطاق التفاوتات المسموحة ضيق جداً، فيوجد اختيار من الاختيارات الخمسة التالية.: شراء معدات جديدة، أو مراجعة

نطاق التفاوتات، أو تحسين العمليات التصنيعية، أو مراجعة التصميم، أو فصل المنتجات المعيوبة أثناء الإنتاج. و يهتم أيضاً تصميم العمليات بالتكلفة و زمن التنفيذ و كذلك الترتيب المنطقي لعمليات التصنيع لتقليل أي صعوبات مثل تناول المواد القابلة للكسر أثناء التشغيل. و إلى جانب ما سبق، فتصميم العمليات يهتم أيضاً بتصميم و سائل الفحص و الصيانة لمعدات الإنتاج.

7-3-5 الإنتاج (Production)

تقع مسؤولية تصنيع المنتج على قسم الإنتاج، متمثلاً أساسا في المشرف المسؤول عن الإنتاج. فهو بالنسبة للعمال ممثل الادارة و يستطيع ،بحماسه و التزامه بالجودة، حث العمال على إدراك أهمية الجودة في كل قطعة و جزء يقومون بتصنيعه و بالتالي في المنتج النهائي. و يتولى مشرف الإنتاج إمداد العمال بأنسب العدد لإنجاز العمليات التشغيلية المختلفة، و إعطاءهم الإرشادات اللازمة عن كيفية تنفيذ العمل و درجة الجودة المتوقعة منه و كذلك إبلاغهم بأي ملاحظات عن أدائهم. و لا بد من إعطاء العمال التدريب الكافي على مفاهيم الجودة ليعلموا تماماً المطلوب منهم و مدى التأثير المباشر لعملهم على جودة المنتج. و يجب أيضاً حث العمال و تحفيزهم من أجل تحسين أدائهم و تدريبهم على عمل إحصاءات ذاتية عن هذا الأداء.

7-3-6 الفحص و الاختبار (Inspection and Testing)

يختص قسم الفحص و الاختبار بتقييم جودة المشتروات و المنتج النهائي و يكون ذلك في شكل تقارير مكتوبة. و على ضوء هذه التقارير تتخذ الأقسام المعنية قرارات تصحيحية إذا لزم الأمر. و قد يكون الفحص و الاختبار قسم مستقل بذاته أو يكون فرع من توكيد الجودة، أما بالنسبة لموقعه فقد يكون في نفس موقع الإنتاج أو يكون مع توكيد الجودة. و وجود قسم الفحص و الاختبار لا يلغي الفحص الذي يتم على خطوط الإنتاج. و من الأساسيات الواجب توافرها في قسم الفحص و الاختبار، أجهزة دقيقة و معايرة لإجراء الاختبارات المطلوبة. بالإضافة لذلك ينبغي متابعة أداء الفنيين المسؤولين عن إجراء الفحص و الاختبار.

7-3-7 التغليف و التخزين (Packaging and Storage)

بعد أن يخرج المنتج النهائي من الفحص و الاختبار، لابد من المحافظة على جودته التي اكتسبها خلال دورة تصنيعه. هذه هي مسؤولية التغليف و التخزين، فربما تسبب أسلوب غير سليم للتغليف أو

التخزين في إتلاف منتج جيد. و يجب أيضاً مراعاة طريقة نقل المنتج، لذلك فهناك مواصفات و ضعت خصيصاً لهذا الغرض. و تحدد هذه المواصفات وسيلة نقل المنتج، سواء برية أو بحرية أو جوية، و الاهتزازات المسموحة أثناء النقل، و ظروف التخزين من حيث درجة الحرارة و الرطوبة و الأتربة، و كذلك طريقة التحميل الصحيحة للمنتج حتى لا يتعرض للكسر على سبيل المثال.

