وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
اسم التشكيل :- المعهد التقني الدور

الحقيبة التعليمية

قسم التقنيات الميكانيكية

اسم المقرر:	التسامح الهندسي
المستوى:	الثاني
الفصل الدراسي:	الاول
السنة الدراسية:	2026/2025

معلومات عامة

اسم المقرر:	التسامح الهندسي						
القسم:	التقنيات الميكانيكية						
الكلية: المعهد	المعهد التقني الـدور						
المرحلة / المستوى	الثاني						
الفصل الدراسي:	الاول						
عدد الساعات الاسبوعية:	نظري	2	عملي		2		
عدد الوحدات الدراسية:	4						
الرمز:							
نوع المادة	نظري		عملي		كليهما	*	
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى	كـلا						
اسم المقرر النظير	-						
القسم	-						
رمز المقرر النظير	-						

معلومات تدريسي المادة

اسم مدرس (مدرسي) المقرر:	أسماء منعم عبدالله
اللقب العلمي:	مدرس
سنة الحصول على اللقب	2020
الشهادة :	دكتوراه
سنة الحصول على الشهادة	2020
عدد سنوات الخبرة (تدريس)	12

الوصف العام للمقرر : التسامح الهندسي

الالمام بأسس عمليات التصنيع الميكانيكية كافة وما تتطلبه عملية التصنيع من ادوات قياس قطع وحسابات رياضية وخبرات اضافية كذلك تعريف المكائن التي تساعد على حصول التصنيع كالمخرطة واجهزة القطع وتنعيم وانهاء سطحي

الاهداف العامة

- تعريف عمليات التصنيع
- معرفة السماحات الهندسية والتفاوتات والتوافقات
- تعريف ادوات القياس والقطع ومايتجه من رايش وانواعه
- الاسهاب بتعريف ماكنة المخرطة والعمليات التي يمكن انجازها عليها وكافة الحسابات لانجاز ذلك

الأهداف الخاصة

- ترتبط بمقرر دراسي معين أو بوحدة دراسية محددة .
- تمتاز بأنها أهداف قصيرة الأمد إلى حد ما ، تحدد بدقة توضح ما يجب أن يتعلمه المتعلم من دراسة مقرر معين أو القيام بنشاط معين .
- تكون صياغة الأهداف التعليمية أكثر تحديداً وتخصيصاً من الأهداف التربوية .
- تصف سلوك نوعي يحدد الأداء النهائي الذي يصدر عن المتعلم الذين ينجحون في تعلم السلوك المرغوب .

أمثلة الأهداف التعليمية .

تنمية القدرة العملية لدى الطالب من ناحية تقطيع المعادن وما تخلفها من رايش وتشغيل ماكنة الخراطة لدى الطالب واكسابه مهارة تشغيل ماكنة الخراطة وانتاج الاجزاء عليها من خلال الفهم والتطبيق العملي وتأهيله الى تصنيع اجزاء ذات مستوى انتاجي عالي وبدقة عالية.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- ان يدرك الطالب اهمية العمليات التصنيعية كونها تمثل المدخل الى كافة العمليات الانتاجية في الصناعات الميكانيكية.
- ان يتمكن الطالب من استخدام ادوات القياس وماكنات التصنيع لتصنيع الاجزاء بدقة عالية وسلامة تامة.
- ان يكون الطالب قادراً على اظهار ابداعه في قياس وتقطيع المعادن وتشغيلها على ماكنة الخراطة مع اثبات ذلك بالتمارين خلال الفصل الدراسي .

((أمثلة أهداف تدريسية)) :- بعد الانتهاء من الدرس (المحاضرة) سيكون الطالب قادرا على ان

- يستخدم جداول السماحات الهندسية .

- القدرة على تحليل العمليات الى عناصر التشغيل.
- إعداد المسار التكنولوجي بين الوحدات الإنتاجية.
- إعداد بطاقات وأوامر التشغيل لكل وحدة ولكل ماكنة
- وحساب عناصر وقت التشغيل
- أجراء حسابات مبدئية لتكاليف التشغيل
- يعرف القوى المؤثرة على عملية القطع

المتطلبات السابقة

- شرح مبادئ القياس وادوات القياس/ كتاب عمليات التصنيع
- اساسيات المخرطة ومصطلحاتها/ المخرطة واجزائها
- التعرف على الورش الهندسية

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	معرفة الطالب بالسماحات الهندسية وجداول التفاوتات والتوافقات للعمود والثقب	• المحاضرات . • الواجبات الفردية والمشاركة . • حلقات النقاش والاختبارات .
2	اكتساب الطالب القدرة على استخدام ادوات القياس وعمليات القطع	• البحث وتطوير المهارة من خلال التمارين والامثلة الرياضية
3	القدرة على تقديم وتطبيق التمارين الهندسية والصناعية مع ضرورة انجازها بامان ودقة	• انجاز تمارين عملية وتقارير فردة لكل طالب . • اختبارات .
4	معرفة الطالب بالمخرطة واجزاءها	• معرفة اجزاء وانواع المخرطة . • اختبارات وتمرينات تطبيقية.

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1-المحاضرات النظرية والعملية من خلال الشرح	محدد وواضح ويطبق بسهوله وهو التقليدي

2. التعلم التفاعلي والمتبادل	التفاعل بين الطلبة
3. التعلم القائم على التطبيق العملي والتمارين المحلولة	اكتساب الطالب مهارة حل المسائل الرياضية
4. المناقشة في نهاية المحاضرة	تقديم الخلاصة والفهم للموضوع

الفصل الاول/ المستوى الثاني من المحتوى العلمي						
عنوان الفصل	الوقت					
التوزيع الزمني	نظري	عملي	العنوان الفرعي	طريقة التدريس	التقنيات	طرق القياس
الأسبوع الأول	2	1	السامحات الهندسية ، الازدواجات ، نظم الازدواجات ،رتب التسامحات ، وحدات الازدواج ، الانحرافات الأساسية	محاضرة	(شرح تمارين وحلولها /واجب بيتي/و مناقشة)	تكليف الطالب بكتابة تقرير لما استلمه من معلومات كنظرة اولية عن المادة
الأسبوع الثاني	2	1	أنواع التسامحات ، نظام أساسي الثقب ، نظام أساسي العمود ، رموز الازدواجيات ، التسامحات للأبعاد الطليقة ، الازدواجيات المفصلة ، اختيار الازدواجيات ومميزاتها الاقتصادية .	محاضرة وتدريب عملي	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	عرض الامثلة والمناقشة وملاحظة مستوى الطلبة
الأسبوع الثالث	2	1	التسامحات الهندسية في الشكل والموضع وانواع تسامحات الشكل والموضع	محاضرة وتدريب عملي	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	تكليف الطالب بكتابة تقرير
الأسبوع الرابع	2	1	محددات القياس ، تصميم محددات القياس ، انواع محددات القياس (محددات قياس داخلي ، محددات قياس خارجي ، محددات قياس يمكن ضبطها ، محددات قياس الصلبة ، محددات القياس الخاصة) .	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	مناظرة بين طلبة المستوى
الأسبوع الخامس	2	1	تصنيف تصنيع المعادن ، تشغيل المعادن ، مقدمة عن نظرية تكوين الرايش	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	عرض الامثلة والمناقشة وملاحظة مستوى الطلبة

			والعوامل المؤثرة ، طرق تثبيت المشغولات بضمنها المستديرة وغير المستديرة والحدود القاطعة المستخدمة واسهم التغذية الطولية والعرضية .			
الأسبوع السادس	2	1	التعرف على الأقلام المستخدمة وكيفية تثبيتها بالنسبة للمشغولات ، أقلام خراطة التشكيل .	محاضرة وتدريب عملي	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	تكليف الطالب بكتابة تقرير
الأسبوع السابع	2	1	التعرف على أنواع زوايا أقلام الخراطة ، تأثير زوايا قلم الخراطة على عملية القطع ، أنواع معادن أقلام الخراطة ، شروط القطع ، عناصر القطع ، استخدامات سرعات القطع ، واستعمال الجداول وخرائط السرعات ، تصنيف عدة القطع بالنسبة لطرق التشغيل وعدد الحدود القاطعة .	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	الاختبار السريع اثناء المحاضرة
الأسبوع الثامن	2	1	الحد القاطع ، الحد القاطع الناشئ ونظرية تكوينه ، العوامل التي تؤثر به ، العوامل التي تؤدي الى تقليل حجمه ، التبريد وأهميته بالنسبة لعميات القطع, سوائل التبريد المختلفة .	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	اعطاء واجبات بيتية
الأسبوع التاسع	2	1	كيفية أجراء بطاقة التشغيل لمجموعة عمليات وحساب عناصرها وحساب	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	عرض الامثلة والمناقشة وملاحظة مستوى الطلبة

			زمن القطع لكل عملية			
الأسبوع العاشر	2	1	كيفية الاستفادة من بطاقة التسلسل لعمل مسار المنتج خلال الوحدات المختلفة . العوامل التي تؤثر على اختيار سرعة القطع (1- تأثير خواص عدة القطع.2- تأثير عناصر التشغيل، 3- تأثير خواص المعدن المشغل.	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	تكليف الطالب بكتابة تقارير عن الموضوع
الأسبوع الحادي عشر	2	1	مكائن الخراطة البرجية، الأوتوماتيكية ، دراسة العمليات التي يمكن تشغيلها وتحليل العمليات على المنتج ، كيفية إعداد بطاقات التشغيل .	محاضرة	(شرح أسئلة وأجوبة/ مناقشة)	الاختبار الفصلي الاول
الاسبوع الثاني عشر	2	1	انواع العدد المستخدمة وترتيبها على الرأس السداسي والرباعي الامامي والخلفي.	محاضرة نظري + عملي	شرح مادة مع اعطاء الامثلة	امتحان سريع اثناء المحاضرة
الاسبوع الثالث عشر	2	1	دراسة كيفية برمجة المخارط المبرمجة الاوتوماتيكية والعوامل المؤثرة خطوات التشغيل.		شرح المادة مع حل الامثلة اينما وجدت	مناظرة بين طلبة المستوى خلال المحاضرة
الاسبوع الرابع عشر	2	1	أعداد بطاقة تشغيل شاملة لجميع عمليات القطع.		شرح المادة وتهيئة فيديوهات تعليمية عن الموضوع	تكليف الطالب بحل واجب بيتي
الاسبوع الخامس عشر	2	1	كيفية أجراء بطاقة التشغيل لمجموعة عمليات وحساب عناصرها وحساب زمن القطع لكل عملية	نظري + عملي	شرح عمل المخرطة وانجاز التمارين	الاختبار الفصلي الثاني

					العملية	

الفصل الاول /التفاوتات والتوافقات

الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد

مبررات الفصل : تتطلب الصناعات الحديثة للمكائن والآلات وخصوصاً الإنتاج الكمي أن تكون هنالك مرونة في تبادل الأجزاء ، أي إن هذه الأجزاء تصنع بطريقة بحيث تكون هنالك إمكانية لإختيار أي جزء من مجموعة أجزاء أو طع من نفس النوع ويتم وضعها بدل الجزء المشابه له في الماكنة بدون أن يسبب ذلك خلل في الماكنة أو العملية التي تنفذها . إن عملية الإستبدال هذه للأجزاء ليس بالسهولة التي تتصورها فمن المستحيل تصنيع أجزاء تتشابه تماماً ما لم يكن هنالك إختلافات فيما بينها ولو كانت بأجزاء المليون . إن هذا الإختلاف بين الرسم والتنفيذ ناتج من دقة الماكنة في إنجاز العمل ، حيث ليس هنالك ماكنة تنفذ الجزء بدقة متناهية لذلك يتم وضع حدود دنيا وعظمى للإنحراف عن القياسات المضبوطة للجزء على الرسم لا يجب تجاوزها وهذه السماحات في الأبعاد وتسهل عمليات التصنيع و الإستبدال للأجزاء الصناعية وكذلك توفر الكثير من الجهد والنفقات من أجل الحصول على الدقة الفائقة .

في نهاية الفصل سيكون الطالب قادرا على :

أولاً- التعرف على التفاوت والتوافق .

ثانياً- إتقان المهارات الأساسية في تحديد التفاوتات والتوافقات للأجزاء الميكانيكية .

ثالثاً- حساب قيم التفاوت والتوافق .

الدقة و التفاوت (*Precision & Tolerances*)

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

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

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

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

وفيما يلي شرح لهذه المصطلحات :

1- **البُعد (Dimension) .**

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

2- **المقاس الأساسي (Basic Size) .**

هو المقاس الذي يتم الإستناد إليه عند تثبيت حدي القياس .

3- **المقاس (Size) .**

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

4- **التفاوت (Tolerance) .**

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

5- **حدود المقاس (Size Limits) .**

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

6- **خط الصفر (Zero Line) .**

وهو خط مستقيم تستند إليه الإنحرافات عند تمثيل الحدود بيانياً .

7- **الإنحراف (Deviation) .**

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

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

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

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

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

الجدول رقم (1-1) : قوانين التفاوت

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

تثبيت التفاوت على الرسم (*Tolerance Fixing*)

إن الهدف من تثبيت التفاوت على الرسم هو من أجل إعطاء فكرة لمشغل الماكنة بأن البعد للجزء المُصنع

يجب أن لا يتجاوز الحدود المحددة له مما يرفع مقدار الدقة ويقلل الكلفة نتيجة لإختزال حجم الأخطاء التي يمكن أن تحدث عندما يحصل إنحراف وتجاوز على القياس الحقيقي للجزء . هنالك طريقتان تستخدم لتثبيت التفاوت على الرسم هما :

1- التثبيت بواسطة الأرقام (By Numbers) .

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

الإنحراف العلوي

$5^{-0.37}_{-0.7}$ $5^{+0.15}_{+0.07}$ $5^{+0.033}_{-0.074}$

الإنحراف السفلي_____ المقاس الأساسي

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

2- التثبيت بواسطة الرموز (By Letters)

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

الجدول رقم (1-4) : رموز التفاوت

الثـــقـــــوب (*Holes*)
A , B , C , CD , D , E , EF , F , FG , G , H , J , JS , K , M , N , P , R , S , T ,U , V , X , Y , Z , ZA , ZB , ZC
الأعـمـــدة (*Shafts*)
a , b , c , cd , d , e , ef , f , fg , g , h , j , js , k , m , n , p , r , s , t ,u , v , x , y , z , za , zb , zc

إن هذه الرموز تُشير إلى قيم الإنحراف الأساسي والذي يعني بدوره منطقة التفاوت ويبلغ عدد هذه الرموز (28) رمزاً لكل من الثقب والعمود .

