الحقيبة التعليمية

لمـــادة

عمليات التصنيع

لطلبة المرحلة الثانية في الكليات والمعاهد التقنية

م.علي إبراهيم الموسوي

المعهد التقني – بابل

قسم المكائن والمعدات

تؤكد الاتجاهات التربوية والتعليمية المعاصرة على أهمية التعلم الفردي الذي ينقل محور إهتمام العملية التعليمية من المادة الدراسية إلى الطالب نفسه ويسلط عليه الأضواء ليكشف عن ميوله وإستعداداته وقدراته ومهاراته الذاتية بهدف التخطيط لتنميتها وتوجيهها وفقاً لوصفة تعليمية خاصة بكل طالب على حدة لتقابل ميوله الخاصة وتتمشى مع حاجاته الذاتية وإستعدادات فكره ولتحفز دوافعه ورغباته الشخصية ليتمكن بذلك من الوصول إلى أقصى طاقاته وإمكاناته الخاصة به .

ومن شأن هذا الإتجاه التعليمي الحديث أن يفسح المجال أمام إبراز الفروق الفردية الموجودة بين طلاب الصف الواحد وإتاحة الفرصة لكل منهم للإنطلاق وفقا لسرعته الخاصة به في التعلم ويستلزم هذا الإتجاه تركيز مخططي العملية التربوية على ما يتمكن كل طالب من عمله وممارسته والإندماج فيه وإتقانه بدلاً من التركيز على ما يجب أن يتعلمه أو يعرفه أو يحفظه من معارف ومعلومات جامدة لا يستطيع إستخدامها كما كان يحدث في التعليم التقليدي.

وتمثل الحقيبة التعليمية أحد نماذج التعلم الفردي ، حيث تبلورت فكرة الحقائب / الرزم التعليمية مع تطور البرامج التي تهدف إلي مراعاة الفروق الفردية بين المتعلمين، ومع تزايد إعمال التفكير بمدخل النظم في التربية والتعليم واستخدام الحاسب في حياتنا المعاصرة. تهدف عملية إنتاج الحقائب التعليمية التعلمية إلى توفير وسيلة تعليمية تخدم المنهاج الدراسي ، وتساهم في تطوير العملية التربوية ، ويمكن توظيفها والاستفادة منها بيسر وسهولة ، ومن هذه الحقائب هي الحقيبة التعليمية الخاصة بمادة عمليات التصنيع .

محتويات الحقيبة التعليمية

ت	عنوان الوحدة التدريبية	الصفحة
1	التفاوتـــات و التوافقـــــات	1
2	خشونــة السطـح	30
3	أجهــزة القيــاس والمعايــرة	54
4	نظرية القطع و تكوين الرايش	74
5	عمليـــات الخراطة	104
6	عمليــات التفريــز	135
7	عمليـــات القشــط	175
8	عمليـــات التجليخ	194
9	عمليات التشغيل اللاتقليدي	220
10	عمليات التشكيل الميكانيكي	244
11	التـــــروس	280
12	التحكـــم الرقمـــي	308

وحدة تدريبية

التفاوتات و التوافقات

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تتطلب الصناعات الحديثة للمكائن والآلات وخصوصاً الإنتاج الكمي أن تكون هنالك مرونة في تبادل الأجزاء ، أي إن هذه الأجزاء تُصنع بطريقة بحيث تكون هنالك إمكانية لإختيار أي جزء من مجموعة أجزاء أو قِطع 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 نتصورها 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 .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على التفاوت والتوافق .

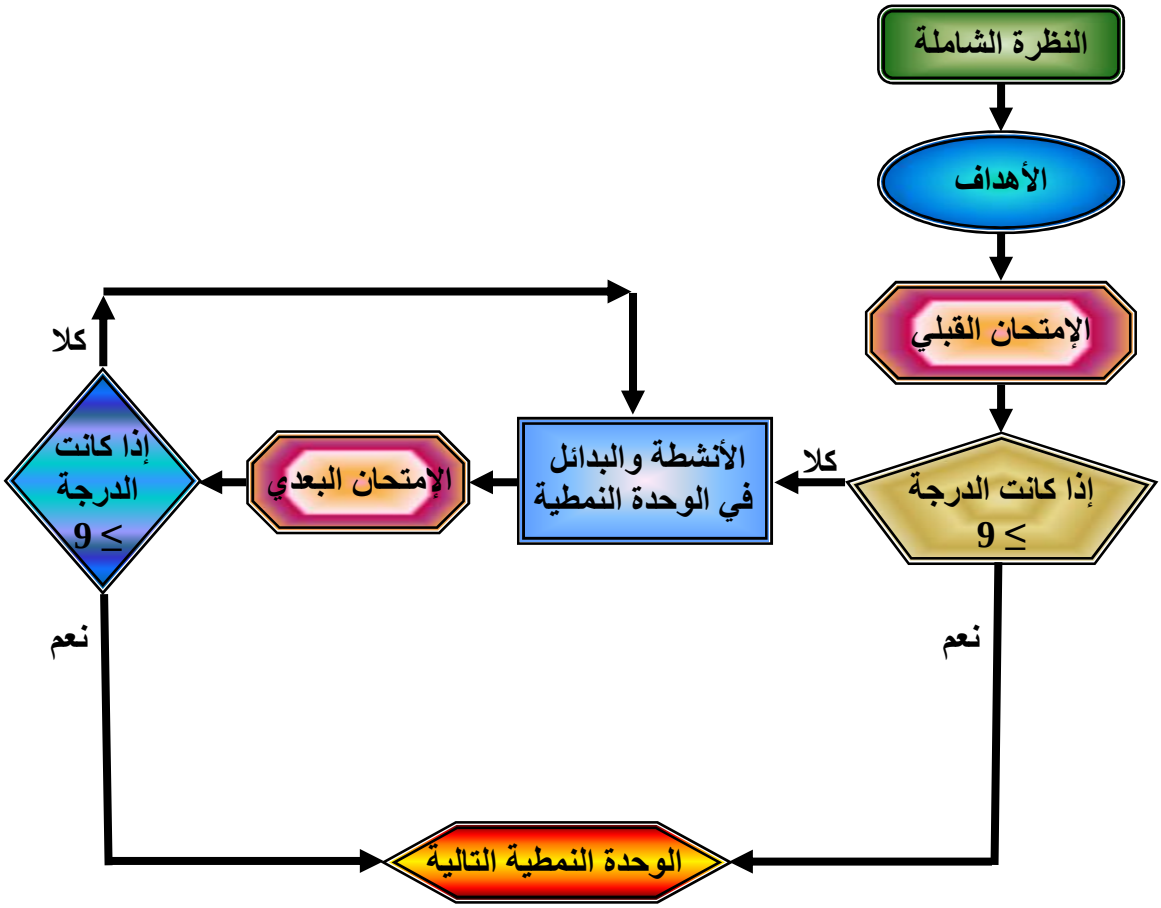
ثانياً- إتقان المهارات الأساسية في تحديد التفاوتات والتوافقات للأجزاء الميكانيكية .

ثالثاً- حساب قيم التفاوت والتوافق .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على معنى التفاوت والتوافق .
2- يتعرف على أنواع التفاوتات والتوافقات .
3- يُثبت التفاوتات والتوافقات على الرسم .
4- يُحدد أنظمة التوافق .

5- المخطط الإنسيابي:



الإختبار القبلي

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

1- يسمى التفاوت المحتوي على قيمتي الإنحراف العلوي والسفلي بـ :
أ- التفاوت أحادي الإتجاه .
ب- التفاوت ثنائي الإتجاه .
ج- التفاوت المتراكم .
د- التفاوت الهندسي .

2- المقاس هو :
أ- صفة أو ميزة هندسية .
ب- التسامح المتنوع للأجزاء الميكانيكية .
ج- مقدار معين يُشير إلى قيمة البُعد.
د- خط مستقيم تستند إليه الإنحرافات.

3- يعرف الإنحراف الأساسي على إنه :
أ- المنطقة المحصورة بين الخطين اللذين يمثلان حدود التفاوت .
ب- الفرق الجبري بين مقاس معين والمقاس الأساسي .
ج- مقياس لمقدار التفاوت .
د- قيمة أحد الإنحرافين (العلوي أو السفلي).

4- يسمى التوافق الذي تكون فيه أبعاد الثقب أكبر من أبعاد العمود بـ :
أ- التوافق الخلوصي .
ب- التوافق الإنتقالي .
ج- التوافق التداخلي .
د- التوافق المزدوج .

5- تطلق تسمية نظام العمود الأساس على التوافقات التي تكون فيها قيم الإنحراف الأساسي :
أ- موجبة .
ب- سالبة .
ج- صفر .
د- موجبة وسالبة .

6- يحصل التوافق الإنتقالي عندما تكون :
أ- أبعاد العمود أكبر من أبعاد الثقب .
ب- أبعاد الثقب أكبر من أبعاد العمود .
ج- أبعاد الثقب متداخلة مع أبعاد العمود .
د- أبعاد الثقب و أبعاد العمود تقع فوق خط الصفر .

7- إذا كانت قيمة درجة التفاوت واقعة ضمن مدى (01-5) تسمى التفاوتات عندئذ بـ :
أ- التفاوتات الصغيرة .
ب- التفاوتات الدقيقة .
ج- التفاوتات الكبيرة .
د- التفاوتات المتوسطة .

8- يمثل التفاوت الفرق بين الحد الأعلى للمقاس و الحد الأدنى للمقاس وتكون قيمته :
أ- مطلقة .
ب- سالبة .
ج- موجبة .
د- سالبة وموجبة .

9- إن القيم التي تُعطى في جداول التفاوتات تمثل قيم المقاس الأساسي مترافقة مع قيم :
أ- الإنحراف العلوي والسفلي .
ب- الإنحراف الأساسي .
ج- التوافق .
د- الحد الأعلى والأدنى للمقاس .

10- يطلق تعريف "درجة الضبط الضرورية لضمان وظيفة الجزء كما مُخطط لها" على :
أ- التفاوت .
ب- التوافق .
ج- الإنحراف .
د- الدقة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

عرض الوحدة النمطية

1.1 الدقة و التفاوت (*Precision & Tolerances*)

تعتبر الجودة الإعتبار الأساسي في تصنيع أية ماكنة أو تركيب هيكلي حيث إن العناية الصناعية التي يتم إجراءها على المنتج تُحدد 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 مُخطط 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 والأُخرى .

أما النوع الثاني فهو السطوح غير المتداخلة (*Non Mating Surface*) والتي تكون مُعرضة 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 مسافة بمقاس مُطلق 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 بُعد 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 .

إختبار ذاتي (1): ما المقصود بمصطلح الدقة والتفاوت

2.1 مصطلحات التفاوت (*Tolerances Nomenclature*)

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 البُعد . مثلاً إذا كان طول جزء ما (20*mm*) فالرقم (20) يعني المقاس.

4- **التفاوت (Tolerance)** .

وهو التسامح المتنوع لأي مقاس معين والذي يُحدد 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)** .

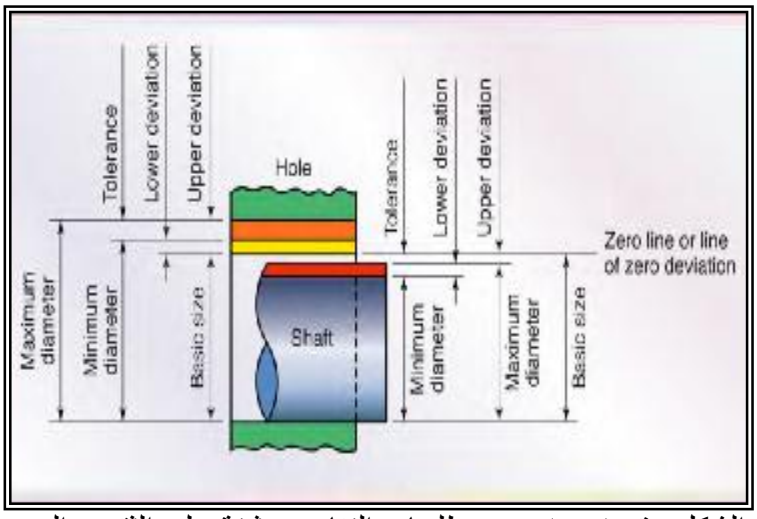
وهو الفرق الجبري بين مقاس معين والمقاس الأساسي ، ويقسم الإنحراف إلى نوعين هما :

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- **الإنحراف الأساسي (Fundamental Deviation)** .

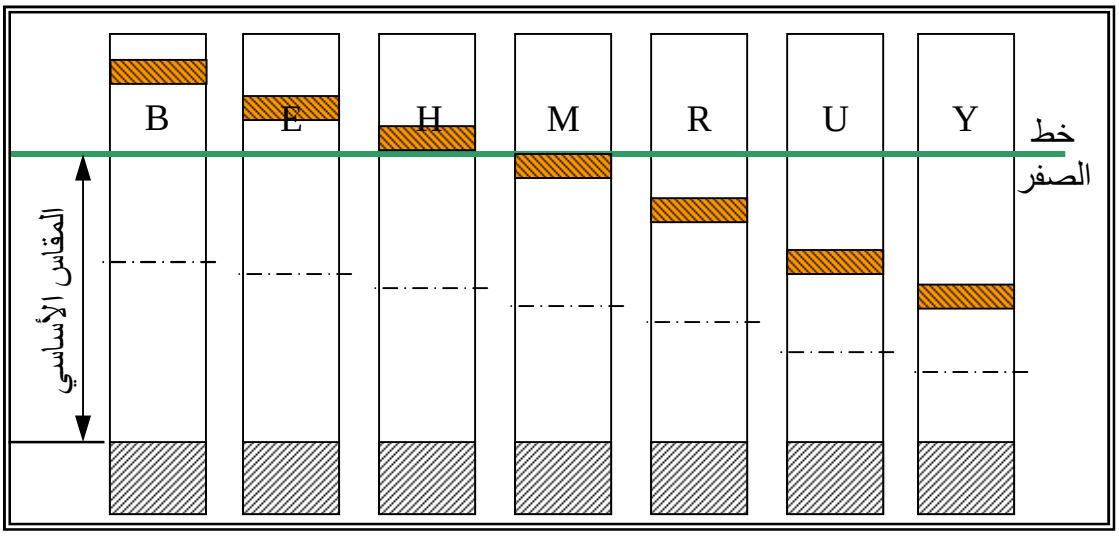
ويمثل قيمة أحد الإنحرافين (العلوي أو السفلي) الذي يتم إختياره لتحديد موقع منطقة التفاوت بالنسبة إلى خط الصفر . ويعتبر الإنحراف الأساسي هو الأقرب إلى خط الصفر .



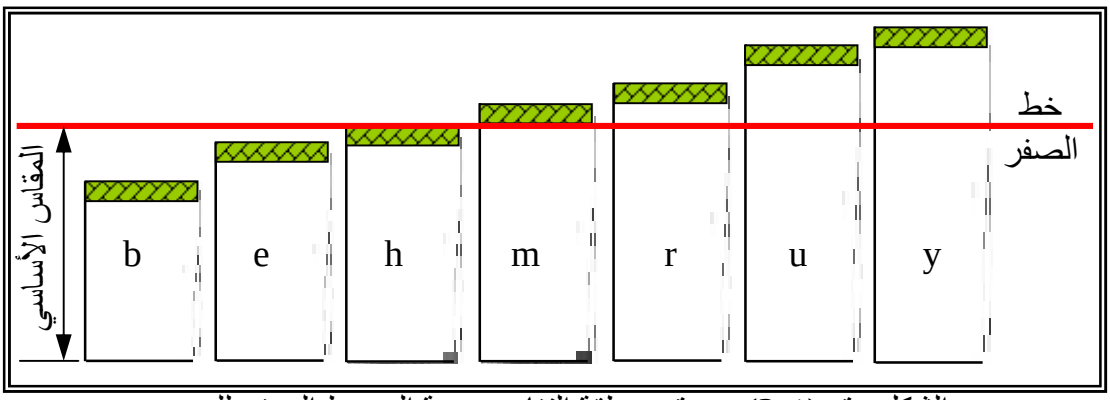
الشكل رقم (1-1) : مصطلحات التفاوت مثبتة على الثقب والعمود

9- **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 .



الشكل رقم (1-2) : موقع منطقة التفاوت نسبة إلى خط الصفر للثقب



الشكل رقم (1-3) : موقع منطقة التفاوت نسبة إلى خط الصفر للعمود

10- **درجة التفاوت (Tolerance Grade)** .

وهي مقياس لمقدار التفاوت وهذه الدرجة تعتبر دليلاً واضحاً لمدى جودة الإنتاج حيث كلما كانت درجة التفاوت واطئة كان التفاوت قليل وبالتالي تكون الدقة عالية وبالعكس فكلما زادت درجة التفاوت زاد التفاوت وقلت الدقة . ويمكن تمثيل درجة التفاوت بمجموعة أرقام يبلغ عددها (18) رقماً مرتبة كالآتي :

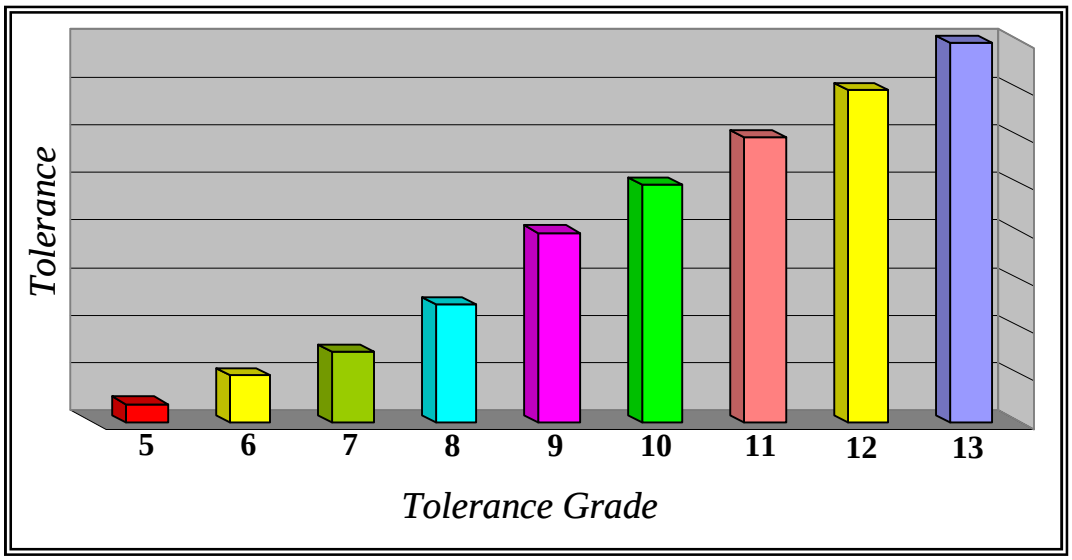
(16,15,14,13,12,11,10,9,8,7,6,5,4,3,2,1,01,0) .وتقسم هذه الأرقام إلى ثلاث مجاميع هي :

المجموعة الأُولى 5-01 تفاوتات دقيقة .

المجموعة الثانية 10-6 تفاوتات متوسطة .

المجموعة الثالثة 16-11 تفاوتات كبيرة .

الشكل رقم (1-4) يوضح العلاقة بين التفاوت ودرجة التفاوت . الجدول رقم (1-1) مدرج فيه عدد من القوانين التي تحكم التفاوت .



الشكل رقم (1-4) : علاقة التفاوت مع درجة التفاوت

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

الجدول رقم (1-2) يمثل منطقة التفاوت للثقوب ، أما الجدول رقم (1-3) فمثل منطقة التفاوت للأعمدة .
الشكل رقم (1-3) والشكل رقم (1-4) يوضحان موقع منطقة التفاوت نسبة إلى خط الصفر للثقب والعمود على التوالي .

الجدول رقم (1-2): منطقة التفاوت للثقوب

ISO Tolerances for Holes (ISO 286-2)																				
Nominal hole sizes (mm)																				
Basic Size	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
Upper and Lower Deviations (µm)																				
A11	+345 +270	+370 +280	+400 +290	+430 +300	+470 +310	+480 +320	+530 +340	+550 +360	+600 +380	+630 +410	+710 +460	+770 +520	+830 +580	+950 +660	+1030 +740	+1110 +820	+1240 +920	+1370 +1050	+1560 +1200	+1710 +1350
B11	+215 +140	+240 +150	+260 +150	+290 +160	+330 +170	+340 +180	+380 +190	+390 +200	+440 +220	+460 +240	+510 +260	+530 +280	+560 +310	+630 +340	+670 +380	+710 +420	+800 +480	+860 +540	+960 +600	+1040 +680
C11	+145 +70	+170 +80	+205 +95	+240 +110	+280 +120	+290 +130	+330 +140	+340 +150	+390 +170	+400 +180	+450 +200	+460 +210	+480 +230	+530 +240	+550 +260	+570 +280	+620 +300	+650 +330	+720 +360	+760 +400
D10	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+149 +65	+180 +80		+220 +100		+260 +120		+305 +145			+355 +170			+400 +190		+440 +210	
E6	+28 +20	+34 +25	+43 +32	+53 +40	+66 +50		+79 + 60		+94 +72		+110 +85			+129 +100			+142 +110		+161 +125	
E7	+32 +20	+40 +25	+50 +32	+61 +40	+75 +50		+90 + 60		+107 +72		+125 +85			+146 +100			+162 +110		+185 +125	
E9	+50 +20	+61 +25	+75 +32	+92 +40	+112 +50		+134 +60		+159 +72		+185 +85			+215 +100			+240 +110		+260 +125	
E11	+95 +20	+115 +25	+142 +32	+170 +40	+210 +50		+250 + 60		+292 +72		+335 +85			+390 +100			+430 +110		+485 +125	
E12	+140 +20	+175 +25	+212 +32	+250 +40	+300 +50		+360 + 60		+422 +72		+485 +85			+560 +100			+630 +110		+695 +125	
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	
G6	+12 +4	+14 +5	+17 +6	+20 +7	+25 +9		+29 +10		+34 + 12		+39 +14			+44 +15			+49 +17		+54 +18	
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	+22	+27	+33	+39		+46		+54		+63			+72			+81		+89	

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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
J7	+6 -6	+8 -7	+10 -8	+12 -9	+14 -11	+18 -12	+22 -13	+26 -14	+30 -16	+36 -16	+39 -18
J8	+10 -8	+12 -10	+15 -12	+20 -13	+24 -15	+28 -18	+34 -20	+41 -22	+47 -25	+55 -26	+60 -29
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
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
JS8	+9 -9	+11 -11	+13.5 -13.5	+16.5 -16.5	+19.5 -19.5	+23 -23	+27 -27	+31.5 -31.5	+36 -36	+40.5 -40.5	+44.5 -44.5
K6	+2 -6	+2 -7	+2 -9	+2 -11	+3 -13	+4 -15	+4 -18	+4 -21	+5 -24	+5 -27	+7 -29
K7	+3 -9	+5 -10	+6 -12	+6 -15	+7 -18	+9 -21	+10 -25	+12 -28	+13 -33	+16 -36	+17 -40
K8	+5 -13	+6 -16	+8 -19	+10 -23	+12 -27	+14 -32	+16 -38	+20 -43	+22 -50	+25 -56	+28 -61
M6	-1 -9	-3 -12	-4 -15	-4 -17	-4 -20	-5 -24	-6 -28	-8 -33	-8 -37	-9 -41	-10 -46
M7	0 -12	0 -15	0 -18	0 -21	0 -25	0 -30	0 -35	0 -40	0 -46	0 -52	0 -57
M8	+2 -16	+1 -21	+2 -25	+4 -29	+5 -34	+5 -41	+6 -48	+8 -55	+9 -63	+9 -72	+11 -78
N6	-5 -13	-7 -16	-9 -20	-11 -24	-12 -28	-14 -33	-16 -38	-20 -45	-22 -51	-25 -57	-26 -62
N7	-4 -16	-4 -19	-5 -23	-7 -28	-8 -33	-9 -39	-10 -45	-12 -52	-14 -60	-14 -66	-16 -73
N8	-2 -20	-3 -25	-3 -30	-3 -36	-3 -42	-4 -50	-4 -58	-4 -67	-5 -77	-5 -86	-5 -94
P6	-9 -17	-12 -21	-15 -26	-18 -31	-21 -37	-26 -45	-30 -52	-36 -61	-41 -70	-47 -79	-51 -87
P7	-8 -20	-9 -24	-11 -29	-14 -35	-17 -42	-21 -51	-24 -59	-28 -68	-33 -79	-36 -88	-41 -98
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
R7	-11 -23	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-32 -62	-38 -73	-41 -76	-48 -88	-50 -90	-53 -93	-60 -106	-63 -109	-67 -113	-74 -126	-78 -130	-87 -144	-93 -150
S7	-15 -27	-17 -32	-21 -39	-27 -48	-34 -59	-42 -72	-48 -78	-58 -93	-66 -101	-77 -117	-85 -125	-93 -133	-105 -151	-113 -159	-123 -169	-138 -190	-150 -202	-169 -226	-187 -244

الجدول رقم (1-3): منطقة التفاوت للأعمدة

ISO Tolerances for Shafts (ISO 286-2)																				
Nominal Shaft Sizes (mm)																				
Basic Size	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355
	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400
Upper and Lower Deviations (μm)																				
a12	-270 -390	-280 -430	-290 -470	-300 -510	-310 -560	-320 -570	-340 -640	-360 -660	-380 -730	-410 -760	-460 -860	-520 -920	-580 -980	-660 -1120	-740 -1200	-820 -1280	-920 -1440	-1050 -1570	-1200 -1770	-1350 -1920
d6	-30 -38	-40 -49	-50 -61	-65 -78	-80 -96		-100 -119		-120 -142		-145 -170			-170 -199			-190 -222		-210 -246	
e6	-20 -28	-25 -34	-32 -43	-40 -53	-50 -66		-60 -79		-72 -94		-85 -110			-100 -129			-110 -142		-125 -161	
e13	-20 - 200	-25 - 245	-32 - 302	-40 - 370	-50 -440		-60 -520		-72 -612		-85 -715			-100 -820			-110 -920		-125 -1015	
f5	-10 -15	-13 -19	-16 -24	-20 - 29	-25 -36		-30 -43		-36 -51		-43 -61			-50 -70			-56 -79		-62 -87	
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	
h4	-0 -4	-0 -4	-0 -5	-0 -6	-0 -7		-0 -8		-0 -10		-0 -12			-0 -14			-0 -16		-0 -18	
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	
h9	-0 -30	-0 -36	-0 -43	-0 -52	-0 -62		-0 -74		-0 -87		-0 -100			-0 -115			-0 -130		-0 -140	
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	
h12	-0 -120	-0 -150	-0 -180	-0 -210	-0 -250		-0 -300		-0 -350		-0 -400			-0 -460			-0 -520		-0 -570	
j5	+3 -2	+4 -2	+5 -3	+5 -4	+6 -5		+6 -7		+6 -9		+7 -11			+7 -13			+7 -16		+7 -18	
j6	+6 -2	+7 -2	+8 -3	+9 -4	+11 -5		+12 -7		+13 -9		+14 -11			+16 -13			+16 -16		+18 -18	
j7	+8 -4	+10 -5	+12 -6	+13 -8	+15 -10		+18 -12		+20 -15		+22 -18			+25 -21			+26 -26		+29 -28	
js5	+2.5 -2.5	+3 -3	+4 -4	+4.5 -4.5	+5.5 -5.5		+6.5 -6.5		+7.5 -7.5		+9 -9			+10 -10			+11.5 -11.5		+12.5 -12.5	
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	

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	
k5	+6 +1	+7 +1	+9 +1	+11 +2	+13 +2	+15 +2		+18 +3		+21 +3			+24 +4			+27 +4		+29 +4	
k6	+9 +1	+10 +1	+12 +1	+15 +2	+18 +2	+21 +2		+25 +3		+28 +3			+33 +4			+36 +4		+40 +4	
k7	+13 +1	+16 +1	+19 +1	+23 +2	+27 +2	+32 +2		+38 +3		+43 +3			+50 +4			+56 +4		+61 +4	
m5	+9 +4	+12 +6	+15 +7	+17 +8	+20 +9	+24 +11		+28 +13		+33 +15			+37 +17			+43 +20		+46 +21	
m6	+12 +4	+15 +6	+18 +7	+21 +8	+25 +9	+30 +11		+35 +13		+40 +15			+46 +17			+52 +20		+57 +21	
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	
n6	+16 +8	+19 +10	+23 +12	+28 +15	+33 +17	+39 +20		+45 +23		+52 +27			+60 +31			+66 +34		+73 +37	
n7	+20 +8	+25 +10	+30 +12	+36 +15	+42 +17	+50 +20		+58 +23		+67 +27			+77 +31			+86 +34		+94 +37	
p5	+17 +12	+21 +15	+26 +18	+31 +22	+37 +26	+45 +32		+52 +37		+61 +43			+70 +50			+79 +56		+87 +62	
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

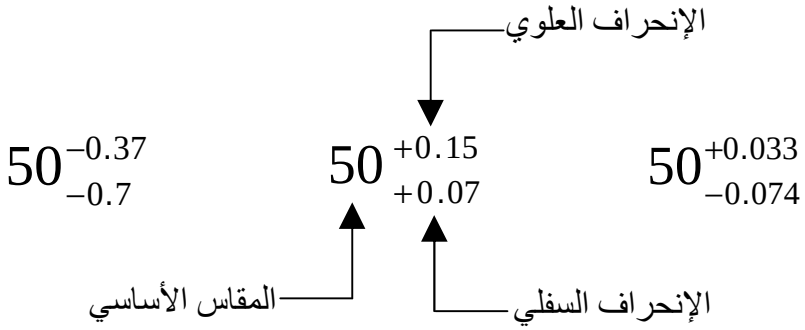
إختبار ذاتي (2): ما الفرق بين الإنحراف والإنحراف الأساسي

3.1 تثبيت التفاوت على الرسم (*Tolerance Fixing*)

إن الهدف من تثبيت التفاوت على الرسم هو من أجل إعطاء فكرة لمشغل الماكنة بأن البُعد للجزء المُصَنع 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 .



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

$$50^{+0.13}_{-0.13} \longrightarrow 50 \pm 0.13$$

يقسم التفاوت إلى نوعين هما :

1- التفاوت ثنائي الإتجاه (Bilateral Tolerance) .

تكون هنالك قيمتين للإنحراف تنقسم إلى جزء موجب وجزء سالب أو كلاهما موجب أو يكونا سالبين وكما في الأمثلة أعلاه .

2- التفاوت أُحادي الإتجاه (Unilateral Tolerance) .

وتكون قيمة أحد الإنحرافين صفر ، وكما موضح في الأمثلة أدناه :

$$60^{\ 0}_{-0.14} \longrightarrow \begin{matrix} 60+0 \\ 60-0.14 \end{matrix} \qquad 60^{+0.2}_{\ 0} \longrightarrow \begin{matrix} 60+0.2 \\ 60+0 \end{matrix}$$

إختبار ذاتي (3): ما هي أنواع التفاوت

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 :(40K6 , 33C11 , 55E9 , 60H8) . 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 قِبل 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

الثـــــقـــــــوب (*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
الأعـمـــــدة (*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 .

مثال1

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

$$80\ ^{+0.075}_{-0.125}$$

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*

مثال2

إذا كان 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 = 125.035 – 0.024

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 :

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

مثال3

من خلال الرمز التالي (40N7) حدد الإنحراف العلوي والسفلي مع حساب الحد الأعلى والحد الأدنى للمقاس .

الحل //

الرقم (40) يُشير إلى المقاس الأساسي (بالمليمتر) للجزء والرمز(N7) يُشير إلى إن هذا الجزء هو ثقب لأن الرمز هو حرف كبير الذي يدل على الثقوب ، لذلك من خلال الجدول رقم (1-2) والخاص بمنطقة تفاوت الثقوب نجد إن :

الإنحراف العلوي = -8 μ = - 0.008 *mm*

الإنحراف السفلي = -33 μ = - 0.033 *mm*

$$40\ ^{-0.008}_{-0.033}$$

الحد الأعلى للمقاس= المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي

الحد الأعلى للمقاس= 40 – 0.008

الحد الأعلى للمقاس= 39.992 *mm*

الحد الأدنى للمقاس = المقاس الأساسي + الإنحراف السفلي

الحد الأدنى للمقاس = 40 – 0.033

الحد الأدنى للمقاس = 39.966 *mm*

التفاوت = الحد الأعلى للمقاس - الحد الأدنى للمقاس

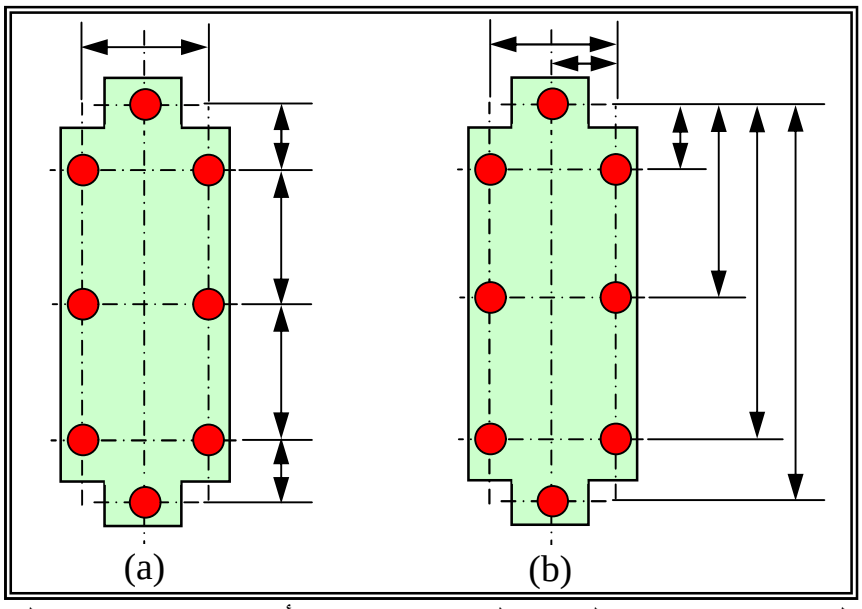
التفاوت =39.992 – 39.966

التفاوت = 0.026 *mm*

إختبار ذاتي (4): كيف يتم حساب قيمة الحد الأعلى للمقاس

4.1 التفاوتات المتراكمة (*Cumulative Tolerances*)

إن مصطلح التفاوتات المتراكمة يُطلق على الحالة التي يكون فيها الموقع بإتجاه ثابت ومسيطر عليه بأكثر من تفاوت واحد ، وكما موضح في الشكل رقم (1-5- a) . إن المسـافة بين ثقبين تكون مفصولة ببعدين أو ثلاثة أو أربعة أبعاد حيث هذه المسافة سوف تتغير موقعياً بواسطة مجموع التفاوتات على كل الأبعاد. إن هذا التعقيد في وضع الأبعاد يمكن الحد منه عن طريق إسناد جميع الأبعاد إلى موقع واحد يعتبر كمرجع لهذه الأبعاد وكما موضح في الشكل رقم(1-5- b) ، ويطلق على هذه الحالة مصطلح (*Base Line Dimensioning*) .



الشكل رقم (1-5) : a - التفاوت المتراكم b- الأبعاد من موقع واحد (المرجع)

إختبار ذاتي (5): ما المقصود بالتفاوتات المتراكمة

5.1 التـــــوافقـــــات (*The Fits*)

تمتلك الأجزاء المكونة للماكنة علاقة متبادلة فيما بينها بالنسبة لأجزاءها المتداخلة مع بعضها والتي عن طريقها تستطيع تأدية الوظيفة التي صُنعت 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 المُجمعين 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 .

إختبار ذاتي (6): ماذا تسمى العلاقة بين الجزئين المجمعين

6.1 أنواع التـــوافـــق (*Types of Fit*)

إن نـوع التوافق يعتمد علـى طبيعـة الربط بين الأجزاء المتداخلـة (الثقب - العمـود) حيث يمكن تقسيم التوافق إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

1- التوافق الخلوصي (Clearance Fit)

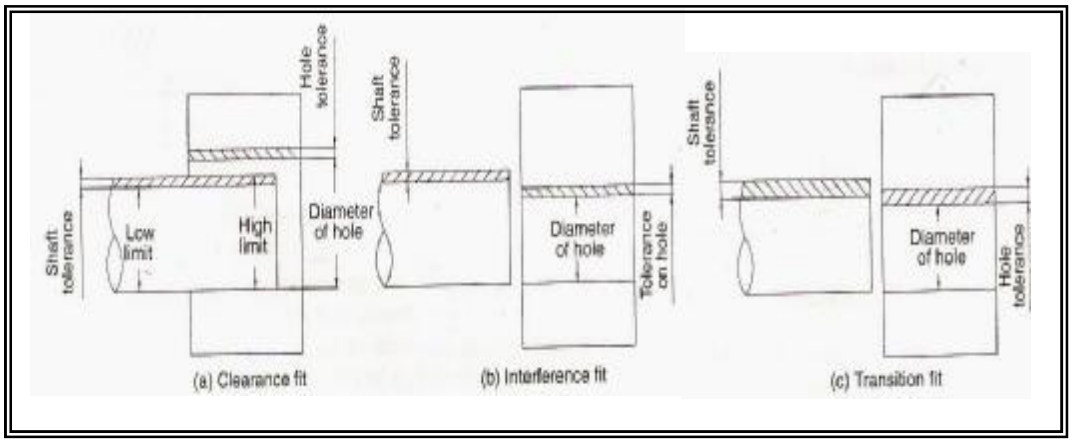
في هذا النـوع من التوافق يكون مقاس الجزء الداخلي الذي يُمثل العمود هو أصغر من مقاس الجزء الخارجي وهو الثقب مما ينتج عنه حركة نسبية بينهما التوافق الخلوصي موضح في الشكل رقم (1-6-a).

2- التوافق التداخلي (Interference Fit)

في هذه الحالة يكون مقاس الجزء الداخلي (العمود) أكبر من مقاس الجزء الخارجي (الثقب) حيث يحصل تداخل دائمي بينهما (حالـة حشر) . فـي التوافق التداخلي يتم إستخدام الضـغط أو التمدد الحـراري 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 الأدنـى لمقـاس الثقب أو يكون الحد الأعلى للعمود أكبر من الحد الأعلى للثقب والحد الأعلى للثقب أكبر من الحد الأدنـى للعمود والحالة الثالثة يكون فيها الحد الأعلى للثقب أكبر من الحد الأعلى والأدنـى للعمود والحد الأعلى والأدنـى للعمود أكبر من الحد الأدنى للثقب.



الشكل رقم (1 - 6) : أنواع التوافق

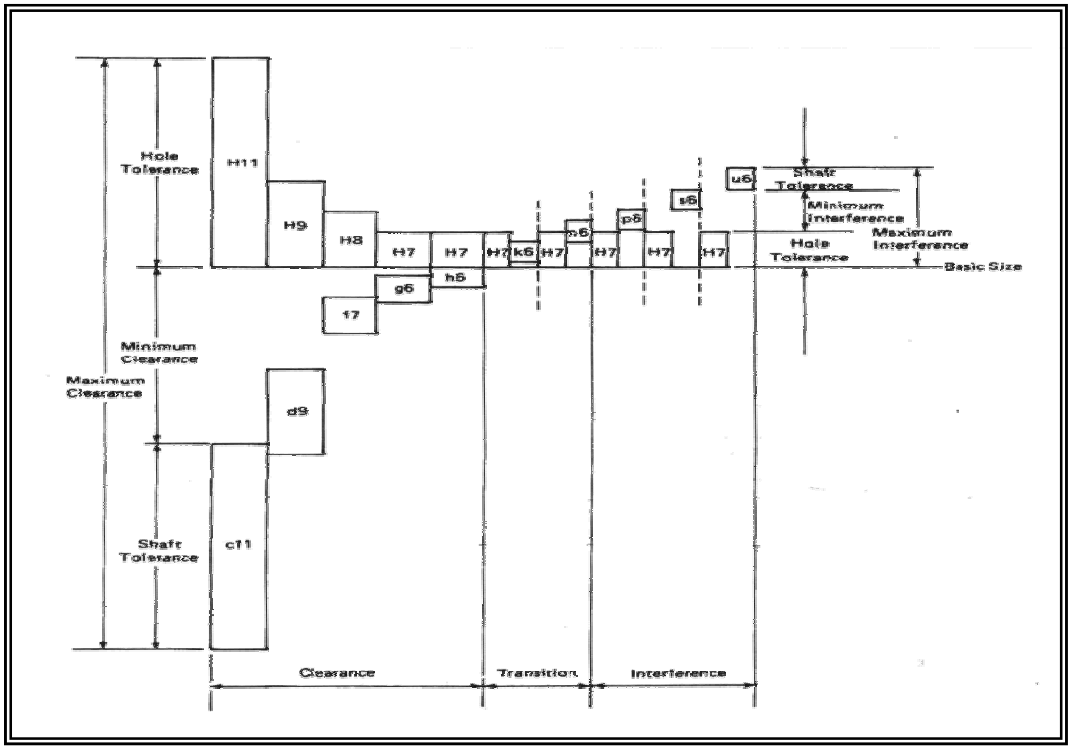
إختبار ذاتي (7): عدد أنواع التوافق

الجدول رقم (1-5) يوضح القوانين التي تحكم التوافق .

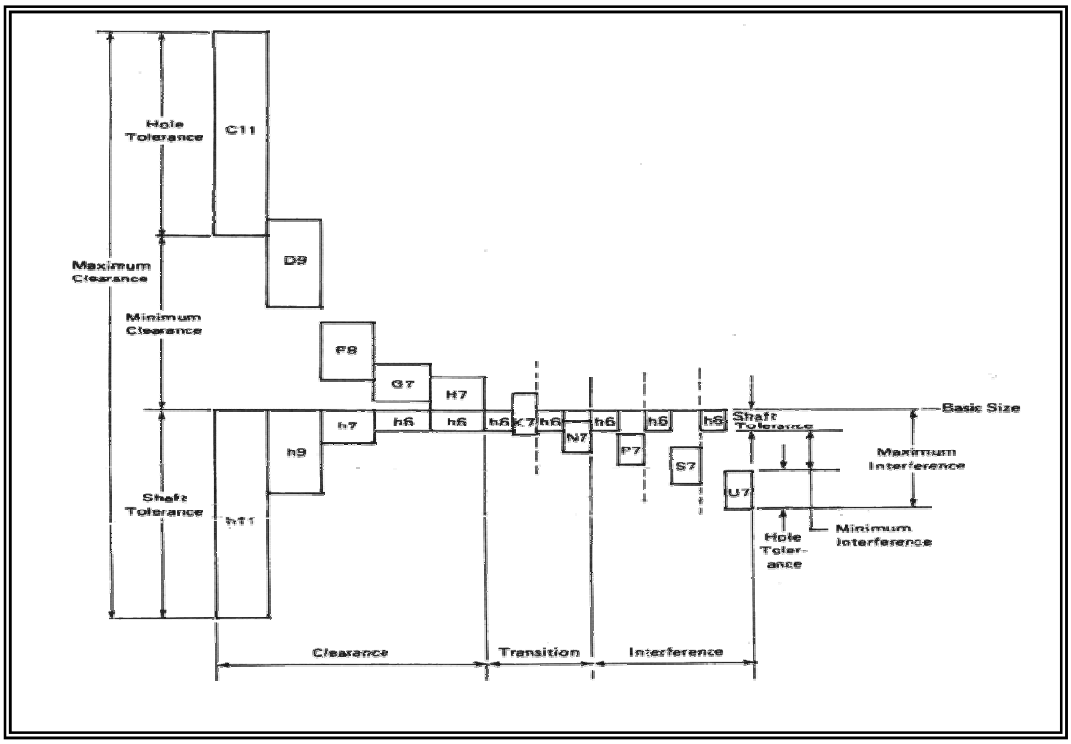
الجدول رقم (1-5) : قوانين التوافق

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

الشكل رقم(1-7) يوضح مناطق توافق الثقوب أما الشكل رقم (1-8) فيوضح مناطق توافق الأعمدة .



الشكل رقم (1-7) : مناطق توافق الثقوب



الشكل رقم (1-8) : مناطق توافق الأعمدة

إختبار ذاتي (8): كيف يتم حساب قيم الخلوص والتداخل

7.1 أنظمة التـــوافـــق (*Systems of Fit*)

هنالك 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 (Shaft Basis System) .

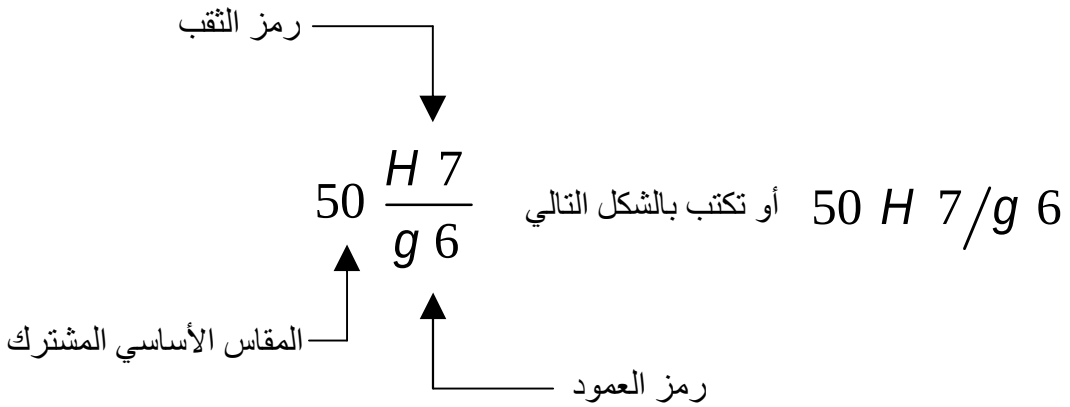
في هذا النوع من أنظمة التوافق يتم الإعتماد على مقاس العمود كأساس لكل التغييرات ، إذ يكون الإنحراف العلوي للعمود يساوي صفر . يُشار إلى هذا النظام بالرمز (h) حيث يكون إنحرافه الأساسي صفر دائماً . الأمثلة أدناه توضح نظام العمود الأساسي .

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

إختبار ذاتي (9): ما الفرق بين نظام الثقب الأساس ونظام العمود الأساس

8.1 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 .



إختبار ذاتي (10): كيف يتم تثبيت التوافق على الرسم

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

مثال1

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 $140\ ^{+0.24}_{+0.125}$

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

الخلوص الأدنى = 140.125 - 140.06

الخلوص الأدنى = 0.065 *mm*

مثال2

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 = 35 - 34.92

الخلوص الأدنى = 0.08 *mm*

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

مثال3

أوجد نوع التوافق و نظام التوافق للأجزاء المتداخلة التالية : $60\,R\,7/h\,6$

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 العلوي = -0.03 *mm*

الإنحراف السفلي =(-60 μ) ⟵ 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 : $60\ ^{0}_{-0.019}$

الإنحراف العلوي = 0

الإنحراف السفلي =($-19\ \mu$) ⟵ 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 = 60 - 59.94

التداخل الأعلى = $-0.06\ mm$

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

التداخل الأدنى = 59.97 – 59.981

التداخل الأدنى = $-0.011\ mm$

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

الإختبار البعدي

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

1- درجة التفاوت مقياس لمقدار :
أ- الدقة .
ب- الضبط .
ج- التفاوت .
ذ- الإنحراف .

2- إن رموز التفاوت والتوافق تم وضعها من قبل نظام :
أ- DIN .
ب- GOST .
ج- ASTM.
د- ISO.

3- إذا قطع خط الصفر منطقة التفاوت للأجزاء المتداخلة تكون قيم الإنحرافات :
أ- موجبة وسالبة .
ب- سالبة .
ج- موجبة .
د- مساوية للصفر .

4- يُطلق مصطلح التفاوتات المتراكمة على الحالة التي يكون فيها الموقع بإتجاه ثابت ومسيطر عليه بأكثر من:
أ- تفاوت واحد .
ب- توافق واحد .
ج- إنحراف واحد .
د- مقاس واحد .

5- إذا كان نوع التوافق إنتقالي تكون حساباته كالآتي :
أ- الخلوص الأعلى والأدنى .
ب- التداخل الأعلى والأدنى .
ج- الخلوص الأدنى و التداخل الأدنى .
د- الخلوص الأعلى و التداخل الأعلى.

6- يتم التعرف على نظام الثقب الأساس من خلال الرمز :
أ- h .
ب- H .
ج- K .
د- m .

7- تحتاج الأجزاء المتداخلة إلى :
أ- دقة كبيرة .
ب- تفاوت الكبير .
ج- توافق دقيق .
د- إنحراف عالي .

8- يُطلق على الفرق الجبري بين مقاس معين والمقاس الأساسي بـ :
أ- التفاوت .
ب- البعد .
ج- المقاس .
د- الإنحراف .

9- يعتبر الإنحراف الأساسي هو الأقرب إلى :
أ- المقاس الأساسي .
ب- خط الصفر .
ج- منطقة التفاوت .
د- الحد الأعلى للمقاس .

10- الإعتبار الأساسي في تصنيع أية ماكنة أو تركيب هيكلي هو :
أ- الشكل .
ب- الإستخدام .
ج- الجودة .
د- الحجم .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- الدقة هي درجة الضبط الضرورية لضمان وظيفة الجزء كما مُخطط لها. أما التفاوت فهو التسامح المتنوع لأي مقاس معين والذي يعطي الوسائل العملية لإنجاز الدقة المطلوبة .	1	ج
2	ج	2- الإنحراف هو الفرق الجبري بين مقاس معين والمقاس الأساسي ، ويقسم الإنحراف إلى نوعين هما العلوي والسفلي أما الإنحراف الأساسي فيمثل قيمة أحد الإنحرافين (العلوي أو السفلي) الذي يتم إختياره لتحديد موقع منطقة التفاوت بالنسبة إلى خط الصفر.	2	د
3	د	3- التفاوت ثنائي الإتجاه والتفاوت أُحادي الإتجاه .	3	أ
4	أ	4- المقاس الأساسي + الإنحراف العلوي	4	أ
5	ج	5- إن مصطلح التفاوتات المتراكمة يُطلق على الحالة التي يكون فيها الموقع بإتجاه ثابت ومسيطر عليه بأكثر من تفاوت واحد .	5	د
6	ج	6- التوافق .	6	ب
7	ب	7- الخلوصي ، التداخلي ، والإنتقالي .	7	أ
8	أ	8- 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	8	د
9	أ	9- في نظام الثقب الأساسي 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 . أما نظام العمود الأساسي فيتم 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 .	9	ب
10	د	10- يتم بكتابة المقاس الأساسي المشترك بين الأجزاء المتداخلة يتبعه الرمز الخاص بكل جزء مع ملاحظة إن رمز الثقب يكتب دائماً في البداية .	10	ج

المصادر :

1- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering*" , 3rd Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

2- عبد الرسول الخفاف " *LþO#ZiÇ–Zi* " ، الطبعة الثانية ، بغداد ، 1993 .

3- علي إبراهيم الموسوي " *2əlqZiUNd ,EN* "، الطبعة الأولى ، دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ، 2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تلعب جودة السطح(*Surface Quality*) من حيث النعومة دوراً مهماً في التطبيقات التي تتضمن الإحتكاك، التزييت ، 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 وصفه مع مصطلحات مثل تفاوت الجودة (*Uneven*) ، عدم الإنتظام (*Irregular*) والذي يكون مشابه لبعض خواص السطح مثل الصلادة .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على مفهوم الخشونة والمصطلحات المتعلقة به .

ثانياً- معرفة أنواع خشونة السطح وطرق تكونها .

ثالثاً- حساب الخشونة بالطرق الرياضية والعملية .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على معنى خشونة السطح .

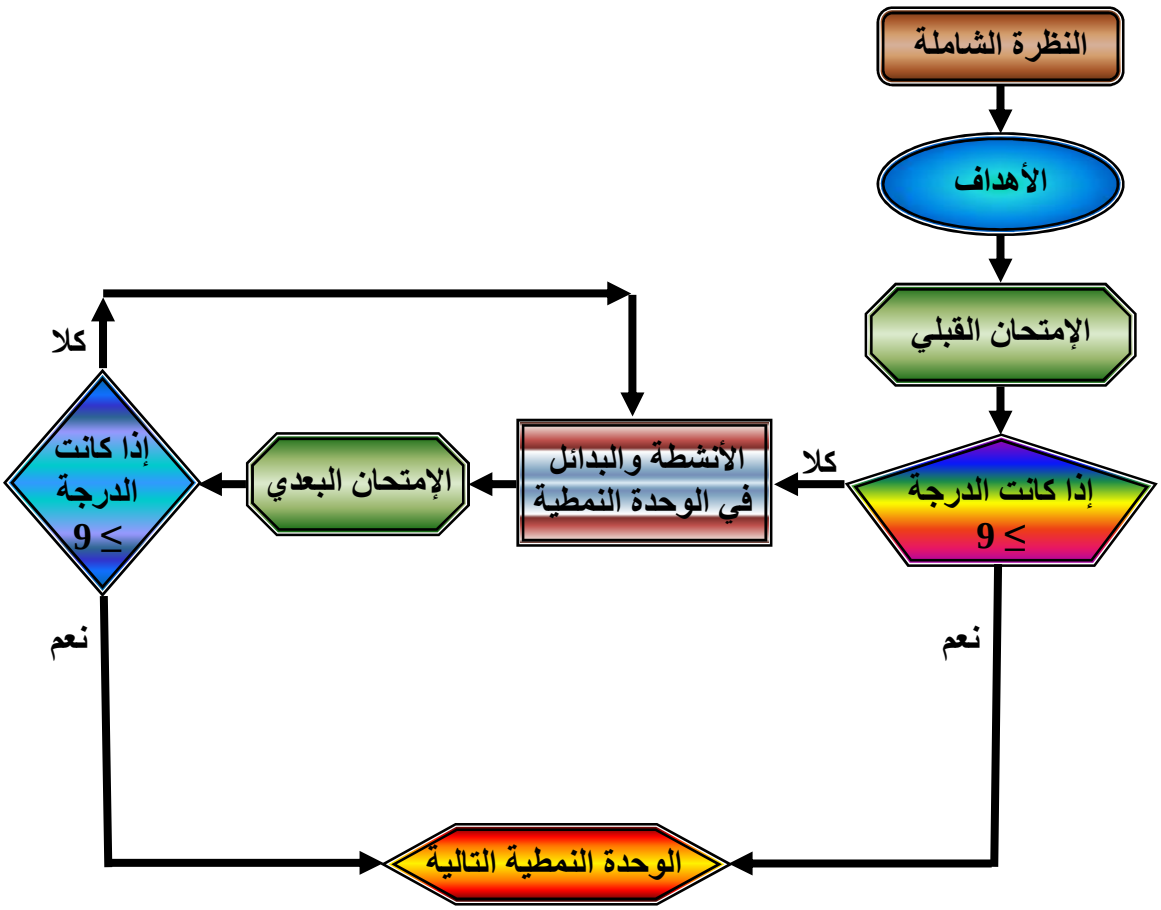
2- يحدد أنواع الخشونة وكيفية تكونها .

3- يحسب قيم الخشونة نظرياً وعملياً .

4- يتعرف على أجهزة قياس الخشونة والمعادلات الخاصة بالخشونة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- الخشونة هي دالة لـ :
أ- إرتفاع عدم الإنتظامات مستندة إلى خط مرجعي .
ب- المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتوءات المتتابعة .
ج- المسافة بين القمة إلى الإنخفاض للمقطع الجانبي للسطح .
د- مقدار الفراغات الدقيقة الناتجة من عدم إنتظام السطح .

2- يستخدم مصطلح الرصف لوصف :
أ- إتجاه نمط السطح المتكرر بواسطة عملية التشغيل .
ب- عدم الإنتظام في السطح ذو الفراغات الأوسع من الخشونة .
ج- الشقوق التي تنتج على السطح المشغل .
د- النموذج السائد للخشونة .

3- يطلق على إرتفاع الخشونة أيضاً مصطلح :
أ- تفاوت الجودة .
ب- إرتفاع التفاوتات.
ج- عدم الإنتظام .
د- إرتفاع التموج .

4- ينتمي المجهر النفقي الماسح إلى :
أ- الأجهزة البصرية .
ب- الأجهزة الليزرية .
ج- الأجهزة المجهرية .
د- أجهزة الإستشعار .

5- إن تأثير حجم إبرة الإستشعار يصبح أكثر وضوحاً عندما :
أ- يقل تقوس الإرتفاعات والإنخفاضات أو عندما يزداد الميل .
ب- يكون الحِمل أعلى من المُوصى به بواسطة الأحمال القياسية .
ج- تكون سرعة إبرة الإستشعار عالية .
د- يتم حساب الإنحراف الجانبي .

6- يستخدم مجهر المقطع-الضوئي لوصف الخشونة بواسطة :
أ- التأثير المتبادل للضوء المستقطب .
ب- قياس التغير في الإستقطاب .
ج- إستخدام الإلكترونات المقيدة .
د- شدة الإنعكاس المرآوي .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يسمح إسلوب الإرتفاع الثابت بـ :
أ- المسح عبر السطح و التيار النفقي يبقى ثابتاً.
ب- إستكشاف القوى الضعيفة على سطح الشُغلة.
ج- المسح سريع عبر السطح مع إبقاء فولتية الإنحياز ثابتة.
د- إستخدام فولتية إنحياز منخفضة .

8- تُعرف الأجهزة التجارية التي تُقيم شدة الإنعكاس المرآوي بـ :
أ- مقياس لمعان السطح .
ب- قياس الإهليلجية .
ج- جهاز القطاع الجانبي البصري طويل المسار .
د- مقياس خشونة توميلنسون .

9- تعتمد أجهزة الإستشعار على مبدأ :
أ- إستخدام فولتية التغذية الخلفية.
ب- إستخدام الإلكترونات المقيدة الموجودة على العينة كمصدر للإشعاع .
ج- تسليط حُزمة من إشعاع كهرومغناطيسي وإنعكاسه من على السطح الذي يتم إختباره .
د- تحريك إبرة عِبر السطح المراد فحصه لإستكشاف التنوع في الإرتفاع كدالة للمسافة .

10- إذا كانت الفولتية المطبقة (AC) في المجهر النفقي الماسح يكون شكل طرف الإبرة :
أ- قطع زائد .
ب- إهليلجي .
ج- مخروطي .
د- دائري .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.2 المقـــدمـــة (*Introduction*)

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 (*Unevenness Height*) .

4- عُرض الخشونة (Roughness Width) .

هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتؤات المتتابعة والتي تُحدد النموذج السائد للخشونة . يُقاس 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 .

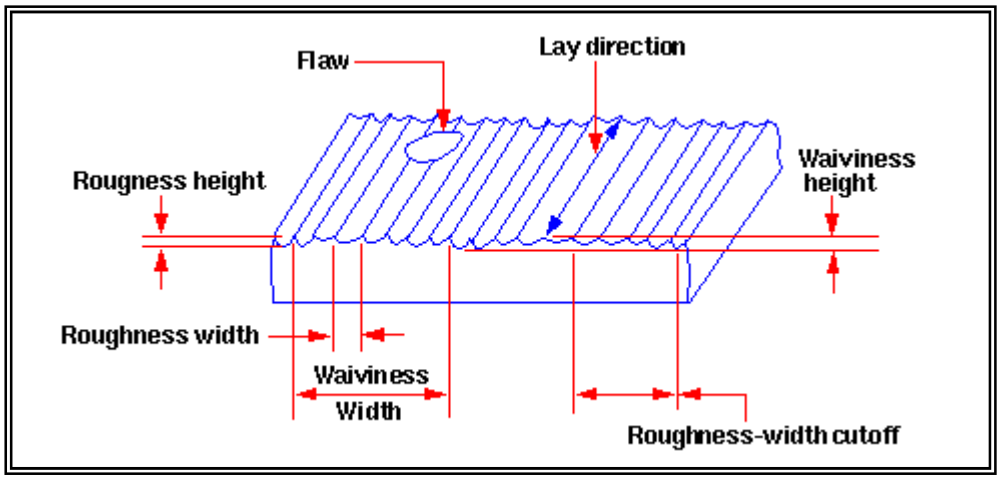
6- إرتفاع التموج (Waviness Height) .

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (2-1) : أشكال خشونة السطح

إختبار ذاتي (1): عرف عرض الخشونة

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 :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

حيث :

R_i= خشونة السطح المتوسطة الرياضية النظرية (mm) .

f= التغذية $(mm\backslash rev)$.

NR= نصف قطر المقدمة على طرف العدة (mm) .

تفرض هذه 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 (*Up Milling*) ، والإشارة (-) هي للتفريز للأسفل (*Down Milling*) .

إن الإجراء الذي يُتخذ للتنبؤ بخشونة السطح الحقيقية (*Actual Surface Roughness*) في عملية تشغيل معينة هي بحساب قيمة خشونة السطح المثالية بعدها يتم ضرب هذه القيمة بواسطة نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية والموضحة في الشكل رقم (2-2) التي تلائم صنف مادة الشُغلة كما في المعادلة التالية :

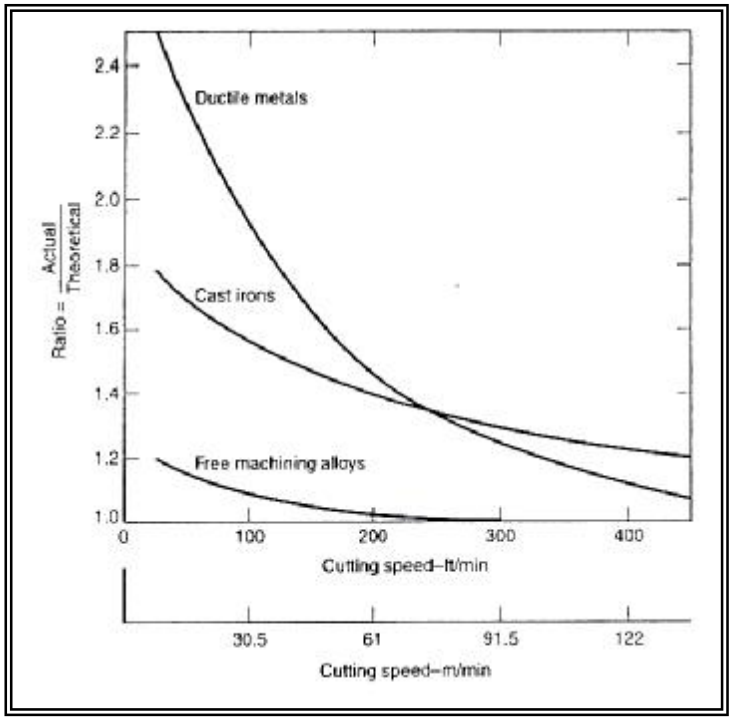
$$R_a = r_{ai} \times R_i \qquad (3)$$

حيث :

R_a= قيمة الخشونة الحقيقية المحسوبة .

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



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 ($100m\backslash min$) ، التغذية ($0.25mm\backslash rev$) .

الحل //

$$R_i = \frac{f^2}{32NR}$$

$$R_i = \frac{0.25^2}{32 \times 1.2} \Longrightarrow \boxed{R_i = 0.0016mm = 1.6mm}$$

من الشكل رقم (2-2) تكون نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية لهذه المادة المطيلية عند سرعة قطع ($100m\backslash min$) هي تقريباً (1.25) .

$$R_a = r_{ai} R_i$$

$$R_a = 1.25 \times 1.6 \Longrightarrow \boxed{R_a = 2mm}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (2): ما هي شروط تكون الخشونة المثالية

2- الخشونة الطبيعية (Natural Roughness) .

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

a- تَكَون 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 تُلائم مادة الشُغلة المراد تشغيلها .
d- بلى عُدة القطع .
e- تضرر أو تخدش سطح الشُغلة عند جريان الرايش .
f- عدم جساءة وإستقرارية ماكنة التشغيل وعد ضبط 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 المشغلة للتآكل الكيميائي والميكانيكي وتزداد مقاومة الإحتكاك نتيجة لضُعف إنزلاق السطوح الخشنة .

إختبار ذاتي (3): ما هو العامل الرئيسي في تكون الخشونة الطبيعية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.2 طُرق قياس الخشونة (*Measurement Method*)

هنالك عِدة طُرق 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 :

$$R_a = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n}{L}$$

$$R_a = \frac{1}{L}(y_1 + y_2 + y_3 + ... + y_n)$$

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

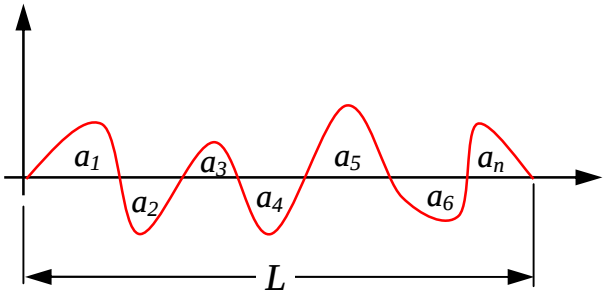
حيث إن :

R_a = خشونة السطح .

L = الطول التقديري .

y = الإرتفاع والإنخفاض .

x = المسافة على طول القياس .



تستخدم هذه الطريقة في أُوربا لحساب خشونة السطح .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

ويرمز لها إختصاراً ($MRMS$) أو (R_q) . تستخدم هذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية عن طريق ربط فولتميتر (AC) لقياس الجذر التربيعي للإشارة الكهربائية للإرتفاعات وكما يلي :

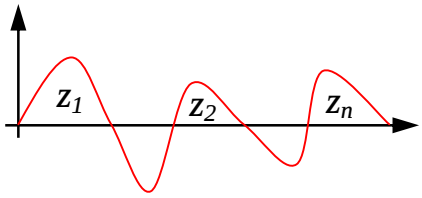
$$R_q = \sqrt{\frac{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + ... + z_n^2}{n}}$$

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

حيث إن :

n = عدد الإرتفاعات .

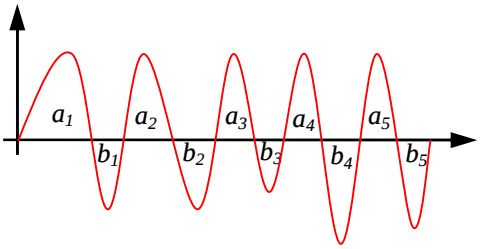
z = الإرتفاع .



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 :

$$\Rightarrow \boxed{R_z = \frac{(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5) - (b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5)}{5}} \qquad (6)$$

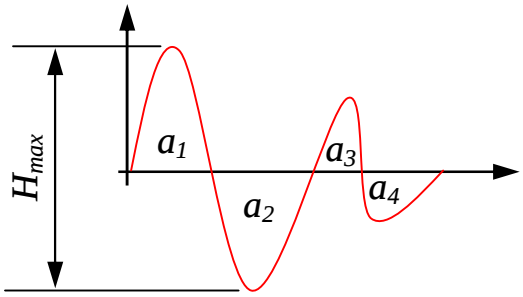


PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 :

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



حيث إن :

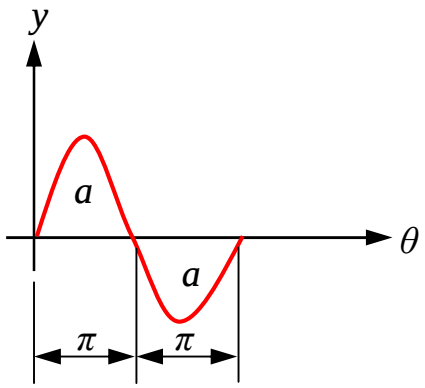
a_1 = أقصى إرتفاع .

a_2 = أدنى إنخفاض .

مثال2

في أحد عمليات التشغيل كانت العلامات المتروكة على سطح الشُغلة (الخشونة) على شكل دالة جيبية ($y=a\sin\theta$) ، المطلوب حساب قيمة هذه الخشونة بطُرق قياس الخشونة المختلفة .

الحل //



1- طريقة متوسط الخط المركزي (R_a) .

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

2- طريقة متوسط الجذر التربيعي (R_q) .

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

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

$$\Longrightarrow \boxed{R_q = 0.707a}$$

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

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

4- طريقة أقصى إرتفاع (H_{max}) .

$$H_{\max} = a_1 + a_2 \Longrightarrow \boxed{H_{\max} = 2a}$$

إختبار ذاتي (4): عدد الطرق الرياضية لحساب الخشونة

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 :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

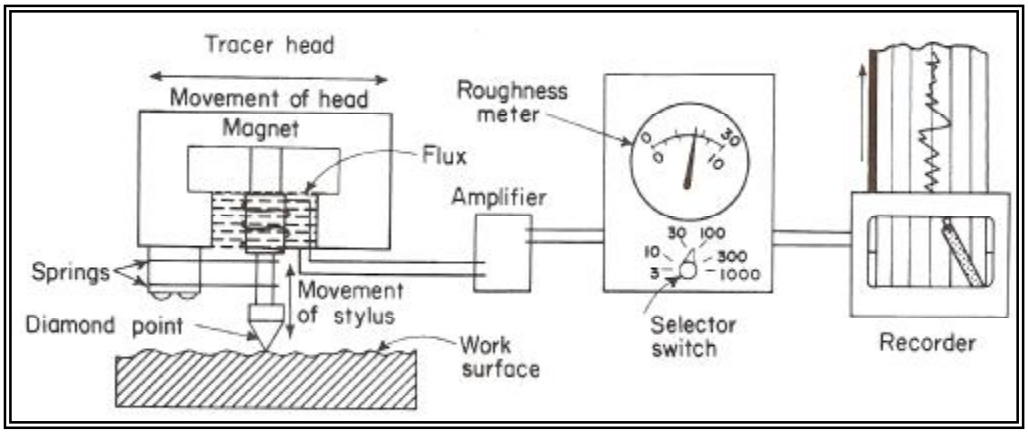
1- أجهزة الإستشعار . وتعتمد على مبدأ تحريك إبرة على السطح المراد قياس خشونته .

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 أجهزة الإستشعار الأُولى كانت تَستخدم نظام العتلات لتكبير الإزاحة العمودية للإستشعار لتسجيل المقطع الجانبي على صفيحة زجاجية - (*Smoked Glass Plate*) وهذا النوع من الأجهزة موضح في الشكل رقم (2- 4) والمسمى بمقياس خشونة تومبلنسون (*Roughness Meter Tomlinson*) .

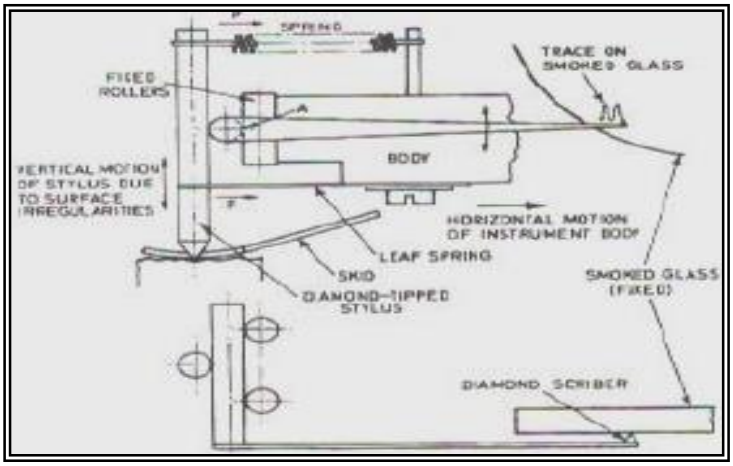


الشكل رقم (2- 3) : جهاز الإستشعار لقياس الخشونة

إن الخطوة التالية في تطور أجهزة الإستشعار كانت في دمج محول (*Transducer*) يُستخدم لتحويل الإزاحة العمودية إلى إشارة كهربائية ، وهذه الإشارة يمكن معالجتها بعد ذلك بواسطة الجهاز إلكترونياً لحساب وسيط الخشونة المناسبة . إن نوع المحول المستخدم يؤثر بشكل كبير في عمل الجهـــــاز . وتستـــخدم غالباً بلورة كهروضغطية (*Piezoelectric*)

كمحول في الأجهزة منخفضة الكلفة ، وتتضمن آليات التحويل الأُخرى محولات الملف المتحرك ، محولات المواسعة ، والمحولات التفاضلية ذات المتغير الخطي (*LVDT*) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

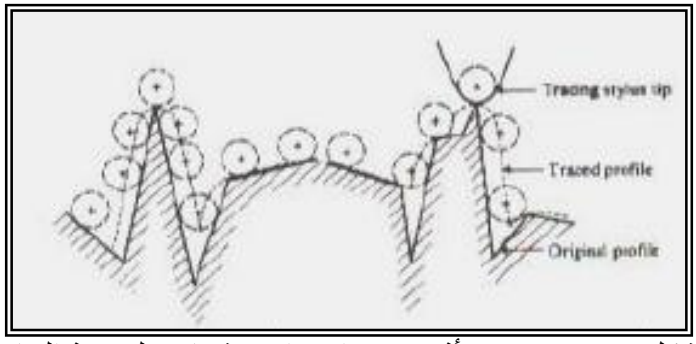


الشكل رقم (2- 4) : مقياس خشونة توميلنسون

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

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

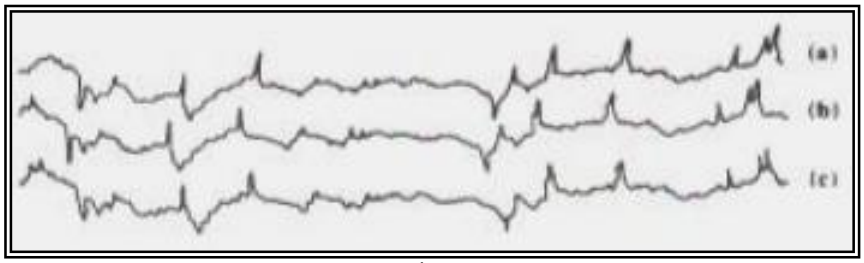
إن تأثير حجم إبرة الإستشعار موضح في الشكل رقم (2- 5) والذي يوضح مقارنة تخطيطية للمقطع الجانبي الحقيقي (*Actual Profile*) والمقطع الجانبي المقتفي(*Traced Profile*) . هذا التأثير لحجم الإبرة يصبح أكثر وضوحاً عندما يقل تقوس الإرتفاعات والإنخفاضات أو عندما يزداد الميل .



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

2- **حِمل الإستشعار (Stylus Load) .**

لقد وجِد 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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

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

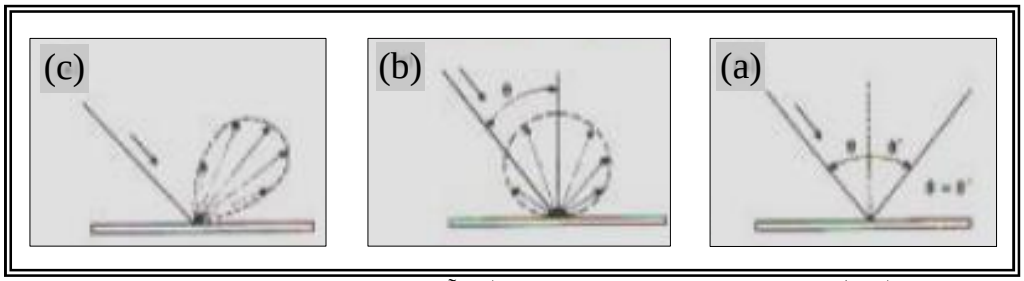
4- **سرعة إبرة الإستشعار (Stylus Speed)** .

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

إختبار ذاتي (5): وضح تأثير سرعة إبرة الإستشعار على قياس الخشونة

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 معاً . الشكل رقم (2- 7) يوضح الأشكال الثلاثة من الإنعكاس .

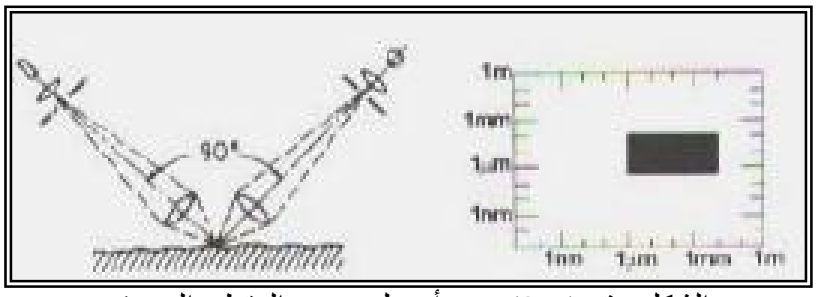


الشكل رقم (2- 7) :a- الإنعكاس المرآوي b- الإنعكاس الإنتشاري
c- الإنعكاس المرآوي و الإنتشاري

وإعتماداً على خشونة السطح ، فإن الإشعاع المسلط ذو طول موجي مُحدد يمكن أن ينعكس مرآوياً ، بينما 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

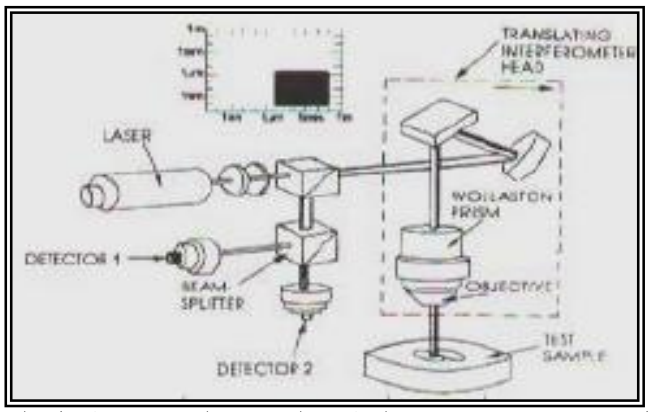
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 ($0.5\ \mu m$) . الشكل رقم (2-8) يوضح مبدأ هذا الجهاز .



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

إن التأثير المتبادل للضوء المستقطب مع السطح يمكن أن يستعمل لتقدير خشونة السطح ، وهذا المبدأ تم إستخدامه في جهاز القطاع الجانبي البصري طويل المسار(*Long - Path length Optical Profile*) الموضح في الشكل رقم (2-9) والذي يركز حزمة ليزرية على السطح بواسطة مرايا متراصفة . قبل وصول الليزر للعينة المختبرة فإنه يذهب خلال موشور ولاستون (*Wollaston Prism*) الذي يقوم بإستقطاب الحزمة إلى مركبتين متعامدتين ، هذه الحزم تُركز بعد ذلك بؤرياً على السطح حيث تنعكس راجعة للموشور . وأخيراً يتم توجيه الحزم المنعكسة مباشرة إلى فالق الحزمة (*Beam Splitter*) الذي يُرسل كل حزمة إلى كاشف مختلف . إن الإختلاف الطوري للحزم المستقطبة ، والذي يتناسب مع الإرتفاع عند السطح ينتج فرق جهد يمكن قياسه . يمتلك جهاز القطاع الجانبي طويل المسار درجة وضوح ذات مدى عمودي ($2\ \mu m$) و($0.025\ nm$) على التوالي .



الشكل رقم (2-9) : جهاز القطاع الجانبي البصري طويل المسار

تُعرف الأجهزة التجارية التي تُقيم شدة الإنعكاس المرآوي بمقياس لمعان السطح (*Meters Gloss*) وتعتمد قدرة هذه الأجهزة على قياس الخشونة على الإرتباط العكسي بين شدة الإنعكاس المرآوي و

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

متوسط الجذر التربيعي(*RMS*) . إن أحد المزايا الرئيسية لهذه التقنية هي إنها تسمح بمعاينة سريعة للسطوح المتشابهة . إن درجة الوضوح العمودي هي حوالي(*1 nm*). لقد وِجد بأن قياسات الخشونة التي تستخدم هذه التقنية لا ترتبط بشكل وثيق مع قياسات الإستشعار ، ونتيجة لهذا فإن قراءات الجهاز يجب أن يتم معايرتها لكل نوع من المواد التي يتم إختبارها .

التقنية الأُخرى المستخدمة لوصف تضاريس السطح هي قياس الإهليلجية(*Elipsometry*) حيث إنها تعمل على قياس التغير في الإستقطاب بعد إنعكاس شعاع ضوئي من السطح . إن هذه التقنية في القياس بقيت تحت البحث بسبب كون مقدار دوران الشعاع يتأثر كذلك بعوامل السطح الأُخرى مثل التركيب ، درجة الحرارة ، وحالة الإنفعال وغيرها من العوامل .

إختبار ذاتي (6): ما هو مبدأ عمل الأجهزة البصرية

3.4.2 الأجهزة المجهرية (*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 الأُخرى 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 نفقي (I) ، يمر خلال حواجز جُهدية لسبر طرف المعدن.

إن المعادلة التي تصف التيار النفقي هي :

$$I \approx 18 \frac{V_b}{10^4 \times \Omega} \times \frac{k}{d} \times A_{eff} \times e^{-2dk} \qquad (8)$$

حيث :

A_{eff} = المساحة المؤثرة لطرف الإبرة والتي تساعد في حساب درجة الوضوح الجانبية .

k = جزء لمعدل دالة الشُغل .

d = الفسحة .

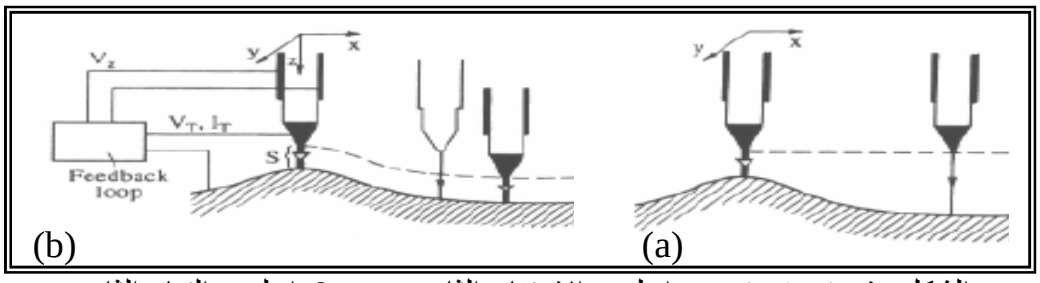
إذا تم المحافظة على تيار مستقر تقريباً ($\pm 2\%$) ، فإن الفسحة (d) التي بين المادة وطرف الإبرة سوف تبقى عند إرتفاع مستقر فوق السطح . يمتلك المجهر النفقي الماسح القدرة على العمل بإسلوبين هما :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- إسلوب الإرتفاع الثابت . (Constant Height Mode)

2- إسلوب التيار الثابت . (Constant Current Mode)

يسمح إسلوب الإرتفاع الثابت بمسح سريع عبر السطح مع إبقاء فولتية الإنحياز ثابتة . حلقة التغذية المرتدة (*Feedback Loop*) في النظام تُعدل بإستمرار وتتابع التيار النفقي . تسجل أي تغيرات للتيار النفقي بشكل متزامن مع الموقع الممسوح والتي تستخدم لإنشاء الخريطة النهائية للسطح . إن التصوير السريع للسطوح المستوية ذرياً يتم عمله بسهولة خلال إسلوب الإرتفاع الثابت نتيجة لحقيقة كون حلقة التغذية المرتدة والمضخم الكهروضغطي لا يُصحح بإستمرار لأي تغيرات سطحية . كما يلاحظ في الشكل رقم (2-10-a) فإن الإبرة يحافظ على إرتفاع ثابت متحرك فقط في الإتجاه (*y-x*) .



الشكل رقم (2-10) :a - إسلوب الإرتفاع الثابت b- إسلوب التيار الثابت

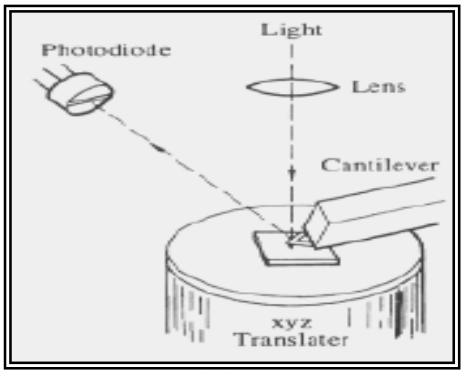
أما في إسلوب التيار الثابت فإن طرف الإبرة يمسح عبر السطح و التيار النفقي يبقى ثابتاً . بعدها يتم تعديل إرتفاع طرف الإبرة بإستمرار بواسطة مراقبة فولتية التغذية الخلفية(V_f) . حالما يبدأ طرف الإبرة بالمسح للسطح المستوي الكلي بإتجاه (*y-x*) سوف يتولد سطح (*3D*) مستخدماً فولتية التغذية الخلفية . في حالة إسلوب التيار الثابت ، تستخدم حلقة التغذية الخلفية معالجة أكبر عما هو عليه في إسلوب الإرتفاع الثابت مسببة إعاقة أكثر للسرعة بواسطة حلقة التغذية الخلفية . الشكل رقم (2-10-b) يوضح إسلوب التيار الثابت ، حيث يحافظ طرف الإبرة على مسافة ثابتة فوق سطح المادة .

إن تركيب طرف الإبرة مهم جداً لعملية المسح النفقي . إن أطراف الإبرة عموماً متركبة من التنكستن ، بلاتين-آرديوم ، أو الذهب ، إضافة إلى ذلك يجب أن يتم شحذ الطرف حتى يشبه كثيراً القلم ، وإعتماداً على نوع الفولتية المطبقة للنظام (*AC/DC*) فإن الطرف يمكن أن يمتلك أشكال مختلفة . إذا كانت الفولتية المطبقة (*AC*) عندها يكون الطرف بشكل مخروطي وهو مفضل جداً للتصوير عالي الوضوح.أما إذا كانت الفولتية المطبقة (*DC*) عندها يكون الطرف بشكل قطع زائد . درجة وضوح المادة تعتمد بشكل كبير على شكل طرف الإبرة ، حيث كلما قلت زاوية الطرف زادت الدقة . درجة الوضوح النموذجية للمجهر النفقي الماسح هي تقريباً (0.1 *nm*) جانبياً و(0.01 *nm*) عمودياً .

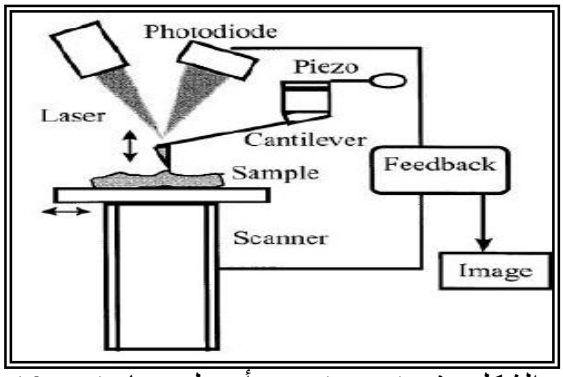
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

تَستخدم هذه الطريقة والتي يُرمز لها إختصاراً (*AFM*) طرف إبرة كابولية(*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 تُجمع بواسطة إستخدام الليزر ، مجسات كهروضغطية ، ومجسات كهروضوئية . المجسات الكهروضغطية تُرسل فولتية للمحول حيثما تصنع حركة من العتلة الكابولية ،المجس الكهروضوئي قادر على قياس الحركة مستنداً على التغيرات في زاوية السقوط التي تُصنع بواسطة العتلات الكابولية . إن مبدأ عمل الليزر هو في نفس إسلوب المجس الكهروضوئي . يمكن الحصول على أعلى درجة وضوح فقط في حالة إسلوب الإتصال أو في حالة قوى التنافر القوية . الشكل رقم (2-11) يوضح ثلاث مجسات مختلفة على جهاز (*AFM*) ، أما الشكل رقم (2-12) يوضح إنتقال الضوء لأسفل طرف العتلة الكابولية وكيف إنه بعدها ينتقل للأعلى لدايود ضوئي والذي سوف يوضح زاوية السقوط . شكل التوضيح هذا سوف يسمح بتغيرات صغيرة جداً في زاوية السقوط .