7-3-8خدمة المنتجات (Product Service)

و يسمى هذا النشاط أحياناً بخدمة ما بعد البيع، و هو مسؤول عن إمداد العميل بكل الوسائل التي تمكنه من استخدام المنتجات استخداماً مثالياً خلال عمرها الافتراضي. و يشمل ذلك البيع، و التوزيع، و التركيب، و الدعم الفني، و الصيانة، و التخلص من المنتج بعد استهلاكه. و من الأمور البديهية التي تحقق رضاء العميل و التي يحرص على تحقيقها قسم خدمة المنتجات،الصيانة الفورية للمنتج إذا تلف أثناء فترة الضمان، أو تم تركيبه بطريقة خاطئة. و يكون هناك تنسيق دائم بين خدمة المنتجات و التسويق بهدف تحديد مستوى الجودة سواء الذي يرغبه ، أو يحتاجه، أو يحصل عليه العميل بالفعل.

7-3-9 توكيد الجودة (Quality Assurance)

بالرجوع إلى شكل (7-1)، نجد أن توكيد الجودة (أو ضبط الجودة و بغض النظر عن الفرق بينهما) ليس له تأثير مباشر على الجودة لذلك فهو لا يظهر على الشكل. و لكنه في الواقع يعطي الدعم لكافة الأقسام المسؤولة عن الجودة، و هو ليس مسؤولا عن التقييم المستمر لفاعلية نظام الجودة، و لكن يقوم بتحديد فاعليته عن طريق تقييم مستوى الجودة الحالي، كما أنه يقيم الأنشطة التي لديها بعض المشكلات، أو متوقع حدوث مشكلات فيها بخصوص الجودة، و يساعد على تصحيح أو تقليل تلك المشكلات. و يمكن القول باختصار أن الهدف الأساسي لتوكيد الجودة هو تحسين الجودة بالتعاون مع بقية الأقسام المسئولة عن الجودة.

4-7 نظم إدارة الجودة (Quality Management Systems, QMS)

لكي يؤدي توكيد الجودة مسؤولياته التي تمت مناقشتها، فلابد و أن يرتكز على نظام اداري يضمن له تحقيق الأهداف التي تم وضعها للوصول إلى الجودة المطلوبة. هذا النظام يسمى نظام إدارة الجودة. و يشمل هذا النظام كافة أنشطة المنشأة الصناعية التي تتعلق بالجودة و التي وردت في شكل (7-1). و يحتاج نظام إدارة الجودة عند إنشائه، و بالتالي لتطبيقه في المنشأة الصناعية، لعدة عناصر منها على سبيل المثال و ليس الحصر:

1-التحديد التام لمسؤولية الإدارة عن إنشاء نظام إدارة الجودة و مدى التزامها بذلك.

2- إعداد إجراءات محددة لجميع الأنشطة المتعلقة بالجودة في المنشأة ليقوم بتنفيذها الأفراد القائمين على هذه الأنشطة.

3- مراجعة العقود، سواء مع الموردين أو العملاء، لتأمين تنفيذها و وفاءها بالمتطلبات التي تحتويها.

4- مراقبة التصميم للتأكد من اكتماله و الوفاء باحتياجات العميل.

5- ضبط و مراقبة الوثائق و البيانات الخاصة بكل ما يتعلق بالجودة.

6- ضبط و مراقبة المشتروات للتحقق من أن الخامات التي تم شراؤها مطابقة للمواصفات المطلوبة.

7- ضبط عمليات الإنتاج و التركيب و الخدمة التي تؤثر مباشرة على الجودة.

8- الفحص و الاختبار للتحقق من تنفيذ المتطلبات المحددة للمنتج.

9- مراقبة معدات القياس و الاختبار للتأكد من ملاءمتها لاحتياجات القياس المطلوبة و كذلك دقتها في القياس و معايرتها الدورية.

10- إعداد إجراءات تصحيحية و وقائية للحد من حدوث حالات عدم تطابق المنتج مع المواصفات المطلوبة.