مـثـال1

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

$$8\ ^{+0.075}_{-0.125}$$

الحل //

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

الحد الأعلى للمقاس= المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى للمقاس= 80 + 0.075

الحد الأعلى للمقاس= 80.075 *mm*

الحد الأدنى للمقاس = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى للمقاس = 80 – 0.125

الحد الأدنى للمقاس = 79.875 *mm*

التفاوت = الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس

التفاوت = 80.075 - 79.875

التفاوت = 0.2 *mm*

مـثـال2

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

الحل

// التفاوت = الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى

للمقاس الحد الأدنى للمقاس = الحد الأعلى

للمقاس – التفاوت الحد الأدنى للمقاس =

0.024 – 125.035

الحد الأدنى للمقاس= 125.011 *mm*

الإنحراف العلوي = الحد الأعلى للمقاس - المقاس الأساسي

الإنحراف العلوي = 125.035 – 125

الإنحراف العلوي = 0.035 *mm*

الإنحراف السفلي = الحد الأدنى للمقاس - المقاس الأساسي

الإنحراف السفلي = 125.011 – 125

الإنحراف السفلي = 0.011 *mm*

الشكل القياس للتفاوت على الرسم (تثبيت التفاوت على الرسم) هو

$$125\ ^{+0.035}_{+0.011}$$

التفاوتات المتراكمة (*Cumulative Tolerances*)

إن مصطلح التفاوتات المتراكمة يطلق على الحالة التي يكون فيها الموقع بإتجاه ثابت ومسيطر عليه بأكثر

من تفاوت واحد ، وكما موضح في الشكل رقم (1-5- a) . إن المســـافة بين ثقبين تكون مفصولة ببعدين أو ثلاثة أو أربعة أبعاد حيث هذه المسافة سوف تتغير موقعياً بواسطة مجموع التفاوتات على كل الأبعاد.

التـــــوافقـــــات (*The Fits*)

تمتلك الأجزاء المكونة للماكنة علاقة متبادلة فيما بينها بالنسبة لأجزاءها المتداخلة مع بعضها والتي عن طريقها تستطيع تأدية الوظيفة التي صنعت لأجلها مثل الدوران الحر ، الحركة الطولية الحرة ، وفعل الربط وغيرها من الحركات . ونتيجة لذلك يجب توخي الحذر والإهتمام الشديدين عند تصنيع هذه الأجزاء المتداخلة والإنتباه إلى مقاساتها بدقة عندما يُراد تجميعها سوية . إن هذه العلاقة المتبادلة بين الجزئين المجمعين تسمى بالتوافق (*Fit*) . والتوافق هو تعبير عام يستخدم للإشارة إلى مدى الشد (*Tightness*) والذي يمكن أن ينتج من مجموعة ثابتة من السماحات والتفاوتات في تصميم الأجزاء المتداخلة .

انواع التوافق

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

1- التوافق الخلوصي (Clearance Fit)

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

2- التوافق التداخلي (Interference Fit)

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

3- التوافق الإنتقالي (Transition Fit)

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

قوانين التوافق

المصطلح	القانون
الخلوص الأعلى	الحد الأعلى لمقاس الثقب - الحد الأدنى لمقاس العمود
الخلوص الأدنى	الحد الأدنى لمقاس الثقب - الحد الأعلى لمقاس العمود
التداخل الأعلى	الحد الأدنى لمقاس الثقب - الحد الأعلى لمقاس العمود
التداخل الأدنى	الحد الأعلى لمقاس الثقب - الحد الأدنى لمقاس العمود

أنظمة التوافق (*Systems of Fit*)

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

1- نظام الثقب الأساسي (Hole Basis System) .

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

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

2- نظام العمود الأساسي

في هذا النوع من أنظمة التوافق يتم الإعتماد على مقاس العمود كأساس لكل التغييرات ، إذ يكون الإنحراف العلوي للعمود يساوي صفر . يُشار إلى هذا النظام بالرمز (h) حيث يكون إنحرافه الأساسي صفر دائماً . الأمثلة أدناه توضح نظام العمود الأساسي .

55 G7/h6, 70 F8/h7, 70 E9/h8, 55C11/h11, 50 H7/h6, 45K7/h6, 66 N7/h6

تثبيت التوافق على الرسم (*Fit Fixing*)

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

مـثال1

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

عمود $140^{+0.06}_{0}$ ثقب $14^{+0.24}_{+0.125}$

الحل //

1- حسابات الثقب .

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 140+ 0.24

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 140.24 *mm*

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 140 + 0.125

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 140.125 *mm*

2- حسابات العمود .

الحد الأعلى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس العمود = 140+ 0.06

الحد الأعلى لمقاس العمود = 140.06 *mm*

الحد الأدنى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس العمود = 140 + 0

الحد الأدنى لمقاس العمود = 140 *mm*

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

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

الخلوص الأعلى = 140.24 – 140

الخلوص الأعلى = 0.24 *mm*

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

مـثال2

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

$35\ H\ 9\ d\ 9$

الحل //

من خلال الجداول الخاصة بمنطقة التفاوت للثقوب والأعمدة نستخرج الإنحرافات العليا والسفلى لهما

حيث المقاس الأساسي المشترك بينهما هو ($35\ mm$) .

1- حسابات الثقب .

الإنحراف العلوي = (+ 62 μ)

الإنحراف العلوي = +0.062 *mm*

الإنحراف السفلي = 0

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

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 35 + 0.062

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 35.062 *mm*

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 35 + 0

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 35 *mm*

2- حسابات العمود .

الإنحراف العلوي = (- 80 μ)

الإنحراف العلوي = - 0.08 *mm*

الإنحراف السفلي =(- 142 μ)

الإنحراف السفلي = - 0.142 *mm*

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

الحد الأعلى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس العمود = 35 – 0.08

لحد الأعلى لمقاس العمود = 34.92 *mm*

الحد الأدنى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس العمود = 35 - 0.142

الحد الأدنى لمقاس العمود = 34.858 *mm*

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

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

الخلوص الأعلى = 35.062 – 34.858

الخلوص الأعلى = 0.204 *mm*

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

الخلوص الأدنى = 34.92 - 35

الخلوص الأدنى = 0.08 *mm*

بما إن الحرف الكبير للثقب هو (*H*) إذاً سوف يكون نظام التوافق هو نظام الثقب الأساسي

مـثال3

أوجد نوع التوافق و نظام التوافق للأجزاء المتداخلة التالية : $60R\,7\,h6$

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

1- حسابات الثقب .

من خلال الجدول الخاص بتفاوتات الثقوب نستخرج ما يأتي :

الإنحراف العلوي = (- 30 μ)

الإنحراف السفلي =(-60 μ)

الإنحراف العلوي = -0.03 *mm*

الإنحراف السفلي = - 0.06 *mm*

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

الحد الأعلى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 60 - 0.03

الحد الأعلى لمقاس الثقب = 59.97 *mm*

الحد الأدنى لمقاس الثقب = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 60 – 0.06

الحد الأدنى لمقاس الثقب = 59.94 *mm*

2- حسابات العمود .

من خلال الجدول الخاص بتفاوتات الأعمدة نستخرج ما يأتي :

الإنحراف العلوي = 0

6 0

– 0 . 019

الإنحراف السفلي =(- 19 μ) الإنحراف السفلي = - 0.019 mm

الحد الأعلى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى لمقاس العمود = 60 + 0

لحد الأعلى لمقاس العمود = 60 mm

الحد الأدنى لمقاس العمود = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى لمقاس العمود = 60 – 0.019

الحد الأدنى لمقاس العمود = 59.981 mm بما إن الحد الأعلى والأدنى لمقاس العمود أكبر من الحد الأعلى والأدنى لمقاس الثقب لذلك سوف يكون التوافق تداخلي .

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

التداخل الأعلى = 59.94 - 60

التداخل الأعلى = - 0.06 mm

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

التداخل الأدنى = 59.97 – 59.981

التداخل الأدنى = - 0.011 mm

إذاً سوف يكون نظام التوافق هو نظام العمود الأساسي(h)بما إن رمز العمود هو

الفصل الثاني / خشونة السطح

الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية

مبررات الفصل : تلعب جودة السطح(*Surface Quality*) من حيث النعومة دورا مهماً في التطبيقات التي تتضمن الإحتكاك ، والبلى حيث يجب أن تكون خشونة السطح في أدنى قيمة لها لضمان دقة أبعاد الجزء وكذلك الدقة في تداخله مع الجزء الأخر . إن مفهوم الخشونة غالباً ما يتم فهم مصطلحات مثل تفاوت الجودة (*Uneven*) ، عدم الإنتظام (*Irregular*) والذي يكون مشابه لبعض خواص السطح مثل الصلادة .

1- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على مفهوم الخشونة والمصطلحات المتعلقة به.

ثانياً- معرفة أنواع خشونة السطح وطرق تكونها .

ثالثاً- حساب الخشونة بالطرق الرياضية والعملية .

في نهاية الفصل سيكون الطالب بعد دراسته قادراً على أن :

1- يتعرف على معنى خشونة السطح .
2- يحدد أنواع الخشونة وكيفية تكونها .
3- يحسب قيم الخشونة نظريا وعملياً .

2- يتعرف على أجهزة قياس الخشونة والمعادلات الخاصة بالخشونة .

المقدمة :

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

1- الرصف . (Lay)

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

2- الخشونة . (Roughness)

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

3- إرتفاع الخشونة . (Roughness Height)

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

4- عُرض الخشونة . (Roughness Width)

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتؤات المتتابعة والتي تحُدد النموذج السائد للخشونة . يقُاس عُرض الخشونة بالميليمتر .

5- التموج . (Waviness)

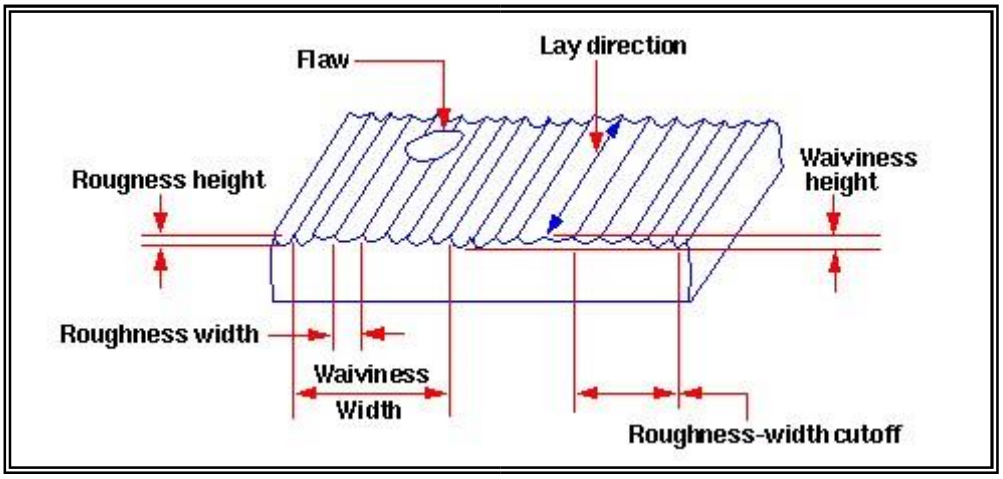
ويُشير إلى عدم الإنتظام في السطح ذو الفراغات الأوسع من الخشونة وهو ناتج من الإلتواء ، الإهتزاز ، أو إنحراف العمل أثناء التشغيل .

6- إرتفاع التموج . (Waviness Height)

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

7- الخدوش . (Flaws)

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



شكل رقم (2 1) : أشكال خروقات السطح

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

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

1- الخشونة المثالية . (Ideal Roughness)

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

a- عدم وجود حد القطع الناشئ (*B.U.E*) .
b- عدم وجود إصطكاك .
c- حركات ماكنة القطع مضبوطة جداً .

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

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

حيث :

R_i= خشونة السطح المتوسطة الرياضية النظرية (mm) .

f= التغذية $(mm\backslash rev)$. NR= نصف قطر المقدمة على طرف العدة (mm) .

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

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

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

حيث :

R_i= خشونة السطح المثالية (mm) .

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

D= قطر القاطع (mm) .

Z= عدد أسنان القاطع .

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

إن الإجراء الذي يتُخذ للتنبؤ بخشونة السطح الحقيقية (*Actual Surface Roughness*) في عملية تشغيل معينة هي بحساب قيمة خشونة السطح المثالية بعدها يتم ضرب هـ ذه القيمة بواسطة نسبة

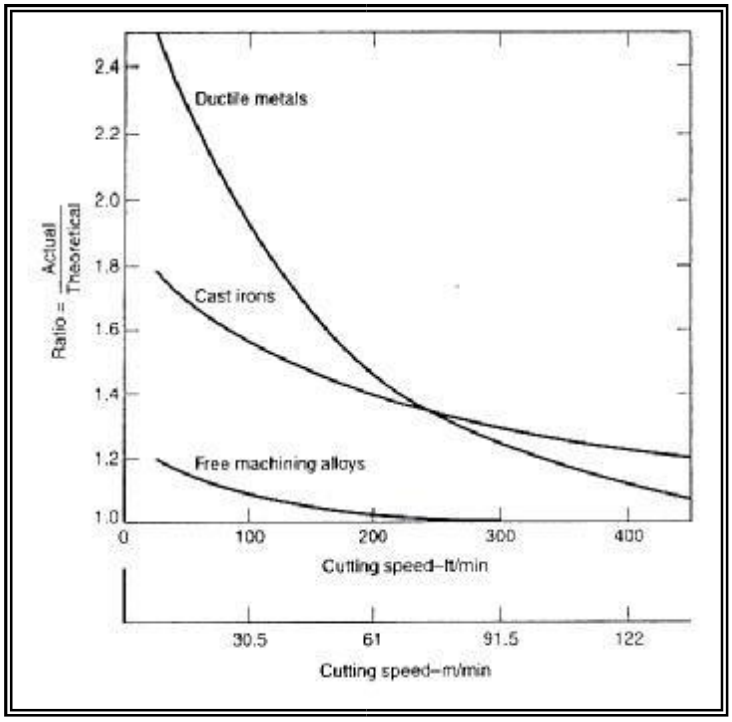
الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية والموضحة في الشكل رقم (2-2) التي تلائم صنف مادة الشُغلة كما في المعادلة التالية :

$$Ra = rai \times Ri \quad (3)$$

حيث :

R_a= قيمة الخشونة الحقيقية المحسوبة .