الشكل رقم (2-12) : مخطط لإنعكاس حزمة بصرية



الشكل رقم (2-11) : مبدأ عمل جهاز(*AFM*)

إختبار ذاتي (7): ما هي أنواع الأجهزة المجهرية

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- تعتمد طريقة أقصى إرتفاع على :
أ- أخذ خمسة إرتفاعات وخمسة إنخفاضات فقط والتي تقع ضمن طول محدد.
ب- أخذ الإرتفاع الأقصى بين أعلى قمة وأدنى إنخفاض .
ج- أخذ الجذر التربيعي للإرتفاعات فقط .
د- أخذ متوسط الإنحرافات الموجودة فوق وتحت المستوي الوسطي للسطح مُقاسة ضمن مسافة معينة.

2- يطلق مصطلح متوسط الخشونة على :
أ- طريقة متوسط الجذر التربيعي .
ب- طريقة متوسط الارتفاع بين القمة والقعر .
ج- طريقة أقصى إرتفاع .
د- طريقة متوسط الخط المركزي .

3- عند قطع معادن لينة بسرعة واطئة تتكون الخشونة بسبب :
أ- تمزق مادة الشُغلة.
ب- تضرر أو تخدش سطح الشُغلة.
ج- تَكَون حد القطع الناشئ.
د- تولد رايش غير مستمر.

4- تؤثر الخشونة على الخواص الميكانيكية والفيزيائية للسطح المُشغل حيث تنخفض مقاومة الكِلال ومقاومة الشد نتيجة لـ :
أ- إستخدام ظروف تشغيل غير ملائمة .
ب- إستخدام عُدة قطع ذات شكل هندسي ومادة لا تُلائم مادة الشُغلة المراد تشغيلها .
ج- تكون نقاط ضُعف تتركز فيها الإجهادات في نهايات الإنخفاضات الناتجة من عدم إنتظام السطح .
د- عدم جساءة وإستقرارية ماكنة التشغيل وعد ضبط حركاتها .

5- إن الإجراء الذي يُتخذ للتنبؤ بخشونة السطح الحقيقية هي بـ :
أ- حساب قيمة خشونة السطح المثالية وضربها مع نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية.
ب- حساب نصف قطر المقدمة للعدة .
ج- حساب قيمة خشونة السطح المثالية .
د- حساب نسبة الخشونة الحقيقية إلى الخشونة المثالية.

6- الخشونة الطبيعية هي :
أ- أفضل خشونة يمكن الحصول عليها لشكل عدة قطع ومقدار تغذية معينين .
ب- الخشونة الناتجة من عدم إنتظام عملية القطع.
ج- إرتفاع عدم الإنتظامات مستندة إلى خط مرجعي .
د- دالة لمقدار الفراغات الدقيقة الناتجة من عدم إنتظام السطح .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تعتمد قدرة مقياس لمعان السطح في قياس الخشونة على :
أ- التغيرات في زاوية السقوط .
ب- إستخدام حلقة التغذية المرتدة .
ج- قياس التغير في الإستقطاب بعد إنعكاس شعاع ضوئي من السطح .
د- الإرتباط العكسي بين شدة الإنعكاس المرآوي و متوسط الجذر التربيعي(*RMS*) .

8- يعمل المحول في أجهزة الإستشعار على :
أ- إلتقاط الصورة عند زاوية الإنعكاس المرآوي .
ب- إستقطاب الحزمة إلى مركبتين متعامدتين .
ج- تحويل الإزاحة العمودية إلى إشارة كهربائية .
د- توجيه الحزم المنعكسة مباشرة إلى فالق الحزمة .

9- يمتلك جهاز القطاع الجانبي طويل المسار درجة وضوح ذات مدى عمودي :
أ- (2 μm) و(0.025 nm) على التوالي .
ب- (1 nm).
ج- (0.01 nm) .
د- (0.1 nm) .

10- تعتمد درجة وضوح المادة عند إستخدام المجهر النفقي الماسح بشكل كبير على:
أ- تضاريس السطح .
ب- شكل طرف الإبرة .
ج- النهاية المتمركزة للإبرة .
د- التصوير السريع للسطوح المستوية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	د	1- هو المسافة الموازية للسطح الإسمي بين القمم أو النتوءات المتتابعة والتي تُحدد النموذج السائد للخشونة . يُقاس عُرض الخشونة بالميليمتر .	1	ب
2	أ	2- عدم وجود حد القطع الناشئ ($B.U.E$) ، عدم وجود إصطكاك ،حركات ماكنة القطع مضبوطة جداً .	2	د
3	ب	3- تَكَون حد القطع الناشئ في بعض المواد	3	أ
4	ج	4- طريقة متوسط الخط المركزي (R_a) ، طريقة متوسط الجذر التربيعي (R_q) ، طريقة متوسط الإرتفاع بين القمة والقعر (R_z)، طريقة أقصى إرتفاع (H_{max}) .	4	ج
5	أ	5- إذا كانت سرعة إبرة الإستشعار عالية فيمكن أن تفقد الإبرة الإتصال مع السطح . ومع ذلك فقد وجد إنه لمعظم السطوح تكون الأخطاء الناتجة من سرعة الإبرة غير مهمة أو ثانوية .	5	أ
6	د	6- 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 ، الإنعكاس الإنتشاري ، أو يتم بكلا الآليتين معاً .	6	ب
7	ج	7- المجهر النفقي الماسح ، والدراسة المجهرية بالقوة الذرية .	7	د
8	أ		8	ج
9	د		9	أ
10	ج		10	ب

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , 10th Edition , john Wiley & Sons , 2008 .

2- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

3- Boothroyd ,G. " *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools* " , McGraw Hill , 1975 .

4- عبد الخالق عبد حسن ، مازن عبد الستار المفتي " *2əlu̇qẓiLLKsdl ɔɣç* " ، الطبعة العربية ، دار اليازوري ، 2005 .

5- علي إبراهيم الموسوي " *2əlu̇qẓiLLKsdl ɔɣçuḷẓN* "، الطبعة الأولى ، دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ، 2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

أجهـــزة القيـــاس والمعايـــرة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : إن أبعاد الأجزاء التي تُصنع يجب أن يتم فحصها قبل وبعد إجراء الإنهاء السطحي لها للتأكد من جودتها ونوعيتها ودقة أبعادها .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على مفهوم القياس والمعايرة .

ثانياً- التعرف على أنواع أجهزة القياس والمعايرة .

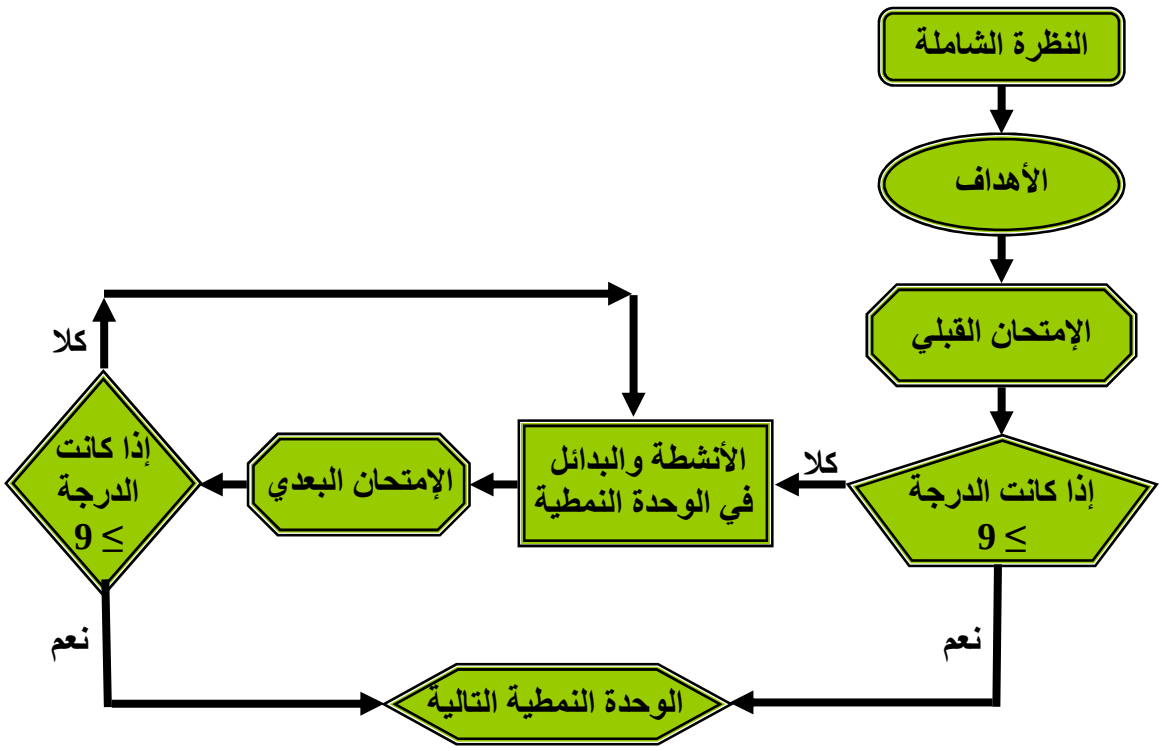
ثالثاً- معرفة كيفية عمل هذه الأجهزة .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على معنى القياس والمعايرة .

2- يستعمل أجهزة القياس والمعايرة .

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- يستخدم القياس لمعرفة :
أ- الأجزاء الجيدة والرديئة الصنع .
ب- القياس الحقيقي للبُعد .
ج- فيما إذا كان البُعد يقع ضمن الحدود الثابتة المسموح بها .
د- مهارة العاملين .

2- تعتبر القدمة من أجهزة :
أ- القياس نوع النقل .
ب- القياس الليزرية والضوئية .
ج- المعايرة .
د- القياس مباشرة القراءة .

3- يوضع الجسم المراد قياسه بالمايكروميتر بين:
أ- المصد وعمود الدوران .
ب- عمود الدوران و الماسورة .
ج- المصد و العروة .
د- العروة والعروة المساعدة.

4- يستخدم المُبين ذو القرص المدرج في :
أ- معرفة توازن السطوح عند فحص المكائن الإنتاجية .
ب- قياس العمق للشقوق والثقوب .
ج- المقارنة بين إرتفاع سطح معلوم وإرتفاع سطح مجهول.
د- قياس العمق الداخلي والخارجي .

5- تحتوي مُحددات القياس السدادية الثنائية المتتابعة على :
أ- فتحة ثابتة والأُخرى قابلة للحركة .
ب- حد الدخول و لا دخول واقعين في الجهة نفسها.
ج- حد الدخول و لا دخول واقعين في الأطراف .
د- فكوك متحركة .

6- ينتمي مقياس التداخل إلى :
أ- أجهزة القياس الخطية .
ب- أجهزة القياس نوع النقل.
ج- أجهزة المعايرة .
د- أجهزة القياس الضوئية والليزرية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تستخدم مُحددات القياس الثنائية مسطحة الحدين لـ :
أ- قياس البُعد بين السطحين وتستخدم أيضاً لقياس عمق الثقوب ..
ب- قياس أجزاء الأسنان الداخلية والخارجية .
ج- قياس المسافة والسمك بواسطة قياس الأطوال الموجية .
د- قياس الأعمدة أو الأجزاء الإسطوانية .

8- إن معنى الحد لا دخول (*Not Go*) هو إن :
أ- الإبعاد لا يمكن قياسها .
ب- الأبعاد أكبر من جهاز المعايرة .
ج- الأبعاد التي لا تقع ضمن حدود القياس وغير مسموح بها .
د- الأبعاد أصغر من جهاز المعايرة.

9- تستخدم مسطرة الفولاذ كـ :
أ- جهاز نوع النقل .
ب- جهاز لضبط الزوايا القائمة.
ج- جهاز توازن .
د- جهاز قياس خطي يحتوي على تدريجات.

10- في مقياس التداخل يقوم فالق الحزمة بتقسيم حزمة الضوء إلى :
أ- حزمة الحيود وحزمة الضوء .
ب- حزمة الليزر وحزمة الضوء .
ج- الحزمة المقاسة وحزمة المرجع .
د- حزمة الليزر وحزمة المرجع .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.3 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يمكن تعريف القياس (*Measuring*) على إنه العملية التي تنفذ لإيجاد القياس الحقيقي للبُعد أما المعايرة (*Gauging*) فإنها العملية التي يتم من خلالها معرفة فيما إذا كان البُعد يقع ضمن الحدود الثابتة المسموح بها . لذلك وفي حالة الإنتاج الكمي فإنه يُلجأ إلى المعايرة في تحديد الأجزاء الجيدة والرديئة الصنع حيث يقل الزمن اللازم للفحص ، إضافة إلى ذلك فإن المعايرة لا تحتاج إلى خبرة ومهارة كبيرتين على عكس القياس الذي يكون من الدقة بحيث يستلزم الكثير من المهارة لإجراءه وكذلك يكون وقت القياس أكثر من المعايرة . وتختلف الدقة في أجهزة القياس من جهاز إلى آخر وحسب الغرض المصنوع لأجله .

إختبار ذاتي (1): ما الفرق بين القياس والمعايرة

2.3 أجهزة القياس (*Measuring Instruments*)

هنالك العديد من أجهزة القياس التي تستخدم اليوم في أكثر المصانع والورش لقياس الأبعاد للأجزاء المصنعة وتختلف هذه الأجهزة فيما بينها في طريقة عملها وطريقة قياسها للأبعاد والدقة التي يتم الحصول عليها منها ، حيث الأجهزة التي تقيس أبعاد إلى ($0.02\ mm$) تعتبر أجهزة دقيقة . يمكن أن تُقسم أجهزة القياس إلى نوعين رئيسيين هما أجهزة القياس مباشرة الخطية و أجهزة القياس الضوئية والليزرية .

1.2.3 أجهزة القياس الخطية (*Linear Measuring Instruments*)

تقسم أجهزة القياس الخطية إلى نوعين أساسيين هما :

1- أجهزة القياس مباشرة القراءة .
2- أجهزة القياس نوع النقل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1.1.2.3 أجهزة القياس مباشرة القراءة (*Direct-Reading Instruments*)

يتم في هذا النوع من الأجهزة أخذ قياس البُعد مباشرة من الجهاز والذي يحتوي على تدريجات والتي منها يتم قراءة الطول ، السمُك ، العمق ، القطر ، الإرتفاع وغيرها . ومن أنواع أجهزة القياس مباشرة القياس مايلي :

1- مسطرة الفولاذ (Steel Rule) .

تستخدم هذه المسطرة كجهاز قياس خطي يحتوي على تدريجات والتي يتم رصفها مع نهايات الجزء المراد قياس أبعاده ، ثم يتم أخذ القراءة بشكل مباشر . يبلغ طول مسطرة الفولاذ ($25cm$) وكل سنتيمتر مقسم بدوره إلى عشرة أقسام فكل جزء بين تقسيمين هو مليمتر واحد . ويمكن كذلك أن تستخدم المساطر الفولاذية لقياس العمق للشقوق والثقوب وكما موضح في الشكل رقم (3-1) ، فعند إستخدام هذه المسطرة يتم إرخاء اللولب بمقدار كافي لتسهيل إنزلاق الرأس على المسطرة وتوضع نهاية المسطرة في قعر الشق أو الثقب الغير نافذ وثم يُحرك الرأس حتى ينطبق على سطح القطعة الموجود فيها الشق أو الثقب ويشد اللولب وتسحب مسطرة قياس العمق من الشق ويتم تحديد عمقه بقراءة تقسيم المدرج الذي ينطبق مع السطح السفلي للرأس .

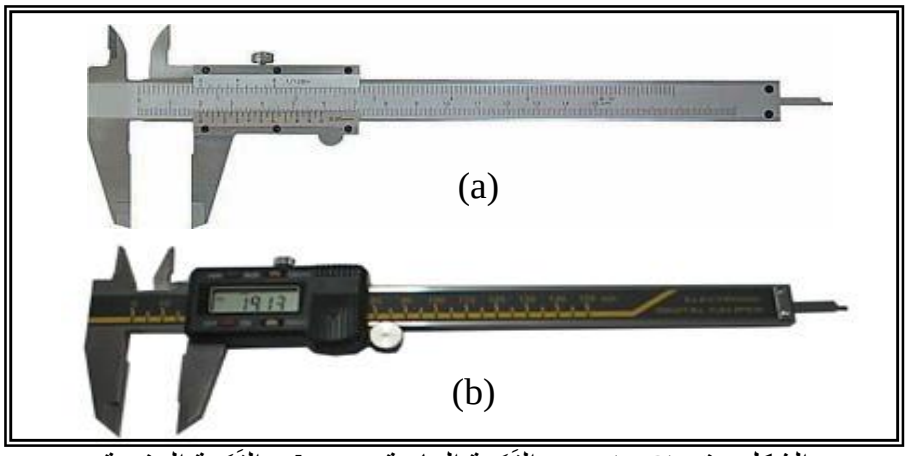
الشكل رقم (3-1) : مسطرة قياس العمق

2- القَـدَمــة (Verniers) .

يلاحظ من إستخدام مسطرة الفولاذ بأن أجزاء القياس الدقيقة (أجزاء المليمتر) غير مثبتة على المسطرة ويمكن تقديرها بواسطة الخبرة . ولكن هنالك أدوات قياس يمكن من خلالها تحديد هذه الأجزاء الدقيقة وتعتبر القَدَمة (*Verniers*) أحد هذه الأدوات . تتكون القَدَمة والموضحة في الشكل رقم (3-2) من فكين أحدهما ثابت وعليه مُدرج مماثل لمسطرة الفولاذ والآخر متحرك وعليه مُدرج القَدَمة . تكون بأنواع منها القَدَمة العادية (الشكل رقم (3-2-a)) و القَدَمة الرقمية الموضحة في الشكل رقم (3-2-*b*) والتي تزود بمخرجي قراءة مع مخرج مشترك أصغر(*LCD Readouts*) بالمليمترات أو بالإنجات وتُشغل بنظام

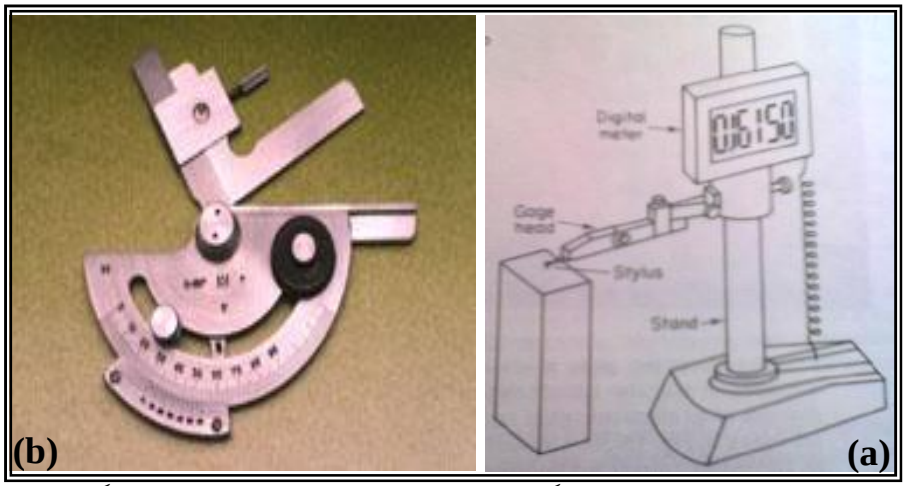
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

(*Microprocessor - Based System*) . تعتبر القَدَمة جهاز متعدد الوظائف حيث تستطيع قياس العمق الداخلي والخارجي ، الأقطار ، المراكز ، الشقوق المستقيمة ، المسطحة ، والمحيطية .



الشكل رقم (3-2) :*a* - القَدَمة العادية *b* - القَدَمة الرقمية

ويمكن أن تدمج القَدَمة مع أجهزة أُخرى من أجل قياس أفضل مثلما هي الحال مع قَدَمة قياس الإرتفاع والموضحة في الشكل رقم(3-3*a*) والمنقلة القَدَمة التي تستخدم لقياس الزوايا وبدقة عالية وهي موضحة في الشكل رقم (3-3*b*) .

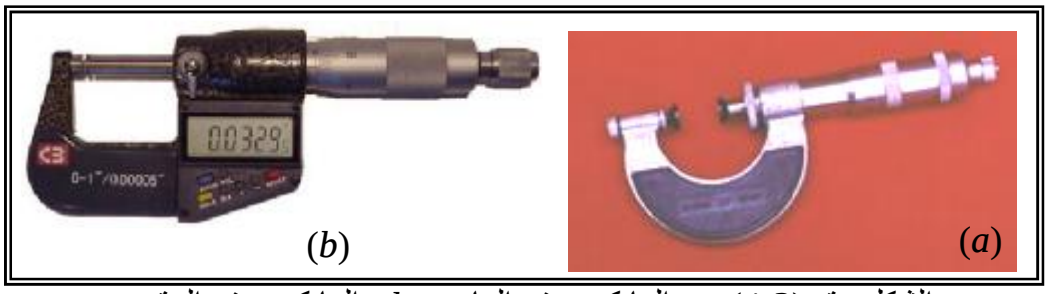


الشكل رقم (3-3) : *a* - قَدَمة قياس الإرتفاع *b*- المنقلة القَدَمة

3- المايكروميتر (Micrometer).

المايكروميتر هو أحد أدوات القياس الدقيقة والموضح في الشكل رقم (3-4) ، ويتم الحصول على القياس عن طريق تكبير قراءة القياس وهذا هو أساس عمل المايكروميتر. يتكون المايكروميتر من عِدة أجزاء هي المصد ، عمود الدوران ، الماسورة ، العروة ، والعروة المساعدة . إن المايكروميتر يمكن أن يكون من النوع العادي (الشكل رقم (3-4*a*)) أو يكون بشكل رقمي كما في الشكل رقم (3-4*b*).

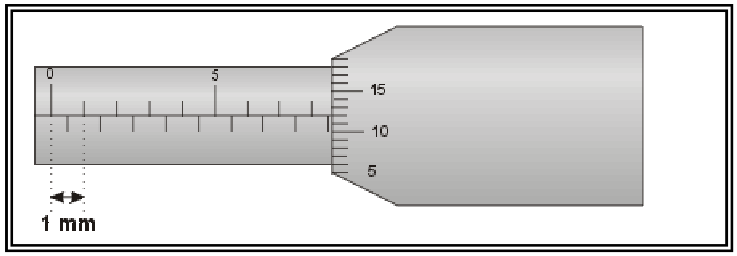
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (3-4): a- المايكروميتر العادي b - المايكروميتر الرقمي

يوضع الجسم المراد قياسه بين المصد وعمود الدوران ويمسك جيداً بواسطة اليد ومن ثم يُحرك عمود الدوران بإتجاه الجسم بواسطة العروة إلى أن يتم الحصول على تماس أولي بين المصد والجسم وكذلك بين سطح عمود الدوران والجسم . كذلك يجري تحريك العروة المساعدة من أجل منع حدوث زيادة في الضغط من قِبل المصد وعمود الدوران التي تسبب عدم دقة القياس .

وعند سماع صوت واطئ معين يصدر من المايكروميتر عندئذ يمكن أخذ القراءة منه بواسطة المدرج الموجود على الماسورة والتي هي تدريجات بالمليمتر أما أجزاء المليمتر فتقرأ بواسطة المدرج الدائري الموجود على العروة من خلال تطابق أحد خطوط تقسيمه مع الخط الوسطي للمدرج الأُفقي للماسورة ،وكما في الشكل رقم (3-5) .



الشكل رقم (3-5): كيفية قراءة تدريجات المايكروميتر

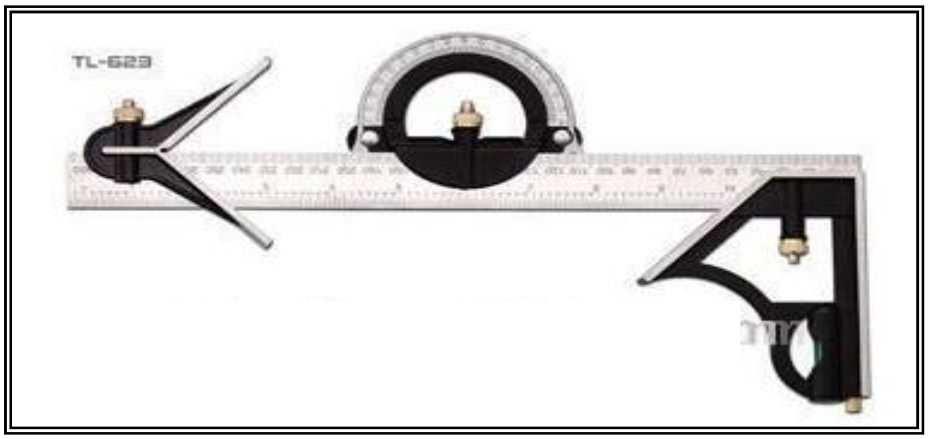
4- زاوية الضبط القائمة .

وهي عبارة عن مسطرة محمولة على قاعدة تستعمل لضبط الزوايا القائمة وكذلك تستعمل مدرج المسطرة لغرض قياس الأبعاد كما تستخدم أيضاً في التحديد .

5- المجموعة المركبة (Combination Set) .

تحتوي المجموعة المركبة على مسطرة قياس ، زاوية الضبط القائمة ، ميزان التسوية الكحولي ، المنقلة القَدَمة ، وكذلك على أداة إيجاد المركز والتي تستعمل لإيجاد مراكز الأعمدة والقضبان ذات المقاطع الدائرية.المجموعة المركبة موضحة في الشكل رقم (3-6) .

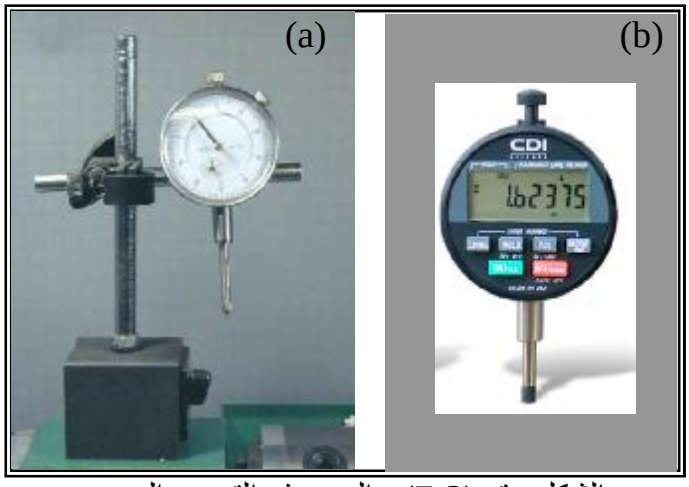
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (3-6) : المجموعة المركبة

6- المُبين ذو القرص المدرج (Dial Indicator) .

ويستخدم في كثير من عمليات القياس والمعايرة حيث يستخدم للمقارنة بين إرتفاع سطح معلوم وإرتفاع سطح مجهول. المبين ذو القرص المدرج موضح في الشكل رقم (3-7) . وبواسطة المبين ذو القرص المدرج من الممكن تحديد الإستقامة والإستواء للسطوح ، وكذلك معرفة مقدار تمركز أي سطح إسطواني.ويمكن أن يكون المبين عادي (إنظر الشكل رقم (3-7-*a*)) أو رقمي(الشكل رقم (3-7-*b*)) .



الشكل رقم (3-7) : المبين ذو القرص المدرج

7- ميزان التسوية الكحولي (Spirituous Compromise Criterion) .

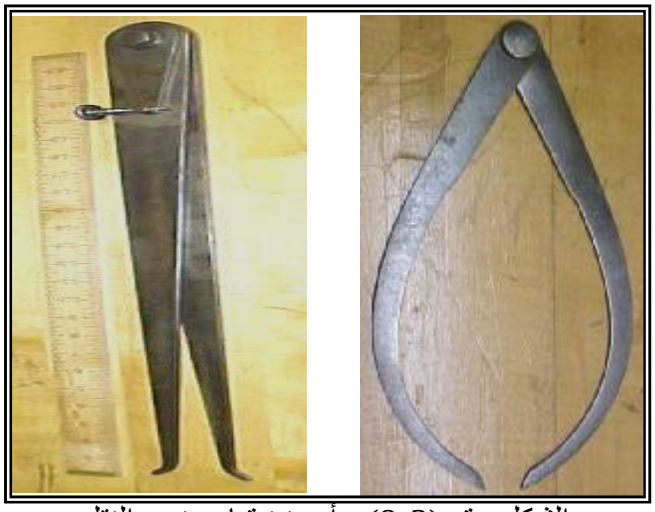
إن هذه الأنواع من الميازين متوفرة بمختلف الأحجام والدقة وتستعمل لمعرفة توازن السطوح عند فحص المكائن الإنتاجية . يحتوي ميزان التسوية الكحولي على قارورة زجاجية مقوسة تحتوي على كحول وفقاعة هوائية . تبقى هذه الفقاعة عند فحص السطوح الأُفقية في أعلى نقطة من التقوس وفي حالة وجود أي ميل في السطح المطلوب معرفة توازنه تتحرك هذه الفقاعة عن موقعها المُشار إليه أعلاه مبينة بذلك ميلان السطح . وكلما كبر قطر التقوس للقارورة كلما كانت دقة القياس عالية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (2): كيف يتم أخذ القياس من الأجهزة مباشرة القراءة

2.1.2.3 أجهزة القياس نوع النقل (*Transfer type Instruments*)

هذه الأجهزة لا تحتوي على تدريجات يمكن من خلالها أخذ القراءات منها مباشرة لذلك يتم الإستعانة بأجهزة أُخرى لإستخراج الأبعاد التي يتم قياسها . ومن أنواع هذه الأجهزة هو فرجال القياس النابضي (*Spring Caliper*) ، حيث يستخدم هذا الفرجال لقياس الأقطار الداخلية والخارجية وأيضاً يستخدم لقياس الأبعاد الخطية . لا يحتوي فرجال القياس النابضي على أية تدريجات وإنما يتم وضعه على الجزء حتى يتوافق مع قياس البُعد له ثم بعدها يتم مقارنة قراءته مع أحد الأجهزة المساعدة له مثل مسطرة الفولاذ لإستخراج القراءة .أجهزة قياس نوع النقل موضحة في الشكل رقم (3-8) .



الشكل رقم (3-8) : أجهزة قياس نوع النقل

2.2.3 أجهزة القياس الضوئية والليزرية (*Measuring with Light & Laser*)

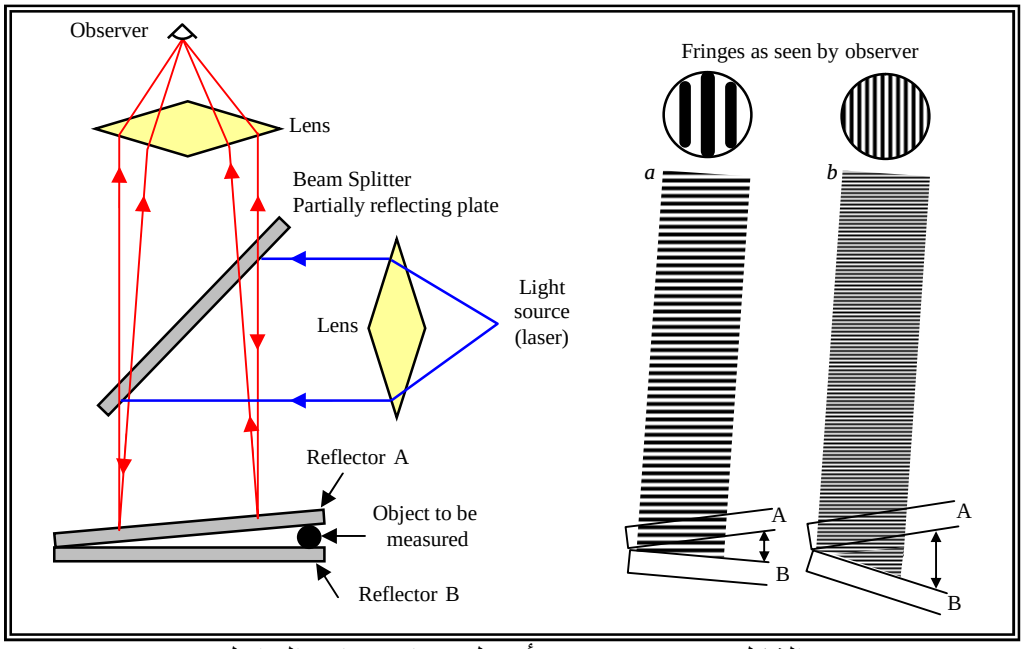
تعتمد هذه الأجهزة على إستخدام الظواهر مثل التقاطع والتداخل وإستخدام الليزر في قياس أبعاد المنتجات الصناعية . هنالك أنواع عديدة من هذه الأجهزة التي تستخدم اليوم في ورش تصنيع المعادن ومنها :

1- مقياس التداخل (Interferometer) .

هو جهاز يمكن من خلاله قياس المسافة والسمك بواسطة قياس الأطوال الموجية (*Wave Lengths*) ، مقياس التداخل موضح في الشكل رقم (3-9) . في بداية القياس يقوم فالق الحزمة بتقسيم حزمة الضوء

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إلى الحزمة المقاسة(*Measurement Beam*) وحزمة المرجع(*Reference Beam*) تنتقل الحزمة المقاسة إلى العاكس(*A*) وهو صفيحة زجاجية ضوئية والمستند على الجزء الذي يراد قياس مسافته ، بينما حزمة المرجع توجه مباشرة إلى عاكس ثابت (*B*) . بعد ذلك تنعكس كلا الحزمتين راجعة خلال فالق الحزمة حيث يتوحدان في حزمة مفردة قبل الإنتقال إلى الراصد . هذه الحزمة الموحدة تنتج هُدب التداخل(*Interference Fringes*) ، إعتماداً فيما إذا كانت أمواج الحزمتين الراجعة متوافقة الطور (*In-Phase*) أو خارج الطور (*Out-Phase*) . تنتج الأمواج متوافقة الطور سلاسل شرائط أو حزم لامعة ، بينما الأمواج خارج الطور تنتج حزم داكنة .



الشكل رقم (3-9) : مبدأ عمل جهاز مقياس التداخل

2- نظام قياس المسح الليزري (Laser Scanning System) .

تتضمن عملية القياس في هذا الجهاز وضع الجسم بين مصدر الحزمة ومستقبل يتضمن صمام ثنائي ضوئي (*Photodiode*) ، بعدها يقوم معالج مايكروي بحساب أبعاد الجسم إعتماداً على الظل الذي يطبعه الجسم .

3- مقياس التداخل الليزري (Laser Interferometer) .

يستخدم هذا الجهاز حزمة من الهليوم-النيون ، التي تفلق إلى حزمتين كل حزمة مختلفة في التردد والإستقطاب . عندما تجمع الحزمتان فإن أية حركة بين البصريات تخلق إزاحة دوبلر (*Doppler Shift*) في التردد ، بعدها تحول هذه الإزاحة إلى قياس المسافة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (3): ما هو مبدأ عمل أجهزة القياس الضوئية والليزرية

3.3 أجهزة المعايرة (*Gauging Instruments*)

ويُطلق عليها أيضاً مُحددات القياس (*Limiting Gauges*) وتستخدم في الإنتاج الكمي الكبير حيث لا يمكن أخذ كل القراءات للأجزاء المصنعة بسبب الكلفة العالية لذلك يتم حساب فيما إذا كان الجزء المصنع يقع ضمن حدود الإنتاج المسموح بها أم لا ، وهنا تأتي وظيفة أجهزة المعايرة أو مُحددات القياس . تُصنع مُحددات القياس من المواد ذات الصلادة العالية مثل الفولاذ عالي الكاربون والفولاذ السبائكي ويكون لها حدان رئيسيان هما :

1- دخول (*Go*) . أي الأبعاد المسموح بها والتي تقع ضمن حدود القياس .
2- لا دخول (*Not Go*) . وهي الأبعاد التي لا تقع ضمن حدود القياس وغير مسموح بها .

4.3 أنواع أجهزة المعايرة (*Type of Gauges*)

هنالك أنواع عديدة من أجهزة المعيرة أو مُحددات القياس المستخدمة في جميع ورش التشغيل والتي تختلف في طبيعة عملها حسب الغرض المطلوب منها . ويمكن تصنيف مُحددات القياس حسب عملها كالآتي :

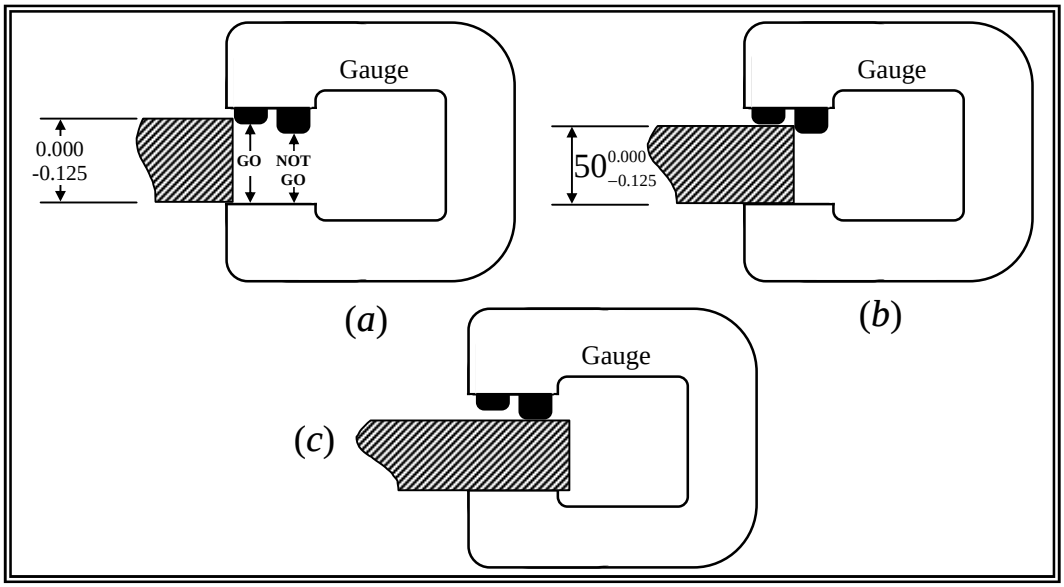
1.4.3 مُحددات قياس الأبعاد الخارجية (*External Limiting Gauges*)

تحتوي هذه المُحددات على فكوك يثبت عليها البعد الإسمي والسماحات المسموح بها للمنتج على حدي مُحدد القياس . هنالك عِدة أنواع من هذه المُحددات وهي :

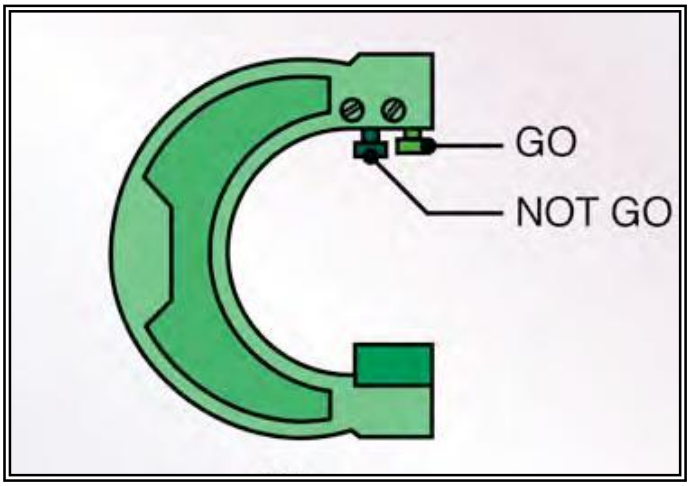
1- **مُحددات القياس الإطباقية (Snap Gauges) .**

وتمتلك هذه المُحددات فتحة ثابتة والأُخرى قابلة للحركة ، وأيضاً يحتوي على حدين هما دخول (*Go*) و حد لا دخول (*Not Go*) . الشكل رقم (3-10) يوضح مبدأ عمل هذه المُحددات . أما الشكل رقم (3-11) فيستعرض أنواع مُحددات القياس الإطباقية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



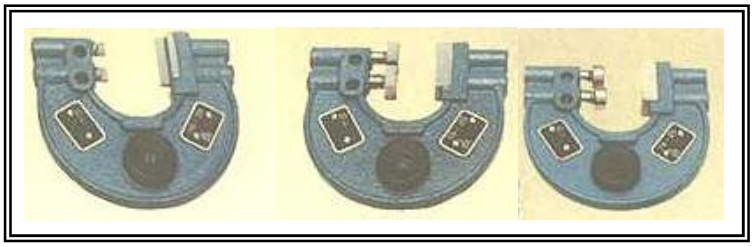
الشكل رقم (3-10) : مبدأ عمل مُحددات القياس الإطباقية



الشكل رقم (3-11) : مُحدد قياس إطباقي

2- مُحددات القياس الإطباقية القابلة للضبط (Adjustable Snap Gauges) .

وهو أيضاً من مُحددات القياس الإطباقية ، حيث هذا النوع يمكن أن يتحرك أحد الفكوك وبالتالي يمكن ضبطه على الأبعاد المطلوبة . الشكل رقم (3-12) يوضح هذا النوع من المُحددات .

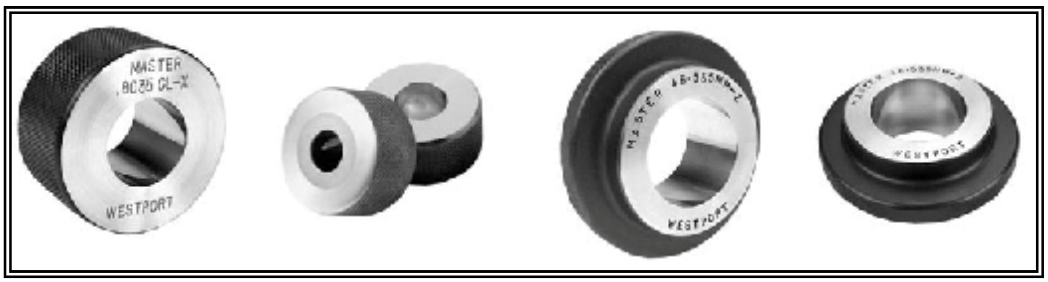


الشكل رقم (3-12) : مُحددات قياس إطباقية قابلة للضبط

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- مُحددات القياس الحلقية (Ring Gauges) .

وتستخدم لقياس الأعمدة (*Shafts*) أو الأجزاء الإسطوانية وهي موضحة في الشكل رقم (3-13) ، حيث تستخدم فتحة مساوية لحد البُعد (*Go*) وأُخرى (*Not Go*) لنفس البُعد .



الشكل رقم (3-13) : مُحددات القياس الحلقية

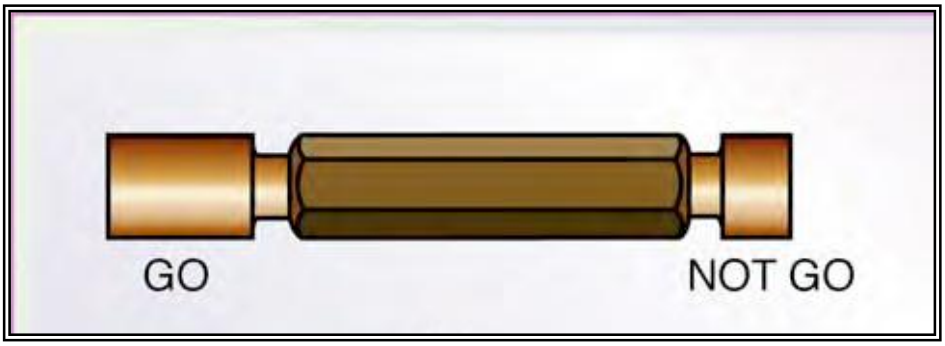
إختبار ذاتي (4): عدد أنواع مُحددات قياس الأبعاد الخارجية

2.4.3 مُحددات قياس الأبعاد الداخلية (*Internal Limiting Gauges*)

وتستخدم لقياس الأبعاد الداخلية للأجزاء المصنعة وتكون على أنواع هي :

1- مُحددات القياس السدادية ثنائية الطرف (Double End Plug Gauges) .

يمتلك هذا المحدد قطر مفرد للسيطرة على الحدود العليا والدنيا للثقب . تحتاج المعايرة في هذا النوع إلى محددين للقياس الأصغر يسمى (*GO*) للسيطرة على الأبعاد المسموح بها (الدنيا) والواسع (*NOT GO*) للسيطرة على الأبعاد الكبيرة . عادة يكون الجزء الواسع أقصر من الجزء الأصغر . الشكل رقم (3-14) يوضح محدد سدادي ثنائي الطرف .



الشكل رقم (3-14) : مُحدد قياس سدادي ثنائي الطرف

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- مُحددات القياس السدادية الثنائية المتتابعة (Sequent Double End Plug Gauges) .

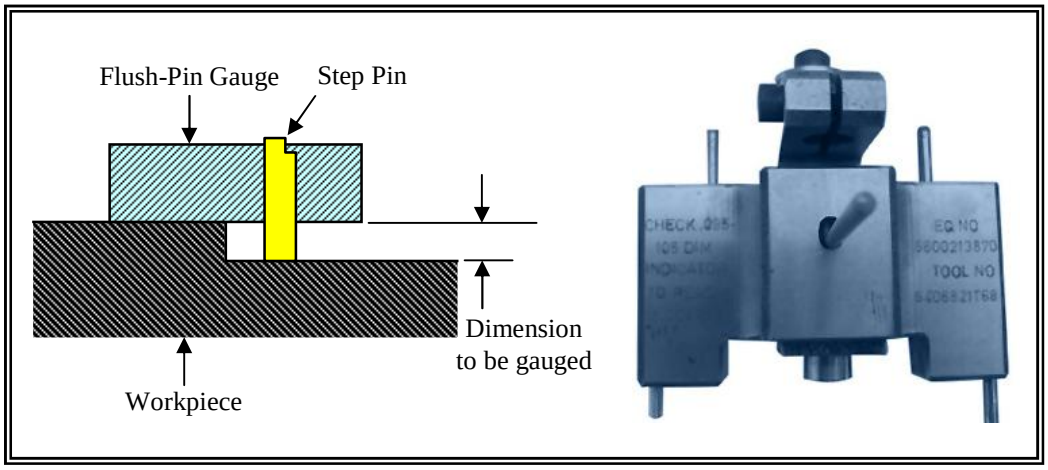
ويكون حد الدخول و لا دخول واقعين في الجهة نفسها ، ويكون جزء الدخول على النهاية الخارجية وكما في الشكل رقم (3-14) .

الشكل رقم (3-14) : مُحدد قياس سدادي ثنائي متتابع

3- مُحددات القياس الثنائية مسطحة الحدين (Flush Pin Gauges) .

وتقيس هذه المحددات حدود البُعد بين السطحين وتستخدم أيضاً لقياس عمق الثقوب . يتم وضع المقطع الرئيسي للمحدد على أعلى السطحين مع إستناد المسمار المتدرج على السطح الأدنى فإذا كان العمق بين السطحين ليس كبير جداً ، فإن قمة المسمار ولكن ليس الخطوة المنخفضة سوف تكون فوق قمة سطح محدد القياس بشكل طفيف . أما إذا كان العمق كبير جداً فإن المسمار سوف تكون أسفل السطح .

وفي حالة كون العمق صغير سوف تكون الخطوة المنخفضة في أعلى سطح جسم محدد القياس . الشكل رقم (3-15) يوضح مُحدد قياس ثنائي مسطح الحدين .

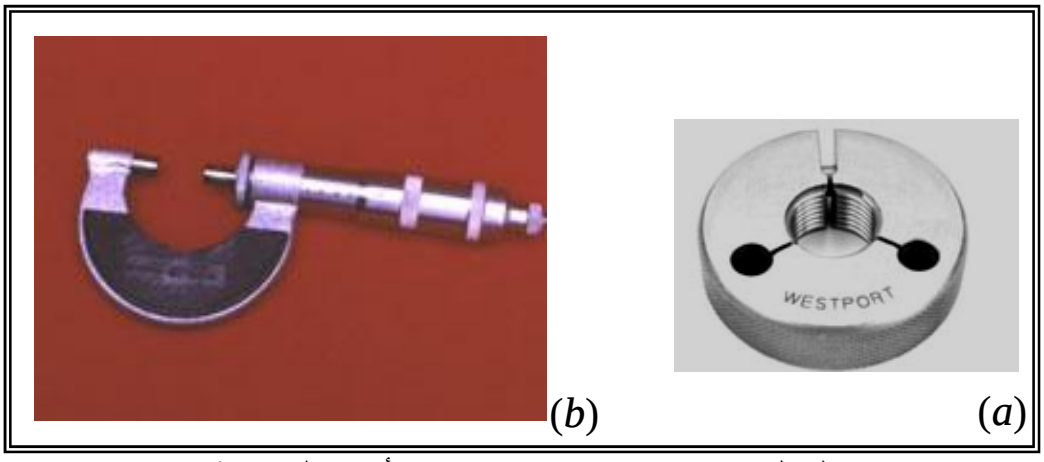


الشكل رقم (3-15) : مُحدد قياس ثنائي مسطح الحدين

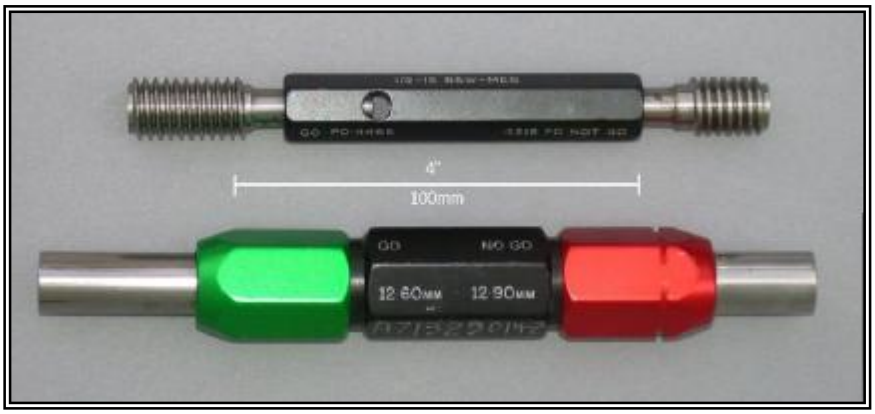
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.4.3 مُحددات قياس الأسنان (*Threads Limiting Gauges*)

وتستخدم لقياس أجزاء الأسنان الداخلية والخارجية .الشكل رقم (3-16-a) يوضح مُحددات قياس حلقية تستخدم للأسنان الخارجية إضافة إلى إستخدام المايكروميتر في القياس الخارجي والموضح في الشكل رقم (3-16-*b*) . الشكل رقم (3-17) يوضح مُحددات قياس الأسنان الداخلية .



الشكل رقم (3-16) : مُحددات قياس الأسنان الخارجية

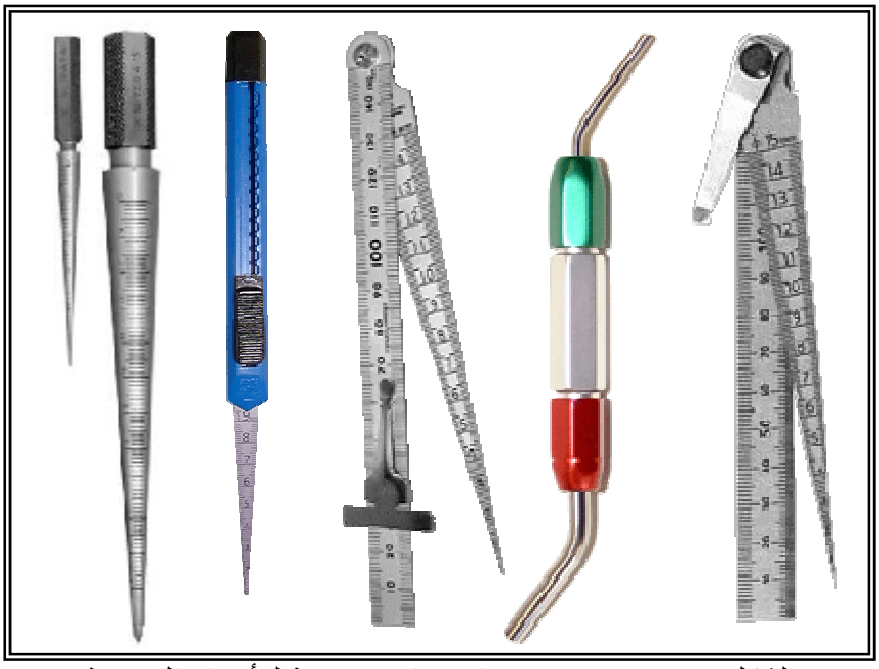


الشكل رقم (3-17) : مُحددات قياس الأسنان الداخلية

4.4.3 مُحددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف (*Tapered Limiting Gauges*)

وتستخدم للأجزاء مستدقة الأطراف (السُلبات) الداخلية والخارجية . تقوم هذه المحددات بمعايرة كل من زاوية الجزء المستدق وحجمه . أي إنحراف عن الزاوية الصحيحة سوف يلاحظ عن طريق الإسترخاء بين المحدد السدادي والثقب المستدق . أما الحجم فيفحص بواسطة العمق الذي تتوافق إليه السدادة داخل الثقب ، والعمق الصحيح يدرج بواسطة علامة على السدادة . الشكل رقم (3-18) يوضح عدد من مُحددات القياس للأجزاء المستدقة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (3-18) : مُحددات قياس متنوعة للأجزاء المستدقة

إختبار ذاتي (5): ما هو مبدأ عمل مُحددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- تقوم محددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف بمعايرة كل من :
أ- حدود البُعد بين السطحين .
ب- زاوية الجزء المستدق وحجمه .
ج- الأعمدة أو الأجزاء الإسطوانية.
د- أجزاء الأسنان الداخلية والخارجية .

2- تحتاج المعايرة في محددات القياس السدادية ثنائية الطرف إلى محددين للقياس هما :
أ- الأصغر يسمى (*GO*) والواسع (*NOT GO*) .
ب- حد (*GO*) و (*NOT GO*) واقعين في الجهة نفسها .
ج- فتحة مساوية لحد البُعد (*Go*) وأُخرى (*Not Go*) لنفس البُعد .
د- فتحة ثابتة (*Go*) والأُخرى قابلة للحركة (*Not Go*) .

3- ينتمي فرجال القياس النابضي إلى :
أ- أجهزة القياس مباشرة القراءة .
ب- أجهزة القياس الخطية .
ج- محددات القياس الإطباقية .
د- أجهزة القياس نوع النقل .

4- تعتمد أجهزة القياس الليزرية والضوئية في مبدأ عملها على إستخدام :
أ- حزمة من الهليوم-النيون ، التي تفلق إلى حزمتين كل حزمة مختلفة في التردد والإستقطاب .
ب- مصدر حزمة ومستقبل يتضمن صمام ثنائي ضوئي .
ج- الظواهر مثل التقاطع والتداخل وإستخدام الليزر في قياس أبعاد المنتجات الصناعية .
د- الأطوال الموجية كدالة لقياس المسافة والسمك .

5- يستخدم المايكروميتر لقياس الأسنان :
أ- الداخلية .
ب- الخارجية .
ج- الداخلية والخارجية .
د- اللولبية .

6- يمكن أن تستخدم مسطرة الفولاذ لقياس :
أ- العمق للشقوق والثقوب .
ب- إرتفاع سطح معلوم وإرتفاع سطح مجهول .
ج- الزوايا وبدقة عالية .
د- الأجزاء المستدقة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تحتوي المجموعة المركبة على :
أ- قارورة زجاجية مقوسة تحتوي على كحول وفقاعة هوائية .
ب- المصد ، عمود الدوران ، الماسورة ، العروة ، والعروة المساعدة .
ج- مسطرة محمولة على قاعدة .
د- مسطرة قياس ، زاوية الضبط القائمة ، ميزان التسوية الكحولي ، المنقلة القَدَمة .

8- يمكن بواسطة المبين ذو القرص المدرج تحديد:
أ- الأعمدة والقضبان ذات المقاطع الدائرية .
ب- العمق الداخلي والخارجي ، الأقطار ، المراكز ، الشقوق المستقيمة ، المسطحة ، والمحيطية.
ج- الإستقامة والإستواء للسطوح ، وكذلك معرفة مقدار تمركز أي سطح إسطواني .
د- توازن السطوح عند فحص المكائن الإنتاجية .

9- تستخدم والمنقلة القَدَمة لقياس :
أ- الزوايا .
ب- الإرتفاع .
ج- العمق .
د- الأقطار .

10- يتم فحص الحجم بمحددات قياس الأجزاء المستدقة الطرف بواسطة :
أ- حدود البُعد بين السطحين .
ب- العمق الذي تتوافق إليه السدادة داخل الثقب .
ج- زاوية الجزء المستدق .
د- الإنحراف عن الزاوية الصحيحة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- القياس هو العملية التي تنفذ لإيجاد القياس الحقيقي للبُعد ،أما المعايرة فإنها العملية التي يتم من خلالها معرفة فيما إذا كان البُعد يقع ضمن الحدود الثابتة المسموح بها .	1	ب
2	د	2- في هذا النوع من الأجهزة يتم أخذ قياس البُعد مباشرة من الجهاز والذي يحتوي على تدريجات والتي منها يتم قراءة الطول ، السمُك ، العمق ، القطر ، الإرتفاع وغيرها .	2	أ
3	أ	3- تعتمد هذه الأجهزة على إستخدام الظواهر مثل التقاطع والتداخل وإستخدام الليزر في قياس أبعاد المنتجات الصناعية .	3	د
4	ج	4- مُحددات القياس الإطباقية ، مُحددات القياس الإطباقية القابلة للضبط ، ومُحددات القياس الحلقية	4	ج
5	ب	5- تقوم هذه المحددات بمعايرة كل من زاوية الجزء المستدق وحجمه . أي إنحراف عن الزاوية الصحيحة سوف يلاحظ عن طريق الإسترخاء بين المحدد السدادي والثقب المستدق . أما الحجم فيفحص بواسطة العمق الذي تتوافق إليه السدادة داخل الثقب ، والعمق الصحيح يدرج بواسطة علامة على السدادة .	5	ب
6	د		6	أ
7	أ		7	د
8	ج		8	ج
9	د		9	أ
10	ج		10	ب

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , 10th Edition , john Wiley & Sons , 2008 .

2- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

3- Boothroyd ,G. " *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools* " , McGraw Hill , 1975 .

4- د. قحطان خلف الخزرجي ، د. عادل محمود حسن " *ŋ ūĞĩüɾ ūĞNü əŪɾ* " ، الطبعة الثانية ، دار دجلة للطباعة ، 2009 .

5- علي إبراهيم الموسوي " *2əŪŋɜŽIIKūl əɦŋūNN* "، الطبعة الأولى ، دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ، 2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية
نظرية القطع و تكوين الرايش

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : إن عملية القطع عملية مُعقدة ، تتضمن مجموعة من المتغيرات والتي قد تؤثر مجتمعة وفي آن واحد أثناء التشغيل لذلك فمن الضروري فهم عملية القطع بشكل كامل وتأثير هذه العوامل عليها من أجل الوصول على أعلى جودة في الإنهاء السطحي ودقة الأبعاد للسطوح المشغلة .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على العوامل المؤثرة على عملية القطع .

ثانياً- التعرف على نظريات القطع .

ثالثاً- معرفة المواد التي تصنع منها عُدد القطع وعمُر كل منها وكيفية حسابه.

رابعاً- التعرف على أنواع عمليات القطع وأنواع الرايش المتكون منها .

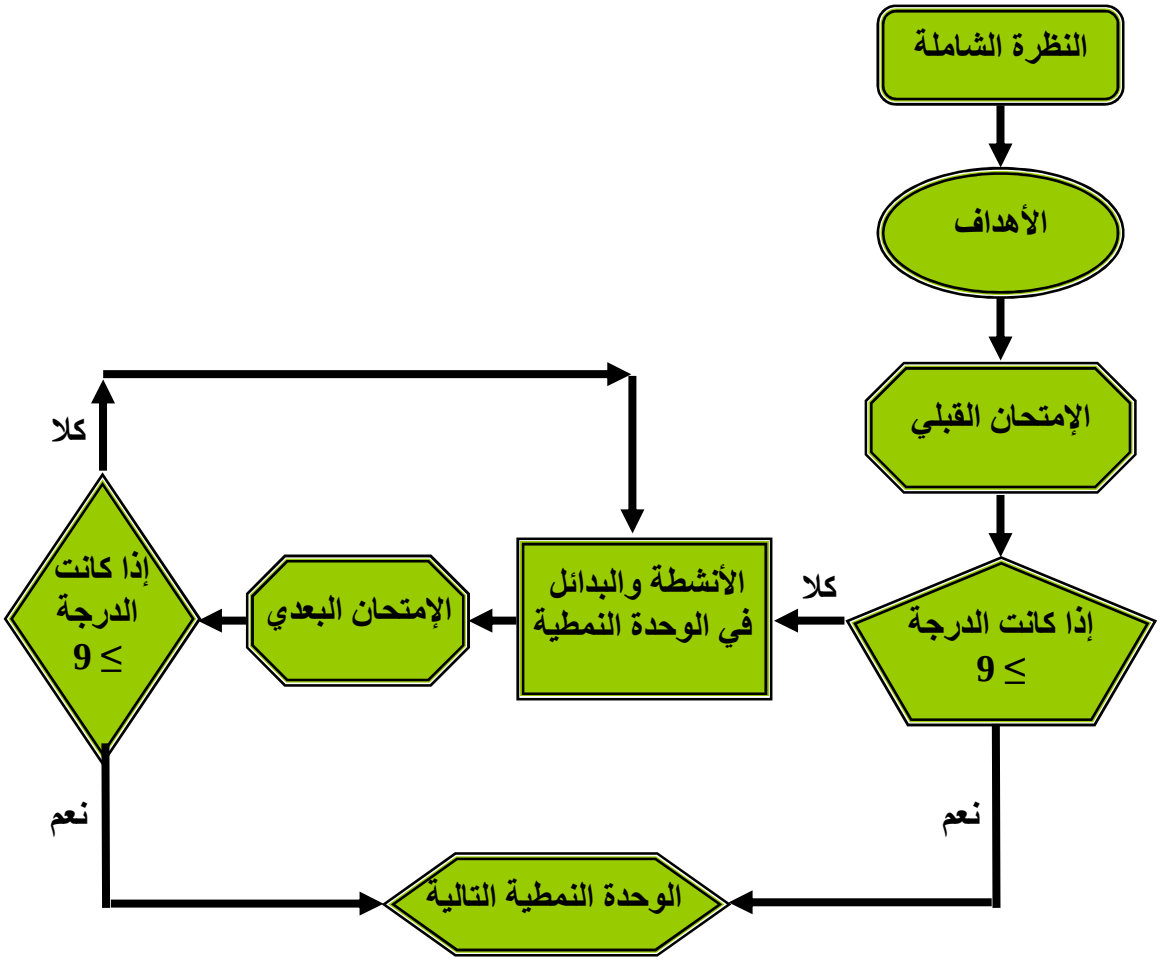
خامساً- معرفة أنواع سوائل التبريد .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على نوع عملية القطع المنفذة في الورشة .
2- يستعمل سوائل التبريد في عملية التشغيل .
3- تحديد نوع مادة عُدة القطع المناسبة لعملية التشغيل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- يُسمى المستوي الذي تحدث عنده عملية القطع بـ :
أ- مستوي القطع .
ب- مستوي الجرف .
ج- مستوي القشط .
د- مستوي القص .

2- ينتمي التركيب الكيميائي للشُغلة إلى :
أ- متغيرات العُدة .
ب- متغيرات الشُغلة .
ج- متغيرات الماكنة .
د- جميع المتغيرات أعلاه .

3- فسرت نظرية تريسيكا عملية القطع على إنها :
أ- ضغط يولده رأس العُدة عند تماسه مع الشُغلة مصحوباً بجهد قص واقع في مستوي موازي لسطح الشُغلة الذي ينتج عنه تكوين الرايش .
ب- عملية قص في مستوي قص وينتج الرايش من تكسر المعدن على مستوي القص.
ج- إنسياب عُدة القطع داخل الشُغلة بعمق قطع (t_1) مولدة مستوي قص (AB) .
د- إنزلاق في طبقات المعدن بإتجاه موازي لمستوي القص .

4- إن العُدة المثالية هي :
أ- الأعلى كلفة.
ب- الأقل كلفة.
ج- التي يتم إختيارها بحرص لإداء العمل بسرعة وكفاءة وإقتصادية.
د- التي تستخدم للعمل بشكل متكرر.

5- تستخدم المواد المقواة بالألياف القصيرة لتشغيل :
أ- المواد الحديدية والفولاذ .
ب- معظم المواد الهندسية وخصوصاً الصلدة منها والصعبة التشغيل .
ج- الفولاذ المقاوم للصدأ .
د- المواد المركبة والمواد اللاحديدية .

6- تساوي كمية الحرارة المنقولة للرايش :
أ- (60 % - 85 %) .
ب- (3 % - 10 %) .
ج- (10 % - 40 %) .
د- (1 %) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- الصلادة الساخنة تمكن العُدة من :
أ- مقاومة الكسر السريع .
ب- تحمل جهود حرارية أعلى .
ج- الإحتفاظ بمقاومتها في درجات الحرارة العالية .
د- الإحتفاظ بأبعادها في درجات الحرارة العالية .

8- يجب أن لا ترغو سوائل التبريد بسرعة لأن الرغوة تؤدي إلى:
أ- تولد دخان وضباب .
ب- إرتفاع درجة الحرارة .
ج- تلف سائل التبريد .
د- زيادة الإحتكاك .

9- يكون عرض العُدة في القطع العمودي :
أ- أقل من الشُغلة .
ب- مساوي لعرض الشُغلة.
ج- أعرض من الشُغلة أو أقل منها .
د- أعرض من الشُغلة .

10- ينتج الرايش المستمر عندما :
أ- يتم قطع المعادن الهشة .
ب- لا يُعاق جريان المعدن الأقرب إلى وجه العُدة بواسطة حافة القطع الناشئ أو الإحتكاك عند السطح البيني للعُدة .
ج- يُضغط المعدن الواقع أمام العُدة حيث يبدأ الرايش بالإنسياب على طول السطح البيني للعُدة - الرايش.
د- يتم قطع معادن مطيلية تحت ظروف قطع رديئة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

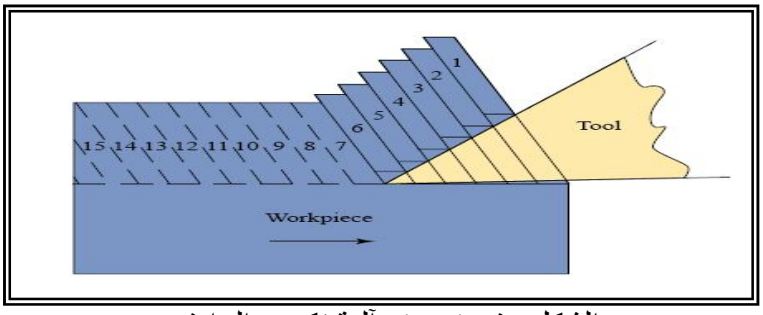
2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

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 :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

إختبار ذاتي (2): ما هو تأثير جساءة الماكنة على عملية القطع

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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) .**

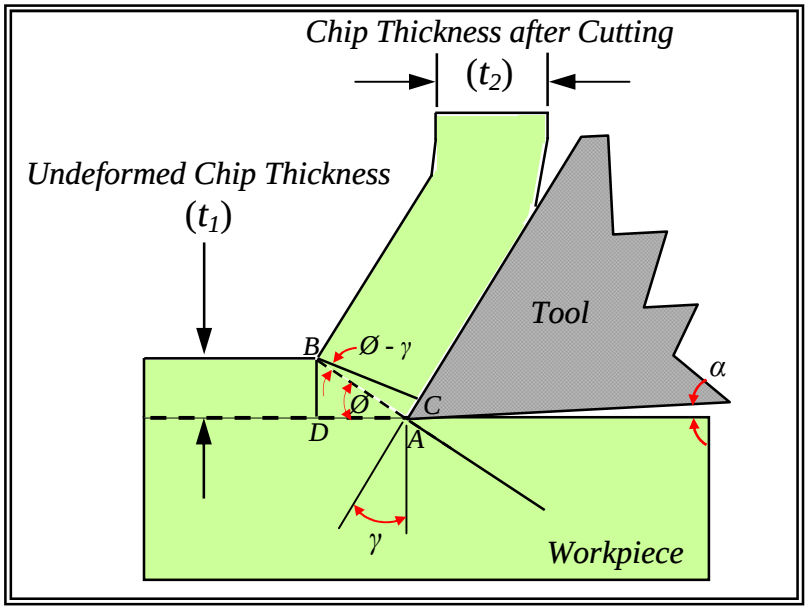
وهي من أوُلى النظريات التي فسرت عملية القطع ، حيث قام العالم تريسيكا في العام (1873) بتعريف عملية القطع على إنها عبارة عن ضغط يولده رأس العُدة عند تماسه مع الشُغلة مصحوباً بجهد قص واقع في مستوي موازي لسطح الشُغلة الذي ينتج عنه تكوين الرايش .

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

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

$$AB = \frac{BD}{\sin f} \qquad BD = t_1$$

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

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

$$\cos(f - g) = \frac{BC}{AB}$$

$$AB = \frac{BC}{\cos(f - g)} \qquad BC = t_2$$

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

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 :

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (3): ما هي أدق نظرية لتفسير عملية القطع

4.4 مواد عُدد القطع (*Cutting Tools Materials*)

هنالك العديد من مواد عُدد القطع المستخدمة اليوم في عمليات التشغيل والتي مرت بمراحل طويلة من التطور إلى أن وصلت إلى ما نشاهده حالياً من تنوع في المواد المستخدمة فيها . إن الإختلافات الموجودة بين مواد عُدد القطع أوجدت تنوعاً كبيراً في تطبيقات هذه العُدد ومجالات إستخدامها إعتماداً على المادة المصنوعة منها هذه العُدد . إن العُدة المثالية ليست بالضرورة التي تكون أعلى كلفة أو أقل كلفة أو التي تستخدم للعمل بشكل متكرر ، وإنما العُدة المثالية هي التي يتم إختيارها بحرص لإداء العمل بسرعة وكفاءة وإقتصادية . ويعتمد هذا الإختيار على طبيعة العمل الذي تقوم به عُدة القطع وعلى نوع المادة المشغلة .

تعتمد طبيعة العمل الذي تقوم به العُدة على خواص العُدة الميكانيكية إضافة إلى نوع مادة العُدة وأهم هذه الخواص هي :

1- الصلادة . يجب أن تتمتع عُدة القطع بصلادة عالية والتي تسمى بالصلادة الساخنة والتي تمكنها من الإحتفاظ بمقاومتها في درجات الحرارة العالية .
2- المتانة . يجب أن تكون متانة عُدة القطع عالية حتى لا تتشظى أو تنكسر خصوصاً أثناء عمليات التشغيل المتقطع .
3- مقاومة البلى العالية التي تزيد من عمرها .
4- مقاومة ضغط وحني عالية .
5- مقاومة عالية للتأكسد .
6- قابلية إنتشار واطئة .
7- تمدد حراري واطئ .
8- قابلية تشغيل عالية .

هنالك أنواع عديدة من مواد عُدد القطع المستخدمة في عمليات التشغيل المختلفة والتي يمكن إجمالها بالآتي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (4): ما هي الخواص الواجب توفرها في مادة عُدة القطع

5.4 عُمر عُدة القطع (*Cutting Tool Life*)

تتعرض عُدة القطع أثناء التشغيل للبلى التدريجي ومع الوقت لا تقوم بعملها بصورة ناجحة وعند وصول البلى إلى مرحلة معينة يمكن القول إن العُدة قد فقدت قدرتها على العمل أي إن عمرها قد إنتهى ومن الضروري إعادة شحذها أو يتم إستبدالها بشكل نهائي . ويمكن تعريف عمر العُدة على إنه الدورة الزمنية التي تنجز فيها عُدة القطع عملها بكفاءة ، وتتضمن هذه الدورة الزمنية الفترة الفاصلة بين عمليتي شحذ لحافة العُدة أو عملية إستبدالها . وهنالك عدد من المتغيرات التي تُحدد عمر العُدة وهي :

1- المادة المراد تشغيلها .
2- مادة عُدة القطع .
3- الشكل الهندسي لعُدة القطع .
4- حالة الماكنة .
5- تثبيت عُدة القطع .
6- سرعة القطع .
7- التغذية .
8- عمق القطع .

ويمكن القول بأن عُمر عُدة القطع قد إنتهى إذا توفر الآتي :

1- ظهور صوت مميز أثناء عملية التشغيل (صرير) .
2- إنهاء سطحي رديء للمعدن المُشغل .
3- زيادة مفاجئة بالقدرة اللازمة لعملية القطع .
4- زيادة مفاجئة بقوى القطع .
5- تولد حرارة عالية وتصاعد دخان نتيجة للإحتكاك العالي .

إن أول من وضع بيانات شاملة يمكن فهمها عن عمر عُدة القطع هو العالم تايلور (*F.W.Taylor*) في عام 1907 حيث وضع معادلة بين عمر العُدة وسرعة القطع وهذه المعادلة هي :

$$VT^{n} = C \qquad (5)$$

حيث :

V = سرعة القطع $(m\backslash min)$.

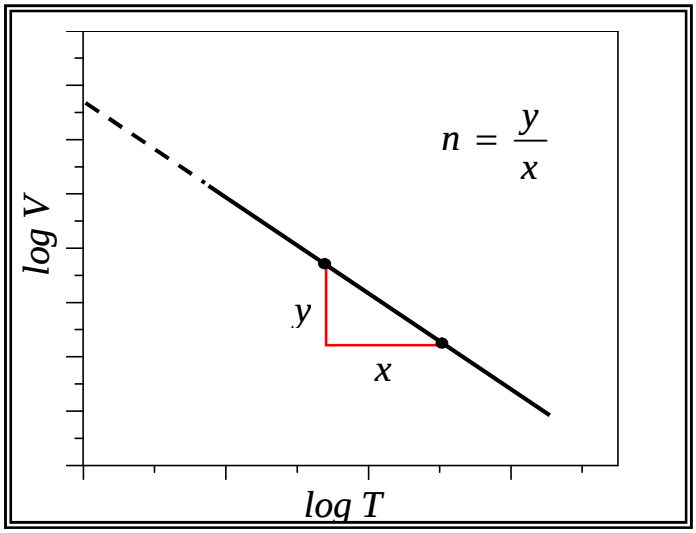
T = عُمر عُدة القطع (min) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

n = ميل الرسم البياني والموضح في الشكل رقم (4-3) وهو ثابت يعتمد على مادة العُدة ومادة الشُغلة .

الجدول رقم (4-1) يوضح قيم الثابت (n) والذي يمثل أُس السرعة لمواد عُدة مختلفة .

C = ثابت يعتمد على الظروف المحيطة بعملية القطع .



الشكل رقم (4-3): حساب عُمر عُدة القطع

الجدول رقم (4-1): قيم الثابت (n) لمواد عُدة مختلفة

Tool Material	*H.S.S*	*Carbides*	*Oxides*
Speed Exponent ,n	0.08 - 0.2	0.2 - 0.49	0.5 - 0.7

وبالنظر إلى الشكل رقم (4-3) يتضح إن القطع لا يمكن أن يحدث بالسرعات العالية جداً أو الواطئة جداً وذلك لأن التشغيل بالسرعات العالية سيؤدي إلى الإنهيار المبكر للعُدة أما التشغيل بالسرعات الواطئة فسيكون معدل الإنتاج واطئ . ويمكن الإستفادة من الشكل أعلاه من ناحيتين الأُولى هي لإستخراج قيم الثوابت (C,n) والثانية هي توقع عمر العُدة في سرعات مختلفة ولمواد عُدة مختلفة .

مثال1

في أحد الإختبارات العملية الخاصة بفحص تآكل عُدة قطع مصنوعة من فولاذ السُرعات العالية (*HSS*) تم الحصول على أعمار العُدة الموضحة في الجدول أدناه . إحسب قيم الثوابت C,n .

Tool Life , min	*Cutting Speed , m\min*
30	25
1.5	70

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل //

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 :

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

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

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 :

$$2hr = 120\min$$

$$VT^{n} = C$$

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

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

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

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (5): عرف عُمر عُدة القطع

6.4 الحرارة المتولدة من القطع (*Heat Generated By Cutting*)

نتيجة للشغل المبذول في عملية القطع تتولد حرارة وأهم مصادر هذه الحرارة هي :

1- التشوه اللدن للطبقة المقطوعة .

2- التغلب على الإحتكاك في سطح(وجه) عُدة القطع أو جانبها .

ونظراً إلى قلة درجة التشوه اللدن للرايش المتقطع فإن الحرارة المتولدة من تشغيل المعادن الهشة على العموم تكون أقل من تشغيل المعادن الطرية . إن مصدر الحرارة الرئيسي في قطع المعادن يكون متمركز عند رأس العُدة (*Tool Tip*) لذلك فإن درجة الحرارة في هذه المنطقة سوف تكون الأعلى . بعدها يتم توصيل الحرارة خلال العُدة ، الشُغلة ، والرايش . تعتبر العُدة هي الأُولى التي تتراكم عليها معظم الحرارة بينما سطوح الرايش والشُغلة في إتصال مع العُدة تتغير بإستمرار .

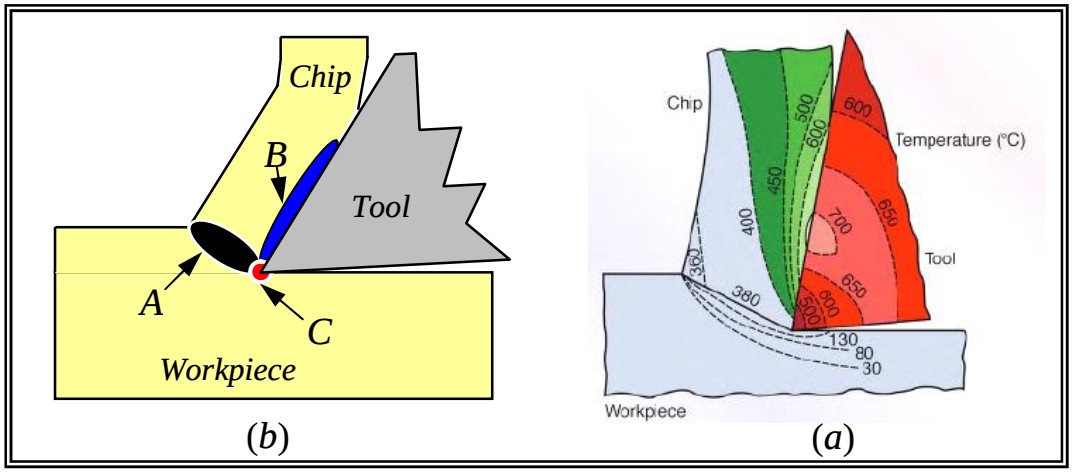
لذلك الحرارة على العُدة يجب أن تكون الأعلى كما في الشكل رقم (*a*-4-4) الذي يوضح مديات درجات الحرارة في عملية قطع المعدن . إن متغيرات القطع مثل السرعة ، التغذية ، وعمق القطع تمتلك تأثير مُعتبر على توليد درجة الحرارة ، ومن بين هذه العوامل تمتلك سرعة القطع التأثير الأعلى . هنالك ثلاث مناطق لتوزيع الحرارة في عملية القطع وكما موضح في الشكل رقم (*b*-4-4) وهذه المناطق هي :

1- المنطقة (A) . وهي أكثر المناطق حرارة نتيجة لإنزلاق الطبقات المكونة للمعدن ، كذلك بعد أن يحدث تشوه لدن يسبب تكسر الأواصر والترتيب البلوري الجديد كل ذلك يعطي طاقة وهذه الطاقة تكون على شكل حرارة . ويمكن التخلص من هذه المنطقة بواسطة تصنيع المادة الخام بالطرق الصحيحة .

2- المنطقة (B) . وتتولد فيها الحرارة نتيجة الإحتكاك بين عُدة القطع والرايش وهذه الحرارة تسبب إلتصاق الرايش بسطح عُدة القطع وهذا يؤدي إلى تشوه السطح المقطوع وربما يسبب كسر عُدة القطع . يتم التخلص من تأثير هذه المنطقة بواسطة التزييت .

3- المنطقة (C) . وهي ناتجة من إحتكاك رأس عُدة القطع بالشُغلة وهي مساحة صغيرة ويمكن التخلص منها بالتزييت .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (4-4): a - مديات درجة الحرارة في عملية القطع b - مناطق توزيع الحرارة

وتتوزع الحرارة المتولدة (Q) في عملية القطع كالآتي :

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \qquad (6)$$

حيث :

Q_1= كمية الحرارة المنقولة للرايش وتساوي (60 % - 85 %) .

Q_2= كمية الحرارة الباقية في عُدة القطع وقدرها (10 % - 40 %) .

Q_3= كمية الحرارة المنقولة للشُغلة وهي حوالي (3 % - 10 %) .

Q_4= كمية الحرارة المنقولة للجو وتساوي (1 %) .

إختبار ذاتي (6): ما هي مصادر تكون الحرارة في عملية القطع

7.4 أنواع عمليات القطع (*Types of Cutting Processes*)

هنالك نوعان من عمليات القطع التي تكون الرايش وتتحكم في شكله وهي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1.7.4 عمليات القطع العمودي (*Orthogonal Cutting Processes*)

تكون حافة القطع عمودية على خط إنتقال العُدة وموازية للسطح الأصلي للشُغلة وكما موضح في الشكل رقم (4-5-*a*) تكون حافة القطع في القطع العمودي مفردة ومستوية وهي الفعالة.

يمتاز القطع العمودي بعدد من المميزات والصفات هي :

1- تكون العُدة حادة بشكل مثالي وليس هناك إتصال على طول سطح الخلوص .

2- السطح الذي يحدث عنده القص يكون مستوي .

3- حافة القطع تكون عبارة عن خط مستقيم وتمتد عمودياً لإتجاه الحركة وتولد سطح مستوي حالما تتحرك الشُغلة عليها .

4- الرايش لا ينساب لأي جانب أو ليس هنالك جانب إنتشار .

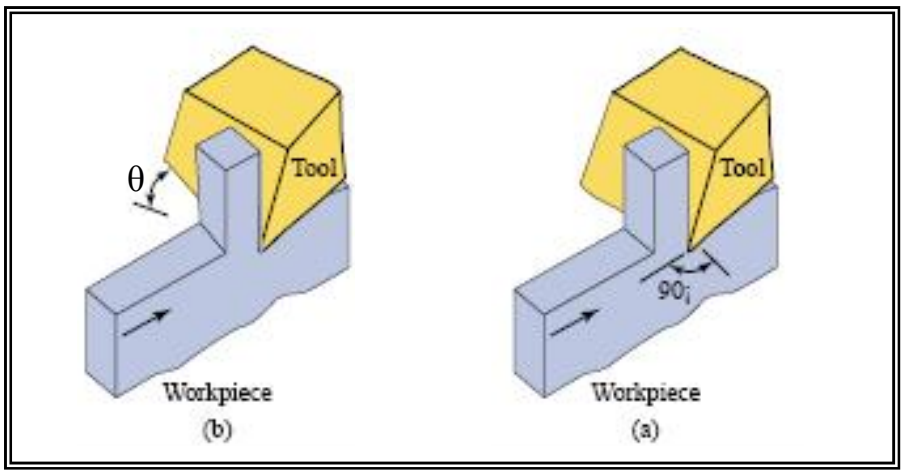
5- سمك الرايش غير المقطوع ثابت .

6- عرض العُدة يكون أعرض من الشُغلة .

7- ينتج الرايش بشكل مستمر وبدون حافة قطع ناشئ .

8- تتحرك الشُغلة بسرعة منتظمة .

9- الإجهادات على مستوي القص موزعة بإنتظام .



الشكل رقم (4-5): *a*- القطع العمودي *b*- القطع المائل

إن القوى الناتجة يمكن أن تُحلل بشكل تقليدي في إتجاه مستوي القص ، على طول حركة العُدة الرئيسية وعلى طول وجه الجرف . ويتم تمثيل هذه القوى عند طرف العُدة بدلاً من نقطة تأثيرها الحقيقية ليكون بالإمكان إنشاء دائرة قوى القطع كما موضح في الشكل رقم (4-6) والتي عادة تسمى دائرة ميرشنت عندها يكون من السهولة إشتقاق العلاقات المتنوعة بين القوى وكما يلي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$F_s = F_h \cos f - F_v \sin f$$
$$N_s = F_v \cos f + F_h \sin f$$
$$N_s = F_S \tan(f + b - g)$$
$$F = F_h \sin g + F_v \cos g$$
$$N = F_h \cos g - F_v \sin g$$

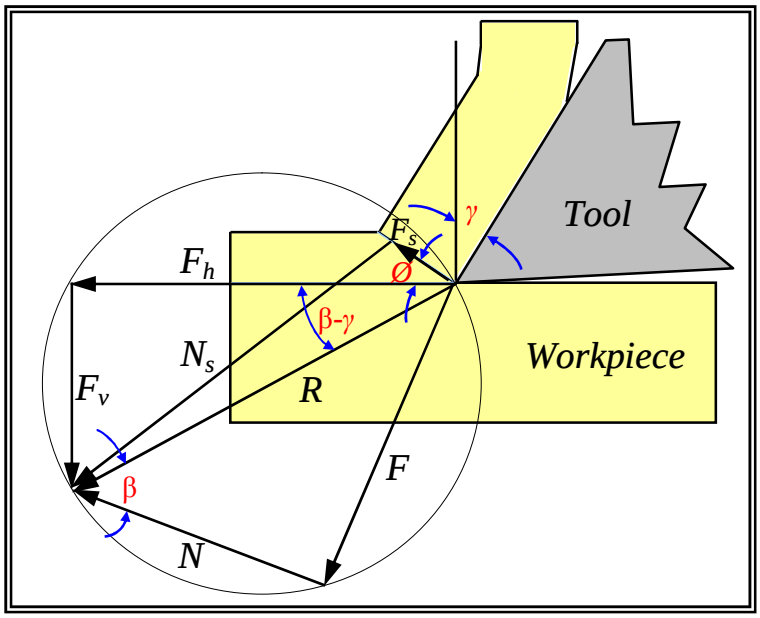
حيث :

R= محصلة القوى، F_h = قوة القطع ، F_v = قوة عمودية لحركة العُدة الرئيسية (قوة دفع) ، F_s = قوة على طول مستوي القص ، F = قوة الإحتكاك على طول وجه الجرف ، N = القوة العمودية وهي عمودية لوجه الجرف ، $\emptyset$ = زاوية القص ، γ = زاوية الجرف ، β = زاوية الإحتكاك .

يتم حساب زاوية القص ($\emptyset$) من المعادلة رقم (4) .

إن المتغيرات التي تؤثر على القطع العمودي يمكن أن تدرج كالآتي :

1- هندسية العُدة . زاوية الجرف وزاوية الخلوص .
2- صفات مادة الشُغلة ومادة العُدة .
3- عمق القطع .
4- سرعة القطع .
5- سوائل القطع المستخدمة .