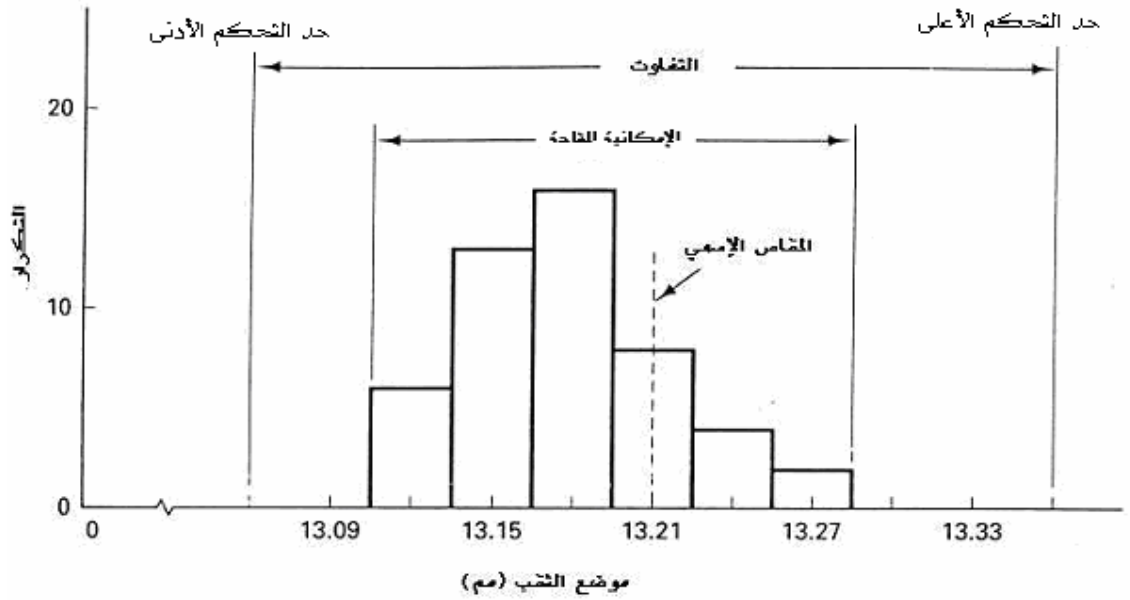
هذا و قد تم وضع عدة مواصفات دولية قياسية لنظم إدارة الجودة لتكون بمثابة معايير متفق عليها يمكن بواسطتها تقييم أنظمة إدارة الجودة الفعلية المطبقة في المنشآت. و من أشهر هذه المواصفات و أوسعها انتشاراً على المستوى العالمي، مجموعة مواصفات ISO 9000 و التي أصدرتها عام 1994 المنظمة الدولية للتوحيد القياسي ISO و تم تحديثها عام 2000. و تحتوي هذه المواصفات على عدد من المتطلبات تغطي جميع الأنشطة المؤثرة في الجودة في المنشأة، فإذا حققت المنشاة هذه المتطلبات يتم منحها شهادة مطابقة لنظام إدارة الجودة لديها مع نظام إدارة الجودة القياسي ISO 9000. و يتم بعد ذلك مراجعة نظام إدارة الجودة على فترات معينة للتأكد من التزام المنشأة بالحفاظ على متطلبات النظام القياسي.

5-7 خرائط التحكم (Control Charts)

عندما تكتمل كافة العناصر التي تؤثر في جودة المنتجات، فان ذلك لابد و أن يؤدي إلى الوصول إلى منتجات جيدة و تتقارب سماتها إلى حد يقترب من التطابق. و لكن من المسلمات البديهية أنه لا توجد قطعتان متطابقتان تطابقاً مطلقاً و إنما تكون درجة التطابق متناسبة مع درجة الجودة. و الاختلاف في المنتجات يمكن تصنيفه بصفة عامة كالتالي:

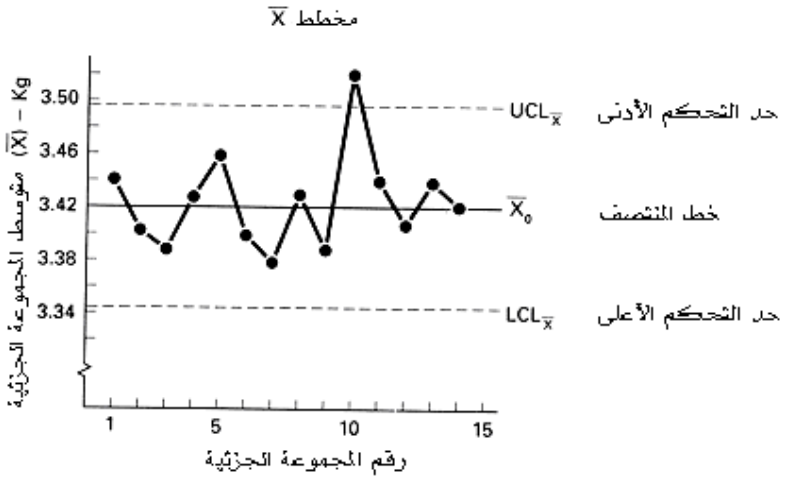
(أ) اختلاف في نفس القطعة، كتغير درجة خشونة السطح من موضع إلى موضع أخر.
(ب) اختلاف بين قطعة و أخرى، كاختلاف شدة الإضاءة بين خمس لمبات تم تصنيعها في نفس الظروف.
(ج) الاختلاف نتيجة اختلاف وقت التصنيع، فالمنتجات التي تصنع في الصباح تختلف عن تلك التي تصنع في نهاية اليوم، و ذلك نتيجة لعدة متغيرات منها على سبيل المثال استهلاك حدود القَطع بسبب كثره الاستخدام.

و ترجع الاختلافات في المنتجات إلى أربعة عوامل رئيسية هي الآلات و المعدات و الأجهزة المستخدمة في الإنتاج، طبيعة الخامة المستخدمة، البيئة المحيطة بالعمل، و أخيراً العمالة التي تقوم بالتصنيع. و من الطبيعي أن تتعاون كل أنشطة المنشأة لتقليل قيم هذه الاختلافات لأن ذلك يؤدي بالتبعية إلى زيادة جودتها. لذلك يتم استخدام عدة أساليب لإظهار مدى الاختلاف بين عينات من المنتجات لتكون مؤشراً على درجة جودتها. ومن أهم و أشهر هذه الأساليب خرائط التحكم التي هي عبارة عن مخططات توضيحية لإظهار الاختلاف بين المنتجات التي تنتجها منشأة معينة. و يتم ذلك عن طريق التمثيل البياني لبعض المعلومات الملائمة لطبيعة المنتج و التي يمكن من خلال تحليلها للحكم على درجة الجودة كما هو مبين في شكل (2-7). و هذا الشكل يعطي مثالا مبسطاً لخريطة تحكم تم فيها تمثيل موقع أحد الثقوب المفترض أن يكون اسمياً على بعد 13.21 مم من مرجع اختياري و يسمح بتفاوت بحيث يكون على بعد 13.09 مم كحد أدنى ، و13.27 مم كحد أعلى، و قد تم عمل حصر لعدد من الثقوب كعينة. و يتضح من الشكل أن جميع الثقوب تقع داخل الحدود المسموحة، بل و في نطاق أضيق من التفاوت المسموح، و هذا يعكس درجة جودة مرتفعة. و إذا حدث و كانت نسبة كبيرة من مواضع الثقوب واقعة خارج نطاق التفاوت المسموح، فإن إظهار ذلك بواسطة خريطة التحكم يساعد على سرعة تحديد المشكلة المتسببة في حدوث هذه الانحرافات العالية و بالتالي يسهم في حلها الذي يؤدي غالباً إلى تحسين الجودة.