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



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

مثال1

إحسب خشونة السطح الناتجة من تشغيل شُغلة من الفولاذ (C1008) المطيلي نسبياً بإستخدام عُدة قطع نصف قطر مقدمتها (1.2mm) مع ظروف القطع التالية : سرعة القطع ($m\backslash min100$) ، التغذية

// ($0.25mm\backslash rev$) . الحل

$f\,2$

$R_i = 32NR$

$R_i = 0.0016mm = 1.6mm$ $\qquad$ $R_i = 32^{0.}\times^{25}1.^{2}2$

من الشكل رقم (2-2) تكون نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية لهذه المادة المطيلية عند سرعة قطع ($m\backslash min001$) هي تقريباً (1.52) .

$Ra = rai\ Ri$

$\Longrightarrow R_a = 2mm\ R_a = 1.25\times1.6$

2- الخشونة الطبيعية (Natural Roughness) .

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

a- تكَون حد القطع الناشئ في بعض المواد والذي يعتبر العامل الرئيسي للخشونة الطبيعية.

b- إستخدام ظروف تشغيل غير ملائمة تشمل سرعة القطع ، التغذية ، وعمق القطع والتي سوف تؤثر بشكل سلبي على الإنجاز السطحي للمادة المُشغلة .

c- إستخدام عُدة قطع ذات شكل هندسي ومادة لا تلُائم مادة الشُغلة المراد تشغيلها .

d- بلى عُدة القطع .

e- تضرر أو تخدش سطح الشُغلة عند جريان الرايش .

f- عدم جساءة وإستقرارية ماكنة التشغيل وضبط حركاتها إضافة إلى ضُعف تثبيت الشُغلة كل ذلك يسبب الإهتزازات والإصطكاك .

g- وجود عيوب في بنية معدن الشُغلة .

h- تولد رايش غير مستمر عند قطع المواد الهشة .

i- تمزق مادة الشُغلة عند قطع معادن لينة بسرعة واطئة .

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

3.2	**طُرُق قياس الخشونة** (*Measurement Method*)

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

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

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

$$R_a = \frac{1}{L}(y_1+y_2+y_3+....+y_n) \qquad R_a = \frac{a_1+a_2+a_3+....+a_n}{L}$$

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

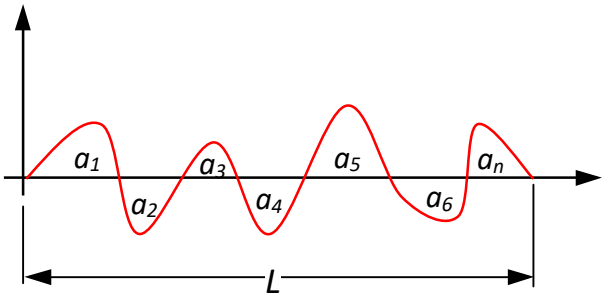
حيث إن :

R_a = خشونة السطح .

L = الطول التقديري .

y = الإرتفاع والإنخفاض .

x = المسافة على طول القياس .



تستخدم هذه الطريقة في أوُربا لحساب خشونة السطح .

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

ويرمز لها إختصاراً (*MRMS*) أو (R_q) . ت ستخدم هـ ذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق ربط فولتميتر (*AC*) لقياس الجذر التربيعي للإشارة الكهربائية للإرتفاعات وكما يلي :

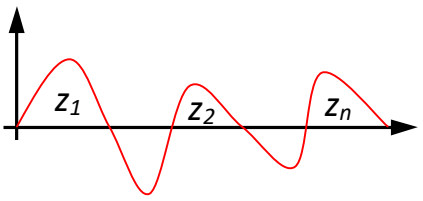
$$R_q = \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + ... + z_n^2}{n}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_q = \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L y^2(x)\,dx}} \qquad (5)$$

حيث إن :

n = عدد الإرتفاعات .

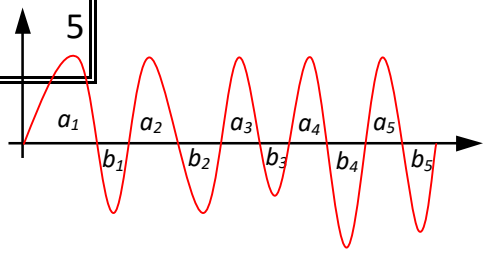
z = الإرتفاع .



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

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

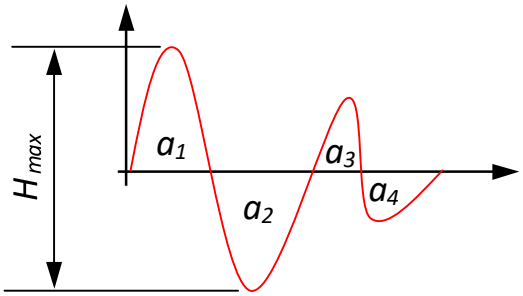
$$Rz = \frac{(a1+a2+a3+a4+a5)-(b1+b2+b3+b4+b5)}{5} \quad (6)$$



4- **طريقة أقصى إرتفاع** . (Maximum Height)

ويرمز لها بالرمز(H_{max}) وهي من الطرق القديمة في حساب خشونة السطح وتعتمد على أخذ الإرتفاع الأقصى بين أعلى قمة وأدنى إنخفاض ويمكن حسابها من القانون التالي :

$$H_{max} = a_1 + a_2 \quad (7)$$



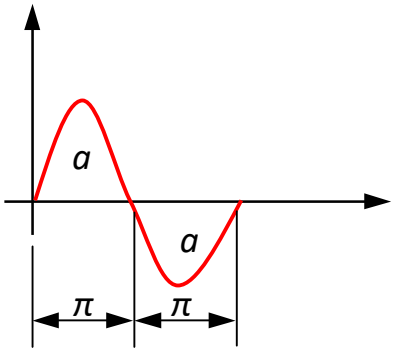
حيث إن :

a_1 = أقصى إرتفاع .

a_2 = أدنى إنخفاض .

مثال2

في أحد عمليات التشغيل كانت العلامات المتروكة عل ى س طح ال شُغلة (الخشونة) على شكل دالة جيبية ($y=a\ sin\theta$) ، المطلوب حساب قيمة هذه الخشونة بطرُق قياس الخشونة المختلفة .



الحل //

ϑ

1- طريقة متوسط الخط المركزي (R_a) .

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

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

2- طريقة متوسط الجذر التربيعي (R_q) .

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L y^2(x)dx} \Longrightarrow R_q = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} a^2 \sin^2 d\theta}$$

$$\Longrightarrow R_q = \sqrt{\frac{a^2}{2\pi}\int_0^{\pi}(1-\cos 2\theta)d\theta}$$

$$\sin^2\theta = (1-\cos 2\theta)$$

$$\Longrightarrow R_q = 0.707a$$

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

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

4- طريقة أقصى إرتفاع (H_{max}) .

$$H\max = a1 + a2 \Longrightarrow H_{\max} = 2a$$

4.2	**أجهزة قياس الخشونة**(*Measurement Instruments*)

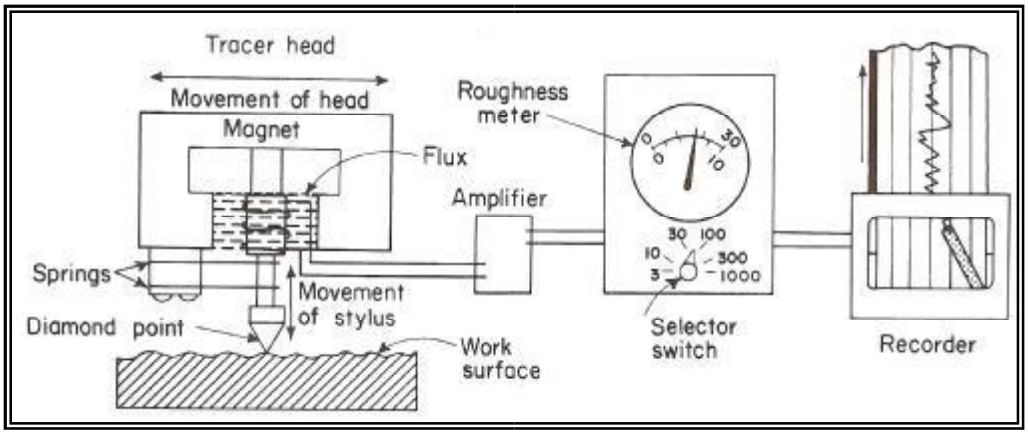
هنالك العديد من الأجهزة المستخدمة اليوم في قياس خشونة السطوح المختلفة وتتميز هذه الأجهزة عن بعضها البعض بمدى دقتها ومبدأ عملها . ويمكن أن تقسم أجهزة قياس الخشونة إلى ثلاث مجاميع رئيسية هي :

1- أجهزة الإستشعار . وتعتمد على مبدأ تحريك إبرة على السطح المراد قياس خشونته .
2- الأجهزة البصرية . ويقوم مبدأ عملها على سقوط الضوء وإنعكاسه من على السطوح المختبرة .

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

1.4.2	**أجهزة الإستشعار** (*Stylus Instruments*)

تعتمد أجهزة الإستشعار والموضحة في الشكل رقم (2- 3) على مبدأ تحريك إبرة عِبر السطح المراد فحصه لإستكشاف التنوع في الإرتفاع كدالة للمسافة . إن أجهـ زة الإستشعار الأوُلى كانت تَستخدم نظام العتلات لتكبير الإزاحة العمودية للإستشعار لتسجيل المقطع الج

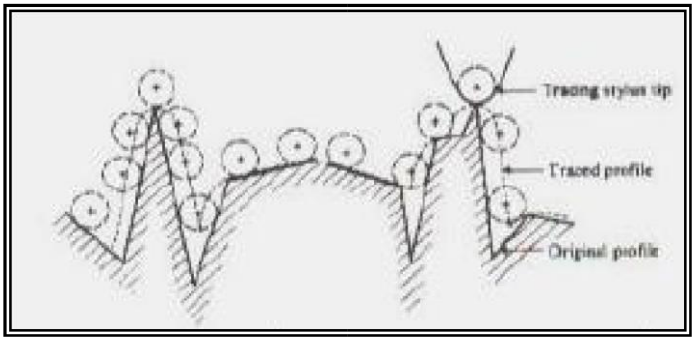


ش ك رقم (2 3) : ا ا ش ا

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

1- **حجم إبرة الإستشعار (Stylus Size)** .

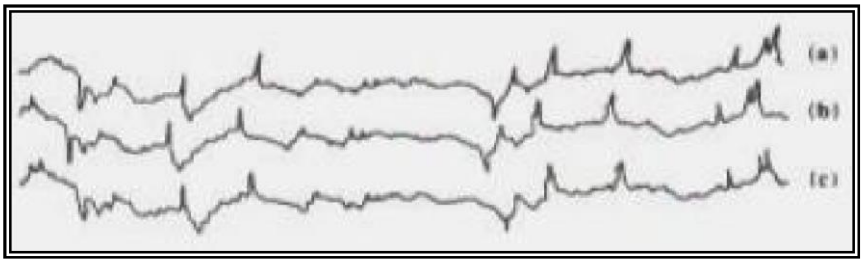
إن تأثير حجم إبرة الإستشعار موضح في الشكل رقم (2- 5) والذي يوضح مقارنة تخطيطية للمقطع الجانبي الحقيقي (*Actual Profile*) والمقطع الجانبي المقتفي(*Traced Profile*) . هـ ذا التأثير لحجم الإبرة يصبح أكثر وضوحاً عندما يقل تقوس الإرتفاعات والإنخفاضات أو عندما يزداد الميل .



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

2- **حِمل الإستشعار (Stylus Load) .**

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



الشكل رقم (2- 6) : تأثير حِمل الإستشعار

3- **الإنحراف الجانبي (Lateral Deflection) .**

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

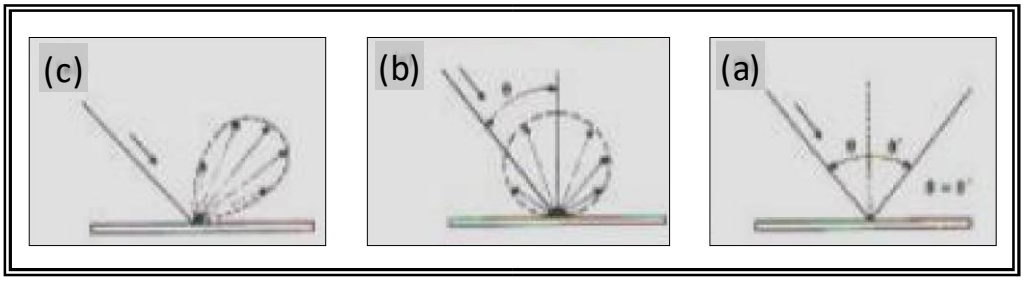
4- **سرعة إبرة الإستشعار (Stylus Speed) .**

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

2.4.2 الأجهزة البصرية (*Optical Instruments*)

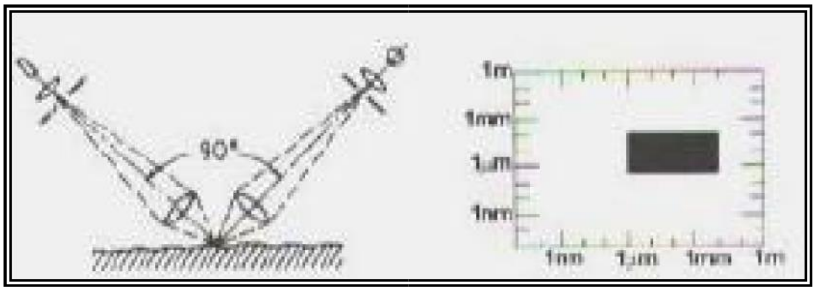
يعتمد مبدأ عمل هذه الأجهزة على تسليط حُزمة من إشعاع كهرومغناطيسي وإنعكاسه من على السطح الذي يتم إختباره ، وهذا الإنعكاس يتم بثلاث آليات هي : الإنعكاس المرآوي (*Specularly*) ،

الإنعكاس الإنتشاري (*Diffusely*) ، أو يتم بكلا الآليتين مع اً . الشكل رقم (2- 7) يوضح الأشكال الثلاثة من الإنعكاس .