الشكل رقم (4-6) : دائرة قوة قطع ميرشنت في القطع العمودي

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 //

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

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

$$f = \tan^{-1}\frac{r_c \cos g}{1 - r_c \sin g}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

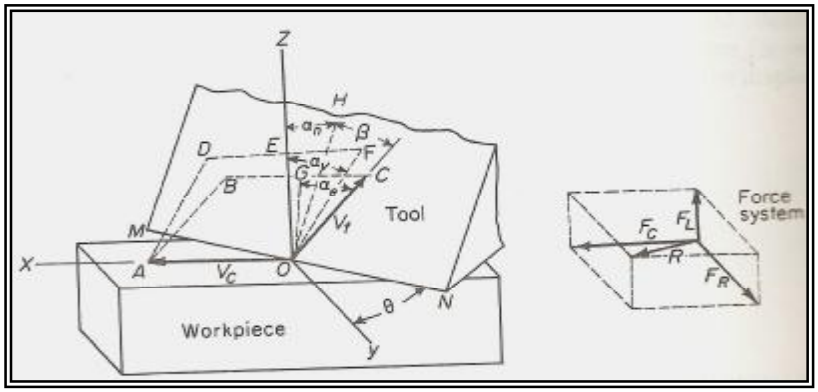
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.7.4 عمليات القطع المائل (*Oblique Cutting Processes*)

وتكون حافة القطع مفردة وتميل بزاوية تسمى زاوية الميل (θ) عن الإتجاه العمودي للعُدة وكما في الشكل رقم (4-5-b) . إن ميلان عُدة القطع يسبب تغيرات في إتجاه تدفق الرايش فوق وجه العُدة . في هذا النوع من القطع يكون الرايش بشكل نابض حلزوني . يمكن أن يكون عرض حافة القطع أعرض من الشُغلة أو أقل منها .

إن أغلب عمليات التشغيل مثل الخراطة أو التفريز هي ثلاثية الأبعاد وعادة تُوصف كقطع مائل ، وعلى الرغم من إن القطع المائل أكثر عملية لوصف عملية القطع ، إلا إن تحليلها هو الأكثر صعوبة بسبب كونها ثلاثية الأبعاد ، ولتبسيط المسائل يلجأ غالباً للقطع العمودي . الشكل رقم (4-7) يوضح القوى والزوايا المؤثرة في القطع المائل . تكون الشُغلة متطابقة في الإتجاه الأُفقي (y-x) والعمودي (z) . زاوية جرف العُدة العمودية (γ_n) هي في المستوي العمودي وعمودية لحافة القطع (MN) .

زاوية جرف السرعة (γ_v) في المستوي (z-x) (يضم سرعة القطع (V_C) والنقاط ($OFEDA$) . يذهب الرايش في الإتجاه(V_f) في المستوي ($ABCO$) ، حيث (OG) يكون عمودي لسرعة القطع (V_C) . زاوية الجرف بين(OG) و(V_f) تسمى زاوية الجرف الفعالة (γ_e - *Effective Rake Angle*) . إن الرايش المُنساب في الإتجاه (V_f) هو عند زاوية (β) مع العمود (OZ) على وجه العُدة . إن الشروط أو الظروف في المستوي العمودي خلال(OZ) و (OH) مشابهة لتلك في القطع العمودي . زاوية مستوي القص ($\emptyset$) في هذا المستوي يمكن أن تُحسب من المعادلة رقم (4) مع تعويض(γ_n) مكان (γ) .



الشكل رقم (4-7) : القوى والزوايا المؤثرة في القطع المائل

لقد وجد أرماريجو وبراون (*Armarego & Brown*) بأن حجم القدرة أو قوة القطع (F_C) في إتجاه سرعة القطع (V_C) يحسب بواسطة زاوية الجرف العمودية . زاوية الميل وأيضاً زاوية الجرف الفعالة يؤثران على بقية مركبات السرعة والحجم والإتجاه لمحصلة قوى القطع (R) .إن الفائدة الرئيسية للقطع

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المائل هي في كونها وسيلة للسيطرة على الرايش ، حيث كما ذكرنا يكون الرايش بشكل نابض حلزوني.

لقد وضح ستابلر بأن ($\beta = \theta$) كتقريب أول . ويمكن التوضيح بأنه تحت هذه الظروف يكون :

$$\sin g_e = \sin^2 q + \cos^2 q \sin g_n \qquad (7)$$

وتكون زاوية الجرف الفعالة أكبر دائماً من زاوية الجرف الإسمية (*Nominal Rake Angle*) .

إختبار ذاتي (7): عدد أنواع عمليات القطع

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مثالي لفعل القطع الفعال ، هذا النوع من الرايش موضح في الشكل رقم (4-8-*b*) . يكون الرايش المستمر على أنواع هي :

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 :

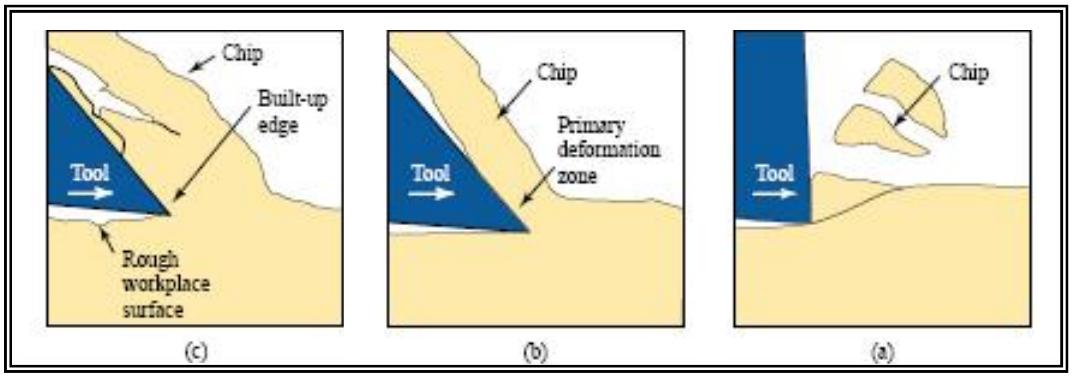
1- إستخدام لقمة تشغيل تحتوي على كسارة رايش ملبدة .
2- زيادة التغذية أو سرعة القطع .

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

إختبار ذاتي (10): ما هو الماء المستحلب

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تتوزع الحرارة في عملية القطع على كل من:
أ- عُدة القطع و الشُغلة .
ب- عُدة القطع و الشُغلة و الرايش .
ج- عُدة القطع و الرايش .
د- الشُغلة و الرايش .

8- إن ميلان عُدة القطع في القطع العمودي يسبب تغيرات في :
أ- إتجاه تدفق الرايش فوق وجه العُدة .
ب- قوة القص .
ج- زاوية الجرف والخلوص .
د- سمك الرايش .

9- إن عيب الزيوت الطبيعية في كونها :
أ- عالية الكلفة وقابليتها على التعفن السريع .
ب- تولد الصدأ على السطح المُشغل .
ج- تسبب تغير في خواص المعدن المُشغل عند تغلغلها فيه .
د- لا تحمل صفة التزييت وتوصيلها الحراري ضئيل .

10- ينتج الرايش المستمر مع حافة القطع الناشئ في المعادن المطيلية عندما تكون :
أ- تُقطع تحت ظروف قطع رديئة .
ب- سرعة القطع عالية و زاوية الجرف كبيرة.
ج- زاوية المقدمة كبيرة .
د- التغذية كبيرة وزاوية الجرف صغيرة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	د	1- إن عملية إزالة المعدن تتم عن طريق تعشق عُدة القطع مع الشُغلة وتكون المادة المُزالة على شكل شظايا تُعرف بالرايش .	1	ب
2	ب	2- كلما زادت جساءة الماكنة قلت الإهتزازات وبالتالي تزداد دقة التشغيل والتي تنعكس على جودة السطح المُشغل .	2	د
3	أ	3- نظرية آرنست وميرشنت	3	أ
4	ج	4- الصلادة الساخنة ، المتانة ، مقاومة البلى العالية ، مقاومة ضغط وحني عالية ، مقاومة عالية للتأكسد ، قابلية إنتشار واطئة ، تمدد حراري واطئ ، قابلية تشغيل عالية .	4	ج
5	د	5- الدورة الزمنية التي تنجز فيها عُدة القطع عملها بكفاءة ، وتتضمن هذه الدورة الزمنية الفترة الفاصلة بين عمليتي شحذ لحافة العُدة أو عملية إستبدالها .	5	أ
6	أ	6- التشوه اللدن للطبقة المقطوعة ، التغلب على الإحتكاك في سطح(وجه) عُدة القطع أو جانبها .	6	د
7	ج	7- القطع العمودي ، القطع المائل .	7	ب
8	ب	8- الرايش المتفتت، الرايش المتقطع ، الرايش الدقيق .	8	أ
9	د	9- 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 .	9	ج
10	ب	10- 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 .	10	د

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , 10th Edition , john Wiley & Sons , 2008 .

2- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

3- Boothroyd ,G. " *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools* " , McGraw Hill , 1975 .

4- د. قحطان خلف الخزرجي ، د. عادل محمود حسن " ɥ ūšāüɛ ūžgNüəÇ " ، الطبعة الثانية ، دار دجلة للطباعة ، 2009 .

5- علي إبراهيم الموسوي " 2əūqzūlNd ɔɥ,ūgN "، الطبعة الأولى ، دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ، 2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

عمليـــــات الخراطة

علي إبراهيم الموسوي

كاظم داود المرشدي

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تضم ورش التشغيل الكثير من الماكنات المستخدمة في تشغيل المواد الهندسية والتي من ضمنها ماكنة الخراطة والتي تنفذ عليها العديد من العمليات التشغيلية ولمختلف المواد ولذلك فمن المهم إلقاء الضوء على هكذا ماكنة وعمليات لبيان أهميتها بالنسبة لعمليات التصنيع .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على ماكنة الخراطة وأجزاءها وأنواعها .

ثانياً- التعرف على أنواع العمليات المنفذة على المخرطة .

ثالثاً- معرفة المتغيرات التي تحكم عمليات الخراطة المختلفة .

رابعاً- التعرف على العُدد المستخدمة على المخرطة .

خامساً- معرفة القوانين الخاصة بحساب معدلات التشغيل وزمن التشغيل .

سادساً- معرفة كيفية إنشاء بطاقة التشغيل .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يستعمل ماكنة الخراطة في الورشة .

2- يتعرف على نوع العملية المجراة على المخرطة وكيفية تنفيذها .

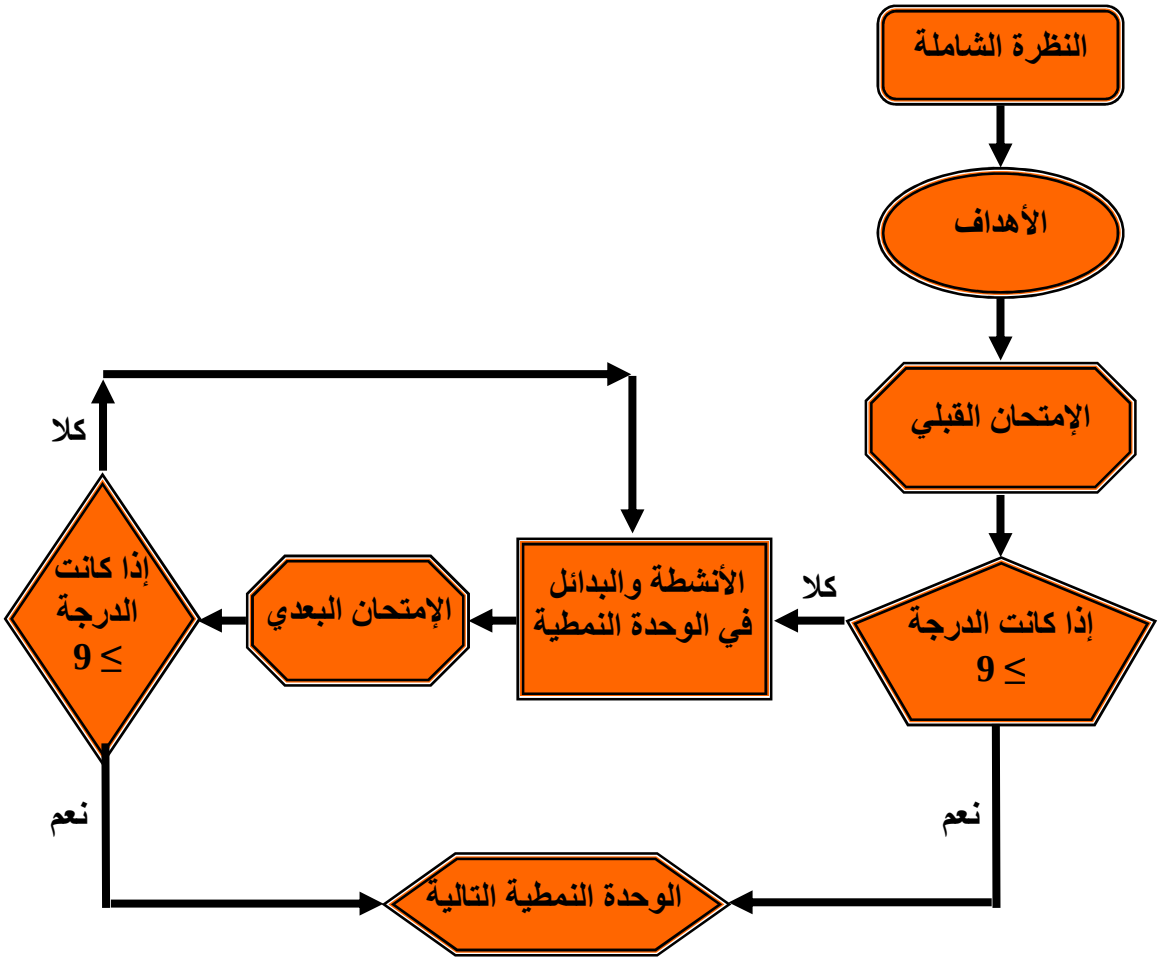
3- تحديد متغيرات القطع الضرورية للتشغيل .

4- يحسب زمن التشغيل لعمليات الخراطة المتنوعة .

5- يصمم بطاقة التشغيل لكل عملية ولكل جزء يتم تشغيله .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

علي إبراهيم الموسوي

كاظم داود المرشدي

الإختبار القبلي

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

1- تكون التغذية القطرية هي السائدة في عملية :
أ- الخراطة العادية .
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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يجب أن تكون قاعدة الماسكات الميكانيكية مسطحة بشكل تام :
أ- لأن أي نتوء فيها يسبب كسر اللقمة .
ب- من أجل تثبيت اللقمة بشكل صحيح في مكانها .
ج- للسماح بتمركز العُدة .
د- لتقليل القوى المؤثرة على العُدة .

8- تقاس سرعة القطع في الخراطة بوحدات :
أ- rev/min .
ب- m/min .
ج- mm/min .
د- m .

9- تقدر مسافة الخلوص المضافة في الخراطة بـ :
أ- 5mm-2mm .
ب- 5mm-1.5mm.
ج- 6mm-2mm .
د- 6mm-1.5mm.

10- تمتلك بطاقات التشغيل أهمية كبيرة في الصناعة لأنها تمثل :
أ- المسار الإنتاجي الذي يمر به المنتج خلال تصنيعه .
ب- لغة التخاطب والتعبير بين المُصمم والمُنفذ .
ج- متغيرات التشغيل المستخدمة في القطع .
د- الحسابات العملية للقطع .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

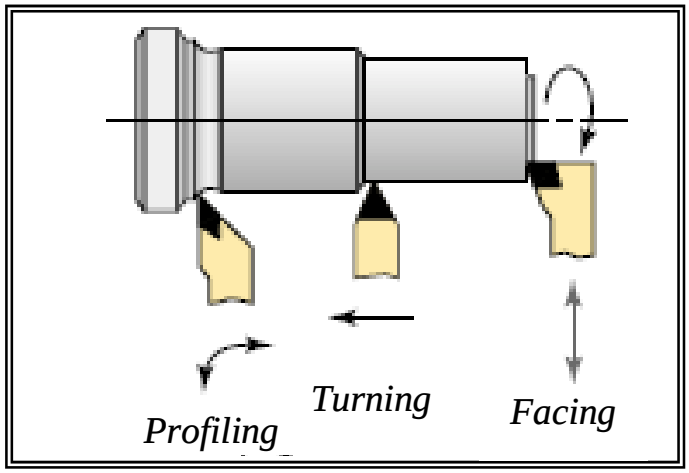
2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.5 المقـــدمـــة (*Introduction*)

الخراطة هي عملية قطع المعدن والتي تستخدم لتوليد سطوح إسطوانية بواسطة ماكنة تسمى المخرطة (*Lathe*) ، وعادة تكون الشُغلة هي التي تدور على عمود الدوران وعُدة القطع تُغذى داخلها أما محورياً أو قطرياً أو كلا الطريقتين بشكل متزامن لإعطاء السطح المطلوب . إن مصطلح "خراطة" (*Turning*) بمعناه العام يُشير إلى توليد أي سطح إسطواني مع عُدة قطع مفردة (*Single Point Tool*) ، وبشكل أكثر دقة فإنه غالباً يُطبق فقط لتوليد سطوح إسطوانية خارجية موجهة أساسياً بشكل موازي لمحور الشُغلة . إن إتجاه حركة التغذية المحوري هو السائد في عملية الخراطة بالنسبة لعمود دوران الماكنة ، أما التغذية القطرية فهي السائدة في عملية التسوية (*Facing*) ، أما السطوح المخروطية والكنتورية فإنها تحتاج كلا النوعين من التغذية في الوقت نفسه وغالباً يُشار إليها بمصطلح التشكيل الجانبي (*Profiling*) . عمليات الخراطة و التسوية و التشكيل الجانبي موضحة في الشكل رقم (5-1) .



الشكل رقم (5-1) : عمليات الخراطة و التسوية و التشكيل الجانبي

إختبار ذاتي (1): عرف عملية الخراطة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.5 مركبات المخرطة (*Lathe Components*)

تتكون المخرطة من تراكيب عديدة وكما موضح في الشكل رقم (5-2) وهذه التركيب هي :

1- **الغراب الثابت (Head Stock)** . وهو جزء الطاقة في المخرطة ويقع إلى يسار المُشغل ويضم تروس تغيير السرعة وعمود الدوران وجزء تثبيت الشُغلة .

2- **الغراب المتحرك (Tail Stock)** . وهو الجزء غير الدوار ولكن يمكن أن يتحرك للأمام والخلف على سكك المخرطة ويستخدم في عملية تمركز الشُغلة وأيضاً يتم تزويده بعُدد تشغيل مثل المثقب للقيام بعمليات الثَقب .

3- **العربة (Carriage)** . وتتحرك للأمام والخلف يدوياً أو آلياً ويتم تثبيت باقي المركبات عليها ، وأثناء حركة العربة تتم عملية الخراطة وتتحرك العربة على طول المحور(z).

4- **الراسمة العرضية (Cross Slide)** . وهي مثبتة على العربة ويمكن أن تتحرك داخل أو خارج المحور(x) عمودياً على حركة العربة . تستخدم الراسمة العرضية لتثبيت عمق القطع ويمكن أن تتحرك بتغذية يدوية أو آلية .

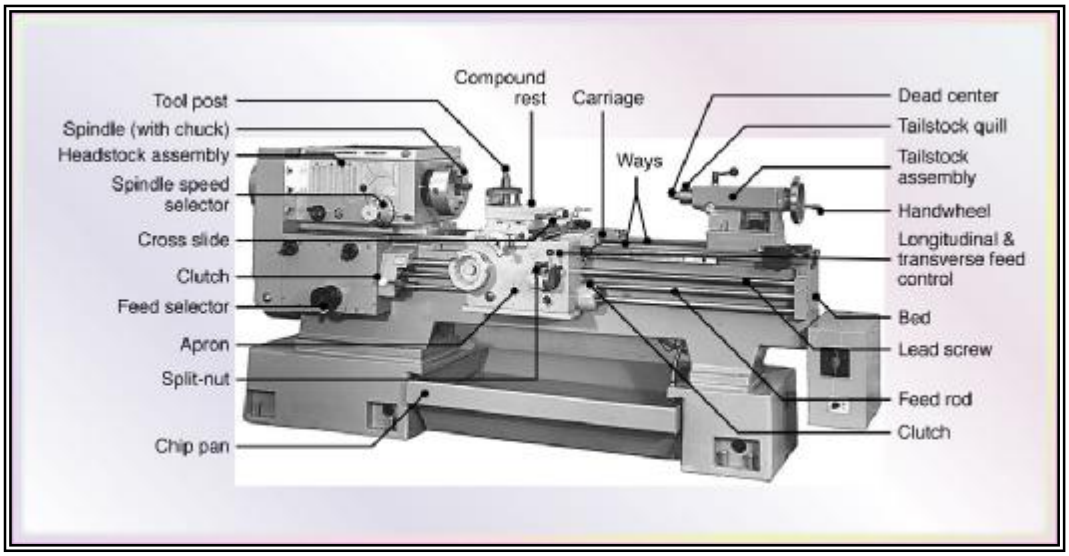
5- **الراسمة الطولية (Compound Rest)** . تثبت الراسمة الطولية فوق الراسمة العرضية ويمكن أن تتحرك للداخل والخارج يدوياً للتسوية أو لتثبيت عمق القطع ويمكن أن تدور بزاوية (360^o) وتُغذى يدوياً بأي زاوية .

6- **مثبت العُدة (Tool Post)** . يتم تركيب مثبت العُدة على الراسمة الطولية ويمكن أن يكون بأشكال متنوعة .

7- **الفَرِش (Bed)** . ويمثل بدن المخرطة الذي تثبت عليه جميع الأجزاء . يُصنع الفَرِش من حديد الزهر أو الفولاذ ، ويجب أن يكون مستقر حتى يقاوم الإهتزازات .

8- **السِكك (Ways)** . وتكون مسطحة أو بشكل حرف (V) وتتحرك عليها العربة والغراب المتحرك .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (5-2) : أجزاء المخرطة الأساسية (مخرطة الذنبة)

إختبار ذاتي (2):ما هي مكونات المخرطة

3.5 أنــواع المخـــارط (*Types of Lathes*)

هنالك أنواع مختلفة من المخارط التي تستخدم اليوم في ورش التصنيع ونذكر بعضها في هذا الفصل وكما موضح أدناه .

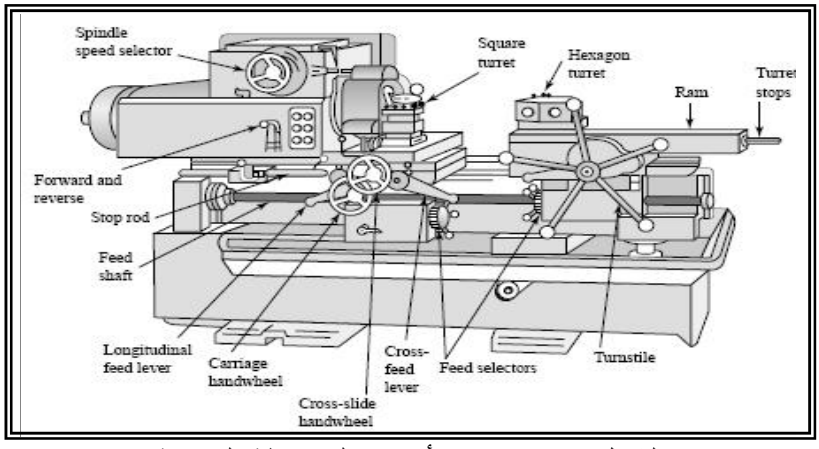
أولاً - مخرطة الذنبة (Center Lathe) .

وهي المخرطة الأكثر شيوعاً في الإستخدام والتي أخذت تسميتها من طريقة تثبيتها للشُغلة بواسطة المراكز في المخرطة ، على الرغم من كون هذه الطريقة ليست الوحيدة لتثبيت العمل . تسمى مخرطة الذنبة في بعض الأحيان بمخرطة الماكنة (*Engine Lathe*) والتي تستخدم للتطبيقات العامة الكثيرة ولهذا يكون تركيب عُدة الماكنة أكثر جساءة . مخرطة الذنبة موضحة في الشكل رقم (5-2) .

ثانياً – المخرطة البرجية (Turret Lathe) .

وهي تشبه ماكنة المخرطة ما عدا إن الأبراج التي تثبت العُدة حلت محل الغراب المتحرك ومركبة مثبت العُدة مجتمعة ،وتعتبر المخرطة البرجية ماكنة ذات إنتاج واسع وهي موضحة في الشكل رقم (5-3) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (5-3) : أجزاء المخرطة البرجية

هنالك نوعان من الأبراج التي تُثبت فيها العُدد في المخرطة البرجية وهي :

1- **الأبراج المربعة (Square Turrets) .**

يُثبت البرج المربع على قمة الراسمة العرضية وهو قادر على تثبيت أربعة عُدد في آن واحد .

2- **الأبراج السداسية (Hexagon Turrets) .**

وتحل محل الغراب المتحرك ، ويوضع هذا البرج أما على تمساح منزلق أو على السرج أو على مؤخرة الهيكل .

وتقسم المخارط البرجية إلى نوعين أساسيين و حسب طبيعة عملها وهذين النوعين هما :

1- **المخارط البرجية الأُفقية (Horizontal Turret Lathes) .**

وتقسم بدورها إلى نوعين هما:

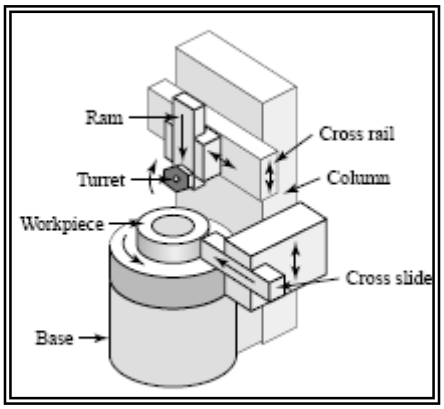
1- مخرطة التمساح البرجية (Ram Turret Lathe) . وهي تمتلك برج موضوع على منزلق أو تمساح يتحرك للأمام والخلف على السرج .

2- مخرطة السرج البرجية (Saddle Turret Lathe) . و تمتلك برج مثبت مباشرة على السرج المتحرك للأمام والخلف مع البرج .

2- **المخارط البرجية العمودية (Vertical Turret Lathes) .**

تشبه هذه المخرطة ماكنة التثقيب العمودية ولكنها تمتلك برج مميز ومنتظم للإمساك بالعُدد . تحتوي هذه المخارط ظرف دوار أو منضدة في الوضع الأُفقي مع البرج مثبت لفوق على القضيب المستعرض ، إضافة إلى ذلك هنالك على الأقل رأس جانبي واحد يُزود مع البرج المربع لإمساك العُدد وكما موضح في الشكل رقم (5-4) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (5-4) : مخرطة برجية عمودية

ثالثا – مخرطة الورشة (Tool Room Lathe) .

وتستخدم عندما تكون هنالك حاجة إلى دقة أعلى بكثير مما هو مطلوب بشكل عادي للعمل الإنتاجي العام . إضافة إلى ذلك فإن مدى الأحجام والمواد المُعالجة هنا هو عادة أوسع ، ولهذا سوف تمتلك الماكنة مدى سُرعات وتغذيات عالي مترافقة مع جساءة كبيرة .

رابعاً – مخارط الغرض الخاص (Special Purpose Lathes) .

تم تطوير هذه المخارط من مخارط الذنبة لإستخدامها في تطبيقات خاصة والتي لا يمكن معالجتها بمخرطة الذنبة التقليدية .

إختبار ذاتي (3):ما هي أنواع المخارط

4.5 العمليات التي يمكن إنجازها على المخرطة

إضافة إلى الخراطة والتسوية فإن هنالك عمليات تشغيل متنوعة أُخرى يمكن إنجازها على المخرطة وهي موضحة في الشكل رقم (5-5) وهي كالآتي :

1- **الشَطْب (Chamfering)** . وهو ما يُعرف أيضاً بالشمفرة ، حيث تستخدم العُدة لقطع زاوية على زاوية السطح الخارجي الإسطواني (الحافة) ،(الشكل رقم (5-5-a)) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

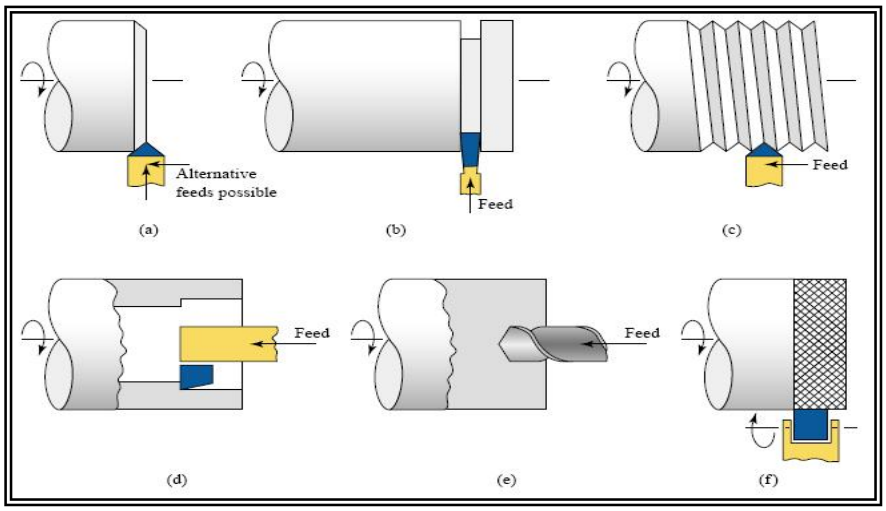
2- **الفصل (Parting)** . يتم تغذية العُدة قطرياً داخل الشُغلة التي تدور عند موضع معين على طول الشُغلة لقطع نهاية الجزء ،(الشكل رقم (5-5-*b*)).

3- **التسنين (Threading)** . وتستخدم لإنتاج الأسنان الداخلية والخارجية ،(الشكل رقم (5-5-*c*)).

4- **التثقيب (Boring)** . وتستخدم لتوسيع الثقوب حيث تُثبت أداة توسيع الثقب على الغراب المتحرك،(الشكل رقم (5-5-*d*)) .

5- **الثقب (Drilling)** . يتم تثبيت أداة الثقب على الغراب المتحرك وتستخدم لإنتاج الثقوب بواسطة تغذية المثقب داخل الشُغلة الدوارة على طول محورها ،(الشكل رقم (5-5- *e*)) .

6- **التخريش (Knurling)** . وتُدعى أيضاً بالثرثرة وتستخدم لإنتاج سطح خشن مُهشر بشكل عرضي على سطح الشُغلة ،(الشكل رقم (5-5-*f*)).



الشكل رقم (5-5) : العمليات التي يمكن إنجازها على المخرطة

إختبار ذاتي (4): كيف تتم عملية الثقب على المخرطة

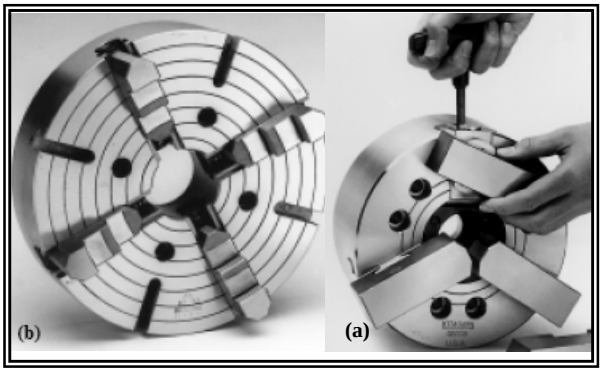
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5.5 تثبيت الشُغلة على المخرطة (*Holding of Workpiece*)

هنالك أربع طرق رئيسية تستخدم لتثبيت أو مسك الشُغلة على المخرطة وهي الأكثر شيوعاً في الإستخدام وهي كالآتي :

أولاً- التثبيت في الظرف (Holding in Chuck) .

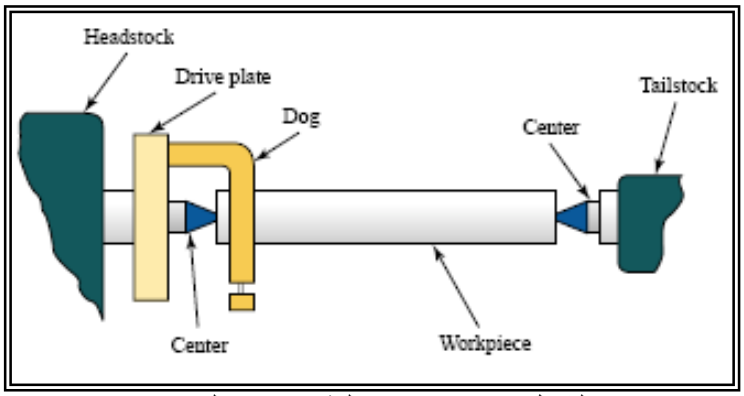
وهذه الطريقة هي الأكثر شيوعاً في الإستخدام على المخارط ، حيث يمتلك الظرف ثلاثة أو أربعة فكوك وكما موضح في الشكل رقم (5-6) ويتم تثبيت الظرف على نهاية عمود الدوران . تتحرك الفكوك حركة قطرية للإمساك بالشُغلة يدوياً أو آلياً ، وتستخدم لتثبيت الأجزاء الإسطوانية القصيرة .



الشكل رقم (5-6) : التثبيت في الظرف

ثانياً- التثبيت بين المراكز (Holding Between Centers) .

من أجل الحصول على عمليات خراطة دقيقة وفي حالة كون السطح المُشغل لا يكون بالمعنى الصحيح لذلك يمكن إستخدام الخراطة بين المراكز (إنظر الشكل رقم (5-7)) .وتستخدم هذه الطريقة للمشغولات الطويلة ويكون عمق القطع والتغذية صغيرين وفي حالة عمل المسلوبات الطويلة .

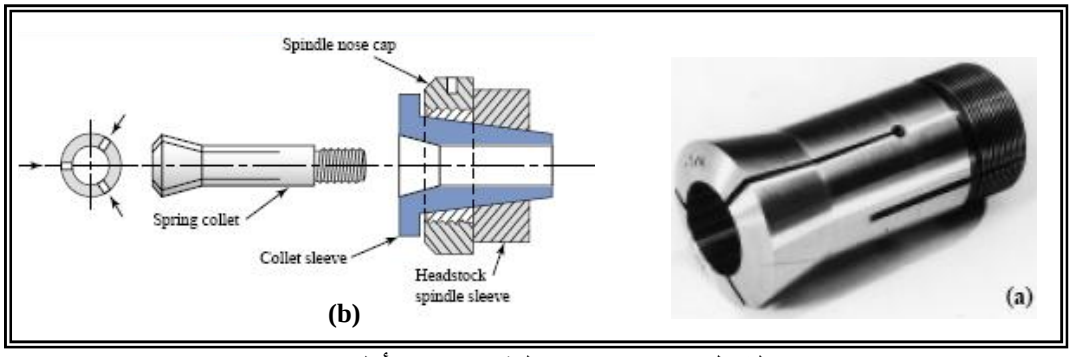


الشكل رقم (5-7) : التثبيت بين المراكز

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ثالثاً- التثبيت في الأطواق (Holding in Collets) .

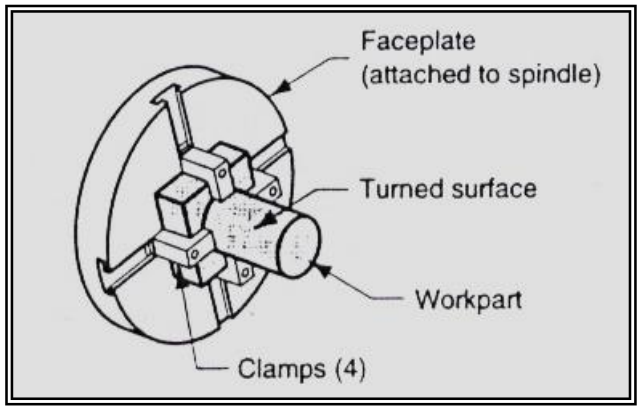
وهي عبارة عن وِصلات أنابيب فولاذية رقيقة مشقوقة في ثلاث قِطع طولية وكما موضح في الشكل رقم (5-8) ، وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون هنالك حاجة لدقة تثبيت عالية . عندما يتم سحب الطوق داخل عمود الدوران بواسطة قضيب السحب فإن قِطع الطوق سوف تُضغط مسببة الإمساك بالشُغلة .



الشكل رقم (5-8) : التثبيت في الأطواق

رابعاً- التثبيت في صينية المخرطة (Holding in Face Plate) .

إن الصينية عبارة عن قرص من حديد الزهر مزود بصُرة تستخدم للربط على نهاية عمود الدوران وتوجد في المستوي الأمامي أربعة إلى ستة مجاري يكون الشكل الجانبي لها علـــى شكل حرف (T) وعدد من الثقوب النافذة . يمكن عمل معظم الأشكال الغير منتظمة الشكل والأشكال غير الدائرية مثل المربعة والمستطيلة وغيرها بإستخدام الصينية كمثبت وكما موضح في الشكل رقم (5-9) .



الشكل رقم (5-9) : التثبيت في صينية المخرطة

إختبار ذاتي (5): كيف يتم التثبيت بواسطة الأطواق

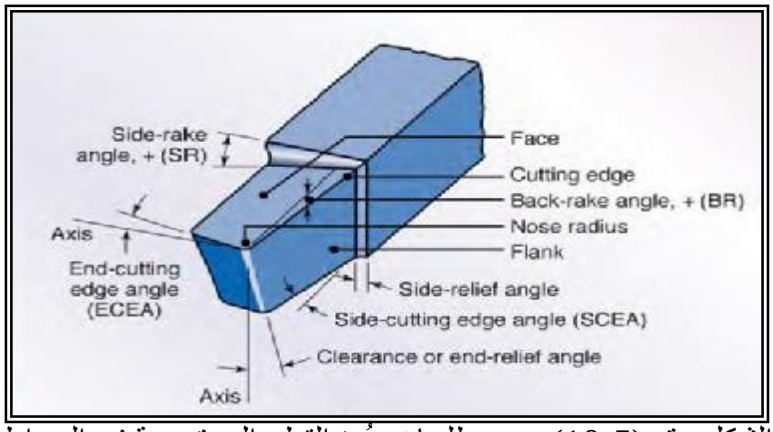
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

6.5 هندسية عُدة القطع (*Cutting Tool Geometry*)

تعتبر عُدة القطع المستخدمة في عمليات الخراطة عُدة قطع مفردة الإتصال (*Tool Single Point*) والذي يعني إن حافة قطع واحدة فقط هي التي تقوم بعملية التشغيل . تعتمد هندسية عُدة القطع بشكل رئيسي على خواص مادة العُدة والشُغلة . الشكل رقم (5-9) يوضح مصطلحات عُدة القطع المستخدمة في الخراطة . وفيما يلي وصف لهذه المصطلحات :

1- وجه العُدة (Face) . هو السطح العلوي من مقدمة طرف العُدة الأمامي والذي ينساب عليه الرايش .

2- نصف قطر المقدمة (*r* - Nose Radius) . وينشأ من تقاطع حافة القطع الرئيسية مع حافة القطع المساعدة ويمكن أن تكون المقدمة حادة الزاوية أو مستديرة .



الشكل رقم (5-10) : مصطلحات عُدة القطع المستخدمة في الخراطة

3- **زاوية الجرف (Rake Angle-γ)** . تؤدي هذه الزاوية دوراً هاماً في عملية تشكيل الرايش إذ بزيادتها يسهُل دخول العُدة في المعدن ويقل تشوه الجزء المنزوع ويتحسن إنسياب الرايش وتقل قوة القطع ومقدار إستهلاك القدرة وتزداد جودة السطح المُشغل . أما عند زيادة هذه الزاوية يؤدي إلى إضعاف حافة القطع والتقليل من متانتها وزيادة بلى العُدة . تقسم زاوية الجرف إلى زاوية الجرف الخلفية (*Back Rake Angle-*γ_y) و زاوية الجرف الجانبية (*Side Rake Angle-* γ_x) .

4- **زاوية الخلوص (Clearance Angle - α)** . وتسمى أيضاً (*Relief Angle*) وهي مهمة لتقليل الإحتكاك بين حافة القطع وسطح الشُغلة وبالتالي زيادة عمر العُدة وزيادة قدرة الماكنة أثناء التشغيل . إن زيادة زاوية الخلوص عن الحد المقرر يؤدي إلى إضعاف مقطع العُدة ويجعله معرضاً للكسر . هنالك نوعان من زاوية الخلوص هما زاوية الخلوص النهائية (*End Relief Angle* - α_y) و زاوية الخلوص الجانبية (*Side Relief*) *Angle* - α_x .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- **زاوية الموشور (β - Wedge Angle)** . وهي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي ووجه العُدة ،وكلما كبر مقطع العُدة زادت قيمة زاوية الموشور ، ويجب أن تكون هذه الزاوية كبيرة من أجل تحمل الصدمات والقوى المؤثرة على العُدة أثناء التشغيل ، وكلما صغر هذا المقطع أصبح سهل الكسر كما إنها تزداد كلما كان المعدن المقطوع يمتلك صلادة عالية . ويلاحظ إن مجموع هذه الزوايا الثلاث يساوي (90^o)، ($\gamma+\alpha+\beta=90^o$) .

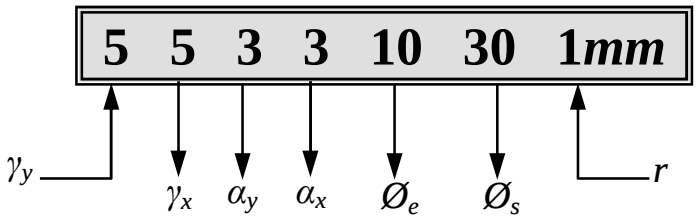
6- **زاوية حافة القطع (Ø – Cutting Edge Angle)** . وهي الزاوية المسؤولة عن القطع و إزالة المادة من على سطح الشُغلة وهي على نوعين هما:

a- زاوية حافة القطع الجانبية (Side Cutting Edge Angle - $Ø_s$) . وتعين سمك وعرض الجزء المُزال حيث ينقص السمك عند نقصان هذه الزاوية يرافقه زيادة في عرض الجزء المُزال وتتوزع بفضل هذا الحرارة الناتجة في عملية القطع على مسافة أكبر من حافة القطع والذي يُحسن عملية تصريف الحرارة من حافة القطع وزيادة ثبات العُدة مما يسمح بزيادة القطع وتشغيل عدد أكبر من المشغولات في الوحدة الزمنية .

إلا إن تقليل هذه الزاوية يؤدي إلى زيادة قوى القطع وتزداد بشكل خاص القوة المحورية الدافعة مما يؤدي إلى إنحناء القِطع غير الجاسئة عند تشغيلها وإلى إنعدام الدقة وكذلك إلى ظهور الإهتزازات في الشُغلة والعُدة مما يُقلل من جودة السطح المُشغل .

b - زاوية حافة القطع النهائية (End Cutting Edge Angle - $Ø_e$) . وتعمل على تقليل الإحتكاك بين السطح الخلفي المساعد للعُدة وسطح الشُغلة المعرض للتشغيل .

إن هذه الزوايا يتم جمعها سوية لتشكل الرقم التسلسلي لعُدة القطع وكما في المثال التالي والذي يمثل أحد عُدد القطع الخاصة بعملية الخراطة .



إختبار ذاتي (6): ما هو دور زاوية الجرف في عملية القطع

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7.5 ماسكات عُدة القطع (*Tool Holders*)

تُستخدم هذه التراكيب من أجل مسك عُدة القطع وهنالك نوعين من الماسكات والتي تصنف حسن تعقيدها وطريقة تثبيتها للعُدة وهي :

1- **ماسكات العُدة البسيطة (Simple Holders)**. وتكون العُدة مثبتة بالماسك بشكل مباشر بواسطة اللحام .

2- **ماسكات العُدة الميكانيكية (Mechanical Holders)**. وتكون عُدة القطع والمسماة باللقمة قابلة للإستبدال ، وتتكون هذه الماسكات من الأجزاء التالية :

1- **النِصاب (Shank or Tool Holder)** .

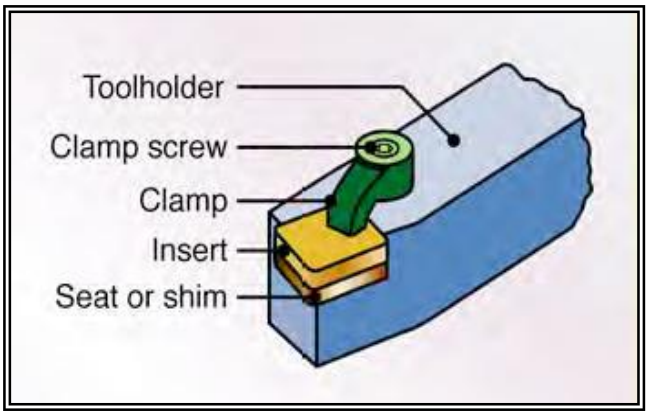
وهو الجزء الأساسي لماسك العُدة والغرض منه هو تقديم حافة القطع للشُغلة . يحتوي النِصاب على فجوات نافذة ، أخاديد وقاطعات ، ويجب أن يزود الماسك بمسند ثابت لحافة القطع الكاربيدية . يُصنع النِصاب من الفولاذ عالي الكاربون أو واطئ السبائك ويُعامل حرارياً لإعطاءه الخواص الميكانيكية والفيزيائية المناسبة .

2- **القاعدة (Seat)** .

معظم ماسكات العُدد تستعمل قاعدة كاربيدية كمسند للقمة . وتصنع القاعدة من كاربيدات التنكستن المسمنتة أو من الفولاذ ويجب أن تكون القاعدة مُسطحة بشكل تام وذلك لأن أي نتوء فيها سوف يسبب كسر اللقمة .

3- **مفتاح التثبيت أو القفل (Clamp or Locking Device)** .

العديد من أنظمة التثبيت والقفل طُورت لتثبيت اللقمة في ماسك العُدة . إن الوظيفة الأساسية لآلية التثبيت هي لمسك اللقمة بإحكام في موقعها . الشكل رقم (5- 11) يوضح ماسك عُدة ميكانيكي .



الشكل رقم (5-11) : ماسك عُدة ميكانيكي

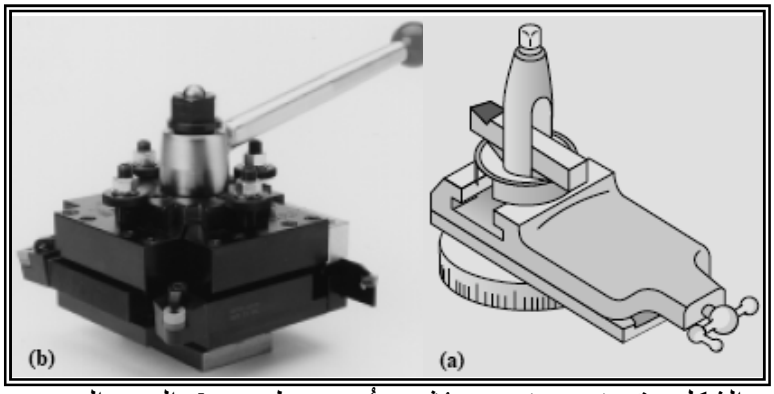
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (7): ما هو الفرق بين الماسكات البسيطة والميكانيكية

8.5 وسائل تثبيت عُدة القطع (*Tool Holding Devices*)

إن أبسط شكل لمثبت عُدة القطع موضح في الشكل رقم (5-12-a) ، وهو ملائم لتثبيت عُدة القطع مفردة الإتصال . يقع تحت العُدة مباشرة كتلة منحنية مستندة على سطح كروي مقعر ، وتعطي هذه الطريقة من الإسناد وسيلة سهلة لميلان العُدة ، بحيث تكون زاويتها بالإرتفاع الصحيح لعملية التشغيل . ويتم وضع هذا المثبت على الراسمة الطولية .

الشكل رقم (5-12-b) يوضح مثبت عُدة يسمى البرج المربع وهو قادر على تثبيت أربعة عُدد قطع في آن واحد ، ويمكن أن توضع أي عُدة قطع في مكانها بواسطة فتح مسند العُدة بواسطة رافعة مجهزة تعمل على تدوير هذا المسند وبعدها يُعاد التثبيت بواسطة الرافعة نفسها .



الشكل رقم (5-12) : a - مُثبت عُدة بسيط b- البرج المربع

إختبار ذاتي (8): ما هو البرج المربع

9.5 ظروف القطع (*Cutting Conditions*)

بعد أن يتم إختيار الماكنة وعُدة القطع لإجراء عملية تشغيل معينة ، يجب أن تؤخذ ظروف القطع الرئيسية بنظر الإعتبار والتي تشمل :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- سرعة القطع (Cutting Speed) .

2- عمق القطع (Cutting Depth) .

3- معدل التغذية (Feed Rate).

إن إختيار ظروف القطع هذه سوف يؤثر على إنتاجية عملية التشغيل بشكل عام ، وعلى عمر عُدة القطع ، الإنهاء السطحي والحرارة المتولدة وإستهلاك الطاقة بشكل خاص .

1.9.5 سرعة القطع (*Cutting Speed*)

تُشير سرعة القطع إلى سرعة السطح النسبية بين العُدة والشُغلة معبراً عنها بوحدات ($m\backslash min$)، ويمكن أن تتحرك الشُغلة أو العُدة أو كلاهما أثناء القطع . هنالك عوامل عديدة تعتمد عليها سرعة القطع ويمكن إجمالها بالآتي :

1- نوع المعدن المراد قطعه .

2- معدن العُدة .

3- قابلية العُدة والشُغلة للتوصيل الحراري .

4- نوعية سطح الشُغلة المنتجة .

5- هندسية عُدة القطع .

6- سوائل القطع المستخدمة .

7- عمق القطع والتغذية .

8- نوع القطع (تخشين أو تنعيم) .

ويمكن أن تُحسب سرعة القطع من القانون التالي :

$$V_c = \frac{\pi D N}{1000} \qquad (1)$$

حيث :

V_c = سرعة القطع ($m\backslash min$) .

D = قطر الشُغلة (mm) .

N = دورة لكل دقيقة (rpm) .

2.9.5 عُمق القطع (*Depth of Cut*)

عمق القطع متعلق بعمق حافة عُدة القطع الذي تصل إليه أثناء تعشقها بالشُغلة . ويتم حساب عمق القطع ببُعد خطي واحد لمساحة القطع . على سبيل المثال لإختزال القطر الخارجي لقطعة مُشغلة بمعدل ($0.5mm$) سوف يكون عمق القطع ($0.25mm$) . ويمكن حساب عمق القطع من القانون التالي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

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 $(mm\backslash rev)$. أما معدل التغذية فيعرف على إنه معدل الحركة الجانبية التي تتحركها عُدة القطع على طول الشُغلة الدوارة مقاساً بوحدات $(mm\backslash min)$. 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 //

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

$$V_c = \frac{p \times 100 \times 300}{1000} \Rightarrow \boxed{V_c = 94.2m \backslash \min}$$

إختبار ذاتي (9): عرف سرعة القطع

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4.9.5 حساب مساحة مقطع الرايش (*Chip Area*)

يمكن حساب مساحة مقطع الرايش الناتج من عملية الخراطة كالآتي :

1- القطع العمودي :

$$A = f \times d_p \qquad (3)$$

حيث :

A= مساحة مقطع الرايش . (mm^2)

2- القطع المائل :

$$A = f \times d_p \qquad (4)$$

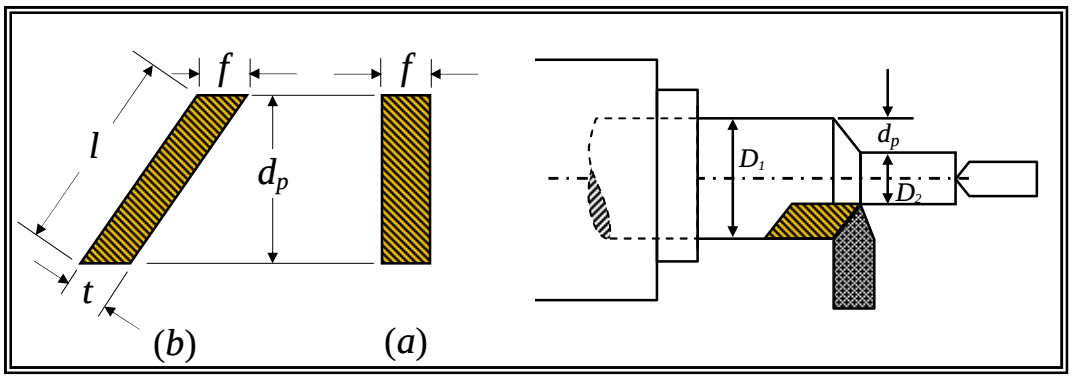
$$A = l \times t \qquad (5)$$

حيث :

l= سمك الرايش . (mm)

t= طول الرايش . (mm)

الشكل رقم (5-13) يوضح كيفية حساب مساحة مقطع الرايش في الخراطة .



الشكل رقم (5-13) : حساب مساحة مقطع الرايش a- القطع العمودي b- القطع المائل

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 ($6mm$ - $1.5mm$) ، وإذا لم تُعطى في السؤال فيمكن إهمالها .

f = التغذية ($mm\backslash rev$) .

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) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- زمن صناعة الأسنان (القلوظة) .

$$T_C = \frac{L + C}{f \times N} \times i \times g \qquad (9)$$

حيث :

g = عدد أبواب السن المراد إنتاجه .

ويمكن حساب زمن التشغيل الكلي من المعادلة التالية :

$$T_{Ctotal} = T_C + T \qquad (10)$$

حيث :

T_{Ctotal} = الزمن الكلي .

T_C = زمن التشغيل .

T = زمن المناولة ($25\ min - 20\ min$) .

ومن المعادلة التالية يتم حساب معدل التغذية :

$$F = f \times N \qquad (11)$$

حيث :

F = معدل التغذية $(mm\backslash min)$.

f = التغذية $(mm\backslash rev)$.

N = عدد الدورات (rpm) .

تتم عملية الخراطة بشوط واحد أو بعدة أشواط ،والشوط يعني عدد مرات القطع ، ويمكن حساب عدد أشواط القطع من المعادلة التالية :

$$i = \frac{d_{ptotal}}{d_p} \qquad (12)$$

حيث إن :

i = عدد أشواط القطع .

d_{ptotal} = عمق القطع الكلي (mm) .

d_p = عمق القطع (mm) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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 1

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

الحل //

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

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

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

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

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

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

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

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مثال2

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 ($0.2mm\backslash rev$) وبعدد أشواط خراطة مقدارها (4) عند سرعة قطع ($30m\backslash min$) . 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 ($16mm = 4 \times 4$) .

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

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

$$V_c = \frac{pDN}{1000}$$

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

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

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

مثال3

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 ($30m\backslash min$) وبعدد دورات ($176rpm$) وعمق قطع ($2mm$) عند تغذية قدرها ($0.24mm\backslash rev$) ، وفي حالة الإنهاء السطحي يكون سرعة القطع($60m\backslash min$) وبسماحة إنهاء مقدارها($0.75mm$) وبعدد دورات (440 rpm) و تغذية($0.1\ mm\backslash rev$) . أُفرض إن مسافة الخلوص المضافة هي($2mm$) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل //

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

وسماحة الإنهاء = $0.75mm$

إذاً الخام الممكن إزالته بالتخشين = 4-0.75 = $3.25mm$

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 .

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

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

2- في حالة الإنهاء .

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

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

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

11.5 قدرة التشغيل (*Machining Power*)

إن القدرة اللازمة في الخراطة عند عمود الدوران تعتمد على سرعة القطع ، عمق القطع ، التغذية ، وصلادة 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 :

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

حيث :

F_c = قوة القطع .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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	$k\ (N\backslash mm^2)$
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

مثال

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

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل //

1- في حالة التخشين .

$$Power(P) = k \times d \times f \times V$$

$$P = \frac{1600 \times 30 \times 0.24 \times 2}{60} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{P = 384w}$$

2- في حالة الإنهاء .

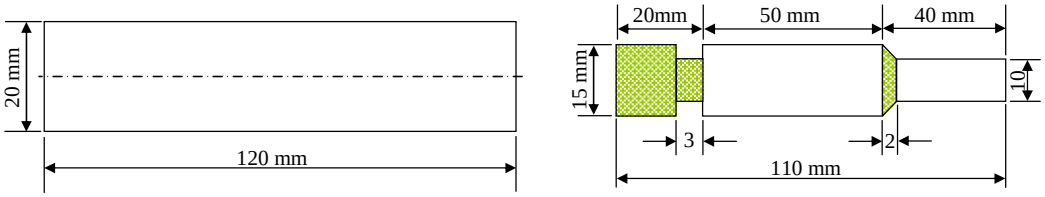
$$Power(P) = k \times d \times f \times V$$

$$P = \frac{1600 \times 60 \times 0.1 \times 0.75}{60} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{P = 120w}$$

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 كُلف 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 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



(الجزء الميكانيكي بعد التشغيل) (الجزء الميكانيكي قبل التشغيل)

بطاقة التشغيل

مادة عُدة القطع	أداة القياس	سرعة القطع (*m\min*)	عمق القطع (*mm*)	التغذيـــة (*mm\rev*)
H.S.S	قَدَمة بدقة قياس (0.1 *mm*)	55 60 65	0.5 1 2	0.1 0.2

وصف للعمليات المنفذة على الجزء الميكانيكي

نـــوع العـــمليـــة		التغذيـــة (*mm\rev*)	عمق القطع (*mm*)	سرعة القطع (*m\min*)	أداة القياس	مادة عُدة القطع
خراطة طولية إلى قطر (15*mm*) وطـــول (110*mm*) بشوطين	تخشين	0.2	2	65	قَـــدَمة بدقـــة قياس (0.1 *mm*)	فولاذ السرعات العالية (*H.S.S*)
	إنهاء	0.1	0.5	60		
خراطة طولية إلى قطر (10*mm*) وطـــول (40*mm*) بشوطين	تخشين	0.2	2	55		
	إنهاء	0.1	0.5	55		
فـتح مجـري بطـول (3*mm*)وقطـــــر (10*mm*) بثلاثـــة أشواط	تخشين	0.2	1	65		
	إنهاء	0.1	0.5	60		
قلـب الشـغلة وقطـع الزائـد منهـا وتسـوية الوجـه الثـاني لهـا إلـى الطـــول المطلـــوب بشوطين	تخشين	0.2	2	65		
	إنهاء	0.1	0.5	60		

الشكل رقم (5-14) : بطاقة التشغيل الخاصة بتصنيع جزء ميكانيكي ووصف للعمليات المنفذة

إختبار ذاتي (10): ما هي أهمية بطاقة التشغيل

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

علي إبراهيم الموسوي

كاظم داود المرشدي

الإختبار البعدي

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

1- إن الغرض من النصاب في عُدة القطع هو :
أ- مسك اللقمة بإحكام في موقعها .
ب- تقديم حافة القطع للشُغلة.
ج- مسند للقمة .
د- تثبيت اللقمة على القاعدة .

2- تعمل زاوية حافة القطع النهائية على :
أ- تعيين سمك وعرض الجزء المزال .
ب- تقليل الإحتكاك بين حافة القطع والشُغلة .
ج- تسهيل دخول العُدة في المعدن وتقليل تشوه الجزء المنزوع .
د- تقليل الإحتكاك بين السطح الخلفي المساعد للعُدة وسطح الشُغلة المعرض للتشغيل .

3- تستخدم طريقة التثبيت في الأطواق عندما تكون هنالك حاجة :
أ- لدقة تثبيت عالية .
ب- لتثبيت الأجزاء المربعة أو المستطيلة .
ج- لعمل المسلوبات الطويلة .
د- لتثبيت الأجزاء الإسطوانية القصيرة .

4- يستخدم الغراب المتحرك في عملية :
أ- تحديد عمق القطع .
ب- تثبيت العُدة .
ج- تمركز الشُغلة وأيضاً يتم تزويده بعُدد تشغيل مثل المثقب للقيام بعمليات الثَقب .
د- التسوية وتثبيت عمق القطع .

5- التغذية السائدة في التشكيل الجانبي هي :
أ- القطرية .
ب- القطرية والمحورية .
ج- المحورية .
د- العرضية .

6- يسمى الجزء الذي ينساب عليه الرايش بـ :
أ- النصاب .
ب- نصف قطر المقدمة .
ج- مثبت العُدة .
د- وجه العُدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يمثل الرمز (g) في قانون زمن صناعة الأسنان :
أ- عدد أبواب السن المراد إنتاجه .
ب- عدد أشواط القطع للسن .
ج- عدد الدورات المنجزة على السن .
د- طول السن المراد إنتاجه .

8- إن معدل التغذية هو :
أ- سرعة السطح النسبية بين العُدة والشُغلة .
ب- كمية المادة المُزالة من الشُغلة لكل دورة لها أو لكل شوط للعُدة .
ج- التقدم المحوري للعُدة على طول الشُغلة لكل دورة للشُغلة .
د- المسافة التي تتغلغلها العُدة داخل الشُغلة .

9- تحل الأبراج السداسية في المخرطة البرجية محل :
أ- الراسمة العرضية .
ب- الغراب المتحرك .
ج- مثبت العُدة .
د- السرج .

10- يستخدم التخريش لإنتاج :
أ- سطح خشن مهشر بشكل عرضي على سطح الشُغلة .
ب- زاوية على السطح النهائي للشُغلة .
ج- ثقب داخل الشُغلة .
د- أسنان داخلية وخارجية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

علي إبراهيم الموسوي

كاظم داود المرشدي

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- الخراطة هي عملية قطع المعدن والتي تستخدم لتوليد سطوح إسطوانية بواسطة ماكنة تسمى المخرطة (*Lathe*) ، وعادة تكون الشُغلة هي التي تدور على عمود الدوران وعُدة القطع تُغذى داخلها أما محورياً أو قطرياً أو كلا الطريقتين بشكل متزامن لإعطاء السطح المطلوب .	1	ب
2	د	2- الغراب الثابت ، الغراب المتحرك ، العربة ، الراسمة العرضية ، الراسمة الطولية ، مثبت العُدة ، الفَرش ، السِكك .	2	د
3	أ	3- مخرطة الذنبة ، المخرطة البرجية ، مخرطة الورشة ، مخارط الغرض الخاص .	3	أ
4	ج	4- يتم تثبيت أداة الثقب على الغراب المتحرك وتستخدم لإنتاج الثقوب بواسطة تغذية المثقب داخل الشُغلة الدوارة على طول محورها .	4	ج
5	أ	5- وهي عبارة عن وصلات أنابيب فولاذية رقيقة مشقوقة في ثلاث قِطع طولية ، وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون هنالك حاجة لدقة تثبيت عالية. عندما يتم سحب الطوق داخل عمود الدوران بواسطة قضيب السحب فإن قِطع الطوق سوف تُضغط مسببة الإمساك بالشُغلة .	5	ب
6	ج	6- هذه الزاوية دوراً هاماً في عملية تشكيل الرايش إذ بزيادتها يسهُل دخول العُدة في المعدن ويقل تشوه الجزء المنزوع ويتحسن إنسياب الرايش وتقل قوة القطع ومقدار إستهلاك القدرة وتزداد جودة السطح المُشغل . أما عند زيادة هذه الزاوية يؤدي إلى إضعاف حافة القطع والتقليل من متانتها وزيادة بلى العُدة .	6	د
7	أ	7- في الماسكات العُدة البسيطة تكون العُدة مثبتة بالماسك بشكل مباشر بواسطة اللحام .أما في الماسكات العُدة وتكون عُدة القطع والمسماة باللقمة قابلة للإستبدال .	7	أ
8	ب	8- وهو مثبت عُدد في المخرطة ويكون قادراً على تثبيت أربعة عُدد قطع في آن واحد ، ويمكن أن توضع أي عُدة قطع في مكانها بواسطة فتح مسند العُدة بواسطة رافعة مجهزة تعمل على تدوير هذا المسند وبعدها يُعاد التثبيت بواسطة الرافعة نفسها .	8	ج
9	د	9- تُشير سرعة القطع إلى سرعة السطح النسبية بين العُدة والشُغلة معبراً عنها بوحدات (*m\min*)، ويمكن أن تتحرك الشُغلة أو العُدة أو كلاهما أثناء القطع .	9	ب
10	ب	10- تعتبر لغة التخاطب والتعبير بين المُصمم والمُنفذ ، إضافة إلى ذلك تعطي فهم كامل لأبعاد الأجزاء المصنعة مما يُقلل أخطاء التنفيذ وبالتالي تقليل كُلف إنتاجها إضافة إلى تقليل زمن الإنتاج ومعرفة عدد العمليات الواجب إجراءها على المُنتج .	10	أ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

3- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

4- George Schneider Jr " *Cutting Tool Applications* " , Manufacturing Center , 2001 .

5- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

6- علي إبراهيم الموسوي "*2ولزلاا عنصلا تايلمعو تاسيسأ*"، الطبعة الأولى ،دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ،2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

عمليات التفريز

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تضم ورش التشغيل الكثير من الماكنات المستخدمة في تشغيل المواد الهندسية والتي من ضمنها ماكنات التفريز والتي تنفذ عليها العديد من العمليات التشغيلية ولمختلف المواد ولذلك فمن المهم إلقاء الضوء على هكذا ماكنة وعمليات لبيان أهميتها بالنسبة لعمليات التصنيع .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على ماكنة التفريز وأجزاءها وأنواعها .

ثانياً- التعرف على أنواع العمليات المنفذة على ماكنة التفريز .

ثالثاً- معرفة تصنيف القواطع المستخدمة في عمليات التفريز .

رابعاً- التعرف على العُدد المستخدمة على ماكنة التفريز وأهم المصطلحات المتعلقة بها .

خامساً – التعرف على ملحقات ماكنة التفريز .

سادساً - التعرف على طرق التقسيم .

سابعاً – التعرف على طرق ربط عُدد التفريز .

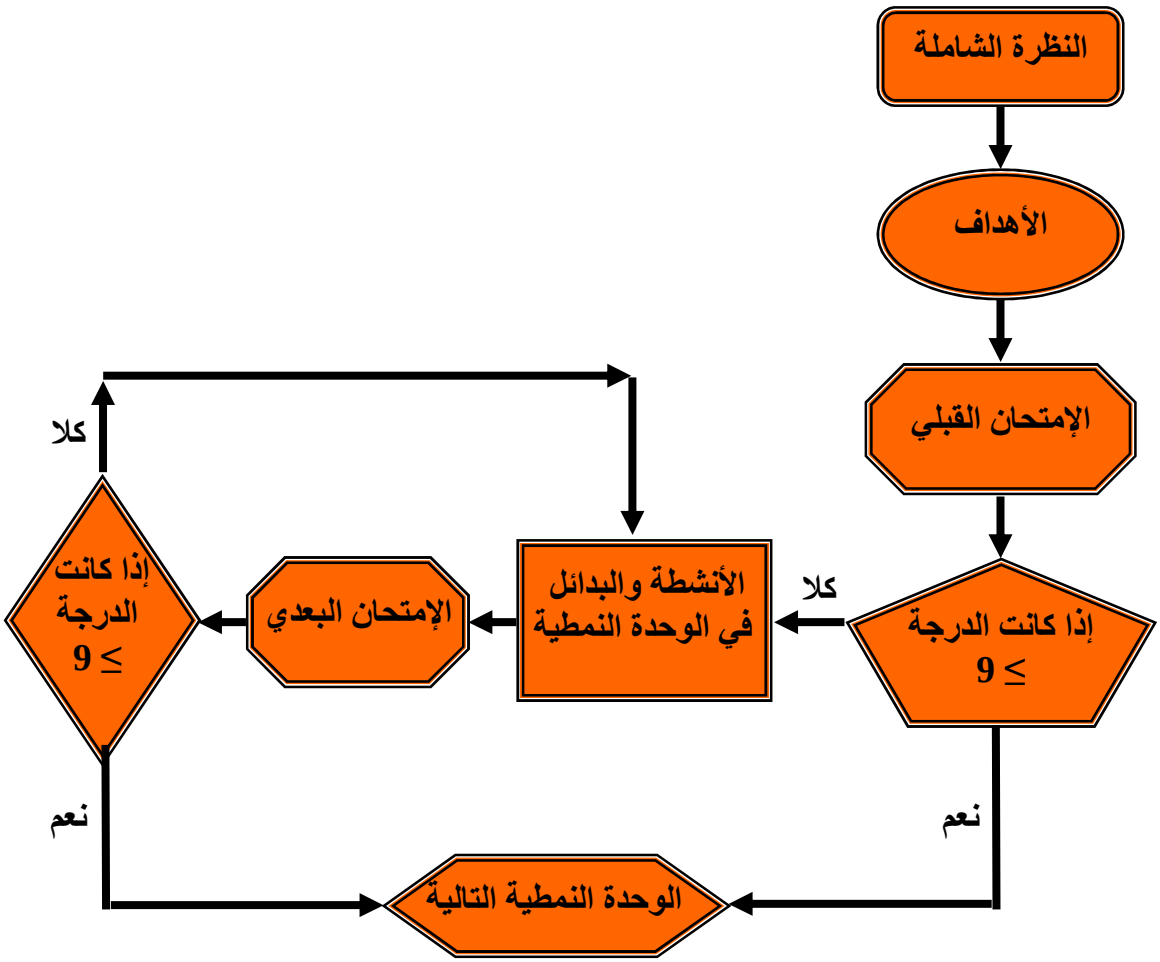
ثامناً- معرفة القوانين الخاصة بحساب معدلات التشغيل وزمن التشغيل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يستعمل ماكنة التفريز في الورشة .
2- يتعرف على نوع العملية المجراة على ماكنة التفريز وكيفية تنفيذها .
3- تحديد متغيرات القطع الضرورية للتشغيل .
4- يستعمل طرق التقسيم لإنتاج الأشكال المعقدة .
5- يختار بالشكل الأمثل الملحقات المناسبة لعملية تفريز معينة .

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

1- في التفريز المزدوج يتم إستخدام :
أ- قواطع تشكيل محدبة ومقعرة .
ب- قاطعي تفريز جانبيين .
ج- ثلاثة قواطع أو أكثر .
د- قواطع تفريز وجهية .

2- يسمى التفريز التقليدي أيضاً بـ :
أ- التفريز للأسفل .
ب- تفريز الصعود .
ج- التفريز المتماثل .
د- التفريز للأعلى .

3- إن الفائدة من السرج في ماكنة العمود والركبة هو في كونه :
أ- يحمل المنضدة .
ب- يضم التروس الضرورية للإدارة .
ج- يضم عمود الدوران والمحامل .
د- يثبت الشُغلة .

4- تكون زاوية الحلزون كبيرة في القاطع العادي عنيف الإنجاز من أجل :
أ- تفريز الأكتاف .
ب- تفريز الأشكال المعقدة .
ج- إستخدامه في معدلات إزالة معدن عالية .
د- تفريز المجاري والشقوق .

5- إن فائدة زاوية الخلوص الثانوية هو :
أ- تسهيل تغلغل حافة القطع في المعدن .
ب- إزالة المعدن .
ج- منع إحتكاك السطح الطليق للسن بسطح الشُغلة .
د- إعادة السطح الطليق إلى عرضه الأصلي .

6- يسمح الإنحناء بـ :
أ- جريان الرايش بين الأسنان .
ب- جريان الرايش وإلتفافه .
ج- إزالة المعدن في التفريز المحيطي .
د- جريان الرايش على الأرضية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تُستخدم القاطعات من أجل :
أ- تثبيت المشغولات المعقدة والكبيرة .
ب- تثبيت الأجزاء المنتظمة والقصيرة .
ج- المشغولات غير المنتظمة .
د- لإنتاج التروس والمسننات .

8- إذا الرقم التقريبي المختار في التقسيم التفاضلي أكبر من التقسيمات المطلوبة يتم إستخدام :
أ- ترسين عاطلين لتكون الحركتين متعاكستين .
ب- ترس عاطل واحد لتكون الحركتين متعاكستين .
ج- ترس عاطل واحد لتبقى الحركة بنفس الإتجاه.
د- ترسين عاطلين لتبقى الحركة بنفس الإتجاه .

9- تسبب القوة المماسية في التفريز :
أ- قوة ضغط على الشُغلة .
ب- عزم القطع اللازم تسليطه من قبل المحرك الكهربائي .
ج- دفع العُدة داخل الشُغلة .
د- رفع الشُغلة من المنضدة .

10- تقاس سرعة القطع في التفريز بـ :
أ- معدل ما تتقدمه الشُغلة مخترقة العُدة الدوارة .
ب- معدل إنتقال القاطع فوق الشُغلة .
ج- مقدار تغلغل القاطع داخل الشُغلة .
د- مقدار الحدود القاطعة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

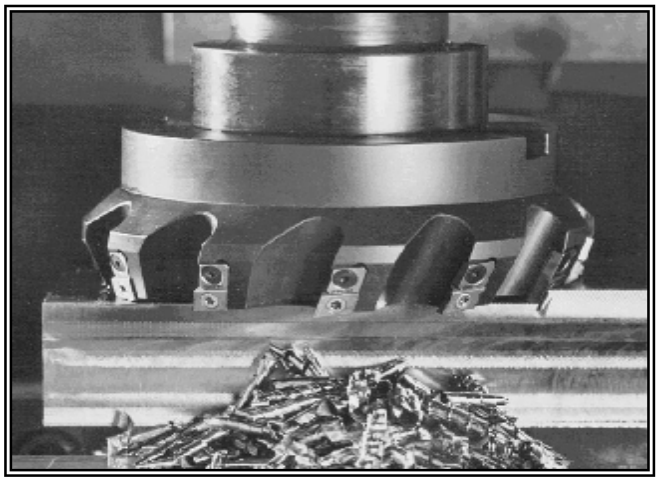
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.6 المقـــدمـــة (*Introduction*)

إن أنواع عُدد القطع الأساسية المستخدمة في تشغيل المعادن هي العُدد أُحادية الإتصال (*Single Point*) والعُدد متعددة الإتصال (*Multi Point*) وعلى الرغم من إنها يمكن أن تختلف في المظهر وفي طُرُق تطبيقها ، إلا إنها متشابهة من حيث المبدأ في إن فعل القطع هو نفسه بغض النظر عن نوع العملية . وعند جمع مجموعة من العُدد أُحادية الإتصال في ماسك دائري سوف يتكون قاطع التفريز والذي هو عُدة إتصال متعدد .

ويمكن تعريف التفريز على إنه عملية توليد سطوح مستوية بواسطة الإزالة التدريجية لكمية الخام المحسوبة مُسبقاً من الشُغلة والتي تتقدم عند معدل تغذية بطيئة نسبياً لقاطع التفريز الدوار بسرعة عالية جداً . إن الصفة المميزة لعملية التفريز هي إن كل قاطع تفريز يعمل بشكل عُدة مستقلة والتي تُزيل حصتها من الخام على شكل رايش مفرد وصغير . الشكل رقم (1-6) يوضح عملية تفريز نموذجية .



الشكل رقم (1-6) : عملية تفريز نموذجية

إختبار ذاتي (1): ما هي أنواع عُدد القطع

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.6 أنواع عمليات التفريز (*Types of Milling Operations*)

هنالك عمليات تفريز متنوعة والتي تستخدم لإنجازها حدود قاطعة مفردة أو بشكل مجاميع ، وهذه العمليات موضحة في الشكل رقم (2-6) وهي :

1- **التفريز العادي أو اللوحي (Plain or Slab Milling) .**

التفريز العادي هي عملية تفريز سطح موازي لمحور القاطع ومستوي بشكل أساسي . ينفذ هذا النوع من التفريز مع قواطع تمتلك أسنان على محيطها فقط ، وهو موضح في الشكل رقم (2-6-*a*).

2- **التفريز الوجهي (Face Milling) .**

ينتج التفريز الوجهي سطحاً مستوياً عمودي لعمود الدوران الذي يثبت عليه القاطع . (إنظر الشكل رقم (2-6-*b*)) .

3- **التفريز الطرفي (End Milling) .**

التفريز الطرفي هو على الأرجح من أكثر عملية تفريز تعدداً في الجوانب (الشكل رقم (2-6-*c*)) . قواطع التفريز الطرفية يمكن أن تستخدم بشكل مفرد أو في أزواج لتشغيل المجاري المختلفة .

4- **التفريز المزدوج (Straddle Milling) .**

في التفريز المزدوج يتم إستخدام قاطعي تفريز جانبيين وكما موضح في الشكل رقم (2-6-*d*) ، وتكون القواطع جانبية عادية أو نصف جانبية وتمتلك أسنان مستقيمة أو حلزونية أو جانبية متعرجة الأسنان . تقطع هذه القواطع على الجوانب الداخلية فقط أو على الجوانب الداخلية والمحيط .

5- **التفريز التشكيلي (Form Milling) .**

ويستخدم لإنتاج الأشكال الكنتورية المعقدة والتي لا يمكن إنتاجها بقواطع التفريز الأُخرى (الشكل رقم (2-6-*e*)) .

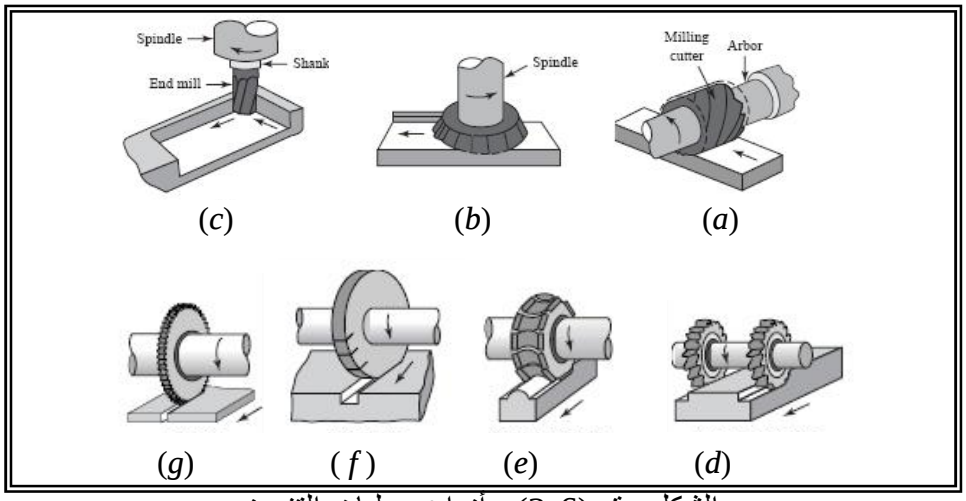
6- **التفريز الجماعي (Gang Milling) .**

في التفريز الجماعي ، يتم تثبيت ثلاثة قواطع أو أكثر على محور الدوران ويتم تشغيل عِدة سطوح أُفقية ، عمودية ، أو زاوية في شوط واحد . يستخدم التفريز الجماعي في العمل الإنتاجي الكبير من أجل توفير الوقت والجهد .

7- **تفريز المجاري والشقوق (Slotting & Slitting Milling) .**

تستخدم قواطع التفريز العادية والجانبية لعمليات فتح المجاري والشقوق وكما في الشكل رقم (2-6-*g,f*)).

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (6-2) : أنواع عمليات التفريز

إختبار ذاتي (2): ماذا يعني التفريز الجماعي

3.6 إتجاه تغذية التفريز (*Direction of Milling Feed*)

هنالك نوعان من عمليات التفريز والتي حسب نوع دوران وتغذية القاطع وهي :

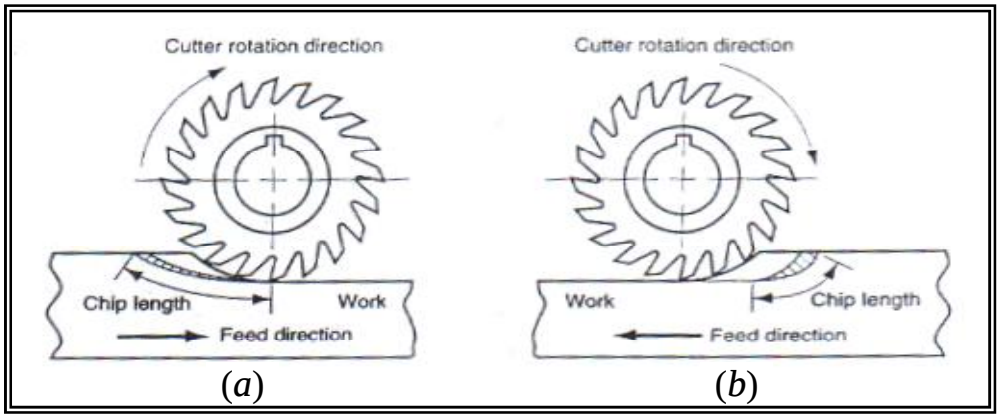
1- **التفريز التقليدي (Conventional Milling) .**

ويُطلق عليه أيضاً التفريز للأعلى (*Up-Cut Milling*) ، حيث يدور القاطع عكس إتجاه التغذية ، لذلك تقاوم قوى الفصل الناتجة بين القاطع والشُغلة حركة العمل . يكون سمك الرايش عند بداية القطع في أدنى قيمة ويزداد تدريجياً إلى أعلى قيمة عند نهاية القطع . التفريز التقليدي موضح في الشكل رقم (*a*-3-6) .

2- **تفريز الصعود (Climb Milling) .**

ويسمى أيضاً التفريز للأسفل (*Down-Cut Milling*) . في هذا النوع من التفريز يدور القاطع بإتجاه التغذية وبإتجاه حركة الشُغلة . عندما تبدأ أسنان القاطع بالقطع فإن القوى الناتجة تبدأ بدعم حركة الشُغلة وتؤدي إلى سحبها تحت القاطع . يكون سمك الرايش في أعظم قيمة عند بداية القطع ويختزل إلى أدنى قيمة عند نهاية القطع . تفريز الصعود موضح في الشكل رقم (*b*-3-6) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (6-3) : إتجاه تغذية التفريز

أدناه مقارنة بين التفريز التقليدي وتفريز الصعود .

التفريز التقليدي (للأعلى)	تفريز الصعود (للأسفل)
حركة القاطع عكس إتجاه التغذية حيث الأسنان تتحرك للأعلى	حركة القاطع تكون بإتجاه التغذية والأسنان تتحرك للأسفل
القوى الناتجة تحاول خلع الشُغلة من مكانها	القوى تؤدي إلى سحب الشُغلة تحت القاطع
سمك الرايش يكون في أدنى قيمة عند بداية القطع ويزداد إلى أعلى قيمة عند نهاية القطع	سمك الرايش هو في أعلى قيمة عند بداية القطع ويقل إلى أدنى قيمة عند نهاية القطع
إنهاء سطحي متواضع وعمر عُدة أقصر	إنهاء سطحي أفضل وعُمر عُدة أطول

إختبار ذاتي (3): ما هي أنواع إتجاه التغذية في التفريز

4.6 ماكنات التفريز (*Milling Machines*)

إن ماكنات التفريز الحديثة تبدو كثيرة الشبه بالتي ظهرت قبل الخمسة والعشرين سنة السابقة ، وتزود هذه الماكنات بقدرة حصانية وجساءة أعلى ومديات سرعات وتغذية واسعة عما كان قبل ذلك . وتصنف ماكنات التفريز المستخدمة في التصنيع إلى ثلاثة مجاميع رئيسية هي :

1- ماكنات تفريز العمود والركبة .
2- ماكنات التفريز ذات الفرش .
3- ماكنات التفريز الخاصة .

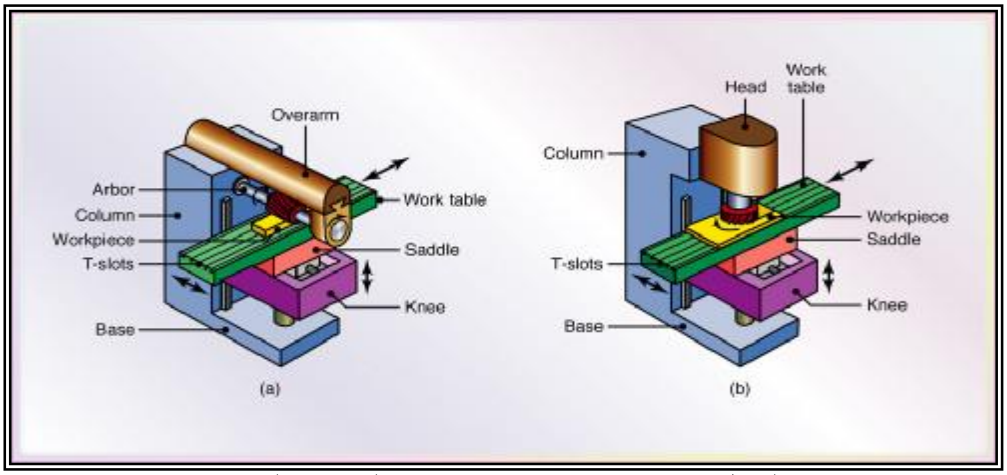
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1.4.6 ماكنات تفريز العمود والركبة (*Column & Knee Machines*)

تصنع ماكنات التفريز ذات العمود والركبة بنوعين أساسيين هما :

1- الماكنات الأُفقية (Horizontal Machines) وكما موضح في الشكل رقم (6-4-*a*) .

2- الماكنات العمودية (Vertical Machines) وهي موضحة في الشكل رقم (6-4-*b*) .



الشكل رقم (6-4) : ماكنات تفريز العمود والركبة

في هذا النوع من الماكنات يمكن أن تتحرك كل من المنضدة ، السرج ، والركبة . وهنالك العديد من الملحقات التي تزود بها هذه الماكنات مثل الملازم عامة الغرض ، المناضد الدوارة ورؤوس التقسيم . وبغض النظر عن كون الماكنة عمودية أو أُفقية فإن هنالك العديد من المركبات المتشابهة التي تجمع بين هذه الماكنات وهذه المركبات هي :

1- **العمود (Column)** . ويصنع من حديد الزهر الرمادي أو الحديد المطيلي . ويضم العمود كل من عمود الدوران ، المحامل ، والتروس الضرورية ، القوابض ، الأعمدة ، المضخات ، وآليات التبديل أو إزاحة من أجل نقل القدرة من المحرك الكهربائي لعمود الدوران عند سرعات مختارة .

2- **عمود الدوران (Spindle)** . يصنع عمود الدوران عادة من الفولاذ السبائكي المطروق ويعامل حرارياً ليقاوم البلى ، الإهتزاز ، أحمال الدفع ، والإنحناء . تكون هذه الأعمدة مجوفة بحيث إن قضيب السحب يمكن أن يستخدم لمسك محاور الدوران في مكانها .

3- **الركبة (Knee)** . الركبة هي مصبوبة تتحرك للأعلى أو للأسفل بواسطة لولب الرفع ، وتضم التروس الضرورية ، اللوالب ، والآليات الأُخرى للتزويد بطاقة التغذيات في كل الإتجاهات .

4- **السرج (Saddle)** . ويقوم بحمل المنضدة ويستند على الركبة ويتحرك للداخل وللخارج على طول المحور (*y*).

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- **المنضدة (Table)** . تثبت المنضدة على السرج ، وتمتلك محامل في كل نهاية لحمل لولب تغذية المنضدة . تثبت الشُغلة على المنضدة وأيضاً بقية الملحقات لماكنة التفريز .

2.4.6 ماكنات التفريز نوع الفَرِش (*Bed – Type Machines*)

يتطلب الإنتاج العالي قطوعات عنيفة ، لذلك يمكن أن تكون جساءة ماكنة تفريز العمود والركبة غير كفوءة . وغالباً تكون ماكنة التفريز نوع الفَرِش مثالية لمثل هذا النوع من العمل . في هذا النوع من الماكنات تستند المنضدة مباشرة على فَرِش ثقيل بينما يوضع العمود خلف الفَرِش . الشكل رقم (6-5) يوضح ماكنة تفريز (*CNC*) نوع الفَرِش .

الشكل رقم (6-5) : ماكنة تفريز (*CNC*) نوع الفَرِش

هنالك مزايا عديدة لماكنة التفريز نوع الفَرِش خصوصاً لدورات الإنتاج ، حيث من الممكن تغذية المنضدة هيدروليكياً وهذا يسمح بقوى تغذية عالية جداً ، معدلات تغذية متغيرة أثناء أي قطع ثابت ، والتدوير الآلي للمنضدة . إن المُحدد الرئيسي لماكنة التفريز نوع الفَرِش مقارنة بماكنة تفريز العمود والركبة هي إنها أقل تعدداً في الإستخدام لتشغيل الأجزاء الصغيرة ، ومميزاتها تصب في إنتاجيتها العالية ، قابليتها للتعديل لماكنات واسعة الحجم ، وسهولة تعديلها للتطبيقات الخاصة .