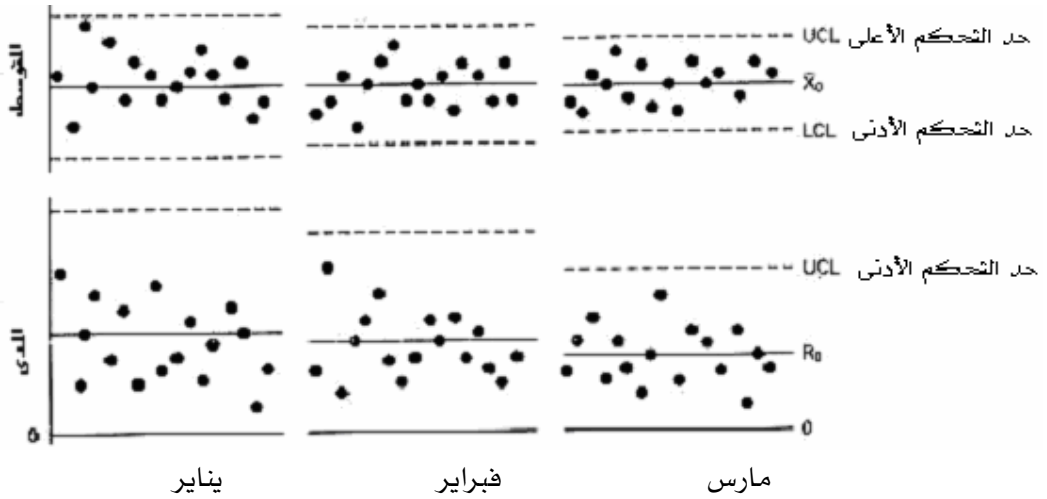
شكل (7-2): مثال لخريطة تحكم بسيطة

هذا و توجد أنواع متعددة من خرائط التحكم منها على سبيل المثال تلك التي يتم فيها تمثيل القيمة المتوسطة ($\overline{X}$) للمتغير الذي يتم اختياره ليعكس درجة الجودة، كما هو موضح بالشكل (7-3). و هذه الخريطة تعرض التغير في القيمة المتوسطة لوزن العينات على المحور الرأسي،أما المحور الأفقي فيمثل رقم العينة حسب ترتيب قياس وزنها. كذلك توجد خرائط تحكم يتم فيها تمثيل مدى التغير (R) للمتغير الذي يعبر عن الجودة و تسمى هذه الخرائط بمخططات R. و تبين مخططات $\overline{X}$ و R درجة تقارب أو تباعد بين قيم المتغير و هذا يعكس مباشرة درجة الجودة، فكلما زاد التقارب بين العينات دل ذلك على



شكل (7-3): خريطة تحكم على شكل مخطط $\overline{X}$.

ارتفاع الجودة و العكس صحيح . و على سبيل المثال، فقد تم رسم الخريطة الموضحة في شكل (7-4) بناء على بيانات تم تسجيلها في أوقات مختلفة من السنة، تم خلالها تطبيق بعض التعديلات (في إحدى العمليات التشغيلية مثلاً) بهدف تحسين الجودة. ويتضح من الشكل أن قيم المتغير تقاربت من بعضها البعض خلال شهري فبراير و مارس أكثر من شهر يناير، و هذا يعطي مؤشراً إيجابيا عن فاعلية التعديلات و بالتالي مدى مساهمتها في تحسين الجودة.



شكل (7-4): مخططي $\overline{X}$ و R على مدار ثلاثة أشهر.

هذا و يتم استخدام طرق إحصائية معينة لإجراء الحسابات الخاصة بتحديد قيم $\overline{X}$ بناءً على القياسات التي تجرى على العينات و على المدى R.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

١ -الرسم الفني للميكانيكا العامة، للمعاهد الثانوية الصناعية ، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، المملكة العربية السعودية ،١٩٩٥.

٢ -تكنولوجيا ميكانيكا الآلات للمدارس المهنية الثانوية ، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، المملكة العربية السعودية ،١٩٨٥.

٣ -الحساب الفني لميكانيكا الآلات للمدارس المهنية الثانوية، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، المملكة العربية السعودية ،١٩٧٩.

٤ -التكنولوجيا لمهن تشغيل المعادن، هكلر أند كوخ ، ألمانيا الاتحادية،١٩٧٧.

٥ -أجهزة القياس والمعايرة، أحمد زكي حلمي، دار الفجر للنشر والتوزيع ، القاهرة ،١٩٩٩.