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

وإعتمادا على خشونة السطح ، فإن الإشعاع المسلط ذو طول موجي مُحدد يمكن أن ينعكس مرآوياً ، بينم ا الإشعاع لطول موجي آخر يمكن أن ينعكس إنتشارياً . لذلك فإن مقدار الإنعكاس المرآوي أو الإنعكاس الإنتشاري يمكن أن يستخدم لحساب خشونة السطح . أحد الأجهزة التي تستخدم الإنعكاس المرآوي لوصف الخشونة هو مجهر المقطع الضوئي (*Light – Section Microscope*) ، حيث تسقط صورة لشق داخل السطح وتقوم العدسة الشيئية بإلتقاط الصورة عند زاوية الإنعكاس المرآوي ، فإذا كان السطح صقيل ، فسوف تكون الصورة الناتجة مستوية . أما إذا كان السطح خشناً فإنه سوف يتم ملاحظة نموذج متعرج في الصورة المنعكسة .هذا الجهاز مناسب لقياس خشونة القمة إلى الإنخفاض مع إنجاز عمودي إلى حوالي (0.5 μm) . الشكل رقم (2-8) يوضح مبدأ هذا الجهاز .



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

3.4.2	**الأجهزة** (*Microscopic Instruments*)

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

1- المجهر النفقي الماسح . (Scanning Tunneling Microscopy)

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

يمتلك المجهر النفقي الماسح القدرة على العمل بإسلوبين هما :

1- إسلوب الإرتفاع الثابت . (Constant Height Mode)

2- إسلوب التيار الثابت . (Constant Current Mode)

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

تستخدم هذه الطريقة والتي يرُمز لها إختصاراً (*AFM*) طرف إبرة كابولة(*Probe Tip Cantilever*) لإستكشاف القوى الضعيفة على سطح الشُغلة . بينما يتحرك النموذج في إتجاه (*y-x*) فإن النهاية المتمركزة للإبرة الكابولية يمكن أن تصنع الإتصال مع سطح الشُغلة أو تعمل بإسلوب لا إتصال . يتحرك المسح على طول إتجاه(*y-x*) وتوضح قوى التنافر الصغيرة للغاية من الإبرة وسطح الشُغلة وتتحرك للأعلى وللأسفل عمودياً تابعة شكل السطح . كل البيانات يمكن أن تجُمع بواسطة إستخدام الليزر ، مجسات كهروضغطية ، ومجسات كهروضوئية.

الفصل الثالث /نظرية القطع وتكوين الرايش

الاختبار القبلي

س1:عرف نظرية تريسكا ثم فسر واذكر النظريات الاخرى وعلام اعتمدت

س2: ماهي مواصفات عدة القطع الفعالة زمنى نقول ان عمر عدة القطع قد انتهى

الفئة المستهدفة :طلبة المستوى الثاني لقسم التقنيات الميكانيكية

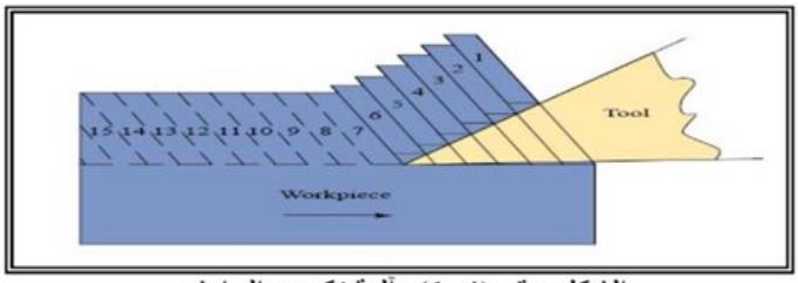
مبررات الفصل :نظرا لاهمية القطع وتعقيد هذه العلمية والتي تتضمن عدد غير قليل من المتغيرات والتي تؤثر على التشغيل وجودتهلذلك فان من الضروري فهم عملية القطع وتأثير هذه العوامل عليها

اهداف الفصل:سيكون الطالب بعد دراسته لهذا الفصل قادرا على ان :

1. التعرف على انواع عملية القطع
2. معرفةمواد عدد القطع
3. معرفة انواع عمليات القطع

1.4 المقـــدمـــة (*Introduction*)

إن عملية إزالة المعدن تتم عن طريق تعشق عُدة القطع مع الشُغلة وتكون المادة المُزالة على شكل شظايا تُعرف بالرايش (*Chip*) . إن عمليات قطع المعدن تعود لسنوات عديدة مضت ورغم تعدد التقنيات المستخدمة اليوم في الصناعة إلا إن آلية تكون الرايش هي نفسها . عندما تتغلغل عُدة القطع (*Cutting Tool*) داخل الشُغلة فإن المادة التي تقع أمام العُدة مباشرة سوف يتم قصها و تتشوه تحت ضغط عُدة القطع ، وتبدأ المادة المشوهة بالتكسر نتيجة للإجهاد الناتج من عملية القطع وتنساب فوق العُدة على شكل رايش . الشكل رقم (4-1) يوضح شكل مُبسط لآلية تكوين الرايش . إن المستوي الذي تحدث عنده عملية القطع يُسمى بمستوي القص (*Shear Plane*) والزاوية التي يحصل عندها القص تسمى زاوية القص (*Shear Angle*) ويرمز لها بالرمز(*Ø*) .



الشكل رقم (4-1): آلية تكوين الرايش

إختبار ذاتي (1): كيف تتم عملية إزالة المعدن

2.4 ظروف القطع (*Cutting Conditions*)

إن عملية القطع عملية مُعقدة ، تتضمن مجموعة من المتغيرات والتي قد تؤثر مجتمعة وفي آن واحد أثناء التشغيل . ويمكن تصنيف ظروف القطع أو متغيرات القطع الرئيسية وكما يلي :

1- **مُتغيرات الماكنة (Machine Variables)** .

وتتضمن هذه المتغيرات :

1- سرعة القطع (Cutting Speed) .

تختلف سرعة القطع من حالة إلى أُخرى ومدى درجة الإنهاء السطحي التي يُراد الحصول عليها . كذلك نوعية المعدن المُشغل ، حيث المعادن المطيلية تحتاج سرعة قطع عالية والمعادن الصلدة تحتاج إلى سرعة أقل لضمان جودة إنهاءها السطحي .

2- عمق القطع (Cutting Depth) .

حيث كلما زاد عمق القطع زادت خشونة السطح وبالتالي رداءة الإنهاء السطحي .

3- مُعدل التغذية (Feed Rate) .

يجب أن يتناسب مُعدل التغذية مع نوع المعدن المُشغل وكذلك مع درجة الإنهاء المطلوبة .

4- جساءة الماكنة (Rigidity of Machine) .

حيث كلما زادت جساءة الماكنة قلت الإهتزازات وبالتالي تزداد دقة التشغيل والتي تنعكس على جودة السطح المُشغل .

5- جساءة تثبيت عُدة القطع والشُغلة (Cutting Tool & Work piece Holding Rigidity).

وهي أيضاً تؤثر على جودة السطح حيث كلما تم إحكام التثبيت قل الإهتزاز وإزداد تمركز عُدة القطع على الشُغلة وبالتالي تزداد جودة الإنهاء السطحي .

2- مُتغيرات الشُغلة (Work piece Variables) .

وتتضمن الآتي :

1- الشكل الهندسي للشُغلة .

2- التركيب الكيميائي للشُغلة .

3- الخواص الميكانيكية للمعدن المقطوع .

4- الخواص الحرارية للشُغلة .

3- مُتغيرات عُدة القطع (Cutting Tool Variables) .

وتشمل هذه المتغيرات ما يلي :

1- هندسية العُدة . وتتضمن زوايا العُدة الرئيسية والجانبية ونصف قطر المقدمة .

2- مادة العُدة المصنوع منها .

3- حالة العُدة . وتتضمن البلى الذي يصيب عُدة القطع .

3.4 نظريات القطع (*Cutting Theories*)

إن عملية القطع وتكوين الرايش تم تفسيرها بعدد من النظريات من أجل معرفة الآلية التي تتم فيها والظروف والعوامل التي تتحكم فيها ، ومن أهم النظريات التي فسرت ذلك هي :

1- **نظرية تريسيكا (Tresca Theory) .**

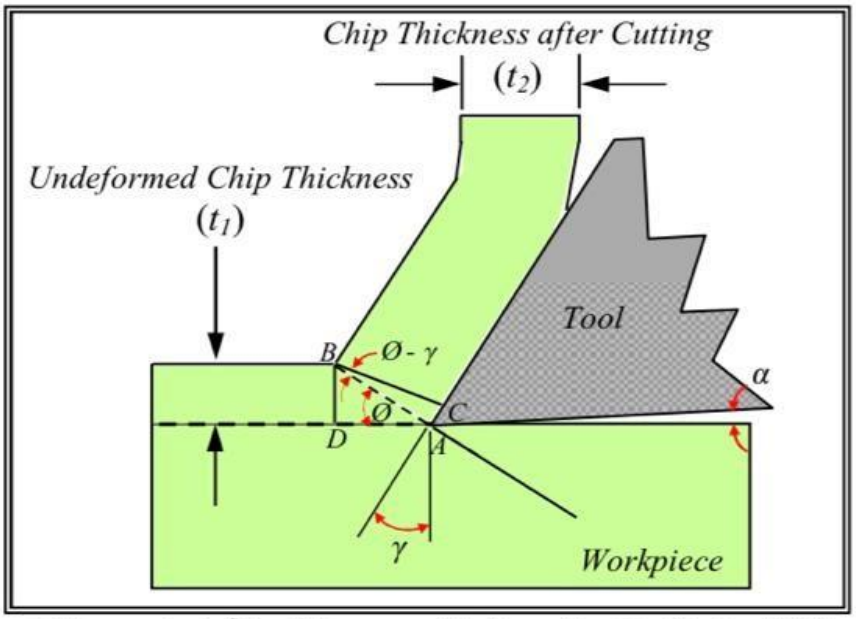
وهي من أوُلى النظريات التي فسرت عملية القطع ، حيث قام العالم تريسيكا في العام (1873) بتعريف عملية القطع على إنها عبارة عن ضغط يولده رأس العُدة عند تماسه مع الشُغلة مصحوباً بجهد قص واقع في مستوي موازي لسطح الشُغلة الذي ينتج عنه تكوين الرايش .

2- **نظرية تيمي (Thime Theory) .**

لقد عرف العالم تيمي في العام (1877) عملية القطع على إنها عملية قص في مستوي قص وقد وضح هذا العالم إن تكوين الرايش ينتج من تكسر المعدن على مستوي القص .

3- **نظرية آرنست وميرشنت (Ernst and Merchantthe Theory) .**

وتعتبر من أدق النظريات التي وِضِعت لتفسير كيفية قطع المعدن والشكل رقم (2-4) يوضح مبدأ هذه النظرية . تبدأ عُدة القطع بالإنسياب داخل الشُغلة بعمق قطع (t_1) مولدة مستوي قص (AB) وهو النقطة التي يبدأ عندها القطع مولداً رايش سمكه (t_2) وبزاوية قص مقدارها ($\emptyset$) وبزاوية جرف (γ) وعند زاوية خلوص (α) قدرها .



الشكل رقم (2-4) : تكوين الرايش حسب نظرية آرنست وميرشنت

من المثلث(ABD) القائم الزاوية في النقطة (D) ينتج :

$$\sin\phi = \frac{BD}{AB}$$

$$AB = \frac{BD}{\sin\phi} \qquad \because BD = t_1$$

$$\Rightarrow \boxed{AB = \frac{t_1}{\sin\phi}} \qquad (1)$$

من المثلث(ABC) القائم الزاوية في النقطة (C) نحصل على :

$$\cos(\phi - \gamma) = \frac{BC}{AB}$$

$$AB = \frac{BC}{\cos(\phi - \gamma)} \qquad BC := t_2$$

$$\Rightarrow \boxed{AB = \frac{t_2}{\cos(\phi - \gamma)}} \qquad (2)$$

من المعادلة (1) ، (2) نستخرج نسبة سمك الرايش (*Chip Thickness Ratio*) والتي يُرمز لها بالرمز (r_c) وتكون قيمتها دائماً أقل من واحد .

$$\Rightarrow \boxed{\frac{t_1}{t_2} = r_c = \frac{\sin\phi}{\cos(\phi - \gamma)}} \qquad (3)$$

كذلك يمكن حساب قيمة زاوية القص ($\emptyset$) من القانون التالي :

$$\Rightarrow \boxed{\phi = \tan^{-1}\frac{r_c\cos\gamma}{1 - r_c\sin\gamma}} \qquad (4)$$

مثال

في عملية قطع عمودي تتم وفق الشروط التالية : زاوية جرف العُدة (10^o) ، سمك الرايش قبل القطع ($0.5mm$) وسمكه بعد القطع ($1.125mm$) ، قوة القطع ($1290N$) وقوة الدفع ($1650N$) . إحسب قيم القوى الأُخرى المؤثرة في هذه العملية .

الحل //

$$r_c = \frac{t_1}{t_2}$$

$$r_c = \frac{0.5}{1.125} \Longrightarrow \boxed{r_c = 0.444}$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{r_c \cos\gamma}{1 - r_c \sin\gamma}$$

$$\phi = \tan^{-1}\frac{0.444 \times \cos 10}{1 - (0.444 \times \sin 10)} \Longrightarrow \boxed{\phi = 25.35^o}$$

$$F_s = F_h \cos\phi - F_v \sin\phi$$

$$F_s = 1290\cos 25.35 - 1650\sin 25.35 \Longrightarrow \boxed{F_s = 459.34N}$$

$$N_s = F_v \cos\phi + F_h \sin\phi$$

$$N_s = 1650\cos 25.35 + 1290\sin 25.35 \Longrightarrow \boxed{N_s = 2043.43N}$$

$$F = F_h \sin\gamma + F_v \cos\gamma$$

$$F = 1290\sin 10 + 1650\cos 10 \Longrightarrow \boxed{F = 1848.94N}$$

$$N = F_h \cos\gamma - F_v \sin\gamma$$

$$N = 1290\cos 10 - 1650\sin 10 \Longrightarrow \boxed{N = 983.88N}$$

أولاً- فولاذ العُدد (Tool Steel) .

يتكون فولاذ العُدد من نوعين أساسيين هما :

1- الفولاذ الكاربوني (Carbon Steel) . تتراوح نسبة الكاربون فيه (0.2 %-0.8 %) ويصلد بتسخينه إلى درجة حرارة (835ºC-750ºC) ثم يبرد سريعاً في الماء بعدها يراجع في درجة حرارة (350ºC-200ºC) .

2- الفولاذ منخفض السبائك (Low Alloy Steel) . يحتوي هذا النوع من الفولاذ عدداً من عناصر السبك مثل التنكستن ، المنغنيز ، الكروم ، الفناديوم وغيرها من العناصر التي تساعد على تصليده في الهواء وعدم الحاجة للتبريد بالماء مما يزيل خطر التشققات الناتجة من الإخماد في الماء .

ثانياً- فولاذ السرعات العالية (High Speed Steel-HSS) .

إن هذا النوع من الفولاذ هو فولاذ عالي السبائك حيث يضاف عدداً من عناصر السبك من أجل زيادة الصلادة ومقاومة الفولاذ وجعله أكثر مقاومة للحرارة . إن العناصر التي تضاف إلى هذا النوع من الفولاذ هي التنكستن ، المنغنيز ، الكروم ، الفناديوم ، المولبدنوم ، الكوبالت ، والنوبيوم . إن الصفات التي يتم الحصول عليها من عناصر السبك تسمح بإستخدام سرعات تشغيل أعلى مع تحسن الإنجاز السطحي مقارنة مع عُدد الفولاذ الكاربوني .

ثالثاً- الكاربيدات المسمنتة (Cemented Carbides) .

يستخدم في هذا النوع من المواد كاربيد التنكستن ، كاربيد التيتانيوم ، وكاربيد التنتاليوم في أرضية من الكوبالت . إن صلادة الكاربيد هي أعلى من معظم مواد العُدد الأُخرى عند درجة حرارة الغرفة وتمتلك هذه العُدد القدرة على الإحتفاظ بصلادتها في درجات الحرارة العالية لفترات طويلة مما يجعل التشغيل في السرعات العالية ناجح جداً .

رابعاً- العُدد المطلية (Coated Tools) .

إن إسلوب إكساء السطوح بطبقات صلدة لغرض تحسين إدائها هو إسلوب متبع منذ فترة لتقليل التآكل والإحتكاك . هنالك طريقتين رئيسيتين تستخدم في عملية الطلاء هي الترسيب الكيميائي للبخار (*CVD*) والترسيب الفيزيائي للبخار (*PVD*) . إن طبقة الطلاء الرقيقة تكون عالية الصلادة وذات درجة إنصهار عالية . يبلغ سمك هذه الطبقة بحدود ($7\mu m$-$4\mu m$) . من أكثر مواد الطلاء شيوعاً هي كاربيد التيتانيوم ، نتريد التيتانيوم ، السيراميك ، كاربيد نتريد التيتانيوم ، والماس . إن الهدف من الطلاء هو :

1- تحسين الصفات الكيميائية لعُدد القطع بتقليل قابلية إلتصاق معدن الشُغلة على سطح العُدة .

2- تحسين الصفات الفيزيائية لسطح عُدة القطع يخفف الإحتكاك بين سطح العُدة و الشُغلة مما يؤدي إلى خفض درجة الحرارة المتولدة .

3- زيادة عمر العُدة مما يقلل الفترة الزمنية اللازمة لتدخل العامل للسيطرة على عملية القطع .

خامساً- العُدد السيراميكية (Ceramic Tools) .

تصنع هذه العُدد من أُوكسيد الألمنيوم والذي يمتاز بمقاومة عالية للحرارة . تمتاز العُدد السيراميكية بصلادة ومقاومة ضغط عاليتين ، ودرجة ذوبانها في الفولاذ أقل من الكاربيدات ولكن متانتها ومقاومتها أقل من العُدد الكاربيدية .

سادساً- العُدد السرميتية (Cermet Tools) .

السرميت هو كلمة مشتقة من سيراميك ومعدن (*Ceramic Metal*) حيث يتم إستخدام المواد السيراميكية مع رابط معدني مثل كاربيد التيتانيوم ، النيكل ، الكوبالت ، نتريد التيتانيوم ، وكاربيدات أُخرى . يمتلك السرميت صلادة ساخنة عالية ومقاومة تأكسد أفضل من الكاربيدات المسمنتة . يمنح التشغيل بالعُدد السرميتية إنهاء سطحي أفضل نتيجة لمستوى التفاعل الكيميائي المنخفض مع الحديد (أقل تحفر وحد قاطع ناشئ). مقارنة بالكاربيد ، يعتبر السرميت أقل متانة ، أقل موصلية حرارية ، وأعلى تمدد حراري ، بحيث إن التشقق الحراري يمكن أن يُكون مشكلة أثناء القطوعات المتقطعة .

سابعاً- عُدد الماس (Diamond Tools) .

يستعمل الماس بنوعيه الطبيعي والصناعي في عُدد القطع التي تعمل في سرعات عالية للإنهاء السطحي الدقيق مع تغذية قليلة جداً .

ثامناً- نتريد البورون المكعب (Cubic Boron Nitride - CBN) .

وهو يشبه الماس من حيث التركيب متعدد البلورات ويربط بأرضية كاربيدية . يستخدم نتريد البورون المكعب بفعالية في تشغيل معظم المواد الهندسية وخصوصاً الصلدة منها والصعبة التشغيل .

تاسعاً- المواد المقواة بالألياف القصيرة (Whisker-Reinforcement) .

طُورت هذه المواد مكن أجل الحصول على أقصى تحسن للإنجاز ومقاومة البلى لعُدد القطع ، والغرض من ذلك هو تشغيل مواد عمل جديدة كالمواد المركبة . تتضمن المواد المقواة بالألياف القصيرة الأدوات أو العُدد ذات أساس نتريد السليكون القصيرة ، والعُدد ذات أساس من أُوكسيد الألمنيوم والتي تقوى بألياف كاربيد السليكون القصيرة . تناسب هذه العُدد تشغيل المواد المركبة والمواد اللاحديدية ولكنها لا تناسب تشغيل المواد الحديدية والفولاذ .

بما إن العلاقة بين عمر العُدة وسرعة القطع هي علاقة لوغاريتمية ن لذلك يتم إدخال اللوغاريتم على طرفي معادلة تايلور .

$$VT^{n} = C$$

$$\log\left(VT^{n} = C\right)$$

$$\log V + n\log T = \log C$$

$$\log 25 + n\log 30 = \log C \qquad (1)$$

$$\log 70 + n\log 1.5 = \log C \qquad (2)$$

وبتعويض المعادلة (1) في المعادلة (2) نجد :

$$\Rightarrow \boxed{n = 0.344}$$

$$\Rightarrow \boxed{C = 80.43}$$

مثال2

شُغلة من حديد الزهر تم خراطتها على مخرطة مركزية بسرعة قطع تبلغ $(10m\backslash min)$ بإستخدام عُدة قطع كاربيدية فكان عمر هذه العُدة $(2hr)$ ، فكم سيكون عمر عُدة القطع المصنوعة من فولاذ السُرعات العالية (HSS) لنفس ظروف القطع ، إذا ما تغيرت السرعة إلى$(20m\backslash min)$. إذا علِمت إن قيمة أُس السرعة (n) للكاربيد هو (0.2) ولفولاذ السرعات العالية هو (0.08) .

الحل //

عندما تكون عُدة القطع مصنوعة من الكاربيد :

$$2hr = 120\min$$

$$VT^{n} = C$$

$$10\times 120^{0.2} = C \qquad \Rightarrow \boxed{C = 26.1}$$

عندما تتغير عُدة القطع إلى فولاذ السُرعات العالية (HSS) :

$$20\times T^{0.08} = 26.1$$

$$\Rightarrow \boxed{T = 27.87\min}$$

8.4 أنـــواع الرايـــش (*Types of Chips*)

إن عملية قطع المعدن تنتج شظايا متطايرة تدعى بالرايش ويقسم الرايش الناتج من عمليات القطع إلى ثلاث أنواع رئيسية هي :

1- الرايش غير المستمر أو المتشظي (Discontinuous or Segmented) .

ينتج الرايش غير المستمر أو المتشظي عند قطع المعادن الهشة (*Brittle Metals*) مثل حديد الزهر والبرونز الصلد أو عندما يتم قطع معادن مطيلية تحت ظروف قطع رديئة . ويكون الرايش غير المستمر على أنواع هي :

1- الرايش المتفتت .

2- الرايش المتقطع .

3- الرايش الدقيق .

يحصل الرايش غير المستمر نتيجة لسرعة القطع المنخفضة وزاوية الجرف الصغيرة . الشكل رقم (4-8-*a*) يوضح هذا النوع من الرايش .

2- الرايش المستمر (Continuous Chip).

ينتج الرايش المستمر عندما لا يُعاق جريان المعدن الأقرب إلى وجه العُدة بواسطة حافة القطع الناشئ أو الإحتكاك عند السطح البيني للعُدة . ينتج الرايش المستمر في المعادن المطيلية حيث تكون سرعة القطع عالية إضافة إلى إن زاوية الجرف تكون كبيرة . يكون هذا النوع من الرايش بشكل شريط مستمر ويعتبر

1- الرايش المستقيم (Straight Chip) .

الرايش المستقيم هو الأكثر إزعاجاً من بين أنواع الرايش حيث هذا النوع من الرايش يلتف على عُدة القطع والشُغلة وأداة التثبيت . هذا النوع من الرايش يتكون في المواد المطيلية مثل الفولاذ واطئ الكاربون والألمنيوم ، ولإزالة هذا الرايش يتم إجراء الآتي :

1- زيادة معدل التغذية .
2- تقليل زاوية المقدمة .
3- زيادة سرعة القطع .
4- إستخدام عُدة قطع ذات زاوية جرف سالبة .
5- إستخدام لقمة حاوية على كسارة رايش .
6- إستخدام سوائل التبريد .

2- الرايش المُتشابك (Snarling Chip) .

وهو رايش مستمر يشبه تقريباً الرايش المستقيم ، ويتكون بنفس الظروف التي يتكون فيها الرايش المستقيم ويولد نفس المشاكل إلا إنه يكون ملتوي الشكل أو مُتشابك . يتم إستخدام نفس وسائل إزالة الرايش المستقيم للتخلص من هذا النوع من الرايش .

3- الرايش الحلزوني (Helix Chip) .

ويكون بشكل نابض حلزوني غير منتهي . إن المشاكل التي تتولد من هذا النوع من الرايش تشابه تلك المتولدة في حالة الرايش المستقيم . يتكون الرايش الحلزوني في المواد المطيلية اللاحديدية . يحصل هذا النوع من الرايش غالباً عندما يستخدم قطع خفيف مع عُدد جرف موجب ، وللتخلص منه نتبع الآتي :

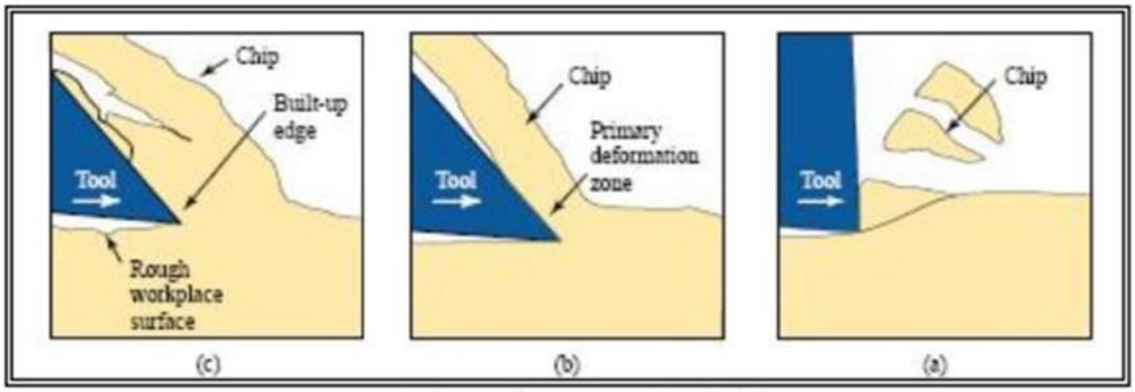
1- إستخدام لقمة تشغيل تحتوي على كسارة رايش ملبدة .
2- زيادة التغذية أو سرعة القطع .

3- الرايش المستمر مع حافة القطع الناشئ (Continuous Chip with BUE).

يتكون هذا النوع من الرايش عندما يُضغط المعدن الواقع أمام العُدة حيث يبدأ الرايش بالإنسياب على طول السطح البيني للعُدة - الرايش ، ونتيجة للحرارة والضغط العاليين والناتجين من عملية القطع إضافة إلى المقاومة العالية للإحتكاك ضد جريان الرايش ، تبدأ قطع صغيرة من المعدن بالإلتصاق على حافة عُدة القطع .

\

يبدأ الحافة الناشئة بالتراكم حتى تنفصل عن العُدة مما يسبب تثلم السطح المُشغل منتجة سطح رديء الإنهاء السطحي . ينتج هذا النوع من الرايش في المعادن المطيلية عندما تكون التغذية كبيرة وزاوية الجرف صغيرة ويحدث إنخفاض في سرعة القطع ، وأيضاً تكون حافة القطع مثلومة . الشكل رقم (4-8-c) يوضح هذا النوع من الرايش .



الشكل رقم (4-8) : أنواع الرايش

إختبار ذاتي (8): ما هي أنواع الرايش غير المستمر

9.4 سوائل التبريد (*Cooling Liquids*)

إن عمليات القطع بمختلف أنواعها يصاحبها إرتفاع كبير في درجة الحرارة التي تتولد من مصدرين أساسيين هما :

1- الحرارة المتولدة من إحتكاك الرايش بسطح الحد القاطع الأمامي والخلفي لعُدة القطع .

2- الحرارة المتولدة من عملية القطع التي تحدث على سطح الشُغلة .

وهذا الإرتفاع في درجة الحرارة يتوزع على كل من عُدة القطع و الشُغلة و الرايش الناتج من عملية القطع . ولهذا السبب يتم إستخدام سوائل التبريد من أجل تقليل الإحتكاك بين عُدة القطع و الشُغلة و بين عُدة القطع و الرايش ، والذي بدوره يقلل القدرة اللازمة للقطع كذلك تعمل سوائل التبريد على تصريف ونقل كمية كبيرة من الحرارة المتولدة في عملية القطع .

5- يجب أن تكون لها خواص تزييت عالية .

6- يجب أن تكون لزوجتها مناسبة حتى تناسب عملية التشغيل وتسهل إنزلاق الرايش .

7- تكون قابلة للخزن لفترة طويلة دون أن تتلف بالتأكسد أو التجمد فتفقد خواصها .

8- يجب أن تكون رخيصة الثمن ويمكن إعادة إستخدامها مرات عديدة بعد ترشيحها حتى تصبح العملية إقتصادية .

9- يجب أن تكون درجة إشتعالها عالية .

10- لا ترغو بسهولة لأن الرغوة تؤدي إلى إرتفاع درجة الحرارة .

3.9.4 أنواع سوائل التبريد (*Types of Cooling Liquids*)

تقسم سوائل التبريد حسب حالتها إلى نوعين أساسيين هما :

أولاً- الأنواع الغازية (Gas Type) .

هذا النوع قليل الإستخدام لأنه لا يحمل صفة التزييت وتوصيله الحراري ضئيل و مثال عليه الهواء ، الآركون ، وأكاسيد الكاربون (CO_2 , CO) ..

ثانياً – الأنواع السائلة (Liquid Type) .

وهذا النوع يكون واسع الإستخدام في الصناعة بسبب خواص التزييت والتبريد التي يمتلكها . وتقسم الأنواع السائلة إلى عدد من المجاميع هي :

1- الماء . وهو مزيج من الماء الطبيعي وبعض الأملاح (أكاسيد الصوديوم) ، ويتميز برخصه وتوصيله الحراري الجيد ومن مساؤه إنه يولد الصدأ على السطح المُشغل .

2- الزيوت . وتقسم إلى :

a- الزيوت الطبيعية . يمتاز هذا النوع بلزوجته المنخفضة وخصائص ترطيب سريعة ولكنه يتغلغل داخل المعدن بمعدل عالي مما يسبب تغير في خواص المعدن المُشغل . تستخدم الزيوت الطبيعية مع المعادن اللاحديدية .

1.9.4 فوائد سوائل التبريد (*Cooling Liquids Benefit*)

ويمكن إجمال فوائد سوائل التبريد بالنقاط التالية :

1- ترفع كفاءة القطع وتُطيل عمر الحد القاطع .
2- تقلل القدرة اللازمة للقطع بنسبة تتراوح من (10 % - 15 %) .
3- تمنع تمدد الشُغلة مما يُحسن الدقة في القياس وإنتاج سطوح ذات جودة عالية .
4- تمنع تلوث الشُغلة الذي ينتج من حرارة إحتكاك القطع .
5- تمنع تكون الأدخنة وكذلك الضباب الذي يتصاعد من عملية القطع .
6- تعمل على إزالة الرايش من منطقة القطع .
7- تمنع إلتحام الرايش بالحد القاطع لعُدة القطع .
8- تمنع صدأ وبلى عُدة القطع والشُغلة . ويوجد إستثناءات لهذه الحالة .

إختبار ذاتي (9): لماذا يتم إستخدام سوائل التبريد

2.9.4 خواص سوائل التبريد (*Properties of Cooling Liquids*)

لكي تعمل سوائل التبريد بصورة صحيحة وتؤدي الغرض الذي تُضاف لأجله فيجب أن تتوفر فيها الخواص التالية :

1- يجب أن تكون صالحة كيميائياً فلا تتفاعل مع معدن الشُغلة أو معدن عُدة القطع أو مع أجزاء الماكنة المختلفة .
2- يجب أن لا تساعد على تكون الصدأ .
3- لا تتبخر بسرعة ولا تكون ضارة بصحة العاملين باللمس أو الرائحة أي لا تكون سامة .
4- يجب أن تكون لها خواص تبريد عالية ، أي تكون جيدة الحمل للحرارة مع قابلة إبلال سطح الشُغلة وذلك ليتم التلامس بينها وبين الشُغلة بصورة جيدة وبالتالي تسهل عملية إنتقال الحرارة .

b- الزيوت الدهنية . إستخداماته محدودة وقليلة بسبب كلفته العالية وقابليته على التعفن السريع . يستخدم في التطبيقات الثقيلة .

c- الزيوت الطبيعية – الدهنية . وهي مزيج من الزيوت الطبيعية والزيوت الدهنية ، ومن مميزاته إنه ذو كلفة قليلة نسبياً بالمقارنة مع الزيت الدهني ،ويعمل على تحسين الإنجاز السطحي للمعادن اللاحديدية وكذلك للفولاذ ولا توجد أي تأثيرات على خواص المعدن المُشغل ويمتلك خواص تزييت عالية .

3- الماء المستحلب . وهو مزيج من الزيوت سواء كانت طبيعية أو دهنية مع الماء . يمتلك هذا النوع من سوائل التبريد خصائص تبريد عالية وهو شائع الإستعمال في معظم عمليات القطع بسبب كلفته المنخفضة .

الفصل الرابع / الخراطة

تعريف الخراطة : هي إحدى عمليات التشغيل يتم من خلالها إزالة جزء من مادة الخام للحصول على الشكل النهائي ، وتستخدم في إزالة المادة الغير مرغوب بها بواسطة أداة القطع.

الإختبار البعدي

ضع دائرة حول الحرف الذي يسبق الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- تسمى الزاوية التي يحصل عندها القص :
أ- زاوية الجرف .
ب- زاوية القص .
ج- زاوية الخلوص .
د- زاوية الموشور .

2- إن الصلاحية الكيميائية لسوائل التبريد تعني :
أ- أن لا تكون ضارة بصحة العاملين باللمس أو الرائحة أي لا تكون سامة.
ب- أن لا تساعد على تكون الصدأ .
ج- أن تمنع تلوث الشُغلة الذي ينتج من حرارة إحتكاك القطع .
د- عدم تفاعلها مع معدن الشُغلة أو معدن عُدة القطع أو مع أجزاء الماكنة المختلفة .

3- يعتمد إختيار عُدة القطع على :
أ- طبيعة العمل الذي تقوم به عُدة القطع وعلى نوع المادة المشغلة .
ب- كلفة العُدة .
ج- إمكانية إستخدامها بشكل متكرر .
د- صلادتها العالية .

4- يعمل الطلاء لعُدد القطع على تحسين الصفات الكيميائية لها وذلك بتقليل :
أ- الإحتكاك بين سطح العُدة و الشُغلة مما يؤدي إلى خفض درجة الحرارة المتولدة .
ب- الفترة الزمنية اللازمة لتدخل العامل للسيطرة على عملية القطع .
ج- قابلية إلتصاق معدن الشُغلة على سطح العُدة .
د- الإجهادات الحرارية المتولدة .

5- إن الفائدة الرئيسية للقطع المائل هي في كونها :
أ- وسيلة للسيطرة على الرايش .
ب- تسهل حساب قوى القطع .
ج- تزيد كفاءة القطع .
د- تُطيل عُمر العُدة .

6- عملية القطع على إنها عملية قص في مستوي قص حسب نظرية :
أ- تريسيكا .
ب- أرنست وميرشنت .
ج- أرماريجو وبراون .
د- تيمي .

الإختبار القبلي

ضع دائرة حول الحرف الذي يسبق الإجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- تكون التغذية القطرية هي السائدة في عملية :
أ- الخراطة العالية .
ب- التسوية .
ج- التشكيل الجانبي .
د- التخريش .

2- يتم تثبيت عُدة الخراطة في مثبت العُدة المستقر فوق :
أ- الراسمة العرضية .
ب- الغراب الثابت .
ج- السكك .
د- الراسمة الطولية .

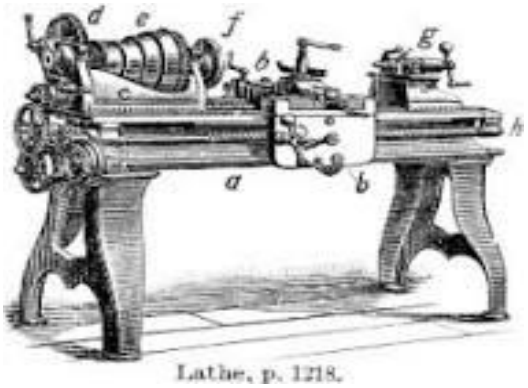
3- إن الفرق بين مخرطة الذنبة والبرجية في كون الأخيرة تمتلك :
أ- أبراج تحل محل الغراب المتحرك ومركبة مثبت العُدة مجتمعة .
ب- سرج متحرك للأمام والخلف .
ج- تمساح منزلق على السرج .
د- برج مميز لإمساك العُدد .

4- تستخدم عملية الشطب في الخراطة :
أ- لإنتاج الأسنان الداخلية والخارجية .
ب- لتوسيع الثقوب .
ج- لقطع زاوية على زاوية السطح الخارجي الإسطواني .
د- لقطع نهاية الجزء .

5- تلائم طريقة التثبيت بين المراكز :
أ- المشغولات الطويلة .
ب- الأجزاء الإسطوانية القصيرة .
ج- الأشكال غير المنتظمة .
د- الأشكال غير الدائرية مثل المربعة والمستطيلة .

6- إن فائدة زاوية الموشور هي :
أ- تقليل الإحتكاك بين حافة القطع والسطح المُشغل .
ب- تشكيل الرايش .
ج- تحمل الصدمات والقوى المؤثرة على العُدة .
د- قطع المعدن وإزالته .

انواع ماكينات الخراطه؟



Lathe, p. 1218.

- 5.1مخارط الخشب
- 5.2مخارط النسخ
- 5.3 مخارط Patternmaker.
- 5.4مخارط تشغيل المعادن
- 5.5مخارط الأعمال الزجاجية
- 5.6مخارط غزل المعادن
- 5.7مخارط الزينة
- 5.8مخارط الساعات

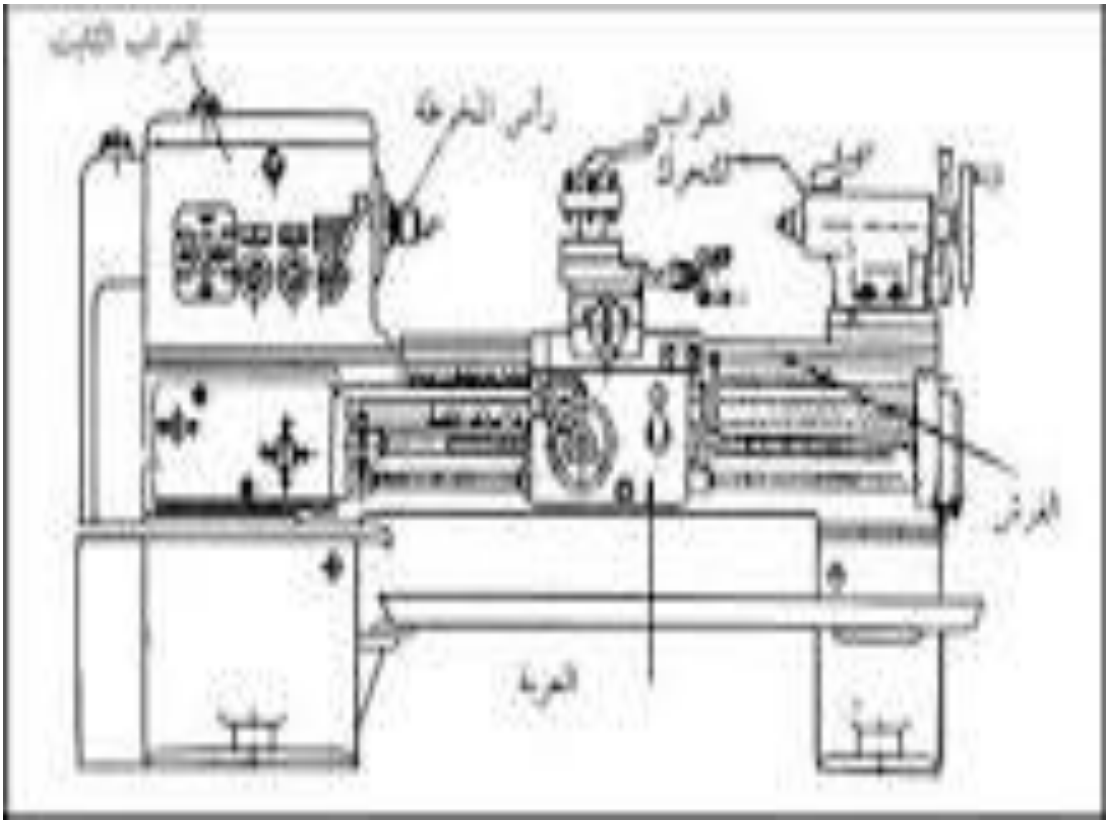
الأدوات المستخدمة للدوران

مخزون الرأس - يحتوي على عمود الدوران الذي يحمل وتدوير الشغل

مخزون الذيل - يتم وضعه في الطرف المقابل من غراب الرأس ويتضمن "مركز" ، والذي يستخدم لتوجيه الشغل بشكل صحيح على طول محوره

النقل - يحرك أداة القطع على طول محور الدوران ، ويحمل أداة القطع وجميع الآليات التي تحكم حركة أداة القطع.

ما هي اجزاء المخرطه الرئيسيه؟



ويبين الشكل منظرا عاما لماكنة عصرية للخراطة وقطع القلاووظ وتعتبر الاجزاء الرئيسية في الماكنة هذه هي:

- غراب الراس الثابت (Stock **Head**) وصندوق التغذية (Feed Box) .
- العينة (ظرف **المخرطة**.)
- غراب الذيل المتحرك (Tail stock) .
- الفرش (Bed) .
- العربة وتتضمن الراسمة العليا والراسمة السفلى.
- عمود السحب (motion Shaft).

أدوات الخراطة تأتي في نوعين — أدوات الخراطة الخشنة وأدوات الخراطة النهائية . تسمح لك أدوات الخراطة الخشنة بإزالة أجزاء كبيرة من المواد بسرعة وكفاءة. وهذا ممكن بسبب زاوية الخلوص الصغيرة وقدرتها على تحمل ضغوط القطع العالية.

تعريف عمق القطع وبعض مصطلحات متغيرات الماكنة

هي عبارة عن عمق الطبقة المشغلة من سطح القطعة المراد تشغيلها في كل مرور لأداة القطع ، إن شكل الرايش المتكون في عمليات التشغيل المختلفة يتراوح بين الرايش المستمر والرايش المتقطع حيث إن شكل الرايش يعتمد على عوامل مختلفة منها نوعية المعدن المشغل وسرعة القطع وشكل أداة القطع وغيرها من العوامل الأخرى.

زاوية الخلوص : تكون زاوية الخلوص الأمامي عادة حوالي 8°، بينما زاوية الخلوص الجانبي تكون 10-15°، وتتعلق جزئيًا بمعدل التغذية المتوقع.

سرعة القطع في المخرطة

تشير سرعة القطع إلى السرعة التي تتحرك بها أداة القطع عبر سطح قطعة العمل . يتم قياسه بالقدم السطحية في الدقيقة (SFM) أو بالمتر في الدقيقة (m/min) ويمكن أن يكون له تأثير كبير على عمر الأداة، وتشطيب السطح، والإنتاجية الإجمالية لعملية التصنيع.

العوامل المؤثرة على سرعة القطع

تختلف المواد المختلفة في الصلابة وقابلية التصنيع ، مما يؤثر بشكل مباشر على سرعة القطع المثالية. على سبيل المثال، سرعة القطع للألمنيوم ستكون أعلى بكثير من سرعة الفولاذ المقسى.

زاوية الخلوص ووظيفة زاوية الخلوص

تحدد زاوية مشط الأدوات قوة حافة القطع والطاقة المستهلكة واتجاه تدفق الرقاقة. وأخيرًا وليس آخرًا، تمنع زاوية الخلوص الاحتكاك والحرق وتسمح لحافة القطع بالنقر في المادة التي يتم تشكيلها

زاوية الخلوص : هي الزاوية المحصورة بين السطح الرئيسي الخلفي للقلم ومستوي القطع ووظيفة هذه الزاوية هي التقليل من الاحتكاك بين السطح الخلفي للقلم وسطح الشغلة وتتراوح عادة بين 6-12 درجة.

.عملية الخراطة:

الحرآات الرئيسية في عملية الخراطة

1-حرآة القطع-2 حرآة التغذية -3 عمق القطع

انواع الرئيسية لماآنات الخراطة تقسم:

أ.حسب طريقة استخدامها

.1مكائن الخراطة العامة:

وهي المكائن المنتشرة بصورة عامة في المصانع لقدرتها على القيام بعملية الخراطة وقطع اللوالب.

.2ماآنات الخراطة متعددة الاقلام:

تخص هذه المخارط لتشغيل الشغلات المحاور الصغيرة وغيرها بواسطة عدة الاقلام

.3مخارط البرجية:

أجزاء المخرطة-:

-. 1القاعده.

. 2فرش المخرطة

انواع عمليات الخراطة:

ب -خراطة المسلوب على المخرطة بازاحة الغراب المتحرك-:

بحيث يميل الخط الواصل بين الذنبتين ولهذا الغرض تثبت ذنبة خاصة على الغراب المتحرك.

طرق تثبيت المشغولات-:

1-تثبيت الشغلة بواسطة الظرف الثلاثي-:حيث تستخدم هذه الطريقة للشغلات الصغيرة.

ويتكون الظرف الثلاثي من الأجزاء التالية:

ا-ثلاث لقم قابضة لتثبيت الشغلة.

ب-علبة تحتوي على ترس صغيروصينية ذات وجه ملولب حلزوني.

الشغلة.

الأجزاء التالية-:

ا-قرص مصمت مستوي.

ب-اربع مجاري تنزلق في داخلها لقم حيث تتحرك آل لقمة بصورة مستقلة.

ج- مسمار محوري منفصل لتثبيت اللقم آل لقمة على حدة.

لتثبيت الشغلات الغير متماثلةالشكل T . د-مجرى على شكل حرف

ه-تزود الصينية بلولب من الخلف لترآيبها بعمود الدوران.

اقلام الخراطة

قلم الخراطة -:وهو عدة القطع المستخدمة في عملية الخراطة ويتكون من جزئين-:

1-النصاب-: الجزء الذي يثبت القلم على المآنةالخراطة.

2-رأس القلم -: ويتكون من الأسطح التالية-:

بهدف زيادة او تقليل الحد القاطع. لذا يقال انه يصنع زاوية الجرف ويسمى سطح الجرف.

ب-السطح الأمامي ج-السطح الجانبي

ومن هذه الأسطح تكون الحدود القاطعة التالية-:

ا- الحد القاطع الرئيسي -: ويتكون من تقاطع سطح الأمامي مع وجه القلم.

ب-الحد القاطع المساعد -: ويتكون من تقاطع سطح الجانبي مع وجه القلم.

ج-رأس للقلم-: ويتكون من تقاطع سطح القلم سطح الجانبي وجه القلم.

زوايا قلم الخراطة-:

وهي الزاوية المحصورة بين السطح الأفقي ووجه القلم 4- (δ): . زاوية القطع

ملاحظة-:

هناك علاقة بين زاوية الخلوص وزاية الجرفكلما زادت زاوية الجرف قلت زاوية الخلوص.

يكون مجموع زوايا قلم الخراطة(90) درجة.

4- (δ)زاويةالقطع-: وهي الزاوية المحصورة بين المستوي الراسي ووجه القلم وتسمى

أنواع أقلام الخراطة

1-اقلام خراطة يمينية-2 اقلام خراطة يساري.

ب-انواع اقلام الخراطة حسب مرحلة التشغيل الى

- 1أقلام استقراب) اقلام تخشين -2 . (اقلام خراطة تنعيم) تشطيب(

والفرق بينها هو

1-يستخدم قلم خراطة التشطيب لضبط المقاسات المطلوبة بينما الأستقراب في قطع الجزء المطلوب ازالته عدا سماح صغير لعمليات التشطيب.

2-عمق القطع قليل بينما عمق القطع آبير في عملية خراطة الأستقراب.

3-سرعة القطع منخفضة في التنعيم بينما تكون عالية با لتخشين.المخروط.

ج -تقسيم أقلام الخراطة حسب طريقة أستخدامها-:

1-قلم خراطة خارجي -2 . قلم خراطة داخلي.

3-قلم خراطة جانبي- 4 . قلم قطع.

5-اقلام لولبة ويكون حسب شكل سن اللولب.

6-قلم خراطة تشكيل-7 قلم خراطة ذات اللقم الكاربيدية.

(1بالمئة من وزنه آاربون وتزداد صلادته عند الدرجات الحرارة العالية ولا يفقد - اضافة الى0,8) صلادته الاعند درجة حرارة تصل الى(600)درجة مئوية حيث يستخدم في السرعات العالية . لذا يسمى بالصلب السرعات العالية.

وتحضر معادن القطع بتلبيد آاربيدات العناصر الدخلة في الصلب السبائكي لذا تسمى بالكاربيدات المسمنتة__

طرق ربط اقلام الخراطة :

ا-بواسطة المخلب.

2-بواسطة المقلمة.

3-بواسطة البرج السداسي

المواد التي تصنع منها اقلام الخراطة-:

تعتمد الخامة التي تصنع منها اقلام الخراطة بصفة اساسية على الخامة المراد تشغيلها . آما تعتمد على سرعة القطع حيث تصنع اقلام الخراطة من صلب العدة الكاربوني) الغير سبائكي (التي تبلغ نسبة الكاربون فيها حوالي(1.5) بالمئة في المدى المنخفض لسرعات القطع اذ ان صلادته تقل في السرعات العالية.

ويحتوي الصلب السبائكي على عناصر سبائكية اخرى آالتنكستن والكروم والفناديوم والمولبيديوم الحد القاطع

تصنع عدد ،المستغلة فس تشغيل المعادن ، عادة ، من صلب العدة المقسى ، اذ يجب ان تكون المادة المستخدمة في صناعة العدة اصلد من المادة المصنوعة منها الشغلة.

و تبين الامثلة التوضيحية ان الشكل الاسفيني هو الشكل الاساسي لعدة القطع ، بينما يعتمد تحديد بقية الملامح ذلك الشكل الاسفيني على الغرض من استعمال العدة . و يتوقف تأثير القطع بواسطة االاسفين على العاملين التاليين اذا ما احتفظنا بمقدار القوة الم{ثرة على الاسفين ثابتا:

1.مقدار زاوية الاسفين

2.عرض حد الاسفين.

و يمكن تحديد القوة المؤثرة على الطرف السميك للأسفين الى قوى تؤثر على اسطحه . و تقوم قوى الاسطح بدور قوى القطع للعدة الاسفينية.

وقد اتاحت لنا نتئج لدراسات و الخبرة ، في عمليات القطع ، تحديد انسب زوايا للحد القاطع يفضل استخدامها في مختلف الاغراض . فلكل عدة قطع زوايا محددة تؤدي الى آفأ استخدام لها . و تعتمد مقادير آل هذه الزوايا على ظروف القطع الاخرى آسرعة آل من حرآات القطع ، و عمق ، و عمق القطع و آفاءة المآانة ، و المادة المصنوع منها آل من العدة و الشغلة . و تعتبر الزوايا الاربع التالية

اخم زوايا الحد القاطع و تسمى بالاحرف الاغريقية) الفا (،) بيتا (،) جاما (،) دلتا. (

و بفضل زاوية الخلوص ، يتلامس الحد القاطع مع سطح الشغلة قرب نقطة القطع فقط ، مما يقلل الاحتكاك ، و يضمن تجنب زيادة في ارتفاع درجة الحرارة اثناء القطع . و تنحصر زاوية الخلوص بين السطح السفلى للعدة و سطح الشغلة.

و تحدد زاوية الاله) الاسفين (مقاومة الحد القاطع . فكلما زادت زاوية الاله زاد عمر الحد القاطع ، الذي يعرف بانه الفترة التي يمكن من خلالها استخدام عدة مشحوذة دون انقطاع حتى تتثلم ، وتنحصر زاوية الاله بين سطحي العدة العلوي و السفلي.

في حين تنحصر زاوية الحرف بين السطح العلوي للعدة و السطح التخيّلي العمودي على سطح الشغلة مارا بنقطة القطع . و يؤثر مقدار هذه الزاوية على تكوين الرايش حيث تسمح زاوية الجرف الكبيرة بانزلاق الرايش بسهولة.

آما تؤثر زاوية القطع تأثيرا آبيرا على عملية القطع نفسها . و تنحصر بين السطح العلوي للعدة و سطح الشغلة . تحدد بالاضافة الى العوامل الاخرى شكل و سمك الرايش المتكوّن.

و تتواجد زوايا لبقطع الاربعة السابقة في أي طريقة للقطع.

و لتطوير تصميم حدود القطع لتحقبق آاءة عالية ، تضاف بعض الملامح على الاشكال الاساسية لحدود القطع. الحد

الحد القاطع الناشيء

العوامل التي تؤدي الى تكوين الحد القاطع الناشيء:

. 1المعدن المقطع معدن الطري المطلي.

. 2سرعة القطع منخفضه.

. 3وجود اتحاد آيميائي بين المعدن و عدة القطع.

. 4ضغط عالي و احتكاك على سطح عدة القطع.

العوامل التي تؤدي الى تقليل الحد القاطع الناشيء:

. 1تحويل الرايش من مستمر الى غير مستمر.

. 2استعمال السوائل) سوائل التجديد. (

. 3تقليل الاحتكاك بين سطح الشغل و وجه عدة القطع.

. 4استعمال زاوية جرف آبيرة.

المخارط الاتوماتيكية الهيدروليكية

1-مخرطة البرج الافقية

والفكرة الاساسية في تصميم هذا النوع من الماكنات على استبدال الفراب المتحرك المستخدم في المخارط العادية ببرج له ستة اوجه بركب اما على تمساح او عربة وتركب السكاكين القطع) ادوات القطع (على الاوجه الستة للبرج وترتب حسب تتابعها وفي عملية التشغيل وبعد كل عملية تشغيل يدار البرج خلال ستين درجة لجلب سكينة القطع التالية الى وضع التشغيل الصحيح وعلاوة على ذلك يخصص لكل سكينة قطع محدد لمشوار القطع . وفي ما عدا هاتين الخاصيتين تشترك مخارط البرج من المخارط العادية في بقية الصفات وهناك نوعين من هذه الماكنات ، النوع الاول ويركب فيه البرج ذو الستة اوجه على تمساح قابل للانزلاق فوق عربة. والعربة في حد ذا□ا قابلة للانزلاق فوق جسم الماكنة ، ولكنها عادة تثبت في مكان محدد مناسب للعملية الانتاجية ولا تتحرك اثناء عملية القطع. ويطلق على هذا النوع ماكنة الكابستان وهي تبين في الشكل (9) وفي النوع الثاني يركب البرج مباشرة فوق العربة التي تترلق مباشرة فوق جسم الماكنة. ويطلق على هذا النوع مخرطة البرج والفرق الاساس بين

هذا النوع من المخارط والمخارط العادية هو ان مخرط البرج مصممة للانتاج الكثير في حين ان المخارط العادية مصممة لقطع المشغولات محدودة العدد ولكنها يتشا□ان من ناحية الشكل الابتدائي للشغلة وعمليات القطع التي تجري على كل منها . ويبين امثلة على استخدام سكاكين القطع على ماكنات البرج ، يبين توزيع سكاكين القطع اللازمة لتشغيل المنتج المبينة على الاسطح المختلفة تتابع العمليات المختلفة لسكاكين القطع المثبتة على البرج.

المخرطة البرجية ذات التمساح:

ولها برج له ستة اوجه يحل محل الغراب المتحرك في المخرطة العادية والبرج مثبت على تمساح يترلق في الاتجاهين افقيا

على عربة توضع في بداية العملية في المكان المحدد ثم تثبت في مكا□ا . وتثبت ادوات القطع المثبتة بدورها في ماسكات

مناسبة على اوجه البرج . وتغذى عملية القطع بتحريك التمساح نحو الغراب الثابت.

وعندما يتحرك التمساح الى الخلف يدور البرج موجها اداة قطع جديدة الى الشغلة . ويفضل هذا التركيب للمخارط الصغيرة والمتوسطة الحجم بحيث يراعي عدم بروز التمساح مسافة كبيرة عن العربة. وتزود الماكينة بنوعين من صناديق التروس.

أ -نوع ميكانيكي بغير العامل السرعة يدويا حسب الحاجة.

ب -نوع هيدوزوليكي يغير السرعة اوتوماتيكيا حسب القيمة المحددة والتي تضبط على ساعة بيان في بداية ، -750عملية القطع . وعدد السرعات يكون8 او 12 او 16 او 24 سرعة ومدى السرعات يكون 15

2000-40، 1200-24لفة /دقيقة.

وتتم الحركة العمومية بواسطة الزلاقة التي تثبت عليها عادة برج ذو اربعة اوجه سريع الضبط يدويا على الجهة امامية واخر على الجهة الخلفية اداة قطع اواكثر وعادة تتم التغذية العمودية يدويا في حين يتحرك التمساح ميكانيكيا. وتستخدم مجموعة من محددات الحركة. وهذه تحدد قيمة التغذية في الاتجاهين و□ذه الطريقة تكون حركة كل اداة قطع متحكمة فيها بدرجة جيدة وفي نفس الوقت يمكن تكرار هذه الحركة على الشغلات المختلفة بنفس درجة__الدقة. ويثبت البرج على العربة مباشرة التي تترلق افقيا لاتجاهين ويفضل هذا التصميم للاحجام الكبيرة من الماكنات، حيث يوفر اكبر ويوفر امكانية احداث مشاوير تغذية اطول. وعند تحرك العربة الى الخلف تتم عملية التقسيم والحركة العمودية تتم باستخدام عربة طولها برج واحد مكون من اربعة اوجه. وتزود الماكنات بمحددات مشاويرالقطع.

<u>ادوات القطع ووسائل تثبيتها</u>

لتثبيت الشغلة وبالذات اذا كانت على هياة عمود ويستخدم الظرف)عينة ثلاثية (collets) يستخدم الكولييت اورباعية (في بعض الاحيان اذا كانت المشغولات مفردة وتستخدم ادوات القطع العادية على الماكنة مثل ادوات القطع ذات الحد الواحد.

وتستخدم وسائل خاصة لتثبيت وضبط ادوات القطع (Tap) ادوات التشكيل – البرايم– الرايمر)البراغل (–ذكر كل اداة على حدة او كل مجموعة مع بعضها. وبعض هذه الوسائل مبينة بالرسم.

مثال-:

لتوضيح طريقة اختيار ادوات القطع وترتيب تتابعها. نشرح المثال الموضح في الصورة لانتاج القطعة تفاصيل

العمليات المطلوبة وهي-:

1-يغذي العمود حتى تلامسه مع محدد طول الشغلة) وعادة بجمع بريمة البداية لعمل مركز (ويثبت في ثم تتقدم بريمة البداية لعمل المركز (collet). . الكوليت

2-يعمل الثقب بالطول المحدد.

3-يخرط الثقب الى القيمة المحددة

4-يضبط القطر الد اخل باستخدام البرغل) الرايمو(

لتحديد اية اللولب 5- (recess) .يعمل اختناق

6-يقطع اللولب بواسطة ذكر قلاووظ

7-يفصل الجزء الشغل

$$d_p = \frac{D_1 - D_2}{2} \qquad (2)$$

حيث :

d_p = عمق القطع (mm) .

D_1 = قطر الشُغلة الإبتدائي (mm) .

D_2 = قطر الشُغلة النهائي (mm) .

3.9.5 التغذية ومعدل التغذية (*Feed and Feed Rate*)

يمكن تعريف التغذية على ماكنة المخرطة على إنها كمية المادة المُزالة من الشُغلة لكل دورة لها أو لكل شوط للعُدة مُقاسة بوحدات (mm/rev) . أما معدل التغذية فيعرف على إنه معدل الحركة الجانبية التي تتحركها عُدة القطع على طول الشُغلة الدوارة مقاساً بوحدات (mm/min) . تمتلك التغذية ، السرعة ، وعمق القطع تأثيراً مباشراً على الإنتاجية ، عُمر العُدة ، ومتطلبات الماكنة . لذلك يجب أن يتم إختيار هذه العناصر بكل عناية لكل عملية ، وسواء أكان المطلوب هو قطع خشن أو إنهاء سطحي سوف يمتلك تأثيراً كبيراً على ظروف القطع المختارة .

مثال

إحسب سرعة القطع التي يتم بها تشغيل قطعة من الفولاذ الطري ذات قطر $(100mm)$ وتدور بسرعة $(300rpm)$.

الحل //

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000}$$

$$V_c = \frac{\pi \times 100 \times 300}{1000} \Longrightarrow \boxed{V_c = 94.2 m \setminus \min}$$

إختبار ذاتي (9): عرف سرعة القطع

10.5 زمن التشغيل (*Machining Time*)

من أجل تقدير وتقييم زمن التشغيل فإنه من الضروري إختيار متغيرات عملية التشغيل المناسبة . لهذا من الضروري معرفة مادة الشُغلة ومادة عُدة القطع مجتمعة للوصول إلى الجمع الصحيح لمتغيرات العملية والتي تشمل سرعة القطع ، التغذية ، وعمق القطع . ويمكن حساب زمن التشغيل من القوانين التالية :

1- زمن الخراطة الطولية .

$$T_c = \frac{L + C}{f \times N} \times i \qquad (6)$$

حيث :

T_c = زمن التشغيل (min) .

L = المسافة المراد تشغيلها (mm) والتي تشمل طول السطح المقطوع +خلوص بداية التشغيل + خلوص نهاية التشغيل .

C = مسافة الخلوص المضافة (mm) وهي تقدر من ($1.5mm$ - $6mm$) ، وإذا لم تُعطى في السؤال فيمكن إهمالها .

f = التغذية (mm/rev) .

N = عدد الدورات (rpm) .

i = عدد مرات القطع (الأشواط) ، وتعتبر واحد لم تُعطى في السؤال .

2- زمن تسوية الأوجه (الأعمدة الصلدة) .

$$T_c = \frac{\frac{1}{2}D + C}{f \times N} \times i \qquad (7)$$

حيث :

D = قطر الشُغلة (mm) .

3- زمن تسوية الأوجه (الأعمدة المجوفة) .

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{2}D - \frac{1}{2}d\right) + C}{f \times N} \times i \qquad (8)$$

حيث :

D = قطر العمود الكبير (mm) .

d = قطر العمود الصغير (mm) .

ويمكن حساب عمق القطع الكلي من المعادلة التالية :

$$d_{ptotal} = \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2} \qquad (13)$$

حيث إن :

D_1 = قطر الشُغلة قبل القطع (mm) .

D_2 = قطر الشُغلة بعد القطع (mm) .

مثال:

إحسب زمن التشغيل اللازم لخراطة شُغلة من الفولاذ الطري من قطر أولي ($50mm$) إلى قطر ($26mm$) فإذا كان طول الشُغلة ($100mm$) وسرعة القطع ($25m/min$) والتغذية ($2mm/rev$) وعمق القطع ($2mm$) . أُفرض إن خلوص البداية والنهاية هو ($4mm$) .

الحل //

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000}$$

$$25 = \frac{\pi \times 50 \times N}{1000} \Longrightarrow \boxed{N = 159rpm}$$

$$d_{ptotal} = \frac{D_1}{2} - \frac{D_2}{2}$$

$$d_{ptotal} = \frac{50}{2} - \frac{26}{2} \Longrightarrow \boxed{d_{ptotal} = 12}$$

$$I = \frac{d_{ptotal}}{d_p}$$

$$I = \frac{12}{2} \Longrightarrow \boxed{I = 6}$$

$$T_c = \frac{L + C}{f \times N} \times i$$

$$T_c = \frac{100 + 4}{2 \times 159} \times 6 \Longrightarrow \boxed{T_c = 1.96\,\text{min}}$$

مثال:

شُغلة من الفولاذ واطئ الكاربون بطول (85mm) تم تشغيلها على ماكنة خراطة مركزية بعُدة قطع مصنوعة من فولاذ السرعات العالية(HSS) بعمق قطع (2mm) وتغذية (0.2mm\rev) وبعدد أشواط خراطة مقدارها (4) عند سرعة قطع (30m\min) . فإذا علمت إن قطر الشُغلة النهائي بعد التشغيل أصبح (44mm) ، إحسب زمن التشغيل لهذه الشُغلة .

الحل //

بما إن شوط القطع الواحد يقطع من المادة (4mm) وبعمق قطع قدره (2mm) ، إذاً خلال أربعة أشواط يتم قطع مادة قدرها ($4 \times 4 = 16mm$) .

لذلك يكون القطر الإبتدائي للمادة قبل القطع = (القطر النهائي + 16mm)

$$60mm = 16 + 44 \quad =$$

$$V_c = \frac{\pi DN}{1000}$$

$$30 = \frac{\pi \times 60 \times N}{1000} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{N = 159.2rpm}$$

$$T_c = \frac{L + C}{f \times N} \times i$$

$$T_c = \frac{85 + 0}{0.2 \times 159.2} \times 4 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{T_c = 10.7\min}$$

مثال:

إحسب زمن التشغيل الحقيقي اللازم لتشغيل عمود من الفولاذ نوع (C40) طوله (120mm) وقطره (50mm) ليصبح بقطر(42mm) ، إذا علمت إن سرعة القطع في حالة قطع التخشين هي (30m\min) وبعدد دورات (176rpm) وعمق قطع (2mm) عند تغذية قدرها (0.24mm\rev) ، وفي حالة الإنهاء السطحي يكون سرعة القطع(60m\min) وبمماحة إنهاء مقدارها(0.75mm) وبعدد دورات (440 rpm) و تغذية(0.1 mm\rev) . أُفرض إن مسافة الخلوص المضافة هي(2mm) .

الحل //

بما إن الخام المراد إزالته = $4mm = \frac{42-50}{2}$

وسماحة الإنهاء = $0.75mm$

إذاً الخام الممكن إزالته بالتخشين = $3.25mm = 0.75\text{-}4$

بما إن أعظم عمق قطع يمكن أخذه هو $(2mm)$ لذلك سوف يكون هنالك شوطين للقطع .

معدل عمق القطع = $46mm = \frac{42+50}{2}$

1- في حالة التخشين .

$$T_C = \frac{L+C}{f \times N} \times i$$

$$T_C = \frac{120+2}{0.24 \times 176} \times 2 \Rightarrow \boxed{T_C = 5.776 \min}$$

2- في حالة الإنهاء .

$$T_C = \frac{120+2}{0.1 \times 440} \Rightarrow \boxed{T_C = 2.77 \min}$$

$$T_{total} = T_{Rough} + T_{Finish}$$

$$T_{total} = 5.776 + 2.77 \Rightarrow \boxed{T_{total} = 8.546 \min}$$

11.5 قدرة التشغيل (*Machining Power*)

إن القدرة اللازمة في الخراطة عند عمود الدوران تعتمد على سرعة القطع ، عمق القطع ، التغذية ، ومساندة مادة الشُغلة وقابلية التشغيل . إضافة إلى ذلك تعتمد القدرة المتطلبة في الخراطة على قوة القطع لتكون دالة قدرة لمعدل التغذية (F) وعمق القطع (d_p) . ومن المعادلة أدناه يمكن حساب قوة القطع :

$$\Rightarrow \boxed{F_c = k \times dp \times F} \qquad (14)$$

حيث :

F_c = قوة القطع .

5

k = ثابت يعتمد على مادة الشُغلة وقيم هذا الثابت موضحة في الجدول رقم (5-1) .

dp = عمق القطع .

F = معدل التغذية .

عندها تكون القدرة تساوي :

$$P = F \times V \qquad (15)$$

وبجمع المعادلة (11) مع المعادلة (12) يكون :

$$Power(P) = k \times dp \times f \times V \qquad (16)$$

حيث :

P = القدرة (w) .

وهذه المعادلة تمثل معادلة القدرة اللازمة للخراطة .

الجدول رقم (5-1): قيم الثابت (k) لحساب القدرة اللازمة للخراطة

Material being Cut	*k (N/mm^2)*
Steel , 100-150BHN	1200
Steel , 150-200BHN	1600
Steel , 200-300BHN	2400
Steel , 300-400BHN	3000
Cast Iron	900
Brass	1250
Bronze	1750
Aluminum	700

12.5 بطاقة التشغيل (*Operating Card*)

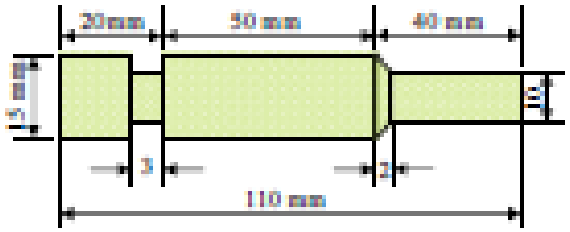
تمثل بطاقة التشغيل المسار الإنتاجي الذي يمر به المنتج خلال تصنيعه موضحاً في جدول يضم العمليات التي يتم إجراءها عليه . وتمتلك بطاقات التشغيل أهمية كبيرة في الصناعة حيث إنها تعتبر لغة التخاطب والتعبير بين المُصمم والمُنفذ ، إضافة إلى ذلك تعطي فهم كامل لأبعاد الأجزاء المصنعة مما يُقلل أخطاء التنفيذ وبالتالي تقليل تُكلف إنتاجها إضافة إلى تقليل زمن الإنتاج ومعرفة عدد العمليات الواجب إجراءها على المُنتج . الشكل رقم (5-14) يوضح جزء ميكانيكي مصنع وبطاقة التشغيل الخاصة به والعمليات المنفذة عليه .

مثال

إحسب القدرة اللازمة للتخشين والإنهاء للجزء المُشغل في المثال رقم (3) مستخدماً المعلومات المتوفرة فيه . إذا علمت إن قيمة الثابت (k) للشغلة هو ($1600N/mm^2$) .

ادناه نموذج لبطاقة تشغيل لاحدى عمليات التشغيل على الخراطة

(الجزء الميكانيكي قبل التشغيل)



(الجزء الميكانيكي بعد التشغيل)

بطاقة التشغيل

مادة عُدة القطع	أداة القياس	سرعة القطع (m/min)	عمق القطع (mm)	التغذية (mm/rev)
H.S.S	قدمة بدقة قياس (0.1 mm)	55 60 65	0.5 1 2	0.1 0.2

وصف للعمليات المنفذة على الجزء الميكانيكي

نوع العملية		التغذية (mm/rev)	عمق القطع (mm)	سرعة القطع (m/min)	أداة القياس	مادة عُدة القطع
خراطة طولية إلى قطر (15mm) وطول (110mm) بشوطين	تخشين	0.2	2	65	قدمة بدقة قياس (0.1 mm)	فولاذ السرعات العالية (H.S.S)
	إنهاء	0.1	0.5	60		
خراطة طولية إلى قطر (10mm) وطول (40mm) بشوطين	تخشين	0.2	2	55		
	إنهاء	0.1	0.5	55		
فتح مجرى بطول (3mm) وقطر (10mm) بثلاثة شوط	تخشين	0.2	1	65		
	إنهاء	0.1	0.5	60		
ثقب الشغلة وقطع الزائد منها وتسوية الوجه الذي لها إلى الطول المطلوب بشوطين	تخشين	0.2	2	65		
	إنهاء	0.1	0.5	60		

الاختبار البعدي

س1: عرف الخراطة
س2: عدد انواع المخارط واذكر اجزاء المخرطة الرئيسية
س3: ماهي العوامل المؤثرة على سرعة التشغيل
س4: كيف يتم صياغة بطاقة التشغيل

المصادر :

- عمليات تصنيع المعادن 2 للمؤلف اسامة محمد المرضي سليمان
- Ismaila S. O. , "Manufacturing Science and Technology" , Department of Mechanical Engineering , College of Engineering , University of Agriculture , Abeokuta , (2012) .