3.4.6 ماكنات التفريز الخاصة (*Special Machines*)

إن الهدف من هذه الماكنات هو لإنتاج مشغولات محددة وهي تلائم العمل الواسع والمعقد ، وتكون ماكنات التفريز الخاصة على أنواع هي :

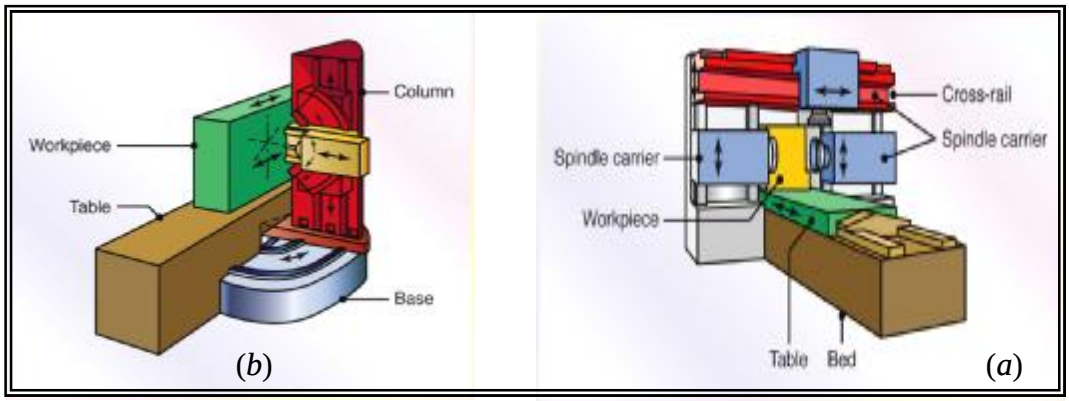
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- **ماكنات التفريز نوع العربة** **(Planer- Type Milling Machines) .**

إن الترتيب العام لهذه الأنواع من الماكنات هو مشابه لمقاشط العربة ماعدا إن رؤوس التفريز تحل محل أُلقم القشط المفردة . تستخدم هذه الماكنات لتشغيل الأجزاء مثل سكك الفَرِش لعُدد الماكنة الواسعة وبقية المشغولات الطويلة التي تحتاج سطح دقيق وسطوح زاوية أو حزوز . هذه الماكنات موضحة في الشكل رقم (*a*-6-6) .

2- **ماكنات التفريز الجانبي** **(Profile Milling Machines) .**

يمكن أن يتم إنجاز تشكيل جانبي ثنائي الأبعاد بواسطة إستخدام قالب مُعايرة ، أو مع ماكنة تفريز عمودية مسيطر عليها رقمياً . ماكنة تفريز جانبي بخمسة محاور موضحة في الشكل رقم (*b*-6-6) .



الشكل رقم (6-6) : ماكنات التفريز الخاصة

إختبار ذاتي (4): عدد أنواع ماكنات التفريز الخاصة

5.6 قواطع التفريز (*Milling Cutters*)

إن التنوع الموجود في قواطع التفريز لكل أنواع ماكنات التفريز ساعد في جعل التفريز عملية ذات جوانب متعددة . يتم تصنيع قواطع التفريز في مدى واسع من الأحجام والأشكال والمواد ،وتصنع هذه القواطع من فولاذ السرعات العالية (*HSS*) والباقي ملقم بالكاربيد والعديد منها يكون قابل للإستبدال ، وتقسم قواطع التفريز إلى نوعين أساسيين هما :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

أولاً - قواطع التفريز المحيطية (Periphery Milling Cutters).

قواطع التفريز المحيطية و الموضحة في الشكل رقم (6-7) تكون عادة مثبتة بمحور لتنجز عملها وتقسم إلى الأنواع التالية :

1- القاطع الإعتيادي خفيف الإنجاز . وهو قاطع عام الغرض لعمليات التفريز المحيطي . تحتوي القواطع الضيقة على أسنان مستقيمة بينما الواسعة تمتلك أسنان حلزونية (الشكل رقم (6-7-*a*)) .

1- **القاطع الإعتيادي عنيف الإنجاز** . هذه القواطع مشابهة لقاطع الإنجاز الخفيف ماعدا إنه يُستخدم لمعدلات إزالة المعدن العالية ، لذلك تكون أسنانه ذات مساحة واسعة بشكل أكثر وزاوية الحلزون تكون حوالي (45^o) .

2- قاطع التفريز الجانبي . يمتلك هذا القاطع حافات قطع على الجوانب إضافة للمحيط . يسمح هذا القاطع بتفريز الشقوق ، كما الشكل رقم (6-7-*b*) .

3- قاطع التفريز نصف - الجانبي . وهو نفس النوع السابق إلا إنه يمتلك حافات قطع على جانب واحد . يستخدم هذا القاطع لتفريز الأكتاف .

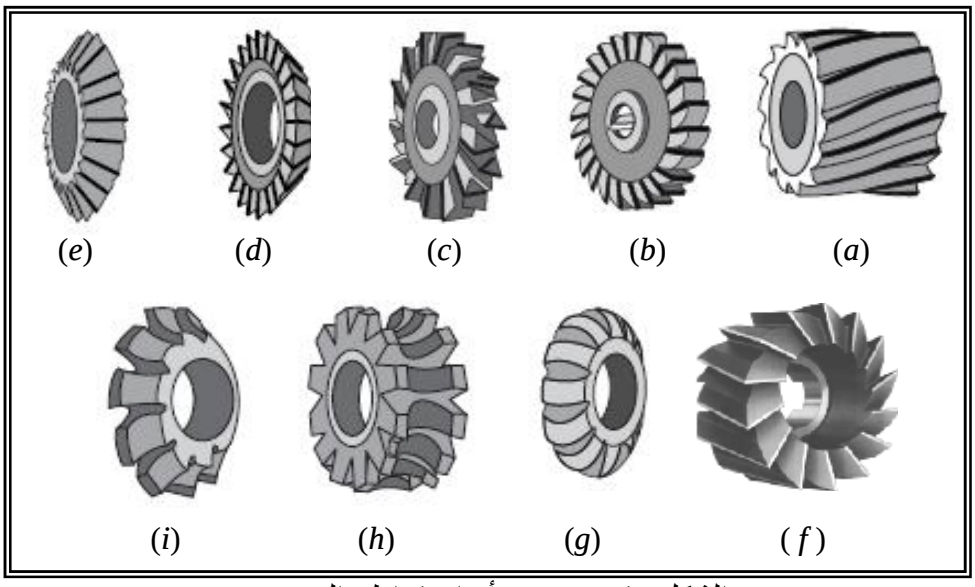
4- قاطع التفريز الجانبي متعرج الأسنان . هذا القاطع يشبه قاطع التفريز الجانبي عدا إن أسنانه تكون متعرجة ، ويستخدم هذا القاطع في عمليات التفريز العميقة والعنيفة . القاطع المتعرج موضح في الشكل رقم (6-7-*c*) .

5- قاطع التفريز الزاوي . في حالة القواطع الزاوية ، تقع حافات القطع المحيطية على مخروط بدلاً من الإسطوانة ويمكن أن تزود بزاوية مفردة أو مزدوجة (إنظر الشكل رقم (6-7-*e,d*)) .

6- قاطع التفريز الخلفي المجوف . يمتلك هذا القاطع حافات قطع محيطية إضافة إلى حافات القطع الوجهية على نهاية واحدة (إنظر الشكل رقم (6-7-*f*)) .

7- قاطع التفريز التشكيلي . القاطع التشكيلي هو قاطع محيطي والذي يستخدم لإنتاج شكل خاص على سطح الشُغلة مثل الشكل المحدب أو المقعر (الشكل رقم (6-7-*i,h,g*)) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

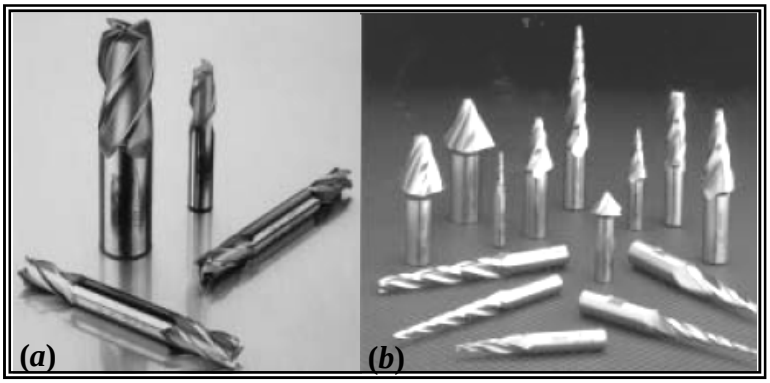


الشكل رقم (6-7) : أنواع قواطع التفريز

ثانياً - قواطع التفريز الخلفية (End Milling Cutters).

تصنع القواطع الخلفية غير المجوفة من فولاذ السرعات العالية أو الكاربيد المسمنت ، أما الأنواع الأُخرى مثل القواطع المجوفة والقواطع الدوارة (*Fly Cutters*) تضم عُدد القطع التي تثبت بـالبراغي أو بطريقة أُخرى للوصلات الملائمة . وتقسم قواطع التفريز الخلفية إلى :

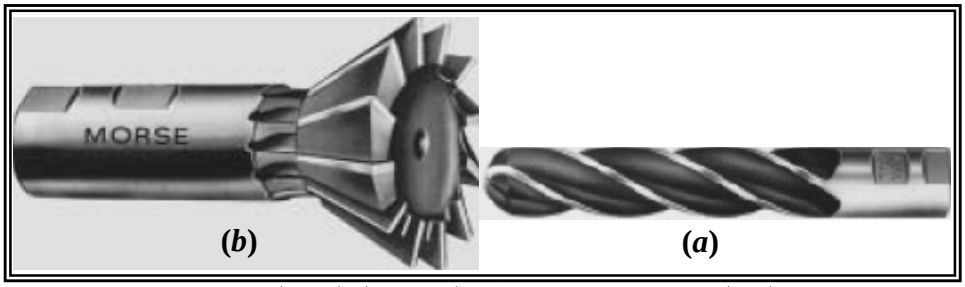
1- **قواطع التفريز الخلفية الصلدة (Solid End Mill)** . وتمتلك عدد من الأخاديد ، وتكون حافات القطع على النهاية والمحيط . وهي تشبه المثقب في شكلها وتكون مزودة بنصاب مستقيم (الشكل رقم (*a*-8-6)) أو نصاب مستدق(الشكل رقم (*b*-8-6)) .



الشكل رقم (6-8) : قواطع التفريز الخلفية الصلدة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- **قواطع التفريز الخلفية الخاصة (Special End Mill)** . مثل القاطعات الخلفية الكروية ((الشكل رقم (6-9-*a*)) وقواطع دوفتيل (الشكل رقم (6-9-*b*)) وتكون بنصاب مستقيم أو نصاب مستدق .



الشكل رقم (6-9) : قواطع التفريز الخلفية الخاصة

إختبار ذاتي (5): ما هي قواطع التفريز الخلفية الصلدة

6.6 مصطلحات قاطع التفريز (*Milling Cutters Nomenclature*)

يتكون قاطع التفريز من عدد من المركبات الأساسية والموضحة في الشكل رقم (6-10) ، و فيما يلي وصف لهذه المركبات :

1- **القطر الخارجي (Outside Diameter)** . وهو قطر الدائرة المارة خلال حافات القطع المحيطية .

2- **قطر الجذر (Root Diameter)** . ويقاس على الدائرة المارة خلال قعر شرائح الزاوية للإنحناءات .

3- **السن (Tooth)** . وهو الجزء القاطع الذي يبدأ من البدن وينتهي مع حافة القطع .

4- **وجه السن (Tooth Face)** . هو سطح السن بين الإنحناء وحافة القطع حيث ينزلق الرايش أثناء تكونه .

5- **الأرضية (Land)** . وتمثل المساحة الواقعة خلف حافة القطع على السن .

6- **الإخدود (Flute)** . هو مجرى يتم تشكيله في بدن القاطع يساعد على جريان الرايش بين الأسنان .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- **الإنحناء (Fillet)** . وهو نصف القطر عند قعر الإخدود ويسمح بجريان الرايش وإلتفافه .

8- **حافة القطع المحيطية (Periphery Cutting Edge)** . وهي الحافة المرصوفة بإتجاه محور القاطع ، وهي المسؤولة عن إزالة المعدن في التفريز المحيطي .

9- **حافة القطع الوجهية (Face Cutting Edge)** . وهي حافة إزالة المعدن و المرصوفة في الإتجاه نصف القطري .

10- **زاوية الحز (Gash Angle)** . وتقاس بين وجه السن ومؤخرته مباشرة إلى الأمام .

11- **زاوية الخلوص الرئيسية (Primary Clearance Angle)** . إن الفائدة من هذه الزاوية هي لمنع إحتكاك السطح الطليق للسن بسطح الشُغلة مما يساعد على إطالة عمر حافة القطع للسن . إن زيادة هذه الزاوية بشكل كبير يؤدي إلى إضعاف الأسنان وتعرضها للكسر ، وتعتمد زاوية الخلوص الرئيسية على معدن الشُغلة المراد تفريزها .

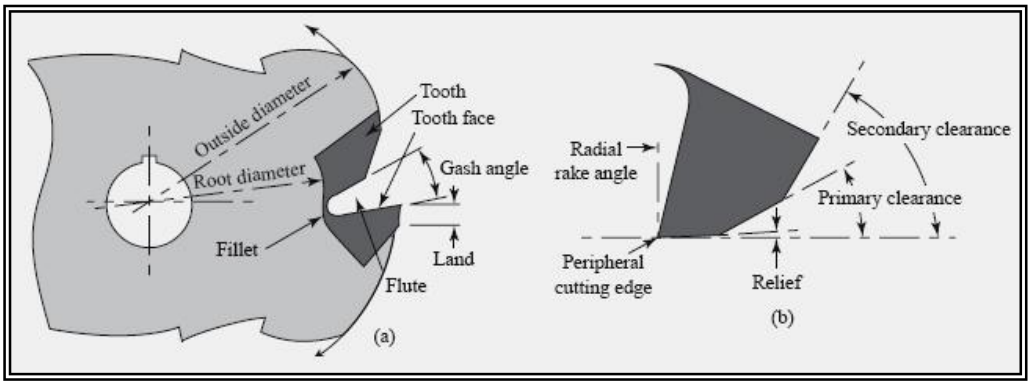
12- **زاوية الخلوص الثانوية (Secondary Clearance Angle)** . ويتم عملها لإعادة السطح الطليق إلى عرضه الطبيعي والذي يتغير نتيجة تكرار شحذ حافة القطع . تكون هذه الزاوية أكبر من زاوية الخلوص الرئيسية .

13- **زاوية الجرف نصف القطرية (Radial Rake Angle)** . وهي الزاوية بين وجه السن ونصف قطر القاطع مقاسة في المستوي العمودي لمحو القاطع .

14- **زاوية الجرف المحورية (Axial Rake Angle)** . تقاس هذه الزاوية بين حافة القطع المحيطية ومحور القاطع .

15- **زاوية الموشور (Wedge Angle)** . إن الفائدة من هذه الزاوية هي تسهيل تغلغل حافة القطع في معدن الشُغلة ، وتعتمد قيمتها على زاوية الجرف و زاوية الخلوص ويمكن حسابها من القانون التالي : [$\beta = 90^{o} - (\alpha + \gamma)$] ، وكلما كبرت هذه الزاوية زادت متانة الأسنان .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (6-10) : مصطلحات قاطع التفريز

إختبار ذاتي (6): لأي الأغراض تستعمل زاوية الخلوص الثانوية

7.6 طرق ربط عُدد التفريز (*Tools Clamping*)

هنالك طريقتان تستخدم لربط عُدد التفريز في بدن القاطع وهي .

1- **الربط الإسفيني** **(Wedge Clamping)** .

أُستخدمت هذه الطريقة في الربط منذ سنوات عديدة في صناعة العُدد ، وهذا النوع من الربط يُنفذ بطريقتين هما :

a- يصمم الإسفين لإسناد العُدة وتثبيتها .

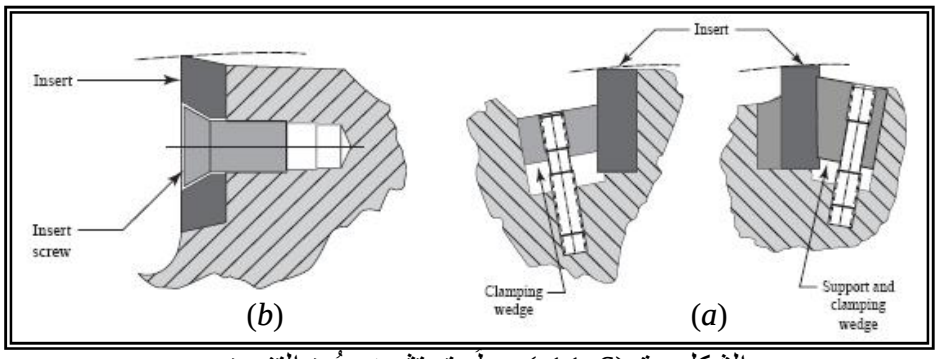
b- يربط الإسفين على وجه القطع للعُدة حيث يقوي العُدة ضد بدن التفريز .

الشكل رقم (*a*-11-6) يوضح هذا النوع من التثبيت . يمتلك نظام الربط الإسفيني مُحددين أساسيين الأول هو إن الإسفين يغطي نصف وجه القطع للعُدة ، لهذا سوف يُعاق جريان الرايش الإعتيادي حيث ينتج البلى على بدن القاطع بشكل مبكر . المُحدد الثاني هو إن قوى الربط العالية التي تسبب عنصر التثبيت ، يمكن أن تسبب غالباً تشوه بدن القاطع .

2- **الربط باللوالب** **(Screw Clamping)** .

وهو موضح في الشكل رقم (*b*-11-6) ، حيث تستخدم اللوالب في ربط عُدة القطع . هذا النوع من الربط ملائم لقواطع التفريز صغيرة الحجم ،كذلك يزود بمجرى مفتوح لإنسياب الرايش بشكل حر . يسبب الربط باللوالب قوى ربط منخفضة عما هو في النوع الأول ، ولكن عند إرتفاع درجة حرارة حافة القطع فإن العُدة سوف تتمدد مسببة إعادة شد غير مرغوب بها مما يسبب رفع العزم اللازم لفك لولب العُدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم(6-11) : طرق تثبيت عُدة التفريز

إختبار ذاتي (7): كيف يتم الربط باللوالب

8.6 ملحقات ماكنة التفريز (*Milling Machines Accessories*)

هنالك العديد من الملحقات التي تضاف إلى ماكنة التفريز من أجل تثبيت الشُغلة على منضدة الماكنة أو من أجل تشغيل الأجزاء المعقدة والتي لا يمكن تشغيلها بشكل مباشر مثل التروس وغيرها . وفيما يلي وصف لهذه الملحقات .

1- **القامطات (Clamps) .**

تستخدم القامطات لتثبيت المشغولات معقدة الشكل أو الكبيرة مباشرة على منضدة ماكنة التفريز . تصنع جميع القامطات بثقوب بيضوية لكي تستطيع القامطة أن تتحرك فيها بالنسبة للشُغلة المراد تثبيتها .

2- **الملازم (Vises) .**

تتكون الملزمة بشكل عام من فكين أحدهما ثابت والآخر متحرك ، وتستخدم لتثبيت الأجزاء المنتظمة والصغيرة إلى متوسطة الحجم . هنالك ثلاثة أنواع من الملازم تستخدم على ماكنات التفريز وهي :

a- الملزمة البسيطة (Plain Vise) .

وتستخدم بشكل واسع لإنتاج المشغولات بسبب توفيرها للوقت والجهد ، إضافة إلى إمكانية الحصول على ضغط التثبيت المتجانس . الشكل رقم (*a*-12-6) يوضح هذا النوع من الملازم .

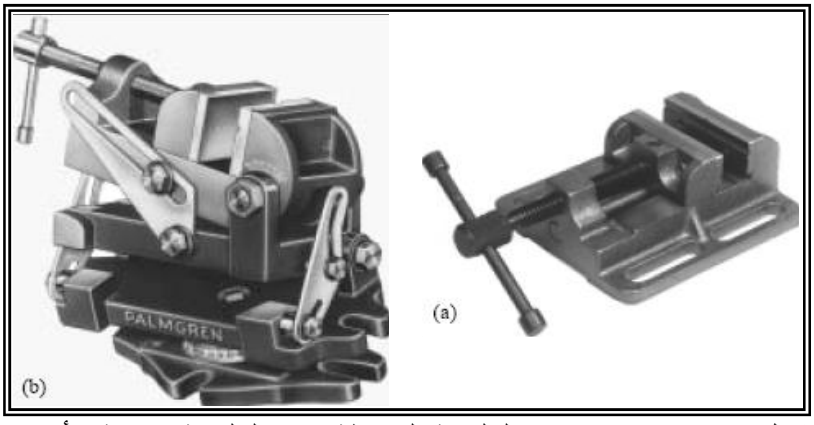
b- ملزمة القاعدة الدوارة (Swivel-Base Vise) .

وهي أكثر ملائمة للإستخدام من الملزمة البسيطة ، ولكنها أقل ثباتية من حيث التركيب . تمتلك هذه الملزمة قاعدة دوارة مقسمة إلى تدريجات يمكن من خلالها أن تدور (360º) حول محورها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

c- الملزمة جامعة الأغراض (Universal Vise) .

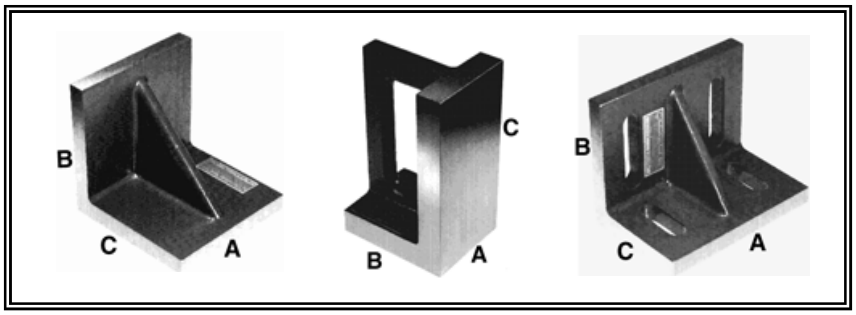
وتستخدم لتشغيل السطوح المائلة بأية زاوية ، وإلى جانب إمكانية دورانها حول محورها فإنها يمكن أن تدور حول محور أُفقي أيضاً (إنظر الشكل رقم (6-12-*b*)) .



الشكل رقم (6-12) : *a* - الملزمة البسيطة *b*- الملزمة جامعة الأغراض

3- **الألواح الزاوية (Angle Plates)** .

تستخدم هذه الألواح للمشغولات غير المنتظمة الشكل والتي لا يمكن تثبيتها في الملازم . يتم إستخدام لوحين من هذه الألواح لتثبيت الشُغلة والتي يصنع إثنان من مستوياتها زاوية(90°) فيما بينها . الشكل رقم (6-13) يوضح أشكال الألواح الزاوية .



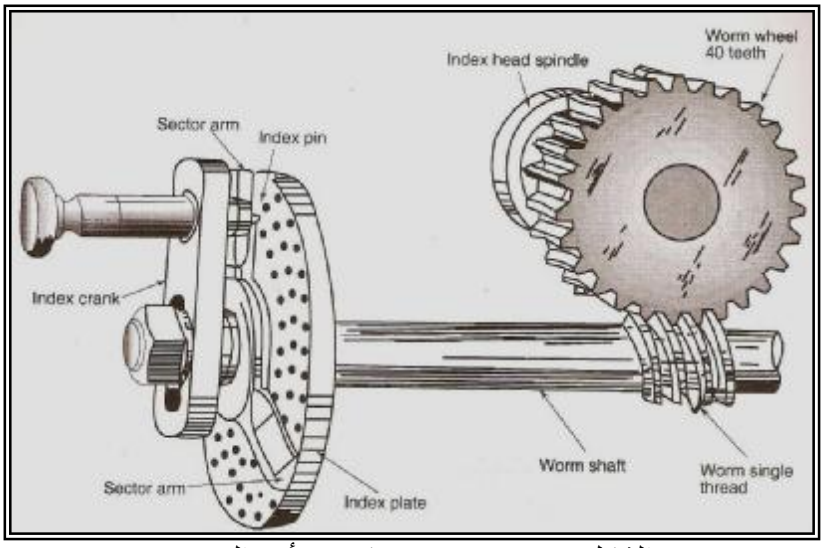
الشكل رقم (6-13) : ألواح زاوية تستخدم على ماكنة التفريز

4- **رؤوس التقسيم (Dividing Heads)** .

وتسمى أيضاً الرؤوس الدليلية (*Indexing Heads*) ، وتستخدم هذه الأدوات في عمليات التفريز عندما يراد تفريز التروس والمسننات والأشكال المربعة والخماسية والسداسية وغيرها ، حيث يتم تقسيم محيط الشُغلة إلى عدد من الأجزاء المتساوية أو غير المتساوية بواسطة أداة رأس التقسيم والموضحة في الشكل رقم (6-14) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

تعمل رؤوس التقسيم على تثبيت الشُغلة عمودياً أو أُفقياً أو بصورة مائلة نسبة إلى منضدة التثبيت وبزاوية مُحددة ، كذلك تعمل على تدوير الشُغلة بصورة تدريجية حول محورها لإتمام عملية التقسيم المحيطي لها . إضافة إلى ذلك تقوم رؤوس التقسيم بتدوير الشُغلة بشكل مستمر لإنجاز المجاري الحلزونية . تحتوي رؤوس التقسيم على عدد من الأقراص والتي تتوزع عليها الثقوب التي يتم من خلالها تقسيم سطح الشُغلة.



الشكل رقم (6-14) : تركيب رأس التقسيم

إختبار ذاتي (8): عدد ملحقات ماكنة التفريز

9.6 طُرق التقسيم (*Dividing Methods*)

هنالك خمسة طُرق رئيسية للتقسيم تُنفذ بواسطة رؤوس التقسيم والتي تختلف فيما بينها في كيفية حسابها ودرجة تعقيدها ومدى دقتها ، وفيما يلي عرض لهذه الطُرق .

1.9.6 التقسيم المباشر البسيط (*Simple Direct Dividing*)

يعتبر هذا النوع من التقسيم من أبسط الطرق وأسهلها حيث يقتصر تطبيقها فقط عند وجود عدد محدد من التقسيمات مثل تفريز الصواميل المربعة والسداسية . ويمكن حساب عدد الثقوب اللازمة للتقسيم من المعادلة التالية :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$N_D = \frac{n_d}{n_r} \qquad (1)$$

حيث :

N_D = عدد الثقوب اللازمة للتقسيم .

n_d = عدد الثقوب الموجودة على قرص التقسيم .

n_r= عدد التقسيمات المطلوبة .

مثال

إحسب عدد الثقوب اللازمة لتقسيم محيط شُغلة إلى عشرة أقسام متساوية بإستخدام قرص تقسيم يحتوي على ثلاث دوائر للثقوب هي (24 ، 30 ، 36) ثقباً .

الحل //

نختار دائرة التقسيم التي تحتوي على عدد الثقوب عندما يتم تقسيمها على الثقوب المطلوبة يكون الناتج عدد صحيح وبدون باقي .

$$N_D = \frac{n_d}{n_r}$$

$$N_{D1} = \frac{24}{10} \Longrightarrow \boxed{N_{D1} = 2.4}$$

$$N_{D2} = \frac{30}{10} \Longrightarrow \boxed{N_{D2} = 3}$$

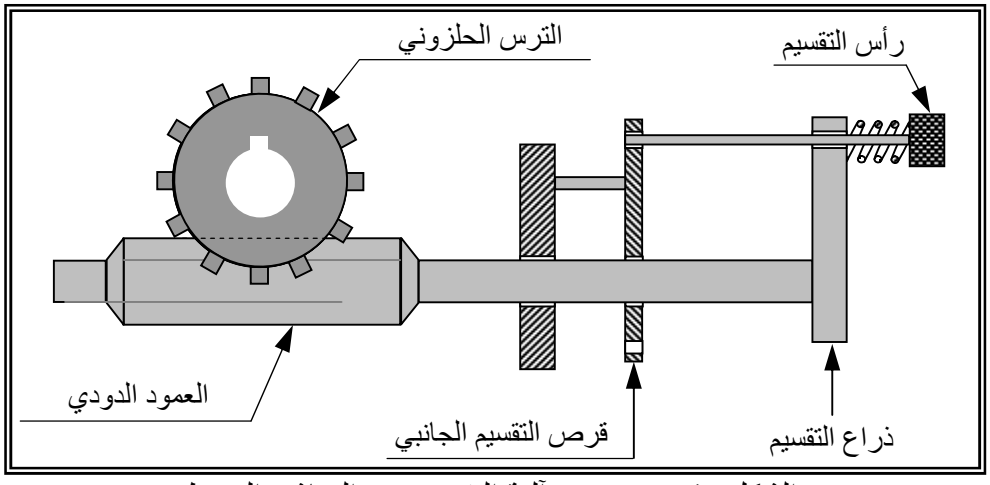
$$N_{D3} = \frac{36}{10} \Longrightarrow \boxed{N_{D3} = 3.6}$$

الإختيار الصحيح هو الدائرة ذات (30) ثقب لأنها تقبل القسمة على عدد الثقوب المطلوبة وبدون باقي .وهذا يعني إنه يتم إدارة ذراع التقسيم بمقدار (3) ثقوب على الدائرة التي عدد ثقوبها (30) ثقب من أجل الحصول على التقسيم المطلوب .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.9.6 التقسيم غير المباشر البسيط (*Simple Indirect Dividing*)

وسُمي بهذا الإسم لأن نقل الحركة من قرص التقسيم إلى عمود الدوران تتم عن طريق ترس حلزوني معشق مع العمود الدودي . وتتم عملية التقسيم هنا بحركة واحدة لذلك سُمي بالبسيط . الشكل رقم (15-6) يوضح آلية التقسيم غير المباشر البسيط .



الشكل رقم (6-15) : آلية التقسيم غير المباشر البسيط

يمتلك الترس الحلزوني أربعون سناً أو عدد آخر حسب نوع رأس التقسيم . عند دوران العمود الدودي دورة كاملة فإن الترس الحلزوني سوف يدور بمقدار سن واحد ، ويمكن إستخدام المعادلة التالية لحساب عدد الدورات اللازمة للتقسيم .

$$N_C = \frac{40}{n_r} \qquad (2)$$

حيث :

N_C = عدد الدورات اللازمة للتقسيم .

n_r = عدد التقسيمات المطلوبة .

ويتم تزويد رأس التقسيم بعدد من الأقراص التي تختلف في عدد دوائر الثقوب فيها وعدد الثقوب وكمثال على ذلك يـــزود رأس التقسيم نوع براون وشارب(*Brown & Sharpe*) بثلاث أقراص تقسيم وكما موضح في الجدول رقم (6-1) و يزود رأس التقسيم نوع سنسيناتي وباركينسون (*Cincinnati & Parkinson*) بثلاث أقراص تقسيم جانبية وكما موضح في الجدول رقم (6-2) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الجدول رقم (6-1): رأس التقسيم نوع براون وشارب

Circle / Plate	$Circle_1$ (Holes No)	$Circle_2$ (Holes No)	$Circle_3$ (Holes No)	$Circle_4$ (Holes No)	$Circle_5$ (Holes No)	$Circle_6$ (Holes No)
Plate 1	15	16	17	18	19	20
Plate 2	21	23	27	29	31	33
Plate 3	37	39	41	43	47	49

الجدول رقم (6-2): رأس التقسيم نوع سنسيناتي وباركينسون

$Plate_3$		$Plate_2$		$Plate_1$		Circle
Side 2 (Holes No)	Side 1 (Holes No)	Side 2 (Holes No)	Side 1 (Holes No)	Side 2 (Holes No)	Side 1 (Holes No)	
28	26	32	34	46	24	*Circle 1*
38	42	44	46	47	25	*Circle 2*
71	73	77	79	49	28	*Circle 3*
83	87	89	93	51	30	*Circle 4*
101	103	107	109	53	34	*Circle 5*
113	119	121	123	57	37	*Circle 6*
131	133	137	139	58	38	*Circle 7*
143	149	151	153	59	39	*Circle 8*
159	161	163	167	62	41	*Circle 9*
173	175	179	181	66	42	*Circle 10*
187	191	193	197	-	43	*Circle 11*

مثال

إحسب حركة ذراع التقسيم اللازمة للحصول على تقسيمات عددها 25 ، 70 .

الحل //

$$N_C = \frac{40}{n_r} \qquad N_C = \frac{40}{25}$$

$$N_C = 1\frac{15}{25} \quad , \quad N_C = 1\frac{3}{5} \times \frac{4}{4} \Longrightarrow \boxed{N_C = 1\frac{12}{20}}$$

$$N_C = \frac{40}{n_r} \quad , \quad N_C = \frac{40}{70}$$

$$N_C = \frac{4}{7} \qquad N_C = \frac{4}{7} \times \frac{3}{3} \Longrightarrow \boxed{N_C = \frac{12}{21}}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.9.6 التقسيم التفاضلي (*Differential Dividing*)

ويُطلق عليه أيضاً التقسيم المركب بإستخدام التروس الفرقية ، وآلية عمله موضحة في الشكل رقم (6-16) . يستخدم هذا النوع من التقسيم عند عدم وجود دوائر للتقسيم تلائم عدد التقسيمات المطلوب تشغيلها بالتفريز وحسب الآتي :

1- يكون عدد التقسيمات المطلوبة عدد غير قابل للقسمة على أي عدد من أعداد ثقوب دوائر أقراص التقسيم .

2- أو يكون عدد التقسيمات المطلوبة عدداً أولياً كبيراً (61 ، 79 ، 83 ، 97 ، 127) .

وفي مثل هذه الحالة يتم إستخدام دوائر ثقوب تقريبية يكون عددها أكثر أو أقل من عدد التقسيمات المطلوبة ، وبعد ذلك يتم تعويض الفرق الناتج من التقريب بإستخدام مجموعة تروس فرقية ، ولذلك سُمي بهذا الإسم ، ويتم توصيل هذه التروس بين قرص التقسيم الجانبي وعمود الدوران . يتم نقل الحركة في عملية التقسيم بحركتين (حركة التقسيم) لهذا يُطلق عليه التقسيم المركب . ويتم حساب نسبة التعشيق (*Engagement Ratio*) للتروس الفرقية من المعادلة التالية :

$$E_R = \frac{40}{a_n} \times (a_n - n_r) \qquad (3)$$

حيث :

E_R= نسبة التعشيق .

a_n = عدد التقسيمات التقريبية

n_r = عدد التقسيمات المطلوبة .

كذلك نسبة التعشيق تساوي :

$$E_R = \frac{N_L}{N_D} = \frac{Z_1 \times Z_3}{Z_2 \times Z_4} \qquad (4)$$

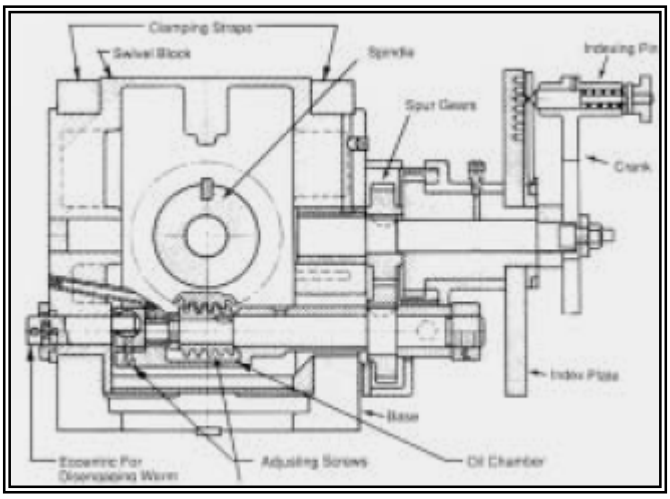
حيث :

N_L= عدد أسنان التروس القائدة .

N_D= عدد أسنان التروس المُقادة .

Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 = عدد أسنان التروس الفرقية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (6-16) : آلية التقسيم التفاضلي

يدور قرص التقسيم الجانبي بإتجاهين :

1- بإتجاه دوران ذراع التقسيم .

2- عكس إتجاه دوران ذراع التقسيم .

ويعتمد ذلك على الرقم التقريبي الذي نختاره حيث :

1- إذا كان الرقم التقريبي أكبر من عدد التقسيمات المطلوبة فإن دوران القرص الخاص بالتقسيم يكون بنفس إتجاه دوران ذراع التقسيم .

2- إذا كان الرقم التقريبي أصغر من عدد التقسيمات المطلوبة عندئذ يكون دوران قرص التقسيم يكون عكس إتجاه دوران ذراع التقسيم .

ولجعل حركة دوران ذراع التقسيم مشابهة أو معاكسة لحركة قرص التقسيم يتم إستخدام ما يسمى بالتروس العاطلة (الحرة) ، حيث من خلال إيجاد نسبة التعشيق يمكن أن نحصل على نسبة تعشيق مكونة من أربعة تروس فيسمى تعشيق مركب ، أو نحصل على نسبة تعشيق لترسين فقط (Z_1,Z_4) فيسمى تعشيق بسيط ، وكما موضح أدناه :

1- عندما يكون الرقم التقريبي المختار أكبر من عدد التقسيمات المطلوبة ويكون التعشيق بسيط ، يتم إستخدام ترس عاطل واحد ليكون إتجاه حركة ذراع التقسيم و قرص التقسيم بنفس الإتجاه .

2- عندما يكون الرقم التقريبي المختار أكبر من عدد التقسيمات المطلوبة ويكون التعشيق مركب ففي هذه الحالة لا يتم إستخدام تروس عاطلة لتبقى حركة ذراع التقسيم و قرص التقسيم بنفس الإتجاه .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- عندما يكون الرقم التقريبي المختار أصغر من عدد التقسيمات المطلوبة ويكون التعشيق بسيط ، يتم إستخدام ترسين عاطلين ليكون دوران قرص التقسيم عكس حركة ذراع التقسيم.

4- عندما يكون الرقم التقريبي المختار أصغر من عدد التقسيمات المطلوبة ويكون التعشيق مركب ، يتم إستخدام ترس عاطل واحد لتكون الحركتين متعاكستين .

مثال1

أوجد نسبة التعشيق للتروس الفرقية وحركة ذراع التقسيم لتقسيم (323) ثقب على محيط شُغلة إسطوانية .

الحل // نختار العدد التقريبي (320) .

$$E_R = \frac{40}{a_n} \times (a_n - n_r)$$

$$E_R = \frac{40}{320} \times (320 - 323)$$

$$E_R = (-3)\frac{1}{8} \qquad E_R = \frac{3}{8} \times \frac{8}{8} \qquad \Longrightarrow \qquad \boxed{E_R = \frac{24}{64}}$$

$$Z_1 = 24 \quad , \quad Z_4 = 64$$

بما أن ناتج الطرح كمية سالبة (-3) والتعشيق بسيط (Z_1,Z_4) لذلك نحتاج إلى لتكون حركة قرص التقسيم عكس حركة ذراع التقسيم .

$$N_C = \frac{40}{320}$$

$$N_C = \frac{1}{8} \times \frac{2}{2} \qquad \Longrightarrow \boxed{N_C = \frac{2}{16}}$$

إذاً عدد دورات ذراع التقسيم هي ثقبان من القرص الحاوي على (16) ثقب .

مثال2

أوجد التروس الفرقية وحركة ذراع التقسيم اللازمة لتقسيم ترس يحتوي على (96) سن .

الحل // نختار العدد التقريبي (98) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$E_R = \frac{40}{a_n} \times (a_n - n_r)$$

$$E_R = \frac{40}{98} \times (98 - 96)$$

$$E_R = \frac{40}{49} \qquad E_R = \frac{5}{7} \times \frac{8}{7}$$

$$E_R = \left(\frac{5}{7} \times \frac{8}{8}\right) \times \left(\frac{8}{7} \times \frac{4}{4}\right) \Longrightarrow \boxed{E_R = \frac{40}{56} \times \frac{32}{28}}$$

وعلى هذا الأساس تكون التروس الفرقية المطلوبة هي .

$Z_1 = 40$, $Z_3 = 32$, $Z_2 = 56$, $Z_4 = 28$

بما إن الرقم التقريبي المختار أكبر من عدد التقسيمات المطلوبة و التعشيق مركب ففي هذه الحالة لا نستخدم تروس عاطلة لتبقى حركة ذراع التقسيم و قرص التقسيم بنفس الإتجاه .

4.9.6 التقسيم المركب بدون إستخدام التروس الفرقية

في هذه الطريقة من التقسيم لا يتم إستخدام التروس الفرقية لتنظيم الحركة بين ذراع التقسيم وقرص التقسيم ، ومن أجل فهم هذه الطريقة نأخذ المثال التالي ونطبق عليه خطوات الحل :

مثال

أوجد حركة ذراع التقسيم اللازمة لتقسيم محيط شُغلة إلى (87) جزء بإستخدام التقسيم المركب بدون إستخدام التروس الفرقية .

الحل //

1- نحلل عدد التقسيمات المطلوبة إلى عواملها الأولية . $87 = 3 \times 29$

2- نختار بطريقة الخطأ والصواب أي من دائرتي الثقوب تقعان على نفس القرص ويتم إختيار الدائرة الأُولى من خلال تحليل عدد التقسيمات في الخطوة (1) والتي تعتبر نقطة البداية ، (يتم إختيار دوائر الثقوب 29 ، 33) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- نطرح عدد ثقوب الدائرة الصغيرة من عدد ثقوب الدائرة الكبيرة .

$$29-33=-4$$

4- نحلل ناتج الطرح في العملية (3) إلى عوامله الأولية .

$$4=2\times 2$$

5- نحلل الرقم (40) إلى عوامله الأولية .

$$40=2\times 2\times 2\times 5$$

6- نحلل عدد الثقوب المختارة في الخطوة (2) إلى عواملها الأولية .

$$33=3\times 11$$
$$29=29$$

7- نضع الأعداد الناتجة من الخطوة (1) و الخطوة (4) في البسط .

8- نضع الأعداد الناتجة من الخطوة (5) و الخطوة (6) في المقام .

9- نختصر الأعداد الموجودة في البسط مع الأعداد الموجودة في المقام فإذا كان ناتج عملية الإختصار هو رقم (1) في البسط فإن فرضية دوائر الثقوب في الخطوة (2) تكون صحيحة وبخلاف ذلك تعتبر الفرضية خاطئة ويتم إعادة فرض دوائر الثقوب من جديد .

$$\frac{3\times 29\times 2\times 2}{2\times 2\times 2\times 5\times 29\times 3\times 11}=\frac{1}{110}$$

بما إن ناتج البسط هو عدد (1) إذاً الفرضية صحيحة .

$$\frac{110}{29}-\frac{110}{33}=3\frac{23}{29}-3\frac{11}{33}\quad\Longrightarrow\quad\frac{23}{29}-\frac{11}{33}\qquad(1)$$

$$\frac{110}{33}-\frac{110}{29}=3\frac{11}{33}-3\frac{23}{29}\quad\Longrightarrow\quad\frac{11}{33}-\frac{23}{29}\qquad(2)$$

إن ناتج إحدى المعادلتين يجب أن يساوي($40/87$) وبحل هذه المعادلتين نجد إن ناتج المعادلة الأُولى هو الإختيار الصحيح .

$$\frac{23}{29}-\frac{11}{33}=\frac{40}{87}$$

وهذا يعني بأن حركة ذراع التقسيم هي (23) ثقب من القرص الحاوي على (29) ثقب وحركة معاكسة قيمتها (11) ثقب من القرص الحاوي على (33) ثقب .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5.9.6 التقسيم بالدرجات (*Dividing by Degrees*)

تستخدم هذه الطريقة عندما يراد تقسيم محيط الدائرة إلى عدد من الدرجات لتعزيز بعض أسنان قواطع التفريز ، البراغل والمثاقب وغيرها من المشغولات ذات الزوايا الحادة . وتستند قاعدة التقسيم بواسطة درجات الزاوية على مبدأ إن الزاوية المركزية للدائرة تساوي (360º) وبما إن نسبة نقل الحركة بين الترس الحلزوني والحلزون تساوي($1/40$) فيمكن عندئذ حساب الدورة الواحدة لذراع التقسيم كالآتي :

الدورة الواحدة لذراع التقسيم = $9^{\circ} = \frac{360}{40}$

وبالتالي يمكن حساب عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم من المعادلة التالية :

$$\Rightarrow \boxed{N_C = \frac{A}{9^{\circ}}} \qquad (5)$$

حيث :

N_C = عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم .

A = الزاوية المراد التقسيم إليها بالدرجات .

مثال1

أوجد عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم لتقسيم جزء من دائرة قيمته (38º) بإستخدام رأس التقسيم .

الحل //

$$N_C = \frac{A}{9^{\circ}} \quad ,$$

$$N_C = \frac{38}{9^{\circ}} \qquad N_C = 4\frac{2}{9^{\circ}}$$

$120` = 60` \times 2^{\circ}$

$540` = 60` \times 9^{\circ}$

$$N_C = 4\frac{120'}{540'} \Rightarrow \boxed{N_C = 4\frac{12}{54}}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مثال2

أوجد عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم لتقسيم جزء من دائرة قيمته (14°.30`) بإستخدام رأس التقسيم .

الحل //

$$N_C = \frac{A}{9^o}$$

$$N_C = \frac{14.30}{9^o} \qquad N_C = 1\frac{5.30}{9^o}$$

بعد ذلك نقوم بتحويل الدرجات والبالغة (5º) إلى دقائق للبسط والمقام .

$300` = 60` \times 5^o$

$540` = 60` \times 9^o$

$$N_C = 1\frac{300+30}{540} \Longrightarrow \boxed{N_C = 1\frac{33}{54}}$$

أي إن عدد دورات لذراع التقسيم هي دورة واحدة كاملة و(33) ثقب من دائرة ثقوب (54) .

إختبار ذاتي (9): عدد طرق التقسيم

10.6 معدلات التشغيل (*Machining Rates*)

تشمل معدلات التشغيل كل من سرعة القطع والتغذية والقدرة اللازمة للقطع وزمن التشغيل وكما موضح أدناه .

1.10.6 سرعة القطع (*Cutting Speed*)

تقاس سرعة القطع في عملية التفريز بمقدار الحدود القاطعة والتي تمثل سرعة سطح عُدة القطع ، ولا تؤخذ سرعة الشُغلة بنظر الإعتبار في حساب سرعة القطع . ويمكن حساب سرعة القطع في التفريز من المعادلة التالية :

$$\Longrightarrow \boxed{V = \frac{\pi DN}{1000}} \qquad (6)$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث :

V = سرعة القطع $(m\backslash min)$.

D = قطر عُدة القطع (mm) .

N = عدد دورات القاطع (rpm) .

هنالك عوامل عديدة ومهمة تؤثر بشكل مباشر على سرعة القطع والتي يجب أخذها بنظر الإعتبار عند إجراء عملية التشغيل بواسطة التفريز وإختيار السرعة المطلوبة ، وهذه العوامل هي :

1- معدن عُدة القطع . تختلف المواد التي تصنع منها عُدد القطع وهذا الإختلاف أوجد تنوعاً واسعاً في خواصها الميكانيكية والحرارية والفيزيائية ومن الأمثلة على معادن قواطع التفريز هي فولاذ السرعات العالية ، والسيراميك ، والكاربيد .

2- نوع المعدن المراد تشغيله . تحتاج المعادن ذات الصلادة العالية إلى سرعات قطع منخفضة أما المعادن التي تكون صلادتها منخفضة فيمكن قطعها بسرعات عالية .

3- عمق القطع . كلما قل عمق القطع زادت سرعة القطع وبالعكس .

4- التغذية : حيث كلما قلت التغذية زادت سرعة القطع وبالتالي يتولد سطح ذو إنهاء سطحي جيد .

5- إستخدام سوائل التبريد : تولد سرعات القطع العالية درجات حرارية عالية لذلك يتم إستخدام سوائل التبريد للتقليل من تأثيرها .

2.10.6 التغـــــذيـــــة (*The Feed*)

يمكن تعريف التغذية على إنها معدل ما تتقدمه الشُغلة مخترقةً العُدة الدوارة . هنالك ثلاثة أنواع من التغذية في ماكنات التفريز وهي كالآتي :

1- التغذية لكل سن (S_z) . وتقاس بوحدات $(mm\backslash tooth)$.

2- التغذية لكل دورة (S_{rev}) . ووحداتها $(mm\backslash rev)$.

3- التغذية لكل دقيقة (S_m) . وتقاس بوحدات $(mm\backslash min)$.

ويمكن إيجاد العلاقة بين هذه الأنواع من التغذية من خلال القانون التالي :

$$\Rightarrow \boxed{S_z = \frac{S_{rev}}{Z} = \frac{S_m}{N \times Z}} \qquad (7)$$

حيث :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Z= عدد أسنان القاطع .

N= عدد دورات القاطع (rpm) .

كذلك يمكن حساب سمك الرايش غير المقطوع من المعادلة التالية :

$$a_{\max} = S_z \times \sin\delta \qquad (8)$$

حيث :

a_{max} = أعظم سمك للرايش غير المقطوع .

δ= زاوية الإتصال .

ومن القانون التالي يمكن حساب عدد الأسنان الفعالة في القطع :

$$Z_e = \frac{Z}{\pi}\sqrt{\frac{d_p}{D}} = \frac{Z}{360}\times\delta \qquad (9)$$

حيث :

Z_e = عدد الأسنان الفعالة في القطع .

Z = عدد أسنان القاطع .

δ = زاوية الإتصال

d_p = عمق القطع .

D = قطر القاطع .

3.10.6 القدرة اللازمة للقطع (*Cutting Power*)

من أجل حساب القدرة اللازمة للقطع على ماكنات التفريز يتم تطبيق المعادلة التالية :

$$N_{cut} = 3.5\times10^{-5}\times D^{0.14}\times d_p^{\,0.86}\times S_z^{\,0.72}\times B\times N \qquad (10)$$

حيث :

N_{cut} = القدرة اللازمة للقطع (w) .

B = عرض الشُغلة (mm).

ولحساب قدرة المحرك الكهربائي نتبع المعادلة التالية:

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$N_m = \frac{N_{cut}}{\eta} \qquad (11)$$

حيث :

N_m = قدرة المحرك الكهربائي (w) .

η = كفاءة المحرك الكهربائي .

4.10.6 زمن التشغيل (*Machining Time*)

ينتقل قاطع التفريز فوق الشُغلة بمسافة يصطلح عليها بمسافة الإقتراب (*Approach Distance*) والتي يتم حسابها كالآتي :

أولاً- مسافة الإقتراب في التفريز العادي أو اللوحي (Plain or Slab Milling) .

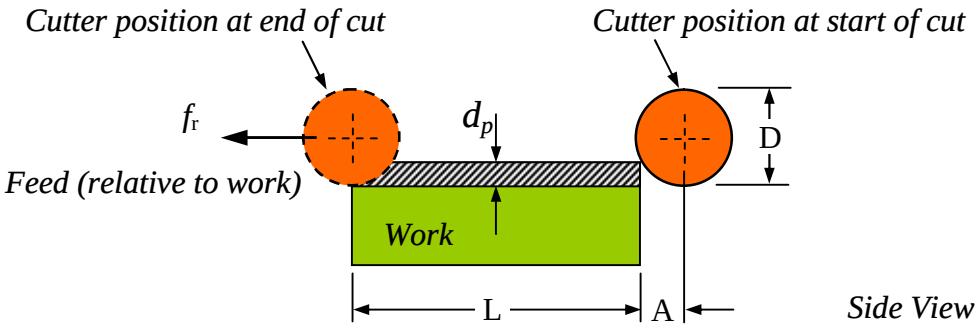
$$A = \sqrt{d_p\left(D - d_p\right)} \qquad (12)$$

حيث :

A= مسافة الإقتراب (mm) .

D= قطر القاطع (mm) .

d_p= عمق القطع (mm) .



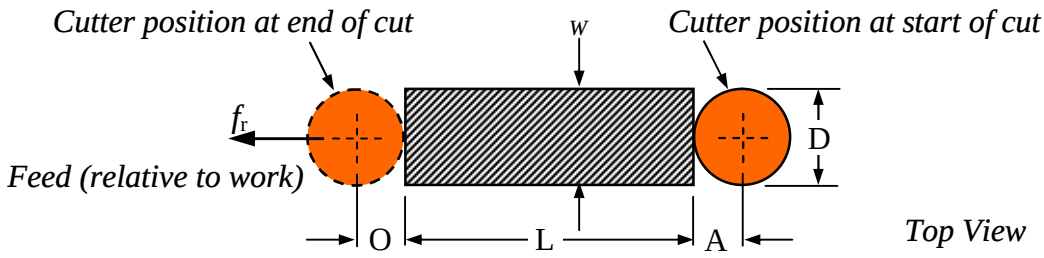
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ثانياً- مسافة الإقتراب للتفريز الوجهي . (Face Milling)

هنالك حالتين في التفريز الوجهي هما :

***a*- عندما القاطع يتمركز فوق الشُغلة .**

$$\boxed{A=\frac{D}{2}} \quad for \quad W=\frac{D}{2} \quad up\ to\ D \qquad (13)$$

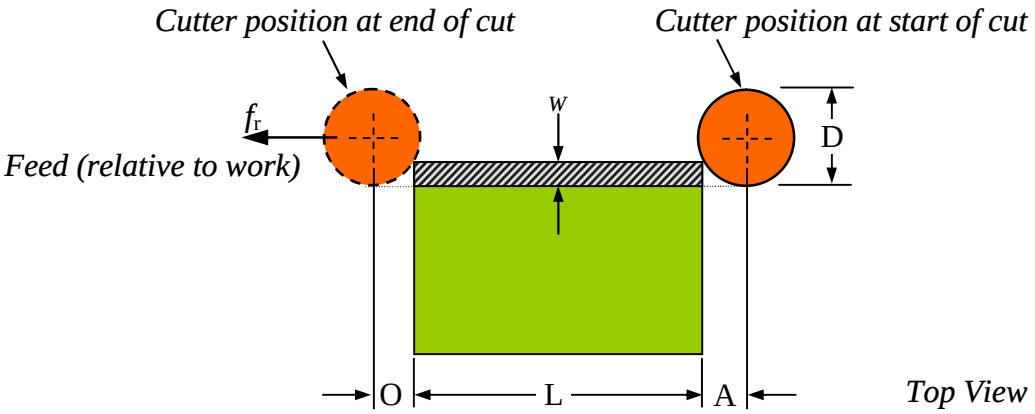


***b*- عندما القاطع ينحرف (*Offset*) لأحد الجوانب فوق الشُغلة .**

$$\boxed{A=\sqrt{W(D-W)}} \quad for \quad W<\frac{D}{2} \qquad (14)$$

حيث :

W= عرض القطع (mm) .



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ويمكن حساب زمن التشغيل لكلا الحالتين من المعادلة التالية :

$$T = \frac{L + 2 \times A}{f \times Z \times N} \times i \qquad (15)$$

حيث :

T= زمن التشغيل (min) .

L= طول السطح المراد تفريزه (mm) .

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

N= عدد دورات القاطع (rpm) .

Z= عدد أسنان القاطع .

i= عدد الأشواط .

مثال1

سطح مستوي من فولاذ (C50) أبعاده $(100mm \times 150mm)$ يراد تشغيله على ماكنة تفريز أُفقية بإستخدام قاطع تفريز عادي من (HSS) عدد أسنانه (8) و قطره $(100mm)$ وبعرض $(150mm)$. إحسب زمن التشغيل ، إذا علمت إن سرعة القطع هي $(20m\backslash min)$ وبتغذية $(0.13mm\backslash tooth)$ وعمق القطع $(2mm)$. أُفرض إن عملية التشغيل تتم بشوط واحد .

الحل//

$$A = \sqrt{d_p\left(D - d_p\right)}$$

$$A = \sqrt{2(100-2)} \Longrightarrow \boxed{A = 14mm}$$

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

$$20 = \frac{\pi \times 100 \times N}{1000} \Longrightarrow \boxed{N = 63.66rpm}$$

$$T = \frac{L + 2 \times A}{f \times Z \times N}$$

$$T = \frac{150 + 2 \times 14}{0.13 \times 8 \times 63.66} \Longrightarrow \boxed{T = 2.688 \min}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مثال2

إحسب زمن التشغيل اللازم لتشغيل سطح شُغلة من الفولاذ السبائكي (200 *BHN*) عرضه (115*mm*) وبطول (250*mm*) يُراد عمل تفريز تخشين عليه بقاطع تفريز وجهي من الكاربيد المسمنت قطره (150*mm*) وعدد أسنانه (16) ، مع عمق قطع (6*mm*) وبسرعة (60*m\min*) وتغذية (0.18*mm\tooth*) .

الحل//

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

$$60 = \frac{\pi \times 150 \times N}{1000} \quad \Rightarrow \quad \boxed{N = 127.32 rpm}$$

بما إن $W < \frac{D}{2}$ لذلك مسافة الإقتراب سوف تساوي :

$$A = \sqrt{W(D-W)}$$

$$A = \sqrt{115(150-115)} \quad \Rightarrow \quad \boxed{A = 63.44mm}$$

$$T = \frac{L + 2 \times A}{f \times Z \times N}$$

$$T = \frac{250 + 2 \times 63.44}{0.18 \times 16 \times 127.32} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T = 1.0278 \min}$$

إختبار ذاتي (10): ما هي أنواع التغذية في التفريز

11.6 قوى القطع في التفريز (*Cutting Forces*)

هنالك قوى عديدة تؤثر على عُدة القطع في عملية التفريز وهذه القوى موضحة في الشكل رقم (12-6) وهي كالآتي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- القوة المماسية (Fz) : والتي تسبب عزم القطع اللازم تسليطه من قِبل المحرك الكهربائي وتسبب أيضاً عزم إنحناء على أسنان العُدة . ويمكن حساب القوة المماسية (Fz) من المعادلة التالية :

$$F_z = \frac{60 \times 102\, N_{cut}}{V} \qquad (16)$$

حيث :

N_{cut} = القدرة اللازمة للقطع (w) .

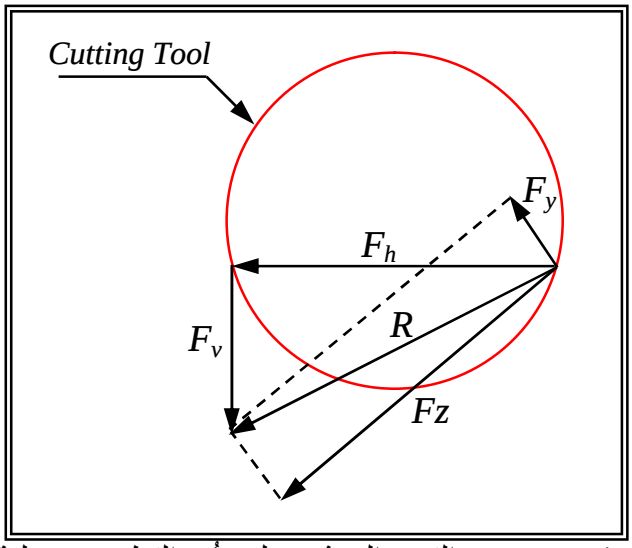
V = سرعة القطع $(m\backslash min)$.

2- القوة المحورية (F_y) : تكون بإتجاه نصف القطر وتسبب عزم إنحناء على أسنان العُدة .

3- القوة الأُفقية (F_h) : وهي قوة التغذية وتكون مسؤولة عن دفع العُدة داخل الشُغلة .

4- القوة العمودية (F_v) : وهي قوة ضغط العُدة على الشُغلة نفسها ، ورد فعل هذه القوة يحاول رفع الشُغلة من المنضدة المثبتة عليها.

5- محصلة القوى المؤثرة (R) .



الشكل رقم (6-17) : القوى المؤثرة على عُدة القطع في عملية التفريز

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- تثبت قواطع التفريز بواسطة :
أ- الربط باللوالب والربط الإسفيني .
ب- مفتاح التثبيت أو القفل .
ج- اللحام لبدن القاطع .
ذ- مثبت العُدة .

2- تنتمي ماكنات التفريز نوع العربة إلى :
أ- ماكنات تفريز العمود والركبة .
ب- ماكنات التفريز نوع الفرش .
ج- ماكنات التفريز الخاصة .
د- ماكنات التفريز الجانبي .

3- يُصنع العمود في ماكنات العمود والركبة من :
أ- الفولاذ السبائكي المطروق .
ب- حديد الزهر الرمادي أو الفولاذ المطيلي .
ج- حديد الزهر أو الفولاذ .
د- الفولاذ عالي الكاربون أو واطئ السبائك .

4- تستخدم الملازم لتثبيت :
أ- المشغولات المعقدة الكبيرة .
ب- المشغولات غير المنتظمة .
ج- المشغولات الكبيرة .
د- المشغولات المنتظمة والصغيرة إلى المتوسطة الحجم .

5- ينتمي القاطع الإعتيادي خفيف الإنجاز إلى :
أ- قواطع التفريز المحيطية .
ب- قواطع التفريز الوجهية .
ج- قواطع التفريز التشكيلية .
د- قواطع التفريز الطرفية .

6- يمتلك قاطع التفريز الخلفي المجوف على :
أ- حافات على النهاية والمحيط .
ب- حافات قطع على الجوانب والمحيط .
ج- حافات محيطية ووجهية .
د- حافات قطع محيطية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تنتمي قواطع دوفتيل إلى :
أ- قواطع التفريز المحيطية .
ب- قواطع التفريز الوجهية .
ج- قواطع التفريز الخلفية الصلدة .
د- قواطع التفريز الخلفية الخاصة .

8- إن الجزء المسؤول عن عملية إزالة المعدن في التفريز المحيطي هو :
أ- حافة القطع المحيطية .
ب- حافة القطع الوجهية .
ج- زاوية الموشور .
د- زاوية الجرف المحورية .

9- سُمي التقسيم غير المباشر البسيط بهذا الإسم لأن :
أ- التقسيم يطبق عند وجود عدد محدد من التقسيمات .
ب- نقل الحركة من قرص التقسيم إلى عمود الدوران تتم عن طريق ترس حلزوني معشق مع العمود الدودي ،و تتم عملية التقسيم هنا بحركة واحدة .
ج- دوائر التقسيم لا تلائم عدد التقسيمات المطلوبة .
د- التقسيم يتم بدون إستخدام التروس الفرقية .

10- تقاس التغذية لكل سن بوحدات :
أ- m/tooth .
ب- mm/min .
ج- mm/rev .
د- mm/tooth .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- العُدد أُحادية الإتصال والعُدد متعددة الإتصال .	1	أ
2	د	2- في التفريز الجماعي ، يتم تثبيت ثلاثة قواطع أو أكثر على محور الدوران ويتم تشغيل عِدة سطوح أُفقية ، عمودية ، أو زاوية في شوط واحد . يستخدم التفريز الجماعي في العمل الإنتاجي الكبير من أجل توفير الوقت والجهد .	2	ج
3	أ	3- التفريز التقليدي وتفريز الصعود .	3	ب
4	ج	4- ماكنات التفريز نوع العربة ، ماكنات التفريز الجانبي .	4	د
5	د	5- تمتلك عدد من الأخاديد ، وتكون حافات القطع على النهاية والمحيط . وهي تشبه المثقب في شكلها وتكون مزودة بنصاب مستقيم .	5	أ
6	ب	6- يتم عملها لإعادة السطح الطليق إلى عرضه الطبيعي والذي يتغير نتيجة تكرار شحذ حافة القطع . تكون هذه الزاوية أكبر من زاوية الخلوص الرئيسية .	6	ج
7	أ	7- تستخدم اللوالب في ربط عُدة القطع . هذا النوع من الربط ملائم لقواطع التفريز صغيرة الحجم ،كذلك يزود بمجرى مفتوح لإنسياب الرايش بشكل حر .	7	د
8	ج	8- القامطات ،الملازم ،الألواح الزاوية ،رؤوس التقسيم .	8	أ
9	ب	9- التقسيم المباشر ،التقسيم غير المباشر البسيط ، التقسيم التفاضلي ، التقسيم المركب بدون إستخدام التروس الفرقية ، التقسيم بالدرجات .	9	ب
10	د	10- التغذية لكل سن (S_z) . وتقاس بوحدات ($mm\backslash tooth$) ، التغذية لكل دورة (S_{rev}) . ووحداتها ($mm\backslash rev$) ، التغذية لكل دقيقة (S_m) . وتقاس بوحدات ($mm\backslash min$) .	10	د

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

3- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

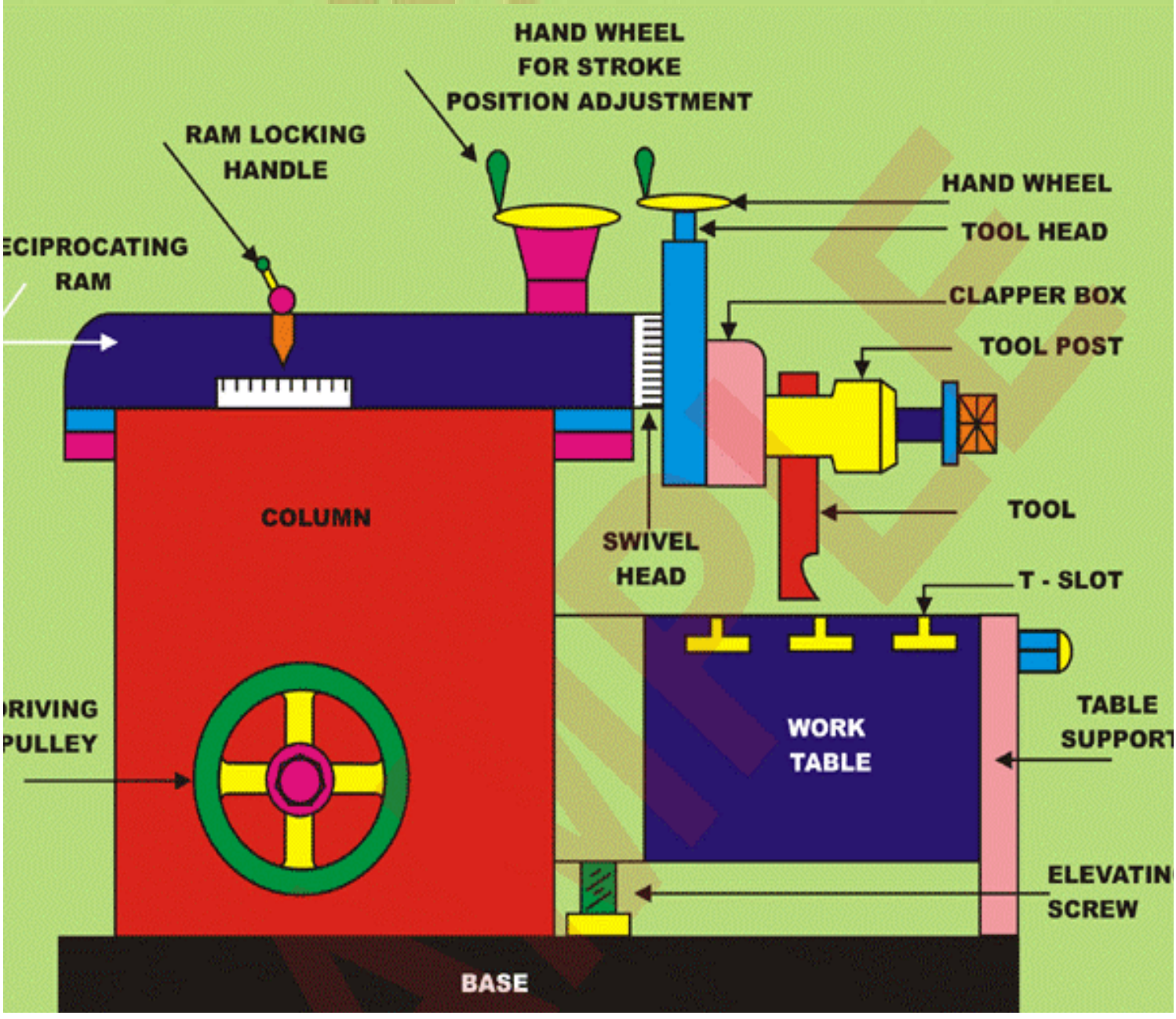
4- George Schneider Jr " *Cutting Tool Applications* " , Manufacturing Center , 2001 .

5- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

عمليـــات القشـــط



النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تضم ورش التشغيل الكثير من الماكنات المستخدمة في تشغيل المواد الهندسية والتي من ضمنها ماكنات القشط والتي تنفذ عليها العديد من العمليات التشغيلية ولمختلف المواد ولذلك فمن المهم إلقاء الضوء على هكذا ماكنة وعمليات لبيان أهميتها بالنسبة لعمليات التصنيع .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على ماكنة القشط وأجزاءها وأنواعها .

ثانياً- التعرف على أنواع الإدارة في ماكنات القشط .

ثالثاً- التعرف على كيفية تثبيت العُدد والمشغولات على المقشطة .

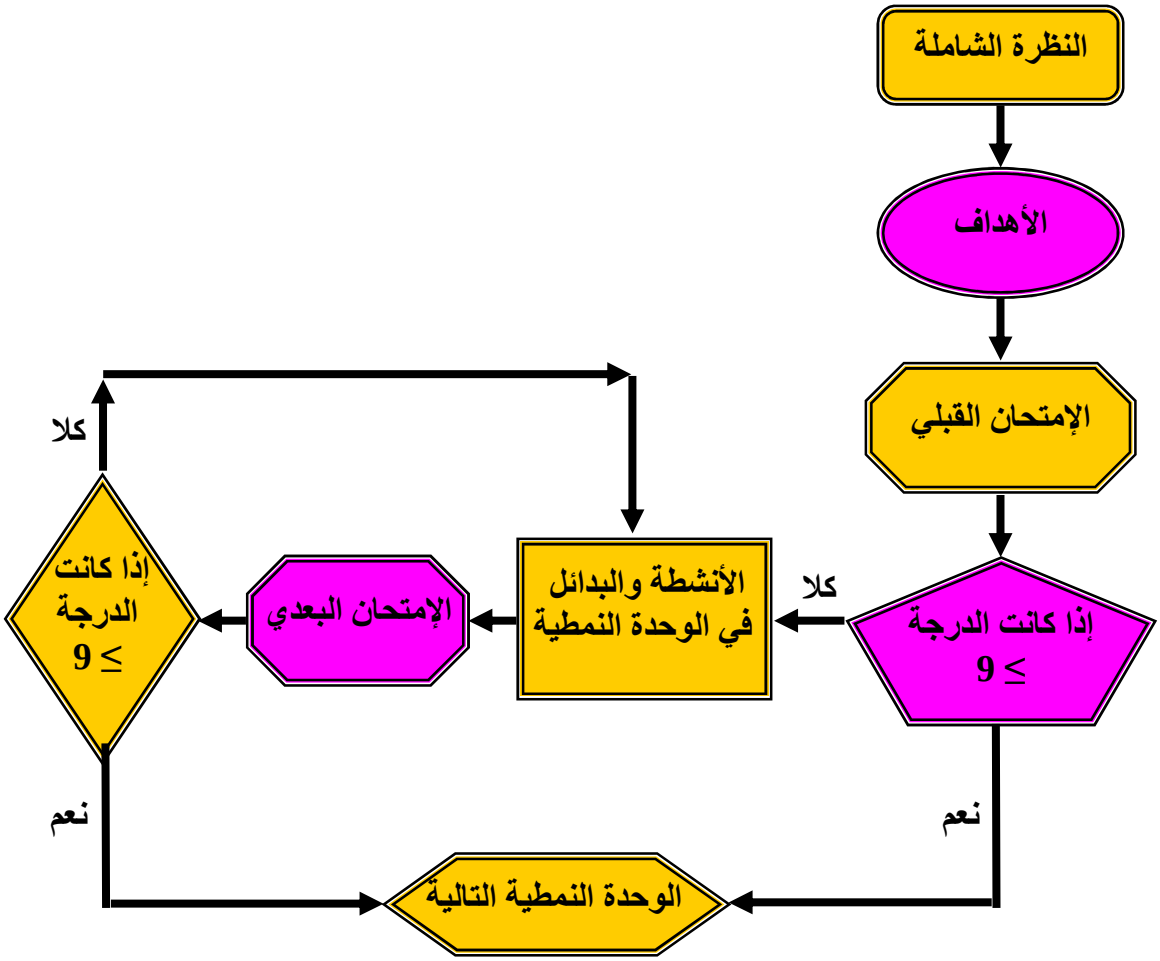
رابعاً- معرفة القوانين الخاصة بحساب معدلات التشغيل وزمن التشغيل.

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يستعمل ماكنة القشط في الورشة .
2- يتعرف على نوع العملية المجراة على ماكنة القشط وكيفية تنفيذها .
3- تحديد متغيرات القطع الضرورية للتشغيل .
4- حساب زمن شوط القطع وزمن شوط الرجوع .
5- يختار بالشكل الأمثل الملحقات المناسبة لعملية قشط معينة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

1- تكون الحركة الرئيسية للعُدة في المقشطة حركة :
أ- خطية .
ب- ترددية .
ج- دورانية .
د- محورية .

2- يكون شوط الرجوع :
أ- أقل فعالية من شوط القطع .
ب- متساوي مع شوط القطع .
ج- أكثر فعالية من شوط القطع .
د- أسرع من شوط القطع .

3- تمتلك المقشطة الرأسية :
أ- تمساحاً عمودياً مع منضدة دوارة .
ب- تمساحاً أفقياً مع منضدة ترددية .
ج- تمساحاً عمودياً مع منضدة ترددية .
د- تمساحاً أفقياً مع منضدة دوارة .

4- تستخدم المقشطة النطاحة في :
أ- عمل الثقوب الرأسية .
ب- فتح المجاري والشقوق .
ج- التخشين الإبتدائي للنماذج الأولية .
د- تشغيل الأعمدة وألواح الإنحناء .

5- تمارس الشُغلة في مقشطة العربة حركة :
أ- تغذية ترددية .
ب- القطع والرجوع .
ج- تغذية دائرية .
د- تغذية أفقية .

6- يتحرك برج تثبيت العُدة حركة :
أ- محورية .
ب- دورانية .
ج- خطية .
د- مفصلية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يتم أخذ مسافة الإقتراب الكلية للقشط بحوالي :
أ- (25mm-15mm).
ب- (20mm-10mm).
ج- (25mm-10mm).
د- (15mm-5mm).

8- يتم إدارة المقاشط الهيدروليكية بواسطة :
أ- آلية ذراع التدوير .
ب- محرك كهربائي .
ج- إسطوانة هيدروليكية تتحرك بالسوائل .
د- دوران الترس الأكبر والترس الأصغر .

9- تكون حركة التغذية في القشط :
أ- مماثلة لحركة القطع .
ب- معاكسة لحركة القطع .
ج- موازية لحركة القطع .
د- متقاطعة مع حركة القطع .

10- يتم ربط مثبت العُدة في مقشطة العربة على :
أ- القضيب المستعرض .
ب- التمساح العمودي .
ج- رأس التمساح .
د- التمساح الأفقي .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

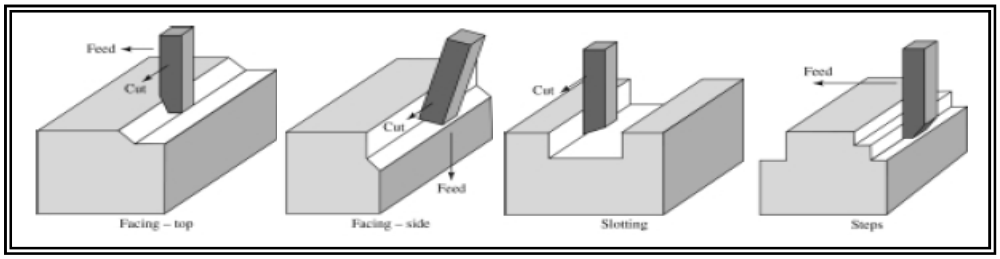
2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.7 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يمكن تعريف عملية القشط على إنها حركة نسبية مستوية ترددية في خط مستقيم بين عُدة القطع والشُغلة بإستخدام عُدة قطع ذات حافة قطع مفردة الإتصال للحصول على سطوح مستوية أو مائلة بإستخدام ماكنات القشط متعدد الأنواع والأشكال . تكون الحركة الرئيسية كما ذكرنا هي حركة ترددية لعُدة القطع والتي تمثل حركة القطع ، أما حركة التغذية فتكون بشكل عام عبارة عن حركة المنضدة التي تثبت عليها الشُغلة وتكون هذه الحركة متقاطعة مع الحركة الرئيسية لعُدة القطع . تُعطى حركة التغذية بوحدات (*mm\Stroke*) ويقصد بالشوط (*Stroke*) هو حركة العُدة للأمام والذي يمثل شوط القطع (*Cutting Stroke*) والرجوع إلى وضعها السابق وهذا يمثل شوط الرجوع (*Return Stroke*) وفي هذا الشوط لا يحدث قطع ، ويكون شوط الرجوع أسرع من شوط القطع من أجل تقليل الوقت الضائع الناتج من عدم القطع في عودة عُدة القطع . الشكل رقم (7-1) يوضح مشغولات متنوعة مشغلة بالقشط .



الشكل رقم (7-1) : مشغولات متنوعة مُشغلة بالقشط

إختبار ذاتي (1): عرف عملية القشط

2.7 ماكنات القشط (*Shaping & Planing Machines*)

هنالك ثلاث أنواع رئيسية لماكنات القشط والتي تختلف فيما بينها في إسلوب شوط القطع والرجوع وحركة التغذية ، وكذلك في أشكالها وتطبيقاتها ولكنها تشترك في ميزة واحدة وهي إنها تستخدم للحصول على سطوح مستوية ، وهذه الماكنات هي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- المقشطة النطاحة . وتقسم إلى نوعين هما

a- المقشطة النطاحة الأفقية .

b- المقشطة النطاحة العمودية

2- مقشطة العربة .

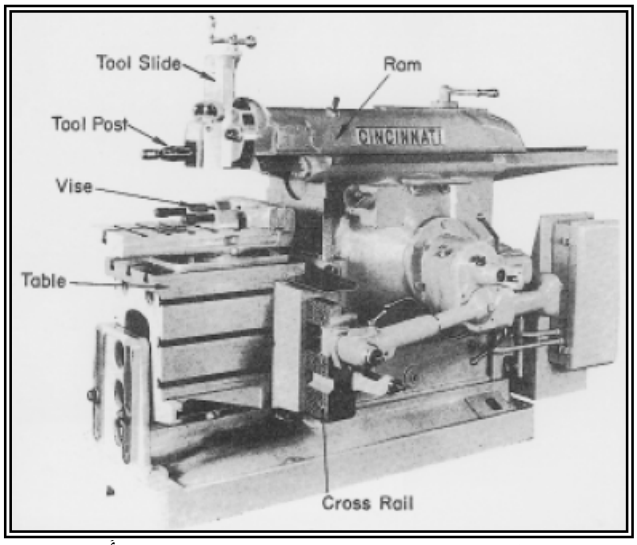
1.2.7 المقشطة النطاحة (*Shaper Machine*)

المقشطة النطاحة هي مقشطة بطيئة نسبياً وتمتلك قدرة إزالة معدن واطئة جداً . المقشطة النطاحة هي ماكنة واطئة الكلفة وتستخدم للتخشين الإبتدائي للنماذج الأولية ، وهذه المقاشط نادراً ما تستخدم للعمل الإنتاجي . هنالك نوعان من المقشطة النطاحة هما :

1.1.2.7 المقشطة النطاحة الأُفقية (*Horizontal Shaper*)

تستخدم المقشطة النطاحة الأُفقية للمشغولات الصغيرة نسبياً ،وهي موضحة في الشكل رقم (2-7) . تكون حركة ذراع التشـــغيل الذي تثبت فيه عُدة القطع والمسمى بالتمساح (*Ram*)

حركة أُفقية ذهاباً وهو شوط القطع (V_a) وإياباً وهو شوط الرجوع (V_r) فوق الشُغلة التي يتم تثبيتها على منضدة المقشطة أما المنضدة فتتحرك حركة تغذية عرضية ترددية(S) بإتجاهين . إن حركة التمساح يمكن التحكم فيها من حيث طولها ونقطة بدايتها ونهايتها . تستخدم المقشطة النطاحة الأُفقية لتشغيل السطوح المستوية أو المائلة بزاوية .

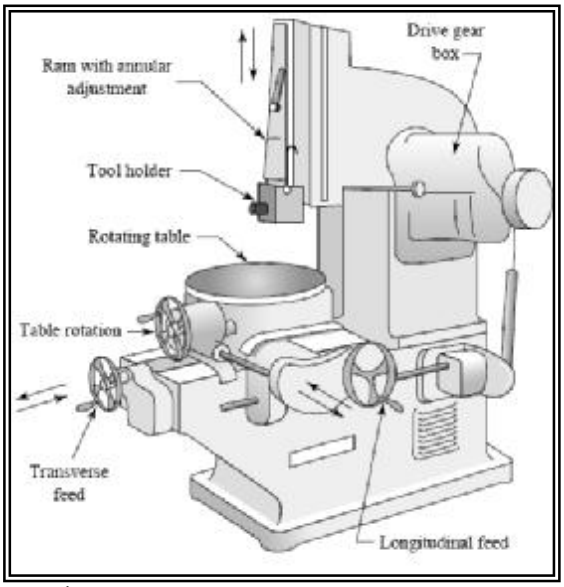


الشكل رقم (2-7) : المقشطة النطاحة الأفقية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.1.2.7 المقشطة النطاحة الرأسية (*Vertical Shaper or Slotter*)

تمتلك المقشطة النطاحة الرأسية والموضحة في الشكل رقم (7-3) تمساح عمودي مع منضدة دوارة تثبت عليها الشُغلة وسرج مشابه للموجود في المقشطة النطاحة الأُفقية ، و يمكن أن تعمل هذه المقشطة داخل أو خارج الجزء المُشغل . إن معظم العمل الذي تنفذه المقشطة النطاحة الرأسية هي فتح المجاري في الثقوب الرأسية التي يتم عملها بعمليات تشغيل أُخرى
مثل الثقب . يمارس التمساح الذي تثبت فيه عُدة القطع حركة القطع والرجوع أما المنضدة الدوارة فتمارس حركة التغذية .

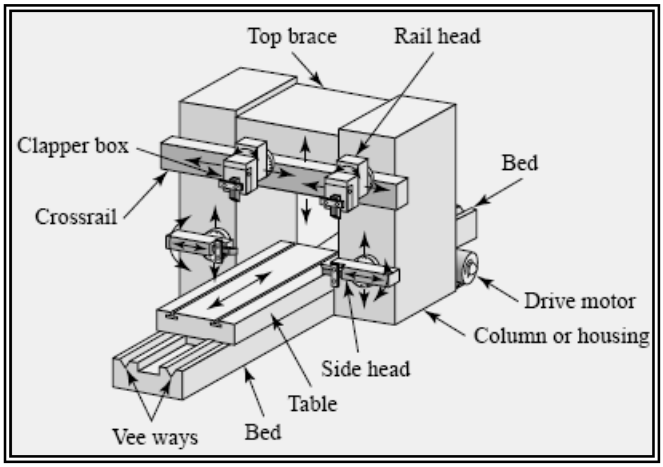


الشكل رقم (7-3) : المقشطة النطاحة الرأسية

2.2.7 مقشطة العربة (*Planer Machine*)

تستخدم هذه المقشطة والموضحة في الشكل رقم (7-4) لتشغيل الأجزاء الكبيرة والتي لا يمكن تشغيلها في المقاشط النطاحة ، حيث يمكن تشغيل السطوح المستوية أو المائلة وكذلك عمل الحزوز والمجاري في المشغولات . إن الفرق بين مقشطة العربة والمقشطة النطاحة هو إن الشُغلة هي التي تمارس شوط القطع و شوط الرجوع بينما لا تمارس عُدة القطع سوى التغذية العرضية . تكون عُدة القطع مثبتة في مُثبت العُدة (*Clapper Box*) القابل للدوران ويتم ربطه إلى القضيب المستعرض (*Cross Rail*) ، أما الشُغلة فتوضع على المنضدة المثبتة على فَرِش المقشطة . إن العمل النموذجي الذي يمكن إنجازه بواسطة مقشطة العربة هو الأعمدة ، مجموعات محرك الديزل البحري ، وألواح الإنحناء لعمل الصفائح المعدنية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (7-4) : مقشطة العربة

إختبار ذاتي (2): عدد أنواع المقاشط

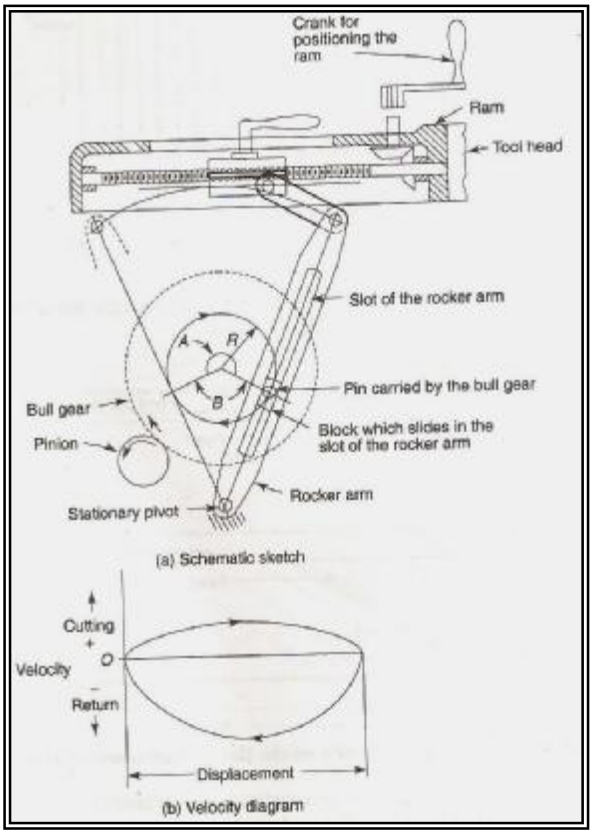
3.7 إدارة المقاشط النطاحة (*Shaper Machines Drive*)

تستمد حركة عُدة القطع الترددية في المقاشط النطاحة من محرك كهربائي أو عمود إدارة مرتبط بصندوق تغيير السرعات للتحكم في حركة التمساح وهذه الإدارة تكون على نوعين هما :

1.3.7 الإدارة الميكانيكية (*Mechanical Drive*)

وتستخدم في المقاشط النطاحة واطئة الكلفة . تعتمد هذه الإدارة على آلية ذراع التدوير (*Crank Mechanism*) وكما موضح في الشكل رقم (7-5) ، حيث يتم قيادة الترس الأكبر (*Bull Gear*) بواسطة الترس الأصغر (*Pinion Gear*) والموصول بذراع المحرك خلال صندوق تروس مع أربع أو ثماني سرعات أو أكثر أحياناً . إن دورات الترس الأكبر يتم نقلها إلى التمساح عن طريق الذراع المرتبط به لتتحول إلى شوط لكل دقيقة للمقشطة (*Stroke\ min*) . وكما ذكرنا سابقاً فإن سرعة الرجوع تكون أكبر من سرعة القطع لعدم وجود قطع ولتقليل الزمن الضائع .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (7-5) : الإدارة الميكانيكية

2.3.7 الإدارة الهيدروليكية (*Hydraulic Drive*)

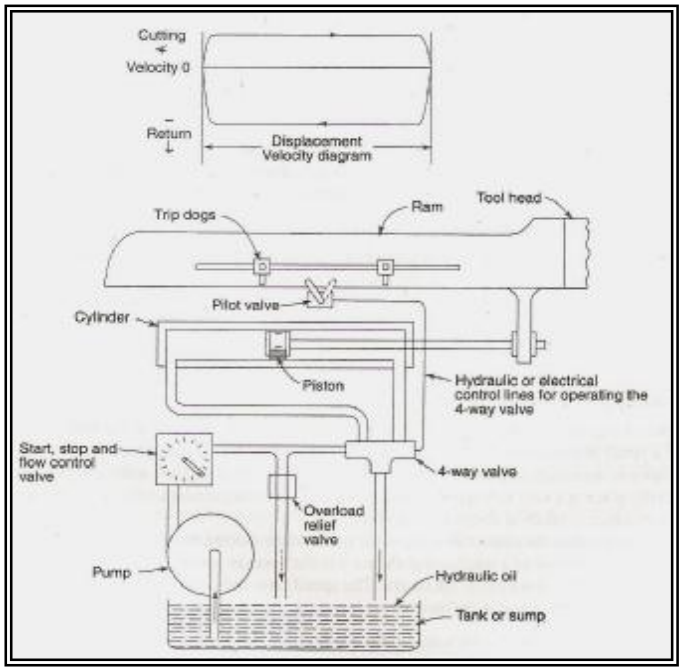
وهي موضحة في الشكل رقم (7-6) . تمتلك مقشطة الإدارة الهيدروليكية نفس الأجزاء الرئيسية التي في مقشطة الإدارة الميكانيكية ، ولكن التمساح هنا تتم إدارته بواسطة إسطوانة هيدروليكية تتحرك بالسوائل . يتم ضخ السائل الهيدروليكي بواسطة مضخة إلى أنابيب متصلة بالإسطوانة التي تحتوي داخلها على مكبس . عند إمتلاء هذه الإسطوانة بالسائل يتحرك المكبس للأمام مُحركاً التمساح معه بحركة شوط القطع ، أما عند إفراغ الإسطوانة من السائل يرجع المكبس إلى وضعه الأصلي مسبباً شوط الرجوع . تستخدم مقشطة الإدارة الهيدروليكية محركات ذات قدرة حصانية تتراوح بين (10 *hp* - 5 *hp*) . هنالك مميزات عديدة للمقشطة الهيدروليكية والتي يمكن إدراجها كالآتي :

1- تبقى سرعة القطع ثابتة خلال شوط القطع بخلاف المقشطة الميكانيكية حيث السرعة تتغير بإستمرار .
2- بما إن القدرة المتوفرة تبقى ثابتة خلال القشط ، لذلك يمكن إستخدام القدرة الكاملة للعُدة أثناء شوط القطع .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- ينعكس التمساح سريعاً بدون أية صدمة حالما يتم إستخدام الإسطوانة الهيدروليكية ، ويكون القصور الذاتي لحركة الأجزاء صغير نسبياً .
4- إن مدى سرعات القطع الممكنة عالي نسبياً في المقشطة الهيدروليكية .
5- يمكن إنجاز أشواط لكل دقيقة بشكل أكثر بواسطة إستهلاك وقت أقل عن طريق أشواط الإنعكاس والعودة .

وعلى الرغم من هذه المميزات إلا إن المقشطة الهيدروليكية تكون مكلفة بشكل أكبر مقارنة مع المقشطة الميكانيكية ، إضافة إلى ذلك تتغير نقطة التوقف لشوط القطع إعتماداً على المقاومة للقطع بواسطة مادة الشُغلة .



الشكل رقم (7-6) : الإدارة الهيدروليكية

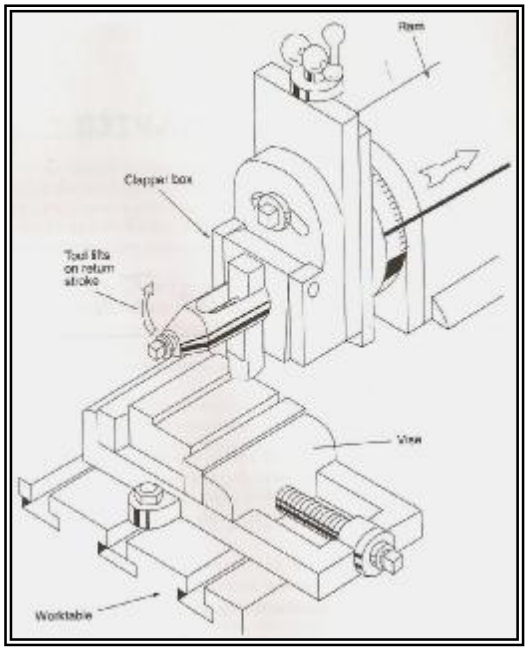
إختبار ذاتي (3): ما هو فرق الإدارة الميكانيكية عن الهيدروليكية

4.7 تثبيت عُدة القطع (*Cutting Tool Holding*)

يتم تثبيت عُدة القطع في برج خاص برأس التمساح وكما موضح في الشكل رقم (7-7) ، ويتحرك هذا البرج حركة مفصلية حول نقطة في أعلاه بحيث إن هذه الحركة تسمح للعُدة بالإنحراف خلال شوط

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الرجوع والعودة إلى وضعها الأصلي مستندة على جهة التمساح أثناء شوط القطع وبذلك لا تتعرض عُدة القطع للتلف أثناء الرجوع . كذلك تستطيع عُدة القطع الدوران بأية زاوية ، وهذا الدوران مهم للسطوح المُشغلة والتي ليست في مستوي أُفقي .



الشكل رقم (7-7) : موضع تثبيت عُدة القطع في المقشطة

إختبار ذاتي (4): لماذا يتحرك البرج في المقشطة حركة مفصلية

5.7 تثبيت المشغولات (*Workpecies Holding*)

هنالك ملحقات عديدة تضاف إلى المقاشط من أجل إستخدامها في تثبيت المشغولات عليها ، وهذه الملحقات هي نفسها المستخدمة في ماكنات التفريز حيث المشغولات الصغيرة نسبياً يتم تثبيتها بواسطة الملزمة (*Vice*) وكما تم ذكره في فصل سابق هنالك ثلاثة أنواع من الملازم التي تستخدم لهذا الغرض هي الملزمة البسيطة ، الدوارة ، والملزمة جامعة الأغراض . إضافة إلى ذلك هنالك معدات أُخرى يمكن إستخدامها في تثبيت المشغولات وهي الألواح الزاوية (*Angle Plates*) والقامطات (*Clamps*) وعناصر الإسناد . إن إستخدام هذه الأنواع من المثبتات يعتمد على شكل وهندسية الشُغلة المراد توليدها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

6.7 معدلات التشغيل (*Machining Rates*)

تعتمد معدلات التشغيل التي يتم إختيارها على عوامل عديدة هي :

1- نوع المعدن المقطوع .
2- نوع عملية القشط .
3- طبيعة القشط .
4- طبيعة وشكل السطح المقشوط .

إضافة إلى هذه العوامل فهنالك عِدة إمور يجب الإنتباه لها في عملية القشط ، فمثلاً يجب أن يتم ضبط شوط المقشطة الميكانيكية بطريقة بحيث تبدأ العُدة شوط القطع عند مسافة صغيرة قبل الشُغلة وإكمال الشوط بعد مسافة قصيرة أُخرى . هذه المسافة تسمى مسافة الإقتراب (*Approach Distance* - A_D) وهي ضرورية لإعطاء زمن كافي لإنعكاس الحركة وللتأكد بأن القطع لا يحدث عند سرعة بطيئة جداً ، كما هي الحال عند بداية ونهاية الشوط . يتم أخذ مسافة الإقتراب الكلية حوالي (25 *mm* - 15 *mm*) .

إختبار ذاتي (5): ما هي فائدة مسافة الإقتراب في القشط

1.6.7 سرعة القطع (*Cutting Speed*)

إن سرعة القطع في عملية القشط هي سرعة التماس في إتجاه القطع ويتم حسابها من المعادلة التالية :

$$V = \frac{L \times N\left(N_r + N_f\right)}{1000 \times N_f} \qquad (1)$$

حيث :

V = سرعة القطع ($m\backslash min$) .
L = طول الشوط (ويمثل طول الشُغلة + مسافة الإقتراب (A_D)) (mm).
N = عدد دورات الترس الأكبر ($Stroke\backslash min$) .
N_r = زمن شوط الرجوع .
N_f = زمن الشوط الأمامي (القطع) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ويمكن حساب نسبة السرعة (*Speed Ratio*) والتي تُشير إلى نسبة الزمن عندما يحدث القطع الحقيقي وكما يلي :

$$r = \frac{N_f}{N_r} = \frac{3}{2} \qquad (2)$$

حيث :

r = نسبة السرعة .

تكون قيمة نسبة السرعة للآليات النموذجية حوالي (1.5) .

2.6.7 زمن التشغيل (*Machining Time*)

يمكن من خلال المعادلة التالية حساب زمن التشغيل لشوط كامل واحد وهي كالتالي :

$$T = \frac{L}{N} \qquad (3)$$

ومن المعادلة التالية يمكن حساب عدد الأشواط اللازمة للقشط :

$$S_N = \frac{W}{f} \qquad (4)$$

حيث :

S_N = عدد الأشواط المطلوبة للقشط .

W = عرض الشُغلة (mm) .

f = التغذية ($mm\backslash Stroke$) .

ويكن حساب زمن التشغيل الكلي من المعادلة أدناه :

$$T_C = T \times S_N \qquad (5)$$

حيث :

T_C = زمن التشغيل الكلي (min) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مثال

ماكنة قشط نطاحة تعمل عند (120 *Stroke\min*) وتستخدم لتشغيل شُغلة أبعادها (120*mm*×250*mm*) وتغذية (0.6 *mm\Stroke*) وعمق قطع (6*mm*) . فإذا علمت إن الشوط الأمامي يكتمل في (230º) ، إحسب زمن التشغيل الكلي لهذه الشُغلة والنسبة المئوية للزمن عندما العُدة لا تلامس الشُغلة وسرعة القطع المستخدمة في التشغيل .

الحل//

نفرض مسافة الإقتراب (A_D) = 25*mm* .

$$L = l + A_D = 250 + 25 \Longrightarrow \boxed{L = 275mm}$$

$$S_N = \frac{W}{f}$$

$$S_N = \frac{120}{0.6} \Longrightarrow \boxed{S_N = 200Stroke}$$

$$T = \frac{L}{N}$$

$$T = \frac{275}{120} \Longrightarrow \boxed{T = 2.292\min}$$

$$T_C = T \times S_N$$

$$T_C = 2.292 \times 200 \Longrightarrow \boxed{T_C = 458.33\min}$$

نسبة الزمن عندما العُدة لا تلامس الشُغلة (لا يوجد قطع) تساوي :

$$time\% = \frac{360 - 230}{360} = 36.11\%$$

$$V = \frac{L \times N\left(N_r + N_f\right)}{1000 \times N_f}$$

$$V = \frac{275 \times 120 \times 360}{1000 \times 230} \Longrightarrow \boxed{V = 51.65m \setminus \min}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.6.7 القدرة المستهلكة في القشط (*Power Consumed*)

إن القدرة الحصانية المستهلكة في عملية القشط يمكن حسابها من المعادلة أدناه :

$$Power(P) = K \times MRR \qquad (6)$$

حيث :

P = القدرة المستهلكة (hp) .

K = ثابت يستخدم لحساب القدرة الحصانية المستهلكة .

MRR = معدل إزالة المادة (mm^3) .

ويمكن حساب معدل إزالة المادة من المعادلة التالية :

$$MRR = V \times f \times d \qquad (7)$$

حيث :

V = سرعة القطع $(m\backslash min)$.

dp = عمق القطع (mm) .

ويمكن تطبيق هذه المعادلة على عمليات الخراطة ، الثقب ، والتفريز إضافة إلى القشط .

مثال

إحسب القدرة المستهلكة لتشغيل قطعة من الفولاذ ذو صلادة$(375BHN)$ بواسطة القشط مع عمق قطع $(4mm)$ وتغذية $(0.4 \quad mm\backslash Stroke)$ وبسرعة قطع قدرها $(65m\backslash min)$. علماً إن ثابت القدرة الحصانية المستهلكة هو (79×10^{-6}) .

الحل//

$$MRR = V \times f \times d$$
$$MRR = 1000 \times 65 \times 0.4 \times 4 \Longrightarrow MRR = 104 \times 10^3 mm^3$$

$$P = K \times MRR$$
$$P = 79 \times 10^{-6} \times 104 \times 10^3 \Longrightarrow P = 8.216hp$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- تستخدم مقشطة الإدارة الهيدروليكية محركات ذات قدرة حصانية :
أ- (12hp-5).
ب- (20hp-10).
ج- (15hp-5).
ذ- (10hp-5).

2- إن العمل الأساسي للمقاشط الرأسية هو :
أ- فتح المجاري والشقوق .
ب- تشغيل السطوح المستوية .
ج- تشغيل المشغولات الكبيرة .
د- إنتاج السطوح المعقدة .

3- تمثل سرعة القشط في المقاشط النطاحة :
أ- سرعة الشُغلة .
ب- سرعة منضدة العمل .
ج- سرعة التمساح بإتجاه القطع .
د- سرعة الرجوع .

4- تتغير نقطة التوقف لشوط القطع للمقاشط الهيدروليكية إعتماداً على :
أ- سرعة القطع .
ب- المقاومة للقطع بواسطة مادة الشُغلة .
ج- سرعة القطع .
د- قدرة القطع المتوفرة .

5- يكون شوط الرجوع أسرع من القطع من أجل :
أ- تقليل الصدمة عند إنعكاس التمساح .
ب- ضبط سرعة المقشطة .
ج- تقليل الوقت الضائع عند عدم القطع .
د- تثبيت نقطة التوقف لشوط القطع .

6- تستعمل مقاشط العربة لتشغيل :
أ- الأجزاء الكبيرة .
ب- الأجزاء المعقدة .
ج- الأجزاء الصغيرة .
د- الأجزاء غير المنتظمة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يمكن إستعمال القدرة الكاملة للعُدة في المقاشط الهيدروليكية أثناء القطع بسبب :
أ- ثبوت سرعة شوط القطع .
ب- القصور الذاتي الصغير لحركة الأجزاء .
ج- الإنعكاس المستقر للتمساح .
د- ثبوت القدرة المتوفرة خلال القشط .

8- تستعمل الإدارة الميكانيكية في المقاشط :
أ- ذات الدقة العالية في التشغيل .
ب- واطئة الكلفة .
ج- عالية الكلفة .
د- عنيفة الإنجاز .

9- العُدة في مقاشط العربة :
أ- تمارس حركة التغذية العرضية فقط .
ب- تمارس حركة القطع والرجوع .
ج- تمارس حركة التغذية الدائرية فقط .
د- تبقى ثابتة .

10- تتحرك المنضدة في المقاشط النطاحة الأفقية حركة تغذية :
أ- بإتجاه واحد .
ب- دائرية .
ج- ترددية بإتجاهين .
د- عرضية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- هي حركة نسبية مستوية ترددية في خط مستقيم بين عُدة القطع والشُغلة بإستخدام عُدة قطع ذات حافة قطع مفردة الإتصال للحصول على سطوح مستوية أو مائلة بإستخدام ماكنات القشط متعدد الأنواع والأشكال .	1	د
2	د	2- المقاشط النطاحة وتقسم إلى الأفقية والرأسية ، مقاشط العربة .	2	أ
3	أ	3- تعتمد الإدارة الميكانيكية على آلية ذراع التدوير، حيث يتم قيادة الترس الأكبر بواسطة الترس الأصغر والموصول بذراع المحرك خلال صندوق تروس مع أربع أو ثماني سرعات أو أكثر أحياناً .أما في الإدارة الهيدروليكية فيتم إدارة التمساح بواسطة إسطوانة هيدروليكية تتحرك بالسوائل . يتم ضخ السائل الهيدروليكي بواسطة مضخة إلى أنابيب متصلة بالإسطوانة التي تحتوي داخلها على مكبس . عند إمتلاء هذه الإسطوانة بالسائل يتحرك المكبس للأمام مُحركاً التمساح معه بحركة شوط القطع ، أما عند إفراغ الإسطوانة من السائل يرجع المكبس إلى وضعه الأصلي مسبباً شوط الرجوع .	3	ج
4	ج	4- تسمح هذه الحركة للعُدة بالإنحراف خلال شوط الرجوع والعودة إلى وضعها الأصلي مستندة على جهة التمساح أثناء شوط القطع وبذلك لا تتعرض عُدة القطع للتلف أثناء الرجوع . كذلك تستطيع عُدة القطع الدوران بأية زاوية ، وهذا الدوران مهم للسطوح المُشغلة والتي ليست في مستوي أفقي .	4	ب
5	ب	5- إعطاء زمن كافي لإنعكاس الحركة وللتأكد بأن القطع لا يحدث عند سرعة بطيئة جداً ، كما هي الحال عند بداية ونهاية الشوط .	5	أ
6	د		6	ج
7	أ		7	د
8	ج		8	ب
9	د		9	أ
10	أ		10	ج

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

3- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

4- George Schneider Jr " *Cutting Tool Applications* " , Manufacturing Center , 2001 .

5- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

عمليـــات التجليخ

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تضم ورش التشغيل الكثير من الماكنات المستخدمة في تشغيل المواد الهندسية والتي من ضمنها ماكنات التجليخ والتي تعتبر من ماكنات الإنهاء السطحي والمستعملة لإجراء العديد من العمليات التشغيلية النهائية ولمختلف المواد ولذلك فمن المهم إلقاء الضوء على هكذا ماكنة وعمليات لبيان أهميتها بالنسبة لعمليات التصنيع .

3- الفكرة المركزية :

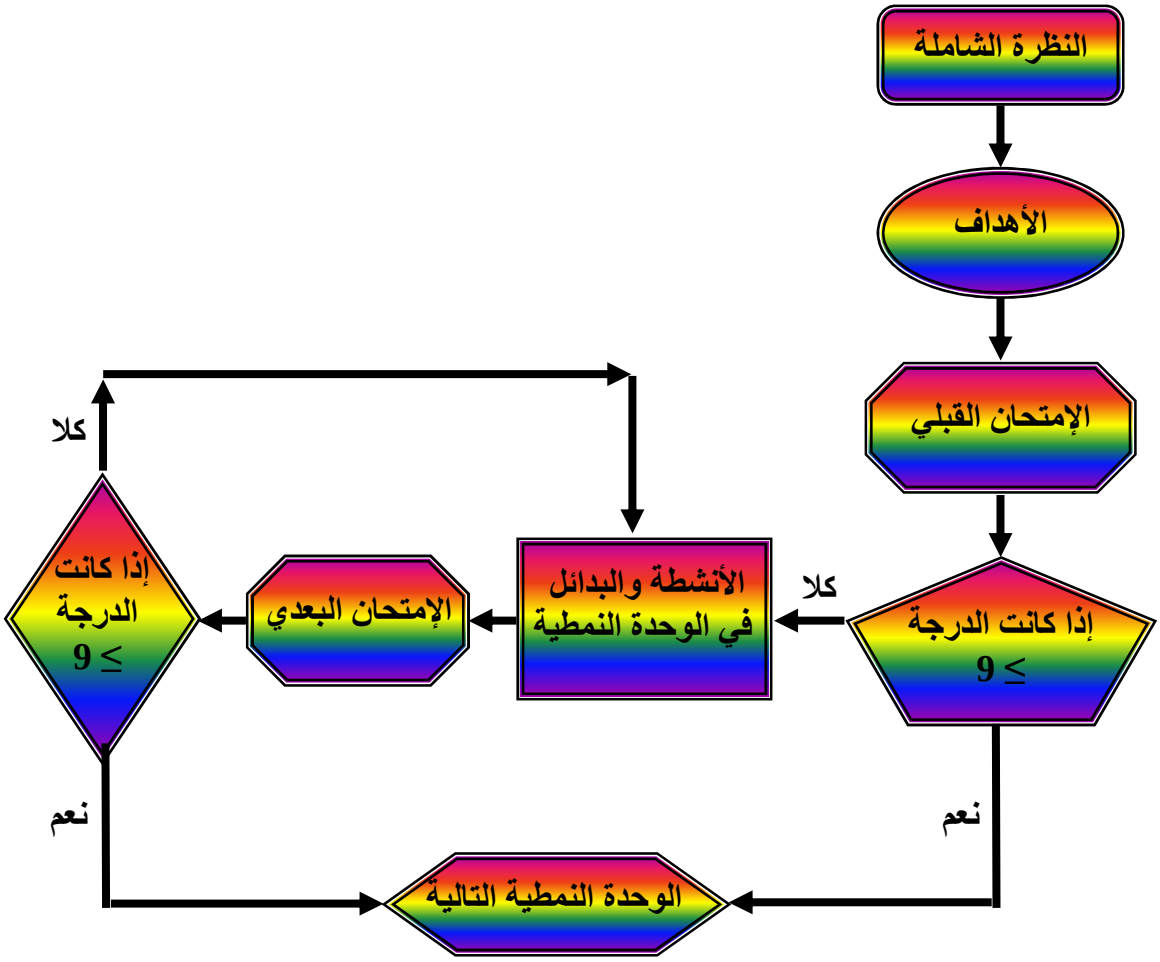
أولاً- التعرف على ماكنات التجليخ .
ثانياً- التعرف على مكونات أحجار التجليخ .
ثالثاً- التعرف على أنواع ومزايا أحجار التجليخ .
رابعاً- معرفة طرق ترقيم أحجار التجليخ .
خامساً- التعرف على كيفية شحذ أحجار التجليخ .
سادساً- التعرف على الحسابات المتعلقة بعمليات التجليخ .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يستعمل حجر التجليخ المناسب لعملية الإنهاء السطحي .
2- يتعرف على نوعية المواد الداخلة في تركيب حجر التجليخ المستعمل .
3- يشحذ ويسن الأحجار وبدقة .
4- يحسب قيم معدلات التشغيل وزمن التجليخ .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- تمتلك الحبيبات الحاكة زاوية جرف مقدارها :
أ- صفر أو موجبة .
ب- صفر أو سالبة .
ج- صفر أو متعادلة .
د- صفر .

2- تعتبر عمليات التجليخ من عمليات :
أ- الإنهاء السطحي .
ب- التخشين .
ج- التنعيم .
د- التشغيل العنيف .

3- يتأثر لون حجر التجليخ المصنع من أُوكسيد الألمنيوم بـ :
أ- الحجم الحبيبي لأُوكسيد الألمنيوم .
ب- درجة صلادة أُوكسيد الألمنيوم .
ج- درجة نقاوة أُوكسيد الألمنيوم .
د- نوع المادة الرابطة .

4- تستعمل أحجار تجليخ كاربيد السليكون الخضراء لتجليخ :
أ- المعادن اللاحديدية .
ب- الفولاذ الحساس للحرارة .
ج- فولاذ العُدد .
د- الكاربيد المسمنت .

5- يتكون الرابط الراتنجي من راتنج :
أ- الإيبوكسي .
ب- الفينول .
ج- البولي أستر .
د- الفنيل أستر .

6- يستعمل الحجر الفنجاني لتجليخ :
أ- العُدد .
ب- السطوح الإسطوانية .
ج- السطوح المستوية .
د- النتوءات .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- إن الرقم الأول في نظام ترقيم أحجار التجليخ يعني :
أ- مقياس صلادة الحجر .
ب- التركيب الهيكلي للحجر .
ج- رمز المصنع للحجر .
د- الرمز التعريفي للحجر المصنع .

8- يميل حجر الضبط في التجليخ اللامركزي بزاوية (α) من أجل :
أ- دفع الشُغلة للأسفل .
ب- منح الشُغلة حركة محورية .
ج- تجليخ السطوح المائلة بزاوية .
د- تجليخ الزوايا والأكتاف .

9- تستعمل القوة الشراعية لحساب :
أ- عزم التدوير والقدرة اللازمة للإدارة .
ب- القدرة الناتجة من التغذية .
ج- الضغط المسلط على الشُغلة .
د- صلادة وجساءة النظام الآلي للماكنة .

10- تمثل سرعة دوران الشُغلة :
أ- التغذية الدائرية .
ب- التغذية الطولية .
ج- التغذية العرضية .
د- معدل التغذية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

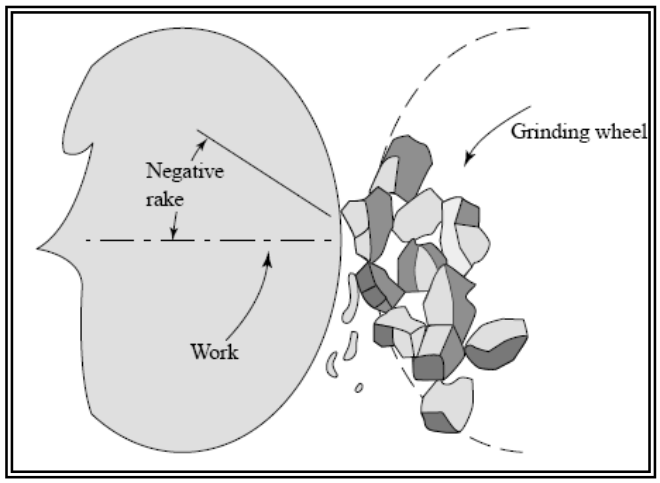
2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.8 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يُعرف التجليخ (*Grinding*) أو التشغيل الإحتكاكي على إنه عملية إزالة للمعدن بشكل دقائق رايش صغيرة بواسطة فعل الإحتكاك الناتج من تماس المعدن مع حجر التجليخ الذي يحتوي على الحبيبات الحاكة غير المنتظمة (*Abrasive Grits*) . تُستخدم أحجار التجليخ (*Grinding Wheels*) في تشغيل السطوح ذات الصلادة العالية والتي لا يمكن تشغيلها بطرق التشغيل الأُخرى بحيث تعطي إنهاء سطحي جيد وبتفاوت مضبوط . ويمكن إعتبار التجليخ عملية إنهاء سطحي نظراً للمعدن القليل الذي يزيله وجودة السطح الناتجة . تمتلك الحبيبات الحاكة زاوية جرف (*Rake Angle*) مقدارها صفر أو تكون قيمتها سالبة عندما تبدأ بالقطع مولدة عدد كبير من دقائق الرايش الصغيرة والمتوهجة نتيجة السرعة الدورانية العالية لحجر التجليخ. الشكل رقم (8-1) يوضح كيفية عمل الحبيبات الحاكة .



الشكل رقم (8-1) : كيفية عمل الحبيبات الحاكة

إختبار ذاتي (1): لما يعتبر التجليخ عملية إنهاء سطحي

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.8 تركيب أحجار التجليخ (*Grinding Wheels Structure*)

تتكون أحجار التجليخ من مادتين أساسيتين هما :

أولاً – المادة الحاكة (Abrasive Material) .

وتكون بشكل حبيبات صلدة تستطيع حك بقية المواد ، ويوجد نوعان من المواد الحاكة هي :

1- المواد الحاكة الطبيعية (Natural Abrasive Materials) .

هذه المواد موجودة في الطبيعة وتستخدم منذ أزمنة طويلة ومن الأمثلة عليها الحجر الرملي والماس الطبيعي .

2- المواد الحاكة الصناعية (Manufactured Abrasive Materials) .

تصنع هذه المواد من أكاسيد وكاربيدات صناعية وهي شائعة الإستخدام في عمليات التجليخ ، وتقسم هذه المواد إلى عِدة أنواع هي :

1- أُوكسيد الألمنيوم (Aluminum Oxide) .

ينتج أُوكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) من تنقية وتكرير خام البوكسايت في فرن كهربائي . تُصنع أحجار تجليخ أُوكسيد الألمنيوم من مواد حاكة تختلف في درجات نقاوتها لإعطائها صفات معينة لعمليات وتطبيقات التجليخ المختلفة . يتأثر لون حجر التجليخ بدرجة نقاوة أُوكسيد الألمنيوم ، ومن أكثر الدرجات إستخداماً هي :

a- أحجار التجليخ ذات اللون الرمادي (Gray Grinding Wheels) .

وتبلغ نقاوتها (95%) وتستخدم لتجليخ أنواع الفولاذ وبقية السبائك اللاحديدية .

b- أحجار التجليخ ذات اللون الأبيض (White Grinding Wheels) .

وتكون نقية إلى حد ما وقابلة للتفتت . تستخدم هذه الأحجار في تجليخ أنواع الفولاذ عالية المقاومة الحساسة للحرارة .

2- كاربيد السليكون (Silicon Carbide) .

وتكون الأحجار المُصنعة من كاربيد السليكون أصلد وأكثر هشاشة من أحجار تجليخ أُوكسيد الألمنيوم . هنالك نوعان من أحجار كاربيد السليكون هي :

a- أحجار التجليخ السوداء (Black Grinding Wheels) .

وتستخدم لتجليخ حديد الزهر ، المعادن اللاحديدية مثل النحاس ، البراص ، الألمنيوم ، والمغنيسيوم ، والمواد اللامعدنية مثل السيراميك والأحجار الكريمة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

b- أحجار التجليخ الخضراء (Green Grinding Wheels) .

وتكون أكثر قابلية للتفتت من الأحجار السوداء وتستخدم لتجليخ الكاربيد المسمنت .

3- نتريد البورون المكعب (Cubic Boron Nitride) .

ويمتلك صلادة عالية وحاد جداً وهو أحدث المواد الحاكة المُصنعة وأصلد من أُوكسيد الألمنيوم بمرتين ونصف ويمكن أن يحتفظ بصلادته حتى درجة حرارة ($650^{o}C$) . يُستخدم نتريد البورون المكعب(CBN) لتجليخ فولاذ السرعات العالية خارق الصلادة ، فولاذ العُدد والقوالب ، والفولاذ المقاوم للصدأ .

4- الماس الصناعي (Synthetic Diamond) .

ويستخدم في تجليخ أنواع الفولاذ ذات المتانة والصلادة العاليتين ، الكاربيد المسمنت ، وعُدد قطع أُوكسيد الألمنيوم .

ثانياً– المادة الرابطة (Bond Material) .

يتم جمع المواد الحاكة مع بعضها داخل حجر التجليخ بواسطة المادة الرابطة . المادة الرابطة لا تقطع خلال عملية التجليخ وإنما هي وسيلة لمسك الحبيبات الحاكة مع بعضها بدرجات مقاومة متفاوتة . ويمكن تقسيم المواد الرابطة إلى مجاميع عديدة هي :

1- المواد الرابطة المزججة (Vitrified Bonds) .

تُستخدم هذه المواد في أكثر من (75%) من أحجار التجليخ . يتم خلط المادة الحاكة مع المادة الرابطة والتي تكون على شكل مادة طينية ، وبعدها يُشكل الخليط لشكل الحجر المطلوب ثم يُلبد بدرجة حرارة ($1316\ ^{o}C$) حتى يتماسك . الأحجار المزججة تكون قوية وذات ثباتية عالية وتحتفظ بمقاومة عالية في درجات الحرارة العالية ولا تتأثر بالماء ، الزيوت ، والأحماض ولكن أحد عيوب هذه المواد هي مقاومتها الضعيفة للصدمة .

2- المواد الرابطة الراتنجية (Resinoid Bonds) .

وتأتي بالمرتبة الثانية من حيث الإستخدام مقارنة بالمواد المزججة . يتم خلط راتنج الفينول بشكل سائل أو مسحوق مع الحبيبات الحاكة وصبها بشكل حجر التجليخ المطلوب ، ويُعالج عند درجة حرارة ($182\ ^{o}C$) . الإستخدام الرئيسي لهذه الأحجار هو في التجليخ الخشن .

3- المواد الرابطة السليكاتية (Silicate Bonds) .

تُستخدم هذه المواد عندما تكون هنالك حاجة لإبقاء الحرارة المتولدة بواسطة التجليخ في أدنى مستوى .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- مواد ربط الشيلاك (Shellac Bonds) .

هو مادة ربط عضوية تُستخدم في أحجار التجليخ لإنتاج سطوح ذات نعومة عالية مثل الدرافيل ، ولا تُستخدم هذه المواد عادة في عمليات التجليخ العنيفة .

5- المواد الرابطة المطاطية (Rubber Bonds) .

تكون هذه النوعية من الأحجار ذات قوة والمتانة العاليتين وتستخدم عندما تكون هنالك حاجة لإنتاج سطوح ذات نعومة عالية مثل سطوح المحامل .

6- المواد الرابطة المعدنية (Metallic Bonds) .

و تُستخدم كمواد ربط للمواد الحاكة الماسية وتستخدم كذلك في التجليخ الإلكتروليتي حيث المادة الرابطة يجب أن تكون موصلة كهربائياً .

إختبار ذاتي (2): ما هو تركيب أحجار التجليخ

3.8 تصنيع أحجار التجليخ (*Manufacturing of G. W.*)

يمكن إتباع الخطوات التالية في تصنيع أحجار التجليخ :

1- يتم طحن المواد الحاكة التي يُراد تصنيع الحجر منها في مطاحن خاصة للحصول على الحبيبات بحجم حبيبي متدرج .

2- تُعرض الحبيبات الحاكة المطحونة في الخطوة الأُولى لمجال مغناطيسي من أجل عزل المركبات الحديدية منها .

3- تُغسل الحبيبات بعد ذلك بالماء والمحاليل الخاصة لإزالة الأتربة والمواد الغريبة منها .

4- تُخلط الحبيبات الحاكة بعد تجفيفها مع المادة الرابطة المناسبة ومن ثم صب الخليط الناتج في قوالب خاصة لها نفس حجم حجر التجليخ المطلوب وتُعرض إلى درجات حرارية مختلفة وحسب نوع المادة الرابطة من أجل تلبيدها وإكسابها المتانة المطلوبة .

5- يتم تسوية سطح الأحجار وإختبارها لمعرفة خواصها الميكانيكية والفيزيائية وأي من عمليات التشغيل تناسبها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4.8 أنواع أحجار التجليخ (*Types of Grinding Wheels*)

إن نوع حجر التجليخ يتم تحديده على أساس شكله وحجمه واللذان يُعتبران من العوامل المهمة التي تُحدد إختيار حجر التجليخ المناسب لكل عملية تشغيل . وعلى العموم يجب أن يوفر حجم وشكل الحجر الإتصال المناسب بينه وبين السطح المُشغل . هنالك ثمانية أشكال قياسية لأحجار التجليخ موضحة في الشكل رقم (2-8) وهي كالآتي :

1- المستوي (Straight) . و يستخدم لتجليخ السطوح المستوية و السطوح الإسطوانية الداخلية والخارجية.

2- المجوف من طرف واحد (Recessed One Side) . وإستخدامه أيضاً مثل الحجر المستوي ويمكن تثبيته أما على محيطه أو على جانبيه .

3- المجوف من طرفين (Recessed Two Side) . وهو يشبه الحجر المجوف من طرف واحد وله نفس إستخداماته .

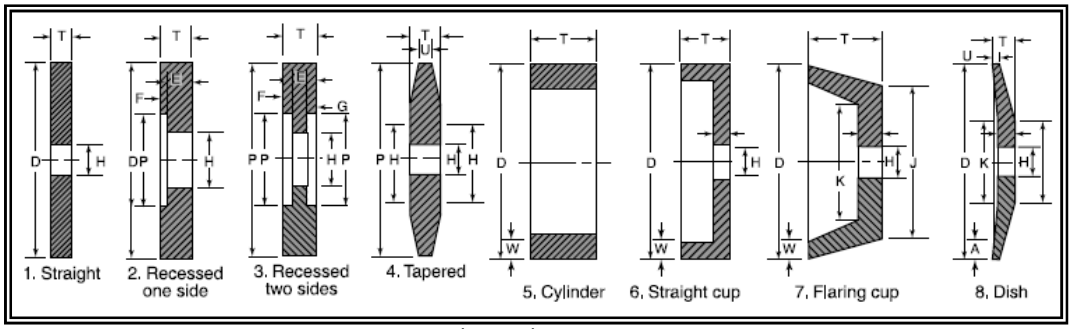
4- المُستدق من الجانبين (Tapered) . يُستخدم هذا الحجر مع شفة مُستدقة الطرفين (*Tapered Flange*) بحيث إذا كُسِر الحجر أثناء التجليخ الخشن مثل إزالة النتوءات فإن هذه الشفة سوف تمنع أجزاء الحجر المتكسرة من التطاير .

5- الإسطواني (Cylinder) . و يستخدم لتجليخ السطوح المستوية .

6- المُتسع المستوي (Straight Cup) . و يستخدم أيضاً لتجليخ السطوح المستوية .

7- المُتسع تدريجياً أو الفنجاني (Flaring Cup) . ويستخدم لتجليخ العُدد .

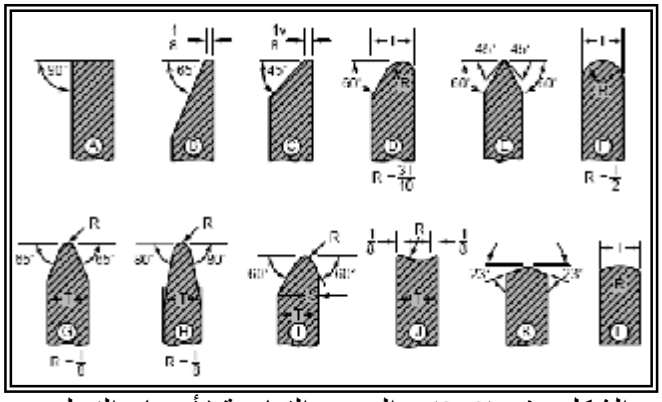
8- القرصي (Dish) . يستخدم لتجليخ العُدد والمناشير .



الشكل رقم (2-8) : أنواع أحجار التجليخ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الشكل رقم (3-8) يوضح الوجوه القياسية الشائعة الإستخدام في أحجار التجليخ . إن حجر التجليخ المستخدم يتأثر قبل كل شيء بقيم دوران عمود الدوران (*rpm*) المتوفرة على ماكنة التجليخ وسرعة القطع المناسبة للحجر .



الشكل رقم (3-8) : الوجوه القياسية لأحجار التجليخ

إختبار ذاتي (3): عدد أنواع أحجار التجليخ

5.8 نظام ترقيم أحجار التجليخ (*Marking System*)

تمتلك أحجار التجليخ نظام ترقيم خاص بها يعتمد على عدد من المتغيرات والتي من خلالها يتم تصنيف نوع حجر التجليخ وهذه المتغيرات هي :

1- نوع المادة الحاكة .
2- نوع المادة الرابطة .
3- الحجم الحُبيبي للمادة الحاكة .
4- التركيب الهيكلي للحجر .
5- صلادة حجر التجليخ .
6- شكل وحجم حجر التجليخ .

ونظام الترقيم الذي يضم كل هذه المتغيرات تم إقراره من قِبل المعهد الوطني الأمريكي للقياسات(*ANSI*) ، ويضم نظامين أساسيين هما :

1- **نظام ترقيم أُوكسيد الألمنيوم وكاربيد السليكون (Al_2O_3 & SiC Marking System).**

هذا النظام موضح في الشكل رقم (4-8) ويمكن أن نأخذ المثال التالي لتوضيحه .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث تعني هذه الرموز الآتي :

51–**A**–36–**L**–5–**V**–23

51 - رمز المصنع للحجر .

A - رمز المادة الحاكة (Al_2O_3=*A*, *SiC*=*C*) .

36 - الحجم الحُبيبي للمادة الحاكة .

[(8 - 24) خشن ، (30 - 60) متوسط ، (70 - 180) ناعم ، (220 - 600) ناعم جداً] وكما موضح في الشكل رقم (8-5-a) .

L - مقياس صلادة الحجر . [(*H-A*) لين ، (*P-I*) متوسط ، (*Z-Q*) صلد] .

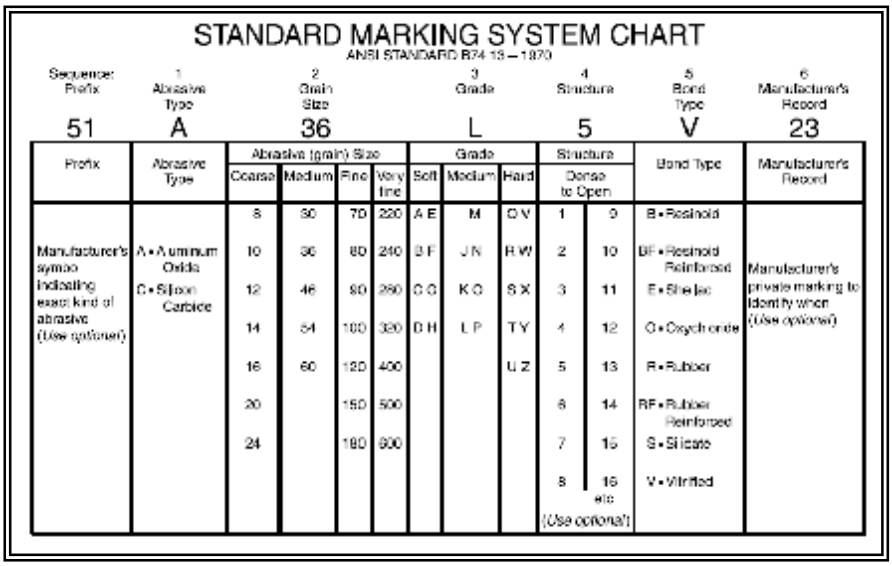
5- التركيب الهيكلي للحجر .

ويُشير إلى كون تركيب الحجر مفتوح إذا كانت المسافات الفاصلة بين الحبيبات كبيرة أو يكون تركيبه مكتظ إذا كانت هذه المسافات صغيرة وهو يتراوح من (1 – 16) وكما موضح في الشكل رقم (8-5-b).

V – نوع المادة الرابطة .

[*B*=راتنج ، *BF*= راتنج مقوى ، *E*= شيلاك ، *O*= أُوكسي كلورايد ، *R*= مطاط ، *RF* = مطاط مقوى ، *S*= سيليكات ، *V*= رابط مزجج].

23- الرمز التعريفي للحجر المُصَنع . (إنتاج ضمن مواصفات قياسية معتمدة) .



STANDARD MARKING SYSTEM CHART

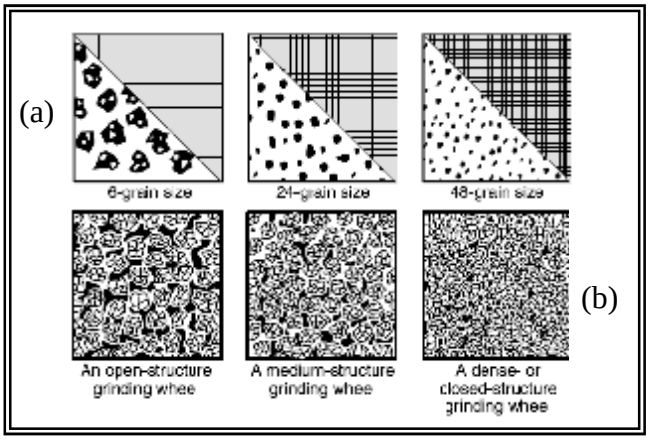
ANSI STANDARD B74.13—1970

Sequence: Prefix	1 Abrasive Type	2 Grain Size	3 Grade	4 Structure	5 Bond Type	6 Manufacturer's Record
51	A	36	L	5	V	23

Prefix	Abrasive Type	Abrasive (grain) Size: Coarse	Medium	Fine	Very fine	Grade: Soft	Medium	Hard	Structure: Dense	to Open	Bond Type	Manufacturer's Record
Manufacturer's symbol indicating exact kind of abrasive (Use optional)	A • Aluminum Oxide C • Silicon Carbide	8	30	70	220	A E	M	O V	1	9	B • Resinoid	Manufacturer's private marking to identify wheel (Use optional)
		10	36	80	240	B F	J N	R W	2	10	BF • Resinoid Reinforced	
		12	46	90	280	C G	K O	S X	3	11	E • Shellac	
		14	54	100	320	D H	L P	T Y	4	12	O • Oxychloride	
		16	60	120	400			U Z	5	13	R • Rubber	
		20		150	500				6	14	RF • Rubber Reinforced	
		24		180	600				7	15	S • Silicate	
									8	16 etc (Use optional)	V • Vitrified	

الشكل رقم (8-4) : نظام ترقيم أوكسيد الألمنيوم وكاربيد السليكون

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (8-5) a - الحجم الحُبيبي للمادة الحاكة b- التركيب الهيكلي لحجر التجليخ

1- نظام ترقيم نتريد البورون المكعب والماس (CBN& Diamond Marking System).

وهو موضح في الشكل رقم (8-6) ، والمثال التالي يوضح هذا النظام .

$$\mathbf{M} - \mathbf{D} - 100 - \mathbf{P} - 100 - \mathbf{B} - - \tfrac{1}{8}$$

حيث إن :

M- رمز المُصنع .

D- نوع المادة الحاكة . (*D*= الماس ، *B*= نتريد البورون المكعب) .

100- حجم الحبيبات الحاكة . (20 – 1000) .

P- مرتبة الصلادة . (*A* لين – *Z* صلب) .

100- تركيز الماس . (25 واطئ – 100 عالي) .

B- نوع المادة الرابطة . (*B*= راتنج ، *M*= معدن ، *V*= رابط مزجج) .

1/8- عمق الماس (بالإنج) . (1/8 ، 1/4 ، 1/16) .

STANDARD MARKING SYSTEM CHART
FOR DIAMOND AND CBN WHEELS

M D 100 - P 100 - B 1/8

Prefix	Abrasive Type	Grit Size	Grade	Diamond Concentration	Bond	Bond Modification	Diamond Depth (in.)
Manufacturer's symbol to indicate type of diamond	B Cubic boron nitride D Diamond	20 1000	A (soft) to Z (hard)	25 (low) 50 75 100 (high)	B Resinoid M Metal V Vitrified	A letter or numeral or combination used here will indicate a variation from standard bond	1/16 1/8 1/4 Absense of depth symbol indicates solid diamond

الشكل رقم(8-6) : نظام ترقيم نتريد البورون المكعب والماس

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

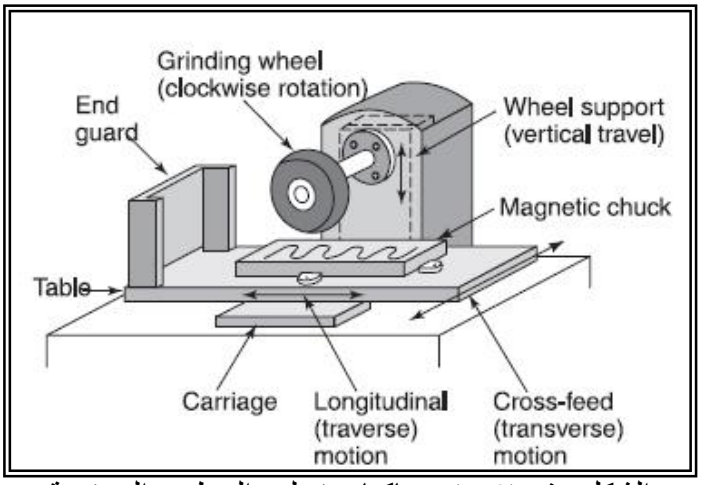
إختبار ذاتي (4): ما هو التركيب الهيكلي لأحجار التجليخ

6.8 ماكنات التجليخ (*Grinding Machines*)

يمكن تقسيم ماكنات التجليخ إلى أربعة مجاميع رئيسية هي :

أولاً – ماكنات تجليخ السطوح المستوية (Surface Grinding Machines) .

وتستخدم بشكل أساسي لتجليخ السطوح المستوية وهي موضحة في الشكل رقم (8-7) . هنالك أربعة أنواع أساسية من هذه الماكنات موضحة في الشكل رقم (8-8) والتي تختلف من حيث حركة المنضدة وتوجيه أعمدة دوران حجر التجليخ وهذه الأنواع هي :



الشكل رقم (8-7) : ماكنات تجليخ السطوح المستوية

1- عمود الدوران الأُفقي والمنضدة الترددية .

وهو من أكثر الأنواع شيوعاً في الإستخدام الصناعي . هذا النوع من الجلاخات متوفر في أحجام مختلفة لتلائم الشُغلات الكبيرة والصغيرة . تتحرك الشُغلة للأمام وللخلف تحت حجر التجليخ المثبت على عمود دوران أُفقي ومحيطه هو الذي يمارس القطع(الشكل رقم (8-8-*a*)) .

2- عمود الدوران الأُفقي والمنضدة الدوارة .

يمتلك هذا النوع من الجلاخات السطحية حجر التجليخ موضوع بشكل أُفقي أيضاً ومحيطه هو المسؤول عن القطع إلا إن المنضدة التي تُثبت عليها الشُغلة تدور (360º) تحت رأس الحجر(إنظر الشكل رقم (8-8-*b*)).

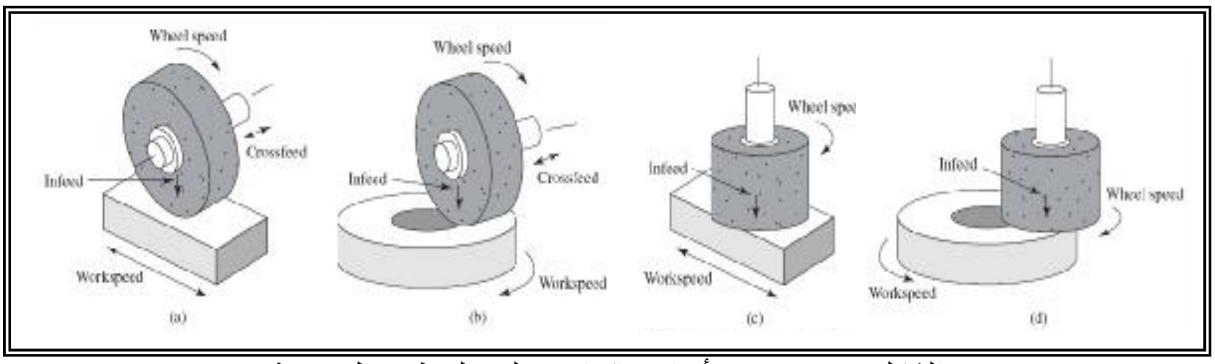
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- عمود الدوران العمودي والمنضدة الترددية .

هذا النوع من ماكنات التجليخ يلائم تجليخ المسبوكات الطويلة والضيقة مثل سكك المخرطة . يتم إزالة المعدن بواسطة وجه الحجر المثبت عمودياً بينما الشُغلة تتردد تحت حجر التجليخ(الشكل رقم (8-8- c)).

4- عمود الدوران العمودي والمنضدة الدوارة .

يمتلك هذا النوع من ماكنات التجليخ لـه القدرة على إنجاز قطوعات عنيفة ومعدلات إزالة معدن عالية (الشكل رقم (8-8- d)).



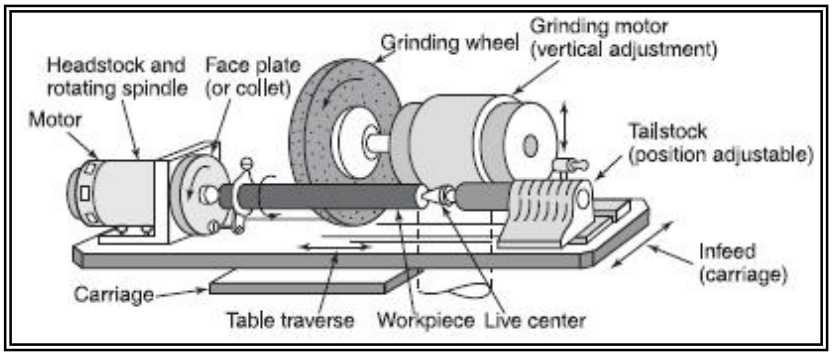
الشكل رقم (8-8) : أنواع ماكنات تجليخ السطوح المستوية

ثانياً– ماكنات التجليخ الإسطواني (Cylindrical Grinding Machines) .

تُستخدم هذه الماكنات لتجليخ السطوح الإسطوانية الخارجية والداخلة ، وتقسم إلى نوعين هما

1- ماكنات التجليخ الإسطواني الخارجي (External Cylindrical Grinding) .

تُستخدم هذه الماكنات لتجليخ السطوح الإسطوانية الخارجية حيث يمكن أن تكون هذه السطوح مستوية ، مستدقة الأطراف أو كنتورية . عمليات التجليخ الإسطواني تشبه عمليات الخراطة العادية على ماكنة المخرطة . ماكنات التجليخ الإسطواني الخارجي موضحة في الشكل رقم (8-9) .

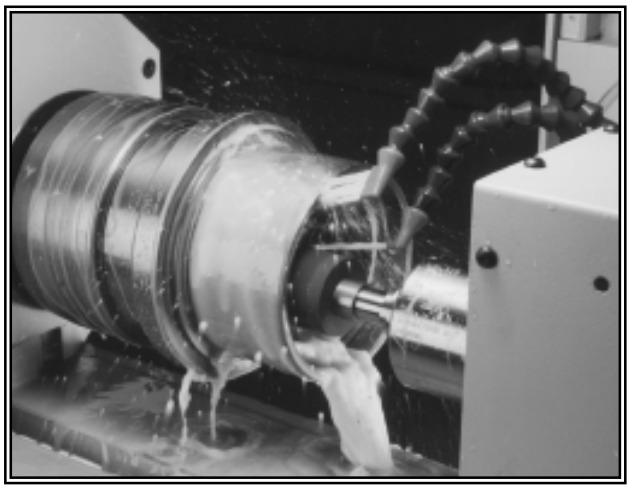


الشكل رقم (8-9) : ماكنة تجليخ إسطواني خارجي

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- **ماكنات التجليخ الإسطواني الداخلي** (Internal Cylindrical Grinding) .

وتستخدم للإنهاء الدقيق للثقوب المستقيمة ، المستدقة أو المُشكلة وهي تشبه عملية التثقيب (*Boring*) في المخرطة حيث يتم تغذية حجر التجليخ الدوار داخل وخارج الشُغلة لعمق القطع المطلوب . عملية تجليخ إسطواني داخلي موضحة في الشكل رقم (8-10) .



الشكل رقم (8-10) : عملية تجليخ إسطواني داخلي

ثالثاً– ماكنات التجليخ اللاآمركزي (Centerless Grinding Machines) .

تعمل ماكنات التجليخ اللاآمركزي على الحد من الحاجة إلى الثقوب المركزية للشُغلة أو إستخدام أدوات التثبيت للعمل . في هذا النوع من التجليخ والموضح في الشكل رقم (8-11) تستند الشُغلة على المِسند (*Rest Blade*) ويتم دعمها بواسطة الحجر الثاني المُسمى بحجر الضبط (*Regulating Wheel*) . إن دوران حجر التجليخ يعمل على دفع الشُغلة للأسفل على المِسند وضد حجر الضبط والذي يُصنع من المواد الحاكة المربوطة بالمطاط ويدور بنفس إتجاه حجر التجليخ . يميل حجر الضبط بزاوية تسمى زاوية الميل (α) عن مستوي حجر التجليخ وذلك لمنح الشُغلة حركة محورية (تغذية) .

ويمكن حساب مقدار معدل التغذية من زاوية الميل (α) من المعادلة التالية :

$$F = p \times d \times N \times \sin a \qquad (1)$$

حيث :

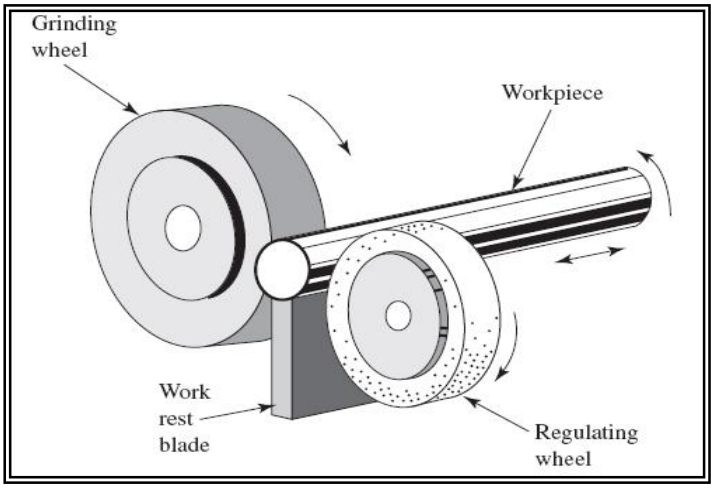
F= معدل التغذية ($mm\backslash min$) .

d= قطر حجر الضبط (mm) .

N= سرعة دوران الحجر (rpm) .

α= زاوية الميل (10^o-0^o) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



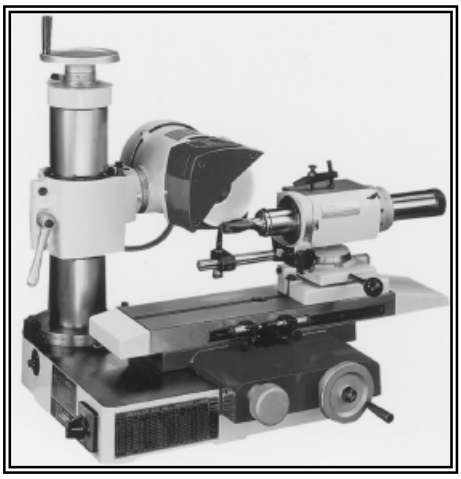
الشكل رقم (8-11) : ماكنة تجليخ لامركزي

ثالثاً– ماكنات التجليخ الخاصة (Special Type Grinding Machines) .

يُستخدم هذا النوع من الماكنات لعمليات تشغيل مُحددة ومنها تجليخ الأعمدة المِرفقية وأعمدة الحدبات ، ومن هذه الماكنات :

1- ماكنات تجليخ القواطع والعُدد (Tools & Cutters Grinding Machines) .

وتستخدم لتجليخ وشحذ قواطع التفريز ، البراغل ، والسدادات الملولبة وقواطع وعُدد أُخرى . أحد أنواع هذه الماكنات موضحة في الشكل رقم (8-12) والذي يمثل ماكنة تجليخ قواطع التفريز الخلفية .

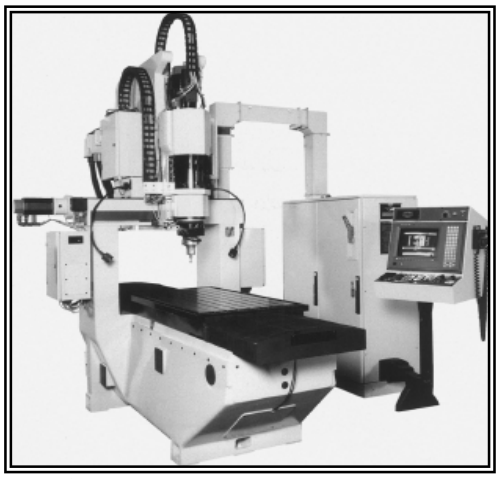


الشكل رقم (8-12) : ماكنة تجليخ قواطع التفريز الخلفية

2- ماكنات التجليخ ذات دليل التشغيل (Jig Grinding Machines) .

دليل التشغيل يُستخدم لتوجيه الشُغلات بصورة دقيقة ، وتستخدم للتجليخ الدقيق للثقوب المستدقة أو المستقيمة . أحد أنواع هذه الماكنات موضحة في الشكل رقم (8-13) .

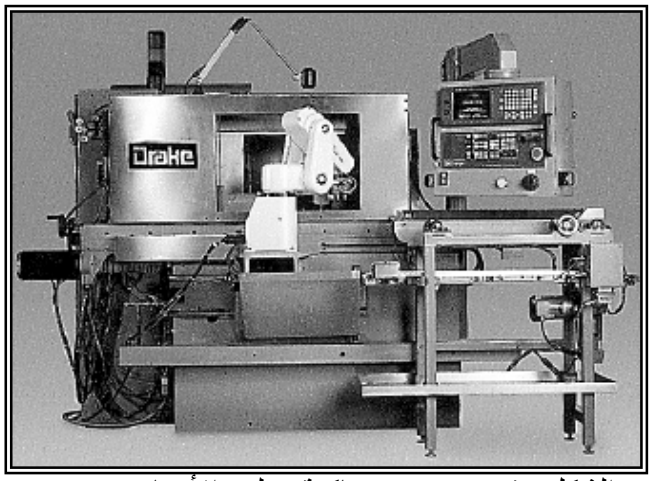
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (8-13) : ماكنة تجليخ ذات دليل التشغيل

3- ماكنات تجليخ الأسنان (Threads Grinding Machines) .

وتستخدم هذه الماكنات والتي تشبه ماكنات التجليخ الإسطواني في تجليخ الأسنان ، ويجب أن تمتلك هذه الماكنة خطوة لولبية دقيقة (*Lead Screw*) حتى يمكنها إنتاج الخطـوة (*Pitch*) أو خطوة الجزء المُسنن (*Lead*) على الشُغلة المراد صنع أسنان لها . الشكل رقم (8-14) يوضح ماكنة تجليخ الأسنان(*CNC*) .



الشكل رقم (8-14) : ماكنة تجليخ الأسنان(*CNC*)

إختبار ذاتي (5): عدد أنواع ماكنات التجليخ

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7.8 تقويم أحجار التجليخ (*Dressing of Grinding Wheels*)

يتعرض حجر التجليخ إلى التآكل وتُكل حدوده القاطعة وفقدانه لشكله الأصلي نتيجة لإمتلاء المساحات الحُبيبية بالرايش ، وهذه المساحات ناتجة من إنتزاع الحُبيبات الحاكة من السطح العامل للحجر مما يؤدي إلى تغلغل الرايش فيها وفي النهاية يبدأ الحجر بتكسير وحرق السطح المراد تجليخه ، وفي مثل هذه الحالة يجب تقويم وتسوية الحجر (*Dressing*) والذي يعني شحذ الحجر أو سنه . ويتم ذلك بطريقتين هما :

1- إستخدام مواد صلدة كالماس والسيراميك تحتك مع الحجر الكليل وتقوم بسنه .
2- إستخدام مساحيق تُزيل الطبقة الخارجية الرقيقة من على وجه الحجر الممتلئة بالرايش والحُبيبات المثلومة وإخراج طبقة جديدة وحادة .

إختبار ذاتي (6): كيف يتم تقويم حجر التجليخ

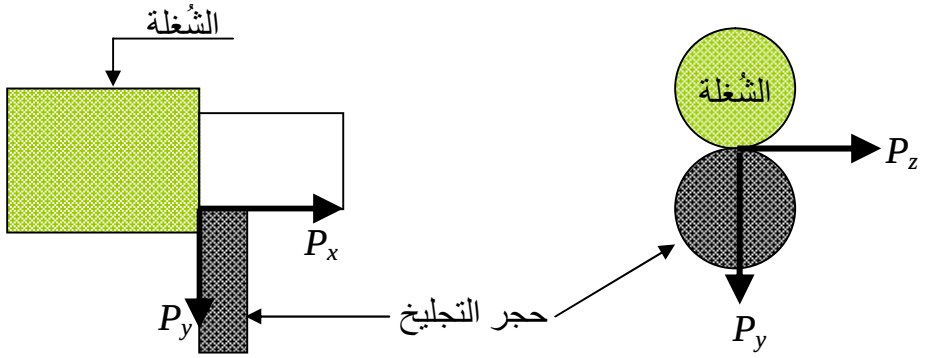
8.8 القوى المؤثرة في عملية التجليخ

تؤثر على حجر التجليخ والشُغلة قوة كلية في عملية القطع (R) مماثلة لقوة القطع الكلية في الخراطة ويمكن تحليلها إلى ثلاث قوى :

1- القوة المماسية (المحيطية) (P_z) . تُستخدم لحساب عزم التدوير والقدرة اللازمة للإدارة عند محور الحجر والشُغلة .

2- قوة التغذية أو القوة المحورية (P_x) . تُستخدم لحساب القدرة الناتجة من التغذية عند التجليخ .

3- القوة الشراعية (P_y) . وتؤثر بإتجاه نصف القطر لحجر التجليخ وتستخدم لحساب صلادة وجساءة النظام الآلي لماكنة التجليخ .



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

9.8 حسابات التجليخ (*Grinding Computations*)

وتتضمن الحسابات الخاصة بسرعة التجليخ والتغذية والقدرة اللازمة لعملية التجليخ .

أولاً- سرعة التجليخ (Grinding Speed) .

نظراً لكون للسرعة الدورانية العالية لحجر التجليخ فإنها تُقاس بوحدات ($m\backslash sec$) بدلاً من وحدات($m\backslash min$) ، وتقسم السرعة في عملية التجليخ إلى :

1- **السرعة المحيطية** . وتحسب من القانون التالي :

$$V = \frac{\pi \times D \times N}{60 \times 1000} \qquad (2)$$

حيث :

V= سرعة التجليخ ($mm\backslash sec$) .

D= قطر حجر التجليخ (mm) .

N= عدد دورات حجر التجليخ (rpm) .

ويعتمد إختيار السرعة المحيطية على العوامل التالية :

a- خواص المعدن المراد تشغيله .

b- صلادة حجر التجليخ .

c- ظروف عملية التجليخ .

2- **سرعة دوران الشُغلة (التغذية الدائرية)** . ويتم حسابها كما يلي :

$$V = \frac{p \times D_{wp} \times N_{wp}}{1000} \qquad (3)$$

حيث :

D_{wp}= قطر الشُغلة (mm) .

N_{wp}= عدد دورات الشُغلة (rpm) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ثانياً- التـــــغذيـــــة . (The Feed)

وتشتمل التغذية في عملية التجليخ على :

1- **التغذية الطولية** . وهي عبارة عن حركة الحجر بإتجاه محور الشُغلة المراد تجليخها لكل دورة للشُغلة ، ويتم حسابها من القانون التالي :

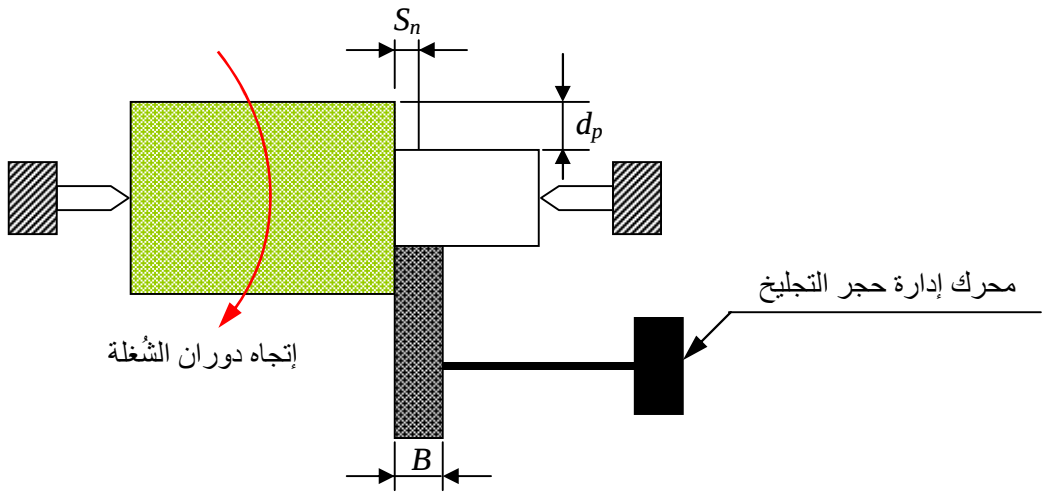
$$S_n = S_{wp} \times B \qquad (4)$$

حيث :

S_n= التغذية الطولية . (mm)

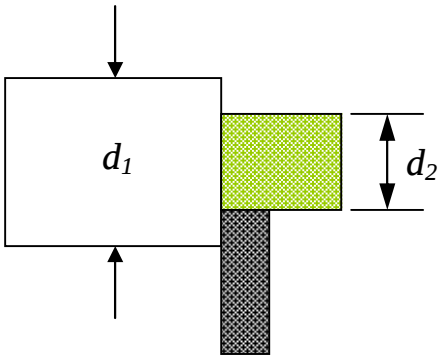
B= عرض حجر التجليخ . (mm)

S_{wp}= التغذية لكل دورة للشُغلة وتتراوح قيمتها (0.3 - 0.6) .



2- **التغذية العرضية أو عمق القطع** . ويتم حسابها من القانون التالي :

$$d_p = \frac{d_1 - d_2}{2} \qquad (5)$$



حيث :

d_p= عمق القطع . (mm)

d_1= قطر الشُغلة قبل التجليخ . (mm)

d_2= قطر الشُغلة بعد التجليخ . (mm)

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ثالثاً- القدرة اللازمة لعملية التجليخ (Power of Grinding Operation).

وتشمل الآتي :

1- **القدرة المستهلكة لإدارة حجر التجليخ** . وهي قدرة المحرك الكهربائي اللازم لإدارة الحجر .

$$N_{G.D} = \frac{P_z \times V_D}{102\ \eta} \qquad (6)$$

حيث :

P_z = القوة المماسية (N) .

V_D = سرعة تدوير الحجر $(m\backslash sec)$.

η = كفاءة الماكنة (المحرك) وتتراوح بين (0.75-0.8) .

2- **القدرة المستهلكة لإدارة الشُغلة** . تكون القدرة اللازمة لإدارة الشُغلة صغيرة جداً مقارنة مع القدرة المستهلكة لإدارة حجر التجليخ . وتحسب هذه القدرة من القانون التالي :

$$N_{wp} = \frac{P_z \times V_{wp}}{60 \times 102\eta} \qquad (7)$$

حيث :

V_{wp} = سرعة تدوير الشُغلة $(m\backslash min)$.

η = كفاءة المحرك المدور للشُغلة وتتراوح بين (0.8-0.85) .

رابعاً- زمن التشغيل في عملية التجليخ (Machining Time).

عند التجليخ بتغذية طولية (S_n) وتغذية عرضية (d_p) يكون زمن التشغيل كالآتي :

1- **زمن التشغيل للتجليخ الإسطواني** .

$$T = \frac{L \times h \times k}{N_{wp} \times S_n \times d_p} \qquad (8)$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث :

T= زمن التشغيل (min) .

L= طول الجزء المراد تجليخه (mm) .

h= مسافة إقتراب الحجر وإبتعاده إضافة إلى علاوة التشغيل (mm) .

k= معامل أشواط التجليخ (0.2- 0.33) .

N_{wp}= عدد دورات الشُغلة (rpm) .

S_n= التغذية الطولية (mm) .

d_p= عمق القطع (mm) .

2- **زمن التشغيل للتجليخ المستوي .**

$$T = \frac{L \times h \times k}{1000 \times d_p \times V_t} \qquad (9)$$

حيث :

V_t = سرعة منضدة التجليخ المستوي .

نظراً لكون عمق القطع صغير جداً في عملية التجليخ لذلك يتم إعتبار نصف قطر حجر التجليخ هو مسافة الإقتراب .

مثال

سطح مستوي من فولاذ (C70) أبعاده $(75mm \times 150mm)$ يُراد تشغيله على ماكنة تجليخ أُفقية المحور بإستخدام حجر تجليخ قطره $(200mm)$ وعرضه $(20mm)$. فإذا علمت إن سرعة الحجر $(20m\backslash sec)$ وسرعة منضدة التجليخ $(10m\backslash min)$ ، معامل أشواط التجليخ (0.3) . إحسب زمن التشغيل المطلوب للإنهاء السطحي لهذه الشُغلة .(إفرض إن عمق القطع صغير جداً ويمكن إهماله) .

الحل//

$$T = \frac{L \times h \times k}{1000 \times d_p \times V_t}$$

$$T = \frac{150 \times 100 \times 0.3}{1000 \times 10} \Longrightarrow \boxed{T = 0.45 \text{ min}}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- إن الحجم الحبيبي الناعم للحجر يقع ضمن المدى :
أ- (8-24) .
ب- (30-60) .
ج- (70-180)
د- (220-600) .

2- إذا كان مقياس الصلادة للحجر يقع ضمن المجموعة (P-I) فيعتبر :
أ- لين .
ب- متوسط .
ج- صلد .
د- صلد جداً .

3- إن نوع ماكنات التجليخ المستوية الملائم لتجليخ سكك المخرطة هو :
أ- عمود الدوران الأفقي والمنضدة الترددية .
ب- عمود الدوران الأفقي والمنضدة الدوارة .
ج- عمود الدوران العمودي والمنضدة الترددية .
د- عمود الدوران العمودي والمنضدة الدوارة .

4- يُشير رمز المادة الحاكة (D) إلى :
أ- الماس .
ب- نتريد البورون المكعب .
ج- أُوكسيد الألمنيوم .
د- كاربيد السليكون .

5- إن الرمز التعريفي للحجر المصنع يعني :
أ- إنتاج ضمن مواصفات قياسية محلية .
ب- إنتاج ضمن مواصفات قياسية معتمدة .
ج- إنتاج ضمن مواصفات قياسية خاصة .
د- الحجر لا يخضع للمواصفات المعتمدة .

6- يتم تجليخ سطوح الدرافيل بواسطة أحجار التجليخ ذات مادة رابطة :
أ- مزججة .
ب- راتنجية .
ج- مطاطية .
د- الشيلاك .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- إن أحد عيوب المواد الرابطة المزججة هو :
أ- مقاومتها الضعيفة للصدمة .
ب- تأثرها بالماء .
ج- تأثرها بالزيوت والأحماض .
د- معامل تمددها الطولي المنخفض .

8- تستعمل أحجار أُوكسيد الألمنيوم البيضاء لتجليخ :
أ- السبائك اللاحديدية .
ب- السيراميك .
ج- الفولاذ عالي المقاومة الحساس للحرارة .
د- فولاذ السرعات العالية .

9- يحتفظ نتريد البورون المكعب بصلادته لحد درجة حرارة :
أ- (182 ºC).
ب- (1316 ºC).
ج- (400 ºC).
د- (650 ºC).

10- تستعمل أحجار التجليخ ذات الرابط الراتنجي في :
أ- إنتاج سطوح ذات نعومة عالية .
ب- التجليخ الخشن .
ج- التجليخ الإلكتروليتي .
د- المحافظة على الحرارة المتولدة من التجليخ بأدنى مستوى .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- نظراً للمعدن القليل الذي يزيله وجودة السطح الناتجة .	1	ج
2	أ	2- تتركب أحجار التجليخ من مادتين : المادة الحاكة والمادة الرابطة .	2	ب
3	ج	3- المستوي ،المجوف من طرف واحد ، المجوف من طرفين ، المُستدق من الجانبين ، الإسطواني ، المُتسع المستوي ، المُتسع تدريجياً أو الفنجاني، القرصي .	3	ج
4	د	4- ويُشير إلى كون تركيب الحجر مفتوح إذا كانت المسافات الفاصلة بين الحبيبات كبيرة أو يكون تركيبه مكتظ إذا كانت هذه المسافات صغيرة وهو يتراوح من (1 – 16) .	4	أ
5	ب	5- ماكنات تجليخ السطوح المستوية ، ماكنات التجليخ الإسطواني ، ماكنات التجليخ اللامركزي ، ماكنات التجليخ الخاصة .	5	ب
6	أ	6- ويتم بطريقتين : إستخدام مواد صلدة كالماس والسيراميك تحتك مع الحجر الكليل وتقوم بسنه ، أو يتم إستخدام مساحيق تُزيل الطبقة الخارجية الرقيقة من على وجه الحجر الممتلئة بالرايش والحُبيبات المثلومة وإخراج طبقة جديدة وحادة .	6	د
7	ج		7	أ
8	ب		8	ج
9	د		9	د
10	أ		10	ب

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

3- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

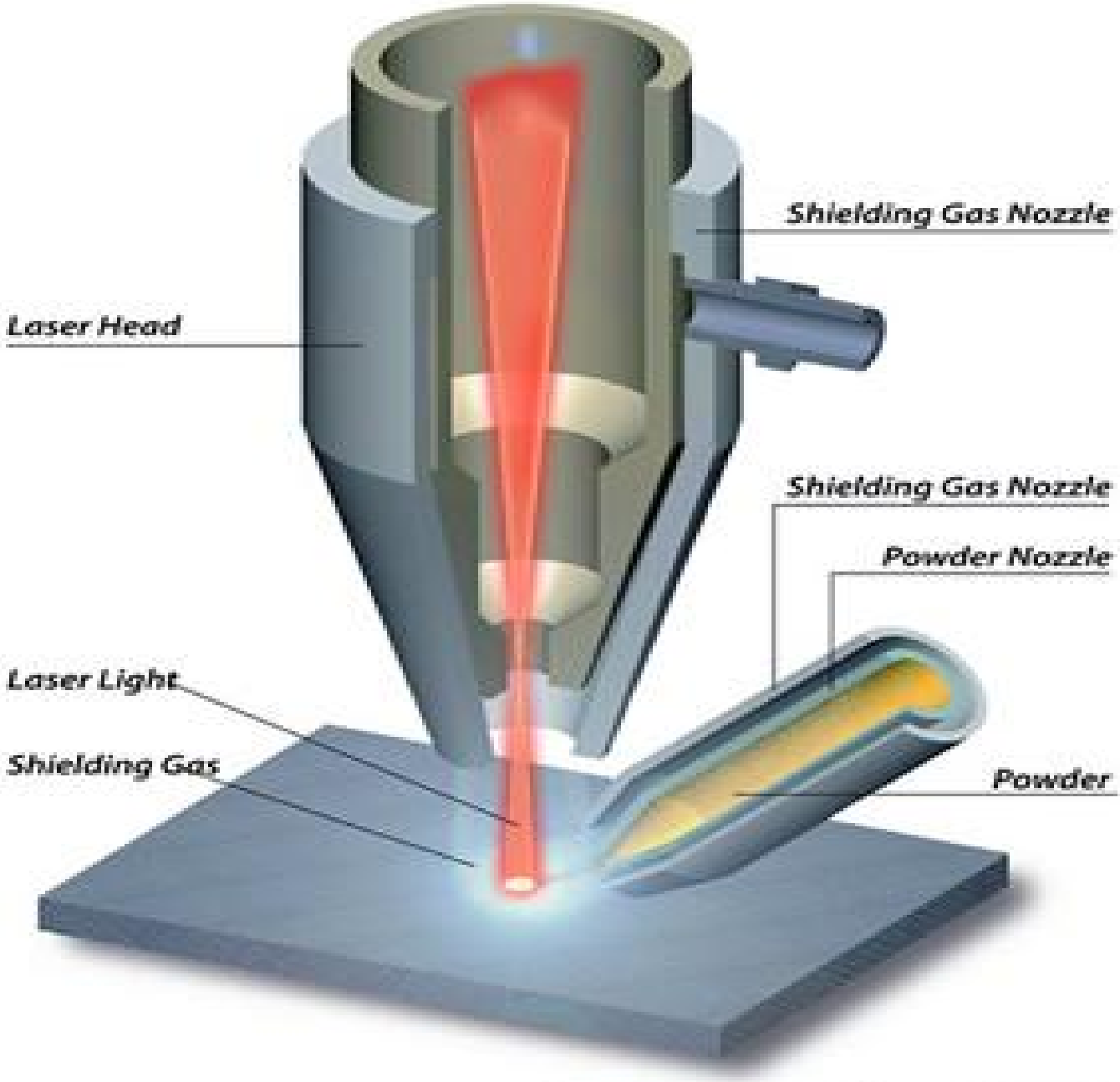
4- George Schneider Jr " *Cutting Tool Applications* " , Manufacturing Center , 2001 .

5- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية

عمليات التشغيل اللاتقليدي



النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : مع النمو المتسارع للصناعة أصبحت هذه الطُرق التقليدية لا تلبي جميع متطلبات التشغيل والدقة المطلوبة . لهذا تم اللجوء إلى إبتكار طُرق تشغيل حديثة غير ميكانيكية تعتمد طبيعة عملها بشكل أساسي على إستخدام المحاليل الكيميائية والطاقة الكهربائية أو الجمع بين الإثنين لتشغيل المواد التي يصعب معاملتها بالطرق الأُخرى ، وتسمى هذه الطُرق بالتشغيل اللاتقليدي أو غير الميكانيكي (*Non Traditional Machining*).

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على أنواع الطرق الغير تقليدية في عمليات التشغيل .

ثانياً- التعرف على طريقة العمل لهذه العمليات .

ثالثاً- معرفة مزايا هذه الطرق مقارنة بالطرق التقليدية .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

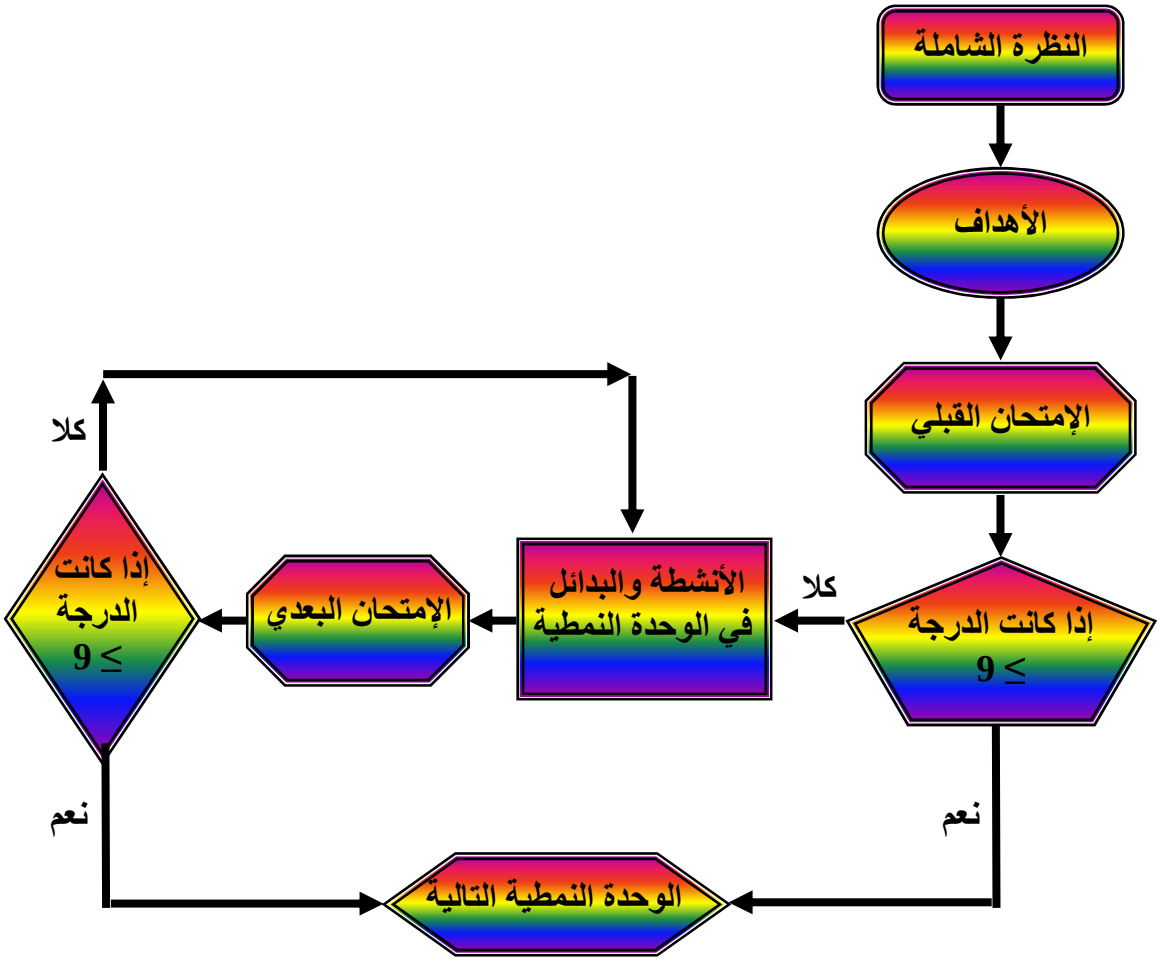
1- يتعرف على مبدأ عمل كل طريقة تشغيل لا تقليدي .

2- يفرق بين كل نوع من هذه العمليات .

3- يحدد نوع المعدن الذي يمكن تشغيله بأي واحدة من هذه الطرق .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- يطلق مصطلح التفريز المايكروي على :
أ- التفريز الكيميائي .
ب- الحفر الضوئي .
ج- التشغيل الكهروغروي .
د- التشغيل الثرموكيميائي .

2- تكون سرعة جريان المحاليل الكيميائية بطريقة ECM :
أ- 30-180 ft/sec .
ب- 50-300 ft/sec .
ج- 100-400 ft/sec .
د- 50-200 ft/sec .

3- يتم قطع مادة الإسبست بواسطة :
أ- التشغيل بالماء النفاث .
ب- التشغيل بالماء النفاث الحاك .
ج- التشغيل بالإنسياب الحاك .
د- القطع بقوس البلازما .

4- إن التأثير المتبادل للحزمة الإلكترونية مع سطح الشُغلة يولد :
أ- أشعة غاما .
ب- أشعة تحت الحمراء .
ج- أشعة سينية .
د- أشعة فوق البنفسجية .

5- يطلق مصطلح المجرى الكهربائي على :
أ- الصقل الكهروكيميائي .
ب- تشغيل التجويف الكهروكيميائي .
ج- التجليخ الكهروكيميائي .
د- التشغيل الكهروغروي .

6- يستخدم التفريز الكيميائي في تصنيع :
أ- أجزاء الطائرات .
ب- المشغولات الضعيفة .
ج- الأجزاء اللدائنية .
د- الألواح المنقوشة المستخدمة في الطباعة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تُعرض الشُغلة في التشغيل الثرموكيميائي إلى :
أ- كرات كرافيتية تصطدم بها .
ب- محاليل حامضية .
ج- أملاح عضوية .
د- غازات تآكل ساخنة .

8- إن السائل المستخدم في طريقة EDMC هو :
أ- الكيروسين .
ب- الماء المتأين .
ج- سائل ذو عالق صلب .
د- خلات السليلوز وحامض .

9- يزداد الإستدقاق المتولد نتيجة للشرارات الجانبية بزيادة :
أ- التردد .
ب- التيار .
ج- عمق السطح المُشغل .
د- جريان السائل بين الأقطاب .

10- تستخدم طريقة تشغيل التجويف الكهربائي لثقب :
أ- تجاويف التبريد في ريش التوربين .
ب- معظم المعادن من صفائح ذات سمك 3mm .
ج- المقاطع النحيفة .
د- الدوائر الإلكترونية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (**9**) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (**9**) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.9 المقـــدمـــة (*Introduction*)

لقد عُرفت أغلب عمليات تشغيل المعادن الميكانيكية التقليدية مثل التفريز ، والخراطة وغيرها منذ سنوات طويلة ، حيث تمتلك هذه الطُرق من التشغيل العديد من المزايا والمُحددات فمثلاً إن عملية تكوين الرايش وهو ناتج عرضي لعملية التشغيل تكون مُكلفة وعملية صعبة وتحتاج إلى طاقة كبيرة من اجل تشغيل المادة وإنتاج الرايش الغير مرغوب به ، كذلك تترتب نفقات أُخرى إضافة إلى الطاقة والمال اللازمين لعملية التشغيل ألا وهي نفقات إزالة الرايش الناتج من الماكنة والشُغلة . كذلك خلال عمليات التشغيل التقليدية سوف يتسرب مقدار كبير من الحرارة المتولدة إلى داخل الشُغلة مما يُخلف مشاكل عديدة في تركيبها الداخلي حيث تتغير خواصها الميكانيكية وتتولد إجهادات داخلية فيها .

لهذا تم اللجوء إلى إبتكار طُرق تشغيل حديثة غير ميكانيكية تعتمد طبيعة عملها بشكل أساسي على إستخدام المحاليل الكيميائية والطاقة الكهربائية أو الجمع بين الإثنين لتشغيل المواد التي يصعب معاملتها بالطرق الأُخرى ، وتسمى هذه الطُرق بالتشغيل اللاتقليدي أو غير الميكانيكي (*Non Traditional Machining-NTM*).

إختبار ذاتي (1): عرف عمليات التشغيل اللاتقليدي

2.9 مزايا التشغيل اللاتقليدي (*NTM- Characteristics*)

يمتلك التشغيل اللاتقليدي العديد من المزايا التي تؤهله ليكون الخيار الأول عند إختيار طريقة تشغيل معينة لمادة يصعب تشغيلها بالطرق الأُخرى ، ويمكن إجمال هذه المزايا بالآتي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- إختزال عِدة عمليات تشغيل في عملية واحدة . فمثلاً عند تشغيل مادة معينة بطريقة الخراطة فإنها تحتاج إلى معاملة حرارية لتحسين خواصها بعد التشغيل وربما تحتاج إلى عملية إنهاء سطحي ،أما عملية التشغيل اللاتقليدي فإنها تقوم بكل هذه العمليات .

2- الجودة العالية في الإنهاء السطحي لعمليات التشغيل اللاتقليدي الذي يُغني عن إستخدام أية عملية إضافية .

3- الدقة العالية في أبعاد المنتج النهائي .

4- كُلفة التشغيل المنخفضة نسبياً مقارنة مع الطرق الميكانيكية الأُخرى لإختزال عدد عمليات التشغيل .

5- عدم تكوين الرايش بهذه العمليات مما يزيل النفقات الإضافية لإزالة الرايش ويحد من مخاطره .

6- تعمل على تشغيل المواد التي يصعب تشغيلها بالطرق التقليدية وبكفاءة عالية .

7- لا تُشكل خطورة على المتعامل معها لأن عُدة التشغيل والشُغلة تكونان بعيدتين عن العامل بعكس الطُرق التقليدية التي يكون العامل فيها بتماس مباشر مع الماكنة والشُغلة .

إختبار ذاتي (2): لماذا لا تشكل عمليات التشغيل اللاتقليدي خطراً على العاملين

3.9 تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي

تُصنف عمليات التشغيل اللاتقليدي إلى أربعة مجاميع رئيسية حسب طبيعة الوسط الذي تعمل فيه وهذه العمليات هي :

1- عمليات التشغيل الكيميائي (Chemical Machining Processes) . وتعتمد في عملها على التفاعل الكيميائي ، وفي بعض الأحيان يُعزز عملها بإستخدام الطاقة الكهربائية أو الحرارية .

2- عمليات التشغيل الكهروكيميائي (Electrochemical Machining Processes) . وتعتمد على الإذابة الألكتروليتية في عملية تشغيل المواد .

3- عمليات التشغيل الميكانيكي (Mechanical Machining Processes) . تستخدم هذه العمليات القطع متعدد الإتصال أو التعرية في إزالة المعدن .

4- عمليات التشغيل الحراري (Thermal Machining Processes) . إن إزالة المعدن تنتج من تركيز درجات الحرارة العالية بشدة في منطقة محددة لإذابة المادة وتبخيرها .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1.3.9 عمليات التشغيل الكيميائي (*Chemical Machining*)

تعتبر عمليات التشغيل الكيميائي من أقدم وابسط عمليات التشغيل الخالية من تَكون الرايش ، حيث يتم إستخدامها منذ سنوات عديدة لإنتاج الألواح المنقوشة المستخدمة في الطباعة وفي عمل لوحات الهوية الصغيرة . تستخدم عمليات التشغيل الكيميائي(*CHM*) لتشغيل مدى واسع من المواد الممتدة من الدوائر الإلكترونية بالغة الصغر مروراً بالأجزاء الكبيرة التي قد يتجاوز طولها ($15m$) . يتم إزالة المادة بهذه العملية من مساحات مختارة بواسطة غمرها في مفاعل كيميائي (*Chemical Reagent*) ، حيث تبدأ المادة بالزوال بفعل الخلية الكهروكيميائية المجهرية مثلما يحصل في عملية التآكل أو الإذابة الكيميائية لمعدن ما بدون وجود دائرة كهربائية خارجية . إن الإذابة الكيميائية المسيطر عليها تعمل على حفر السطوح المكشوفة للمادة آنياً وبمعدل إختراق ($0.076mm\backslash min$ - $0.063\ mm\backslash min$) . هنالك أنواع عديدة من عمليات التشغيل الكيميائي وهي موضحة كالآتي :

1- التفريز الكيميائي (Chemical Milling - CM) .

يعمل التفريز الكيميائي على إزالة كميات كبيرة من المادة المُشغلة بواسطة حفر مساحات مختارة لسطوح المشغولات المعقدة . لقد تم تطوير التفريز الكيميائي ليستخدم في صناعة الطائرات كواحدة من الوسائل المستخدمة في تصنيع الأجزاء الخفيفة الوزن لمساحات واسعة ومقاطع نحيفة ، ولكنه لاقى إهتماماً واسعاً في الصناعات الأُخرى . يتضمن التفريز الكيميائي أربع خطوات رئيسية هي :

1- **التنظيف (Cleaning)** . الهدف من تنظيف سطح الشُغلة هو توفير سطح إلتصاق جيد لمادة التقنيع .

2- **التقنيع (Masking)** . يستخدم التقنيع في تغطية المساحات التي يُراد حفرها على سطح الشُغلة. وكمثال على مواد التقنيع هي (*Neoprene Rubber , Vinyl Plastic*) حيث يُرش سطح الشُغلة بالكامل بهذه المواد ويُحمص . بعدها يقطع التقنيع من المساحات المراد حفرها .

3- **الحفر(Etching)** . يحدث الحفر بواسطة الإذابة الكيميائية بواسطة رش أو إنسياب السائل الكيميائي.

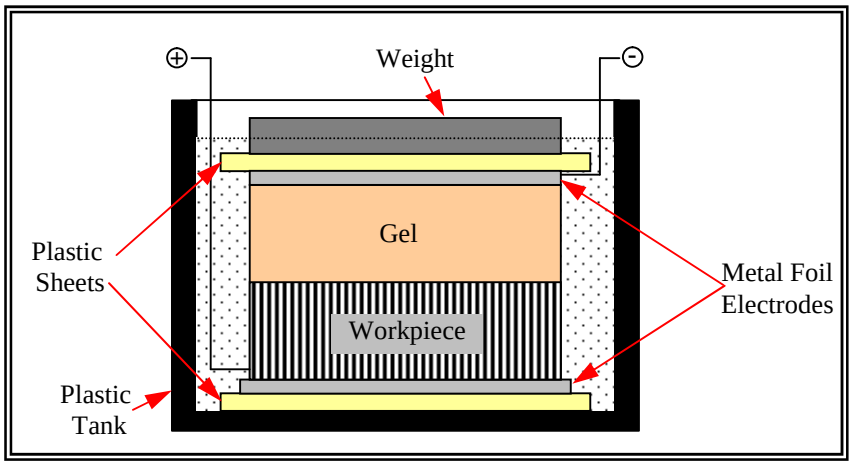
4- **إزالة القناع (Remove Mask)** . يتم إزالة القناع من المساحات غير المحفورة على سطح الشُغلة يعقبها التنظيف والإنهاء .

يعتبر التفريز الكيميائي من العمليات البسيطة والسهلة التحويل إلى عملية آلية ، إضافة إلى ذلك إنخفاض الكلفة ووقت تحضير العُدد .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- التشغيل الكهروغروي (Electro Gel Machining - EGM) .

هي عملية إزالة إلكتروليتية للمعدن بأشكال مُحددة بواسطة وسائل لعُدة تشكيل تصنع تركيب غروي يابس (*Stiff Gel*) يحتوي على خلات السليلوز وحامض . يتم وضع المادة الغروية المقولبة على الشُغلة وكما موضح في الشكل رقم (9-1) ، وعند مرور التيار الكهربائي (حوالي $8A$ عند $2.5V$) خلالهما يقوم النموذج المعدني الموضوع على المادة الغروية بحفر الشُغلة بنفس شكله وبمعدل ($25\mu m\backslash min$) . القوى المؤثرة تكون مهملة وليس هناك أي تأثير على هيكل المعدن . تلائم هذه الطريقة المشغولات الضعيفة .



الشكل رقم (9-1) : التشغيل الكهروغروي(EGM)

3- الحفر الضوئي (Photo – Etching) .

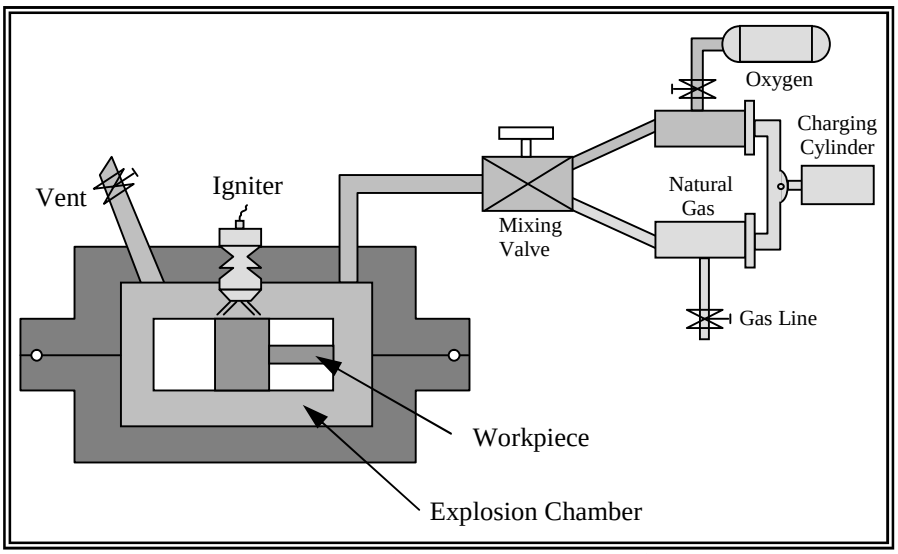
يُعرف الحفر الضوئي بأسماء عديدة متضمنة التشكيل الضوئي ، التشغيل الضوئي الكيميائي (*PCM*) ، والتفريز المايكروي . تُصنع بهذه الطريقة الأجزاء اللدائنية ومعظم المعادن من صفائح ذات سمك ($3mm$) . يتم تغطية الصفيحة المراد تشغيلها بمادة مقاومة حساسة للضوء على جانب واحد أو جانبين وتعرض إلى كاميرا لتصوير الجزء أو الأجزاء المطلوبة ويقوم الطلاء بالتقدم لكشف الخطوط أو المساحات التي سوف يتم تآكلها في حمام حامضي أو رشاش كيميائي عالي الضغط . المادة المقاومة يمكن أن تطبق أيضاً بواسطة الطباعة .

4- التشغيل الثرموكيميائي (Thermo Chemical Machining – TCM) .

تم تطوير هذا النوع من التشغيل لإزالة الزوائد والزعانف عن طريق تعريض الشُغلة لغازات تآكل ساخنة لدورة زمنية قصيرة وكما موضح في الشكل رقم (9-2) . تبقى الشُغلة غير متأثرة وباردة نسبياً بسبب نسبة السطح للكتلة تكون واطئة لها ، إضافة إلى قُصر زمن التعرض للغازات . تُزيل عملية التشغيل الثرموكيميائي الزوائد والزعانف من مدى واسع من المواد إلا إنها تكون فعالة عملياً بشكل أكثر للمواد

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ذات الموصلية الحرارية الواطئة . يمكن أن تُزال الزوائد الناعمة بسرعة بواسطة تعريض الأجزاء لرذاذ كيميائي ملائم وبكلفة أقل بشكل كبير إذا تم إجراءها باليد .



الشكل رقم (9-2) : التشغيل الثرموكيميائي

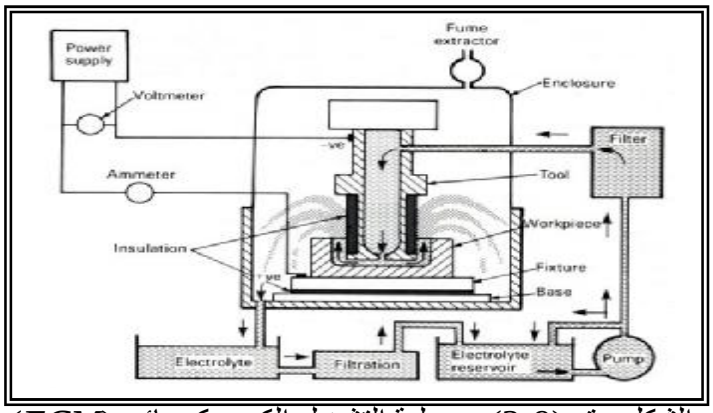
إختبار ذاتي (3): تبقى الشُغلة في التشغيل الثرموكيميائي غير متأثرة وباردة نسبياً علل ذلك

2.3.9 عمليات التشغيل الكهروكيميائي (*Electro Chemical Machining*)

تعتمد هذه العمليات في مبدأ عملها على الإذابة الألكتروليتية للمادة المراد تشغيلها ويرمز لها إختصاراً (*ECM*) والشكل رقم (9-3) يوضح رسم تخطيطي لهذه العملية . تعمل طريقة التشغيل الكهروكيميائي على إزالة المادة بواسطة إذابة آنودية مع جريان سريع جداً لمحلول إلكتروليتي . إن عملية التشغيل الكهروكيميائي هي عكس الطلاء تماماً حيث العُدة هي الكاثود والشُغلة هي الآنود وكلاهما يجب أن يكون موصل كهربائي . يقوم المحلول إلكتروليتي الذي يُضخ سريعاً خلال العُدة أو حولها بجرف مخلفات الإذابة بعيداً وتصفيتها في المصفاة . إن شكل الفجوة الناتجة هو طبق الأصل لشكل العُدة . تكون العُدة مفصولة عن الشُغلة بفسحة (*Gap*) للسماح للمحلول بالمرور بينهما ويتراوح بُعد الفُسحة - $0.762mm$ ($0.0762mm$). إن المحاليل الألكتروليتية المستخدمة هي فعالة كهربائياً وتتكون من أملاح عضوية مثل ($NaCl$, KCl, $NaNO_3$) وتعامل عند درجة حرارة قدرها (90^oC-125^oC) وبسرعة جريان (50-200ft\sec) . تصنع العُدة عادة من النحاس أو البراص وفي بعض الحالات من الفولاذ المقاوم

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

للصدأ ، ولا تتعرض العُدة للبلى حيث إنها تكون محمية كاثودياً . ويعتبر معدل إزالة المعدن (MRR) بتعبير إختراق العُدة للشُغلة بشكل أساسي دالة لكثافة التيار . تلائم طريقة التشغيل الكهروكيميائي الإنتاج الكمي للأشكال المعقدة والصعبة التشغيل .



الشكل رقم (3-9) : عملية التشغيل الكهروكيميائي (ECM)

ويمكن حساب معدل إزالة المعدن من المعادلة التالية :

$$MRR = \frac{60 \times I \times N}{96540 \times n \times d} \qquad (1)$$

حيث :

MRR = معدل إزالة المعدن $(cm^3 \backslash min)$.

I = التيار (A) .

N = الوزن الذري .

n = عدد التكافؤ .

d = الكثافة $(g \backslash cm^3)$.

تُكون كل من العُدة ، الشُغلة ، و المحلول إلكتروليتي خلية إلكتروليتية تكون محكومة بقانون أُوم وهذا الشيء يحدد المعدل الذي عنده يتم العمل .

مثال

إحسب معدل إزالة المعدن للفولاذ بطريقة التشغيل الكهروكيميائي(ECM) ، إذا علمت إن الوزن الذري للفولاذ هو (56) وبتكافؤ (2) وكثافته $(7.87 g \backslash cm^3)$ ومسلط عليه تيار كهربائي قيمته $(1000A)$.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل//

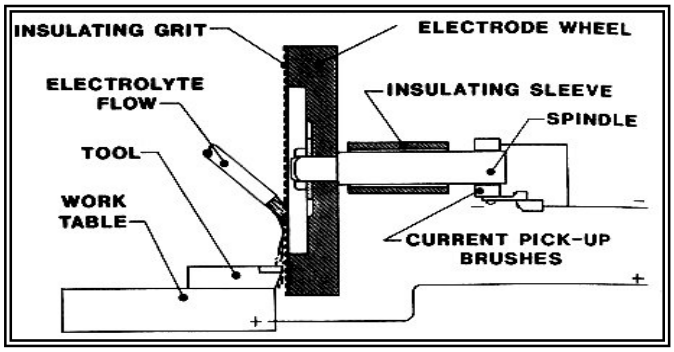
$$MRR = \frac{60 \times I \times N}{96540 \times n \times d}$$

$$MRR = \frac{60 \times 1000 \times 56}{96540 \times 2 \times 7.87} \Rightarrow \boxed{MRR = 2.21 cm^3 \setminus \min}$$

هنالك أنواع عديدة من طُرق التشغيل الكهروكيميائي وهذه الطرق هي :

1- التجليخ الكهروكيميائي (Electro Chemical Grinding - ECG) .

التجليخ الكهروكيميائي يكون قطب العُدة (الكاثود) دوار ، ومتكون من دقائق ماسية مربوطة بمادة معدنية. الشكل رقم (9-5) يوضح تركيب العُدة الدوارة والدائرة الكهربائية لعملية التجليخ الكهروكيميائي . عندما يسري التيار بين الشُغلة وحجر التجليخ خلال المحلول إلكتروليتي يتغير سطح المعدن إلى أُوكسيد المعدن والذي يُجلخ بعيداً بواسطة المواد الحاكة . عندما يتم إزالة طبقة الأُوكسيد فإن سطحاً جديداً تحته سوف يؤكسد ويُزال وهكذا حتى إكمال العملية . إن عملية التجليخ الكهروكيميائي هي عملية واطئة الجهُد عالية التيار . إن الأحجار المستخدمة في التجليخ الكهروكيميائي يجب أن تكون موصلة كهربائياً لذلك يتم إستخدام الرابط المعدني للحجر ويعتبر هو الكاثود وقطب الآنود فتمثله الشُغلة . تكون الأقطاب معزولة بفُسحة مقدارها $(0.05mm - 0.012mm)$.



الشكل رقم (9-5) : منظومة التجليخ الكهروكيميائي

2- الصقل الكهروكيميائي (Electro Chemical Polishing- ECP) .

هي طريقة تشغيل كهروكيميائي مُعدلة إذ تشبه عملها ولكن يتم إيقاف التغذية . كثافات التيار تكون منخفضة ومعدلات إنسياب المحلول إلكتروليتي أبطأ مما يختزل بشكل كبير معدلات إزالة المعدن بحيث يصبح السطح ناعم جداً .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- إزالة الزوائد الكهروكيميائية (Electro Chemical Deburring - ECD) .

وتكون هذه العملية محدودة التطبيق ، حيث تستخدم بشكل أساسي لإزالة الزوائد والزعانف من الأجزاء المُشغلة . يتم وضع الشُغلة داخل إسطوانة دوارة معزولة كهربائياً تحوي على قطبي حَمِل التيار ومعزولين عن الإسطوانة . تضاف كرات من الكرافيت صغيرة إلى المحلول إلكتروليتي حيث تقوم بإستلام شحنة حثية من الأقطاب . إن إنحدار الجُهد عِبر فُسحة الكرة - إلى- الشُغلة هو كافي ليسبب تشغيل كهروكيميائي والسماح له بالحدوث عندما تتحرك كرات الكرافيت عشوائياً فوق الشُغلة . وبسبب كون كثافة التيار هي أعلى عند نتوءات الزوائد عما هو عليه في المساحات الناعمة على الشُغلة ، فإنها تُزال بشكل تفاضلي . وكما هو الحال في إزالة الرايش الكيميائية ، سوف يكون هنالك تغيير طفيف في الأبعاد عِبر الشُغلة وفي هذه الحالة ناتج من فعل التشغيل الكهروكيميائي العام والصفة الحاكة الطبيعية لكرات الكرافيت .

4- تشغيل التجويف الكهروكيميائي (Electro Chemical Hole Machining) .

إن عمليات ثقب التجاويف الكهروكيميائية تم تطويرها لثقب التجاويف الصغيرة جداً بإستخدام جهود عالية ومحاليل إلكتروليتية حامضية . تسمى هذه العملية في بعض الأحيان بإسم المجرى الكهربائي (*Electro Steam*) . تكون العُدة عبارة عن فوهة زجاجية مسحوبة مع قطب داخلي . كذلك يمكن إستخدام مواضع متعددة للأنابيب الزجاجية لإنجاز أكثر من (50) ثقب لكل شوط . لقد تم تطوير هذه التقنية لثقب تجاويف التبريد في ريش التوربين للمحركات النفاثة . إن قطر الثقوب المنتجة والخالية من الإجهاد تتراوح بين ($0.762mm - 0.01mm$) ، مع 1:50 نسب عمق - إلى القطر يتم عملها في سبائك النيكل والكوبلت . إن فائدة الحامض هي إذابة المعادن وتحويلها إلى سائل بدلاً من الخبث . يبلغ بُعد الفُسحة حوالي ($0.051mm - 0.0254mm$) بين جدار الإنبوب المعزول وجدار التجويف .

إختبار ذاتي (4): ما هو مبدأ التجليخ الكهروكيميائي

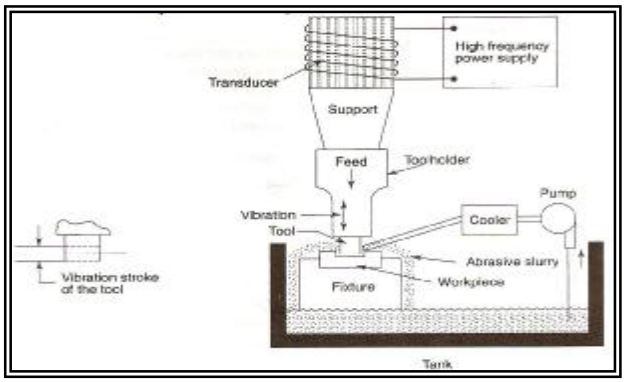
3.3.9 عمليات التشغيل الميكانيكي (*Mechanical Processes*)

وهو قطع متعدد الإتصال (*Multipoint Cutting*) وتعرية في لإزالة المعدن من الشُغلة . وهنالك عدة أنواع من هذه العمليات هي :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- التشغيل بالموجات فوق الصوتية (Ultrasonic Machining – UM) .

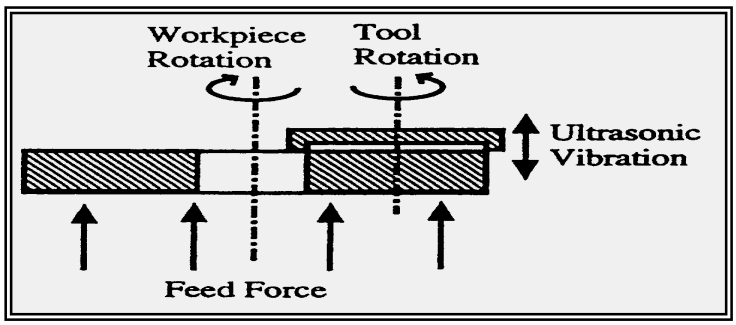
ويُطلق عليه في بعض الأحيان بتجليخ الصدمة (*Impact Grinding*) . يُستعمل في مثل هذا النوع من التشغيل عُدة إهتزاز بالموجات فوق الصوتية لدفع المادة الحاكة الموجودة في سائل ذو عالق صلب (*Slurry*) ضد الشُغلة . تقوم العُدة بعمل صورة معاكسة في الشُغلة عندما تبدأ المادة الحاكة الموجودة في العالق بتشغيل السطح . يعتبر كاربيد البورون ، أُوكسيد الألمنيوم ، وكاربيد السليكون من أكثر الحُبيبات الحاكة شيوعاً في الإستخدام . تستطيع عملية التشغيل بالموجات فوق الصوتية قطع أي مادة ولكنها تكون أكثر تأثيراً على المواد ذات الصلادة أكبر من (*RC*40) . الشكل رقم (9-6) يوضح مخطط لهذه العملية .



الشكل رقم (9-6) : عملية التشغيل بالموجات فوق الصوتية

يتم إستخدام محول(*Transducer*) في تشغيل بالموجات فوق الصوتية لإعطاء إهتزازات عالية التردد لماسك العُدة . إن الجسيمات الحاكة في العالق يتم تعجيلها لسرعة عالية بواسطة العُدة المهتزة لإنجاز القطع . تُصنع العُدة من البراص ، الكاربيد ، الفولاذ الطري أو فولاذ العُدد ، لذلك سوف يعتمد معدل البلى لهذه العُدد على صلادتها . تتراوح نسب البلى الممكنة من 1:1 أو 100:1 (إزالة المادة مقابل خسارة العُدة للبلى) ، ويجب أن تكون العُدة قوية بشكل كافي لمقاومة فشل الكلال .

هنالك شكل آخر للتشغيل بالموجات فوق الصوتية ألا وهو التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوار (*Rotary Ultrasonic Machining*) حيث يتم فيه إستخدام عُدة دوارة مصنوعة من الماس تهتز بمعدل (20000*HZ*) أثناء الدوران من أجل الثقب ، التسنين ، التجليخ ، أو التفريز القاسي للمواد الهشة ، وهذه الطريقة لا يستخدم فيها أي عالق حاك (إنظر الشكل رقم (9-7)) .



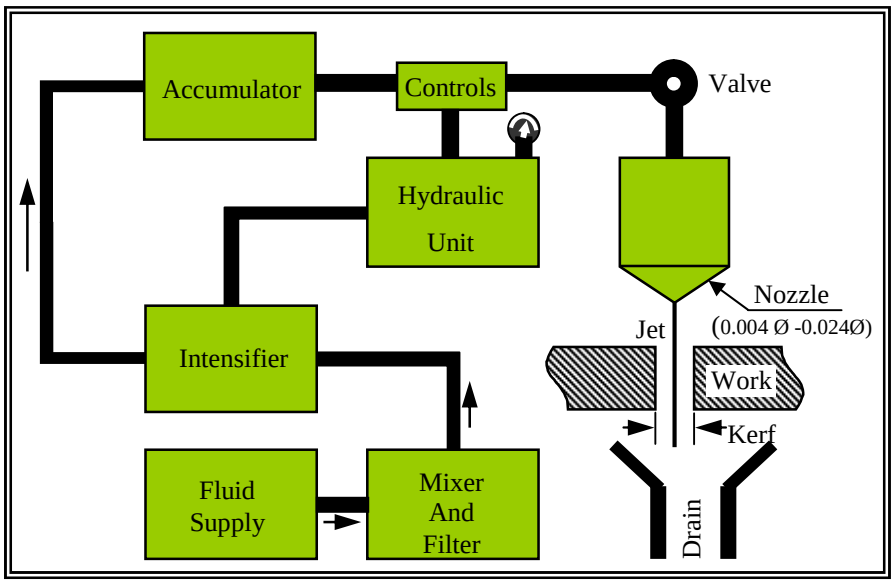
الشكل رقم (9-7) : التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوار

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إختبار ذاتي (5): ما هو مبدأ التشغيل بالموجات فوق الصوتية العادي والدوار

2- التشغيل بالماء النفاث (Water Jet Machining) .

يتم في هذا النوع من التشغيل إستخدام سائل نفاث ذو سرعة عالية (*Mach* 2) يصطدم بالشُغلة منجزاً عملية صنع شق فيها ، وتسمى هذه العملية أيضاً بالتشغيل الهيدروديناميكي (*Hydrodynamic Machining*) . يُستخدم في هذه العملية بوليمر طويل السلسلة ، حيث يضاف إلى الماء النفاث لجعل النفاث متماسك (ولكنه لا يخرج مع الرذاذ) تحت ضغط فوهة (60000*psi* - 10000*psi*) . يكون قطر الفوهة النفاثة (0.508*mm*-0.0762*mm*) ويخرج من الفوهة بسرعات فوق (3000*ft**sec*) . تم إستخدام هذه الطريقة لقطع المواد اللامعدنية الطرية مثل اللدائن ، الإسبست (بدون غبار) ، ألياف الزجاج ، المطاط ، الجلد ، والمواد العازلة للصوت . مبدأ عملية التشغيل بالماء النفاث موضح في الشكل رقم (9-8) .



الشكل رقم(9-8) : مبدأ عملية التشغيل بالماء النفاث

3- التشغيل بالماء النفاث الحاك (Abrasive Water Jet Machining) .

عند إضافة حبيبات حاكة إلى الماء النفاث يصبح بالإمكان تشغيل مدى واسع من المعادن الحديدية واللاحديدية . ويتم إضافة هذه الحبيبات الحاكة بعد أن يغادر جريان الماء الفوهة ويبلغ حجم هذه الحبيبات (60 ، 80 ، 100، 120) وتكون أما من الكارنيت ، السليكا ، أو أُوكسيد الألمنيوم .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- التشغيل بالإنسياب الحاك (Abrasive Flow Machining - AFM) .

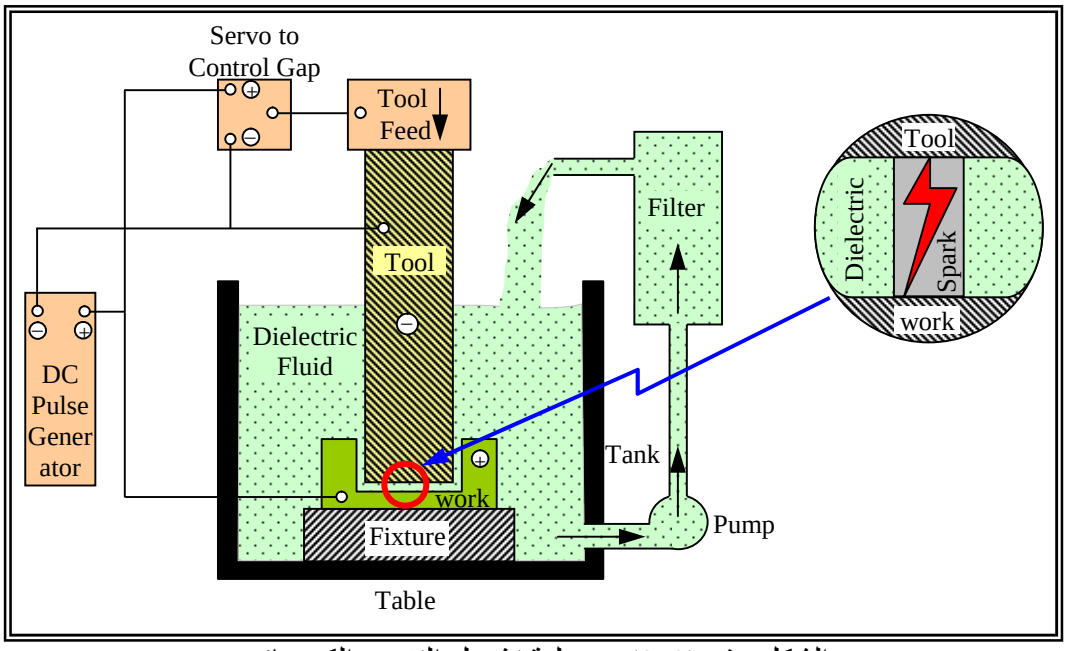
في هذا التشغيل يتم إستخدام عالق صلب للمادة الحاكة التي تنساب فوق أو خلال الشُغلة تحت ضغط من أجل إنجاز إنهاء الحافة ، إزالة الزوائد ، عمل أنصاف الأقطار ، الصقل أو تشغيل السطوح الثانوية . المواد الحاكة المستخدمة هي أُوكسيد الألمنيوم ، كاربيد السليكون ، كاربيد البورون المكعب ، والماس وبتدرج حُبيبي مقداره (8-700) .

4.3.9 عمليات التشغيل الحراري (*Thermal Machining Processes*)

في هذه العمليات يتم تركيز درجات حرارية عالية في نقطة محددة على الشُغلة لصهر وتبخير المادة . هنالك عدد من الطرق الحرارية المستخدمة في عمليات التشغيل وهي :

1- تشغيل التفريغ الكهربائي (Electro Discharge Machining-EDM) .

وتستخدم هذه الطريقة لتشكيل المعادن الصلدة ، التشكيل العنيف ، تشكيل الثقوب المعقدة ، وقطع المعادن بواسطة قوس تعرية (*Erosion Arc*) ويستخدم في كل المواد الموصلة كهربائياً . الشكل رقم (9-9) يوضح مبدأ عملية تشغيل التفريغ الكهربائي .



الشكل رقم (9-9) : عملية تشغيل التفريغ الكهربائي

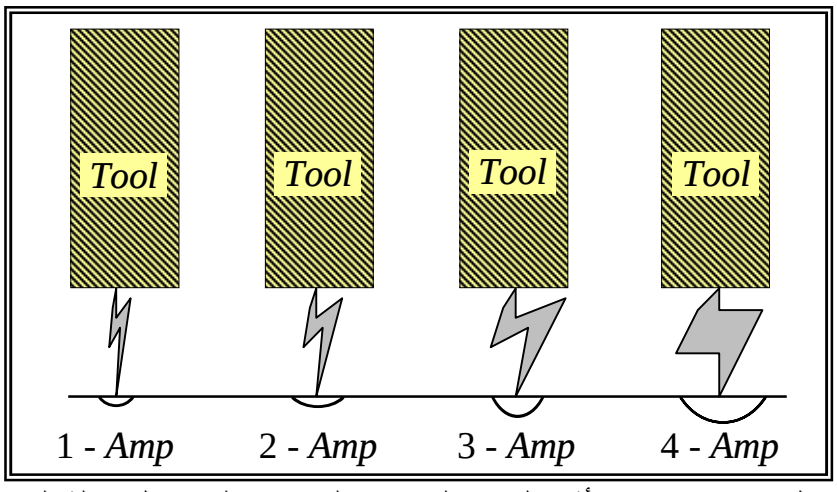
إن مبدأ هذه العملية في قطع المعادن وتشكيلها يكمن في تفريغ التيار الكهربائي المخزون في مَرصف مكثف سعوي (*Capacitor Bank*) عبر فُسحة نحيفة (*Gap*) بين العُدة (الكاثود) والشُغلة (الآنود) ،

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وهذا التفريغ يكون بشكل شرارات . تكون أبعاد الفُسحة بين العُدة والشُغلة بحدود (0.25μ) وتكون كلاهما مغمورة في سائل عازل للتيار المستمر(*Dielectric Fluid*) ولكنه يسمح بمرور شحنة ستاتيكية ،ويكون هذا السائل عادة مكون من الكيروسين . عند مرور التيار الكهربائي تتولد آلاف الشرارات لكل ثانية وكل شرارة تولد فجوة صغيرة على سطح الشُغلة بعد إصطدامها به عن طريق صهر وتبخير المادة ، وبذلك يتم نحت شكل العُدة داخل الشُغلة . يمتلك السائل العازل أربعة وظائف رئيسية هي :

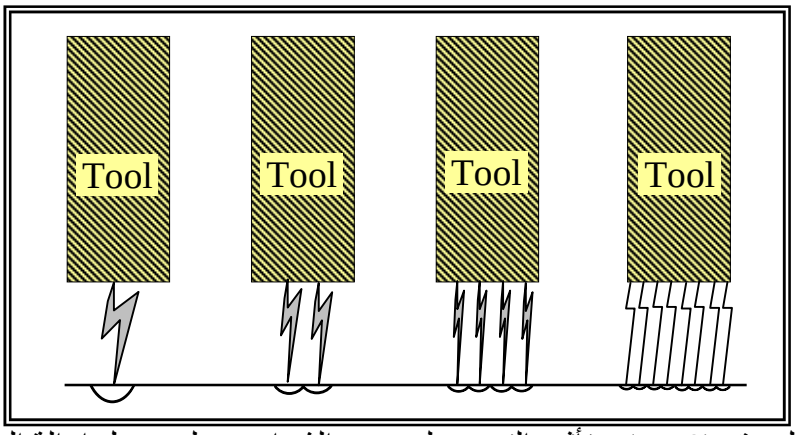
1- يعمل على عزل العُدة عن الشُغلة .
2- مُوصل للشرارة .
3- يعمل على تبريد الأقطاب .
4- يقوم بتفريغ ودفع الرايش المتكون .

تعتبر عملية (*EDM*) عملية بطيئة مقارنة بالطرق التقليدية وتنتج إنهاء سطحي يحتوي على فجوات صغيرة ، وأيضاً في هذه العملية تتعرض العُدة (الكاثود) للبلى على عكس عملية التشغيل الكهروكيميائي (*ECM*) . إن معدل إزالة المعدن (*MRR*) والإنهاء السطحي الناتج يعتمد على طاقة الشرارة والتي يمثلها مقدار التيار فيها . وكما ذكرنا فإن المادة المزالة تترك وراءها فجوة لذلك فإن عمق هذه الفجوة يمثل مقدار المادة التي يتم إزالتها وكما موضح في الشكل رقم (9-10) ، حيث كلما زاد التيار زاد عمق الفجوة مما يعني كمية معدن أكبر يتم إزالتها وفي الوقت ذاته ينخفض الإنهاء السطحي وعلى أية حال فإن خفض تيار الشرارة وزيادة ترددها يجعل حجم الفجوة صغير مما يُحسن الإنهاء السطحي وفي نفس الوقت يمكن المحافظة على معدل إزالة المادة بواسطة زيادة التردد وكما موضح في الشكل رقم (9-11) .



الشكل رقم (9-10) : تأثير التيار على حجم الشرارة على معدل إزالة المعدن

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (9-11) : تأثير التردد على حجم الشرارة وعلى معدل إزالة المعدن

إضافة إلى ذلك تؤثر الشرارات الجانبية على دقة السطح الناتج . وكما موضح في الشكل رقم (9-12-a) تنتج الشرارات الجانبية بين العُدة والسطح المُشغل سطح مستدق (*Taper*) وكنتيجة لهذا ،يزداد الإستدقاق مع زيادة عمق السطح المُشغل . لقد وِجد عملياً إن الإستدقاق يتناسب لمربع القطر ويمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$\frac{D-d}{2H} = K_T \times d^2 \qquad (2)$$

حيث :

D = القطر الناتج على الشُغلة .

d = قطر العُدة .

H = عمق القطع .

K_T = ثابت عملي .

وبشكل مشابه يتولد قطع زائد (*Over Cutting*) على سطح الشُغلة من الشرارات الجانبية وكما موضح في الشكل رقم (9-12-b) . لقد وجد العالم لازارينكو(*Lazarenko*) العلاقة التالية للقطع الزائد في عملية تشغيل التفريغ الكهربائي بإستخدام دائرة الإسترخاء (*Relaxation Circuit*) وكما يلي :

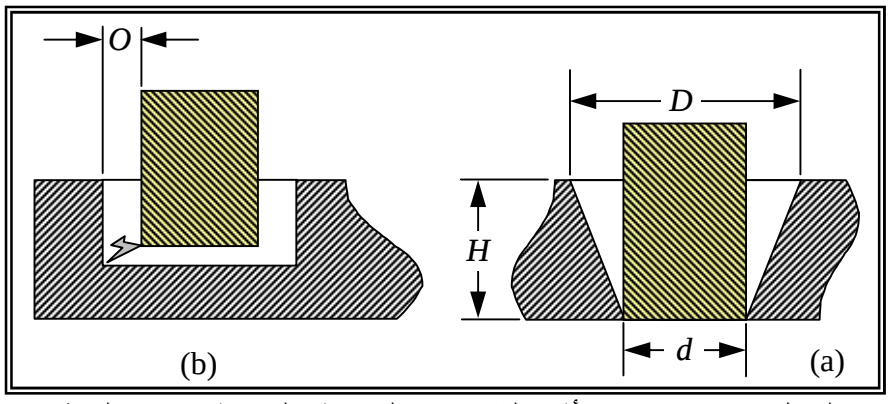
$$O = AC^{0.333} + B \qquad (3)$$

حيث :

O = القطع الزائد .

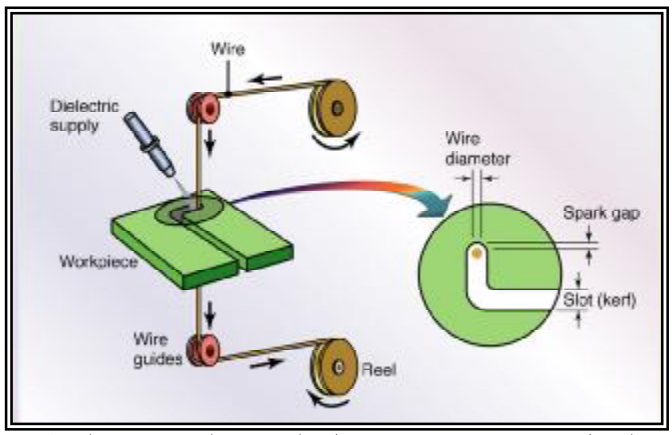
A,B = ثابتان يتم إعطاءهما في جداول خاصة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (9-12) : تأثير الشرارات الجانبية على دقة الإنهاء السطح

يمكن إستعمال عملية (*EDM*) في القطع حيث تسمى تشغيل التفريغ الكهربائي القاطع (*EDMC*) وكما موضح في الشكل رقم (9-13) . تكون العُدة (الكاثود) في هذه العملية عبارة عن سلك موصل كهربائياً ومتحرك ومستمر ، يتراوح قطره من (0.25*mm* -0.05*mm*). يستخدم السلك المصنع من النحاس ، البراص ، أو التنكستن لمرة واحدة فقط ، حيث ينتقل أثناء العمل من نقطة الإنطلاق (البداية) إلى السحب (القطع) ويتم توجيهه بواسطة بكرة لف لينتج من حركته شق ضيق ومستقيم في الألواح التي يكون سمكها إلى (8*cm*) تقريباً . السائل العازل المستخدم هنا هو الماء المُتأين .



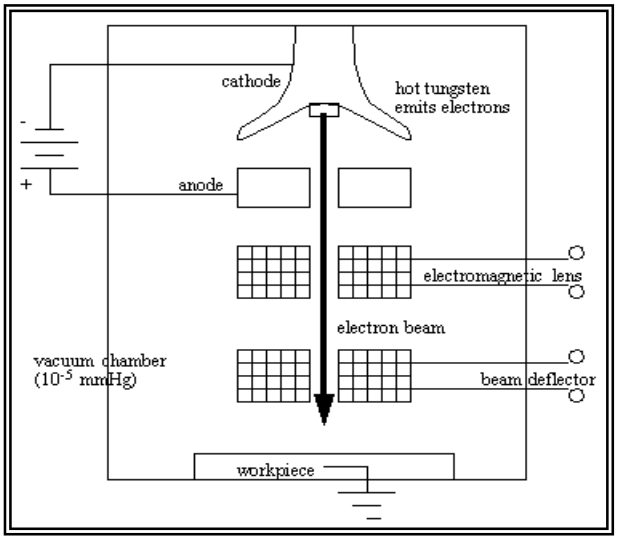
الشكل رقم (9-13) : تشغيل التفريغ الكهربائي القاطع

2- تشغيل الحزمة الإلكترونية (Electron Beam Machining-EBM) .

تستخدم الحزمة الإلكترونية كأداة لمعالجة المعادن ، حيث تستخدم بشكل رئيسي للحام بعض مديات الإصلاد السطحي . الشكل رقم (9-14) يوضح مبدأ هذه العملية . في عملية تشغيل الحزمة الإلكترونية يتم تركيز حزمة من الإلكترونات عالية الطاقة لصهر وتبخير المعدن ، ويتم إنجاز عملية التشغيل المايكروي هذه في حاوية مفرغة من الهواء ، إضافة إلى ذلك تستخدم عدسات مغناطيسية لتركيز الحزمة . تقوم ملفات الإنحراف بالسيطرة على موقع الحزمة ، إضافة إلى ذلك يمكن برمجة مسار الحزمة بالحاسوب لإنتاج أي شكل مرغوب به . يبلغ قطر البقعة التي تتركز عليها الحزمة الإلكترونية على سطح الشُغلة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

بـــحدود ($0.0254mm$ - $0.0127mm$) . تتطلب آلات تشغيل الحزمة الإلكترونية جهود عالية ($200kv$ - $50kv$) لتعجيل الإلكترونات إلى سرعات تصل إلى (0.5-0.8) من سرعة الضوء لذلك يجب أن يتم التشغيل على يد شخص مدرب جيداً . إن التأثير المتبادل للحزمة الإلكترونية مع سطح الشُغلة يولد أشعة سينية (X-Ray) لهذا يجب توفير الحماية الضرورية للعامل .



الشكل رقم (9-14) : عملية تشغيل الحزمة الإلكترونية

3- تشغيل حزمة الليزر (Laser Beam Machining-LBM) .

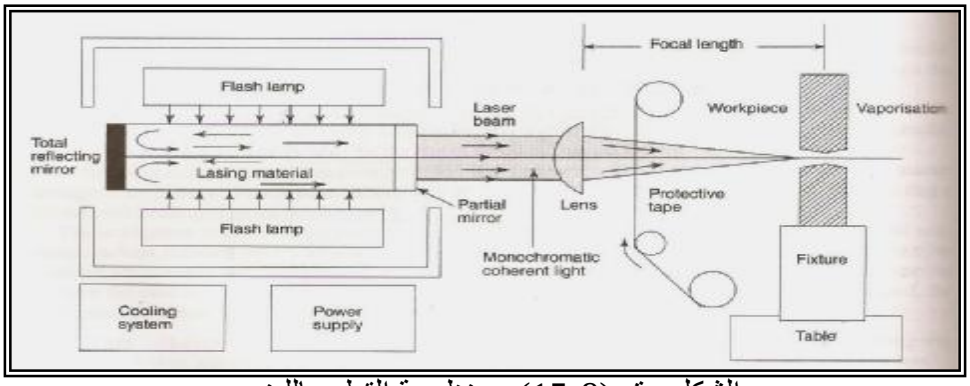
وهي عملية حرارية تستخدم الليزر لصهر وتبخير المواد . ويمكن تعريف الليزر على إنه تركيز بؤري لضوء أُحادي اللون إلى حزمة ضوئية شديدة الطاقة فتتولد حرارة عالية جداً نتيجة لهذا التركيز في نقطة ضيقة جداً بحدود (0.127mm) تؤدي إلى قطع الجزء المُشغل . الشكل رقم (9-15) يوضح شكل منظومة القطع بالليزر . من أجل الحصول على حزمة ليزر ملائمة لعمليات القطع يجب التحكم بالعوامل التالية :

1- ملائمة الحزمة لسطح المعدن . هنالك معادن مختلفة السطوح فمنها الناعم ومنها الخشن وتكون ذات ألوان وشدة لمعان مختلفة حيث كلما كان السطح ناعم ولماع تطلب ذلك شدة حزمة عالية والسبب في ذلك هو قيم الإنعكاسية العالية للسطح الصقيل . على سبيل المثال قيم الإنعكاسية للحديد هي (60 %) وللذهب (90 %) وهذا يعني بأن الحديد يمتص (40 %) من حزمة الليزر والذهب يمتص (10 %) فقط والباقي ينعكس عن السطح ويتشتت .

2- شدة حزمة الليزر . يجب التحكم في شدة الحزمة ، حيث الحزمة ذات الشدة العالية تسبب تبخر المعدن وبالتالي قطعه وربما تؤدي إلى حرق وإتلاف السطح المُشغل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- طول حزمة الليزر . يجب أن يكون طول الحزمة كافي ليسمح بتوصيل الحرارة خلال المنطقة المراد قطعها أو لحامها .



الشكل رقم (9-15) : منظومة القطع بالليزر

4- القطع بقوس البلازما (Plasma Arc Cutting - PAC) .

في هذه العملية يتم إستخدام مجرى فائق التسخين لغاز متأين كهربائياً لإذابة وإزالة المادة. تتولد البلازما ذات درجة الحرارة العالية ($27000^{o}C$ - $12000^{o}C$) داخل فوهة مبردة بالماء بواسطة التأين الكهربائي لغاز مناسب مثل النتروجين ، الهيدروجين ، الآركون أو خليط من هذه الغازات وهذه العملية يمكن أن تُجرى على معظم المعادن الموصلة . قوس البلازما هو خليط من الإلكترونات الحرة ذات أيونات مشحونة بشحنة موجبة وذرات متعادلة . ينشأ القوس في حجرة مملوءة بغاز محجوز بواسطة تردد شرارة عالي . الجُهد العالي ، وقدرة التيار المستمر تثبت القوس وتسنده والذي يخرج من الفوهة عند سرعة تقارب سرعة الصوت . تكون الشُغلة هي الآنود ، والغازات ذات السرعة العالية تصهر المعدن (الرايش) وتُزيله بعيداً.

إختبار ذاتي (6): ما هو مبدأ التشغيل بالحزمة الإلكترونية

ملاحظة :

يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

1- إن طريقة التشغيل التي يكون فيها تغيير طفيف في الأبعاد عِبر الشُغلة هي :
أ- التجليخ الكهروكيميائي .
ب- تشغيل التجويف الكهروكيميائي.
ج- إزالة الزوائد الكهروكيميائية .
د- الصقل الكهروكيميائي .

2- عندما يحصل تركيز بؤري لضوء أُحادي اللون تنتج :
أ- حزمة الليزر .
ب- الحزمة الإلكترونية .
ج- قوس البلازما .
د- الأشعة السينية .

3- قوس البلازما هو خليط من :
أ- الإلكترونات عالية الطاقة لصهر وتبخير المعدن .
ب- الإلكترونات الحرة ذات أيونات مشحونة بشحنة موجبة وذرات متعادلة .
ج- الحزم الضوئية شديدة الطاقة .
د- الشرارات عالة الطاقة .

4- إن الفائدة من إضافة كرات الكرافيت إلى عملية إزالة الزوائد الكهروكيميائية هو:
أ- لتحتك مع الشُغلة .
ب- لتوصيل الشُغلة بالأقطاب .
ج- لتسخين الشُغلة .
د- لإستلام شحنة حثية من الأقطاب.

5 – تصنع العُدة في عملية التشغيل بالموجات فوق الصوتية من :
أ- البراص .
ب- الماس .
ج- كاربيد البورون .
د- أُوكسيد الألمنيوم .

6- يستخدم بوليمر طويل السلسلة في التشغيل بالماء النفاث من أجل :
أ- تشغيل مدى واسع من المعادن الحديدية اللاحديدية .
ب- إنجاز إنهاء الحافة وإزالة الزوائد .
ج- لجعل النفاث متماسك .
د- لتشغيل ألياف الزجاج .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- إذا زاد التيار في طريقة EDM :
أ- يزداد عدد الشرارات .
ب- يزداد حجم الشرارة .
ج- يقل عمق الفجوة .
د- يقل عدد الشرارات .

8- يستخدم التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوار من أجل :
أ- تشغيل المواد العازلة للصوت .
ب- إزالة الزوائد والنتوءات .
ج- تشغيل الأجزاء الكبيرة التي يتجاوز طولها 15m .
د- التفريز القاسي للمواد الهشة .

9- إن فائدة الحامض في تشغيل التجويف الكهربائي هو :
أ- إذابة المعادن وتحويلها إلى سائل بدل الخبث .
ب- جرف مخلفات الإذابة بعيداً .
ج- تحويل سطح المعدن إلى أوكسيد .
د- تبريد الأقطاب .

10- يعتمد معدل إزالة المعدن والإنهاء السطحي في طريقة EDM على :
أ- السائل العازل .
ب- مقدار التردد .
ج- طاقة الشرارة .
د- مقدار الفسحة بين الأقطاب .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ب	1- هي طُرق تشغيل حديثة غير ميكانيكية تعتمد طبيعة عملها بشكل أساسي على إستخدام المحاليل الكيميائية والطاقة الكهربائية أو الجمع بين الإثنين لتشغيل المواد التي يصعب معاملتها بالطرق الأخرى .	1	ج
2	د	2- لأن عُدة التشغيل والشُغلة تكونان بعيدتين عن العامل بعكس الطُرق التقليدية التي يكون العامل فيها بتماس مباشر مع الماكنة والشُغلة .	2	أ
3	أ	3- بسبب نسبة السطح للكتلة تكون واطئة لها ، إضافة إلى قُصر زمن التعرض للغازات .	3	ب
4	ج	4- عندما يسري التيار بين الشُغلة وحجر التجليخ خلال المحلول إلكتروليتي يتغير سطح المعدن إلى أُوكسيد المعدن والذي يُجلخ بعيداً بواسطة المواد الحاكة .	4	د
5	ب	5- يُستعمل في تشغيل الموجات فوق الصوتية العادي عُدة إهتزاز بالموجات فوق الصوتية لدفع المادة الحاكة الموجودة في سائل ذو عالق صلب ضد الشُغلة ، أما في تشغيل الموجات فوق الصوتية الدوار فيتم إستخدام عُدة دوارة مصنوعة من الماس لا يستخدم فيها أي عالق حاك .	5	أ
6	أ	6- يتم تركيز حزمة من الإلكترونات عالية الطاقة لصهر وتبخير المعدن ، ويتم إنجاز عملية التشغيل المايكروي هذه في حاوية مفرغة من الهواء ، إضافة إلى ذلك تستخدم عدسات مغناطيسية لتركيز الحزمة .	6	ج
7	د		7	ب
8	ب		8	د
9	ج		9	أ
10	أ		10	ج

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

3- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

4- George Schneider Jr " *Cutting Tool Applications* " , Manufacturing Center , 2001 .

5- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

6- علي إبراهيم الموسوي "*2əlqzäilKd ɔhɛNg*" ، الطبعة الأولى ،دار الرضوان للنشر والتوزيع ،المملكة الأردنية الهاشمية ،2012 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وحدة تدريبية
عمليات التشكيل الميكانيكي

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تضم ورش التشكيل الكثير من الماكنات المستخدمة في تشكيل المواد الهندسية والتي تنفذ عليها العديد من العمليات ولمختلف المواد ولذلك فمن المهم إلقاء الضوء على هكذا ماكنات وعمليات لبيان أهميتها بالنسبة لعمليات التصنيع .

3- الفكرة المركزية :

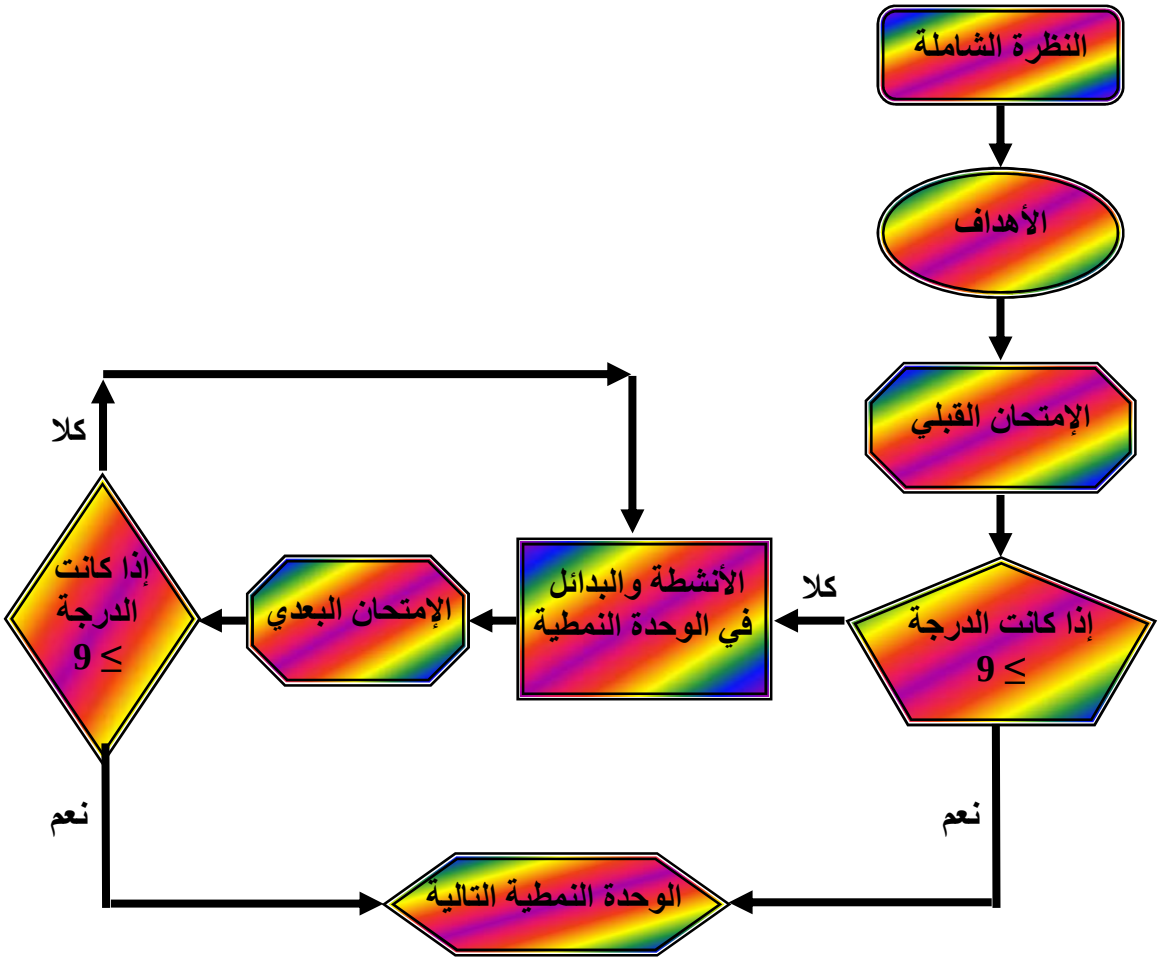
أولاً- التعرف على أنواع عمليات التشكيل الميكانيكي .
ثانياً- التعرف على الفرق بين التشكيل على الساخن وعلى البارد .
ثالثاً- معرفة المواد التي يمكن تشكيلها بكل طريقة من طرق التشكيل .
رابعاً- التعرف على أهمية القوالب في الصناعة .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على المدى الحراري في التشكيل على الساخن وعلى البارد .
2- يتعرف على مزايا وعيوب كل طريقة تشكيل في الورشة .
3- يحسب قيمة المعدن الفائض من عمليات التشكيل .
4- يختار بشكل صحيح عملية التشكيل المناسبة للعمل .
5- يصمم القالب المستعمل في التشكيل ومعرفة الظروف المؤثرة عليه .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

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

1- إن عملية البثق التي يكون فيها إتجاه إنسياب المعدن بنفس إتجاه المعدن تسمى :
أ- البثق المباشر .
ب- البثق غير المباشر .
ج- البثق الصلد .
د- البثق بالطرق .

2- في عملية الدرفلة عند تطابق النقطة (C) مع (A) عندئذ :
أ- يتحرك المعدن أسرع من سطح الدرفيل .
ب- لا تستطيع الدرافيل سحب المعد تلقائياً .
ج- لا يمكن سحب المعدن بواسطة الدرافيل حتى لو وضع بينها .
د- تصنع الدرافيل إتصالاً مع المعدن فوق طول الإتصال .

3- إن الطريقة المستخدمة لصنع الإنحناءات الواسعة غير المنتظمة غير الدائرية هي :
أ- ثني الدرافيل .
ب- ثني التمدد .
ج- ثني الضغط .
د- ثني الكبس .

4- تتضمن عمليات القص الجزئي :
أ- عملية قص المشغولات الناتجة من عملية الفصل .
ب- إزالة جزء من الشُغلة مع تكوين ثقب .
ج- عملية فصل المعدن الزائد عن الشُغلة .
د- قص جزئي للشُغلة مع عدم الفصل التام لها.

5- تستخدم طريقة التشكيل بالخرق الساخن :
أ- لتحويل المسبوكات الأولية إلى أنابيب أو إسطوانات ذات جدران سميكة .
ب- تشكيل الألواح المعدنية لإنتاج أوعية الضغط الفولاذية .
ج- تشكيل المعادن والسبائك فائقة الصلادة .
د- تشكيل الكتل والأقراص المعدنية الصغيرة .

6- يتم إنتاج هياكل الثلاجات بواسطة :
أ- حدادة المطرقة .
ب- عمليات القص .
ج- السحب العميق .
د- ثني الكبس .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يجب أن تكون قوة الثني كافية من أجل :
أ- ثني الأقطار الواسعة بسهولة .
ب- الحصول على التشكيل المطلوب بوقت أقصر .
ج- التخلص من الصدمة المتولدة جراء الثني .
د- توليد إنفعالات لدنة في المعدن تبقى بعد إزالة القوة المؤثرة .

8- تستخدم طريقة الطرق الحر :
أ- لإعطاء شكل نهائي للقطعة .
ب- للتشكيل ما قبل النهائي .
ج- للحصول على القطع الجاهزة .
د- لتشكيل الأجزاء الصغيرة ومتوسطة الحجم .

9- يتم ضمان إنطباق جزئي القالب بدقة عن طريق إستخدام :
أ- الدلائل .
ب- اللوالب .
ج- الكتل .
د- السكك .

10- يستند التشكيل على درجة حرارة معينة تسمى :
أ- درجة حرارة الإنصهار .
ب- درجة حرارة الإنجماد .
ج- درجة حرارة التبلور .
د- درجة حرارة التخمير .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.10 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يمكن تعريف عمليات التشكيل الميكانيكي على إنها العمليات التي تستخدم قوى ميكانيكية مثل الشد والضغط إضافة إلى الحرارة من أجل تشكيل المعدن بأشكال مختلفة وبدون خسارة في حجم أو كمية المعدن . إن عمليات التشكيل الميكانيكي لا ينتج فيها رايش مثل بقية عمليات التشغيل مثل الخراطة والتفريز . تعتمد هذه العمليات على عدد من العوامل الخاصة بالمعدن المُشكل وبماكنات التشكيل والتي يمكن توضيحها كما يلي :

1- لدونة المعدن المُشكل . وتعني قابلية المعدن للخضوع للقوى المسلطة عليه من أجل تغيير شكله .

2 - كفاءة ماكنة التشكيل. حيث يجب أن تمتلك الماكنة الجساءة الملائمة التي توفر الكفاءة المطلوبة والتي تنعكس على جودة الجزء المُشكل .

3- خواص عُدة التشكيل . يجب أن تكون عُدة التشكيل ممتلكة صلادة ومتانة أعلى من المعدن المُشكل .

4- القوى المُسلطة في التشكيل . وهي تمثل القوى التي تسلطها ماكنة وعُدة التشكيل على المعدن والتي يجب أن تكون كافية لإيصاله إلى حدود اللدونة وبالتالي الحصول على الشكل المطلوب .

إختبار ذاتي (1): عرف عمليات التشكيل الميكانيكي

2.10 تصنيف عمليات التشكيل (*Classification of F. P*)

تصنف عمليات التشكيل الميكانيكي إعتماداً على درجة الحرارة التي يجري فيها التشكيل إلى مجموعتين أساسيتين هما التشكيل على الساخن والتشكيل على البارد ويتم أحياناً الجمع بين النوعين من التشكيل لغرض الحصول على النتائج المطلوبة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1.2.10 عمليات التشكيل على الساخن (*Hot Forming*)

يُقصد بالتشكيل على الساخن التغيير أو التشويه اللدن الدائمي الذي ينتج في المعادن نتيجة تأثير قوى أو جهود عليها وهي ساخنة ، حيث تكون درجة حرارتها دائماً فوق درجة حرارة الغرفة بمقادير تختلف بإختلاف المعدن والسبائك قيد التشغيل . والتمييز بين التشكيل على الساخن و التشكيل على البارد يستند على درجة حرارة معينة وخاصة بكل معدن أو سبيكة والتي تسمى بدرجة حرارة إعادة التبلور (*Recrystallization Temperature*) ، وتتراوح هذه الدرجة بين نصف أو ثلث درجة إنصهار هذه المعادن والسبائك .

وتمتاز بعض المعادن بكون درجة إعادة تبلورها منخفضة جداً ومقاربة لدرجة حرارة الغرفة أو حتى أقل منها لذلك فإن هذه المعادن لدى تشكيلها في درجة حرارة الغرفة يعتبر هذا التشكيل تشكيلاً على الساخن ،وكمثال على هكذا معادن هو الرصاص والقصدير . ويمكن القول بغض النظر عن الحالات الشاذة بأنه كلما كانت درجة إنصهار المعدن عالية كلما إرتفعت درجة إعادة تبلوره . هنالك عدد من المزايا التي يتصف بها التشكيل على الساخن والتي يمكن إدراجها أدناه :

1- إن الطاقة الضرورية للتشكيل على الساخن أقل بكثير من الطاقة التي يتطلبها التشكيل على البارد .

2- يطرأ تحسن على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للمعدن المُشكل على الساخن ، حيث تتحسن المطيلية ومقاومة الصدمة إضافة إلى التحسن في مدى التجانس داخل بنية المعدن .

3- يساعد التشكيل على الساخن على التخلص من بعض عيوب المسبوكات الأولية مثل الفجوات والمسامية الغازية ، والتي تلتحم نتيجة درجة الحرارة العالية والضغط المستعمل في التشكيل .

ولكن هذا النوع من التشكيل يمتلك أيضاً بعض العيوب والتي يمكن توضيحها كالآتي :

1- تأكسد السطوح الساخنة بسهولة .

2- صعوبة السيطرة على أبعاد ومقاس المنتجات نظراً للتمدد الحراري الناتج في المشغولات قيد التشكيل على الساخن .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2.2.10 عمليات التشكيل على البارد (*Cold Forming*)

إن عمليات التشكيل التي تُجرى في درجة حرارة الغرفة أو في درجة حرارة قريبة منها تسمى بالتشكيل على البارد . وبصورة عامة فإنه بالإمكان تشكيل المعادن على البارد في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة ، حيث إن الحد الفاصل بين التشكيل على البارد و التشكيل على الساخن هو في درجة حرارة إعادة التبلور التي تكون عادة ولمعظم المعادن أعلى من درجة حرارة الغرفة . يتميز التشكيل على البارد بعدد من المميزات التي تؤهله للتنافس مع بقية عمليات التشكيل ، وهذه المميزات هي :

1- يسبب التشكيل على البارد إرتفاعاً في الخواص الميكانيكية مثل الصلادة ومقاومة الشد وإنخفاضاً في خواص أُخرى مثل المطيلية .

2- تتميز المنتجات المُشكلة على البارد بإنهاء سطحي ومظهر خارجي جيدين .

3- يمكن التحكم بصورة دقيقة في أبعاد ومقاسات المنتجات المُشكلة على البارد ، لذلك فإن التشكيل على البارد يستخدم كمرحلة نهائية لتشكيل المنتجات المُشكلة على الساخن .

وبرغم ذلك يمتلك التشكيل على البارد عدد من المحددات التي يجب الإنتباه لها في حالة إستخدامه في التشكيل وهذه المحددات هي :

1- تعتبر متطلبات الطاقة العالية من أهم عيوب التشكيل على البارد ، بما يستوجب ذلك من إستخدام المعدات والأجهزة المصنوعة من مواد معدنية عالية الكفاءة والمقاومة .

2- مقدار التشكيل الذي يمكن إنجازه تحت قوة أو جهد ثابت في التشكيل على البارد يكون أقل منه في التشكيل على الساخن تحت نفس الجهد .

3- إنخفاض مطيلية المنتجات بعد تشكيلها على البارد .

إختبار ذاتي (2): كيف يتم التمييز بين التشكيل على الساخن وعلى البارد

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.10 أنواع عمليات التشكيل (*Types of F. P*)

هنالك أنواع عديدة من عمليات التشكيل والتي سواء أكانت تنفذ على الساخن أو على البارد ،وتختلف هذه العمليات في مبدأ عملها والماكنات المستخدمة فيها ونوعية الأشكال المنتجة فيها والمعادن التي تعمل على تشكيلها ومن هذه العمليات مايلي :

1.3.10 عمليات البثق (*Extrusion Processes*)

يمكن تعريف البثق على إنه عملية كبس المعدن فوق حدود مرونته في حاوية وإجباره على الخروج من فتحة في نهاية الحاوية ليأخذ شكل هذه الفتحة . تستخدم عملية البثق عادة لتشكيل المعادن اللاحديدية التي تمتاز بإرتفاع ليونتها وإنخفاض درجة إنصهارها مثل الألمنيوم ، النحاس ، النحاس الأصفر ن المغنيسيوم ، والرصاص . و تستخدم عملية البثق بشكل محدود لتشكيل الفولاذ بسبب صعوبة التشكيل وإرتفاع درجات الحرارة الضرورية للتشكيل . تنفذ عملية البثق بطريقتين أساسيتين هما :

1- **البثق على الساخن (Hot Extrusion)** . إن المشكلة الرئيسية في البثق على الساخن تكمن في حماية أدوات البثق من درجات الحرارة العالية والحفاظ عليها كما هي لذلك يكون من الضروري تزييت وحماية كل من الحاوية ، المكبس ، والقالب .

2- **البثق على البارد (Cold Extrusion)** . يتم إنجاز البثق على البارد عند سرعات عالية من أجل تقليل القوة المسلطة .

تتم عملية البثق سواء أكانت على البارد أو على الساخن بإسلوبين أساسيين وإعتماداً على إتجاه البثق وهما:

1- البثق المباشر (Direct Extrusion) .

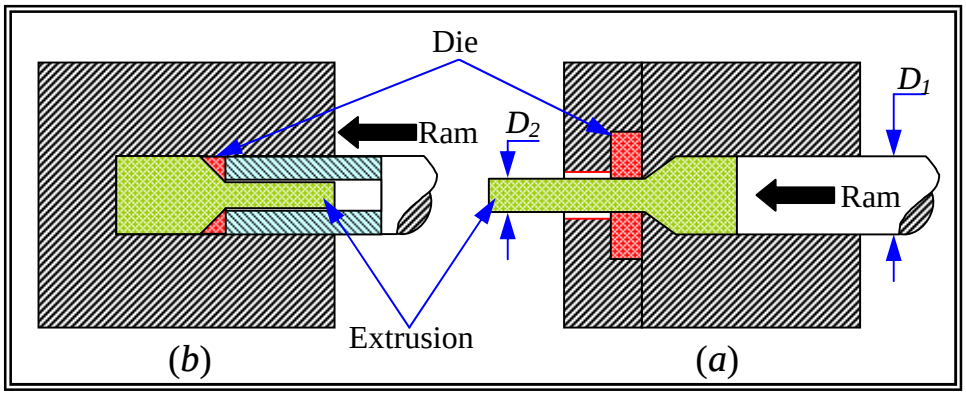
ويسمى أيضاً البثق الأمامي (*Forward Extrusion*) حيث يكون إتجاه إنسياب المعدن المبثوق بنفس إتجاه حركة المكبس ، حيث تقابل فتحة خروج المعدن مكبس الدفع . هذا النوع من البثق موضح في الشكل رقم (10-1-*a*) . إن الكتلة المعدنية في البثق المباشر سوف تحتك بالجدران الداخلية للحاوية لذلك يتم إستخدام التزييت لتخفيف قوى الإحتكاك وخاصة لتشكيل المعادن الصعبة التشكيل من الفولاذ .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- البثق غير المباشر (Indirect Extrusion) .

ويدعى كذلك بالبثق الخلفي (*Backward Extrusion*) ، حيث تكون حركة المعدن بعكس حركة المكبس إذ يكون المكبس مجوف ويتم تثبيت القالب عليه الذي سوف يُشكل فيه المعدن . البثق غير المباشر موضح في الشكل رقم (*b*-1-10) . إن الإحتكاك سوف يقل كثيراً في البثق غير المباشر ويكون مقتصراً فقط على الإحتكاك بين جدران فتحة القالب الصغيرة المساحة نسبياً وبين المعدن المبثوق . ويستخدم هنا التزييت أيضاً لتقليل قوى الإحتكاك . هنالك عِدة مواصفات يجب أن يمتلكها المكبس والقالب المستخدمين للبثق وهذه المواصفات هي :

1- مقاومة درجات الحرارة المتولدة نتيجة لضغط المعدن المبثوق.
2- مقاومة الإحتكاك العالي بين المعدن المبثوق وسطح القالب حيث كلما زادت مقاومة الإحتكاك قل تآكل القالب .
3- مقاومة الإجهادات العالية المتولدة من عملية البثق .



الشكل رقم (1-10): *a* - البثق المباشر *b*- البثق غير المباشر

تقسم عملية البثق إلى أنواع عديدة وإعتماداً على طبيعة وميكانيكية البثق وهذه العمليات هي :

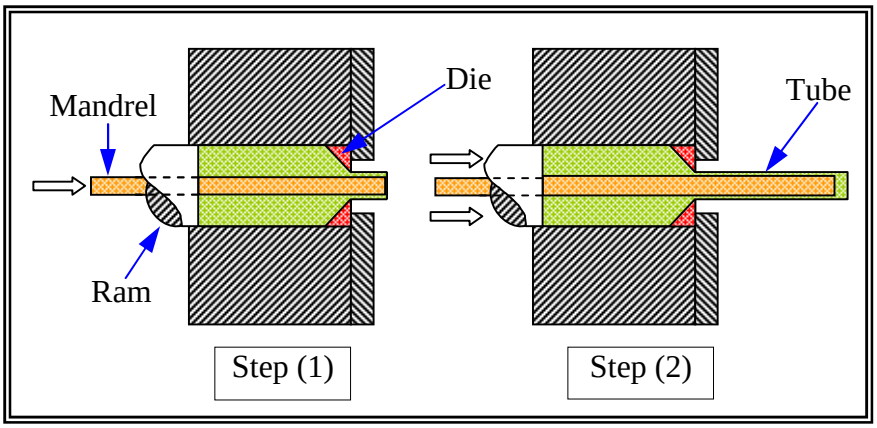
1- **البثق الصلد (Solid Extrusion) .**

ويمكن أن يتم للأمام أو للخلف على حد سواء وينتج مشغولات صلدة وغير مجوفة وهو موضح في الشكل رقم (1-10) .

2- **البثق المجوف (Hollow Extrusion) .**

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

في هذا النوع من البثق يتم إنتاج الأشكال المجوفة حيث يحتوي المكبس على قلب (*Mandrel*) يمكن أن يدور مع المكبس أو يتحرك بشكل منفصل عنه وكما موضح الشكل رقم (10-2) ، حيث في الخطوة (1) يتم دفع القلب وفي الخطوة (2) يتحرك المكبس ليقوم بدفع المادة حول القلب .



الشكل رقم (10-2) : البثق المجوف

3- البثق الهيدروستاتيكي (Hydrostatic Extrusion) .

في هذا النوع من البثق يقوم سائل هيدروستاتيكي بتسليط القوة الضرورية للبثق ، ويتم بثق المعدن أما بالضغط الجوي للسائل الذي يملئ الحاوية أو بواسطة سائل واطئ الضغط (إنظر الشكل رقم (10-3-*a*)) . هذه العملية تشبه البثق المباشر ولكن ضغط السائل يحيط الخام الموجود في الحاوية ويمنع الإختلاف في الكبس . يكون الإحتكاك بين المعدن والحاوية محدود بسبب وجود السائل المضغوط الذي يعمل كمزيت ، كذلك تقل القوة اللازمة للبثق نتيجة لوجود السائل وتكون الحرارة المتولدة نتيجة للإحتكاك في أدنى قيمة والمنتج يكون ذو تركيب متجانس وإنهاء سطحي جيد .

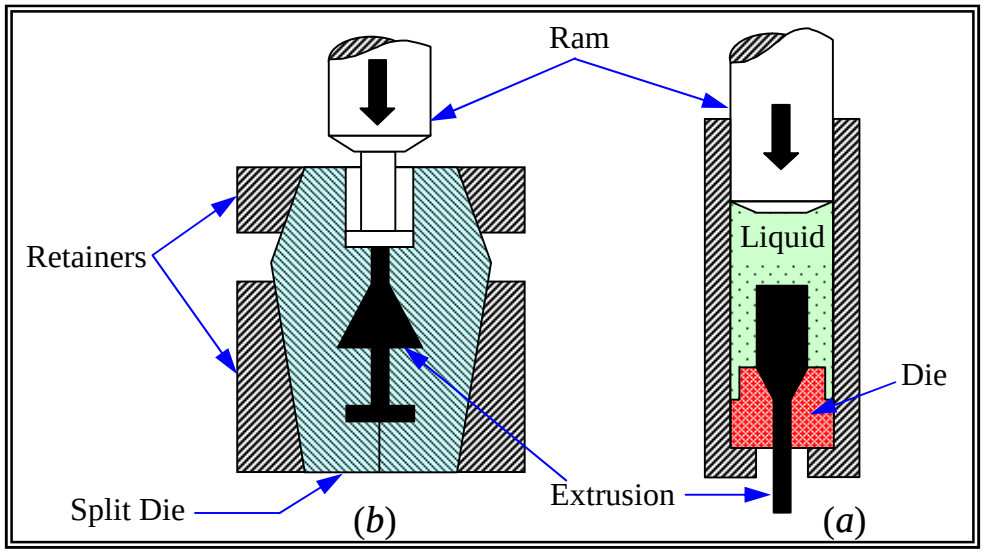
4- بثق الفجوة المغلقة (Closed Cavity Extrusion) .

إن آلية عمل بثق الفجوة المغلقة تشبه عملية السباكة حيث يتم كبس المعدن داخل قالب مغلق من نهايتيه بعدها يتم فتح القالب وإخراج المنتج منه وكما موضح في الشكل رقم (10-3-*b*) .

5- البثق بالطرق (Pressing Extrusion) .

وهو أحد طُرق البثق على الساخن ، حيث يتم تسخين المعدن إلى درجة حرارة معينة ومن ثم طرقه ليتم بثقه من القالب .

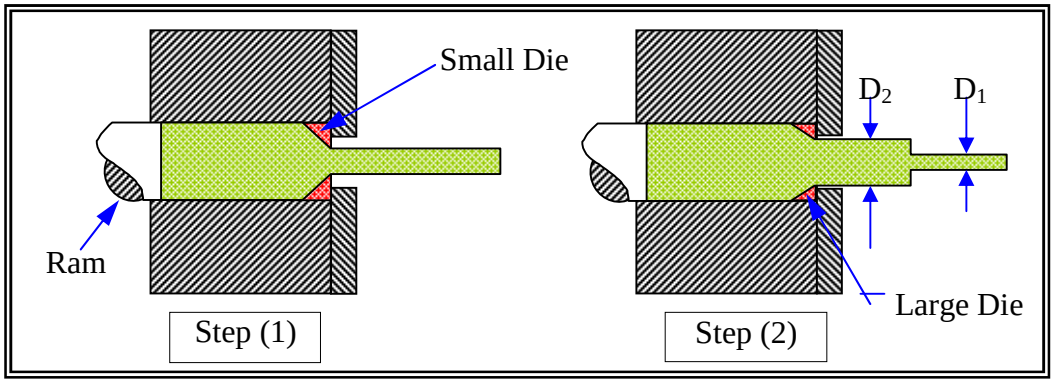
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (10-3) :*a* - البثق الهيدروستاتيكي *b*- بثق الفجوة المغلقة

6- **البثق المتدرج** **(Step Extrusion)** .

في هذه العملية يكون البثق على مراحل ، حيث في المرحلة الأُولى يتم بثق المعدن من خلال قالب صغير ومن ثم يتم إستبدال القالب بآخر أكبر ليتم بثق المعدن مرة ثانية فينشأ من ذلك منتج متدرج في أبعاده الخارجية وكما موضح في الشكل رقم (10-4).



الشكل رقم (10-4) : البثق المتدرج

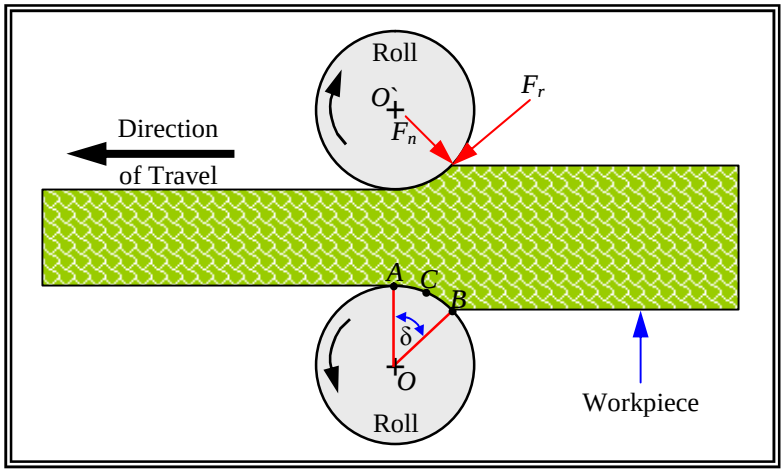
إختبار ذاتي (3): ما هو الفرق بين البثق المباشر وغير المباشر

2.3.10 عمليات الدرفلة (*Rolling Processes*)

الدرفلة أو الدلفنة هي عملية تشكيل المعدن بين درافيل دوارة عن طريق ضغطه بينها من أجل الحصول على الشكل والحجم المطلوبين ، تتضمن عملية التشكيل هذه نقصان في سمك المعدن المُشكل مع زيادة في

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

طولـه وعرضـه . تستخدم الدرفلـة للحصـول علـى الألـواح ، القضـبان ، البكـرات ، الأنابيـب ، والأشـرطة المعدنية وغيرها من المنتجات والأشكال . الشكل رقم (10-5) يوضح عملية التشكيل بين الدرافيل .



الشكل رقم (10-5) : عملية التشكيل بالدرفلة

تصنع الدرافيل إتصال مع المعدن فوق طول الإتصال الموضح بـالقوس (AB) فـي الشكل رقم (10-5) . عند بعض نقاط الإتصال تتحرك سطوح المادة والدرفيل عند نفس السرعة وهذه تمثل نقطة عدم الإنزلاق (C) . من النقطة (C) إلى النقطة الخروج (A) يكون المعدن تحت تأثير البثق ويتحرك أسرع من سطح الدرفيل . وفي هذه المنطقة يقاوم الإحتكاك بين الشُغلة والدرافيل الإنتقال ويعوق إختزال المعدن. يتحرك المعـدن بشـكل أبطـأ مـن الـدرافيل بـين النقـاط (C)و(B) ،وتقـوم محصـلة قـوة الإحتكـاك فـوق القوس(CB)بسحب المعدن بين الدرافيل . إن موقع نقطة عدم الإنزلاق (C) فـي القوس(AB) تعتمد على مقدار إختزال المعدن ، قطر الدرافيل ، ومعامل الإحتكاك . وتميل هذه النقطة للتحرك إلى النقطة (A) عند زيادة مقدار الإختزال وزاوية الإتصال (δ) .

عندما قيمة زاوية الإتصال تتجاوز زاوية الإحتكاك ففي هذه الحالة لا تستطيع الدرافيل سحب القطعة الجديدة من المادة تلقائياً في الفراغ الذي بينهما . أما إذا كانت زاوية الإتصال أكبر بمرتين من زاوية الإحتكاك بين الدرافيل والشُغلة ، عندئذ تتطابق النقطة (C) مع النقطة (A) والمعدن لا يمكن أن يُسحب بواسطة الدرافيل حتى إذا تم وضعه بينهما . وهذا يرجع إلى إن المركبة الأُفقية للضغط العمودي للدرافيل ضد المعدن تساوي وتلغي المركبة الأُفقية للإحتكاك التي تميل لسحب المعدن . هنالك خواص مهمة يجب توفرها في المعادن التي يتم درفلتها وأهم هذه الخواص هي قابلية المعدن للإنسياب نتيجة الضغط المسلط عليه وبدون أن ينكسر كذلك يجب أن تكون له قوة تحَمل كبيرة حتى لا يفشل تحت الضغط .

يمكـن أن تـتم الدرفلـة علـى البـارد (*Cold Rolling*) مثـل درفلـة النحـاس أو تـتم علـى السـاخن (*Hot Rolling*) مثل درفلة الفولاذ . ويعتمد إختيار إسلوب الدرفلة على صلادة أو ليونة المعدن المُشكل.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

هنالك نوعان من القوى التي تؤثر في عملية الدرفلة والموضحة في الشكل رقم (10-5) وهي القوة العمودية أو نصف القطرية (F_n) وتمثل قوة ضغط الدرافيل وقوة الإحتكاك (F_r) . يمكن أن تقسم عملية الدرفلة إلى خمسة أنواع رئيسية والتي تختلف فيما بينها من حيث آلية عمل الدرافيل وشكل المنتج وهذه الأنواع هي :

1- الدرفلة الطولية (Longitudinal Rolling) .

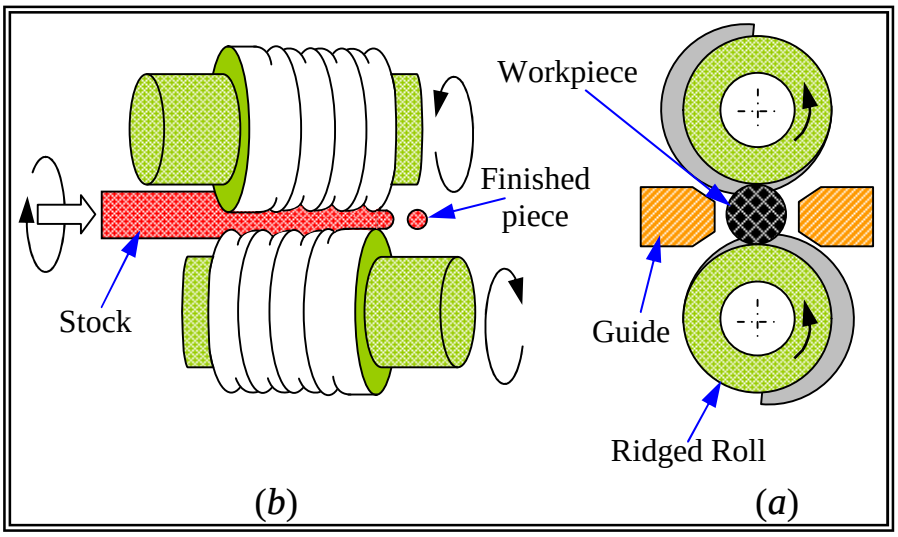
في هذا النوع من الدرفلة يتم وضع الشُغلة بين درفيلين يدوران بإتجاهين مختلفين ،ويستخدم هذا النوع لإنتاج الصفائح المعدنية (إنظر الشكل رقم(10-5)) .

2- الدرفلة العرضية (Cross Rolling) .

وتسمى أيضاً بالدرفلة الإسفينية (*Wedge Rolling*) . يستخدم في الدرفلة العرضية درفيلين متزامنين يدوران بنفس الإتجاه مع نتوء حلزوني صاعد حول كل منهما (*Spiral Ridge*) . تكون محاور الدرفيلين متقاطعة بشكل طفيف أي بزاوية صغيرة أو متوازية . يمكن أن يصنع بهذه الطريقة الأعمدة وحدبات التروس . الدرفلة العرضية موضحة في الشكل رقم (10-6-*a*) .

3- الدرفلة اللولبية (Skew Rolling) .

تنفذ هذه الطريقة مع درفيلين على محاور متعامدة (*Cross Axes*) كما موضح في الشكل رقم(10-6-*b*). يمتلك كل درفيل شكل حلزوني خارجي يحمل الخام قيد التشغيل ويُشكل بشكل مستمر عند دوران الدرفيل. تستخدم الدرفلة اللولبية لإنتاج الكرات الفولاذية (فوق 400 لكل دقيقة) ومحاور مركبات السكك الحديدية.



الشكل رقم(10-6) :*a* - الدرفلة العرضية *b*- الدرفلة اللولبية

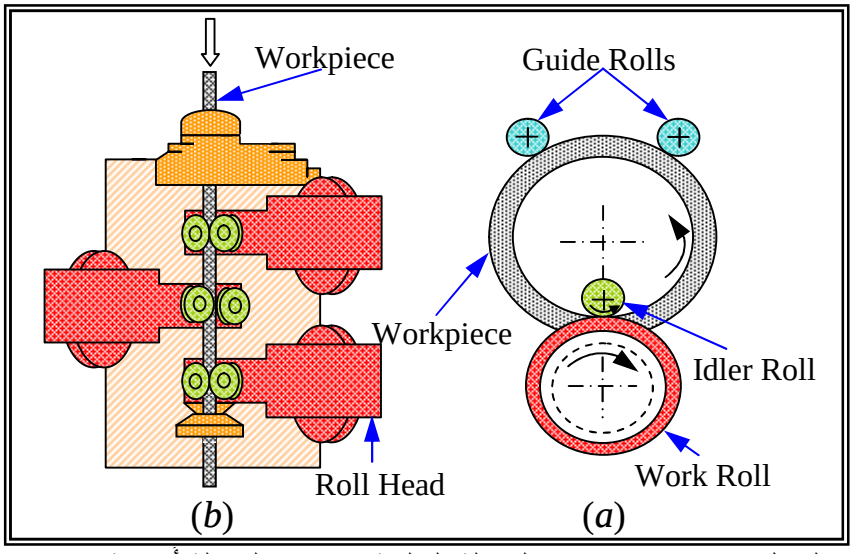
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- الدرفلة الحلقية (Ring Rolling) .

يبدأ هذه النوع من الدرفلة مع حلقة صغيرة مجوفة ويتم تشكيلها بين درفيل واحد أو درفيلين ودرفيل وسطي . الحلقة تزداد في القطر وتقل وتشكل في المقطع العرضي(إنظر الشكل رقم (10-7-*a*)) . الشُغلة المجوفة يمكن أن تُحضر بالحدادة أو التخريم . تمتد القِطع المنجزة بواسطة هذه العملية من المحامل المتدحرجة الصغيرة إلى الحلقات التي قطرها حوالي (9*mm*) .

5- الدرفلة أُحادية الإتجاه (Unidirectional Rolling) .

وتسمى أيضاً درفلة القالب (*Die Rolling*) وتتضمن تمرير الخام بشكل مستمر بين زوج واحد أو أكثر من الدرافيل مع قالب ذو أثار غائرة حول محيطها وكما موضح في الشكل رقم (10-7-*b*). يمكن بالدرفلة أُحادية الإتجاه إنتاج الأعمدة ، المحاور ، والعتلات .



الشكل رقم (10-7) :*a* - الدرفلة الحلقية *b*- الدرفلة أحادية الإتجاه

ويمكن حساب مقدار زاوية الإتصال (δ) بين الدرفيل والمعدن المُشكل من المعادلة التالية :

$$\sin d = 1 - \frac{H-h}{D} \qquad (1)$$

حيث :

δ= زاوية الإتصال .

H= سمك الشُغلة قبل الدرفلة (*mm*) .

h= سمك الشُغلة بعد الدرفلة (*mm*) .

D= قطر الدرفيل (*mm*) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

إن مقدار الدرفلة (الإنضغاط في المعدن) يزداد بزيادة قطر الدرفيل ونتيجة لهذه العملية يزداد عرض وطول الشُغلة ويقل سمكها . تسمى نسبة طول الشُغلة بعد الدرفلة إلى طول الشُغلة قبل الدرفلة بمعامل الإستطالة والذي يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$K = \frac{I}{L} = \frac{F}{f} \qquad (2)$$

حيث :

K= معامل الإستطالة .

I= طول الشُغلة بعد الدرفلة (mm) .

L= طول الشُغلة قبل الدرفلة (mm) .

F= مساحة مقطع الشُغلة قبل الدرفلة (mm^2) .

f= مساحة مقطع الشُغلة بعد الدرفلة (mm^2) .

إختبار ذاتي (4): كيف تتم عملية الدرفلة أُحادية الإتجاه

3.3.10 عمليات الثني (*Bending Processes*)

تجري عمليات الثني أو الإنحناء أما بالطَرق اليدوي أو الميكانيكي ، وتسبب هذه العمليات إجهادات شد في الألياف الخارجية وإجهادات ضغط للألياف الداخلية للشُغلة . تتوقف الإنفعالات المتولدة من عملية الثني على عدد من العوامل من ضمنها نوع معدن الشُغلة وسمكها وكذلك على زاوية ونصف قطر الإنحناء المراد إنتاجه . إضافة إلى ذلك يجب أن تكون قوة الثني كافية لتوليد إنفعالات لدنة في المعدن تبقى بعد إزالة القوة المؤثرة ، ويمكن التخلص من الإجهادات المتولدة من عملية الثني بواسطة المعاملات الحرارية للمعدن المُشكل .

إن تمدد الإنحناءة (*Bend*) يسبب محور متعادل (*Neutral Axis*) كما في الشكل رقم (*a*-8-10) والذي لا ينفعل الخام على طوله ليتحرك لمسافة $(0.5t - 0.3t)$ من داخل الإنحناءة في معظم الحالات ، وغالباً ما يستخدم المعدل لهذه المسافة $(0.4t)$ في الحسابات . إذا كانت الإنحناءة تمتلك قطر خارجي مقداره (r) فيمكن تقدير الطول الإبتدائي للخام (L) في الإنحناءة والذي يحسب من المعادلة التالية :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

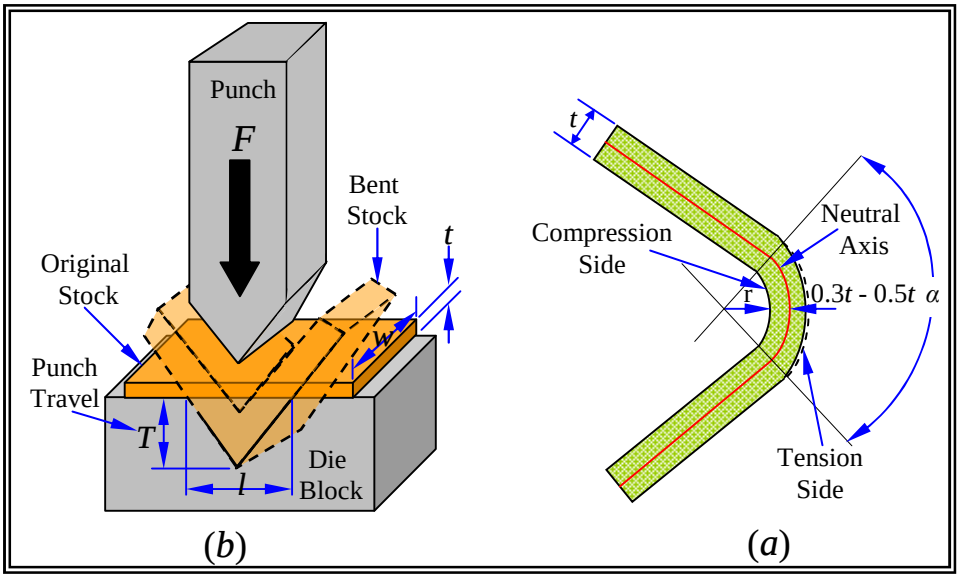
$$L = 2 \times p\,(r + 0.4t) \times \left(\frac{a}{360}\right) \qquad (3)$$

حيث :

t= السمك الإبتدائي للخام (mm) .

α= زاوية الإنحناءة .

وعلى الرغم من إن المعدن يُجهد فوق حد المرونة فإنه يميل إلى إستعادة قدر معين من المرونة ، حيث إذا صنعت الإنحناءة زاوية معينة فيتوقع إرتداد نابضي (*Spring back*) إلى زاوية أصغر بشكل طفيف عندما يُترك . يكون الإرتداد النابضي كبير لأقطار الإنحناءة الأصغر ، الخام الأسمك ،زوايا الإنحناءة الواسعة ، والمواد الصلدة الشكل رقم (10-8-*b*) يوضح عملية ثني في قالب .



الشكل رقم (10-8) :*a* - طبيعة الثني في المعدن *b*- عملية ثني في قالب

يمكن حساب القوة اللازمة للتشوه المرن (*Elastic Deformation*) من المعادلة التالية :

$$F_E = 0.67\,\frac{Swt^2}{l} \qquad (4)$$

حيث :

S= مقاومة الشد القصوى للمادة .

w= عرض المادة (mm) .

t= سمك المادة (mm) .

l = طول الإنحناءة (mm) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

أما القوة اللازمة للإنحناء اللدن (*Plastic Bending*) فتحسب من المعادلة التالية :

$$F = 1.33\frac{Swt^2}{l} \qquad (5)$$

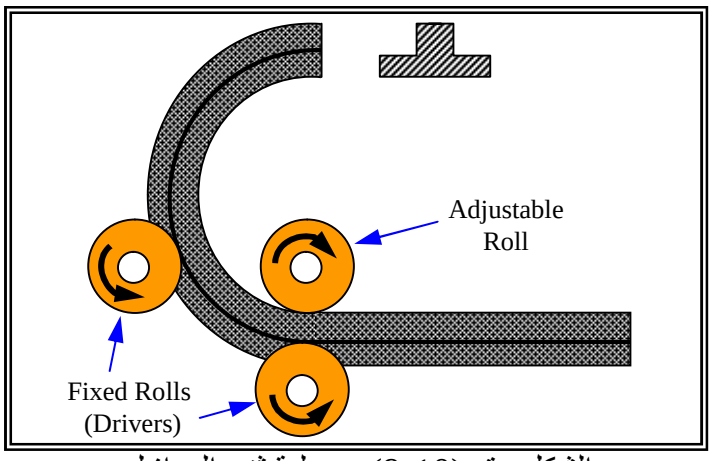
حيث :

F= قوة الإنحناء اللدن .

هنالك عِدة أنواع من عمليات الثني وهي مدرجة كالآتي :

1- ثني الدرافيل (Rolls Bending) .

تستخدم هذه العملية لثني الألواح ، القضبان ، التراكيب الهيكلية ، والأنابيب سميكة الجدران عن طريق إستخدام ثلاثة درافيل وكما موضح في الشكل رقم (10-9) . أحد الدرافيل تثبت بين الدرفيلين الآخرين من أجل الضبط لأنصاف الأقطار المطلوبة . ويمكن عمل لفات مستمرة بهذه الطريقة . أنصاف أقطار الإنحناءة يمكن تغييرها بسهولة ، ولكن من الصعوبة السيطرة على الزوايا .



الشكل رقم (10-9) : عملية ثني الدرافيل

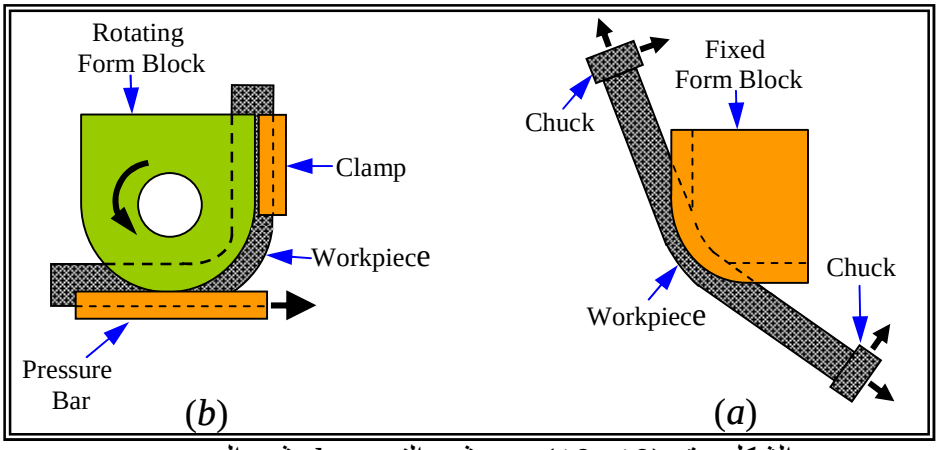
2- ثني التمدد (Stretch Bending) .

ويسمى أيضاً بثني التشكيل . تكون هذه العملية بطيئة ولكنها يمكن أن تحد من الإرتداد النابضي ، وتستخدم لصنع الإنحناءات الواسعة غير المنتظمة غير الدائرية وبدون قلب كما في الشكل رقم (10-10-*a*) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- **ثني السحب (Draw Bending) .**

تكون الشُغلة في هذا النوع من الثني مثبتة ضد كتلة التشكيل والتي تدور وتسحب الشُغلة حول الإنحناء(إنظر الشكل رقم (10-10-*b*)) . يتم تثبيت المادة التي تذهب إلى الإنحناء بقضيب الضغط (*Pressure Bar*)، ويمكن أن يوضع القلب داخل الإنبوب لمنع التسطح . تقوم قلوب الكرات المرنة ، المواد الطبقية ، أو القلوب السلكية بالتزويد بمسند حول طول الإنحناءة للعمل الدقيق . ثني السحب هو الأفضل للأقطار الصغيرة ، الجدران الرقيقة ، والأكثر تنوعاً في الجوانب . يمكن أن تدمج هذه الطريقة مع ثني التمدد لعمل أجزاء الإنحناءات الصعبة وهي تسمى تشكيل السحب نصف القطري *Radial Forming* (*Draw*).



الشكل رقم (10- 10) :*a* - ثني التمدد *b*- ثني السحب

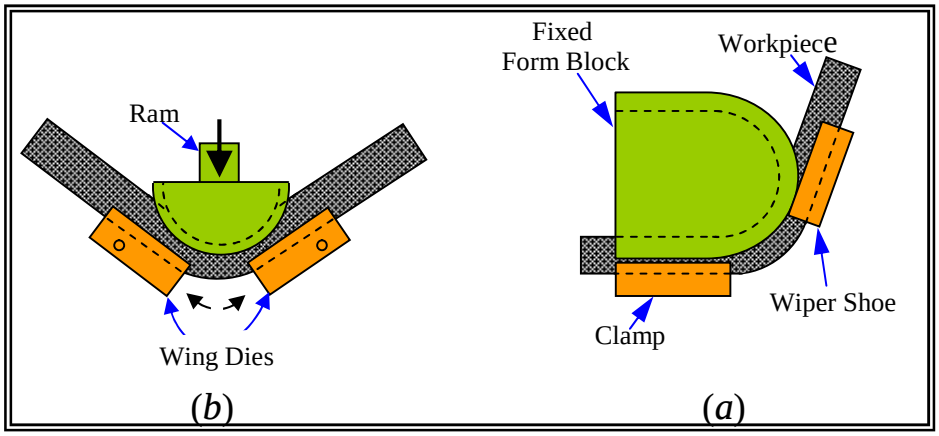
4- **ثني الضغط (Compression Bending) .**

يتم تثبيت الشُغلة حول كتلة التشكيل الثابتة ويلوى حوله بفعل إطار ماسح (*Wiper Shoe*) وكما في الشكل رقم (10-11-*a*) . يتم ثني الألواح المعدنية المسطحة بنفس الطريقة على أجسام غير محززة بعملية تسمى ثني الجناح أو الثني المماسي ، و يمكن أن تكون أقطار الإنحناءة صغيرة جداً .

5- **ثني الكبس (Ram or Press Bending) .**

ينفذ هذا النوع من الثني بواسطة كبس الشُغلة بين كتلة مكبس متحركة وقالبي ضغط متأرجحين وكما موضح في الشكل رقم (10-11-*b*) . يمكن أن يستخدم مكبس ثاقب ذو شوط ثابت ، ولكن مكبس الثني ذو الشوط القابل للتعديل هو الأفضل . كلفة الأدوات هي أقل بكثير من ثني السحب ، والزوايا محددة لحوالي (165º) ، ولكن ثني الكبس هو أسرع بثلاث إلى أربع مرات من بقية الطُرق . تكون هنالك حاجة لتنصيبات مكبس مختلفة لكل عملية ثني مختلفة ، لذلك فإن هذه العملية ملائمة فقط للإنتاج الكمي .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (10-11) :*a* - ثني الضغط *b*- ثني الكبس

6- **ثني البثق بالدرافيل (Roll Extrusion Bending)** .

ويستخدم لثني الأنابيب التي قطرها الخارجي فوق (130*mm*) وبسمك جدران إلى (16*mm*) . في هذه العملية ، يدور رأس داخل الإنبوب مع درافيل دفع عريضة على جانب واحد ودرفيل عمل ضيق على الجانب الآخر . يطوق الإنبوب بواسطة حلقات العمل خارج الرأس . يتحرك الدرفيل للداخل والخارج حالما يدور الرأس ليطبق الضغط الكافي لبثق المعدن في جدار الإنبوب على جانب لعمل إنحناءاته ، وتعتبر هذه الطريقة أسرع بعشر مرات من بقية طُرق عمل الأنابيب الواسعة .

إختبار ذاتي (5): كيف تتم عملية ثني السحب

4.3.10 عمليات القص (*Shearing Processes*)

تستخدم عمليات القص للحصول على قطع معدنية من الألواح أو الشرائط أو تستخدم لفصل جزء من القطعة المعدنية عن جزء آخر الشكل رقم (10-12-*a*) يوضح مبدأ عملية القص . هنالك عدد من عمليات القص المستخدمة في تشكيل المعادن والتي تختلف في كيفية إنجازها للقص وهذه العمليات هي :

1- عمليات الفصل . تستخدم لفصل جزء من الشُغلة .

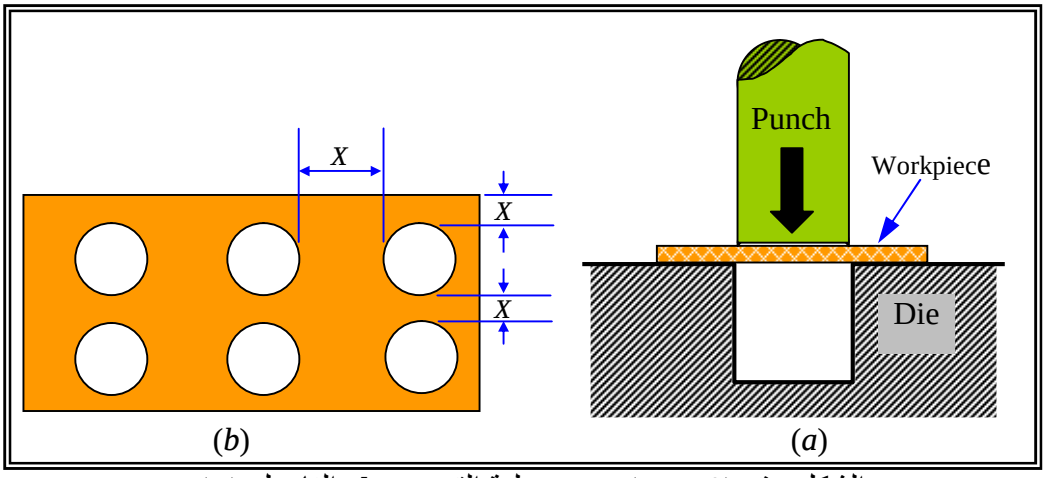
2- عمليات القص . وهي عملية قص المشغولات الناتجة من عمليات الفصل ، شريحة تستخدم كمنتج للألواح المعدنية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- عمليات الثقب . وهي عملية إزالة جزء من الشُغلة مع تكوين ثقب وعدم إستخدام الجزء الذي يتم إزالته.

4- عمليات القص الجزئي . تتضمن هذه العمليات قص جزئي للشُغلة مع عدم الفصل التام للشُغلة على إمتداد الطول أو العرض.

5- عمليات قص الزوائد . وهي عملية فصل المعدن الزائد عن الشُغلة مع عدم إستخدام المعدن المُزال .



الشكل رقم (12-10) :*a* - عملية القص *b*- الفاصل (*X*)

أثناء إجراء عملية القص ، يجب أن يكون مقدار المعدن غير المستغل بعد القص(*Scrap*) أقل ما يمكن ، لذلك يجب أن يكون مقدار الفاصل (*X*) بين الأجزاء التي يتم قصها أصغر ما يمكن والذي يعتمد مقداره على أبعاد الشُغلة (السمك ، الطول ، والعرض) . ويمكن حساب قيمة الفاصل من المعادلة التالية :

$$X = \frac{t}{2} \qquad (6)$$

حيث :

X = الفاصل بين الأجزاء المقصوصة (*mm*) .

t = سمك الشُغلة (*mm*) .

أما إذا كان مقدار الفاصل (*X*) بين الأجزاء المقصوصة صغيراً فيمكن أن يتمزق الفاصل أثناء القص . الشكل رقم (*b*-12-10) يوضح هذا الفاصل بين بعض الأجزاء المقصوصة .

ويمكن أيضاً حساب الخلوص نصف القطري (*Radial Clearance*) الذي يكون بين القالب والمكبس من المعادلة التالية :

$$C_R = \frac{D_d - D_P}{2} \qquad (7)$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث :

C_R = الخلوص نصف القطري(mm) .

D_d = قطر القالب (mm) .

D_p = قطر المكبس (mm) .

إضافة إلى ذلك يمكن حساب قيمة الخلوص المثالي (*Ideal Clearance*) من المعادلة التالية :

$$C_I = \frac{C_R}{t} \qquad (8)$$

حيث :

C_I = الخلوص المثالي (%) ، وتتراوح قيمته بين (8% - 14%) .

C_R = الخلوص نصف القطري(mm) .

t = سمك الشُغلة (mm) .

ويمكن حساب نسبة المعدن غير المستغل (*Scrap*) الذي يتم طرحه بعد عملية القص من المعادلة التالية :

$$Scrap(S\%) = \frac{A_P - (N_D \times A_D)}{A_P} \qquad (9)$$

حيث :

$S\%$ = نسبة المعدن غير المستغل

A_P = مساحة اللوح (mm^2) .

N_D = عدد القطع المراد قصها .

A_D = مساحة القطعة المقصوصة .

مثال

لوح معدني أبعاده ($1300mm \times 2500mm$) وبسمك ($2mm$) يراد عمل أقراص دائرية منها وبقطر ($50mm$) . إحسب عدد الأقراص التي يمكن الحصول عليها من هذا اللوح وما هي نسبة المعدن غير المستغل الذي يطرح بعد القص مع حساب الخلوص المثالي بين المكبس والقالب .

الحل//

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

قبل البدء بعملية القص يجب حساب قيمة الفاصل (X) بين الأقراص التي يراد عملها بعدها يتم إضافتها الفاصل إلى قطر الأقراص .

$$X = \frac{t}{2}$$

$$X = \frac{0.002}{2} \Longrightarrow \boxed{X = 0.001m}$$

$$D_{total} = D + X$$

$$D_{total} = 0.05 + 0.001 \Longrightarrow \boxed{D_{total} = 0.051m}$$

عدد الأقراص الممكن الحصول عليها من عرض اللوح (N_W) .

$$N_W = \frac{W}{D_{total}}$$

$$N_W = \frac{1.3}{0.051} \Longrightarrow \boxed{N_W \approx 25}$$

عدد الأقراص الممكن الحصول عليها من طول اللوح (N_L) .

$$N_L = \frac{L}{D_{total}}$$

$$N_L = \frac{2.5}{0.051} \Longrightarrow \boxed{N_L \approx 49}$$

إذاً يكون عدد الأقراص الكلية الناتجة (N_T) هي :

$$N_T = N_W \times N_L$$

$$N_T = 25 \times 49 \Longrightarrow \boxed{N_T = 1225}$$

$$A_P = L \times W$$

$$A_P = 2500 \times 1300 \Longrightarrow \boxed{A_P = 3.25m^2}$$

$$A_D = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A_D = \frac{\pi}{4} \times 0.05^2 \Longrightarrow \boxed{A_D = 0.00196m^2}$$

$$Scrap(S\%) = \frac{A_P - (N_D \times A_D)}{A_P}$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$S\% = \frac{3.25 - (1225 \times 0.00196)}{3.25} \Longrightarrow \boxed{S\% = 26\%}$$

نفرض إن قطر المكبس هو $(50mm)$ وقطر القالب هو $(50.5mm)$.

$$C_R = \frac{D_d - D_P}{2}$$

$$C_R = \frac{0.0505 - 0.05}{2} \Longrightarrow \boxed{C_R = 0.00025m}$$

$$C_I = \frac{C_R}{t}$$

$$C_I = \frac{0.00025}{0.002} \Longrightarrow \boxed{C_I = 12.5\%}$$

وهذه النسبة جيدة وتقع ضمن الحدود المطلوبة (8% - 14%) .

إختبار ذاتي (6): ما الفرق بين عمليات الثقب وعمليات قص الزوائد

5.3.10 عمليات السحب على البارد (*Cold Drawing Processes*)

تتضمن عمليات السحب على البارد تشكيل القضبان المعدنية كبيرة القطر نسبياً إلى الأسلاك وكذلك تشكيل الصفائح المعدنية إلى أوعية بواسطة السحب العميق . وتعتبر المطيلية العالية نسبياً من أهم خواص المواد المعدنية التي تؤهلها لعمليات التشكيل بالسحب على البارد . يسمى السحب على البارد في بعض الأحيان بضبط الأبعاد نظراً لدقته العالية بالأبعاد وجودة السطح الناتج بعد السحب . هنالك عدد من المميزات التي تتفرد بها عملية السحب على البارد والتي يمكن إجمالها بالآتي :

1- إمكانية الحصول على منتجات ذات دقة عالية في أبعاد المقطع العرضي وسطح ذو جودة عالية .

2- يمكن إستخدام السحب لتشكيل الأعمدة المجوفة والغير مجوفة التي لا يمكن تشكيلها بالطرق الأُخرى .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3- يحقق المزج بين عملية التشكيل على البارد والمعاملة الحرارية إكساب المعدن خواص ميكانيكية عالية .

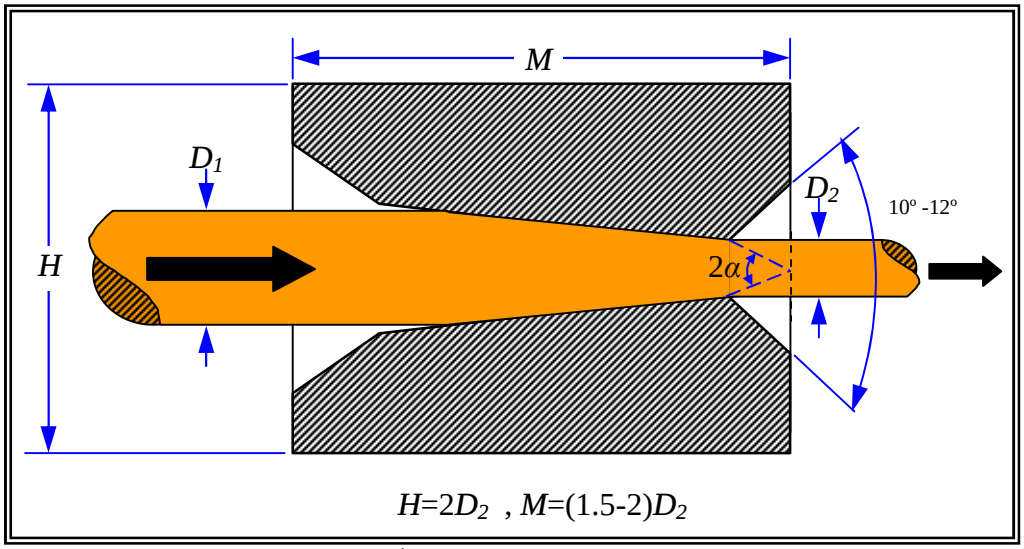
4- عدم فقدان جزء من المعدن على هيئة رايش مثلما يحدث في عمليات القطع وبعض عمليات التشكيل .

5- يعتبر السحب على البارد عملية إنتاجية وأقل صعوبة في التنفيذ من باقي الطرق .

تصنف عمليات السحب على البارد إلى نوعين أساسيين هما :

أولاً- سحب الأسلاك (Wire Drawing) .

تصنع الأسلاك بالسحب على البارد من قضبان مصنوعة بواسطة الدرفلة على الساخن ، وذلك بإمرار هذه القضبان من فتحات قوالب خاصة تعمل على تخفيض قطرها وزيادة طولها على عِدة مراحل إلى أن تتحول إلى أسلاك بالأقطار المطلوبة . الشكل رقم (10-13) يوضح قالب يستخدم في سحب الأسلاك . يتم إعداد القضبان المراد سحبها بدرفلة كتل معدنية على الساخن إلى قطر يساوي حوالي (6*mm* - 5*mm*) ثم يجري سحبها بواسطة قوالب السحب إلى أسلاك . وقبل عملية السحب من الضروري تنظيف طبقات الأُوكسيد السطحية بمعاملتها ببعض الحوامض .ويستعمل عادة بعض مواد التزييت لتسهيل عملية السحب.



الشكل رقم (10-13) : قالب سحب الأسلاك على البارد

ويمكن حساب إجهاد السحب (*Drawing Stress*) من المعادلة التالية :

$$\sigma = y\left[1+\frac{\tan\alpha}{\mu}\right]\left[1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\mu\cot\alpha}\right] \qquad (10)$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث :

σ = إجهاد السحب $(N\backslash mm^2)$.

y = إجهاد الخضوع $(N\backslash mm^2)$.

α = زاوية نصف القالب $(Semi\ Angle)$.

μ = معامل الإحتكاك .

A_2 = المساحة بعد السحب (mm^2) .

A_1 = المساحة قبل السحب (mm^2) .

ويتم حساب زاوية نصف القالب من المعادلة التالية :

$$\sin\alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(0.9)D_2} \qquad (11)$$

حيث :

D_1= القطر قبل السحب (mm) .

D_2= القطر بعد السحب (mm) .

كذلك يمكن حساب قوة السحب $(Drawing\ Force)$ من المعادلة التالية :

$$F = A_2 \times \sigma \qquad (12)$$

مثال

سلك من النحاس قطره $(2mm)$ ، وإجهاد الخضوع له $(140N\backslash mm^2)$ يراد سحبه بمرحلة واحدة ليصبح قطره$(1.8mm)$. إحسب إجهاد السحب وقوة السحب اللازمين لعملية التشكيل بالسحب إذا علمت إن معامل الإحتكاك هو (0.025) .

الحل //

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

$$\sin\alpha = \frac{D_1 - D_2}{2(0.9)D_2}$$

$$\sin\alpha = \frac{2 - 1.8}{2(0.9)\times 1.8} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\alpha = 3.539^{o}}$$

$$A_1 = \frac{\pi D_1^{\,2}}{4} \quad ; \quad A_1 = \frac{\pi \times 2^2}{4} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{A_1 = 3.14159\, mm^2}$$

$$A_2 = \frac{\pi D_2^{\,2}}{4} \quad ; \quad A_2 = \frac{\pi \times 1.8^2}{4} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{A_2 = 2.54469\, mm^2}$$

$$\sigma = y\left[1 + \frac{\tan\alpha}{\mu}\right]\left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\mu\cot\alpha}\right]$$

$$\sigma = 140\times\left[1 + \frac{\tan 3.539}{0.025}\right]\left[1 - \left(\frac{2.54469}{3.14159}\right)^{0.025\times\cot 3.539}\right]$$

$$\Longrightarrow \quad \boxed{\sigma = 39.71 N \setminus mm^2}$$

$$F = A_2 \times \sigma$$

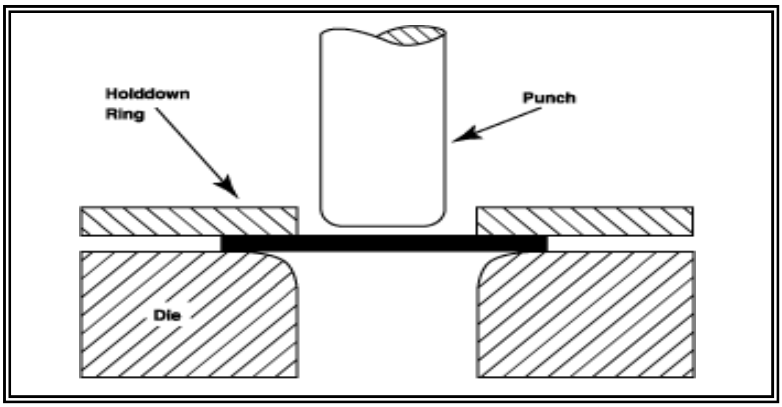
$$F = 2.54469 \times 39.71 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{F = 101.05 N}$$

ثانياً- السحب العميق (Deep Drawing) .

السحب العميق عبارة عن تشكيل لوح معدني بسمك معين بواسطة مكبس دائري المقطع والذي يضغط على اللوح ويكبسه داخل قالب دائري المقطع أيضاً . الشكل الناتج عبارة عن وعاء بسمك يساوي الفرق بين قطر المكبس والقطر الداخلي للقالب . الشكل رقم (10-14) يوضح عملية السحب العميق . وللقيام بعملية السحب العميق بنجاح وإنتاج منتجات خالية من العيوب لا بد من توفر العوامل التالية :

1- المطيلية العالية للمعادن المراد سحبها .
2- المكبس والقالب المستخدم يجب أن يمتازا بسطوح عالية الدقة وإنجاز سطحي جيد .
3- إستخدام مواد لتزييت القالب والمكبس يسهل عملية التشكيل ويقلل من القوى الضرورية لعملية السحب .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (10-14) : عملية السحب العميق

بالإمكان إنتاج أوعية ذات أعماق كبيرة ، وذلك بإجراء العملية على عِدة مراحل كما في عملية سحب الأسلاك ، حيث يتم أولاً التشكيل إلى عمق معين على البارد ثم يسخن الوعاء الناتج فتزداد ليونته ويتقبل مقداراً إضافياً من التشكيل فيجرى سحبه مرة ثانية . وقد تتكرر عملية السحب والتسخين عِدة مرات إلى حين تحقيق العمق المطلوب . تستعمل عملية السحب العميق بشكل واسع لإنتاج أغلفة أو ظروف القذائف وهياكل السيارات وهياكل الثلاجات وإسطوانات الغاز السائل وغيرها من المنتجات .

إختبار ذاتي (7): ما هو السحب العميق

6.3.10 عمليات الحدادة (*Forging Processes*)

تعتبر الحدادة من أقدم طُرق تشكيل المعادن وتتلخص في تسخين المعدن إلى درجة حرارية تجعله قابلاً للطرق . يمكن أن تتم عملية الحدادة يدوياً (*Blacksmith*) والتي تعتبر الشكل البسيط لحدادة الطَرق في القوالب المفتوحة . أما اليوم فأكثر عمل الحدادة ينفذ بواسطة الماكنات . يجب أن تكون ضربات الحدادة عنيفة لخرق وعجن المعدن بعمق وتجانس بشكل كامل . أما الضربات الخفيفة تؤثر فقط على طبقة المعدن القريبة من السطح ، فعند التبريد سوف يختلف التركيب الداخلي للمعدن عن التركيب الخارجي مما يسبب العيوب داخل المعدن . يمكن أن تتم عملية الحدادة بإسلوبين رئيسيين وحسب عملية الطرق وهي :

1- **الطَرق الحُر (Free Forging) .**

وهي عملية يراد بها تغيير أبعاد الشُغلة على حساب الأبعاد الأُخرى وهي تتمثل بشكل أساسي في تقليل الإرتفاع . إن الحرية ناتجة من حركة المعدن في الإتجاهات التي يجدها غير مقيدة له . إن هذا النوع من الطَرق يستخدم على نطاق واسع في مجال التشكيل ما قبل النهائي وفي هذه الحالة تكون القوة المسلطة موزعة بالتساوي على كافة مناطق الشُغلة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

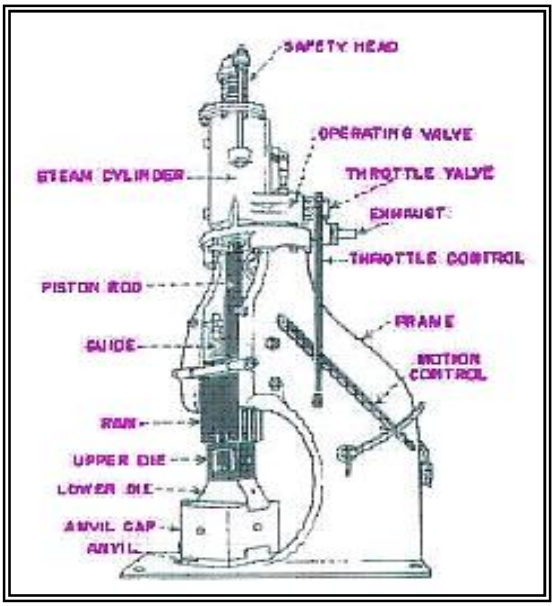
2- **الطَرق المُقفل** **(Closed-Die Forging)** .

تتمثل هذه الطريقة في كون الشُغلة المنتجة تكون محصورة بين نصفي القالب ، وهي تستخدم للحصول على القطع الجاهزة . يمكن أن ينفذ الطَرق المُقفل على الساخن أو على البارد ولكنه على الأكثر ينفذ على البارد لأنه يعطي دقة أكبر من الطَرق على الساخن .

هنالك نوعان من عمليات الحدادة الآلية المستخدمة اليوم في الصناعة وهي :

أولاً- حدادة المطرقة **(Hammer Forging)** .

تستخدم في هذا النوع من الحدادة المطارق البخارية (*Steam Hammers*) أو مطارق الهواء . الشكل رقم (10-15) يوضح مطرقة حدادة بخارية مفردة الهيكل ومنفذ إلى السندان من ثلاث إتجاهات . تعتبر المطارق ذات الهيكل المزدوج الأقوى وهي في شكل قنطرة حول المطرقة والسندان ولكن فراغ العمل يمكن الوصول إليه من إتجاهين فقط . معظم المطارق البخارية اليوم هي ذات فعل مزدوج ، تقاد المطرقة للأسفل بواسطة ضغط البخار بالإضافة إلى الجاذبية . ومن أجل إبقاء الإهتزاز أقل ما يمكن ، يثبت السندان لعمل القالب المفتوح على الأساس الخاص به مفصولاً عن الهيكل . تعتمد فعالية العمل المنفذ بواسطة المطرقة على وزن السندان . تتراوح ضغوط البخار بشكل عام بين (850*kpa* - 500*kpa*) .



الشكل رقم (10-15) : مطرقة حدادة بخارية مفردة الهيكل

يمكن حساب قوة البخار في المطرقة البخارية من المعادلة التالية :

$$SteamForce(F_s) = \frac{\pi d^2}{4} \times P \qquad (13)$$

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

حيث :

F_S = قوة البخار (kN) .

d = قطر إسطوانة البخار (mm) .

P = ضغط البخار الفعال (kpa) .

مثال

مطرقة بخارية تسقط وزناً قدره $(9KN)$ ، فإذا علمت أن قطر إسطوانة البخار يساوي $(305mm)$ وضغط البخار الفعال $(550kpa)$ وشوط السقوط هو $(760mm)$. إحسب قوة البخار ومعدل القوة المبذولة إذا كانت المطرقة تنتقل بمسافة $(3.175mm)$ بعد ضرب المعدن .

الحل//

$$SteamForce(F_S)=\frac{\pi d^2}{4}\times P$$

$$F_S=\frac{\pi\times 0.305^2}{4}\times 550 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{F_S=40kN}$$

القوة الكلية النازلة (F_T) تساوي :

$$F_T=F_S+W \quad ; \quad F_T=40+9 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{F_T=49kN}$$

طاقة الضربة أو الصدمة الواحدة(E_b) تحسب كالآتي :

$$E_b=F_T\times Stroke \quad ; \quad E_b=49\times 0.76 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{E_b=37.24kJ}$$

إذاً القوة المبذولة (F_a) تساوي :

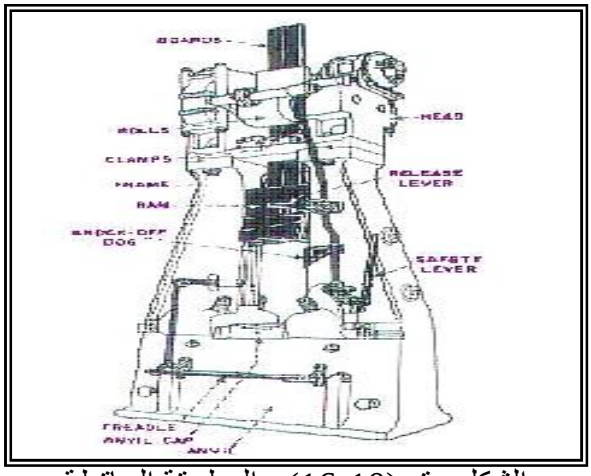
$$F_a=\frac{E_b}{T_d} \quad ; \quad F_a=\frac{37.24\times 10^3}{3.175\times 10^{-3}} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{F_a=11.729MN}$$

ثانياً- الحدادة الساقطة (Drop Forging) .

الحدادة الساقطة هو الإسم الذي يُطلق على عملية تشكيل الأجزاء الساخنة على مطرقة ساقطة مع قوالب طبع(*Impression*) أو فجوة (*Cavity*). يتم وضع الخام في فجوة النصف الأسفل لقالب الحدادة على سندان المطرقة الساقطة ، أما النصف العلوي فيربط للمطرقة أو التمساح والذي يسقط على الخام . إن عملية الإنهاء لا يمكن أن تتم في ضربة واحدة لذلك فإن معظم القوالب تمتلك عِدة طبعات حيث تنتقل

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الشُغلة من طبعة إلى أُخرى بين الضربات لحين الوصول إلى الشكل النهائي . إن المطارق المستخدمة في الحدادة الساقطة تدعى المطارق الساقطة (*Drop Hammers*) والموضحة في الشكل رقم (10-16) .



الشكل رقم (10-16) : المطرقة الساقطة

تمتلك هذه المطارق مطرقة سقوط موجهة أو تمساح ولكنه تختلف عن مطرقة الحدادة البخارية في كون السندان يربط للهيكل وهذا الشيء يحافظ على تراصف نصفي القالب . تلائم المطارق الساقطة الأجزاء الصغيرة ومتوسطة الحجم ومعظمها يسيطر عليه يدوياً ويتطلب خبرة معتبرة من أجل عملية سريعة وكفوءة .

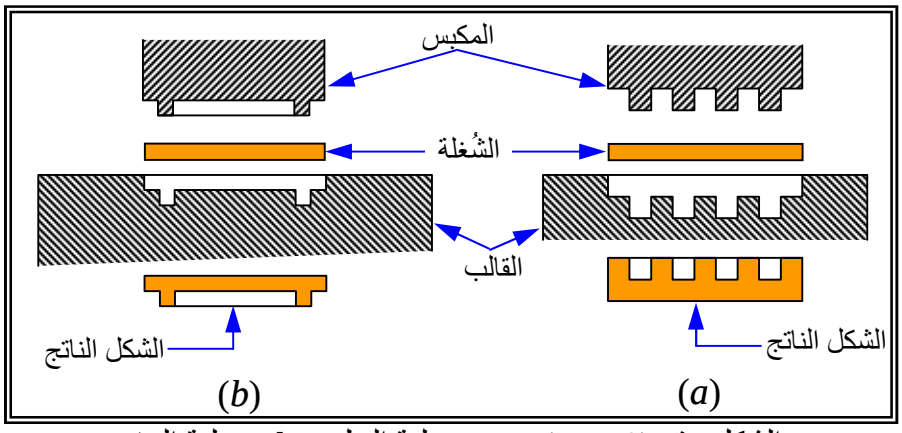
إختبار ذاتي (8): كيف يتم التشكيل بالحدادة الساقطة

7.3.10 عمليات السَك والختم (*Coining & Embossing Processes*)

عملية السك عبارة عن تشكيل الكتل أو الأقراص المعدنية الصغيرة نسبياً بكبسها بين مكبسين يحتوي سطحهما على الشكل المراد طبعه على وجهي الكتلة أو القرص المعدني ، ويصمم القالب الذي يتكون من المكبسين بشكل لا يسمح بإنسياب المعدن إلى الخارج . تستخدم هذه الطريقة بصورة خاصة لتشكيل قطع النقود المعدنية والميداليات وحروف الطباعة (إنظر الشكل رقم(10-17-*a*)).

أما عملية الختم فتستخدم عادة كمرحلة نهائية لإعطاء شكل نهائي لقطعة سبق وأن شُكلت بطرق تشكيل أُخرى . وليس الغرض من التشكيل بالختم إحداث تغيير كبير في شكل أو هيئة القطعة ، بل إنها تقتصر على إحداث تغييرات طفيفة في الشكل وضبط دقيق لأبعاد ومقاسات القطعة المُشكلة وكما موضح في الشكل رقم(10-17-*b*) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



الشكل رقم (10-17) : *a* - عملية السك *b*- عملية الختم

8.3.10 التشكيل فائق السرعة والطاقة (*High Rate Forming*)

ويسمى أيضاً التشكيل بالمتفجرات . تستخدم هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك الفائقة الصلادة والتي يكون تشكيلها صعباً بالطرق الأُخرى ، مثل معدن التيتانيوم وسبائك الفولاذ المقاوم الصدأ وبعض سبائك الألمنيوم . وتستغل هذه الطريقة المقدار الهائل من التشكيل الذي يحدث بسهولة في المواد المعدنية لدى تعرضها إلى قوة تؤثر عليها بسرعة هائلة . يتكون الجهاز المستخدم في عملية التشكيل بالمتفجرات من قالب متين جداً يحتوي على فراغ يمثل الجسم المطلوب تشكيله ، ويتصل فراغ القالب بقناة ذات قطر صغير نسبياً تعمل على تصريف الهواء إلى الجو الخارجي .

يوضع اللوح المعدني المراد تشكيله على فوهة القالب ثم يثبت عليه وعاء مملوء بسائل مثل الماء وتُعلق شُحنة متفجرة قوية (يستخدم الديناميت عادة) في الوعاء الحاوي على السائل . عند تفجير الشُحنة تتولد موجة قوية جداً داخل السائل الذي يصطدم بقوة هائلة باللوح المعدني ويدفعه إلى فراغ القالب متخذاً شكله . تستخدم هذه العملية لتشكيل المنتجات ذات الأحجام الكبيرة والتي تمتاز بالصلادة الفائقة . يشبه التشكيل بالمتفجرات إلى حد كبير عملية السحب العميق وتحل محلها في كثير من الإستخدامات .

9.3.10 التشكيل بالدوران (*Spinning Forming*)

يمكن أن تتم عمليات التشكيل بالدوران على الساخن أو على البارد ، وهي عبارة عن تشكيل ألواح معدنية بالضغط عليها بواسطة عُدة تشكيل ، وتُدار الألواح خلال التشكيل بواسطة أجهزة تدور بسرعة عالية ، وبالإمكان إستخدام المخرطة لهذا الغرض . يتم ضغط اللوح بواسطة عُدة التشكيل على نموذج مثبت على أجهزة الإدارة ، حيث يقوم هذا النموذج مقام قالب التشكيل ، وبالإمكان القيام بهذه العملية بضبط عُدة

التشكيل يدوياً أو آلياً على اللوح المراد تشكيله . تستخدم عمليات التشكيل بالدوران لإنتاج أوعية الضغط الفولاذية وأغطيتها والأنواع المختلفة من الخزانات .

10.3.10 التشكيل بالخرق الساخن (*Hot Piercing Forming*)

وتستخدم هذه العملية بالدرجة الأُولى لتحويل المسبوكات الأولية إلى أنابيب أو إسطوانات ذات جدران سميكة ، ويتم التشكيل بضغط قلم خلال الكتلة المعدنية الساخنة والموضوعة داخل وعاء إسطواني فينساب المعدن الساخن محيطاً بقلم التشكيل ويملأ الفراغ المتروك بين القلم وجدران الوعاء الإسطواني . تشبه هذه العملية كثيراً عملية البثق .

إختبار ذاتي (9): ما هي المواد التي تُشكل بطريقة التشكيل بالمتفجرات

4.10 القوالب (*Dies*)

تعتبر القوالب من الأجزاء المهمة في الصناعة ففيها يتحدد الإنتاج ودقته وتصنع عادة من الفولاذ الكاربوني السبائكي المقسى والمعامل حرارياً لإكسابه صلادة عالية . تتكون القوالب من جزئين أحدهما ثابت والآخر متحرك ويحتويان على تجويف مشابه من حيث الشكل والحجم لشكل وحجم المنتج المراد تصنيعه ، ويفضل أن يكون الجزء الأكبر من التجويف في الجزء العلوي المتحرك لسهولة إنسياب المعدن المنتج منه . كذلك يتم وضع دلائل في الجزء الأسفل الثابت للقالب وهي عبارة عن قضبان تدخل في الثقوب الموجودة في الجزء المتحرك لكي تضمن إنطباق الجزئين على بعضهما بدقة . إضافة إلى ذلك يتم وضع زيادة معينة في التجويف داخل القالب لإحتواء الزيادة في حجم المادة الخام الداخلة للقالب وتخرج هذه الزيادة مع المنتج على شكل زعانف مرتبطة فيه وتقطع في عملية الإنهاء السطحي .

إختبار ذاتي (10): ما هي فائدة الدلائل المستخدمة مع القوالب

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

1- من أهم عيوب التشكيل على البارد هي :
أ- إستخدامه كمرحلة نهائية للتشكيل .
ب- صعوبة السيطرة على أبعاد المنتج .
ج- متطلبات الطاقة العالية .
د- تأكسد السطوح بسهولة .

2- من أهم الخواص التي يجب أن تمتلكها المعادن المدرفلة هي :
أ- قابلية المعدن للإنسياب نتيجة الضغط المسلط عليه .
ب- مقاومة المعدن العالية .
ج- قلة الإجهادات المتولدة فيه .
د- قابليته على تحمل الإجهادات الحرارية .

3- يطلق مصطلح ثني التشكيل على عملية :
أ- ثني السحب .
ب- ثني الضغط .
ج- ثني الكبس .
د- ثني التمدد .

4- عند دمج طريقة ثني السحب مع ثني التمدد تسمى الطريقة الناتجة بـ :
أ- تشكيل السحب-التمدد .
ب- تشكيل السحب نصف القطري .
ج- التشكيل المزدوج .
د- التشكيل المتماثل .

5- يسمى السحب على البارد أحياناً بضبط الأبعاد بسبب :
أ- دقته العالية بالأبعاد وجودة السطح الناتج بعد السحب .
ب- كونه عملية تشكيل نهائية .
ج- عدم تغير الأبعاد بسبب التأكسد .
د- دقته العالية بتشكيل الأجزاء الصغيرة .

6- تتم عملية الدرفلة اللولبية مع :
أ- درفيلين متزامنين يدوران بنفس الإتجاه .
ب- درفيلين يدوران بإتجاهين مختلفين .
ج- درفيلين يدوران على محاور متعامدة .
د- زوج أو أكثر من الدرافيل .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- تتراوح ضغوط البخار في حدادة المطرقة بشكل عام بين :
أ- (900kpa-600) .
ب- (850kpa-500) .
ج- (650kpa-300) .
د- (750kpa-450) .

8- تستخدم عملية الختم كـ :
أ- عملية تشكيل للكتل والأقراص المعدنية الصغيرة نسبياً .
ب- عملية تشكيل ألواح معدنية بالضغط عليها بواسطة عُدة تشكيل .
ج- عملية تحويل المسبوكات الأولية إلى إسطوانات .
د- مرحلة نهائية لإعطاء شكل نهائي للقطعة المُشكلة مسبقاً .

9- تتم عملية البثق الهيدروستاتيكي بواسطة :
أ- مكبس يضغط المعدن داخل قالب مغلق من نهايتيه .
ب- مكبس يتحرك بشكل عكسي للمعدن المبثوق .
ج- سائل يسلط القوة الضرورية للبثق .
د- طرق المعدن في القالب ليتم بثقه .

10- تمثل القوة نصف القطرية في الدرفلة :
أ- عزم الإنحناء على الدرافيل .
ب- قوة ضغط الدرافيل .
ج- قوة التغذية للدرافيل .
د- رد فعل الشُغلة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة **(9)** فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من **(9)** فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	أ	1- هي العمليات التي تستخدم قوى ميكانيكية مثل الشد والضغط إضافة إلى الحرارة من أجل تشكيل المعدن بأشكال مختلفة وبدون خسارة في حجم أو كمية المعدن . إن عمليات التشكيل الميكانيكي لا ينتج فيها رايش مثل بقية عمليات التشغيل مثل الخراطة والتفريز .	1	ج
2	ج	2- يستند التمييز بين التشكيل على الساخن و التشكيل على البارد على درجة حرارة معينة وخاصة بكل معدن أو سبيكة والتي تسمى بدرجة حرارة إعادة التبلور ، وتتراوح هذه الدرجة بين نصف أو ثلث درجة إنصهار هذه المعادن والسبائك .	2	أ
3	ب	3- في البثق المباشر يكون إتجاه إنسياب المعدن المبثوق بنفس إتجاه حركة المكبس ، حيث تقابل فتحة خروج المعدن مكبس الدفع . أما في البثق غير المباشر تكون حركة المعدن بعكس حركة المكبس إذ يكون المكبس مجوف ويتم تثبيت القالب عليه الذي سوف يُشكل فيه المعدن .	3	د
4	د	4- تتضمن تمرير الخام بشكل مستمر بين زوج واحد أو أكثر من الدرافيل مع قالب ذو أثار غائرة حول محيطها .	4	ب
5	أ	5- تكون الشُغلة في هذا النوع من التثني مثبتة ضد كتلة التشكيل والتي تدور وتسحب الشُغلة حول الإنحناء. يتم تثبيت المادة التي تذهب إلى الإنحناء بقضيب الضغط ، ويمكن أن يوضع القلب داخل الإنبوب لمنع التسطح . تقوم قلوب الكرات المرنة ، المواد الطبقية ، أو القلوب السلكيـــة بالتزويد بمسند حـول طول الإنحناءة للعمل الدقيق .	5	أ
6	ج	6- عمليات الثقب هي عملية إزالة جزء من الشُغلة مع تكوين ثقب وعدم إستخدام الجزء الذي يتم إزالته .أما عمليات قص الزوائد فهي عملية فصل المعدن الزائد عن الشُغلة مع عدم إستخدام المعدن المُزال .	6	ج
7	د	7- السحب العميق عبارة عن تشكيل لوح معدني بسمك معين بواسطة مكبس دائري المقطع والذي يضغط على اللوح ويكبسه داخل قالب دائري المقطع أيضاً .	7	ب
8	ب	8- يتم وضع الخام في فجوة النصف الأسفل لقالب الحدادة على سندان المطرقة الساقطة ، أما النصف العلوي فيربط للمطرقة أو التمساح والذي يسقط على الخام .	8	د
9	أ	9- تستخدم هذه الطريقة لتشكيل المعادن والسبائك الفائقة الصلادة والتي يكون تشكيلها صعباً بالطرق الأُخرى ، مثل معدن التيتانيوم وسبائك الفولاذ المقاوم الصدأ وبعض سبائك الألمنيوم .	9	ج
10	ج	10- لكي تضمن إنطباق الجزئين على بعضهما بدقة .	10	ب

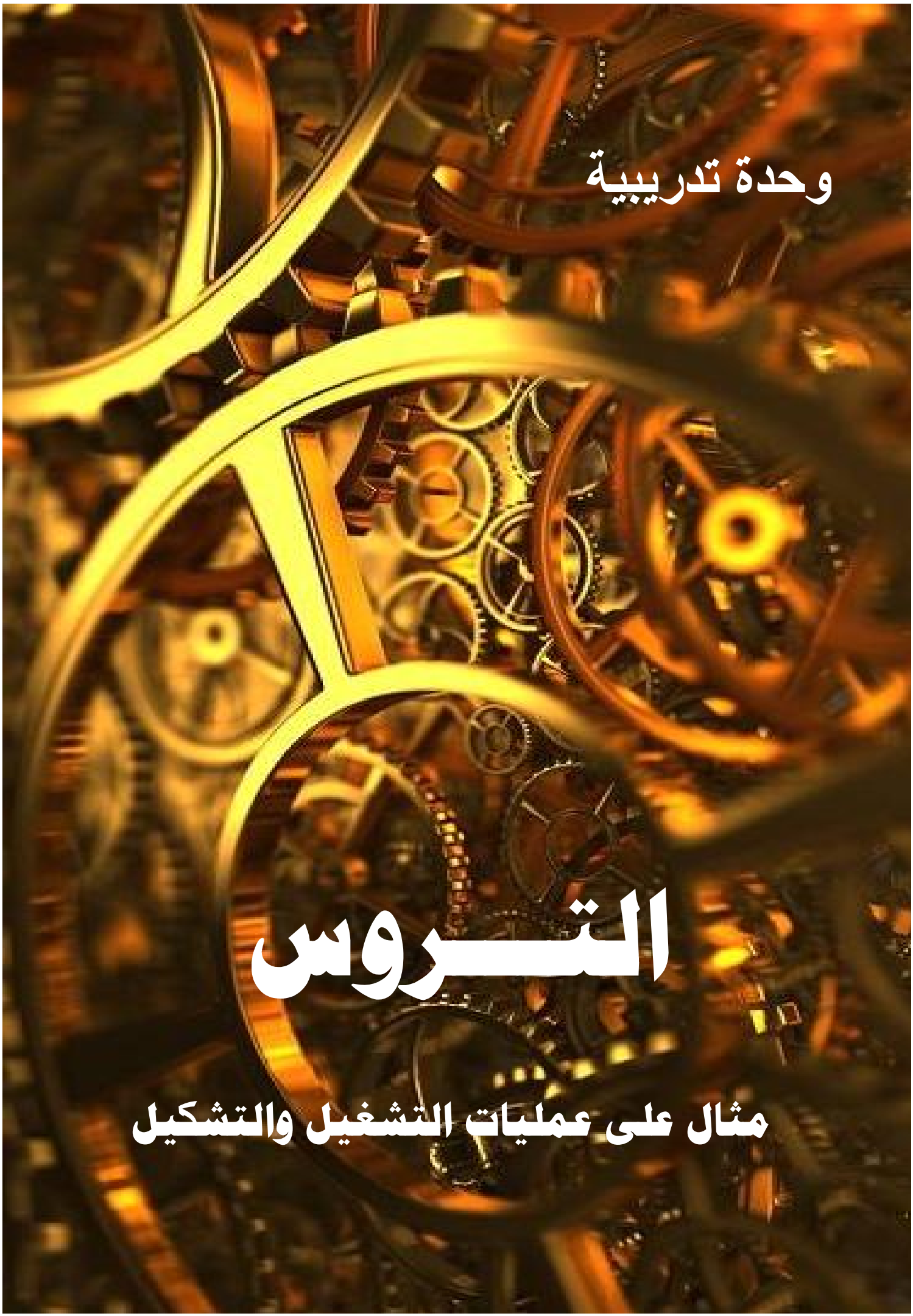
المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

3- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

4- د. قحطان خلف الخزرجي ، د. عادل محمود حسن " *ŋ ûkïüɛ ûkNüəûɛ* " ، الطبعة الثانية ، جامعة بغداد ، مطبعة التعليم العالي ، 1987 .


وحدة تدريبية
التـــروس
مثال على عمليات التشغيل والتشكيل

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : تعتبر التروس من أهم الأجزاء الميكانيكية المستخدمة في نقل الحركة والتي لا يخلو جهاز منها ولذلك من الواجب بيان أهميتها في الصناعة إضافة إلى كيفية تصنيعها ومميزاتها وطريقة عملها .

3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف العوامل أنواع التروس المختلفة .

ثانياً- التعرف على أهم مصطلحات التروس .

ثالثاً- معرفة القوانين التي تحكم تصميم التروس .

رابعاً- التعرف على طرق تصنيعها .

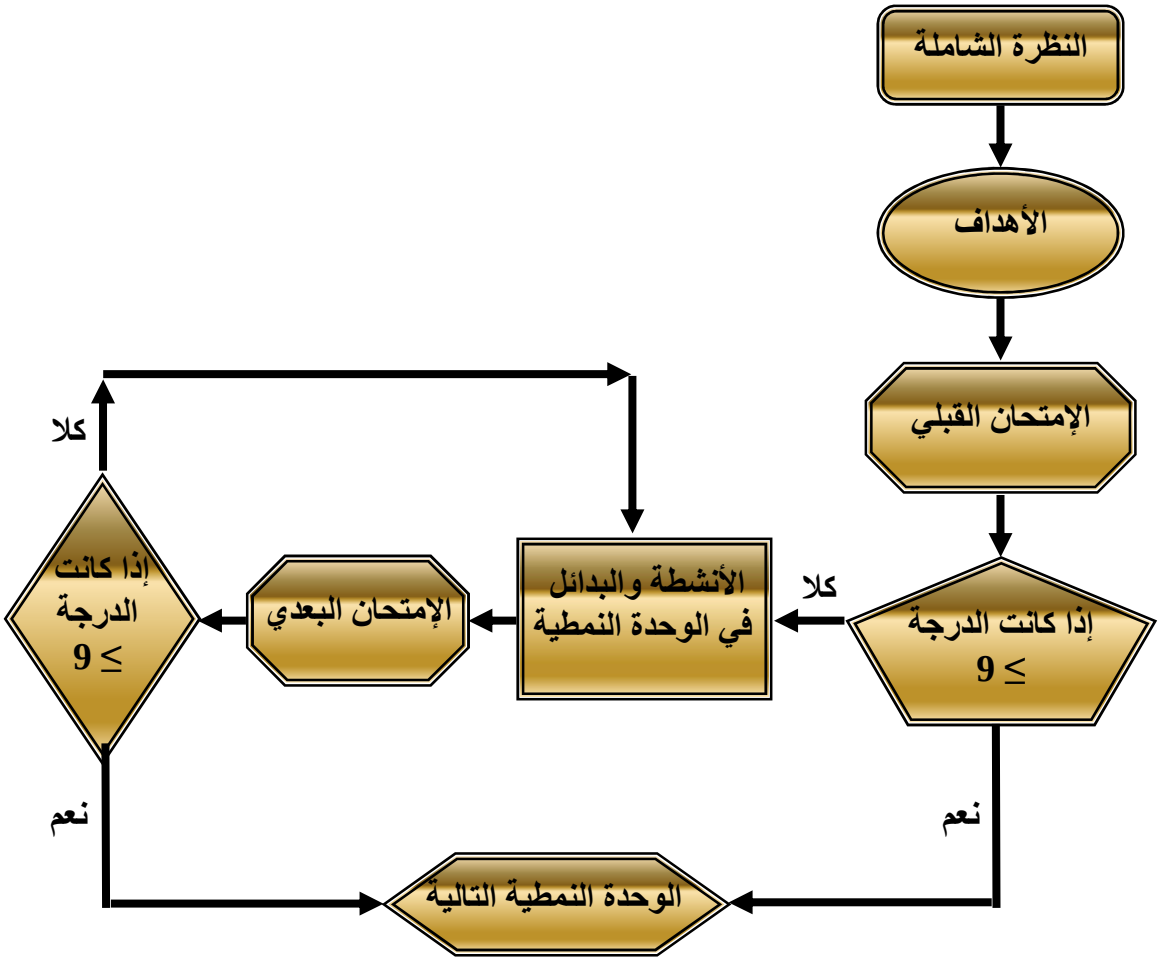
4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- بفرق بين كل نوع من أنواع التروس المختلفة .

2- يصمم الترس وفق القوانين الخاصة به .

3- يصنع التروس المختلفة في الورشة .

5- المخطط الإنسيابي:



الإختبار القبلي

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

1- تمتلك التروس المخروطية الصفرية أسنان :
أ- مستقيمة .
ب- عبارة عن شظايا حلزونية .
ج- على شكل أقواس دائرية .
د- ذات قمة مخروطية .

2- يطلق مصطلح زاوية التقدم على زاوية :
أ- الخطوة .
ب- الحلزون .
ج- الوجه .
د- الجذر .

3- دائرة الخطوة هي :
أ- المسافة على أحد الأسنان إلى النقطة المماثلة لها على السن الآخر .
ب- عدد الأسنان لكل إنج لقطر الخطوة .
ج- الدائرة التي تمر بأعلى نقطة على طرف السن .
د- دائرة نظرية تستند إليها جميع حسابات الترس .

4- تمثل زاوية الضغط :
أ- الزاوية المحصورة بين راسم مخروط الخطوة والمحور .
ب- الزاوية الواقعة بين خط الفعل والمماس لدائرتي الخطوة للسنين المتعشقين .
ج- الزاوية المقابلة لعمق جذر السن .
د- الزاوية المحصورة بين الرأس الخلفي للأسنان وقاعدة مخروط الخطوة .

5- تمتلك التروس المخروطية التاجية زاوية قمة مخروطية مقدارها :
أ- 110° .
ب- 200°.
ج- 180°.
د- 150° .

6- تستخدم طريقة التشكيل :
أ- قاطع له مقطع جانبي مشابه لسن الترس المعشق .
ب- عُدة قطع ترددية توجه بواسطة مشكل رئيسي .
ج- قاطع بأسنان حلزونية واسعة .
د- قاطع له نفس شكل الفراغ بين الأسنان المراد قطعها .

7- ينتمي بثق التروس إلى طريقة :
أ- التروس المشكلة .
ب- التروس المصبوبة .
ج- قشط التروس .
د- ميتالورجيا المساحيق .

8- تعتبر التروس العدلة أحد أنواع التروس :
أ- اللولبية .
ب- الإسطوانية .
ج- الحلزونية .
د- الدودية .

9- تصنع التروس الدودية مع قمة محدبة لـ :
أ- نقل طاقة أكبر .
ب- زيادة الخطوة المحورية .
ج- زيادة قطر الخطوة الدائرية .
د- إعطاء إتصال أكبر بين الترس الدودي والترس المتعشق معه .

10- تستخدم الجريدة المسننة لـ :
أ- تحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية وبالعكس .
ب- التوصيل الأعمدة المتوازية .
ج- نقل الحركة بين المحاور التي لا تتقاطع في الفراغ .
د- نقل الحركة الدورانية بين المحاور المائلة المتقاطعة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (9) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (9) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

عرض الوحدة النمطية

1.11 المقـــدمـــة (*Introduction*)

تُعرف التروس على إنها عجلات تحتوي على أسنان تقع على محيطها الخارجي أو الداخلي ، وتستخدم لنقل الحركة الدورانية من محور إلى آخر وكذلك لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية في بعض الحالات . إن عملية نقل الحركة تتم بدون إنزلاق بسبب تداخل أسنان أحد التروس في فجوات أسنان الترس الآخر وهو ما يُعرف بالتعشيق .

في الأزمنة القديمة كانت تضاف الأسنان الخشبية أو الأوتاد إلى الأقراص لتكوين التروس ، أما اليوم فإن أسنان التروس تنتج بواسطة طُرق التشغيل أو التشكيل على الجزء الخارجي للعجلة . وللتزويد بضغط وحركة منتظمين ولتقليل الإحتكاك والبلى تصمم التروس لتمتلك حركة دحرجة(*Rolling Motion*) عما هي حركة إنزلاق ، وللحصول على هذه الحالة فإن معظم التروس تستخدم شكل السن الذي يستند على المنحني المنشأ (*Involute Curve*) .

إن دراسة نظرية الترس قادت إلى إستنتاج خمسة متطلبات يجب الحصول عليها لكي تعمل التروس بشكل كفوء وهي :

1- المقطع الجانبي الحقيقي للسن يجب أن يكون هو نفسه المقطع النظري .
2- فراغ السن يجب أن يكون منتظم وصحيح .
3- دوائر الخطوة الحقيقية والنظرية يجب أن تتطابق وتتمركز مع محور دوران الترس .
4- سطوح الوجه والجانب يجب أن تكون ملساء وصلدة بشكل كافي لمقاومة البلى ومنع الضوضاء .
5- المحامل والأعمدة يجب أن تزود بحيث يحافظ على مسافة المركز - إلى- المركز المطلوبة تحت أحمال التشغيل .

المتطلبات الأربعة الأولى تحسب بواسطة إختيار المادة وعملية التصنيع .

إختبار ذاتي (1): عرف التروس

2.11 أنواع التروس (*Types of Gears*)

تقسم التروس إلى ثلاثة أنواع أساسية حسب شكلها والوظيفة التي تؤديها وهذه الأنواع هي :

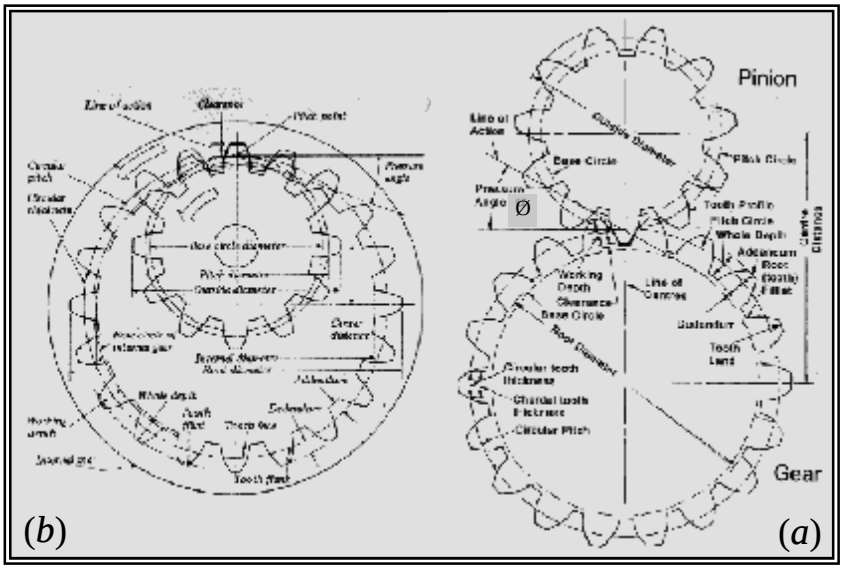
1- التروس الإسطوانية .

2- التروس اللولبية .

3- التروس المخروطية .

1.2.11 التروس الإسطوانية (*Cylindrical Gears*)

تقع الأسنان في هذا النوع من التروس على إسطوانة ويمكن أن تكون الأسنان خارجية أو داخلية وكما موضح في الشكل رقم (11-2) . تستعمل التروس الإسطوانية لنقل الحركة بين المحاور المتوازية التي تقع في مستوي واحد . يضم الترس الإسطواني مجموعة من العناصر المادية والنظرية والتي تُكَون شكل السن الخاص بالترس وكما موضح في الشكل رقم (11-2) والشكل رقم (11-3).



الشكل رقم (11-2) :*a* - ترسان متعشقان من الخارج *b*- ترسان متعشقان من الداخل

وفيما يلي وصف لهذه المكونات :

1- دائرة الخطوة (Pitch Circle-*D*) . وهي دائرة نظرية تستند عليها جميع حسابات الترس .

2- الخطوة الدائرية (Circular Pitch-*P*) . وهي المسافة على أحد الأسنان إلى النقطة المماثلة لها على السن الآخر .

3- الخطوة القطرية (Diametral Pitch) . وهي عدد الأسنان لكل إنج لقطر الخطوة ، وهي تستخدم في نظام الإنجات(Inches System) وهي تقابل الموديل في نظام المليمترات .

4- الموديل (Module-*M*) . ويمثل قطر دائرة الخطوة مقسوماً على عدد أسنان الترس ، ويستخدم الموديل في نظام المليمترات (Millimeters System) .

5- نقطة الخطوة (Pitch Point) . وتمثل نقطة التماس بين دوائر الخطوة لترسين متعشقين .

6- خط الفعل (Line of Action) . إن الإتصال بين أسنان التروس المتعشقة يحصل على طول الخط المماسي لدائرتي القاعدة ، وهذا الخط يمر خلال نقطة الخطوة ويسمى خط الفعل .

7- العمق الفعال (Working Depth-H_w) . وهو أقصى عمق يمتده سن على أحد التروس داخل فراغ السن للترس الآخر المتعشق معه ، وهو يمثل مجموع أطراف سن الترس .

8- دائرة رأس السن (Addendum Circle-D_1) . وتسمى أيضاً بالدائرة الرئيسية . وهي الدائرة التي تمر بأعلى نقطة على طرف السن وتمثل القطر الخارجي للسن .

9- دائرة جذر السن (Dedendum Circle-D_2) . وهي الدائرة التي تمر بأوطأ نقطة في سن الترس والتي يمثلها الجذر (Root) و دائرة جذر السن تمثل القطر الخارجي أو قطر جذر السن .

10- رأس السن (Addendum-*a*) . ويمثل الإرتفاع القطري للسن فوق دائرة الخطوة ويسمى أيضاً طرف السن .

11- جذر السن (Dedendum-*b*) . وهو العمق القطري تحت دائرة الخطوة .

12- العمق الكلي (Whole Depth-*H*) . وهو مجموع رأس السن وجذر السن .

13- الخلوص(Clearance-*C*) . هو الفرق بين رأس السن وجذر السن .

14- دائرة الخلوص(Clearance Circle) . هي الدائرة التي تمس دائرة رأس السن المتعشق .

15- زاوية الضغط (Pressure Angle-*Ø*) . وهي الزاوية الواقعة بين خط الفعل والمماس لدائرتي الخطوة للسنين المتعشقين عند نقطة الخطوة .

16- جانب السن (Tooth Flank) . ويمثل سطح السن تحت دائرة الخطوة ،وهو وموازي أيضاً لمحور الترس .

17- وجه السن (Tooth Face) . وهو سطح السن فوق دائرة الخطوة ، وموازي لمحور الترس .

18- المقطع الجانبي للسن (Tooth Profile) . هو جانب واحد للسن في المقطع العرضي بين الدائرة الخارجية ودائرة الجذر . المقطع الجانبي هو عادة منحني تقاطع سطح السن والمستوي أو السطح العمودي لسطح الخطوة .

19- السمك الوتري (Chordal Thickness-t_c) . هو طول الوتر الذي يقابل قوس السمك الدائري في المستوي العمودي لحلزون الخطوة .

20- رأس السن الوتري (Chordal Addendum) . هو الإرتفاع من قمة السن إلى الوتر المقابل لقوس السمك الدائري .

21- السمك الدائري (Circular Thickness-t) . وهو السمك المقاس على طول دائرة الخطوة .

22- إنحناء السن (Tooth Fillet) .وهو التقوس الواصل بين جذر السن وقعر السن (الفراغ بين سنين).

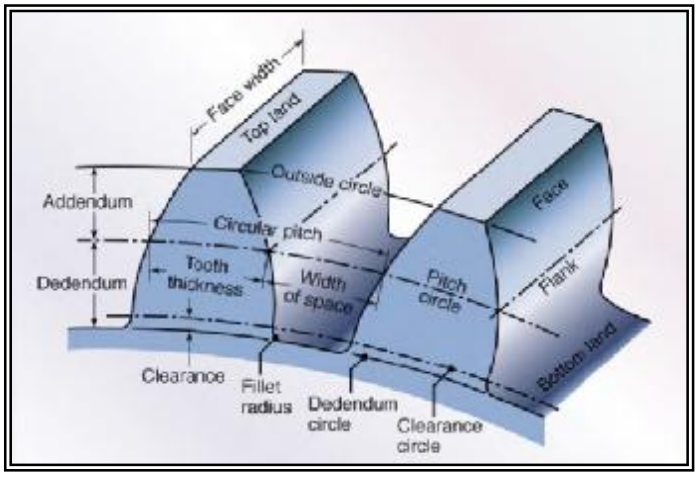
23- قمة السن (Top Land) . ويمثل أعلى نقطة على السن التي تمر فيها دائرة رأس السن .

24- قعر السن (Bottom Land) . ويمثل أوطأ نقطة على السن التي تمر فيها دائرة جذر السن .

25- عرض وجه السن (Face Width) . ويمثل طول أسنان الترس في المستوي المحوري .

26- دائرة القاعدة أو الأساس (Base Circle- D_b) . وهي الدائرة التي ينشأ أو يتولد منها المنحني المنشأ ويتم إستنتاجها من الرسم .

27- نسبة السرعة (Speed Ratio-R) .هي النسبة بين عدد دورات الترس القائد وعدد دورات الترس المُقاد .



الشكل رقم (11-3) : مصطلحات سن الترس

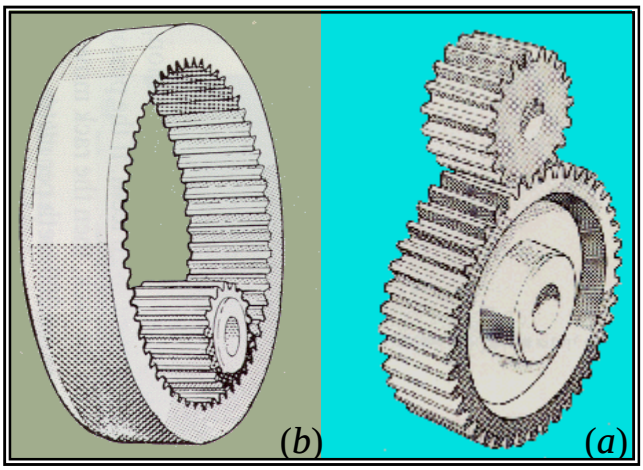
إختبار ذاتي (2): ما الفرق بين السمك الوتري والسمك الدائري

1.1.2.11 أنواع التروس الإسطوانية (*Cylindrical Gears Types*)

تقسم التروس الإسطوانية إلى نوعين رئيسيين هما :

1- التروس العَدِلة (المستقيمة) (Spur Gears) .

تمتلك التروس العَدِلة أسنان مستقيمة توازي محوري العمودين المترافقين ، وتستخدم هذه التروس للتوصيل بين الأعمدة المتوازية . تعتبر التروس العدِلة من أسهل أنواع التروس من حيث التصنيع وأرخصها . إذا كانت أسنان الترسين المتعشقين الصغير والكبير من الخارج فإن كل عمود لهما يدور في إتجاه معاكس لدوران العمود الآخر ، أما إذا كانت أسنان الترس الكبير داخلية فالترسين يدوران في إتجاه واحد وكما موضح في الشكل رقم (11-3) . يسمى الترس الصغير (*Pinion*) ويسمى الترس الكبير (*Toothed Wheel*) .



الشكل رقم (11-3) :*a* - تروس عدِلة متعشقة من الخارج *b*- تروس عدِلة متعشقة من الداخل

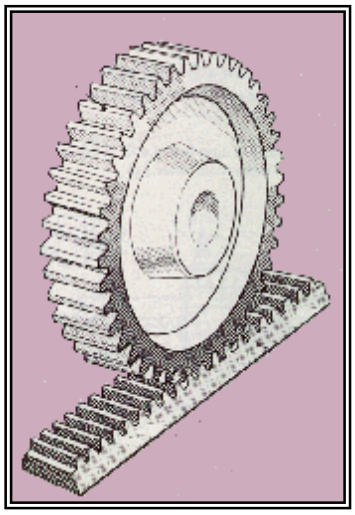
2- الجريدة المُسننة (Toothed Rack) .

وهي عبارة عن ترس مستقيم مرتبة أسنانه على إستقامة واحدة وتستخدم لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية وبالعكس . الشكل رقم (11-4) يوضح الجريدة المُسننة متعشقة مع ترس صغير . إن عملية تحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية وبالعكس ويتم ذلك بثلاثة طُرق هي :

1- دوران الترس الصغير(*Pinion*) حول مركز ثابت يسبب حركة الجريدة بخط مستقيم .

2- حركة الجريدة بخط مستقيم يسبب دوران الترس حول مركز ثابت .

3- إذا كانت الجريدة المُسننة ثابتة والترس الصغير هو الذي يدور عندها يتحرك مركز الترس في خط مستقيم آخذاً الترس معه .



الشكل رقم (11-4) : الجريدة المُسننة متعشقة مع ترس صغير

إختبار ذاتي (3): ما هي الجريدة المسننة

2.1.2.11 القوانين التي تحكم التروس الإسطوانية

هنالك عدد من القوانين التي تحكم عملية تصميم التروس وطريقة عملها وحسب نوع الترس المستخدم ، ويتم إستخدام نظامين خاصين لحساب متغيرات سن الترس وتصميمه وهما :

1- نظام المليمترات (Millimeters System) . ويعتمد هذا النظام على الموديل في حساباته وهو موضح في الجدول رقم (11-1) .

2- نظام الإنجات (Inches System) . ويعتمد على الخطوة القطرية في حساباته .

الجدول رقم (11-1)

القوانين الخاصة بحسابات التروس العدِلة والجريدة المُسننة

ت	إسم العنصر	الرمز	القانون
1	قطر دائرة الخطوة	D	$M \times N$
2	الموديل	M	$D/N \ , \ P/p$
3	الخطوة الدائرية	P	$p \times M \ , \ (p \times D)/N$
4	رأس السن	a	M
5	جذر السن	b	$a+C \ , \ 1.25M$
6	دائرة رأس السن	D_1	$D+2a \ , \ D+2M$
7	دائرة جذر السن	D_2	$D-2b \ , \ D-2.5M$
8	سمك السن	t	$(p/2) \times M \ , \ P/2$
9	الخلوص	C	$0.25 \times M$
10	العمق الكلي للسن	H	$a+b \ , \ 2.25M$
11	العمق الفعال	H_w	$H-C$
12	زاوية الضغط	$\emptyset$	قيمتها $(20^o - 14.5^o)$
13	السمك الوتري	t_c	$D\sin(90^o/N)$
14	نسبة السرعة	R	$n_P/n_G \ , \ D_G/D_P \ , \ N_G/N_P$

ملاحظة // الخطوة الدائرية للترس تساوي الخطوة الخطية للجريدة المُسننة .

N= عدد أسنان الترس . n_P, n_G = عدد الدورات بالدقيقة للترس الكبير و الصغير على التوالي .

مثال1

ترس إسطواني ذو أسنان مستقيمة قطر دائرة الخطوة له $(90mm)$ وعدد أسنانه (15) ،إحسب : الخطوة الدائرية ، سمك السن ، العمق الكلي للسن .

الحل//

$$M=\frac{D}{N} \quad , \quad M=\frac{90}{15} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{M=6mm}$$

$$P=\pi\times M \quad , \quad P=\pi\times 6 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{P=18.84mm}$$

$$t=\frac{P}{2} \quad , \quad t=\frac{18.84}{2} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{t=9.42mm}$$

$$H=2.25M \quad , \quad H=2.25\times 6 \quad \Longrightarrow \quad \boxed{H=13.5mm}$$

مثال2

ترس إسطواني قطر دائرة الخطوة له $(70mm)$ وخطوته الدائرية $(16mm)$ أوجد : دائرة رأس السن ، دائرة جذر السن ، الموديل ، سمك السن .

الحل//

$$M=\frac{P}{\pi} \quad , \quad M=\frac{16}{\pi} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{M\approx 5mm}$$

$$D_1=D+2M \quad , \quad D_1=70+(2\times 5) \quad \Longrightarrow \quad \boxed{D_1=80mm}$$

$$D_2=D-2.5M \quad , \quad D_2=70-(2.5\times 5) \quad \Longrightarrow \quad \boxed{D_2=57.5mm}$$

$$t=\frac{P}{2} \quad , \quad t=\frac{16}{2} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{t=8mm}$$

مثال3

ترس إسطواني ذو أسنان مستقيمة قطر دائرة رأس السن له $(111mm)$ و قطر دائرة جذر السن $(75mm)$. أوجد : الموديل ، دائرة الخطوة ، الخطوة الدائرية ، سمك السن ، العمق الكلي للسن ، وعدد أسنان الترس .

الحل//

$$H = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad , \quad H = \frac{111 - 75}{2} \Longrightarrow \boxed{H = 18mm}$$

$$H = 2.25M \quad , \quad M = \frac{18}{2.25} \Longrightarrow \boxed{M = 8mm}$$

$$D_1 = D + 2M \quad , \quad 111 = D + (2 \times 8) \Longrightarrow \boxed{D = 95mm}$$

$$P = \pi \times M \quad , \quad P = \pi \times 8 \Longrightarrow \boxed{P = 25.13mm}$$

$$t = \frac{P}{2} \quad , \quad t = \frac{25.13}{2} \Longrightarrow \boxed{t = 12.565mm}$$

$$D = M \times N$$

$$95 = 8 \times N \Longrightarrow \boxed{N = 11}$$

2.2.11 التروس اللولبية (*Screw Gears*)

تستعمل التروس اللولبية لنقل الحركة بين المحاور التي لا تتقاطع في الفراغ والتي لا تقع في مستوي واحد. تكون أسنان هذا النوع من التروس مثبتة على السطح الخارجي لشكل إسطواني مثلما هي الحال في التروس الإسطوانية ، وتميل أسنان هذه التروس بزاوية معينة تسمى زاوية الحلزون (*Helix Angle*) .

1.2.2.11 أنواع التروس اللولبية (*Screw Gears Types*)

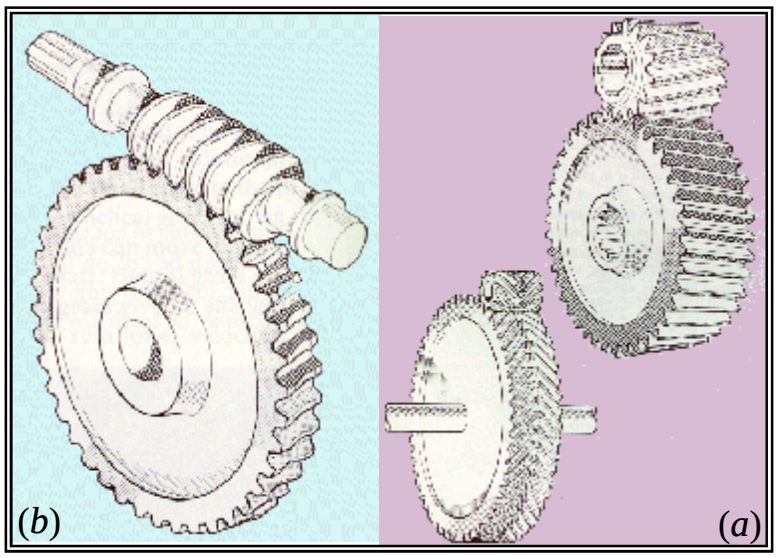
تقسم التروس اللولبية إلى نوعين رئيسيين هما :

1- التروس الحلزونية (Helical Gears) .

تقع الأسنان على الترس الحلزوني على طول الحلزون ، وزاوية الحلزون تكون بين الحلزون وإسطوانة الخطوة وهي العنصر المتوازي مع الترس . يمكن أن تربط التروس الحلزونية أما متوازية أو غير متوازية للأعمدة غير المتقاطعة . هنالك نوعان من التروس الحلزونية والموضحة في الشكل رقم (11-5-*a*) وهي :

1- التروس الحلزونية مفردة الأسنان .

2- التروس الحلزونية مزدوجة الأسنان .



الشكل رقم (11-5): a - التروس الحلزونية b- التروس الدودية

هنالك عدد من المصطلحات التي تصف مكونات الترس الحلزوني وهذه المصطلحات هي :

1- زاوية الحلزون (ψ - Helix Angle) . وهي الزاوية بين المماس للحلزون ومحور الترس .

2- الخطوة الدائرية العمودية (P_n - Normal Circular Pitch) . وهي الخطوة الدائرية في المستوي العمودي للأسنان .

3- الخطوة الدائرية المستعرضة (P - Transverse Circular Pitch) . وتمثل الخطوة الدائرية في مستوي دوران الترس .

إختبار ذاتي (4): ما هو إستعمال التروس اللولبية

2.2.2.11 القوانين التي تحكم التروس الحلزونية

الجدول رقم (11-2) يوضح القوانين الخاصة بحسابات التروس الحلزونية وحسب نظام المليمترات .

الجدول رقم (11-2)
القوانين الخاصة بحسابات التروس الحلزونية

ت	إسم العنصر	الرمز	القانون
1	قطر دائرة الخطوة	D	$(M\times N)/\cos y$
2	الموديل	M	$(D\times\cos y)/N$
3	الخطوة الدائرية العمودية	P_n	$P\times\cos y$
4	دائرة رأس السن	D_1	$D+2M$
5	إرتفاع السن	H	$2.25M$
6	طول الخطوة الحلزونية	L	$(p\times D)/\tan y$
7	عدد الأسنان الفرضي	$Z`$	$N/\cos^3 y$

مثال

إحسب الأبعاد اللازمة لفتح ترس حلزوني عدد أسنانه (30) ويمتلك موديل ($3mm$) وزاوية ميل الحلزون (20^o).

الحل//

$$D=\frac{M\times N}{\cos\psi}\quad,\quad D=\frac{3\times 30}{\cos 20}\Longrightarrow \boxed{D=95.8mm}$$

$$D_1=D+2M$$

$$D_1=95.8+(2\times 3)\Longrightarrow \boxed{D_1=101.84mm}$$

$$H=2.25M\quad,\quad H=2.25\times 3\Longrightarrow \boxed{H=2.25M}$$

$$L=\frac{\pi\times D}{\tan\psi}\quad,\quad L=\frac{\pi\times 95.8}{\tan 20}\Longrightarrow \boxed{L=800mm}$$

2- التروس الدودية (Worm Gears) .

يمكن أن تضم التروس الدودية سن واحد أو مجموعة أسنان ، ويكون النوع متعدد الأسنان هو النوع الشائع . تصنع هذه التروس عادة مع قمة محدبة لإعطاء إتصال أكبر بين الترس الدودي والترس الآخر المتعشق معه . الشكل رقم (11-5-b) موضح فيه شكل التروس الدودية . هنالك عدد من المصطلحات الفنية التي تصف مكونات التروس الدودية وهذه المصطلحات هي :

1- خطوة الجزء المسنن (Lead - L) . أو التقدم هي المسافة من أي نقطة على السن إلى النقطة المماثلة على الدورة التالية لنفس السن وموازية للمحور .

2- الخطوة المحورية للدودة (Axial Pitch – P_a) . المسافة من أي نقطة على السن إلى النقطة المماثلة لها على السن المجاور وموازية للمحور . خطوة الجزء المسنن هي نفسها الخطوة الخطية للسن الدودي المفرد .

3- زاوية الخطوة (Lead Angle – λ) . وتسمى أيضاً زاوية التقدم هي الزاوية بين المماس للحلزون والمستوي العمودي للمحور وقيمتها (25^o - 45^o).

4- سمك الدودة النسبي (q) . هو النسبة بين قطر الخطوة للدودة والموديل المحوري .

5- الخطوة الدائرية (P_C) . الخطوة الدائرية للترس الدودي تساوي الخطوة المحورية للدودة .

6- أسنان الترس الدودي (Gear Teeth-N_G) . عدد الأسنان الموجودة حول المحيط الكامل للترس الدودي .

7- نسبة السرعة (Gear Ratio-R) . وهي النسبة بين عدد اللوالب في الدودة وعدد الأسنان في الترس الدودي .

8- البعد المركزي (Center Distance-C) .المسافة بين مركز الدودة ومركز الترس الدودي .

9- الموديل المحوري (Axial Module-m_a) . ويمثل قطر دائرة الخطوة في الترس الدودي مقسوماً على عدد أسنان الترس الدودي .

10- قطر الخطوة في الترس الدودي (Pitch Diameter-D_G) .

11- قطر دائرة الخطوة في الدودة (D_W) .

12- عدد اللوالب (N_W) . وتمثل عدد الأسنان على الدودة وهي من (1-8) .

3.2.2.11 القوانين التي تحكم التروس الدودية

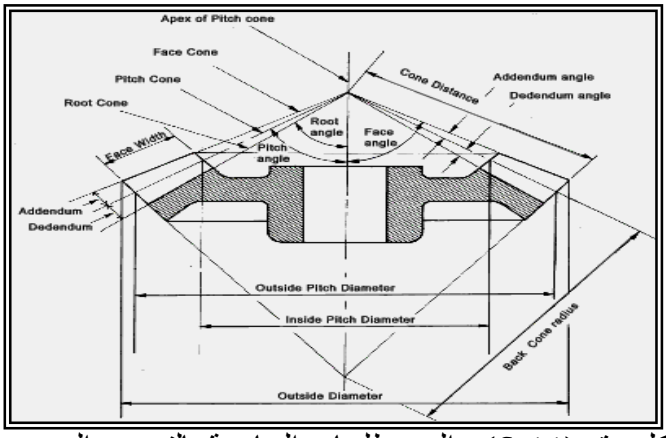
الجدول رقم (11-3) يوضح القوانين الخاصة بحسابات التروس الدودية والدودة حسب نظام المليمترات .

الجدول رقم (11-3)
القوانين الخاصة بحسابات التروس الدودية والدودة

ت	إسم العنصر	الرمز	القانون
1	قطر الخطوة في الترس الدودي	D_G	$m_a \times N_G \ , \ 2C - D_W$
2	قطر دائرة الخطوة في الدودة	D_W	$m_a \times q \ , \ 2C - D_G$
3	الخطوة المحورية للدودة	P_a	$1/N_W \ , \ (p \times D_G)/N_G \ , \ p \times m_a$
4	الموديل المحوري	m_a	D_G/N_G
5	الخطوة الدائرية للترس الدودي	P_C	$1/N_W \ , \ (p \times D_G)/N_G \ , \ p \times m_a$
6	سمك الدودة النسبي	q	D_W/m_a
7	خطوة الجزء المسنن	L	$N_W \times D_a \ , \ p \times D_W \times \tan l$
8	عدد اللوالب	N_W	$q \times \tan l$
9	أسنان الترس الدودي	N_G	$N_W/R \ , \ D_G/m_a$
10	البعد المركزي	C	$(D_W+D_G)/2 \ , \ m_a/2(q+N_G)$
11	نسبة السرعة	R	N_W/N_G
12	زاوية الخطوة	λ	$L/p \times D_W$

3.2.11 التروس المخروطية (*Bevel Gears*)

تستخدم التروس المخروطية بشكل أساسي في نقل الحركة الدورانية بين المحاور المائلة المتقاطعة غير المتوازية والتي تقع في مستوي واحد ، مثلاً نقل الحركة من الوضع الأُفقي إلى الوضع العمودي . تكون أسنان هذه التروس مرصوفة على شكل مخروط ناقص ، وتستخدم في التطبيقات الثقيلة ذات السرعات العالية . الشكل رقم (11-6) يوضح المصطلحات الخاصة بالتروس المخروطية .



الشكل رقم (11-6) : المصطلحات الخاصة بالتروس المخروطية

1- قطر الخطوة (Pitch Diameter-D) . وهو قطر قاعدة المخروط .

2- القطر الخارجي (Outside Diameter-D_o) . ويمثل قطر الدائرة الخارجية أو التاجية للترس المخروطي .

3- زاوية الخطوة (Γ-Pitch Angle). هي الزاوية المحصورة بين راسم مخروط الخطوة والمحور .

4- راسم المخروط (Cone Distance-A) . وهو الإرتفاع المائل لمخروط الخطوة وهو مشترك لكلا الترسين المتعشقين .

5- زاوية رأس السن (α) . الزاوية المقابلة لرأس السن وهي متساوية لكلا الترسين المتعشقين .

6- زاوية جذر السن (δ) . الزاوية المقابلة لعمق جذر السن وهي متساوية لكلا الترسين المتعشقين .

7- زاوية الوجه (Γ_o -Face Angle) . هي الزاوية المحصورة بين خط رأس السن والمحور .

8- زاوية الجذر(Γ_R -Root Angle) . هي الزاوية المحصورة بين خط الجذر والمحور .

9- الإرتفاع التاجي (Crown Height-x) . المسافة الموازية للمحور من رأس المخروط إلى تاج السن .

10- البُعد الخلفي (Backing-y) . وهو المسافة الموازية للمحور من رأس المخروط إلى تاج السن .

11- البُعد الخلفي التاجي (Crown Backing-z) . المسافة بين المستوي الخلفي وتاج الترس ، وهذه المسافة أهم من البُعد الخلفي .

12- بُعد التركيب (Mounting Distance-M) . وهي المسافة من مخروط الخطوة إلى المستوي الخلفي للترس . يستعمل هذا البعد لأغراض الفحص والتجميع .

13- الزاوية الخلفية (Backing Angle-β) . وهي الزاوية المحصورة بين الرأس الخلفي للأسنان وقاعدة مخروط الخطوة ، وهي تساوي عادة زاوية الخطوة .

14- عرض الوجه (Face Width- F) . وهو عرض سن المخروط وهو مشترك للترسين المتعشقين . قيمة عرض الوجه لا تزيد عن (A/3) .

1.3.2.11 أنواع التروس المخروطية (*Bevel Gears Types*)

تقسم التروس المخروطية إلى خمسة أنواع رئيسية والتي يمكن إدراجها كالآتي :

1- **التروس المخروطية المستقيمة (Straight Bevel Gears)** .

تكون أسنان هذا النوع من التروس مستقيمة وكما موضح في الشكل رقم (11-7- *a*) .

2- **التروس المخروطية الحلزونية (Spiral Bevel Gears)** .

تمتلك التروس الحلزونية أسنان عبارة عن شظايا حلزونية . يزود هذا التصميم بتراكب السن بحيث إن مزيداً من الأسنان تتعشق عند وقت ثابت ويستمر التعشيق (إنظر الشكل رقم (11-7- *b*)) .

3- **التروس المخروطية الهايبودية (Hypoid Bevel Gears)** .

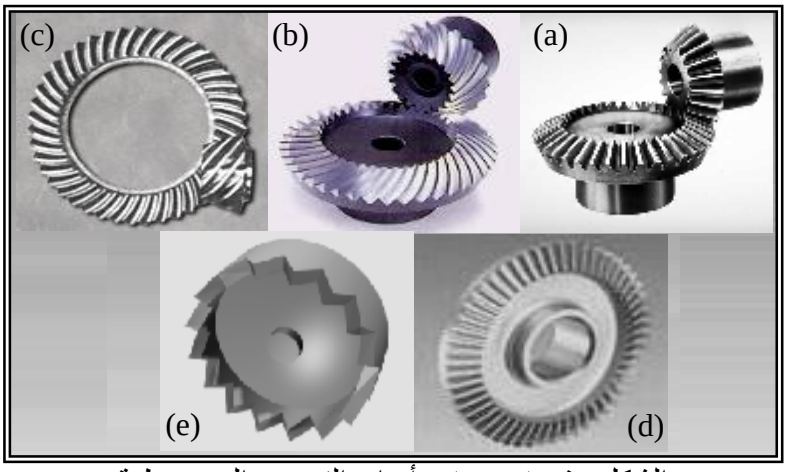
وتكون ذات محاور متخالفة ، وهي تشبه التروس الحلزونية ماعدا كون سطوح الخطوة تكون على شكل قطع زائد بدلاً من المخروط وكما موضح في الشكل رقم (11-7- *c*) .

4- **التروس المخروطية الصفرية (Zerol Bevel Gears)** .

تمتلك هذه التروس أسنان على شكل أقواس دائرية ، وهذا الشكل يزود بأسنان أقوى نوعاً ما من التي يمكن الحصول عليها من التروس المستقيمة . التروس الصفرية موضحة في الشكل رقم (11-7- *d*) .

5- **التروس المخروطية التاجية (Crown Bevel Gears)** .

وهي نوع خاص من التروس المخروطية حيث تمتلك زاوية قمة مخروطية مقدارها (180^o) وهي عبارة عن قرص موزعة فيه الأسنان على جانب واحد ، وهي تقابل الجريدة المسننة في التروس العدِلة (إنظر الشكل رقم (11-7- *e*)).



الشكل رقم (11-7) : أنواع التروس المخروطية

2.3.2.11 القوانين التي تحكم التروس المخروطية

الجدول رقم (11-4) يوضح القوانين الخاصة بحسابات التروس المخروطية حسب نظام المليمترات .

الجدول رقم (11-4)
القوانين الخاصة بحسابات التروس المخروطية

ت	إسم العنصر	الرمز	القانون
1	زاوية الخطوة	Γ_G	$\tan^{-1}(D_G/D_P)$
2	زاوية الخطوة	Γ_P	$\tan^{-1}(D_P/D_G)$
3	قطر الخطوة	D	$m \times N$
4	القطر الخارجي	D_o	$D + 2a\cos\Gamma$
5	راسم المخروط	A	$D/2\sin\Gamma$
6	زاوية رأس السن	α	a/A
7	زاوية جذر السن	δ	b/A
8	زاوية الوجه	Γ_o	$\Gamma + a$
9	زاوية الجذر	Γ_R	$\Gamma - d$
10	الإرتفاع التاجي	x	$D_o/2\tan\Gamma_o$
11	البُعد الخلفي التاجي	z	$y + a\sin\Gamma$
12	بُعد التركيب	M	$(y+D)/2\tan\Gamma$
13	عرض الوجه	F	$A/3$

(a) رأس السن ، (b) جذر السن ، (m) الموديل ، (N) عدد الأسنان ، (D_G) قطر الترس الكبير ، (D_P) قطر الترس الصغير .

4.11 نسبة التعشيق (*Gear Ratio*)

عندما يتعشق ترسان فإن السرعة المحيطية لكل منهما تكون متساوية ، وبما إن السرعة المحيطية تساوي المحيط مضروباً في عدد دورات الترس ن لذلك يكون :

$$\pi \times D_1 \times N_1 = \pi \times D_2 \times N_2 \qquad (1)$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1}} \qquad (2)$$

حيث :

D_1 , D_2 = قطر دائرة الخطوة للترس الأول والثاني على التوالي .

N_1 , N_2 = عدد الدورات للترس الأول والثاني على التوالي .

إضافة إلى ذلك تمتلك التروس المتعشقة نفس الخطوة الدائرية ، لذلك ينتج :

$$\Rightarrow \boxed{\frac{D_1}{D_2} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_2}} \qquad (3)$$

حيث :

Z_1 , Z_2 = عدد أسنان الترس الأول والترس الثاني على التوالي .

تسمى المعادلة رقم (3) بمعادلة نسبة التعشيق أو درجة التحويل للتروس .

5.11 تصنيع التروس (*Manufacturing of Gears*)

هنالك طُرق عديدة مستخدمة لإنتاج التروس منها الحرارية ومنها الميكانيكية والتي تختلف في دقتها وحجم الترس المنتج ، وهذه الطُرق هي :

1.5.11 التروس المصبوبة (*Molding Gears*)

يمكن أن يتم صب التروس في قوالب رملية أو دائمية . تكون التروس المصنوعة من حديد الزهر الرمادي والمصبوبة في القوالب الرملية تكون خشنة ، غير دقيقة ، ومنخفضة المقاومة ولكن يمكن صنع الأحجام الواسعة بهذه الطريقة وبكلفة واطئة نسبياً . تروس الحلقة الهايبودية والتروس الصغيرة الخشنة تسبك من الحديد الإبري للتشغيل اللاحق والتي توجد في بعض العربات . العديد من التروس الصغيرة المخصصة للعمل الخفيف تسبك في قوالب من سبائك الزنك ، القصدير ، الألمنيوم ، والنحاس مع درجة عالية من الدقة والإنهاء السطحي . في بعض الأحيان تسبك التروس من المواد البلاستيكية حيث تكون هنالك حاجة لخواص العزل والحد من الضوضاء والمقاومة المتوسطة للعمل الخفيف .

2.5.11 التروس المُشكلة (*Forming Gears*)

تصنع التروس بواسطة أنواع متعددة من عمليات التشكيل على البارد أو على الساخن . يتم بثق خام البراص أو الألمنيوم ويُقطع للأطوال المرغوبة ، في حين إن بعض التروس تُبثق وتُنهى بالسك عندما تكون دافئة أو باردة . حتى التروس الفولاذية متوسطة الحجم تُبثق على البارد ، تُطرق على البارد بدقة ، أو تُشكل بالطرق على الساخن . جميع أنواع التروس يتم درفلتها من الفولاذ اللين . شكل درفلة لإنهاء التروس تسمى الصقل بالحك (*Burnishing*) . يتم درفلة الشُغلة حالما تضغط بين أو تحت قوالب لها شكل الترس المطلوب .

3.5.11 التروس المقطوعة (*Cutting Gears*)

التروس الكبيرة مثل الترس الحلقي على قاعدة المرفق الدوار تصنع بنجاح بواسطة القطع بالشُعلة من ألواح الفولاذ السميكة . إن التفاوتات التي يمكن الحصول عليها هي ($\pm 125\mu m$) مع الألواح التي سمكها فوق ($100mm$)،($\pm 250\mu m$) للألواح التي سمكها لحد($200mm$) . يتم قطع التروس من الكتل المسبوكة والمطروقة ، قضبان الخام ، الصفائح المعدنية ، اللدائن الطبقية ، الأشكال المصبوبة . في بعض الأحيان يكون التشغيل هو الطريقة الأكثر إقتصادية لكميات الإنتاج الصغيرة ، وفي أحيان أُخرى يكون أكثر إقتصادية للكميات الواسعة ، مثل التروس المسكوكة من الصفائح المعدنية للساعات ، الألعاب ، والأجهزة التطبيقية . بشكل عام يتم تشغيل التروس بسبب إنها الطريقة الوحيدة للحصول على درجة الدقة ومعاملة المادة الصلدة المطلوبتين من قِبل الآليات الدقيقة الحديثة مثل محركات الإحتراق الداخلي ، الطائرات ، عُدد التشغيل وغيرها . ويمكن تقسيم طُرق قطع التروس إلى ثلاثة مجاميع هي :

1- طريقة التشكيل (Forming Method) . تستخدم هذه الطريقة قاطع له نفس شكل الفراغ بين الأسنان المراد قطعها . يمكن أن يكون القاطع عُدة قطع مفردة الإتصال على المقشطة النطاحة أو العربة ، القاطع الدوار على ماكنة التفريز ، أو عُدة الشد (إنظر الشكل رقم (11-8-*a*)) .

2- طريقة المعايرة (Template Method) . والتي فيها عُدة قطع ترددية توجه بواسطة مُشكل رئيسي أو مُعاير على ماكنة تسمى مقشطة عربة الترس . هذه الطريقة بطيئة وتم إستبدالها لكل التروس إلا الواسعة وذات الخطوة الخشنة .

3- طريقة التوليد (Generating Method) . في هذه الطريقة يكون المقطع الجانبي للقاطع مشابه للذي هو لسن الترس المعشق أو الجريدة المسننة . القاطع والشُغلة يدوران ويضغطان سوية كما في التعشيق لتوليد شكل السن وكما في الشكل رقم (11-8-*b*). أن التروس المنتجة بواسطة التوليد هي أكثر دقة وعملية التصنيع تكون أسرع .

1.3.5.11 قشط التروس (*Gears Shaping*)

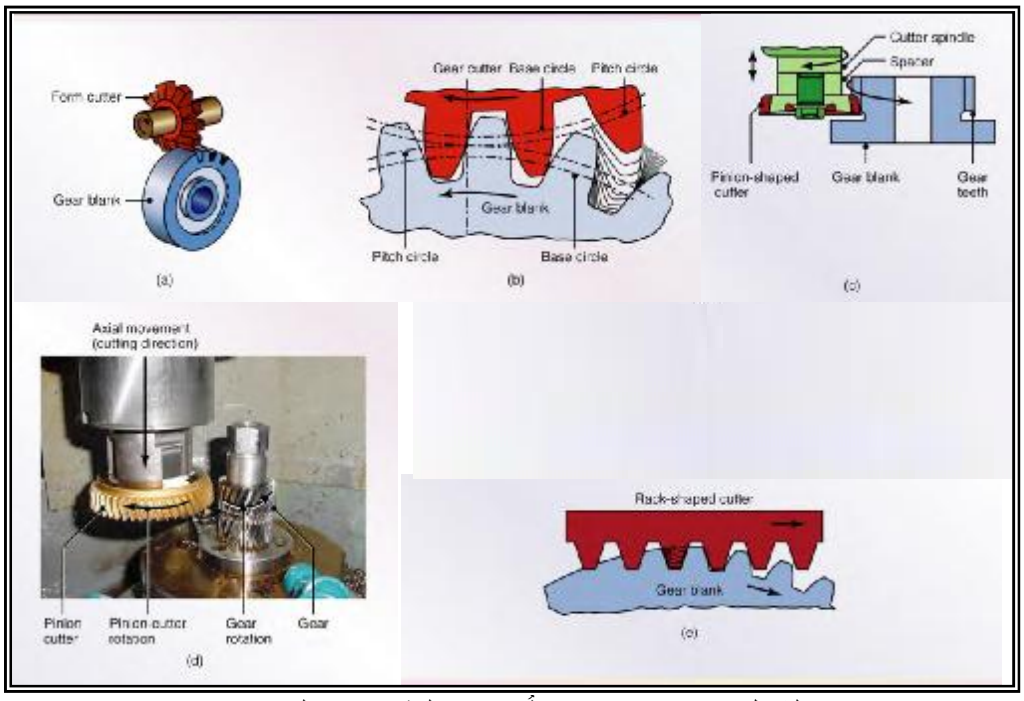
يتم قشط التروس بواسطة قاطع ترددي على شكل سن مفرد ، جريدة ، أو ترس صغير . تتحرك كتلة الخام المراد إنتاج الترس منها والقاطع سوية كما في حالة التعشيق ، ويحدث عدد من القطوعات نتيجة لهذا التعشيق . يتم تثبيت القاطع في النهاية المنخفضة لعمود الدوران العمودي والترددي في معظم قاشطات التروس ، كما في الشكل رقم (11-8-*e,d,c*) ويدور حالما يبدأ بالتردد للأعلى وللأسفل . يوجه عمود الدوران بواسطة الحدبة لتحريك القاطع في مسار حلزوني لقطع التروس الحلزونية. إن الإدارة الترددية لعمود دوران القاطع يمكن أن تكون ميكانيكية أو هيدروليكية . يكون قاطع الترس العَدِل قادر على توليد أي ترس لنفس الخطوة في نفس النظام ، ولكن قاطع الترس الحلزوني يمكن أن يولد فقط التروس الممتلكة خطوة وزاوية حلزون واحدة .

2.3.5.11 تفريز التروس (*Gears Milling*)

لكي يتم تفريز التروس الحلزونية لابد من ميل قاطع التفريز بزاوية تساوي زاوية الحلزون (ψ) على محور الشُغلة ، لذلك تنحرف منضدة ماكنة التفريز التي تثبت عليها الشُغلة
بالزاوية المطلوبة للحلزون . إن إدارة منضدة ماكنة التفريز بهذه الزاوية (ψ) يعتبر ضرورياً لضبط الحلزون بمحاذاة قاطع التفريز .

4.5.11 ميتالورجيا المساحيق (*Powder Metallurgy*)

يتم تصنيع التروس بطريقة ميتالورجيا المساحيق عن طريق كبس مساحيق المعادن المراد تصنيع التروس منها في قوالب خاصة لها نفس شكل الترس المراد إنتاجه بعدها يتم إستخراج الترس وتلبيده في درجة حرارة معينة تبعاً لنوع المسحوق المصنوع منه للحصول على التماسك النهائي .



الشكل رقم (11- 8) : طُرق مختلفة لإنتاج التروس

إختبار ذاتي (5): كيف يم تصنيع التروس بواسطة القشط

الإختبار البعدي

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

1- العمق الفعال هو :
أ- أقصى عمق يمتده سن على أحد التروس داخل فراغ السن للترس الآخر المتعشق معه .
ب- الإرتفاع القطري للسن فوق دائرة الخطوة .
ج- العمق القطري تحت دائرة الخطوة .
د- الفرق بين رأس السن وجذر السن .

2- وجه السن هو :
أ- سطح السن تحت دائرة الخطوة .
ب- أعلى نقطة على السن .
ج- سطح السن فوق دائرة الخطوة .
د- التقوس الواصل بين جذر السن وقعره .

3- يمثل الخلوص :
أ- مجموع رأس السن وجذره .
ب- الفرق بين رأس السن وجذره .
ج- المسافة على أحد الأسنان إلى النقطة المماثلة لها على السن الآخر .
د- طول الوتر الذي يقابل قوس السمك الدائري .

4- الخطوة الدائرية المستعرضة هي :
أ- المسافة على أحد الأسنان إلى النقطة المماثلة لها على السن الآخر .
ب- الدائرة التي ينشأ منها المنحني المنشأ .
ج- الخطوة الدائرية في المستوي العمودي للأسنان .
د- الخطوة الدائرية في مستوي دوران الترس .

5- يمكن تعريف خطوة الجزء المسنن على إنها :
أ- المسافة بين المستوي الخلفي وتاج الترس .
ب- المسافة من مخروط الخطوة إلى المستوي الخلفي للترس .
ج- المسافة من أي نقطة على السن إلى النقطة المماثلة على الدورة التالية لنفس السن .
د- المسافة على أحد الأسنان إلى النقطة المماثلة لها على السن الآخر .

6- زاوية الجذر هي :
أ- الزاوية المحصورة بين خط الجذر والمحور .
ب- الزاوية المقابلة لعمق جذر السن .
ج- الزاوية المحصورة بين راسم مخروط الخطوة والمحور .
د- الزاوية الواقعة بين خط الفعل والمماس لدائرتي الخطوة للترسين المتعشقين .

7- زاوية رأس السن هي :
أ- الزاوية المحصورة بين خط رأس السن والمحور .
ب- الزاوية المقابلة لرأس السن .
ج- الزاوية المحصورة بين الرأس الخلفي للأسنان وقاعدة مخروط الخطوة .
د- الزاوية بين المماس للحلزون والمستوي العمودي للمحور .

8- تتراوح قيمة زاوية الضغط بحوالي :
أ- (10º - 15º) .
ب- (14.5º - 25º) .
ج- (15º - 30º) .
د- (14.5º - 20º) .

9- تستعمل التروس اللولبية لنقل الحركة بين :
أ- المحاور التي لا تتقاطع في الفراغ والتي لا تقع في مستوي واحد .
ب- المحاور المائلة المتقاطعة غير المتوازية والتي تقع في مستوي واحد .
ج- المحاور المتوازية والتي تقع في مستوي واحد.
د- المحاور المتوازية والتي لا تقع في مستوي واحد.

10- تنتمي التروس الهايبودية إلى التروس :
أ- الإسطوانية .
ب- اللولبية .
ج- المخروطية .
د- الدودية .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (9) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (9) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	ج	1- تُعرف التروس على إنها عجلات تحتوي على أسنان تقع على محيطها الخارجي أو الداخلي ، وتستخدم لنقل الحركة الدورانية من محور إلى آخر وكذلك لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية في بعض الحالات .	1	أ
2	أ	2- السمك الوتري هو طول الوتر الذي يقابل قوس السمك الدائري في المستوي العمودي لحلزون الخطوة . أما السمك الدائري فهو السمك المقاس على طول دائرة الخطوة .	2	ج
3	د	3- وهي عبارة عن ترس مستقيم مرتبة أسنانه على إستقامة واحدة وتستخدم لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة خطية وبالعكس.	3	ب
4	ب	4- تستعمل التروس اللولبية لنقل الحركة بين المحاور التي لا تتقاطع في الفراغ والتي لا تقع في مستوي واحد.	4	د
5	ج	5- يتم قشط التروس بواسطة قاطع ترددي على شكل سن مفرد ، جريدة ، أو ترس صغير . تتحرك كتلة الخام المراد إنتاج الترس منها والقاطع سوية كما في حالة التعشيق ، ويحدث عدد من القطوعات نتيجة لهذا التعشيق .	5	ج
6	د		6	أ
7	أ		7	ب
8	ب		8	د
9	د		9	أ
10	أ		10	ج

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- Lawrence E. Doyle, Carl A. keyser, James L.Leach, George F. Schrader, and Morse B. Singer " *Manufacturing processes and Materials for Engineering* " , Third Edition, prentice - Hall, Inc. 1985 .

3- Sherif D.Elwakil " *Processes and Design Manufacturing* " , Second Edition , PWS Publishing Company , 1998 .

وحدة تدريبية

التحكـــم الرقمـــي

النظرة الشاملة

1- الفئة المستهدفة : طلبة المرحلة الثانية في الأقسام التكنولوجية للكليات والمعاهد التقنية في هيئة التعليم التقني.

2- مبررات الوحدة : لقد كان ظهور تقنية التحكم الرقمي بمثابة التحول الجذري في طريقة التحكم في ماكنات العُدد وذلك إستجابة لما بدا جلياً من وجود محدودية في إمكانيات هذه الماكنات ، مما يفرض قيوداً كبيرة على التصميمات الهندسية ومتطلباته المتصاعدة من حيث الدقة والتعقيد . وفي السنوات التي تلت الحرب العالمية الثانية ثبت بوجه خاص عجز الماكنات التقليدية عن تحقيق متطلبات صناعة المعدات الجوية ، مما فتح الباب على مصراعيه لظهور ما سُمُيَ بالتحكم الرقمي (*Numerical Control*).

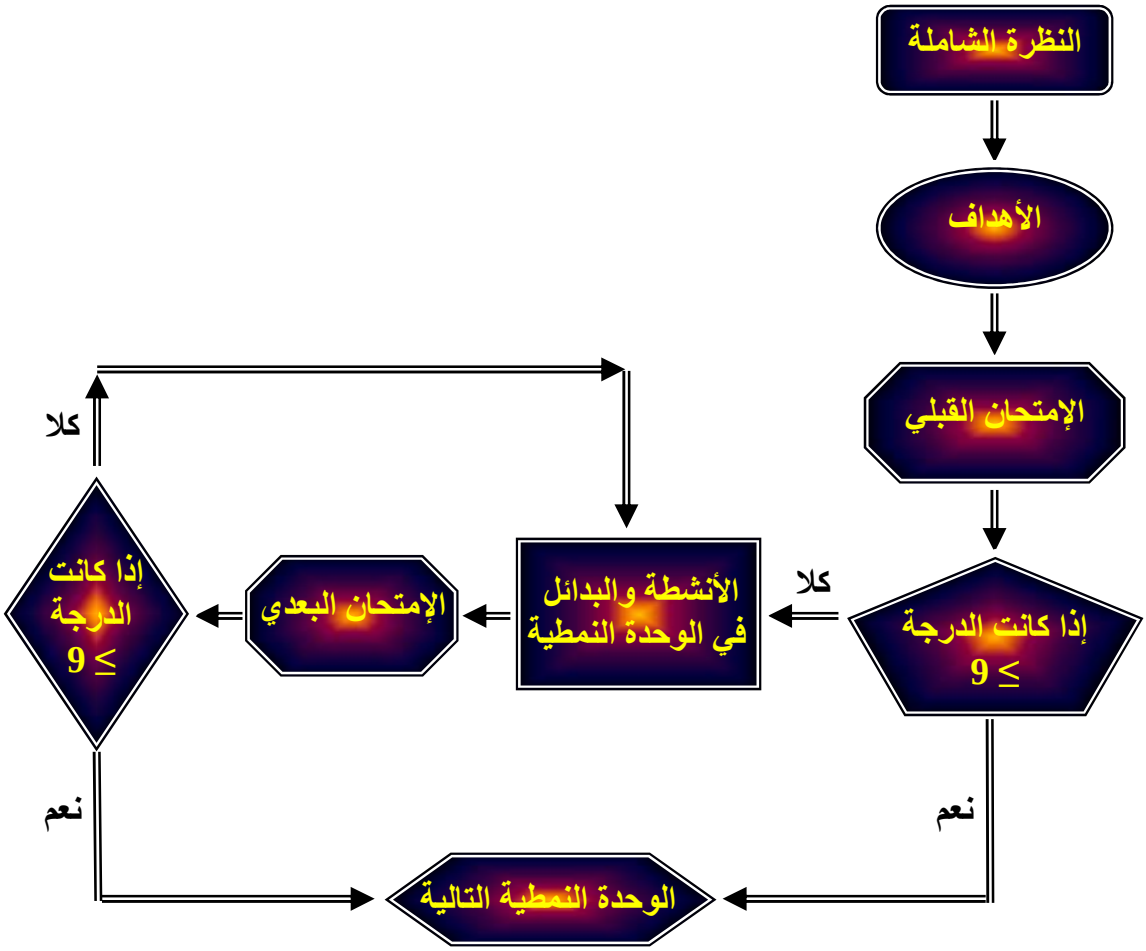
3- الفكرة المركزية :

أولاً- التعرف على معنى التحكم الرقمي .
ثانياً- التعرف على مزايا التحكم الرقمي مقارنة بالتشغيل التقليدي .
ثالثاً- التعرف على أنظمة التحكم الرقمي .
رابعاً- معرفة أنواع ماكنات التحكم الرقمي .
خامساً- التعرف على كيفية برمجة ماكنات التحكم الرقمي .

4- أهداف الوحدة : سيكون الطالب بعد دراستهِ لهذه الوحدة قادراً على أن :

1- يتعرف على أنواع ماكنات التحكم الرقمي .
2- يتعرف على كيفية عمل أنظمة التحكم الرقمي .
3- يكتب البرامج الخاصة بعمليات التشغيل على ماكنات التحكم الرقمي .

5- المخطط الإنسيابي:



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار القبلي

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

1- يُسمى النظام الذي لديه القدرة على العمل في ثلاثة محاور بـ :
أ- إسلوب نقطة-إلى- نقطة في خط مستقيم .
ب- إسلوب المحوران الكنتوريان مع مستوي قابل للتحويل .
ج- إسلوب المحاور الثلاثة الكنتورية ذات المسار المستمر .
د- إسلوب نقطة-إلى- نقطة .

2- إن معنى الرمز (G08) هو :
أ- تعجيل معدل التغذية .
ب- حركة في مسار خطي للأبعاد الطويلة .
ج- قطع الأسنان خطوة ثابتة .
د- توقف طفيف .

3- يُشير الرمز (M) إلى :
أ- الأوامر التحضيرية .
ب- رقم الأمر .
ج- الأوامر المساعدة .
د- رمز عُدة القطع .

4- تخضع البرمجة على ماكنات التحكم الرقمي لنظام :
أ- فورتران .
ب- صيغة عنوان الكلمة .
ج- كوك بيسك .
د- باسكال .

5- يعني الرمز (+B) :
أ- البعد الزاوي حول المحور y .
ب- البعد الزاوي حول المحور x .
ج- عُدة القطع في الإتجاه العلوي .
د- عُدة القطع في إتجاه اليسار .

6- تم تصنيع أول ماكنة تحكم رقمي في العام :
أ- 1950 .
ب- 1960 .
ج- 1954 .
د- 1952 .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- في نظام أقصى مرونة :
أ- تكون الإمكانيات المزودة بها كل ماكنة هي أقل المتطلبات منها .
ب- يكون لكل ماكنة الحاسوب الخاص بها .
ج- يكون التحكم في الماكنة عن طريق أرقام وحروف تحفظ فيها .
د- يكون الحاسوب الرئيسي هو المسيطر على الماكنة .

8- يعني الرمز (M05) :
أ- تغيير العُدة .
ب- تغيير التروس .
ج- إيقاف عمود الدوران .
د- تشغيل سائل التبريد .

9- يستعمل الرمز (S) للإشارة إلى :
أ- سرعة عمود الدوران .
ب- التغذية .
ج- المحور x .
د- المحور y .

10- يسمى النظام الذي تكون فيه الماكنة قادرة على تغيير ترتيبات العمليات المطلوبة للإنتاج بـ :
أ- التحكم الرقمي المباشر .
ب- الأتمتة الثابتة .
ج- الأتمتة المرنة .
د- الأتمتة القابلة للبرمجة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (9) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (9) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

عرض الوحدة النمطية

1.12 المقـــدمـــة (*Introduction*)

يمكن تعريف التحكم الرقمي (*NC*) لماكنة التشغيل على إنها طريقة للأتمتة والتي يسيطر فيها على وظائف الماكنة المتعددة بواسطة الحروف ، الأرقام ، والرموز وتُدار هذه الماكنات بواسطة برنامج يُغذى فيها وهذا البرنامج يتضمن التعليمات الدقيقة حول منهجية التصنيع بالإضافة إلى بقية الحركات، وعلى سبيل المثال ما هي العُدة التي تستخدم ، ما هي السرعة والتغذية ، والحركة من أية نقطة إلى أُخرى وفي أي مسار ، حيث يتم إعطاء كل هذه التعليمات في البرنامج . إن وظائف التحكم الرقمي يسيطر عليها إلكترونياً ، هيدروليكياً ، أو بالهواء المضغوط ، ويمكن أن تكون واحدة أو أكثر من الوظائف التالية ذاتية الحركة في ماكنات (*NC*) :

1- تشغيل وإيقاف عمود دوران الماكنة .
2- السيطرة على سرعة عمود الدوران .
3- تحديد موضع طرف العُدة عند المواقع المرغوبة وتوجيهها على طول المسارات المرغوب بها بواسطة السيطرة الذاتية على منزلقات الحركة .
4- السيطرة على معدل حركة طرف العُدة (معدل التغذية) .
5- تغيير العُدد في عمود الدوران .

إن التطبيقات الرئيسية للتحكم الرقمي هي في ماكنات قطع المعادن مثل ماكنات التفريز ، المخارط ، ماكنات التجليخ ، وماكنات توليد التروس . إلى جانب ذلك ، يستخدم التحكم الرقمي برامج السيطرة لعَدد من ماكنات تشكيل المعادن مثل المثاقب،ماكنات القطع باللّهب ، ثني الأنابيب ، وماكنات قص ولف الصفائح ، وأخيراً يمكن أن تكون الروبوتات (*Robots*) بشكل أساسي وحدات معالجة المادة ولكن أساسيات السيطرة تكون قريبة جداً للتحكم الرقمي. إن ماكنات التحكم الرقمي تلائم الأعمال الآتية :

1- الأجزاء التي تمتلك منحنيات كنتورية معقدة والتي لا يمكن تصنيعها بالطرق التقليدية .
2- الأعمال التي تتطلب دقة وتكرارية عاليتين جداً .
3- كمية الإنتاج الصغيرة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4- الأعمال التي تتطلب تنصيبات عديدة و/أو عندما تكون التنصيبات مكلفة .

5- الأجزاء التي تكون متعرضة لتغييرات تصميمية متكررة وبالتالي تحتاج إلى طُرق تصنيع أكثر كلفة .

6- كلفة المعاينة ، والتي هي جزء مهم لكلفة التصنيع الكلية .

إختبار ذاتي (1): ما هو التحكم الرقمي

2.12 الأتـــمتـــــة (*Automation*)

إن الأتمتة عبارة عن تقنية مختصة بتطبيق نُظُم ميكانيكية وإلكترونية ونُظُم قائمة على إستخدام الحاسوب لتشغيل عملية الإنتاج والتحكم فيها ، وتمثل الأتمتة تقنية متجددة تستمر فيها عملية الإبداع التي بدأت منذ عِدة عقود مضت . ويمكن تقسيم الأتمتة إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

1- الأتمتة الثابتة (Fixed Automation) .

وهو نظام يكون فيه ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج ثابت نسبة لطبيعة تكوين ماكنات الإنتاج نفسها .

2- الأتمتة القابلة للبرمجة (Programmable Automation) .

وهو نظام صُممت فيه ماكنات الإنتاج بحيث تكون قادرة على تغيير ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج وبالتالي القابلية لإنتاج أشكال متعددة ، ويتم التحكم في ترتيب عمليات الإنتاج ببرنامج خاص .

3- الأتمتة المرنة (Flexible Automation) .

وهو إمتداد لنظام الأتمتة القابلة للبرمجة بحيث لا يوجد زمن ضائع في عملية إعادة البرمجة . إن أهم مثال على هذا النظام من الأتمتة هو التحكم الرقمي والذي هو تطبيق حيوي للدمج بين تقنية الحاسوب وتقنية الإلكترونيات في مجال التحكم في التصنيع .

إختبار ذاتي (2): عدد أنواع الأتمتة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

3.12 مزايا ومحددات التحكم الرقمي

يعتبر التحكم الرقمي أفضل من طرق التصنيع التقليدية ، وهذه الأفضلية جاءت من إمكانية البرمجة ويمكن إدراج المزايا التي يتميز بها التحكم الرقمي عن كالآتي :

1- يمكن أن تنتج الأجزاء بدقة أكبر حتى للدفعات الصغيرة .

2- يمكن أن تنتج الأجزاء بوقت أقل ولذلك تكون أقل تكلفة . زمن عدم القطع(*Idle Time*) يختزل لأدنى قيمة ، وهذا يعتمد على طريقة البرنامج الذي يكتب للجزء .

3- المُشغل المشترك في تصنيع الجزء يختزل لأدنى حد وكنتيجة لذلك يتولد معدن غير مستغل (*Scrap*) أقل نتيجة لأخطاء المُشغل . لا تحتاج إلى خبرة مُشغل ، ما عدا تنصيب العُدة والشُغلة ، وحتى هنا يكون التنصيب بسيط لأقصى حد .

4- بما إن برمجة الجزء تأخذ العناية للهندسية المتولدة ، تختزل الحاجة إلى دلائل ومثبتات مكلفة أو تحد بشكل كامل ، إعتماداً على هندسية الجزء . وحتى عندما يستخدم المثبت يكون بسيط جداً مقارنة مع الماكنة التقليدية . إنها سهلة جداً إلى أبعد حد لعمل وخزن البرامج (الأشرطة) .

5- يتم إختزال زمن المعاينة (*Inspection Time*) لأن جميع دفعات الأجزاء تكون متماثلة . إن وظيفة القياس تصبح جزء للبرمجة في حالة بعض سيطرات (*CNC*) المتقدمة .

6- تُحد الحاجة إلى أنواع معينة من عُدد التشكيل في ماكنات التحكم الرقمي ، وهذا يرجع إلى إمكانية برمجة التوليد الجانبي حتى إذا كان يتضمن ثلاثة أبعاد .

7- مُهلة الإنجاز أو التلبية (*Lead Times*) المُحتاجة قبل العمل يمكن أن توضع على الماكنة يتم إختزالها إلى حد كبير ، إعتماداً على تعقيد العمل .

8- مراكز تشغيل (*CNC*) تنجز عمليات تشغيل متنوعة والتي تعالج على ماكنات تشغيل تقليدية عديدة ، لهذا يختزل عدد الماكنات على أرضية الورشة ، وهذا سوف يوفر فضاء أرضية ويقلل زمن إنجاز التصنيع . وهذا الشيء سوف ينتج كذلك في إختزال كُلف الإنتاج الكلية .

9- أوقات التنصيب يتم إختزالها ، لأن التنصيب يضم موقع بسيط لبيان السطح والموقع ، وبالأحرى ، عدد التنصيبات المحتاجة يمكن أن تختزل كذلك . كل هذا يؤدي إلى أوقات معاملة منخفضة .

10-أوقات التشغيل والكُلف قابلة للتنبؤ بها بدقة أكبر لأن كل العناصر المتضمنة في التصنيع تُحلل بشكل تام قبل أن يُحضر برنامج الجزء .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

11- كلل المُشغل لا يأتي في الصورة في تصنيع الجزء . ماكنة التحكم الرقمي يمكن أن تستخدم بإستمرار لأنها أكثر ثباتية عما هو عليه في الماكنات التقليدية .

12- العُدد يمكن أن تستخدم عند تغذيات وسرعات مُثلى والتي يمكن أن تبرمج .

13- تعديل تصميم الجزء يمكن أن ينتقل بسهولة جداً داخل الصناعة بواسطة تغييرات بسيطة في برنامج الجزء بدون تغيرات باهظة وإستهلاك وقت في الدلائل ، المثبتات ، وتجهيز العُدد ، وهذا سوف يضيف مرونة في التصنيع .

14- قدرة إزالة المعدن لماكنات التحكم الرقمي هي عموماً عالية بسبب ثباتية التركيب العالية جداً المستخدمة في تصميم الماكنة مقارنة بالماكنات التقليدية .

على الرغم من إن ماكنات التحكم الرقمي تمتلك العديد من المزايا الموضحة أعلاه ، فإن هنالك مُحددات معينة والتي يجب أن تبقى في الذهن عند إستخدام هكذا ماكنات وهذه المحددات هي :

1- كلفة الماكنات الرقمية أعلى بكثير مقارنة مع نفس الماكنات التقليدية ، والتي هي غالباً (5 - 10) أضعاف الكلفة . وأيضاً تجهيز العُدد يكون أعلى .

2- الخبرة المطلوبة لتشغيل ماكنات التحكم الرقمي هي عموماً أعلى من وجهة نظر التقنية كثيرة التفاصيل والتعقيد الموجود فيها .

3- تتطلب ماكنات التحكم الرقمي تدريب خاص للعامل عليها . حيث يشمل التدريب على البرامج بالإضافة إلى الأجزاء الصلبة لها .

4- بقدر كون ماكنات التحكم الرقمي معقدة وكثيرة التفاصيل ، فإنها تحتاج إلى عناية كبيرة للمحافظة عليها ، من وجهة نظر إجور الشخص الخبير وقطع الغيار الباهظة الثمن .

5- التشغيل الذاتي لماكنات التحكم الرقمي يتضمن نسبياً كُلف عمل أعلى .

إختبار ذاتي (3): لماذا يتم إختزال زمن المعينة في التحكم الرقمي

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

4.12 التطور التأريخي لتقنية التحكم الرقمي

لقد تم أول تطوير لتقنية التحكم الرقمي في الفترة ما بين العام 1948 و 1952 في معهد ماسوشوست للتقنية (*MIT*) بالتعاون مع شركة جون بارسونس للطائرات في مدينة ميشيغان بالولايات المتحدة الأمريكية . وترجع فكرة التحكم الرقمي في ذلك الوقت إلى ظهور حاجة ماسة لإنتاج قِطع غاية في الدقة لأشكال هندسية معقدة تُشكل أجزاءاً من الطائرات الحربية وعلى وجه الخصوص مراوح للطائرات العمودية .

ونسبة لتعقيد هذه الأشكال فقد إقتضى ذلك إستغراق وقت طويل للتأكد من صحة العلاقة من حيث الموقع بين عُدة القطع والشُغلة وذلك قبل الشروع في عمليات التشغيل . وقد أدى ذلك إلى إطالة الزمن المطلوب لإكمال عمليات التصنيع وبالتالي زيادة التكلفة . ومن ثم فقد نشأت فكرة التحكم الرقمي لتحقيق الأهداف التالية :

1- زيادة الإنتاج .
2- تحسين جودة ودقة القِطع المُشغلة .
3- تحقيق الإستقرار في تكاليف الإنتاج .
4- إمكانية تصنيع القِطع المعقدة التي قد يستحيل تصنيعها بإستخدام الماكنات التقليدية .

وتم في عام 1952 تصنيع أول ماكنة للتحكم الرقمي وكانت ذات ثلاثة محاور وتعمل بواسطة شريط مُثقب . وفي العام 1954 تم الإعلان رسمياً عن تطبيق تقنية التحكم الرقمي وبعدها بثلاث سنوات تم أول إنتاج لهذه الماكنات وتركيبها لتكون جاهزة للإستخدام . وبحلول عام 1960 كانت تقنية التحكم الرقمي قد لاقت قبولاً واسعاً وأصبح بمقدور الجهات الراغبة في إستخدامها الحصول عليها دون عوائق .

5.12 أنواع أنظمة التحكم الرقمي

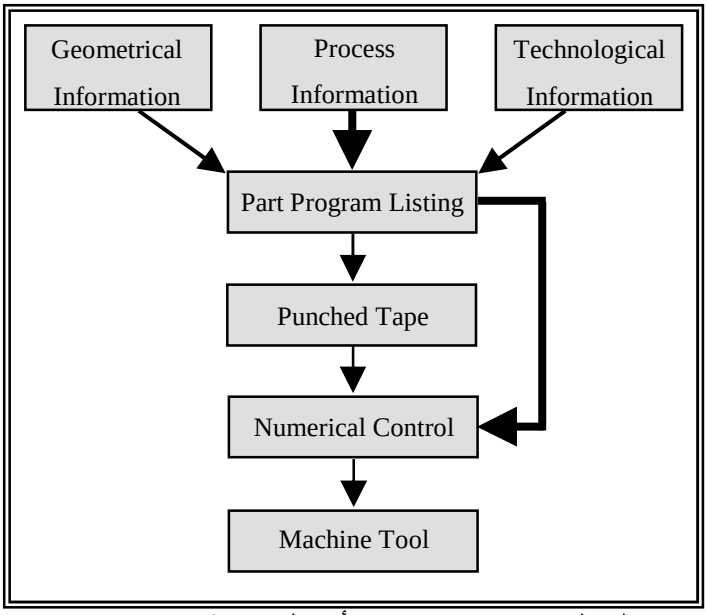
هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من أنظمة التحكم الرقمي المستخدمة اليوم في عمليات التشغيل المختلفة وهذه الأنواع هي :

أولاً- التحكم الرقمي (Numerical Control-NC) .

وهو صورة من صور الأتمتة القابلة للبرمجة حيث يتم التحكم في معدات التصنيع بواسطة برنامج خاص بالقطعة المراد إنتاجها ، ويكون البرنامج بشكل أرقام وحروف ورموز ويُحفظ على هيئة شريط مُثقب تتم قراءته بواسطة جهاز التحكم في الماكنة . عندما تتغير القطعة المراد تصنيعها يتغير البرنامج أيضاً ،

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

وهذه القابلية لتغيير البرنامج هي التي تجعل ماكنات التحكم الرقمي مناسبة للإنتاج المنخفض والمتوسط الحجم ، وتمتد تطبيقات التحكم الرقمي لتشمل ماكنات العُدد بمختلف أنواعها مثل الفرايز والمخارط وماكنات القياس وماكنات التجميع وغيرها من الماكنات . وتقوم قاعدة التشغيل لكل هذه الأنواع من ماكنات التحكم الرقمي على مبدأ مشترك وهو التحكم في موقع عُدة القطع (أو ما يقوم مقامه في التطبيق المعين) بالنسبة للشُغلة . الشكل رقم (12-1) يوضح مبدأ عمل ماكنة تحكم رقمي .



الشكل رقم (12-1) : مبدأ عمل ماكنة تحكم رقمي

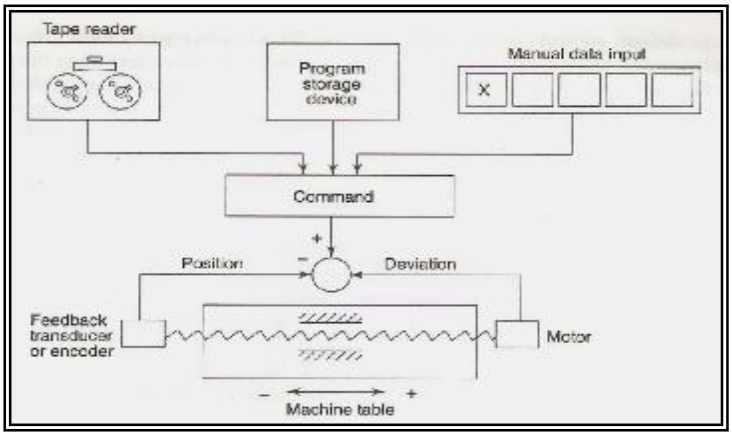
إن المعلومات الأساسية التي يتم إدخالها داخل النظام تتضمن هندسية الجزء ومتغيرات عملية القطع متبوعة بعُدد القطع المستخدمة . بعدها يتم إدخال البرنامج داخل مُسيطر الماكنة الذي
يدور الماكنة عند دورانه لتصنيع الجزء . إن الأمر المُستلَم من المُشغل يتم إيصاله إلى نظام إدارة المحور المتناظر من أجل التنفيذ .

كل ماكنة تحكم رقمي(*NC*) تُركب مع وحدة سيطرة الماكنة (*MCU*) التي تنجز وظائف سيطرة متنوعة تحت برنامج السيطرة . يمكن أن تُركب وحدة سيطرة الماكنة في حجرة منفصلة أو تثبت على الماكنة نفسها ، وتشبه وحدة سيطرة الماكنة الحاسوب مع لوحة عرض صغيرة الحجم (9") وعدد من الأزرار للسيطرة على الماكنة مثبتة على طول لوحة المفاتيح . تسيطر وحدة سيطرة الماكنة على حركة عُدة القطع ، سرعات عمود الدوران ، معدل التغذية ، تغييرات العُدة ، سوائل القطع المستخدمة ، ووظائف عديدة أُخرى للماكنة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

ثانياً- التحكم الرقمي بالحاسوب (Computer Numerical Control-CNC) .

وهو عبارة عن نظام تحكم رقمي يستخدم فيه الحاسوب ، الذي تُخزن فيه البرامج التي تتحكم في الماكنة ، ويمكن برمجة ماكنة التحكم الرقمي مباشرة بإستخدام لوحة مفاتيح الحاسوب أو بواسطة شريط مثقب يقوم الحاسوب بقراءته كما إن بعض ماكنات (*CNC*) يستطيع فيها الحاسوب بالإضافة إلى ما تم ذكره قراءة البرامج المسجلة على إسطوانات . يعمل نظام السيطرة على حركة المحور في حلقة تغذية خلفية مع محولات مناسبة مثل المقاسات الخطية و/أو المرمزات الدوارة للحصول على الموقع أو سرعة التغذية الخلفية المناسبين ، وكما موضح في الشكل رقم (12-2) .



الشكل رقم (12-2) : بيانات المعالجة في ماكنة (CNC) في تحكم الحلقة المغلقة

لا تنتج ماكنات (*CNC*) بالضرورة منتجات أكثر دقة من ماكنات (*NC*) ولكنها فقط أسرع في التشغيل نتيجة لسرعة إنتقال تجميعة البرنامج إلى وحدة التحكم . هنالك صفات عديدة يتميز بها نظام (*CNC*) على نظام (*NC*) وهي كالآتي :

1- يمكن إدخال البرامج مباشرة من على الماكنة وحفظها في ذاكرة الحاسوب الملحق بالماكنة .

2- سهولة تصحيح ومراجعة البرنامج وبالتالي التوفير في زمن تصميم البرنامج المطلوب لتصنيع المشغولات .

3- التخفيض في كمية المعلومات اللازم إدخالها في برنامج التصنيع ، وكذلك السرعة في تنفيذ البرنامج .

هنالك أسباب عديدة أدت إلى الإنتشار الواسع لإستخدام ماكنات (*CNC*) في الصناعة ، حيث هيأ ظهور هذه الماكنات وسيلة لتخفيض كلفة الإنتاج للصناعات التي تتميز بحجم إنتاج منخفض مثل صناعة القطع المساعدة في صناعة الطائرات وقطع الدوائر الهيدروليكية وصناعة ماكنات العُدد نفسها ، ففي كل هذه الصناعات التي ذكرناها وغيرها من الصناعات ذات المتطلبات الشبيهة ، بجد إنه من الضروري أن يكون المنتج عالي الجودة ومضمون عند إستعماله . لذلك فعند إستعمال ماكنات (*CNC*) في مثل هذه المجالات التي تم ذكرها يمكن أن يحقق المزايا التالية :

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

1- تقليل الوقت الضائع بدون إنتاج فعلي للماكنة .

2- إستخدام مثبتات (*Fixtures*) أكثر بساطة من تلك المستخدمة في الماكنات التقليدية .

3- تحقيق نظام إنتاج أكثر مرونة للتغيرات في جداول الإنتاج .

4- السهولة في تقبل أي تغييرات في تصميم القطع المنتجة لأن ذلك يحتاج فقط إلى تغيير في البرنامج السابق للقِطع .

5- زيادة دقة التصنيع والتقليل من الأخطاء التي يقع فيها العاملون .

ولكن إلى جانب هذه المزايا لماكنات(*CNC*) فإن هنالك بعض المحددات التي يجب الإنتباه لها عند إستخدام مثل هكذا ماكنات وهي :

1- إرتفاع كلفة تشغيل الماكنات .

2- إرتفاع التكلفة الإبتدائية لماكنات (*CNC*) .

3- إجراء تدريب جديد للعاملين على كل المستويات لإستيعاب نظام (*CNC*) ومتطلباته من برمجة وتشغيل وصيانة .

4- زيادة الصيانة الكهربائية وتنوعها داخل المصنع .

ثالثاً- التحكم الرقمي المباشر (Direct Numerical Control-DNC) .

وهو عبارة عن نظام تصنيع يقوم فيه حاسوب واحد بالتحكم في عِدة ماكنات تحكم رقمي بصورة مباشرة وحية ، حيث ينتقل برنامج القطعة المراد إنتاجها من ذاكرة الحاسوب مباشرة إلى ماكنة التحكم الرقمي . هنالك نوعان من التحكم الرقمي المباشر هما :

1- الكلفة الأقل (Minimum Cost) .

في هذا النظام تكون الإمكانيات المزودة بها كل ماكنة هي أقل المتطلبات منها بحيث يمكن تنفيذ كل عملية تشغيل . وهنالك مشكلة مع هذا النظام وهي إنه يمكن حدوث تأخير في توصيل الحاسوب للتفاصيل إلى الماكنة بينما هي تقوم بتنفيذ شُغلة سابقة . ومن مميزاته إن هنالك نقطة واحدة للتحكم .

2- أقصى مرونة (Maximum Flexibility) .

في هذا النظام يكون لكل ماكنة الحاسوب الخاص بها ويقوم الحاسوب الرئيسي بتوصيل البرنامج الكامل للشُغلة ، ولا يتدخل الحاسوب الرئيسي مباشرة عند تشغيل القطعة على الماكنة . والميزة الكبيرة لهذا النظام إنه يمكن بسهولة نسبية توصيل ماكنات العدد والمصانع الأُخرى ، ويمكن إستخدام كل ماكنة على بعيداً عن الحاسوب الرئيسي .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

على الرغم من إن ماكنات(*CNC*) و ماكنات(*DNC*) تستخدم الحاسوب في عملها إلا إنه يجب ملاحظة الفروق التالية فيما بينها :

1- الحاسوب في(*CNC*) يتحكم في ماكنة واحدة ، في حين إنه يسيطر على عدد كبير من الماكنات في نظام (*DNC*) .

2- الحاسوب في نظام (*DNC*) يكون بعيداً عن الماكنات ولكنه يوجد مباشرة مع نظام(*CNC*) .

3- الحاسوب في نظام (*DNC*) ليس هدفه الوحيد التحكم في الماكنات التي تعمل معه بل هو يمثل جزء من نظام توفير المعلومات لإدارة المصنع ، أما بالنسبة لنظام(*CNC*) فالحاسوب يقتصر عمله على ماكنة واحدة فقط .

4- نظراً لمشاكل التنسيق التي ترافق نظام (*DNC*) فإنه لا يكون مجدياً من الناحية الإقتصادية إلا في حالة الشركات الكبرى .

إختبار ذاتي (4): ما هي أنواع التحكم الرقمي

6.12 أنواع أنظمة التحكم في ماكنات التحكم الرقمي

يمتلك معظم أنظمة التحكم إستجابة عالية جداً مع إنجاز جيد للأمر بحوالي ($1\mu m$) أو أقل . و تمتلك مفاتيح التحكم عدد من الأساليب التي يمكن تشغيلها من خلالها ، وهنالك أربعة أساليب أو أنظمة والتي من خلالها يمكن للمراقب أن يعمل في علاقة مع مركز التشغيل وكما موضح في الشكل رقم (12-3) ، وهذه الأساليب (الأنظمة) هي :

1- **إسلوب نقطة - إلى- نقطة** .

في هذا الإسلوب يمتلك نظام التحكم القدرة على العمل في ثلاثة محاور ، ولكن ليس بالضرورة بشكل متزامن . وكنتيجة لهذا يمكن تحريك العُدة إلى أي نقطة (في محاور x , y) في السرعة الأكبر الممكنة ونقل عملية التشغيل في محور واحد (المحورz) عند تلك النقطة . هذا الشيء سوف يكون مفيد لماكنات الثقب والتخريم . (إنظر الشكل رقم (12-3-a)) . يسمى هذا النوع من الماكنات بماكنات التحكم الموضعي .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- **إسلوب نقطة- إلى- نقطة في خط مستقيم .**

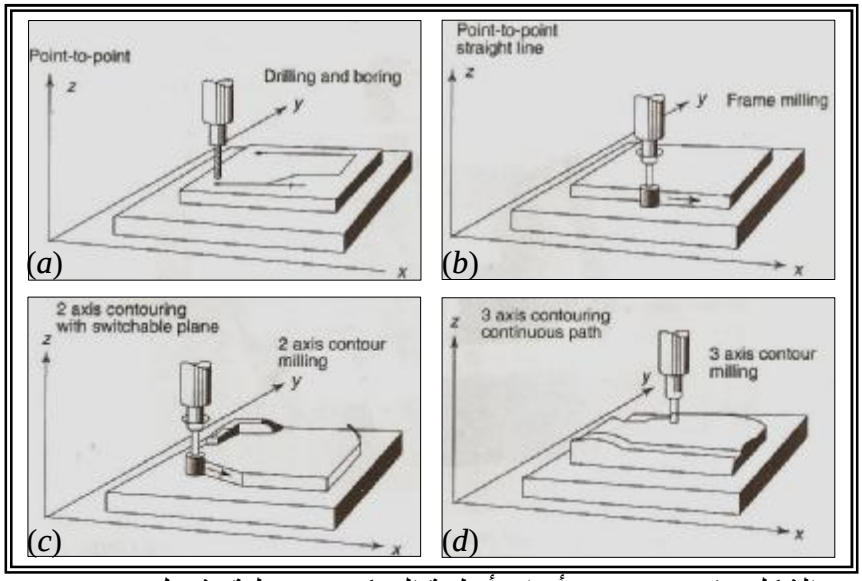
هو تحسين لإسلوب نقطة إلى نقطة ، حيث تكون الماكنة قادرة لنقل الحركة المستمرة في كل إتجاه للمحور. هذا الشيء سوف يساعد في الحصول على التفريز في خط مستقيم على طول أي محور وكما موضح في الشكل رقم (12-3-*b*) . تسمى الماكنات هنا بماكنات التحكم في المسار الخطي .

3- **إسلوب المحوران الكنتوريان مع مستوي قابل للتحويل .**

وهو تطوير للنظام السابق حيث يتم في هذا النظام إضافة قدرة حركة تلقائية في أي محورين وكما موضح في الشكل رقم (12-3-*c*) ، وهذا ما يُحتاج إليه في معظم الحالات .

4- **إسلوب المحاور الثلاثة الكنتورية ذات المسار المستمر .**

ويعتبر الإسلوب الأعلى للتحكم والذي يوجد عموماً في معظم أنظمة التحكم المستخدمة اليوم . يعطي هذا الإسلوب القدرة على الحركة التلقائية في ثلاثة محاور أو أكثر ، وهذا سوف يفيد في تشغيل معظم المقاطع الثلاثية الأبعاد المعقدة والتي تصادف في الممارسات الصناعية مثل المركبات ، الطائرات ، والقوالب . (إنظر الشكل رقم (12-3-*d*)) .



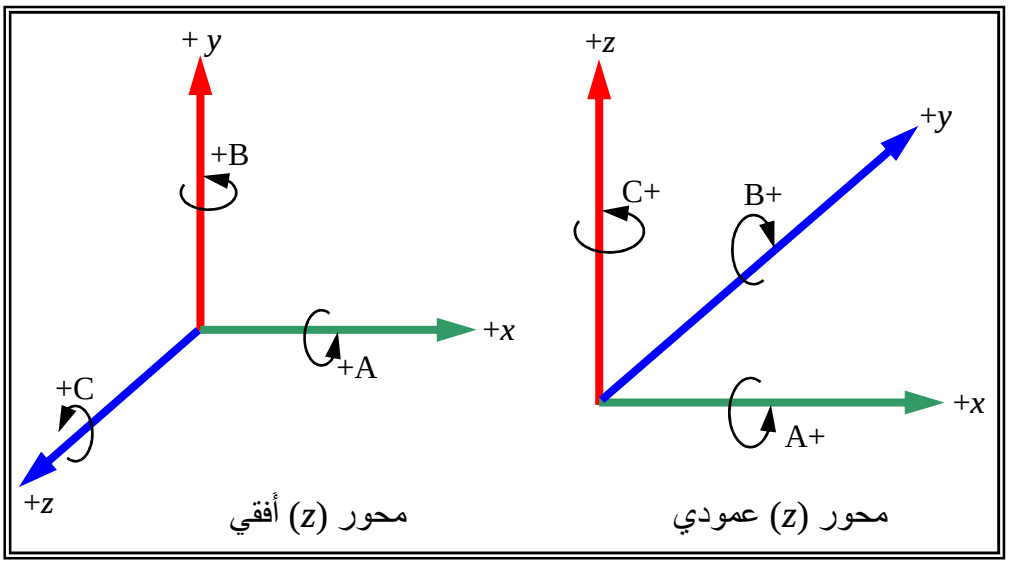
الشكل رقم (12-3) : أنواع أنظمة التحكم في عملية تشغيل (*CNC*)

إختبار ذاتي (5): ما هو إسلوب نقطة إلى نقطة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7.12 محاور الحركة ونقاط الصفر لماكنات التحكم الرقمي

إن المركبة الأساسية لبرنامج التحكم الرقمي تتضمن إدخال إحداثيات نقطة نهاية العُدة لإنتاج أي مقطع تشغيلي ، لهذا من الضروري إتباع نظام الإحداثيات المناسب . لذلك تم توحيد تعيين المحاور من قبل جمعية الصناعة الإلكترونية الأمريكية (*EIA*) ونظام (*ISO*) . معظم بنائي ماكنات التحكم الرقمي يتبعون المقياس العالمي (*ISO\R841*) لتعيين محاور ماكناتهم . تستخدم كل ماكنات التحكم الرقمي نظام الإحداثيات الكارتيزية من أجل البساطة . إن نظام الإحداثيات التوجيهي المُتبع من أجل تعيين المحاور هو نظام إحداثيات اليد اليمنى والموضح في الشكل رقم (12-4) .



الشكل رقم (12-4) : نظام إحداثيات اليد اليمنى

إن المحاور الرئيسية تكون مستطيلة أو محاور دوارة ، وفيما يلي وصف لهذه المحاور:

1- المحاور الأساسية (*x,y,z*) .

لمعظم ماكنات(*CNC*) إثنان أو أكثر من المجاري الإنزلاقية الأساسية وهي متعامدة مع بعضها من ناحية الإتجاه للحركات الإنزلاقية عبر هذه المجاري . وتستخـــدم المحـــــاور

الكارتيزية الثلاث (*x,y,z*) لتسمية هذه الإتجاهات بوصفها متعامدة مع بعضها وبالتالي فهي صالحة لتحديد موقع أي نقطة في الفراغ وهذا ما نحتاج إليه في كتابة برامج (*CNC*) لتحديد الموقع النسبي بين عُدة القطع والشُغلة .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2- المحاور الإضافية (Additional Axis of Movement) .

من المعتاد وجود حركات خطية إضافية في ماكنات تفريز وخراطة (*CNC*) وتكون غالباً موازية في الإتجاه للمحاور الأساسية ، كما توجد حركات دورانية (إنظر الشكل رقم (12-4)) .

تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتسمية المحاور الأساسية طبقاً لنظام المحاور الأساسية الكارتيزية وتحديد إتجاهاتها الموجبة (الشكل رقم (12-4)) وكما يلي :

1- ***x+*** : عندما تكون عُدة القطع في إتجاه اليسار من مركز الإحداثيات .

2- ***y+*** : عندما تكون عُدة القطع في إتجاه العلوي أو المبتعد من مركز الإحداثيات .

3- ***z+*** : عندما تكون عُدة القطع في الإتجاه المبتعد عن العامل أو العلوي من مركز الإحداثيات .

4- ***A+*** : البُعد الزاوي حول المحور x .

5- ***B+*** : البُعد الزاوي حول المحور y .

6- ***C+*** : البُعد الزاوي حول المحور z .

8.12 برمجة ماكنات التحكم الرقمي (*CNC Programming*)

يتكون البرنامج الخاص بتشغيل أي قطعة على ماكنة (*CNC*) من مجموعة أوامر أو إيعازات ترتب بشكل أسطر أفقية وكل سطر يمثل أمراً واحداً . إن هذه الصيغة من البرمجة تخضع لنظام صيغة عنوان الكلمة (*Word Address Format*) والذي ترتب فيه المعلومات أو البيانات المراد إدخالها على شكل مراتب رقمية ، والتي تُسبق بواسطة عنوان الكلمة في شكل الأبجدية الإنكليزية .

على سبيل المثال (*X*) يرمز إلى محور الإحداثيات x ، (*S*) يرمز إلى سرعة عمود دوران الماكنة وهكذا .

الجدول رقم (12-1) يوضح الرموز المستخدمة في نظام صيغة عنوان الكلمة حسب قياسات نظام (*ISO*).

الجدول رقم (12-1)
الرموز المستخدمة في نظام صيغة عنوان الكلمة حسب قياسات نظام (*ISO*)

الرمز	المعنى في نظام صيغة عنوان الكلمة
A	البُعد الزاوي حول المحور x
B	البُعد الزاوي حول المحور y
C	البُعد الزاوي حول المحور z
F	دالة تحديد التغذية
G	دالة الأوامر التحضيرية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

I	المسافة لمركز القوس أو خطوة السن موازية للمحور *x*
J	المسافة لمركز القوس أو خطوة السن موازية للمحور *y*
K	المسافة لمركز القوس أو خطوة السن موازية للمحور *z*
M	دالة الأوامر المساعدة أو الإضافية
N	رقم الأمر
S	دالة تحديد سرعة عمود الدوران
T	دالة تحديد عُدة القطع
U	بُعد الحركة الثانوي موازي للمحور *x*
V	بُعد الحركة الثانوي موازي للمحور *y*
W	بُعد الحركة الثانوي موازي للمحور *z*
X	بُعد الحركة الرئيسي *x*
Y	بُعد الحركة الرئيسي *y*
Z	بُعد الحركة الرئيسي *z*

1- رقم الأمر (N) .

تستخدم لتحديد رقم الأمر الخاص بخطوة واحدة من البرنامج مثل *N*1, *N*6 .

2- الأوامر التحضيرية (G) .

وتستخدم لتحضير نظام التحكم للتعليمات الخاصة بحركة محاور الماكنة والشكل الهندسي . وتضم مرتبتان مثل *G*01,*G*42 وغيرها حسب تصنيف نظام *ISO* .

ورغم ذلك توجد اليوم بعض أنظمة التحكم التي تقبل ثلاثة أو أربعة مراتب . الجدول رقم (12-2) يوضح معنى الأوامر التحضيرية (*G*) القياسية .

الجدول رقم (12-2)
معنى الأوامر التحضيرية (*G*) القياسية

الرمز	المعنى
G00	إنتقال سريع من نقطة إلى نقطة
G01	حركة في مسار خطي
G02	حركة في مسار دائري بإتجاه عقارب الساعة
G03	حركة في مسار دائري عكس إتجاه عقارب الساعة
G04	توقف طفيف
G05	التثبيت/التأخير
G06	حركة في مسار قطع مكافئ
G07	غير مُحددة
G08	تعجيل معدل التغذية
G09	تباطؤ معدل التغذية

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

G10	حركة في مسار خطي للأبعاد طويلة
G11	حركة في مسار خطي للأبعاد قصيرة
G12	غير مُحددة
G13-G16	تعيين المحور
G17	تحديد المستوي *xy*
G18	تحديد المستوي *zx*
G19	تحديد المستوي *yz*
G20	حركة في مسار دائري بإتجاه عقارب الساعة للأبعاد طويلة
G21	حركة في مسار دائري بإتجاه عقارب الساعة للأبعاد قصيرة
G22-G29	غير مُحددة
G30	حركة في مسار دائري عكس إتجاه عقارب الساعة للأبعاد طويلة
G31	حركة في مسار دائري عكس إتجاه عقارب الساعة للأبعاد قصيرة
G32	غير مُحددة
G33	قطع الأسنان ، خطوة ثابتة
G34	قطع الأسنان ، خطوة متزايدة خطياً

G35	قطع الأسنان ، خطوة متناقصة خطياً
G36-G39	غير مُحددة
G40	معادلة القاطع – إختزال للصفر
G41	معادلة نصف قطر القاطع – تفرع لليسار
G42	معادلة نصف قطر القاطع – تفرع لليمين
G43	معادلة القاطع – موجب
G44	معادلة القاطع – سالب
G45-G52	غير مُحددة
G53	شطب التفرع الصفري
G54-G59	نقطة الإسناد/الإزاحة الصفرية
G60	قيمة الهدف ، تفاوت موضعي 1
G61	قيمة الهدف ، تفاوت موضعي 2 ، أو دورة حلقية
G62	وضع إنتقال سريع
G63	دورة لولبة داخلية
G64	تغيير في معدل التغذية أو السرعة
G65-G69	غير مُحددة
G70	وضع الأبعاد بوحدات الإنج
G71	وضع الأبعاد بالوحدات المترية
G72-G79	غير مُحددة
G80	إلغاء الدورة المسجلة
G81-G89	دورات الثقب والتوسيع المسجلة
G90	تعيين الأبعاد المدخلة المطلقة
G91	تعيين زيادات الأبعاد المدخلة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

G92	إزاحة نقطة المرجع المبرمجة
G93	غير مُحددة
G94	معدل التغذية/دقيقة (وحدات الإنج عندما تجمع مع*G70*)
G95	معدل التغذية/دورة (الوحدات المترية عندما تجمع مع*G71*)
G96	معدل تغذية عمود الدوران لتغذية سطحية ثابتة
G97	سرعة عمود الدوران بالدورة لكل دقيقة
G98-G99	غير مُحددة

3- الأوامر المساعدة أو الإضافية (M) .

وتدل على عملية تنتمي إلى نوع المهمات المتنوعة أو المساعدة الموجودة في ماكنة التشغيل. وتستخدم هذه الكلمات لختام أمر ما. هذه الأوامر موضحة في الجدول رقم(12-3) .

الجدول رقم(12-3)
الأوامر المساعدة أو الإضافية (*M*)

الرمز	المعنى
M00	وقف البرنامج ، إيقاف عمود الدوران وسائل التبريد
M01	وقف قابلية البرمجة الإختيارية
M02	نهاية البرنامج – غالباً قابلة للتبادل مع *M*30
M03	إدارة عمود الدوران مع عقارب الساعة
M04	إدارة عمود الدوران عكس عقارب الساعة
M05	إيقاف عمود الدوران
M06	تغيير العُدة
M07	تشغيل سائل التبريد رقم (1)
M08	تشغيل سائل التبريد رقم (2)
M09	إيقاف سائل التبريد وهو الوضع العادي
M10	القمط أو التثبيت
M11	إلغاء القمط
M12	غير مُحددة
M13	إدارة عمود الدوران مع عقارب الساعة + تشغيل سائل التبريد
M14	إدارة عمود الدوران عكس عقارب الساعة + تشغيل سائل التبريد
M15	الإنتقال السريع في الإتجاه (+)
M16	الإنتقال السريع في الإتجاه (-)
M17-M18	غير مُحددة
M19	إيقاف عمود الدوران عند وضع زاوي معين
M20-M29	غير مُحددة
M30	نهاية البرنامج الرئيسي والعودة إلى البداية
M31	تشابك بواسطة الشوط
M32-M35	سرعة قطع ثابتة
M36-M39	غير مُحددة

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

M40-M45	تغيير التروس
M46-M49	غير مُحددة
M50	تشغيل سائل التبريد رقم (3)
M51	تشغيل سائل التبريد رقم (4)
M52-M54	غير مُحددة
M55	إزاحة رقم (1) تفرع القاطع الخطي
M56	إزاحة رقم (2) تفرع القاطع الخطي

M57-M59	غير مُحددة
M60	تغيير جزء القطعة
M61	إزاحة رقم جزء القطعة الخطية ، الموضع (1)
M62	إزاحة رقم جزء القطعة الخطية ، الموضع (2)
M63-M67	غير مُحددة
M68	قمط القطعة
M69	إلغاء قمط القطعة
M70	غير مُحددة
M71	إزاحة رقم جزء القطعة الزاوية ، الموضع (1)
M72	إزاحة رقم جزء القطعة الزاوية ، الموضع (2)
M73-M77	غير مُحددة
M78	قمط سكك فرش الماكنة غير الفعالة
M79	إلغاء قمط سكك فرش الماكنة غير الفعالة
M80-M99	غير مُحددة

4- المحاور (*x,y,z*) .

تكتب الأرقام الدالة على قيمة كل محور بالطريقة العادية مثل (*X14.5*) في إستخدام الإشارة العُشرية . إشارة القيمة الموجبة (+) إختيارية عند الكتابة أما إشارة القيمة السالبة (-) فتكون كتابتها إجبارية .

5- التغذية (F) .

وتحدد قيمة تغذية عُدة القطع وتكتب بوحدات (*mm/min*) بالنسبة للنظام المتري وبوحدات(*Inch/min*) إذا كان النظام البريطاني وكمثال عليها *F100* والذي يعني إن قيمة التغذية هي *100mm/min* في النظام المتري .

6- سرعة عمود الدوران (S) .

وتحدد السرعة الدورانية لعمود الدوران وتكون بوحدات (*rev/min*) أي دورة لكل دقيقة مثلاً *S800* وتعني إن سرعة الدوران هي *800 rev/min* .

7- عُدة القطع (T) .

ويتم من خلالها تحديد عُدة القطع المستخدمة مثلاً *T2* .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

9.12 تمارين عملية

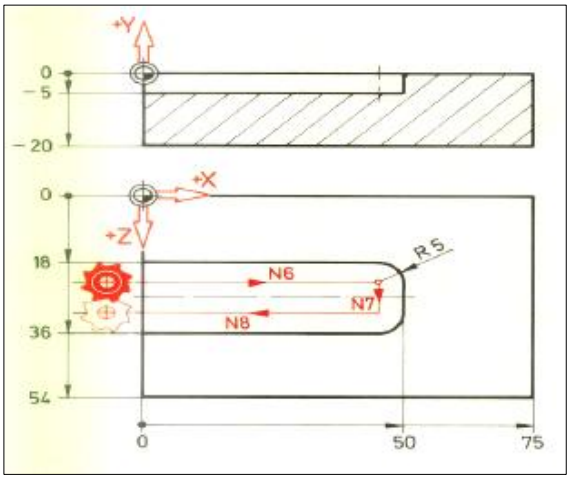
الهدف من هذه التمارين هو تدريب المشترك على كتابة البرامج الخاصة بتشغيل الأجزاء الميكانيكية .

مثال1

أُكتب برنامج التفريز للمجرى الموضح في الشكل أدناه بإستخدام عُدة تفريز بقطر (10*mm*) .

الحل//

```
N1  G18          S630 T1 M66
N2  G52
N3  G0   X-7   Y-5   Z23        M3
N4  G1   X45                F100
N5                    Z31
N6       X-7
N7  G0   X0    Y50    Z0
N8  G51
```



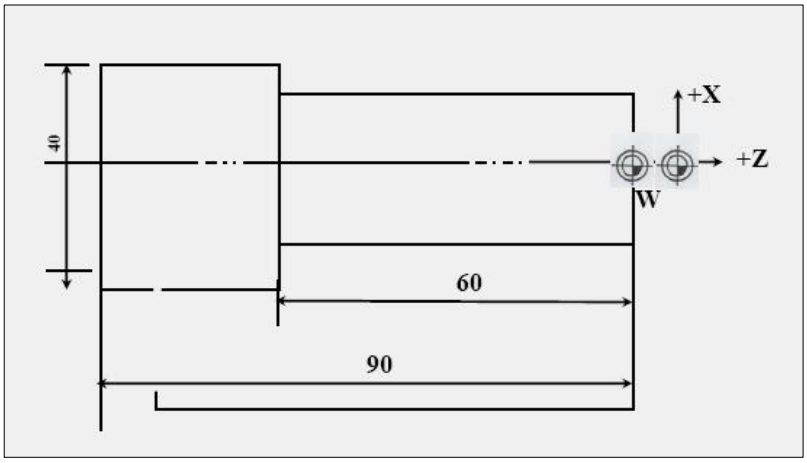
مثال2

أُكتب برنامج لتشغيل عمود من سبائك الألمنيوم قطره (40*mm*) لتحويله إلى قطر(30*mm*) وطول (60*mm*) . إستخدم سرعة قطع مقدارها (250*m/min*) وتغذية (100*µm/rev*) .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل//

```
N0000   G54  G92    X0.000    Z90.000
N0010   G59
N0020   G95  G96    S250      F100      T0202      M04
N0030   G00         X42.000   Z0.000
N0040   G01         X-2.000
N0050   G00         X35.000   Z2.000
N0060   G01                   Z-60.000
N0070   G01         X42.000
N0080   G00         X35.000   Z2.000
N0090   G00         X30.000
N0100   G01                   Z-60.000
N0110   G01         X42.000
N0120   G00         X50.000   Z20.000
N0130   G53  G56                        T0000      M04
```



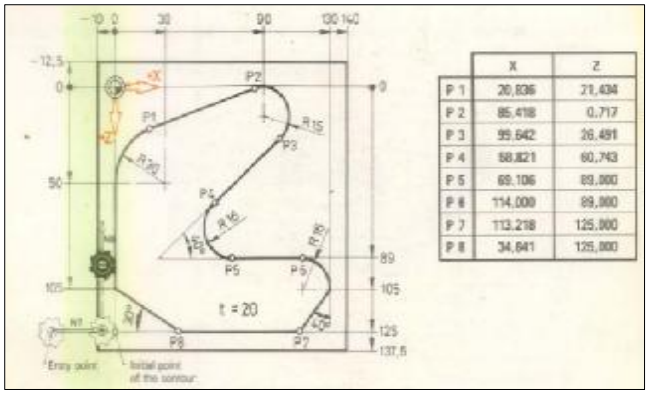
مثال3

يـراد تفريـز شـكل كنتـوري خـارجي مـن قطعـة خـام أبعادهـا (150*mm*×150*mm*) وبعمـق (5*mm*) بإستخدام قاطع تفريز قطره (10*mm*) . أُكتب البرنامج الخاص بهذه العملية .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الحل//

```
N1  G18                                          S630  T1  M66
N2  G52
N3  G98    X-20   Y-20   Z-22.5   I170   J30   K170
N4  G99    X-10   Y-20   Z-12.5   I150   J20   K150
N5  G0     X-17   Y-5    Z-125                        M3
N6  G1                                          F100
N7  G43    X0
N8  G41               Z50
N9  G2     X20.836    Z21.434          R30
N10 G1     X85.418    Z0.717
N11 G2     X99.642    Z26.491          R16
N12 G1     X58.821    Z60.743
N13 G3     X69.106    Z89              R16
N14 G1     X114
N15 G2     X130       Z105             R16
N16 G1     X113.218   Z125
N17        X34.641
N18        X0         Z105
N19                   Z100
N20 G40
N21 G0     X-17   Y100  Z125
N22 G51                                         M30
```



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

الإختبار البعدي

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

1- في عملية التحكم الرقمي يتم إختزال زمن المعاينة :
أ- لأن جميع دفعات الأجزاء تكون متماثلة .
ب- بسبب إمكانية برمجة التوليد الجانبي .
ج- لأنها تنجز عمليات تشغيل متنوعة .
د- لأن التنصيب يضم موقع بسيط لبيان السطح والموقع .

2- يعني الرمز (U) :
أ- بُعد الحركة الرئيسي x .
ب- بُعد الحركة الرئيسي y .
ج- بُعد الحركة الثانوي موازي للمحور x .
د- بُعد الحركة الثانوي موازي للمحور y .

3- يُشير الرمز (M51) إلى :
أ- وقف قابلية البرمجة الإختيارية .
ب- تشغيل سائل التبريد رقم (4) .
ج- سرعة قطع ثابتة .
د- القمط أو التثبيت .

4- إن نظام التحكم المباشر هو نظام تصنيع يقوم فيه :
أ- الحاسوب بخزن البرامج التي تتحكم بالماكنة .
ب- الحاسوب الرئيسي بتوصيل البرنامج الكامل للشُغلة .
ج- الحاسوب يخزن أقل المتطلبات للتشغيل .
د- حاسوب واحد بالتحكم في عِدة ماكنات .

5- يدل الرمز (G33) على :
أ- قطع الأسنان ، خطوة ثابتة .
ب- قطع الأسنان ، خطوة متزايدة خطياً .
ج- قطع الأسنان ، خطوة متناقصة خطياً .
د- غير محددة .

6- في إسلوب نقطة -إلى- نقطة يمتلك النظام القدرة على العمل في :
أ- الحركة التلقائية في ثلاثة محاور أو أكثر .
ب- الحركة التلقائية في أي محورين .
ج- ثلاثة محاور ولكن ليس بالضرورة بشكل متزامن .
د- الحركة في محور واحد فقط .

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

7- يعمل نظام السيطرة في ماكنات CNC على حركة المحور :
أ- بواسطة شريط مثقب .
ب- في حلقة تغذية خلفية مع محولات مناسبة .
ج- بواسطة جهاز التحكم في الماكنة .
د- بواسطة إدارة المحور المتناظر .

8- يعني الرمز (C) :
أ- البُعد الزاوي حول المحور x .
ب- البُعد الزاوي حول المحور y .
ج- البُعد الزاوي حول المحور z .
د- بُعد الحركة الرئيسي z .

9- يُشير الرمز (G17) إلى :
أ- التثبيت/التأخير .
ب- تباطؤ معدل التغذية .
ج- حركة في مسار خطي .
د- تحديد المستوي xy .

10- يدل الرمز (M68) على :
أ- تغيير جزء القطعة .
ب- قمط القطعة .
ج- غير محددة .
د- سرعة قطع ثابتة .

ملاحظة :

1- لكل سؤال درجة واحدة.

2- يرجى التحقق من سلامة إجابتك بمراجعة صفحة (مفاتيح الإجابات على الإختبارات) في نهاية الوحدة النمطية، ففي حالة حصولك على درجة (9) فأكثر فتكون غير محتاج لدراسة هذه الوحدة وإذهب لدراسة الوحدة التالية . أما في حالة حصولك على درجة أقل من (9) فستكون بحاجة لدراسة هذه الوحدة .

مفاتيح الإجابة على الإختبارات

الإختبار القبلي		الإختبارات الذاتية	الإختبار البعدي	
رقم السؤال	الإجابة الصحيحة		رقم السؤال	الإجابة الصحيحة
1	أ	1- هو طريقة للأتمتة والتي يسيطر فيها على وظائف الماكنة المتعددة بواسطة الحروف ، الأرقام ، والرموز وتُدار هذه الماكنات بواسطة برنامج يُغذى فيها وهذا البرنامج يتضمن التعليمات الدقيقة حول منهجية التصنيع بالإضافة إلى بقية الحركات، وعلى سبيل المثال ما هي العُدة التي تستخدم ، ما هي السرعة والتغذية ، والحركة من أية نقطة إلى أُخرى وفي أي مسار ، حيث يتم إعطاء كل هذه التعليمات في البرنامج .	1	ج
2	ج	2- الأتمتة الثابتة ، الأتمتة القابلة للبرمجة ، الأتمتة المرنة .	2	أ
3	ب	3- لأن جميع دفعات الأجزاء تكون متماثلة .	3	د
4	د	4- التحكم الرقمي ، التحكم الرقمي بالحاسوب ، التحكم الرقمي المباشر .	4	ب
5	أ	5- في هذا الإسلوب يمتلك نظام التحكم القدرة على العمل في ثلاثة محاور ، ولكن ليس بالضرورة بشكل متزامن . وكنتيجة لهذا يمكن تحريك العُدة إلى أي نقطة (في محاور x , y) في السرعة الأكبر الممكنة ونقل عملية التشغيل في محور واحد (المحورz) عند تلك النقطة .	5	أ
6	ج		6	ج
7	د		7	ب
8	ب		8	د
9	أ		9	ج
10	ج		10	ب

المصادر :

1- E.P.DeGarmo, J.T. Black, and R.A. kohser " *Materials and processes in Manufacturing* " , Eighth Edition , john Wiley & Sons , 1999 .

2- P N Rao " *Manufacturing Technology Metal Cutting and Machine Tool* " , Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited , New Delhi . Ninth Reprint , 2004 .

الإســـــــــــــم : علي إبراهيم الموسوي

الشهادات الجامعية :

ت	الشهادة	الجامعة	الكلية	القسم	الجهة المانحة للشهادة
1	البكالوريوس	بابل	الهندسة	المواد	العراق- 2000
2	الماجستير	بابل	الهندسة	المواد	العراق- 2003

الإختصـاص العـــام : هندسة مواد

الإختصـاص الدقيـق : مواد مركبة

اللقب العلمـــــــي : مدرس

مـــكان العمـــــل : المعهد التقني - بابل/ قسم المكائن والمعدات

رقـــم الهـــاتـــف : 009647809775073

البريد الإلكتـرونـــي : aliibrahim76@yahoo.com