ثانياً: المراجع الأجنبية

1- Technology Of Machine Tools, Steve F. Krar & J. William Oswald, McGraw-Hill Publishing Company , Fourth Edition , 1991.
2- Machine Tool Practices, Jon E. Neely & Roland O. Meyer & Warren T. White , John Wiley & Sons ,Inc., 2nd Edition , 1982
3- Experimental Methods for Engineers, J.P. Holman, Sixth Edition, 1994
4- Quality Control, Dale H. Besterfield, Prentice Hall, Fourth Edition, 1996
5- Catalogue, Starrett Company,U.S.A. ,1998
6- Catalog, Measuring Instruments, Mitutoyo Company, Japan ,1998
7- Catalog, Dimensional Metrology , Mahr Company, Germany.
8- Catalogue, Measuring Instruments, Mauser Company, Germany.
9- Catalogue, The Innovative Measurement Experts, Time Technology Europe, 2001
10- Catalogue, TESA, geräte und Systeme für Quälitatssicherung, Sweden, 1990
11- Including Geometric Feature Variations in Tolerance Analysis of Mechanical Assemblies, Kenneth W. Chase, Jinsong Gao, Spencer P. Magleby, Carl D.Sorensen
12- Catalogue, Fowler, Tool-A- Thon, internet Site, 2002
13- Surface Metrology guide Home, Internet Site, www.predev.com
14- ISO Hole and Shaft limits, Internet Site
15- Machining & Metrology Unit – Handout, Internet Site

الفهرس

المحتوى

الوحدة الأولى: قياس الأبعاد ---------- ١
1-1 أهمية قياس الأبعاد ---------- ٢
2-1 الفحص والقياس ---------- ٢
3-1 وحدات القياس ---------- ٣
4-1 معدات قياس الأبعاد ---------- ٧
5-1 فحص القلاووظات (اللوالب) ---------- ٢٥
الوحدة الثانية: قياس الزوايا ---------- ٣٤
1-2 مقدمة ---------- ٣٥
2-2 وحدات قياس الزوايا و الميول ---------- 35
3-2 معدات و محددات قياس الزوايا ---------- ٣٦
4-2 معدات و محددات قياس الميل ---------- ٤٠
الوحدة الثالثة: التفاوتات و الإزواجات ---------- ٤٨
-1 مقدمة ---------- ٤٨
2-3 التفاوتات ---------- ٤٨
3-3 الإزواجات ---------- ٥٦
4-3 محددات القياس الحدية ---------- ٦٤
الوحدة الرابعة: قياس خشونة الأسطح ---------- ٦٩
1-4 مقدمة ---------- ٧٠
2-4 تصنيف عدم استواء الأسطح ---------- ٧٠
3-4مقاييس الخشونة ---------- ٧٢
4-4 طرق قياس خشونة الأسطح ---------- ٧٥
5-4 رموز تشطيب الأسطح في الرسومات الهندسية ---------- ٧٨
6-4 العلاقة بين عمق الخشونة والتفاوت المسموح ---------- ٨٠

الوحدة الخامسة: قياس الشكل و الوضع ---------- ٨٤
5-1 مقدمة ---------- ٨٥
5-2 أنواع التفاوتات الهندسية ---------- ٨٦
5-3 أجهزة قياس التفاوتات الهندسية ---------- ٨٨
5-4 قياس تفاوت الوضع ---------- ٩١
الوحدة السادسة: أخطاء القياس ---------- ٩٤
6-1 مقدمة ---------- ٩٥
6-2 تعريفات أساسية ---------- ٩٦
6-3 أهمية خصائص معدات القياس ---------- ٩٨
6-4 أنواع أخطاء القياس ---------- ١٠٠
الوحدة السابعة: مدخل إلى ضبط الجودة ---------- ١٠٩
7-1 مقدمة ---------- ١١٠
7-2 تعريفات أساسية ---------- ١١٠
7-3 مسؤولية الجودة ---------- ١١٢
7-4 نظم إدارة الجودة ---------- ١١٧
7-5 خرائط التحكم ---------- ١١٨
المراجع ---------- ١٢١

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS