الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي – سكيكدة

قسم التكنولوجيا

المستوى: السنة الثالثة: أساتذة التعليم الثانوي

المقياس: نظرية قطع المعادن

# نظرية قطع المعادن

مطبوعة لمقياس نظرية قطع المعادن

موجهة لطلبة السنة الثالثة: أساتذة التعليم الثانوي

الدكتور فنيدس محمد

السنة الجامعية : 2021-2022

## الفهرس


| | | |
|---|---|---|
| | الفهرس | 01 |
| | تمهيد | 09 |
| I | مواد الإنشاءات الميكانيكية | 10 |
| I. 1 | أدواة قطع المعادن | 10 |
| I. 2 | صلب العدة الكربوني والسبائكي carbon steel | 11 |
| I. 3 | الصلب السريع القطع high speed steel | 12 |
| I. 4 | الكربيد المسمنت cemented carbide | 12 |
| I. 5 | المواد الخزفية ceramics | 13 |
| I. 6 | الألماس | 14 |
| I. 7 | الخصائص المطلوبة في أدواة قطع | 14 |
| I. 7. 1 | الصلادة (Hardness): | 15 |
| I. 7. 2 | الهشاشة (Brittleness) | 15 |
| I. 7. 3 | قوة الشد (Tensile strength) | 15 |
| I. 7. 4 | I. 6. 4. المطيلية (Ductility) | 16 |
| I. 7. 5 | الكلل (Fatigue) | 16 |
| I. 7. 6 | المتانة (Toughness) | 16 |
| I. 7. 7 | المرونة (Elasticity ) | 17 |
| I. 7. 8 | معامل المرونة (Modulus of elasticity): | 17 |
| I. 7. 9 | عوامل اختيار المواد | 17 |
| II. | نظرية القطع | 18 |
| II. 2. | التشكيل الدائم | 18 |

| | | |
|---|---|---|
| II. 2. 1. | الدرفلة | 18 |
| II. 2. 2. | الحدادة | 19 |
| II. 2. 2. 1. | الحـدادة اليـدويـة | 19 |
| II. 2. 2. 2. | الحـدادة بالقـالب | 19 |
| II. 3. | الصب | 20 |
| II. 3. 1. | القولبة (الصب) | 20 |
| II. 4. | نزع المادة (التشغيل) | 20 |
| II. 4. 1. | مبدأ توليد السطوح | 21 |
| II. 4. 2. | العناصر المولدة للسطوح | 21 |
| II. 4. 3. | استخدامات تشغيل المعادن | 21 |
| III. | الخراطة Tournage | 22 |
| III. 1. | مقدمة | 22 |
| III. 2. | أنواع المخارط Types of Lathe Machines | 23 |
| III. 3. | مكونات المخرطة Components of the Lathe | 24 |
| III. 4. | شرح عمليات الخراطة | 26 |
| III. 4. 1. | الخراطة الطولية | 26 |
| III. 4. 2. | أدوات القطع | 27 |
| III. 4. 3. | تحديد ظروف القطع | 28 |
| III. 4. 4. | تحديد قدرة القطع العظمى $P_{max}$ | 28 |
| III. 4. 5. | حساب الزمن الكلي | 29 |
| III. 4. 6. | زمن القطع | 29 |
| III. 4. 7. | حساب التكلفة | 30 |
| III. 4. 8. | أنواع الرايش فى عمليات الخراطة | 30 |

| | | |
|---|---|---|
| III. 4. 9. | أنواع عمليات الخراطة | 31 |
| III. 4. 10. | شروط القطع فيالخراطة | 31 |
| III. 4. 10. 1. | سرعة القطع | 31 |
| III. 4. 10. 2. | سرعة التغذية (سرعة التقدم) | 32 |
| IV. | التفريز (Fraisage) | 32 |
| IV. 1. | مقدمة | 32 |
| IV. 2. | استخدامات التفريز Milling Applications | 35 |
| IV. 3. | آلات التفريز Milling Machines | 35 |
| IV. 4. | سكاكين التفريز Milling Cutters: | 35 |
| IV. 5. | ظروف القطع في التفريز | 36 |
| IV. 6. | حساب الزمن الكلي | 37 |
| IV. 7. | طرق التفريز | 38 |
| IV. 7. 1. | التفريز العكسي و خصائصه | 39 |
| IV. 7. 1.1. | عيوب التفريز العكسي | 39 |
| IV. 7. 2. | التفريز المتماثل و خصائصه | 40 |
| IV. 7. 1.2. | عيوب التفريز المتماثل | 41 |
| IV. 7. 3. | التفريز المحيطي | 41 |
| IV. 7. 4. | التفريز الواجهي | 42 |
| IV. 8. | الأنواع الأساسية لمقاطع التفريز | 43 |
| IV. 9. | تفريز ترس عدل Spur Gear : | 45 |
| IV. 9. 1 | نظرية عمل جهاز التقسيم | 45 |
| V. | التثقيب | 48 |
| V. 1. الثقب | Drilling | 48 |

| | | |
|---|---|---|
| V. 1. 1. | مقدمة | 48 |
| V. 1. 2. | الآلات الممكن العمل فيها | 50 |
| V. 1. 3. | تقنيات التراكيب في الثقب | 50 |
| V. 1. 4. | المثقاب (أداة الثقب) | 50 |
| V. 1. 5. | توسيع الثقوب Counter Boring | 51 |
| VI. | حركات القطع Cutting Motions | 52 |
| VI. 1. | حركة القطع | 52 |
| VI. 2. | حركة التغذية Feed Motion | 53 |
| VI. 3. | حركة ضبط عمق القطع Setting the Cutting Depth Motion | 53 |
| VII. | ظروف القطع Cutting Parameters | 54 |
| VII. 1. | مقدمة | 54 |
| VII. 2. | سرعة القطع:Cutting Speed [ m / min ] | 55 |
| VII. 3. | سرعة التغذية [tr/ mm] [Feed Speed | 56 |
| VII. 4. | عمق القطع [ mm] [Depth of Cut: | 57 |
| VIII. | تلف الأدوات Tool Wear | 60 |
| VIII.1. | تلف لا يمكن معالجته | 62 |
| VIII. 2. | تلف يمكن معالجته | 63 |
| VIII. 3. | عمر الأداة Tool Life | 64 |
| IX | قابلية تشغيل المعادن (Usinabilité) | 64 |
| IX. 1. | تعريف | 64 |
| IX. 2. | قانون القائد دينيس | 65 |
| IX. 3. | قانون تايلور | 67 |
| IX. 3. 1. | أمثلة على عمر الأداة | 68 |

| | | |
|---|---|---|
| VIII. 3. 1. 1. | المثال الاول | 68 |
| IX. 3. 1. 2. | المثال الثاني | 69 |
| IX. 3. 1. 2. 1. | رسم المنحيين Vb = f(t) | 71 |
| IX. 3. 1. 2. 2. | حساب عمر الأداة من أجل السرعات Vc1 و Vc2 | 71 |
| IX. 3. 1. 2. 3. | حساب ثابت تايلور | 71 |
| IX. 3. 1. 2. 4. | كتابة الصيغة الرياضية لتايلور | 72 |
| IX. 3. 1. 2. 5. | حساب عمر الأداة من أجل السرعة Vc=180 م/دقيقة | 72 |
| IX. 3. 1. 2. 6. | حساب عمر الأداة من أجل السرعة Vc=400 م/دقيقة | 72 |
| IX. 3. 1. 2. 7. | حساب سرعة القطع من اجل عمر اداة t = 38 min | 73 |
| IX. 3. 1. 2. 8. | حساب قوة القطع Fc | 73 |
| IX. 3. 1. 2. 9. | حساب الاستطاعة(القدرة) الكافية للقطع | 73 |
| X. | تكون الرائش Chip Formation | 74 |
| X. 1. | أنواع الرايش | 75 |
| X. 2. | الحرارة المتولدة Generated Heat | 75 |
| X. 3. | التبريد والتزليق Cooling and Lubrication | 76 |
| X. 4. | أثر سوائل التبريد في أداة القطع | 77 |
| XI. | قوة القطع | 78 |
| XI. 1. | مقدمة | 78 |
| XI. 2. | حساب قوة القطع Calculation of Cutting Force | 80 |
| XI. 3. | حساب قدرة القطع Calculation of Machine Power | 81 |
| XI. 4. | مركبات قوة القطع Cutting Force Components: | 82 |
| XI. 5. | العوامل المؤثرة على قوى القطع Factors affecting the Cutting Force | 84 |

| | | |
|---|---|---|
| XII. | خشونة الأسطح | 85 |
| XII. 1. | مقدمة | 85 |
| XII. 2. | تصنيف عدم استواء الأسطح | 86 |
| XII. 2. 1. | الحيود (Deviation) | 87 |
| XII. 2. 2. | التموجات (Waviness) | 87 |
| XII. 2. 3. | الأخاديد (Grooves) | 87 |
| XII. 2. 4. | الحزوز (Notches) | 87 |
| XII. 3. | مقاييس الخشونة (Roughness parameters) | 88 |
| XII. 3. 1. | الخشونة المتوسطة Ra (Arithmetic average roughness) | 89 |
| XII. 3. 2. | عمق الخشونة $R_t$ (Roughness depth) | 89 |
| XII. 3. 3. | عمق التسطيح (الاستواء) $R_p$ (Maximum peak height) | 90 |
| XII. 3. 4. | العمق الأدنى للخشونة $R_v$ (Minimum valley depth) | 90 |
| XII. 3. 5. | متوسط اقصى انحرافات للسطح ($R_z$) | 90 |
| XII. 3. 6. | متوسط الجذر التربيعي لانحرافات السطح $R_q$ (Root mean squaredroughness) | 91 |
| XIII. | طرائق التشغيل غير التقليدية | 93 |
| XIII. 1. | التشغيل بقوس البلازما Plasma Arc Machining | 94 |
| XIII. 2. | التشغيل بالليزر Laser Beam Machining | 95 |
| XIII. 3. | التشغيل بالماء Water Jet Machining | 97 |
| XIII. 4. | التشغيل بالتفريغ الكهربائي Electro Discharge Machining | 98 |
| XIV. | التحكم العددي | 101 |
| XIV. 1. | لماذا التحكم العددي | 101 |
| XIV. 2. | مكونات الة التحكم العددي | 101 |

| | | |
|---|---|---|
| XIV. 2. 1. | جزء التحكم PC | 102 |
| XIV. 2. 2. | جزء عملي PO | 102 |
| XIV. 3. | أنظمة التحكم العددي | 103 |
| XIV. 3. 1. | التحكم الرقمي Numerical Control | 103 |
| XIV. 3. 2. | التحكم الرقمي بالكمبيوتر (Commande Numérique par Calculateur) | 103 |
| XIV. 3. 3. | التحكم الرقمي المباشر D.N.C | 105 |
| XIV. 4. | مبررات استعمال الات التحكم الرقمى C.N.C | 106 |
| XIV. 4. 1. | التأليه Automaticité | 106 |
| XIV. 4. 2. | المرونة Flexibilité | 107 |
| XIV. 4. 3. | الأمن Sécurité | 107 |
| XIV. 5. | صفات عمليات التشغيل المناسبة اقتصاديا لـ CNC | 108 |
| XIV. 6. | عيوب آلة التحكم الرقمى | 109 |
| XIV. 7. | خطوات تسلسل عملية CNC | 109 |
| | تطبيقات | 110 |
| | الخاتمة | 117 |
| | المراجع | 118 |

تتناول هذه المطبوعة نظرية قطع المعادن موجهة لطلاب السنة الثالثة هندسة ميكانيكية تعليم ثانوي، نتطرق فيها إلى كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص و نأمل من الله عز و جل أن نسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، و بالاستعانة بالتطبيقات و الأشكال التي تدعم اكتساب هذه المهارات.

**تمهيد**

تعتبر عمليات تشغيل المعادن من العمليات الهامة في الإنتاج الصناعي الحديث. وتشهد تطورا كبيرا في اقتصادياتها وإنتاجيتها وجودة منتجاتها. إن تشغيل المعادن ضروري للوصول لدقة أبعاد عالية ونعومة أسطح كبيرة لأغلب القطع المعدنية، فالسباكة الرملية والحدادة في قوالب مستوية (الحدادة الحرة) لا توفران دقة أبعاد عالية ولا نعومة أسطح كبيرة ولا يمكنان من الحصول على ثقوب صغيرة القطر ولذا يتم اللجوء لعمليات تشغيل لتحقيق ذلك، ولذا يطلق على تشغيل المعادن في بعض المراجع "التشطيب الميكانيكي" لأن طرقه من خراطة وتفريز وثقب وكشط وتجليخ تستخدم غالبا "التشطيب" بمعنى إكمال العمل المطلوب والذي بدأته طرائق التشكيل الأولى وهي السباكة والحدادة.

عمليات تشغيل المعادن تم فيها تناول أدواة قطع المعادن و الخصائص المطلوبة، طريقة الحصول على المنتجات، أساسيات تشغيل المعادن لأنها تخص كل طريقة من طرائق التشغيل، ثم تناول طرائق التشغيل المختلفة بالتفصيل الكافي.

وبتفصيل أدق فإننا نتناولها ما يلي: أساسيات تشغيل المعادن ، ظروف القطع ، نظرية القطع ، أدوات نظرية القطع و قوي القطع، الثقب، الخراطة، التفريز، تفريز ترس عدل، تلف أدوات القطع، قابلية تشغيل المعادن (Usinabilité)، قانون القائد دينيس، قانون تايلور و أمثلة على عمر الأداة بتطبيق فانون تايلور، تكون الرائش، حساب قوة القطع، التبريد و التزليبق، الحرارة المتولدة، قوة القطع، خشونة الأسطح، تعريف تشغيل المعادن، طرائق التشغيل المختلفة، حركات القطع، كيفية حدوث القطع،

أنواع الرائش الناتجة، الحرارة المتولدة وضرورة التبريد والتزليق، كما تناول نا كذلك تكون الحد القاطع الإضافي وتأثيره على الجودة ، طرائق التشغيل غير التقليدية و نبذة مختصرة عن التشغيل بآلات متحكم فيها رقميا.

كماتطرقنا إلى كيفية اختيار ظروف القطع وهي سرعة القطع، سرعة التغذية وعمق القطع وتأثير كل منها على الإنتاجية، التكلفة وجودة المشغولات.

أما طرائق التشغيل غير التقليدية فتحتوي على التشغيل بالبلازما ، التشغيل بالليزر، التشغيل بالماء، التشغيل بالتفريغ الكهربائي والتشغيل الكهروكيميائي و نبذة مختصرة عن كيفية التحكم الرقمي في عمليات تشغيل المعادن.

## I. مواد الإنشاءات الميكانيكية

### I. 1. أدواة قطع المعادن

أداة القطع هي العامل الأكثر أهمية في إتمام عملية القطع وكذلك في تكوين تكلفة القطع، في بداية الثورة الصناعية استخدم الصلب الكربوني لصنع أدوات القطع و نظرا لفقدانه الصلادة عند 200 درجة مئوية، فقد كان من غير الممكن القطع بسرعة قطع وسرعة تغذية عاليتين مما لا يتيح الحصول على أسطح ناعمة وعلى إنتاجية كبيرة، وقد تم في بداية القرن الماضي تطوير صلب سبائكي يعتمد على الكروم والنيكل كعناصر سبائكية أساسية، يفقد صلادته عند 600°م مما أتاح عند استخدامه لصنع أدوات القطع إمكانية القطع بسرعات عالية ولذا أطلق عليه اسم الصلب سريع القطع ( HSS). في ثلاثينيات القرن الماضي طورت الكربيدات واستخدمت لصنع حدود قطع (لقم Inserts) تركب عبر

اللحام أو الربط بمسامير على سطح الإسفين المصنوع من صلب كربوني. تحافظ الكربيدات على صلادتها حتى درجة 900° م ولذا تمكن من الحصول على أسطح ناعمة وتخفض من زمن القطع وتضمن عمر أطول للأداة، تحققت هذه المزايا على نحو أفضل بتطوير السيراميك في ستينات القرن الماضي والذي يفقد صلادته عند 1200م. تستخدم تكنولوجيا المساحيق في صنع اللقم الكربيدية من مساحيق الكربيدات ( الكربيد هو كربون + عنصر، مثل كربيد التنجستن، كربيد التيتانيوم ، ...أخ) واللقم السيراميكية من مسحوق أكسيد الألومينيوم. الجداول ( 2 . 3 )، ( 4 . 3 )، ( 6 . 3 ) توضح التركيب الكيميائي لمواد القطع المختلفة . حدثت كذلك تطورات عديدة في تصميم الأدوات، منها استخدام اللقم كحدود قطع مستقلة وكذلك تحسين تصميم الأدوات فيما يخص مجاري إخراج الرائش ومجاري تكسير الرائش، توفير متانة أعلى للساق وتغييرات في شكل الساق تضمن سرعة وآلية فك وتركيب الأدوات.

تستخدم في صنع أدوات القطع مواد مختلفة منها ما يأتي:

## I. 2 صلب العدة الكربوني والسبائكي

يُستعمل الفولاذ الصلب الذي يحتوي على 0.9 إلى 1.4 % من الكربون لصنع أدوات قطع المعادن. ويتصف هذا النوع بصلادة عالية تصل إلى HRC 62-59 (HRC: وحدة قياس القساوة الموضعية بالروكويل)، وهو أرخص أنواع صلب العدة، ولكن تحمله للحرارة ضعيف؛ إذ تهبط صلادته عند الدرجة 200-250° س، لذا فهو يُستخدم في قطع المعادن بسرعات صغيرة 15-10 متر/ دقيقة (م/د)، وأصبح استخدامه قليلاً جداً في الوقت الحاضر.

## I. 3 الصلب السريع القطع

هو خليطة فولاذية تحتوي على 8.5-19 % من التنغستين و3.8-4.4 % من الكروم، إضافة إلى الكوبالت والفاناديوم (1-1.4 %)، ويمكن بمعالجة هذه الخليطة حرارياً أن تكتسب قساوة قدرها 63- 65 HRC. يتميز الصلب السريع القطع بمقاومة مرتفعة للتأكل وللحرارة التي قد تصل درجتها إلى 600° ، لذا يمكن أن تعمل الخليطة بسرعات أعلى مرتين أو ثلاث مرات من سرعة القطع بالصلب الكربوني، وهي تُستخدم لتشغيل قطع ذات الأهمية العالية وأقلام التشكيل. كما تستخدم في تشغيل الصلب السبائكي والصلب العالي المتانة والفولاذ العديم الصدأ، ولا يُنصح باستخدامها عند تشغيل الحديد الزهر.

## I. 4 الكربيد المسمنت

هي خليطة ليس لها متانة كافية مقارنة بالصلب السريع القطع، فهي مكونة من أذرّة التنغستين والتيتانيوم والتنتاليوم المتحدة كيميائياً، يُضاف إليها الكوبالت مادةً رابطةً، ويكبس مزيج هذه المساحيق تحت ضغط مرتفع في درجة حرارة 1500° س (درجة مئوية) بطريقة التلبيد على شكل أقراص. وهي لا تحتاج إلى معالجة حرارية، ويمكن تثبيتها على حوامل مصنوعة من الصلب الكربوني ميكانيكياً، تمتاز هذه الخليطة بمقاومة عالية للاهتراء، ومنها ثلاثة أنواع:

- ✓ تنغستينية (وحيدة الكربيد): تحتوي على 92 % من كربيد التنغستين و8 % من الكوبالت.
- ✓ تيتانيومية – تنغستينية (ثنائية الكربيد): تحتوي على 15 % من كربيد التيتانيوم و 16 % من الكوبالت و69 % من كربيد التنغستين.

- ✓ تنتاليومية- تنغستينية (ثلاثية الكربيد): تحتوي على 7 % من كربيد التيتانيوم وكربيد التنتاليوم (منها 4 TAC % و3 (TIC % و12 % من الكوبالت، و81 % من كربيد التنغستين.

ومن أهم ميزات الكربيد المسمنت: الإنتاجية العالية والصلادة العالية ( 87 - 92 HRC) والمقاومة الجيدة لاحتكاك الرايش ومقاومة الحرارة العالية ( 800-900° س)، لذلك يمكن استخدام خلائط الكربيد المسمنت في تشغيل أمتن المواد المعدنية وغير المعدنية قساوةً (كالزجاج والبورسلين واللدائن) و بسرعات قطع أعلى 3-4 مرات من سرعات القطع بالصلب السريع القطع، لكن عيبها الوحيد هشاشتها، وعدم مقاومتها للصدم والاهتزاز.

## I. 5 المواد الخزفية

تتكون من خليطة الألومينا (أكسيد الألومنيوم $AL_2O_3$ ) الرخيص الثمن مقارنة بالمواد المشكلة بالكربيد المسمنت، وتُحضَّر على شكل أقراص بيضاء اللون. ومن خصائصها: الصلادة العالية ( 89-95 HRC) و مقاومة الحرارة المرتفعة (1100-1200° س) والمقاومة الكبيرة للتأكل.

تُستخدم هذه الأدوات لقطع الصلب وحديد الزهر والمعادن غير الحديدية، والخراطة الإنهائية أو نصف الإنهائية منعاً لتعرضها في الحالتين للصدمات في أثناء التشغيل، لكن من عيوبها الهشاشة العالية، لذا يجب عند استعمالها تجنب تعريضها للصدم والاهتزاز الكبير وللأحمال.

و يمكن أن تُستخدم المواد الخزفية لقماً نُثبت على حوامل قطع خاصة بها ميكانيكياً للتقليل من تقشرها وتكسرها، أو بإلصاقها بالحامل بوساطة اللحام.

## I. 6 الألماس

يتألف الألماس من عنصر كيميائي واحد هو الكربون، وهو من أكثر المواد صلادة ومقاومة للتأكل ودرجة الحرارة؛ إذ يتحمل حتى $900^{o}$ س، لذا فهو من أفضل أدوات القطع في عمليات الخراطة وإنهاء السطوح وتشغيل المعادن غير الحديدية والخلائط غير المعدنية. ومن عيوبه الهشاشة العالية والسعر المرتفع.

## I. 7. الخصائص المطلوبة في أدواة قطع

يمكن حصر الخصائص التي يطلب توفرها في أدوات القطع فيما يلي:

- المتانة لتحمل الضغوط الناتجة من عملية القطع والاصطدام بالشغلة.
- صلادة السطح العالية لمقاومة الاحتكاك الناتج من انسياب الرائش.
- الصلادة العالية لضمان التغلغل في مادة الشغلة وإحداث واستمرار القطع.
- تحمل الحرارة العالية لضمان عدم فقدان الصلادة أثناء القطع وبالتالي ازدياد التآكل.

كلما ازداد تحمل مادة الحد القاطع للحرارة. كلما أمكن :

- زيادة سرعة التغذية، مما يضمن تقليل زمن الإنتاج عبر تقليل زمن القطع.
- زيادة سرعة القطع. مما يضمن الحصول على سطح ناعم.
- تشغيل مواد ذات صلادة عالية مثل الصلب عالي الكربون والزهر الأبيض.

ولذا تجد حدود القطع السيراميكية والكربيدية استخداما واسعا لاحتفاظها بصلادتها عند ارتفاع درجة الحرارة أثناء القطع.

للخواص الفيزيائية والميكانيكية أهمية خاصة في اختيار المواد للتطبيقات الصناعية المختلفة وخصوصا صناعة مكونات المكائن والعدد وأجسام المركبات الطائرة والسيارة ومكونات المنشآت الهندسية والمباني وغيرها، ويمكن تلخيص أهم هذه الخواص بما يلي:

### I. 7. 1. الصلادة

و هي الخاصية التي تعبر عن صلابة المادة وقدرتها على تحمل التغير الدائم من جراء الاختراق، وتكون طريقة اختبار صلادة المواد بغرس جسم صلب صغير له شكل مدبب أو كروي بقوة على سطح المادة المراد اختبارها لمعرفة قدرتها على تحمل الاختراق

### I. 7. 2. الهشاشة

و هي قدرة المادة على مقاومة تغير شكلها (تستطيل) وهي واقعة تحت حمل مستمر الزيادة ولكنها عند حد معين للحمل تنكسر، ومثال ذلك الزجاج وحديد الزهر. فهما عملت من قوة الشد قطعة من الزجاج لا تستطيع تغيير شكله أو تطيله ولكنك بعد حد من الجهد تجده ينكسر

### I. 7. 3. قوة الشد

وهي قدرة المادة على تحمل الشد مع تزايد القوة الواقعة عليه، ويتم اختبار المادة بعد قطعها بأطوال مناسبة ثم شدها من الطرفين بجهاز الشد الذي يطبق قوة متزايدة لتقدير قوة الشد التي عندها تنقطع المادة إلى جزأين وهي قوة الشد القصوى.

### I. 7. 4. المطيلية

وهي قدرة المادة على التغير الدائم بعد الشد، وهي تعبير عن الاستطالة الدائمة التي تحصل عند سحب المواد وعدم رجوعها إلى شكلها الأصلي بعد إزالة قوة الشد ، وتقاس بمقدار النسبة المئوية للاستطالة أو تغير مساحة المقطع، وهي تقابل خاصية الهشاشة السابقة الذكر. ومن أمثلة المواد التي لها مطيليه عالية الألمنيوم والحديد المطاوع.

### I. 7. 5. الكلل

وهو ميل المادة إلى التكسر أو التشقق عند وقوعها تحت إجهاد متكرر ( Cyclic) أقل من قوة | الشد القصوى. فهذه الخاصية خاصة بالمواد التي تقع ضمن أجزاء متحركة وتحدد أعمار خدمة هذه الأجزاء، فكلما كان تحمل المادة للكلل أكبر كانت مناسبة للأجزاء التي تقع عليها حركة دورية مستمرة

### I. 7. 6. المتانة

و هي قدرة المادة على تحمل الصدمات المتكررة قبل فشلها، وهي قياس للطاقة المطلوبة لحدوث الفشل الميكانيكي، ويتم اختبار المادة بعد عمل جرف في العينة يسلط عليه مطرقة مدببة مركبة على بندول يستمر ضرب العينة حتى تنقطع وهو المراد بالفشل الميكانيكي.

### I. 7. 7. المرونة

وهي مقياس لقدرة المادة على العودة لشكلها الأصلي بعد إزالة الشد أو الحمل. ويتم اختبار المادة بأن تعرض الأحمال مختلفة بالتدرج وقياس طول العينة بعد إزالة الحمل لمعرفة قوة الشد التي تفقد المادة فيها المرونة ولا تعود لطولها الأصلي بعد زوال المؤثرة

### I. 7. 8. معامل المرونة (Modulus of elasticity)

و هي العلاقة بين الإجهاد ( stress) الذي يعبر عن القوة الواقعة على مساحة مقطع العينة والانفعال (strain) الذي يعبر عن الاستطالة الناتجة عن قوة الشد.

### I. 9.7. عوامل اختيار المواد

تختار المواد علي أساس الخصائص التالية:

- ✓ **خصائص ميكانيكية:** هي عوامل تحديد أبعاد القطع (المرونة، الصلادة، المتانة، الكلل).
- ✓ **خصائص فيزيائية/ كيميائية:** هي عوامل التفاعل مع المحيط (الناقلية الحرارية، الناقلية الكهربائية، الأكسدة،

المغناطيسية، المظهر الفيزيائي (لون، كثافة)، عزل كهربائي كيميائي).

- ✓ **خصائص التفعيل:** هي العوامل المؤثرة على القطع بفعل الاسلوب المختار للتصنيع (قابلية القولبة، التشغيل، التلحيم، ...).
- ✓ **خصائص اقتصادية:**هي العوامل المتعلقة بالكلفة، الوفرة،الآجال، الخبرة الصناعية.

## II. نظرية القطع

### II. 1. طريقة الحصول على المنتجات

تستخرج المعادن على العموم من المناجم، تعالج هذه الأخيرة ميكانيكيا و كيميائيا و حراريا ثم تحول إلى منتجات تجارية خامة تستخدم كما هي أو تصنع منها قطع بأساليب مختلفة.

توجد ثلاثة أساليب أساسية للحصول على المنتجات:

*** بالتشكيل الدائم * بالصب * بنزع المادة**

### II. 2. التشكيل الدائم

يعتبر التشكيل الدائم عملية تغيير لشكل المنتجات دون كسرها و ذلك على الساخن او البارد عن طريق الضغط أو الصدمات. من بين الطرق نجد:

*** الدرفلة * الحدادة * الحدادة بالقالب * السحب * التقعير** ...إلخ

### II. 2. 1. الدرفلة

يتم الحصول على القطع و الألواح المدرفلة بإدخال المعدن عدة مرات بين درفلين (قطع أسطوانية كثر وذلك حسب نسبة التخفيض للمعدن المراد درفلته ويتم التحكم في سمك الأجزاء المدرفلة عن ط ير المسافة بين الدرفلين (الشكل I. 1) ، ومن هذه العملية يمكن الحصول على ألواح الصلب، قضبا سكك الحديدية...إلخ, وتكون عملية الدرفلة إما على البارد أو على الساخن

الشكل I. 1: عملية تشكيل قضبان السكك الحديدية

## II. 2. 2. الحدادة

تعتمد على تسخين المعـدن لجعلـه سهـل التشكيـل و الاعتماد على عمليـة الطـرق لتحقيق ذالك نميز عدة طرق من الحدادة.

### II. 2. 2. 1. الحـدادة اليدويـة

هـي عبـارة عن طـريقة بدائيـة تعتمد على طـرق المعـدن المسخـن الذي يـوضع على السنـدان لغـرض تشكيله.

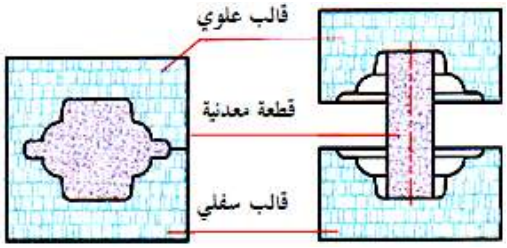
### II. 2. 2. 2. الحـدادة بالقـالب

تستعمـل في هذه الطـريقة قوالب لتشكيـل المعدن السـاخن للحصـول على الأشكـال المـرجوة (الشكل II. 1)

تستعمل الحدادة بالقالب ل :

- تحسين الخصائص الميكانيكية
- صناعة قطع مقاومة للكلل مثل الأعمدة المرفقية للسيارات **والأعمدة المسننة و المتسننات .**

**من سلبياتها** وسيلة مكلفة بسبب الإنتاج بسلسلة صغيرة .




الشكل II. 1: قوالب لتشكيـل المعدن السـاخن

## II. 3. الصب

في المجال الميكانيكي هناك استعمال واسع للقطع ذات الأشكال المعقدة (كهياكل المحركات) التي يصعب تصنيعها أو يكون تصنيعها مكلف لذا نستعمل وسائل إنتاج تسمح بالحصول السريع على هذه القطع من بينها القولبة.

### II. 3. 1. القولبة (الصب)

هي طريقة اقتصادية صناعية يتم فيها إعداد القطع الميكانيكية المعقدة بصب المعدن المنصهر في قالب يحوي فجوة تمثل أثار القطعة المراد سباكتها ( البصمة )، يأخذ المعدن المصبوب شكل جوف القالب، و بعد التبريد نحصل على شكل الجسم المراد صنعه، تسمى القطع المحصل عليها مباشرة بقطع خام. من الطرق نجد : - **القولبة بالرمل** - **القولبة بالقوقعة** - **القولبة بالضغط.**

## II. 4. نزع المادة (التشغيل)

يهدف التشكيل بنزع المادة (الجدادة) إلى توليد سطوح ذات أشكال هندسية و أبعاد دقيقة على قطع ميكانيكية عن طريق استعمال آلات تصنيع وأدوات قطع .

### II. 4. 1. مبدأ توليد السطوح

يتم بتركيب عدة حركات معطاة لأداة القطع و القطعة للحصول على سطوح مستوية ،أسطوانية ، مخروطية ..إلخ.

### II. 4. 2. العناصر المولدة للسطوح

في جميع أساليب التشكيل بنزع المادة ،هي: - **الأداة** -القطعة -الحركات المولدة .

- الحركات المولدة هي: حركة القطع Mc ، حركة التغذية Ma (Mf) و حركة الاختراق Mp و التغذية (ap)

### II. 4. 3. استخدامات تشغيل المعادن:

لا يخلو أي مصنع من آلات تشغيل المعادن مثل المخارط، أو الفرايز، أو المثاقيب، أو آلات التجليخ وغيرها لأغراض إنتاج قطع الغيار، أوصيانة أجزاء الآلات والمعدات، أو إنتاج مختلف القطع الهندسية.

يمكن حصر استخدامات تشقيل المعادن في الحالات التالية:|

- ✓ إنتاج قطع نهائية من كتل أولية منتجة بالسباكة أو الحدادة أو الدرفلة.
- ✓ تحقيق دقة عالية المقاييس المسبوكات Castings و بالأخص المنتجة بالقوالب الرملية و المطروقات forgings المنتجة بالحدادة الحرة ( بقوالب مستوية).
- ✓ تحقيق نعومة أسطح عالية للمسبوكات الرملية و المطروقات التي تأكسد سطحها نتيجة للحرارة العالية.

- ✓ إنتاج الثقوب الصغيرة في المسبوكات و المطروقات حيث لا تتمكن السباكة والحدادة من إنتاجها.
- ✓ إنتاج الثقوب والتجاويف التي تتعامد مع اتجاه حركة الطرق أو الكبس في الحدادة.

## III. الخراطة

### III. 1. مقدمة

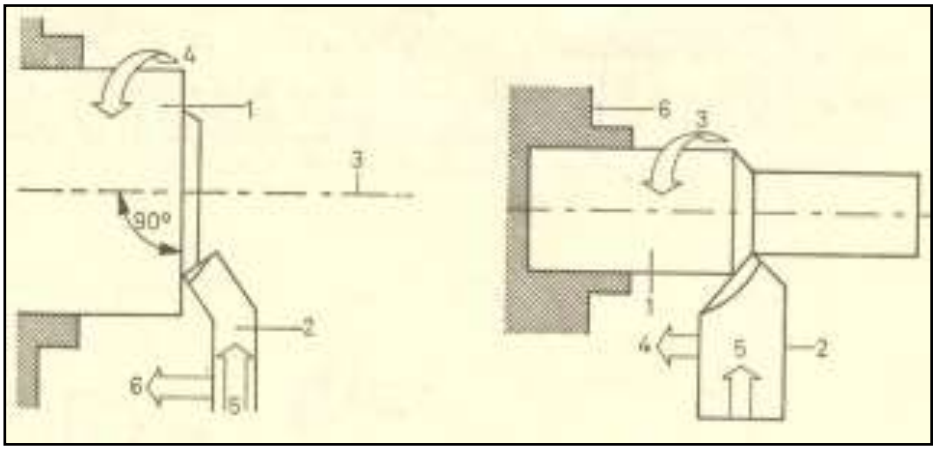
تعتبر الخراطة إحدى الطرائق المهمة ضمن طرائق تشغيل المعادن، ويطلق لدى العامة على تشغيل المعادن مفردة "خراطة" مما يؤكد انتشارها كطريقة تشغيل . ينحصر استخدام الخراطة في تشغيل القطع المتماثلة أو جزء متماثل في قطعة غير متماثلة.

هي إحدى أساليب التشكيل بنزع الجدادة ، موجهة لتشكيل القطع الأسطوانية ، حيث يتم توليد السطوح الداخلية والخارجية وذلك بإعطاء حركة دورا نية للقطعة التي تكون مرتبطة بعمود الدوران و حركتي تقدم و اختراق للأداة.

تنسب حركة القطع للقطعة ( **Mc**) و هي حركة دورانية للقطعة و تنسب حركة التغذية ( **Ma**) للأداة وهي حركة انتقالية (طولية أو عرضية) للأداة.

في الخراطة، تدور قطعة الشغل منفذة سرعة القطع الضرورية، بينما الأداة، والتي تم ضبطها على عمق قطع معين، تتحرك موازية لمحور قطعة الشغل بسرعة التغذية الضرورية.

تبعا لاتجاه حركة التغذية بالنسبة لمحور قطعة الشغل، يوجد نوعان رئيسان للخراطة هما: الخراطة الطولية والخراطة الواجهية. الشكل III. 1 يوضح عملية الخراطة تبعا لنوعيها.




أ) إنتاج قطعة اسطوانية ( خراطة طولية) ب) إنتاج سطح مستوي (خراطة واجهية)

الشكل III. 1 : الخراطة الطولية والخراطة الواجهية.

## III. 2. أنواع المخارط

تتعدد أنواع المخارط وذلك تبعا:

للسطح المطلوب تشغيله: خارجي، داخلي، اسطواني، مسطح أم مخروطي.

لحجم قطع الشغل: دقيقة أم متوسطة أم كبيرة الحجم. | للأعداد المطلوبة من قطعة الشغل: إنتاج بالقطعة، بالدفعة، إنتاج مستمر.

يمكن حصر أنواع المخارط فيما يلي:

• المخرطة الذنية وهي مخرطة عامة تناسب الأعداد القليلة ويوجد منها مثل أغلب آلات الخراطة ما يناسب قطع الشغل الدقيقة والكبيرة الحجم.

• المخرطة الواجهية وهي مخرطة خاصة ينحصر استخدامها في تنفيذ خراطة |

واجهية لقطع الشغل كبيرة الحجم. لا يوجد نوعها بالورش ومراكز التدريب فهي آلة إنتاجية أي توجد فقط بالمصانع

• المخرطة الناسخة وهي مخرطة تستخدم لعدد محدود من الأشكال التي يتم

خراطتها عبر جهاز للنسخ يتحكم في مسار قلم الخراطة ( يمكن تمثيلها بعملية إنتاج نسخة من مفتاح عربة مثلا.)

• المخرطة البرجية (ذات برج مضلع) و ( ذات برج إسطواني)|

يميز هذه المخرطة بنوعيها، إمكانية تركيب عدد كبير من أقلام الخراطة وتنفيذ عدة عمليات قطع بتزامن مما يضمن سرعة الإنتاج، ويتم التحكم فيها رقمية وتعتبر آلة إنتاجيا .

و مخارط خاصة ( مخرطة أعمدة مرفق، ومخرطة كامات ومخرطة أنابيب

وغيرها)، المخرطة الخاصة يمكن أن تكون أحد الأنواع التي سبق ذكرها ولكن يميزها أنها | تستخدم لإنتاج منتج واحد أو نوع واحد من المنتجات. وهي دائما مخارط إنتاجية.

• المخرطة الرأسية وهي مخرطة إنتاجية تستخدم لقطع الشغل كبيرة الحجم والوزن.

تنتج الآلات المذكورة بأنواع ذات قدرات مختلفة (خفيفة وثقيلة)، يحامل أقلام واحد أو أكثر، يتم التحكم في سرعتي القطع والتغذية في هذه الآلات بطرائق مختلفة، ويتم كذلك عبر استخدام الإنسان الآلي في تغيير الأدوات ، ربط قطع الشغل وفكها وترتيبها في مواعين خاصة.

## III. 3. مكونات المخرطة

المكونات الأساسية لمخرطة ذنقبتستخدم كآلة عامة تصلح للورش ولعمليات الإصلاح

- الفرش مهمته حمل أجزاء الآلة. ويصنع من الزهر لسهولة سباكته ولجودة امتصاصه للاهتزازات.

- الغراب الثابت يضم المحرك الكهربائي وصناديق تروس عمود الإدارة والتغذية و كذلك حوض المبرد والمزلق والمضخة .

- الغراب المتحرك (غراب الذيل) مهمته تثبيت قطع الشغل من الطرف الثاني، ويحرك يدويا على مجاري الفرش

- عمود الإدارة مهمته توفير سرعات دوران مختلفة لظرف المخرطة الموجود مقدمته.

- عمود اللوالب (عمود السحب) مهمته تحريك العرية عند قطع لولب على المخرطة

- عمود الجر د مهمنه جر العربية في كل العمليات ما عدا عملية قطع اللوالب

- عمود التعشيق مهمته الإدارة والإيقاف كذلك إدارة عمود الإدارة يمينا أو يسارا.

- العربة مهمتها حمل القلم وتحريكه وحمل المنزلقات التي تضمن تحقيق أي وضعية للقلم وهي تتصل عبر عمود الجر وعمود اللوالب بمجموعة تروس تتواجد بالغراب الثابت.

- مجاري الفرش (أدلة التوجيه) مهمتها تسهيل حركة العربة والغراب المتحرك.

تصنع من الصلب عالي الكربون و يصلد سطحها لتقليل التآكل الاحتكاكي. ويشترط فيها الاستقامة والتوازي لأن جودة المنتج تعتمد على ذلك.

- المنزلقة المستعرضة مهمتها تحريك القلم عند ضبط عمق القطع في الخراطة الطولية وكذلك عند الخراطة الواجهية

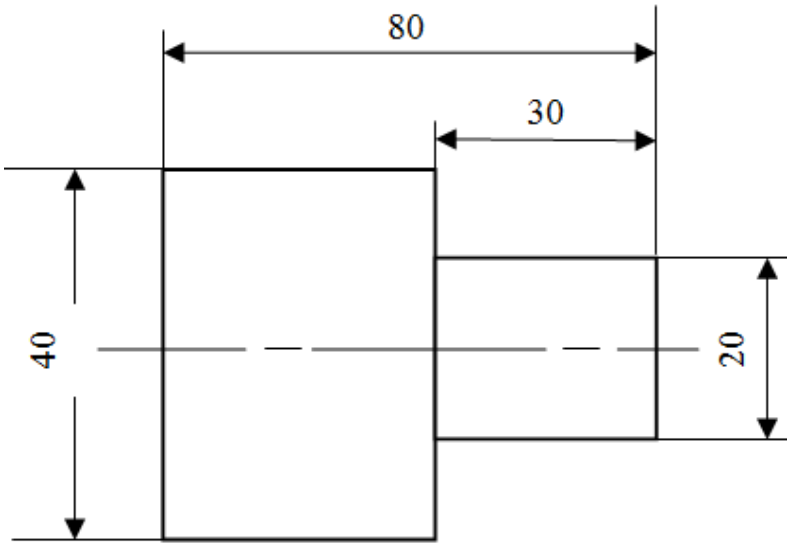
- المنزللقة العليا مهمتها حمل حامل القلم وإمالة القلم حسب الزاوية المطلوبة وضبط عمق القطع في الخراطة الواجهية.

- حامل الفلم مهمته تثبيت القلم بقوة كافية، ويوجد حامل لقلم واحد لأربعة أفلام. ويعتبر البرج أصلا حامل قلم يمكن من تثبيت عدد كبير من الأقلام.

## III. 4. شرح عمليات الخراطة

### III. 4. 1. الخراطة الطولية

**مثال** : قطعة من صلب منخفض الكربون ST50 ( صلب طري) مطلوبة بالمقاييس و نعومة الأسطح الموضحة بالشكل (الشكلIII. 2 ) العدد المطلوب 10 قطع.




الشكلIII. 2 : مقاييس قطعة الشغل المطلوبة.

يتضح من قراءة الرسمية ما يلي:

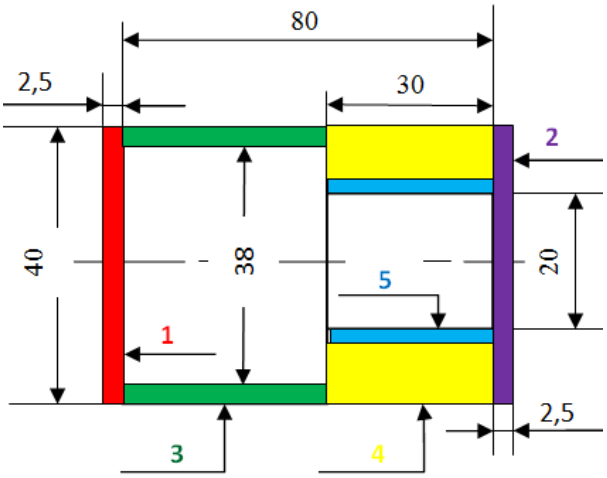
- للحصول على المنتج يجب تنفيذ خراطة طولية و واجهية لقطر صغير وبطول صغير يمكن ذلك بواسطة مخرطة ذنية

- الكتلة الأولية عبارة عن قطع مستقلة بقطر 40 مم وبطول 85 مم.

- يمكن استخدام ظرف ذي ثلاثة أو أربعة فكوك للتثبيت، لأن الطول < 100 مم.

- مادة قطعة الشغل صلب، لذا يجب استخدام مزلق ومبرد (صابون + زيت + ماء).

- تسلسل القطع يوضحه الشكل III 3.




- خراطة الواجهة (1)
- تغيير التثبيت
- خراطة الواجهة (2)
- خراطة طولية للسطح (3)
- تغيير التثبيت
- خراطة طولية استقرابية للسطح (4)
- خراطة طولية تشطيبية للسطح (5)

الشكل III. 3 : تسلسل عمليات التشغيل

## III. 4. 2. أدوات القطع

يستخدم للسطح (1) و (2) قلم خراطة واجهية.

يستخدم للسطح (3) و (4) قلم خراطة طولية خشنة.

يستخدم للسطح (5) قلم خراطة طولية ناعمة

الأقلام الثلاثة مادتها صلب سريع القطع (يمكن أن تكون أيضا من الكربيد).

## III. 4. 3. تحديد ظروف القطع

السطح (1) عمق القطع d =2.5 مم، التغذية f =2 مم /دورة، سرعة القطع V = 20 م /دقيقة.

حساب N

$$N = 1000.Vc/3,14.D$$

N = 159 دورة /دقيقة

السطح (2) ظروف قطعه كما السطح (1)

السطح (3) : d = 1 مم f =0.08 مم / دورة

السطح (4) : d = 9.5مم f = 0.08 مم / دورة

السطح (5) : d =0.5 مم f = 0.063 مم /دورة

## III. 4. 4. تحديد قدرة القطع العظمى $P_{max}$

يتم ذلك بغرض اختيار قدرة المخرطة.

تحدد تبعا لأكبر قوة قطع، في هذا المثال السطح (4) ينتج أكبر قو قطع تحسب قوة القطع بالقانون:

$F = S. K_s$ مساحة الرائش : $S = d.f$

$K_s$ [$N / mm^2$] : هو الضغط الرائش المفروض على سطح القطعة.

## III. 4. 5. حساب الزمن الكلي

الزمن الكلي = زمن القطع لكل الأسطح + زمن الاستعداد + زمن التثبيت والفك لقطعة الشغل + زمن التثبيت والفك للأقلام + الزمن الضائع.

يستخدم هذا القانون لكل عمليات التشغيل يمكن فقط الحصول على زمن القطع حسابيا أما الأزمنة الأخرى فيعتمد تحديدها على ضوابط خاصة بكل مصنع.

لحساب زمن القطع الخطوة من خطوات الخراطة يتم استخدام القانون :

$$\mathbf{T_c\ (mn) = L/N.f}$$

$T_c$ زمن القطع بالدقيقة. f سرعة التغذية سرعة دوران عمود الإدارة

L هي المسافة التي تتحركها الأداة بسرعة التغذية. تحسب L بالقانون

$$\mathbf{L = l_b + l_{wp} + l_a}$$

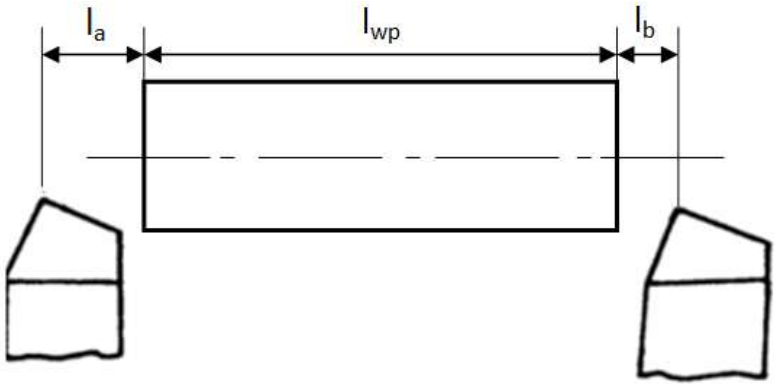
$l_{wp}$ طول السطح الذي يتم خراطته $l_a$ مسافة التحرلك بعده

$l_b$ مسافة التحرلك قبل القطع

## III. 4. 6. زمن القطع

بافتراض مسافة ما قبل القطع = 3 مم، وما بعد القطع = صفر للطول 30مم و القطر 20مم (الشكلIII. 4)

$$\mathbf{t_c = L/N.f}$$




الشكل III. 4 : تحديد الطول الكلي للخطوة

$L = 1_b + 1_{wp} + 1a = 3 + 30 + 0 = 33$ mm  مم $30 = L$

$\mathbf{n} = 1000 \cdot 20/3.14.30 = 212$ [tr / min]  دورة /دقيقة $212 = \mathbf{n}$

$\mathbf{t_c} = \mathbf{L/n.f} = 33/212.0.08 = 33 / 16,96$  $\mathbf{t_c} = 1.95$ [ min]

## III. 4. 7. حساب التكلفة:

يتم حساب التكلفة الكلية عبر تحديد وزن الكتلة الأولية وسعر وحدة الوزن لها، تحديد كمية الطاقة المستهلكة وسعر الوحدة، أزمنة الإنتاج المختلفة وأجرة العاملين في كل خطوة ، أسعار استهلاك الأدوات وآلة القطع والتكاليف غير المباشرة مثل تكلفة الإدارة والمباني وغيرها التي يمكن تحميلها لقطعة الشغل الواحدة.

## III. 4. 8. أنواع الرايش فى عمليات الخراطة

يختلف نوع وشكل الرايش الناتج من عمليات التشغيل المختلفة باختلاف معادن كل منها ، ويكون هذه الاختلاف نتيجة للأسباب التالية :

*. اختلاف زوايا آلة القطع وخاصة زاوية الجرف .

*. اختلاف سرعة القطع .

*. اختلاف معدن المشغولة .

- تصنيف الرايش يمكن تصنيف أنواع الرايش كما هو موضح بالشكل التالى بالانواع الآتية :

- ✓ الرايش غير المستمر
- ✓ الرايش غير المتجانس
- ✓ الرايش المستمر
- ✓ د- الرايش المتفتت

## III. 4. 9. أنواع عمليات الخراطة

## III. 4. 10. شروط القطع فيالخراطة

### III. 4. 10. 1. سرعة القطع

تعتبر سرعة القطع Vc التنقل النسبي لنقطة من الحد القاطع للأداة بالنسبة لمعلم مرتبط بالقطعة.

Vc: سرعة القطع بـ : المتر/الدقيقة (م/د)

$$Vc = \frac{N.D.\pi}{1000}$$

D : قطر القطعة بـ : الميليمتر

N : سرعة الدوران بـ : الدورة/الدقيقة

### III. 4. 10. 2. سرعة التغذية (سرعة التقدم)

مرتبطة بالأداة و تحدد سرعة التغذية Vf حسابيا بالعلاقة التالية:

$V_f$ : سرعة التقدم (سرعة التغذية ) بـ : الميليمتر/الدقيقة

f : التقدم (التغذية ) بـ : الميليمتر / الدورة **N.f=Vf**

N : سرعة الدوران بـ : الدورة/الدقيقة

## IV. التفريز

### IV. 1. مقدمة

هو أحد أهم أساليب التشغيل بنزع المادة ، حيث تنزع المادة بواسطة عدة حدود ( أسنان ) منتشرة على محيط دائرة و تدعى هذه الأداة بـ : " أداة التفريز" (La fraise) كما يمتاز بالإنتاجية العالية نسبة لتعدد حدود القطع مقارنة بالكشط والنطح حيث تستخدم أداة قطع ذات حد قاطع واحد.

**آلة التفريز** (الشكل IV. 1)

و هي إحدى آلات القطع التي تستعمل لتشغيل مساحة أو أكثر لقطعة ما، و هي متعددة الاستعمالات، حيث نستطيع القيام بالعديد من الأعمال (الشكلIV. 2) و هي موجهة ليس فقط لتشغيل المساحات المسطحة بل كذلك إنجاز أسنان التروس ، التثقيب إلخ ...

لكي يتم إنجاز الأسطح على آلة التفريز ، تثبت القطعة على آلة التفريز بواسطة ملزمة و يتم التلامس مع الأداة التي تدور . ولإتمام عملية التشغيل هذه، لا بد من توفر الحركات التالية :

أ- **دوران الأداة** و هي حركة رئيسة تعطى للأداة و تسمح بقطع المادة تدعى **حركة القطع (Mouvement de coupe) ($M_C$).**

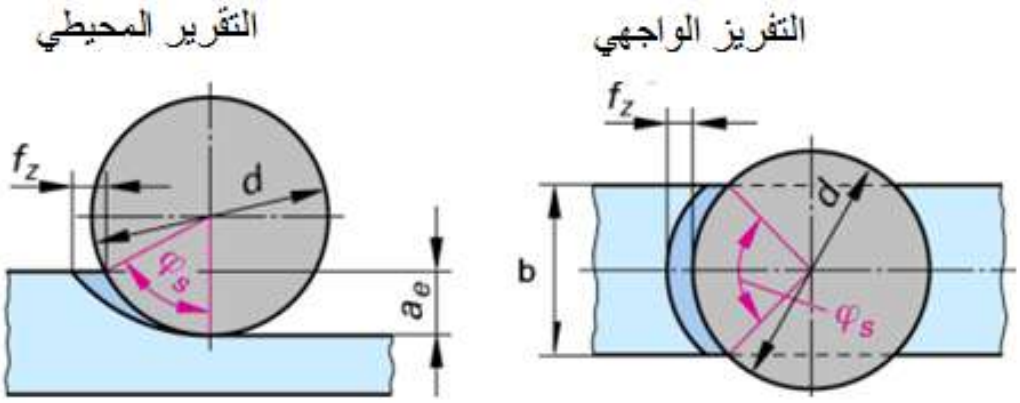
ب- **انتقال القطعة** وهي حركة خطية تعطى للقطعة المثبتة على طاولة الآلة تدعى **حركة التقدم (Mouvement d'Avance) ($M_a$).**

ج- **حركة التغلغل (عمق التمريرة):** وهي حركة خطية تضبط سمك التغلغل في داخل المادة وتعطى عموما للقطعة.

الشكل IV. 1 : **آلة التفريز**

الشكلIV. 2 : عمليات التشغيل في التفريز

في التفريز تؤدي قطعة الشغل، المثبتة على المنضدة أو في الملزمة، حركة تغذية مستقيمة، وتؤدي الأداة (سكينة التفريز)، والمثبتة في مقدمة عمود الإدارة، حركة القطع الدائرية. يكون محور السكينة موازية لسطح قطعة الشغل في حالة التفريز المحيطى ومتعامدة معه في حالة التفريز الواجهي. (الشكل 3 IV.) يوضح طريقة التفريز لتشغيل المعادن.




الشكل IV. 3 : طريقة التفريز.

d: قطر السكين [مم]. $f_z$ : التغذية [مم / السن] $a_e$ : عمق القطع[ مم]

b :عرض قطعة الشغل [مم]. $\varphi_s$ : زاوية القطع

### IV. 2. استخدامات التفريز

يستخدم التفريز في إنتاج أشكال متعددة مثل الأسطح المستوية، والتروس، والمجاري، الحواف المنحنية، وحفر داخلي وكذلك اللوالب الكبيرة الخطوة والعمق.

### IV. 3. آلات التفريز

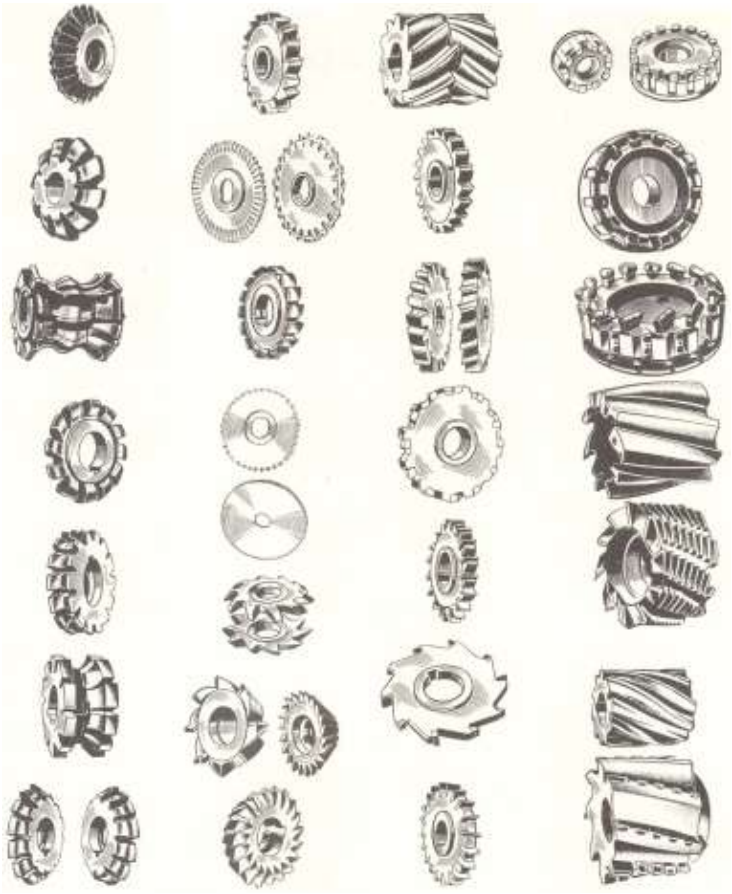
يوجد نوعان أساسيان هما: آلة التفريز الرأسية تستخدم في التفريز الواجهي وآلة التفريز الأفقية وتستخدم في التفريز المحيطي، الشكل.

تتواجد بالمصانع آلات إنتاجية فيها بعض التحوير لكي تناسب الإنتاج بأعداد كبيرة : آلة تفريز ذات رأسين، ثم آلة متعددة الرؤوس، ثم أخيرا آلة تفريز ذات قنطرة لقطع الشغل الضخمة.

### IV. 4. سكاكين التفريز

توجد أنواع عديدة من سكاكين التفريز (الشكلIV. 4) وذلك بسبب تعدد استخدامات التفريز. تختلف سكاكين التفريز تبعا لما يلي

- **موضع أسنانها** : هل هي على المحيط أم على الواجه؟
- **قطر السكينة** : بعضها صغير جدا وأخرى كبيرة لتتناسب مع أسطح قطع الشغل؟
- **عدد الأسنان:** هو كبير عند تفريز المعادن الصلدة وصغير للطرية.
- **أشكالها :** حتى يمكن إنتاج مجار، وتروس، ولولب، وأسطح مستوية.
- **شكل مجاري الرايش:** فهي أما مستقيمة، أو منحنية، أو حلزونية.



الشكل IV. 4 : يبين أنواع مختلفة من سكاكين التفريز

## IV. 5. ظروف القطع في التفريز

أحد اختلافات التفريز عن الخراطة في أن الأول تستخدم فيه أداة قطع متعددة الحدود، لذا تعطي الجداول سرعة التغذية بالنسبة للسن الواحد (أي حد القطع الواحد). يتم حساب سرعة التغذية التي هي سرعة تقدم المنضدة بالقانون التالي:

$$ft = fz.Z.N$$

سرعة القطع: Vc.

$$Vc = \frac{N.D.\pi}{1000}$$

حيث:

Vc: سرعة القطع بـ : المتر/الدقيقة

D : قطر الأداة بـ : الميليمتر

N : سرعة دوران الأداة والتي تحسب كما سبق ذكره في الخراطة مع التعويض بقطر السكينة وليس بقطر قطعة الشغل ووحدتها (دورة / دقيقة).

z :عدد أسنان السكينة أو بتعبير آخر عدد الحدود بأداة القطع.

$f_z$ : سرعة التغذية بالنسبة للسن الواحد، (تؤخذ من الجداول) ووحدتها ( مم / سن).

$f_t$ : سرعة تغذية منضدة آلة التفريز و وحدتها (مم / دورة).

## IV. 6. حساب الزمن الكلي

الزمن الكلي = زمن القطع لكل الأسطح + زمن الاستعداد + زمن التثبيت والفك لقطعة الشغل + زمن التثبيت والفك للأقلام + الزمن الضائع (الشكل IV. 5)

يستخدم هذا القانون لكل عمليات التشغيل. يمكن فقط الحصول على زمن القطع حسابيا أما الأزمنة الأخرى فيعتمد تحديدها على ضوابط خاصة بكل مصنع. لحساب زمن القطع لخطوة من خطوات الخراطة يتم استخدام القانون:

$$t_c(mm) = L(mm) \ / n(tr/mm).f(mm/tr)$$

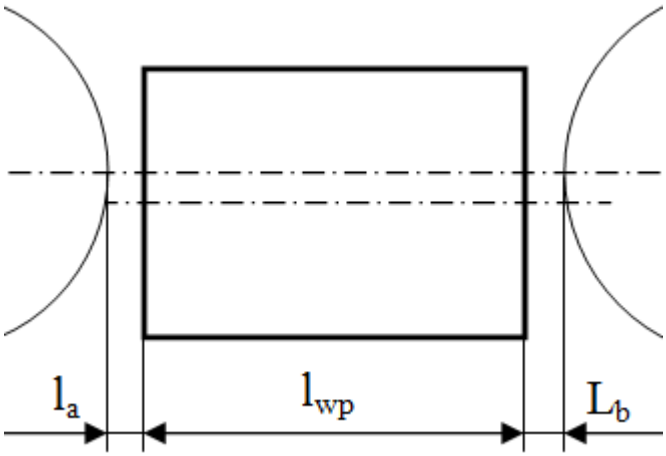
$t_c$ : زمن القطع بالدقيقة. f : سرعة التغذية. n : سرعة دوران عمود. L : هي المسافة التي تقطعها الأداة بسرعة التغذية. تحسب L بالقانون :

$$L = l_b + l_{wp} + l_a$$

$L_b$ : مسافة التحرك قبل القطع

$l_a$ : مسافة التحرك بعده.

$I_{wp}$ :طول السطح الذي يتم خراطته. مسافة التحرك قبل القطع. الشكل (1) يوضح الأطوال المذكورة.




الشكل IV. 5 : تحديد الطول الكلي للخطوة.

## IV. 7. طرق التفريز

تعتمد طريقة التفريز على اتجاه التغذية بالنسبة لدوران السكين ، ولكل منها خصائص معينة وتتحدد هذه الخصائص على النحو الآتي :

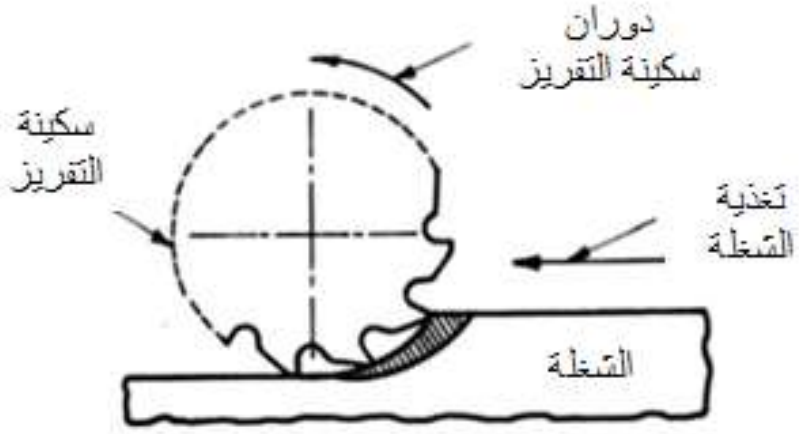
### IV. 7. 1. التفريز العكسي و خصائصه

يكون اتجاه دوران سكين التفريز عكس اتجاه حركة التغذية، كما في الشكل IV. 6.

- ✓ تبدأ سكين التفريز بالقطع من أقل سمك للرايش وتتدرج حتى تصل إلى أكبر سمك للرايش لحظة ترك سن سكين التفريز لقطعة العمل. ويكون الرايش منفصلا على شكل (نصف هلال).
- ✓ تتغيرقوة القطع نتيجة تغير سمك الرايش ، حيث تزداد إلى أعلى قيمة لها عند خروج سن سكين التفريز من المعدن المشغل
- ✓ تحقق هذه الطريقة انتظاما بحركة التغذية ، وذلك لأن قوة القطع تدفع الطاولة وقطعة العمل المثبتة عليها إلى الأمام.
- ✓ هذه الطريقة هي الأكثر شيوعا في عمليات التفريز السطحي وخاصة في التفريز الخشن.

### IV. 7. 1. 1. عيوب التفريز العكسي

- ✓ لا تبدأ سكين التفريز بالقطع مباشرة ، فإنها تنزلق أولا على سطح قطعة العمل ويستمر الإنزلاق حتى يصبح سمك المعدن الموجود أمام الحد القاطع للسن أكبر من القدر الذي يسمح بالانزلاق ، ومن ثم تبدأ عملية فصل الرايش.
- ✓ إن عملية الإنزلاق هذه تسبب احتكاك قطعة العمل بالحد القاطع لسن سكين التفريز مما يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي إلى قصر عمر الحد القاطع لسكين التفريز ، ويمكن تخفيف حرارة القطع هذه باستعمال كمية كبيرة من سوائل التبريد.
- ✓ تعمل قوة القطع على رفع قطعة العمل عن طاولة آلة التفريز وهذا يتطلب التحكم التام في قوة تثبيت قطعة العمل.




الشكل IV. 6 : التفريز العكسي

## IV. 7. 2. التفريز المتماثل و خصائصه

- يكون اتجاه دوران سكين التفريز في الاتجاه نفس حركة التغذية لقطعة العمل، كما في الشكل IV. 7.

- تبدأ سكين التفريز بعملية القطع مبتدئة بأكبر سمك للرايش وتستمر عملية القطع حتى يصل سمك الرايش إلى أقل سمك له ، ويتلاشى لحظة ترك سكين التفريز معدن قطعة العمل المراد تفريزها في نهاية القطعة.

- تكون قوة القطع عند البدء كبيرة ثم تقل قيمتها إلى الصفر عند خروج سكين التفريز من معدن قطعة العمل.

- لا يوجد انزلاق لسكين التفريز وإنما تبدأ بعملية القطع وإزالة الرايش منذ ملامستها لسطح قطعة العمل.

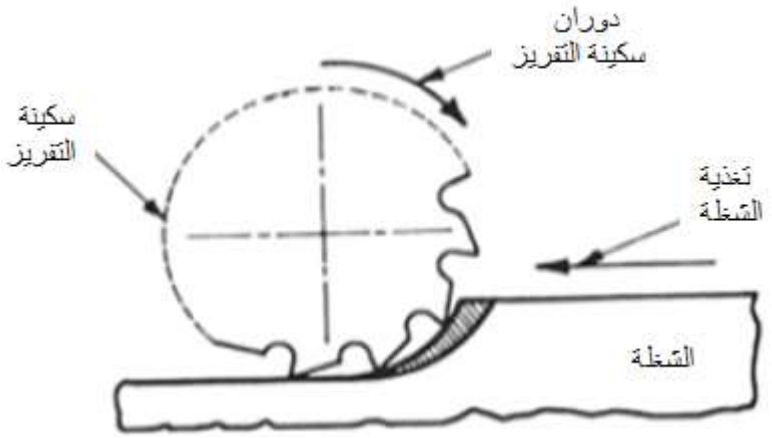
- تكون سكاكين التفريز المستعملة في هذه الطريقة ذات عمر أطول بسبب قلة التأكل وتلف حدود القطع.

- تعمل قوة القطع على ضغط قطعة العمل إلى الأسفل وهذا يؤدي إلى تبسيط الإجراءات والاحتياطات اللازمة لتثبيت قطعة العمل على طاولة آلة التفريز.

- تستعمل هذه الطريقة في تفريز المشغولات الرقيقة نسبيا و العمليات التي تتطلب أعماق قليلة ، كما تستخدم في عمليات التفريز التي تحتاج إلى سرعات قطع عالية ، ويستخدم فيها سكاكين تفريز جانبية إذا كانت التفاوتات لطاولة آلة التفريز قليلة جدا.

### IV. 7. 2. 1. عيوب التفريز المتماثل

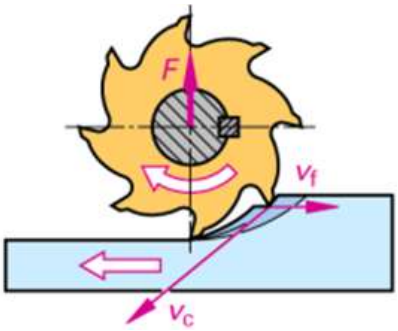
إن طاولة الآلة تتعرض إلى اهتزازات عنيفة بسبب وجود قوة قطع متقطعة، وصادمة الأمر الذي يؤدي إلى تلف أو كسر أسنان سكاكين التفريز ، كما يؤثر على جودة السطوح المشغولة.



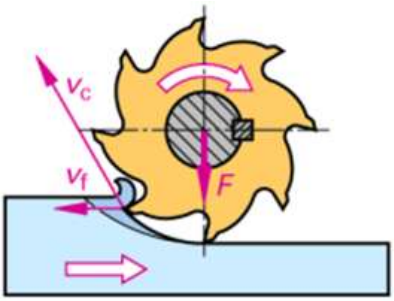

الشكل IV. 7 : التفريز المتماثل

### IV. 7. 3. التفريز المحيطي

يوجد نوعان من التفريز المحيطي وهما التفريز لأسفل والتفريز لأعلي والذي ينسب تشغيل القطع التي تمتاز بسطح خشن مثل المسبوكات الرملية والمطروقات وذلك لضمان تحقيق عمر أطول للأدوات. الشكلIV. 8 و IV. 9 يوضح النوعين.




الشكل IV. 8 : التفريز لأسفل



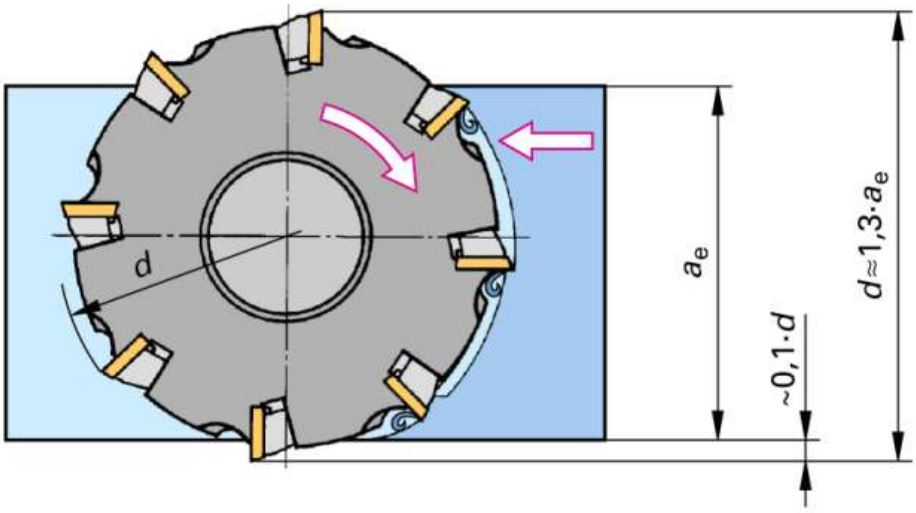

الشكل IV. 9 : التفريز لأعلي

| التفريز لأسفل | التفريز لأعلي |
|---|---|
| يمتاز بقلة الاحتكاك مما يعطي قوة قطع أقل وبالتالي عمرة أطول للأداة. يمكن فيه القطع بعمق قطع كبير وسرعة تغذية أكبر. | يمتاز بكبر الاحتكاك مما يعطي عمرا أقل للأداة ولكنه يعطي سطحا ناعما للشغلة. يفضل استخدامه لتشغيل الأسطح الخشنة مثل أسطح المسبوكات الرملية و أسطح المطروقات ذات القشرة الأكسيدية. |

## IV. 7. 4. التفريز الواجهي

تتيح هذه الطريقة تفريز أسطح كبيرة وكذلك استخدام سرعة تغذية عالية نسبة لجودة تسريب الحرارة المتولدة، تقل في هذه الطريقة الأهتزازات الناتجة عن القطع . لتحسين اصطدام السكين بقطعة الشغل في هذه الطريقة للتفريز، يراعى عدم انطباق محورها مع محور الشغلة ووجود بروز للسكين، أي أن قطر

الشكل IV. 10 يوضح عملية تحديد وضع سكينة التفريز الواجهية.




الشكل IV. 10 : وضع السكين في التفريز الواجهي.

## IV. 8. الأنواع الأساسية لمقاطع التفريز

يُعدّ التفريز إحدى عمليات التشغيل الميكانيكي بالقطع، وثمة أنواع عديدة من سكاكين التفريز بحسب مقطع التفريز الذي يجري تشغيله .

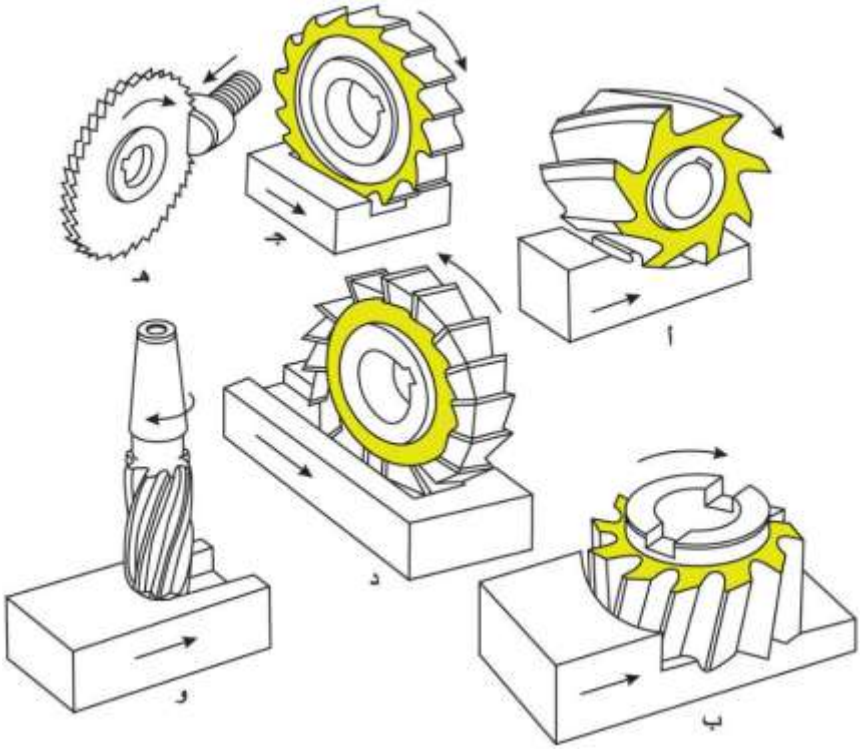
- مقطع التفريز الأسطواني: تدور أداة القطع حول محور أفقي على المشغولة المثبتة على طاولة الآلة (الشكل IV. 11أ).

- مقطع التفريز الواجهي: تدور أداة القطع حول محور عمودي على المشغولة ( الشكل 11 IV.ب). - مقطع التفريز العرضي: تدور أداة القطع حول محور أفقي، ويكون اتجاه دوران أداة التفريز معاكساً لاتجاه التغذية، ويسمى التفريز العرضي، ويُستخدم لتشغيل المجاري والأكتاف ( الشكل 11 IV.جـ).

- مقطع التفريز الجانبي: تدور أداة القطع حول محور أفقي، ويكون اتجـاه دوران أداة التفريز باتجاه التغذية، ويسمى التفريز الصعودي. ويُستخدم أيضاً لتشغيل المجاري والأكتاف، ولا تُستخدم هذه الطريقة في حالة المشغولات القاسية السطوح (الشكل IV. 11د).

- مقطع التفريز المنشاري : تدور أداة القطع حول محور أفقي، وتُستخدم لفتح الأخاديد الضيقة أو لعملية فصل المشغولة (الشكل IV. 11هـ).

- مقطع التفريز الطرفي: تدور أداة القطع حول محور شاقولي، ويعطي هذا النوع سطوحاً مشغلةً أكثر جودة. وهذه الطريقة أكثر إنتاجية، وتُستخدم لتشغيل الأكتاف (الشكل IV 11و).



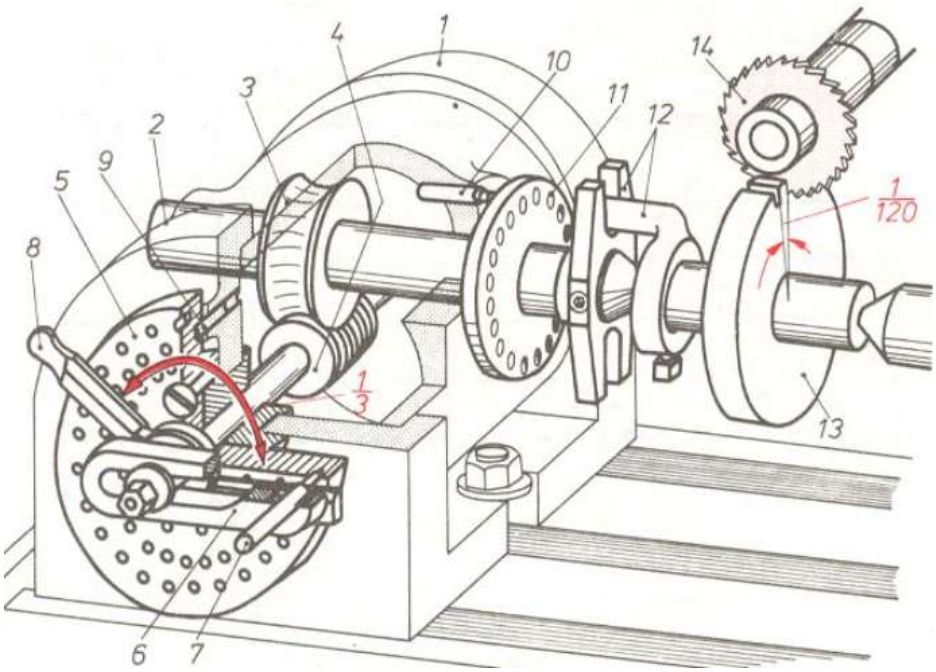
الشكل IV. 11 : الأنواع الأساسية لمقاطع التفريز

## IV. 9. تفريز ترس عدل

تعتبر التروس أحد القطع الهندسية المميزة حيث يتكرر فيها قطع تجويف السن بانتظام.ويحتاج انتظام القطع وتكرره إلى إمكانية تحريك الكتلة الأولية لمسافة محددة وثباتها على هذه الوضعية حتى إتمام قطع التجويف ثم تحريك الكتلة مرة ثانية، ويتم تكرار ذلك حتى يكتمل فتح كل تجاويف أسنان الترس. يستخدم لذلك وسيلة تثبيت خاصة تسمى جهاز التقسيم

## IV. 9. نظرية عمل جهاز التقسيم

نظرية عمل جهاز التقسيم هي: عندما تدور الدودة (4) المتصلة بالقرص المثقب (5) 40 دورة، تدور العجلة (3) المثبتة على العمود (2) دورة واحدة كاملة، بالتالي تدور قطعة الشغل (13) المثبتة في مقدمة العمود كذلك دورة واحدة كاملة، لإدارة القرص جزءا من دورة، يستخدم الخابور (7) والمقص (6 و8) ودوائر الثقوب المختلفة المتواجدة على القرص. توجد أقراص ذات دوائر ثقوب (15. 16. 17 . 18 . 19 . 20) و(21. 23. 27. 29. 31. 33) و (37. 39. 41. 43. 47. 49) (الشكل IV. 12) إذن لإدارة قطعة الشغل جزءا من دورة كاملة (يساوي المسافة من فراغ سن إلى الفراغ الذي يليه) .




الشكل IV. 12 : تركيب جهاز التقسيم وقرص به دوائر ثقوب.

يجب أن نحدد هذا الجزء عبر قسمة 40 على عدد الفراغات (الأسنان المطلوبة). يتم ضبط مسافة دوران القرص وتشغل الآلة ثم يتم التوقف وإدارة القرص للمسافة نفسها ثم تكرار القطع . القرص (11) والإصبع ( 10) يستخدمان عند القطع المتكرر البسيط، مساعد الإدارة ( 12) مهمته ضمان دوران قطعة الشغل لأنها مثبتة بين ذنبتين

**مثال :**

مطلوب إنتاج ترس عدل عدد أسنانه 18 سن باستخدام جهاز تقسيم بسيط.

الحل : عدد دورات قرص التقسيم لتحقيق المسافة بين الفراغ و الآخر = 18/40= 2 و 18/4

إذن تنفذ دورتان بواسطة مقبض الخابور، ويثبت الخابور على بعد أربعة أجزاء من المقص على امتداد دائرة الثقوب ذات 18 ثقبا.

**ملاحظة 1**

عند تكرار ذلك **18** مرة يكون القرص قد دار **40** مرة وكذلك الدودة، بينما العجلة تكون قد دارت دورة واحدة وكذلك الشغلة وبهذا يكون قد تم قطع **18** تجويف أي **18** سن.

**ملاحظة 2**

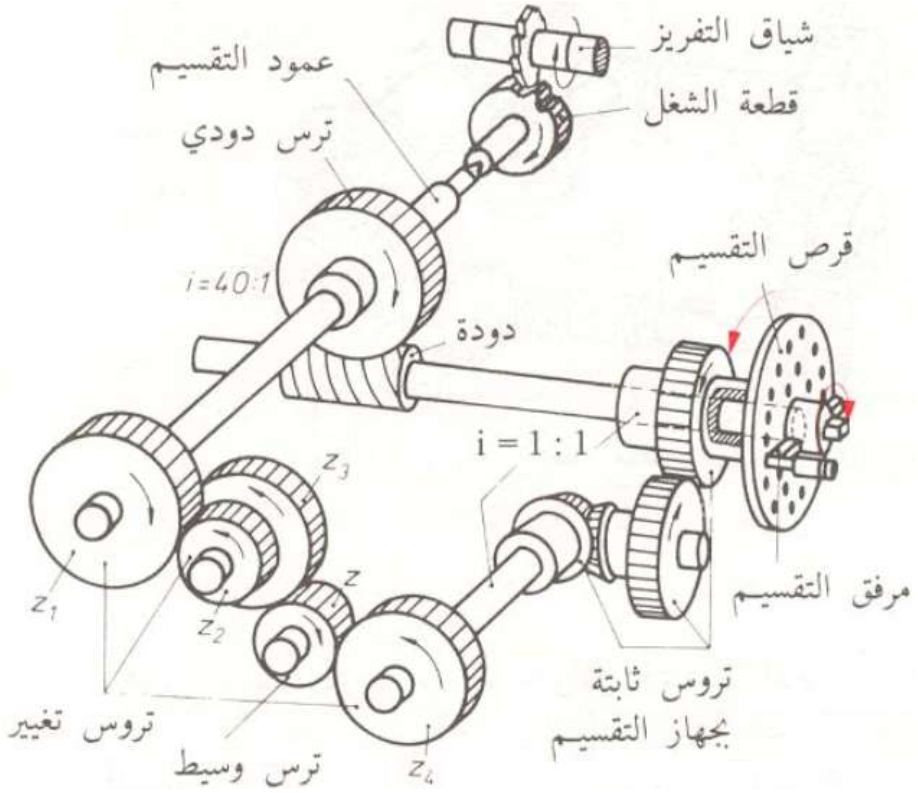
لتنفيذ $\frac{4}{12}$ ( أي التحرك مسافة أربعة أجزاء على دائرة ثقوب بها **12** ثقبة) ولعدم وجود دائرة بها **12** ثقب، تستخدم دائرة بها **27** ثقبا ونتحرك فيها مسافة **9** أجزاء، وذلك لأن :

$$\frac{4}{12} = \frac{1}{3} = \frac{1*9}{3*9} = \frac{9}{27}$$

**ملاحظة 3**

لتنفيذ ترس به 59 سن ، يتم قسمة $\frac{40}{59}$ لتحديد جزء الدورة المطلوب. ولأنه لا يوجد ناتج يمكن ضبطه على دوائر الثقوب، يستخدم جهاز التقسيم التفاضل .

تعتمد نظرية جهاز التقسيم التفاضلي على توصيل تروس خارجية $(Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z , Z_4)$ تمكن مع بقية جهاز التقسيم ، من تحقيق جزء الدورة المطلوب. الشكل IV. 13 يوضح جهاز التقسيم التفاضلي




الشكل IV. 13 : جهاز التقسيم التفاضلي.

## V. التثقيب

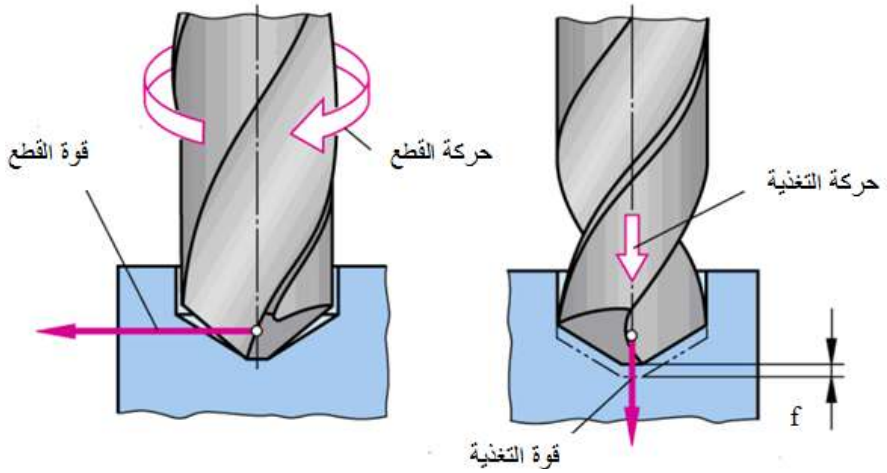
### V. 1. الثقب

#### V. 1. 1. مقدمة

يعتبر الثقب أحد الطرق التقليدية المهمة في تشغيل المعادن، ففتح ثقب في كتلة معدنية مصمتة، أو توسيع ثقب (التخويش)، أو تنعيم ثقب (البرغلة) ، وكذلك قطع لولب بداخل ثقب، عمليات لا يمكن تنفيذها ، بالأخص للأقطار الصغيرة والأعماق الكبيرة، بطريقة أخرى غير الثقب. لتنفيذ عملية الثقب، توسيع وتنعيم ثقب أو لولبة الثقب، تقوم الأداة المناسبة لكل من العمليات السابقة بتنفيذ

حركتين : الأولى هي حركة القطع الدائرية والثانية حركة التغذية المستقيمة (أي تقدم الأداة) بينما قطعة الشغل دائما ساكنة.

يلاحظ في الثقب وعملياته أن الأداة فقط هي التي تنفذ حركتي القطع ولا وجود للحركة الثالثة وهي حركة ضبط عمق القطع . فعمق القطع يحدد عندما يختار قطر المثقاب، فعمق القطع هو نصف قطر المثقاب. الشكل IV. 14 يوضح عملية الثقب.




الشكل V. 1 : عملية الثقب

هو أسلوب من أساليب التشغيل يمكننا من الحصول على سطوح أسطوانية داخلية, تنجز بواسطة أداة ذات حدين قاطعين تغوص في القطعة لنزع الجذاذة .

تستخدم عملية التثقيب لإنجاز ثقوب أسطوانية وقد تكون هذه الثقوب نافذة أو غير نافذة .

وأهم ما تتميز بها المثاقب هي قنواتها الملتوية، تصمم هذه القنوات بحيث يسهل خروج الجدادة المزالة من قطعة التشغيل.

## V. 1. 2. الآلات الممكن العمل فيها

- **ألآت التثقيب** : بإعطاء الحركات الدورا نية والانتقالية للأداة .
- **آلات الخراطة**: بإعطاء الحركة الدورانية للقطعة وحركة التقدم للأداة.
- **آلات التفريز**: بإعطاء الحركة الدورانية للأداة وحركة التقدم للقطعة ويكون

## V. 1. 3. تقنيات التراكيب في الثقب

عند الثقب: نستعمل لتثبيت القطع نفس الوسائل المستعملة في التفريز.

يحتاج للثقوب في القطع الهندسية لأغراض عدة منها: تنفيذ برشمة ، أو للربط بمسامير ملولبة ، أوللربط بخوابير أو بنوز، أولتركيب محامل تستند عليها أعمدة، أو لرفع القطع، أو لتوفير مداخل للتزييت والتشحيم وغيرها، ولذا فإن الثقب أحد العمليات الواسعة الاستخدام في تشغيل المعادن.

## V. 1. 4. المثقاب (أداة الثقب)

نتيجة لتنوع أشكال ومقاييس الثقوب تتنوع أدوات الثقب كثيرا.

أكثرها استخداما هو المثقاب الحلزوني Twist Drill ويوجد في مقاييس قياسية بأقطار من 1 - 60 مم و مقاييس خاصة من 0.1 - 0.8 مم للثقوب صغيرة القطر. تختار زوايا الجرف الكبيرة للمعادن الطرية وزوايا الجرف الصغيرة للخامات الصلبة و الصلدة. الزاوية الأمامية تكون من 116 إلى 118ء للصلب و الزهر، 120 إلى 125 لسبائك النحاس و130 إلى 140 لسبائك الألومونيوم.

زاوية اللولب تختار تبعا لمعدن قطعة الشغل ( زاوية لولب كبيرة للخامات الطرية وصغيرة للخامات الصلية).|

الشكل V. 2 يوضح أنواع عديدة من المثاقيب وموسعات الثقوب

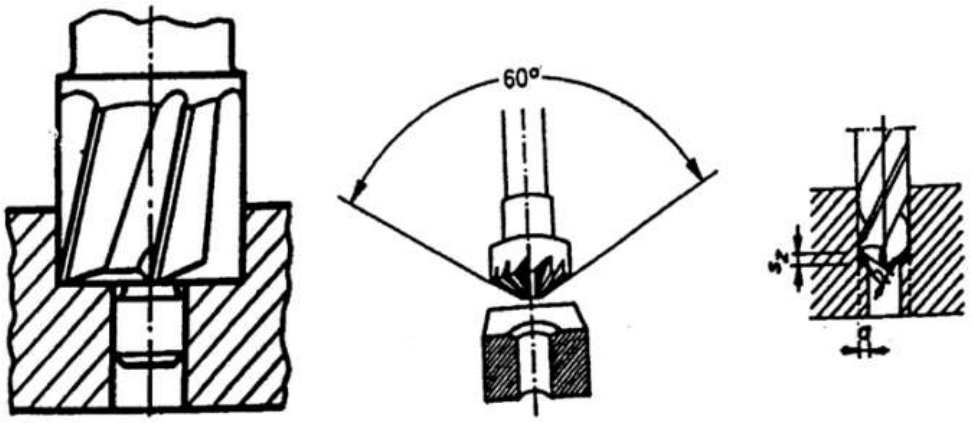
الشكل V. 2 : أمثلة لأنواع مختلفة من المثاقيب.

## V. 1. 5. توسيع الثقوب

يعتبر إنتاج ثقب واسع في كتلة مصمتة عملية غير ممكنة، لذا يجب تنفيذ ثقب صغير القطر ثم توسيعه لكي نصل للقطر المطلوب. يستخدم للتخويش (التوسيع) مخوش مخروطي بأقطار من 8 - 80 مم وبزوايا متعددة مثلا 60 لإزالة الحواف، 75 لتغطييس رؤوس البرشام وبزاوية 90 الاستقبال رؤوس المسامير الغاطسة وبزاوية 120 لطرق رؤوس البرشام. يستخدم كذلك مخوش حلزوني له أربعة مجاري حلزونية لإخراج الرائش، يمكن عبره الحصول على ثقب عالي النعومة. هناك أيضا المخوش ذو

الدليل الذي يضمن دقة التشغيل. سرعة التغذية بالتخويش أكبر منها في الثقب بمقدار 30 - 50 %،

الشكل V. 3 يوضح أنواع عمليات توسيع الثقوب.




تشذيب مقدمة ثقب توسيع ثقب توسيع مقدمة ثقب

الشكل V. 3 : عمليات توسيع الثقوب.

## VI. حركات القطع

يجب أن تقوم كل من أداء القطع و قطعة الشغل بتنفيذ متزامن لحركات محددة بسرعات مختلفة لضمان حدوث عملية القطع المطلوبة.

الحركات المقصودة هي : حركة القطع، حركة التغذية وحركة ضبط عمق القطع.

إن التشغيل بالمكنات هو تنفيذ آلى للحركات الثلاث وهي حركة ضبط عمق القطع ، وحركة القطع وحركة التغذية.

فيما يلي سيتم تعريف حركات القطع المختلفة.

### VI. 1. حركة القطع

هي الحركة الضرورية لإزالة طبقة من معدن قطعة الشغل خلال :

دورة واحدة لقطعة الشغل كما في الخراطة.

دورة واحدة للأداة كما في التفريز

مشوار واحد للأداة كما في النطح.

دورة واحدة للمثقاب كما في الثقب.

## VI. 2. حركة التغذية

هي الحركة بين الأداة وقطعة الشغل والتي تتسبب في حدوث إزالة مستمرة للمعدن بوجود حركة قطع، وهي حركة مستقيمة مستمرة في الخراطة يقوم بها قلم الخراطة المثبت على سطح العربة . وهي مستقيمة غير مستمرة في الكشط والنطح، وفي التفريز مستقيمة وتقوم بها قطعة الشغل المثبتة على منضدة الآلة، وفي الثقب تقوم بها الأداة (المثقاب).

## VI. 3. حركة ضبط عمق القطع

هي تحريك يدوي أو آلى للأداة أو قطعة الشغل ابتداء من نقطة تلامسهما لتحديد مقدار القطع المطلوب، وهي حركة تنفذ مرة واحدة لمشوار القطع المحدد. و في الخراطة يحرك القلم مع ثبات قطعة الشغل بينما في التفريز والتجليخ والكشط والنطح تتحرك قطعة الشغل مع ثبات الأداة. أما في الثقب والنشر فيعتبر اختيار الأداة هو تحديد عمق القطع وبالتالي لا توجد بهما هذه الحركة.

## VII. ظروف القطع

### VII. 1. مقدمة

يقصد بظروف القطع: سرعة القطع، سرعة التغذية، عمق القطع. يتم اختيار ظروف القطع تبعا لما يلي:

- مادة قطعة الشغل - مادة الحد القاطع - زوايا الأداة
- وجود سائل تبريد وتزليق من عدمه - عمر الأداة المتوقع

يعتبر الاختيار الصحيح لظروف القطع مهما لأنه يؤثر على كل من الإنتاجية و التكلفة و جودة المشغولات .

لقد انتشرت وتطورت المقدرة الصناعية في كثير من الدول وبالتالي ازدادت حدة التنافس لتسويق المنتجات. يعتمد النجاح على جودة المنتجات وعلى سعرها. تشكل عمليات التشغيل جزءا من تكلفة المنتجات وعاملا مهما في جودتها ومظهرها، لذا فإن الاختيار الصحيح لظروف القطع يعني البقاء بن السوق وما يعنيه من الحفاظ على مواقع العمل وتحقيق المزيد من التقدم والرفاهية.

فيما يلي سيتم توضيح أسس اختيار كل ظرف من ظروف التشغيل وتأثيره على الإنتاجية، التكلفة والجودة .

## VII. 2. سرعة القطع:[ m / min ]

تعرف سرعة القطع بأنها المسافة التي تقطعها أداة القطع بالنسبة للسطح المشغل في وحدة الزمن، و توضيحا لذلك فإن ما تقطعه نقطة محددة على سطح قطعة شغل أسطوانية في دورة واحدة، يساوي طول محيط قطعة الشغل ( 2.π . نق). بضرب محيط قطعة الشغل في عدد الدورات في الدقيقة (ن) نحصل على (2.π.نق.ن ) وهي المسافة التي قطعتها النقطة المحددة في الدقيقة ( أي نحصل على سرعة القطع و وحدتها هي م / دقيقة). تؤثر سرعة القطع على جودة المشغولات، لأنه يشترط استخدام سرعة قطع عالية للحصول على سطح ناعم وعلى دقة عالية لمقاييس قطعة الشغل. وتؤثر سرعة القطع على الإنتاجية وعلى التكلفة حيث إنها العامل الرئيس في تحديد عمر الأدوات لعلاقتها المباشرة بتولد حرارة عالية أثناء القطع. تؤدي الحرارة العالية لفقدان مادة الأداة لجزء من صلادتها وبالتالي تزايد تأكل سطح الأداة. إن كثرة التوقف لتغيير الأداة يقلل من الإنتاجية وتكرار عمليات إعادة شحذ الأدوات برفع من تكلفة الإنتاج. كذلك يؤدي استخدام أدوات تالفة إلى حدوث خشونة في السطح وخلل في دقة مقاييس قطع الشغل المنتجة.

يتم تحديد سرعة القطع من جداول مختلفة وذلك تبعا لعوامل متعددة هي:

- تختار سرعة قطع عالية عندما تتصف مادة الحد القاطع بتحملها للحرارة العالية مثل الكربيدات والسيراميك.
- .تختار سرعة قطع عالية عندما تكون مادة قطعة الشغل طرية مثل الألومونيوم
- تختار سرعة قطع عالية عند تنفيذ عمليات تشطيبية

- تختار سرعة قطع قليلة عند تنفيذ عمليات أستقرابية
- تختار سرعات قطع قليلة عند تفضيل الحصول على عمر أداة طويل.
- تختار سرعات قطع قليلة عند صفر قدرة الآلة أو قدم الآلة وكثرة اهتزازها

بعد اختيار سرعة القطع من الجداول يتم حساب سرعة دوران عمود الإدارة (N)

$$N = 1000 * Vc / \pi D$$

حيث :

Vc : سرعة القطع [m/min] N : سرعة الدوران [tr/min]

D : قطر قطعة الشغل ، أو قطر أداة القطع في التفريز، التجليخ، الثقب [mm]

$\pi$ : ثابت = 3.14

نسبة لعدم إمكانية توفر كل السرعات التي يتم حسابها فإنه يتم اختيار أقرب سرعة دوران تتوفر في الآلة. الجداول ( 2-1)، ( 2-2)، ( 2-3) توضح سرعات القطع المستخدمة عند خراطة بعض المعادن باستخدام مواد مختلفة لأدوات القطع

## VII. 3. سرعة التغذية [tr/ mm] [Feed Speed]

هي سرعة تقدم الأداة عند إكمال قطعة الشغل لدورة واحدة في الخراطة أو تقدم سكينة التفريز أو المثقاب عند إكمالهما لدورة واحدة. تؤثر سرعة التغذية على جودة المشغولات، و يشترط تغذية صغيرة جدا للحصول على سطح ناعم أو على دقة عالية للمقاييس. كما تؤثر على الإنتاجية، فإكمال مشوار القطع في زمن وجيز يعني إمكانية إنتاج قطع أكثر.

يتم تحديد سرعة التغذية تبعا لعوامل عدة مثل:

- سرعة تغذية صغيرة جدا تعطي سطع ناعماص أو مقاييس دقيقة.
- سرعة تغذية كبيرة عند تنفيذ عمليات استقرائية
- سرعة تغذية عالية عند تشغيل معدن طري مثل الألومونيوم أو الصلب منخفض الكربون
- سرعة تغذية أعلى كلما ازداد تحمل مادة الأداة الحرارة

انظر الجداول VII. 1-2-3، توضح سرعات التي يمكن اختيارها تبعا لمادة قطعة الشغل ومادة الأداة.

## VII. 4. عمق القطع [ mm]

يقصد بعمق القطع سمك أو ارتفاع الجزء الذي يزال من المعدن في دورة أو مشوار واحد ويقاس بالمليمتر. يؤثر عمق القطع على جودة المشغولات حيث يشترط عمق قطع صغير جدا للحصول على سطح ناعم وعلى دقة عالية للمقاييس، كذلك يؤثر عمق القطع على عمر الأداة ، حيث يؤدي عمق القطع الكبير إلى حدوث تآكل كبير في الأداة. تؤثر الأدوات التالفة على جودة قطع الشغل بالإضافة إلى زيادة التكلفة وزمن الإنتاج.

يراعى عند اختيار عمق القطع عوامل عدة منها:

- لتقليل زمن الإنتاج عبر تقليل مشاوير القطع ومرات ضبط عمق القطع يتم اختيار عمق قطع كبير في العمليات الاستقرابية .
- إزالة الأسطح الخشنة للمسبوكات الرملية والمطروقات في مشوار قطع واحد لتقليل تأكل الأدوات الناتج من الاحتكاك مع بقايا الرمال والقشرة الأكسيدية التي تنتج من التشكيل على الساخن.
- للحصول على أسطح ناعمة يجب أن يكون عمق القطع صغيرة جدا.

- تفاوتات عمليات التصنيع السابقة يجب وضعها في الاعتبار لتفادي مشاوير قطع إضافية أو تلف قطعة الشغل
- تسلسل مشاوير القطع حسب الشكل الهندسي لقطعة الشغل.

| عمق القطع | معدل التغذية | سرعـــــة القطـــع م / دقيقة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مم | مم / دورة | صلب طري 140 بيرنيل | | صلب 160 - 200 بيرنيل | | صلب 220 - 360 بيرنيل | |
| | | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد |
| 0.8 | 0.2 - 0.4 | 90 – 125 | 220 - 320 | 56 - 71 | 150 - 200 | 25 - 36 | 110 - 140 |
| 1.6 | 0.2 - 0.8 | 56 – 100 | 140 - 250 | 32 - 63 | 100 - 180 | 16 - 32 | 71 - 120 |
| 3.2 | 0.2 - 1.6 | 32 - 80 | 71 - 200 | 20 - 50 | 63 - 140 | 10 -- 25 | 45 - 100 |
| 4.8 | 0.2 - 1.6 | 25 - 71 | 63 - 180 | 16 - 45 | 56 - 125 | 10 -- 25 | 36 – 90 |
| 6.4 | 0.2 - 1.6 | 25 - 63 | 45 - 140 | 16 - 40 | 36 - 120 | 8 -- 20 | 25 – 80 |
| 9.6 | 0.4 - 2.4 | 16 - 45 | 40 - 90 | 10 – 25 | 32 – 80 | 6 -- 16 | 20 – 56 |
| 12 .7 | 0.4 - 3.2 | 10 -- 40 | 36 - 90 | 8 – 25 | 25 – 71 | 4-- 16 | 32 – 50 |
| 19 | 0.4 -- 3.2 | 10 -- 25 | 25 - 55 | 7 – 16 | 20 – 40 | 3 -- 8 | 20 – 50 |

الجدول VII. 1: ظروف القطع عند خراطة الصلب باستخدام أداة من الصلب سريع القطع مع التبريد ومن الكربيد بدون تبريد. عمر الأداة 90 - 120 دقيقة.

| عمق القطع مم | معدل التغذية مم / دورة | سرعـــــة القطـــع م / دقيقة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | زهر رمادي 160 بيرنيل | | زهر 200 - 160 بيرنيل | | زهر 360 - 220 بيرنيل | |
| | | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد |
| 0.8 | 0.2 - 0.8 | 63 - 90 | 110 – 160 | 32 - 50 | 71 – 120 | 20 – 32 | 63 – 100 |
| 1.6 | 0.2 - 0.8 | 50 - 80 | 100 – 140 | 25 - 45 | 63 – 110 | 16 – 25 | 56 – 90 |
| 3.2 | 0.2 - 1.6 | 32 - 71 | 63 – 140 | 20 - 40 | 45 - 90 | 10 – 25 | 40 – 71 |
| 4.8 | 0.2 - 1.6 | 32 - 63 | 63 – 125 | 16 - 32 | 36 - 80 | 9 – 20 | 32 – 71 |
| 6.4 | 0.2 - 1.6 | 25 - 63 | 56 – 120 | 16 - 32 | 36 - 71 | 8 – 20 | 25 – 63 |
| 9.6 | 0.4 - 3.2 | 20 - 40 | 36 – 80 | 9 -- 20 | 32 - 56 | 5 – 16 | 25 – 45 |
| 12 .7 | 0.4 - 2.4 | 16 - 40 | 25 – 80 | 8 -- 20 | 32 - 50 | 5 -- 10 | 20 – 40 |
| 19 | 0.4 -- 3.2 | 10 - 36 | 20 – 71 | 7 -- 20 | 25 - 45 | 4 -- 10 | 20 -32 |

الجدول VII. 2: ظروف القطع عند خراطة الزهر باستخدام أداة قطع من الصلب سريع ومن الكربيد. عمر الأداة 90 - 120 دقيقة. القطع بدون تبريد وتزليق

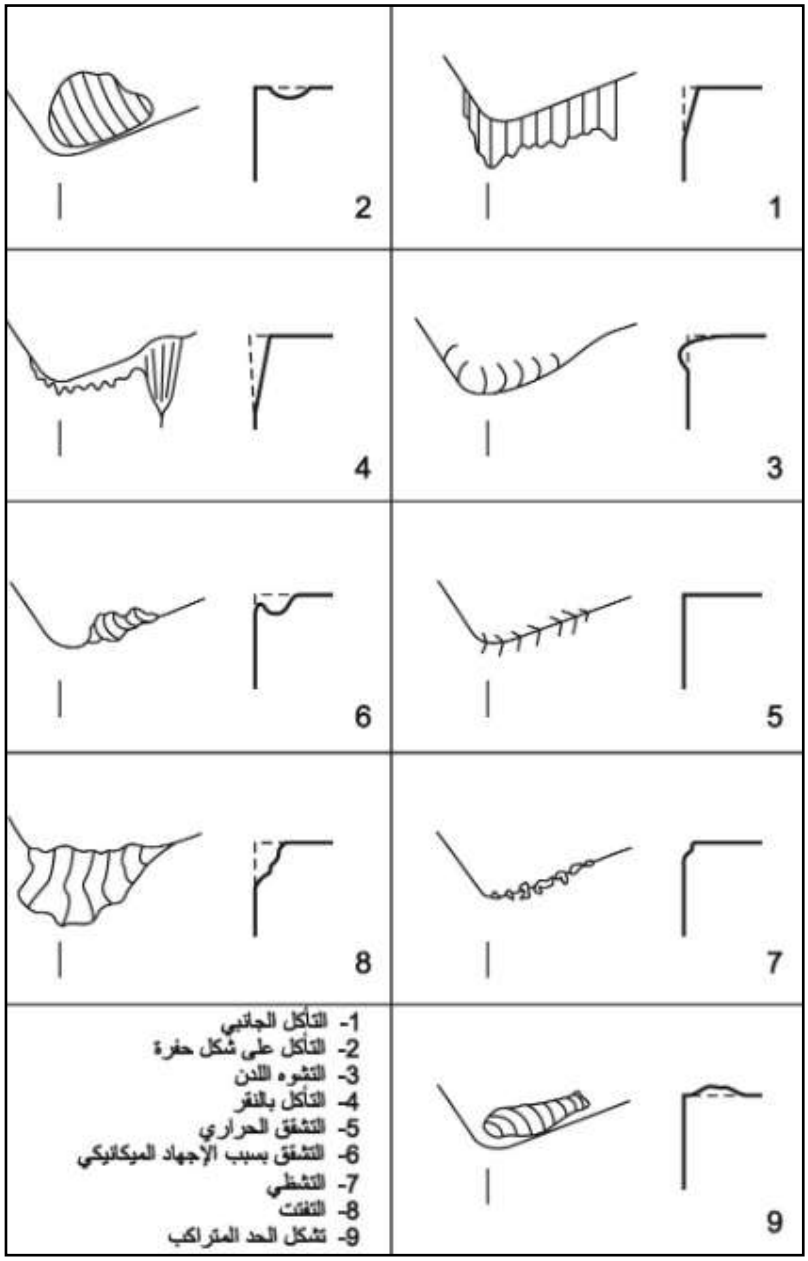
| عمق القطع مم | معدل التغذية مم / دورة | سرعـــــة القطـــع م / دقيقة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | برأس، بروتز | | نحاس ، بلاستيك، سبائك لو | | الومونيوم ، ماغنيسيوم | |
| | | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد | H.S.S | كربيد |
| o.8 | 0.1 - 0.4 | 56 - 90 | 150 - 250 | 90 - 150 | 220 - 400 | 110 – 200 | 280 – 500 |
| 1.6 | 0.1 - 0.8 | 32 - 71 | 100 - 220 | 56 - 120 | 140 - 300 | 71 – 150 | 180 – 400 |
| 3.2 | 0.1 - 1.6 | 20 - 63 | 63 - 180 | 32 - 95 | 71 - 250 | 40 – 120 | 110 – 300 |
| 6.4 | 0.1 - 1.6 | 16 - 45 | 40 - 140 | 25 - 80 | 46 - 180 | 36 – 110 | 71 – 250 |
| 9.6 | 0.1 - 2.4 | 9 -- 40 | 25 - 140 | 16 - 71 | 32 - 150 | 20 – 90 | 45 – 200 |

الجدول VII. 3: ظروف القطع عند خراطة مواد غير حديدية باستخدام أداة قطع من الصلب سريع وكربيد. عمر الأداة 90- 120 دقيقة. بدون تبريد وتزليق

## VIII. تلف الأدوات

عمر أداة القطع هو الزمن الذي تعمل فيه أداة القطع على نحو طبيعي إلى أن يتآكل الحد القاطع، ويقاس هذا الزمن بالدقائق.

تتآكل أداة قطع المعادن نتيجة الاحتكاك الحاصل بين الرايش وسطح أداة القطع وجانب أداة القطع مع المشغولة، حيث تُنتزع جسيمات مجهرية من سطح الأداة تتسبب في تحول الحد القاطع إلى رايش مجهري، إضافة إلى تشكل نقرة قريبة من الحد القاطع في منطقة مركز ضغط الرايش ذات الحرارة المرتفعة، وبمساحة تماس صغيرة نسبيا . ويوضح الشكل VIII. 1 تصنيف أنواع التآكل الذي يحصل لأداة قطع المعادن، وهو ما يجعل قطع المعدن أصعب، ويعجز القلم عن إعطاء النعومة المطلوبة لسطح المشغولة ويفقد القدرة على تشكيل الرايش بانتظام.




الشكل VIII. 1 : تصنيف أنواع التآكل الذي يحصل لأداة قطع المعادن

إضافة إلى ما تقدم تبذل جهود كبيرة لتحديد معدلات القطع وتطوير الشكل الهندسي لأدوات القطع وحواملها لتسريع زمن فك لقم القطع وتركيبها على الحوامل في عمليات الخراطة والتفريز والثقب. وقد بُذلت جهود كبيرة لزيادة عمر تلك الأدوات بتصميم أقلام قطع أكثر مقاومة للحرارة وأقل احتكاكاً للرايش مع سطح أداة القطع، وتعمل على تكسير الرايش وتوزيع الحرارة وعدم السماح

لها بالتركز في منطقة سطح الجرف، إضافة إلى الإقلال من التدفق الحراري ما أمكن باتجاه الحدود القاطعة.

وثمة مواد خاصة تمتاز بمقاومة حرارية وكيميائية عالية، تسهل انزلاق الرايش على سطح أداة القطع، وتستخدم في تلبيس اللقم الكربيدية طبقة رقيقة 2-14 مكروناً من كربيد التيتانيوم TIC أو نترات التيتانيوم TIN أوأكسيد الألمنيوم ($AL_2O_3$)، لزيادة مقاومة القلم للاهتراء وزيادة الإنتاجية وخفض كلفة التشغيل.

وكذلك مكَّن تطوير أدوات قطع معيارية واستخدامها في آلات الخراطة الحديثة وفي مراكز التشغيل مكَّن من خفض زمن التشغيل وزيادة كبيرة في الإنتاجية بزيادة عمق القطع والعمل بسرعات قطع عالية.

تتعرض أدوات القطع لأنواع متعددة من التلف يمكن تقسيمها إلى مجموعتين:

## VIII. 1. تلف لا يمكن معالجته

- الكسر بسبب تولد قوة كبيرة عند قطع أسطح صلدة أو الاصطدام بقطعة الشغل.
- التشقق بسبب تولد إجهادات ناتجة عن اختلاف معامل التمدد الطولي بين الساق والحد القاطع أو إجهادات ناتجة من لحام الحد القاطع على الإسفين.
- فقدان الصلادة وتحدث بسبب عدم جودة التزليق والتبريد مع ارتفاع درجة الحرارة المتولدة
- التفتت ويحدث للقم الكربيدية بسبب انتقال الكربون منها إلى الصلب أو إليها من الزهر وذلك في ظروف قطع معينة.
-

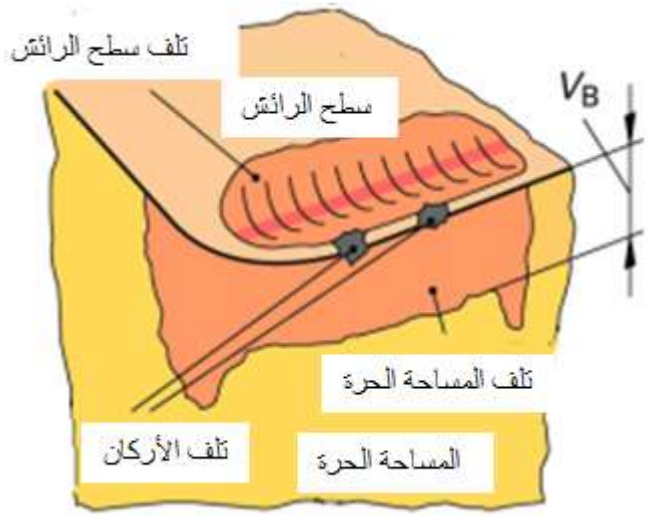
## VIII. 2. تلف يمكن معالجته

- التآكل الاحتكاكي وتوجد منه عدة أنواع منها :

- تلف المساحة الحرة ويحدث لصغر زاوية الخلوص.

- تلف المقدمة أي تحولها من حادة إلى مستديرة بسبب الاحتكاك مع قطعة الشغل.

- تلف سطح الرائش يحدث بسبب الاحتكاك مع الرائش . الشكل VIII. 2 يوضح أنواع التلف الاحتكاكي




الشكل VIII. 2 : أنواع التلف الاحتكاكي.

توجد حدود معينة، عند بلوغها بسبب التآكل الاحتكاكي، يجب إعادة تجليخ الأداة .مثلا VB في الخراطة تقع ما بين 1,2 إلى 1,6 مم لحدود القطع المربوطة. و 0,25 Cd / Cm إلى 3 0 لحدود القطع المصنوعة من الصلب سريع القطع Cd يقصد بها عمق التأكل على سطح الرائش و Cm يقصد بها بعد منتصف التآكل عن حافة الحد القاطع.

### VIII. 3. عمر الأداة

يقصد بعمر الأداة الفترة الزمنية التي تكون فيها الأداة في حالة قطع بين عمليتي إعادة شحذ. أي أن زمن الاحتفاظ بالأداة في المخزن لا يحسب ضمن عمرها، بل الوقت الذي تكون فيه الأداة مشاركة في عملية قطع، بعطي عمر الأدوات بفترات مثل 30، 60، 90، 120 180 ، حتى 480 دقيقة.

## IX. قابلية تشغيل المعادن (Usinabilité)

### IX. 1. تعريف

قابلية التشغيل هي قابلية الماكينة إلى القدرة على تصنيع مادة ما. تنطبق هذه الفكرة على الزوج مادة - أداة. إنه يشتمل على مفاهيم الأداء، ولا سيما القدرة على تحقيق الشكل المحدد في وقت معقول، ولكن أيضًا تآكل الأداة (وبالتالي عمرها الافتراضي)، واستهلاك الطاقة، وتكلفة التصنيع الإجمالية.

ولها علاقة ب :

- ✓ علم المعادن : تكوين المواد ، البنية المجهرية.
- ✓ ميكانيكي : الصلابة ، الاستطالة عند الكسر ، معدل تصلب الإجهاد.... ؛
- ✓ ترايبولوجي : الاحتكاك بين الأداة والمواد ، والتشحيم ، والتآكل ؛
- ✓ سرعة القطع **Vc**
- ✓ سرعة التغذية **f**
- ✓ عمق القطع **ap**
- ✓ الطاقة الممتصة **P**
- ✓ تدفق الرايش **D**

## IX. 2. قانون القائد دينيس

في وقت ما بعد تايلور ، وبدءًا من عام 1905 ، انخرط القائد دينيس في اختبارات منهجية على أدوات القطع.

توصل إلى الاستنتاجات التالية:

-تظل جميع ظروف القطع الأخرى كما هي ، يتغير تدفق الرايش عندما تتغير سرعة القطع.

- يظل معدل تدفق الرايش الأقصى بنفس القيمة عندما يتغير مقطع (مساحة) الرايش

فقط إذا كانت التغذية f ، عمق القطع وسرعة التآكل $V_c$ يظل مرتبطين بالعلاقة:

$$f^2 * ap * V_c^3 = Cte$$

f : سرعة التغذية

ap : عمق القطع

$V_c$ : سرعة القطع

$$f_1^2 * ap_1 * V_{c1}^3 = f_2^2 * ap_2 * V_{c2}^3 \quad (1)$$

الحالة الأولى : عمق القطع **ap** ثابت $\mathbf{ap_1 = ap_2 = Cte}$

العلاقة (1) تكتب :

$$\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = \sqrt[3]{\frac{f_2^2}{f_1^2}}$$

إذا أجرينا عمليتان تشغيل ب :

$$\mathbf{f_2 = 0.8\ mm} \quad \text{و} \quad \mathbf{f_1 = 0.1\ mm}$$

نحصل على :

$$\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = \sqrt[3]{\frac{0.8^2}{0.1^2}} = \sqrt[3]{64} = 4$$

**إذن من اجل سرعة تغذية متزايدة من 1 إلى 8 سرعة القطع تتناقص من** 4 إلى 1

الحالة الثانية : سرعة التغذية **f** ثابت $f_1 = f_2 = Cte$

$$\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = \sqrt[3]{\frac{ap_2}{ap_1}}$$

إذا اجرينا عمليتان تشغيل ب :

$ap_2 = 8\ mm$ و $ap_1 = 1mm$

نحصل على :

$$\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = \sqrt[3]{\frac{8}{1}} = 2$$

**إذن من اجل** عمق القطع **متزايدة من 1 إلى 8 سرعة القطع تتناقص من** 2 إلى 1

**الكسور :** $\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = 4$ و $\frac{V_{c1}}{V_{c2}} = 2$ هي الكسور المؤثرة على :

سرعة التغذية $S_f = 4$ و عمق القطع $S_f = 2$

من جهة أخرى اذا علمنا ان تدفق الرايش :

علاقة دونيز تكتب على الشكل التالي : $\Leftarrow \begin{cases} D = f * ap * V_c \\ f^2 * ap * V_c^3 = Cte \end{cases}$

$$(f * ap * V) * f * V_c^2 = D * f * V_c^2 = Cte$$

بالنسبة إلى نفس عمر الأداة، سيكون معدل تدفق ال رايش D هو الحد الأقصى إذا اخترنا الحد الأدنى لـ : f (سرعة التغذية) و Vc (سرعة القطع) ، وهو ما يرقى إلى القول بأنه يجب علينا دائمًا العمل بأقصى عمق للقطع المتوافق مع العمل الذي سيتم تنفيذه و استطاعة آلة الخراطة

للحصول على عمر ثابت للأداة بين عمليتي شحذ، سيتم الحصول على تدفق الرقاقة عن طريق تقليل عدد التمريرات إلى الحد الأدنى (عمق كبير) واختيار f و Vc على مخططاتنا من أجل امتصاص الطاقة المتاحة (الاستطاعة) في آلة الخراطة.

## IX. 3. قانون تايلور

تعتبر سرعة القطع أهم المؤثرات على عمر الأداة. يحسب عمر الأداة بقانون تايلور:

$$\mathbf{V.T^n = C}$$

$$\mathbf{V_1.(T_1)^n = V_2.(T_2)^n}$$

حيث؛

Vc سرعةالقطع [ m / min ].

T عمر الأداة بالدقيقة.

C ثابت **تايلور** يرمز إلى سرعة القطع التي تعطي عمر أداة = دقيقة واحدة.

n ميل منحني عمر الأداء وسرعة القطع وتختار قيمتها تبعا لمادة الحد القاطع

| مادة الأداة | صلب سريع القطع | كربيد | سيراميك |
|---|---|---|---|
| n | 0.5 - 0.1 | 0.25- 0.2 | 1- 0.6 |

## IX. 3. 1. أمثلة على عمر الأداة :

### IX. 3. 1. 1. المثال الاول

عند خراطة قضيب من الصلب قطره D=50 مم استخدمت سرعة دوران N تساوي 284 لفة / دقيقة وحدث تلف استدعى تغيير الأداة بعد 10 دقائق، غيرت سرعة الدوران N إلى 232 دورة / دقيقة وحدث التلف بعد 60 دقيقة بافتراض علاقة خطية بين سرعة القطع وعمر الأداة، ما هي سرعة القطع التي تضمن عمرة للأداة يبلغ 30 دقيقة؟ وما هي سرعة الدوران حينئذ؛

**الحل:**

تحدد في البداية سرعة القطع تبعا لقطر قطعة الشغل وسرعة الدوران

سرعة القطع بعد T = 10 دقائق (V10)

$$\mathbf{V10} = \frac{\mathbf{3.14}*\boldsymbol{D}*\mathbf{1N}}{\mathbf{1000}} \left(\frac{\text{مترد}}{\text{دقيقة}}\right) = \mathbf{44,588} \frac{\text{مترد}}{\text{دقيقة}}$$

سرعة القطع بعد T = 60 دقيقة (V60)

$$\mathbf{V60} = \frac{\mathbf{3.14}*\boldsymbol{D}*\mathbf{1N}}{\mathbf{1000}} \left(\frac{\text{مترد}}{\text{دقيقة}}\right) = \mathbf{36,424} \frac{\text{مترد}}{\text{دقيقة}}$$

حسب المعادلة: لدينا

$C = V.T^n$: اي $V1.(T_1)^n = V2.(T_2)^n$ ومنه

إذن $\frac{V10}{V60} = (\frac{T60}{T10})^n$

$\frac{~~44~~836}{,424} = (\frac{T60}{T10})^n$

$1{,}224=6^n$ نحصل على $n = 0{,}113$

$V.T^n=C = 44{,}588x10^{0{,}113}= 44{,}588x1{,}297= 57{,}84$

أو

$V.T^n=C = 36{,}424x60^{0{,}113}= 36{,}424x1{,}588 = 57{,}84$

$V_{30}.T^n = C$ $V_{30} = C./T^n = 57{,}84/30^{0{,}113}=57{,}84/1{,}468 = 39{,}400$ متردقيقة

أي $V_{30} = 39{,}400$ متردقيقة

اذن سرعة القطع التي تضمن تحقيق 30 دقيقة عمرا للأداة تبلغ **39,4** م / د.

**حساب سرعة الدوران** $N = \frac{1000*V}{3.14*D} = \frac{1000*39{,}4}{3.14*50}$ = 251 دورة / دقيقة

سرعة الدوران N = 251 دورة / دقيقة

## IX. 3. 1. 2. المثال الثاني

نجري تجربتين (خرط طولي) لقطعة من الصلب المصنوع من XC40 لنحصل على نتائج تلف الأداة Vb بدلالة الوقت T (Vbmax=0.3 mm) .

شروط القطع:

## التجربة الاولى

**Vc1**=200m/ mn, **f**=0,2mm/tr, **ap**=0,5mm **Pm**=6Kw,

[Vbmax=0.3 mm], K = 2300 N/mm$^2$

(K يؤخذ حسب نوعية المادة)

## التجربة الثانية

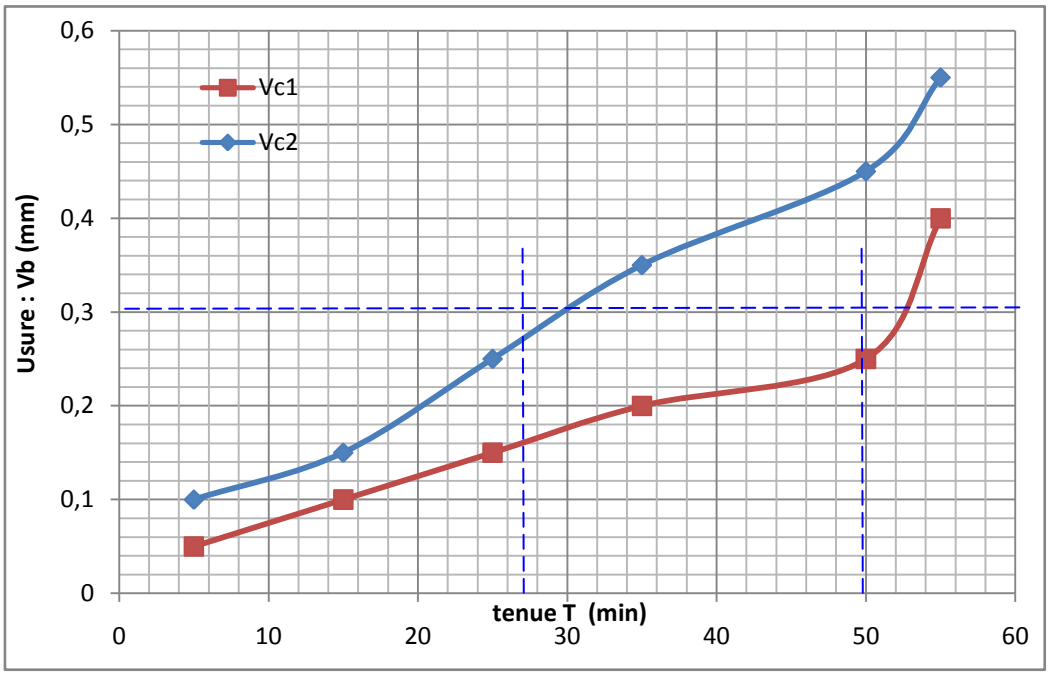
**Vc2**=450m/ mn, **f**=0,2mm/tr, **ap**=0,5mm **Pm**=6Kw,

[Vbmax=0.3 mm], K = 2300 N/mm$^2$

| f (T) = Vb التجربة الأولى | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Essai* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T, mn | 5 | 15 | 25 | 35 | 50 | 55 |
| Vb, mm | 0.05 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.40 |

| f (T) = Vb التجربة الثانية | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Essai* | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| T, mn | 5 | 15 | 25 | 35 | 50 | 55 |
| Vb, mm | 0.1 | 0.15 | 0.25 | 0.35 | 0.45 | 0.55 |

### IX. 3. 1. 2. 1. رسم المنحنين Vb = f(t) (الشكل IX. 3)




الشكل IX. 3 : Vb = f(t)

### IX. 3. 1. 2. 2. حساب عمر الأداة من أجل السرعات Vc1 و Vc2

Vc1 = **200** m/min و Vc2 = **450**m/min.

من أجل $Vc_1$ = 200 m/min لدينا t = 52.66 min

من أجل $Vc_2$ = 450 m/min لدينا t = 30 min

### IX. 3. 1. 2. 3. حساب ثابت تايلور

أولا حساب ميل منحني عمر الأداء n

$$\mathbf{n} = \frac{Ln\,Vc2 - Ln\,Vc1}{Ln\,t1 - Ln\,t2} = \frac{Ln\,450 - Ln\,200}{Ln\,52.66 - Ln\,30} = 1{,}441$$

$$n = 1,441$$

حساب ثابت تايلور C من أجل ( $t_1$،$Vc_1$ ) و( $t_2$،$Vc_2$ )

$$C = Vc_1.t_1^{n} = Vc_2.\ t_2^{n} = 450.30^{1,441} = 60498,5$$

$$C = 60498,5$$

### IX. 3. 1. 2. 4. كتابة الصيغة الرياضية لتايلور

$$Vc_1.t_1^{n} = Vc_2.\ t_2^{n} = C \text{ (ثابت)}$$

Vc: سرعة القطع (م/دقيقة)

t: عمر الاداة(دقيقة)

C: ثابت تايلور

### IX. 3. 1. 2. 5. حساب عمر الأداة من أجل السرعة م/دقيقة Vc=180

السرعة Vc = 180 م/دقيقة توجد خارج المجال [200-450] إذن السرعة لا تؤخذ بعين الاعتبار و منه لا يمكننا حساب عمر الأداة من اجل هذه السرعة.

### IX. 3. 1. 2. 6. حساب عمر الأداة من أجل السرعة م/دقيقة Vc=400

السرعة Vc = 400 م/دقيقة توجد داخل المجال [200-450] إذن يمكننا حساب عمر الأداة من اجل هذه السرعة.

$$Vc = 400 \quad n = 1,441 \quad C = 60498,5 \text{ و } V.t^{n} = C$$

$$400.t^{1,441} = 60498,5 \quad \rightarrow \quad t^{1,441} = \frac{60498,5}{400} = 151,2$$

$$1{,}441.\text{Ln } t = \text{Ln } 151{,}2 \rightarrow \text{Ln } t = \frac{5}{1{,}441} = 3.48$$

$$\rightarrow t = 32.45 \text{ min}$$

### IX. 3. 1. 2. 7. حساب سرعة القطع من اجل عمر اداة t = 38 min

$$Vc.t^n = C \rightarrow V.38^{1.441} = 60498{,}5 \rightarrow V = \frac{60498{,}5}{189} = 320 \text{ m/min}$$

$$Vc = 320 \text{ m/min}$$

### IX. 3. 1. 2. 8. حساب قوة القطع Fc

$$Fc = K.S \quad (\text{S المساحة المشغلة})$$

$$S = f.ap \rightarrow Fc = K.f.ap$$

$$(K = 2300 \text{ N/mm}^2 ; f = 0.2 \text{ mm} ; ap = 0.5 \text{ mm})$$

$$Fc = 2300.0{,}2.0{,}5 = 230 \rightarrow Fc = 230 \text{ N}$$

### IX. 3. 1. 2. 9. حساب الاستطاعة(القدرة) الكافية للقطع

في هذه الحالة نأخذ السرعة القسوى و هي Vc = 450 m/min

$$Pc = F.Vc ;$$

$$Pc = 230x450/60 = 1725 \text{ W},$$

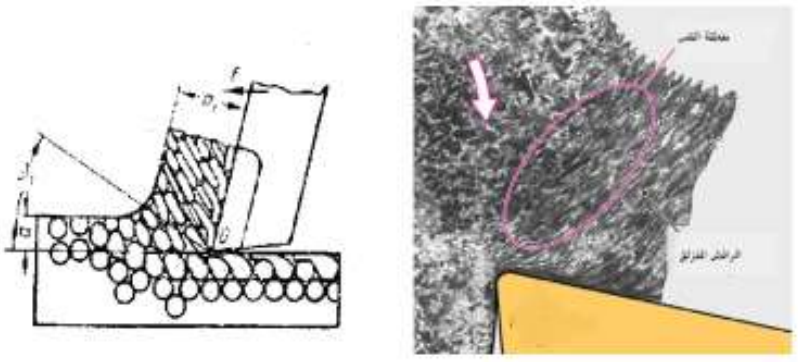
بما أن Pc=1725W و استطاعة الآلة Pb = 6000 W ادن يمكننا القطع لان Pc اصغرمن Pb

(l'usinage est possible)

## X. تكون الرائش

عند ملامسة أداة القطع، التي تم ضبطها على عمق قطع محدد، لمعدن قطعة الشغل، يحدث لجزء المعدن الملامس للحد القاطع تشكل مرن ، يتبعه مباشرة تشكل دائم، وبازدياد ضغط الحد القاطع تتعدى إجهادات القص المتولدة أعلى مقاومة قص المعدن قطعة الشغل ومن ثم يبدأ حدوث القص في مستوى يسمى مستوى القص ويستمر حتى انفصال جزء من المعدن هو الرائش. يميل مستوى بزاوية القص ويعتمد مقدارها على زاوية الجرف بالأداة وعلى نوع مادة قطعة الشغل بانفصال الرائش يتكرر ضغط الأداة على منطقة جديدة ويتكرر الانفصال وبالتالي تحدث إزالة مستمرة، يشترط لحدوث واستمرار القطع، أن تكون صلادة الحد القاطع أعلى من صلادة معدن قطعة الشغل.

الشكل X. 1 يوضح عملية القطع

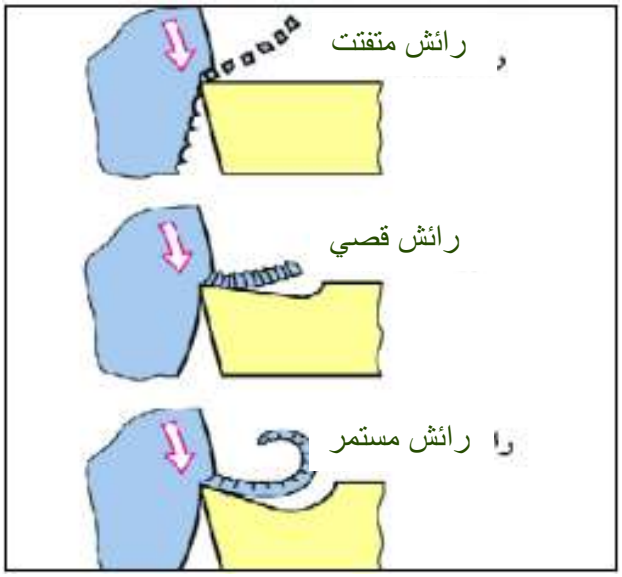


الشكل X. 1 : عملية القطع

## X. 1. أنواع الرايش

تختلف أنواع الرائش تبعا لمادة قطعة الشغل و سرعة القطع وزاوية الجرف (الشكل VIII. 5 ).

توجد تبعا لمراجع متعددة ثلاثة أنواع من الرائش، يمكن حصرها فيما يلي: رائش متفتت ، رائش قصي و رائش مستمر. الشكل IX. 2 يوضح أنواع الرائش.




الشكل IX. 2 : أنواع الرائش الشكل

## X. 2. الحرارة المتولدة

نتيجة لاحتكاك أداة التقطع بقطعة الشقل وكذالك احتكاك الرائش الناتج بسطح الأداة والشقل المبذول في تنفيذ القطع، وتتولد حرارة عالية تبلغ > 550 من أعلى مناطق تأثيرها الشكل (1. 6) يوضع مناطق التأثر الحراري و أداة القطع.

تتسبب هذه الحرارة العالية في إضعاف صلادة الحد القاطع وبالتالي زيادة التآكل الناتج عن الاحتكاك مما ينقص من عمر الأداة. و يترتب على نقص عمر الأداة كثرة التوقف لتغييرها و تركيب أخرى سليمة ، يعني ذلك زيادة الزمن الكلي للقطع أي ضعف الإنتاجية. كذلك يعني نقص عمر الأداة، كثرة عمليات إعادة الشح مما يزيد من تكلفة الإنتاج بدخول تكلفة عامل التجليخ وأداة و الة التجلية لمواجهة تأثيرات الحرارة المتولدة يستخدم التبريد و التزليق . وكذلك تم تطوير مواد قطع تتحمل الحرارة المالية مثل الكربيدات والسيراميك ...، وبالتالي تضمن التشغيل بسرعات قطع عالية، تكون الأساس في الحصول على سطح ناعم وكذلك سرعات تقنية عالية تكون الأساس التقليل من القطع إن استخدام التبريد والتزليق وعادة قطع تحمل الحرارة المالية، شرطان ضروريان لضمان رفع الإنتاجية وتحقيق جودة عالية

## X. 3. التبريد والتزلييق

يقصد بالتبريد سحب الحرارة المتولدة وذلك عبر تسليط ماء على منطقة القطع و يقصد بالتزليق تحسين انسياب الرائش على سطح الإسفين غير تقليل الاحتكاك بواسطة رش منطقة القطع بزيت. التنفيذ العمليتين معا يتم خلط الزيت بالماء ولتحسين عملية التصاق الزيت بسطح قطعة الشغل يضاف لهما الكبريت، إن وجود التبريد والتزليق يمكن من رفع سرعتي القطع والتغذية مع ضمان عدم تقليل عمر الأداة، أي نحقق جودة التشغيل، تقليلا للتكلفة وزمنا قليلا لتشغيل القطعة توجد مجموعتان من المزلقات هما:

- ✓ الزيوت والشحوم الطبيعية وتمتاز بجودة تزليقها ولكن يعيبها ازدياد لزوجتها عند تعرضها لحرارة عالية
- ✓ الزيوت المعدنية ويميزها عدم تأثرها بحرارة القطع ولكنها أقل جودة في التزليق

يتم استخدام التبريد والتزليق تبعا لمعدن قطعة الشغل ولظروف التشغيل، فالزهر يشغل دائما بدون تبريد وتزليق و النحاس والألومونيوم يستخدم التبريد والتزليق عند تشغيلهما بسرعات قطع وتغذية عاليتين وعمق قطع كبير، أما الصلب فإنه يشغل دائما مع وجود تبريد وتزليق مهما تنوعت ظروف القطع.

ولضمان وصول سائل التبريد والتزلييق المنطقة القطع يفضل توجيه السائل من أسفل أو استخدام أدوات قطع بتجاويف خاصة توجه السائل المنطقة القطع.

## X. 4. أثر سوائل التبريد في أداة القطع

تتولد في أثناء عملية القطع كميات كبيرة من الحرارة تؤدي إلى تسخين الحد القاطع ونقصان قساوته ثم تأكله. وللتقليل من سرعة تأكل الحد القاطع وزيادة مدة خدمته تُستخدم سوائل التبريد المخصصة لإنقاص الحرارة في منطقة تشكل الرايش، وفي حال كانت سوائل التبريد ذات خواص تزليقيّة، فإنها تقلل الاحتكاك بين القلم و الرايش وبين القلم والمشغولة، ومن ثَمَّ تُخفّض كمية الحرارة الناتجة من الاحتكاك بتسهيل انزلاق الرايش على سطح القلم القاطع ويكون تأكل حد القلم القاطع أبطأ.

تُستخدم عدة أنواع من سوائل التبريد والتزييت في أثناء عملية التشغيل، ويُحدَّد نوع سائل التبريد وغزارته بحسب نوع عملية التشغيل ونوع أداة القطع ونوع معدن القطعة المشغلة، وكذلك معدلات القطع المستخدمة (من سرعة وتغذية وعمق القطع). وهناك مجموعتان من سوائل التبريد:

-المحاليل المائية : تمتاز بخواص تبريد جيدة، وتنحصر عملية التبريد في امتصاص حرارة القطع وخفضها، ومنها محلول كربونات الصوديوم ويحوي 3-5 % صودا.

-المحاليل الزيتية المحتوية على الزيت المكبرت (سولفاتيزول) وهي زيوت معدنية معاملة بمجموعة السلفونيك. يُفضّل التبريد بتوجيه تيار خفيف من المستحلب المائي بضغط لا يزيد على 30 كغ/سم$^2$ عبر فتحة صنبور ضيق من جهة السطح الخلفي للقلم (على نقطة تحرك الرايش). ولا يُستخدم التبريد عند تشكيل المعادن الهشة كحديد الزهر.

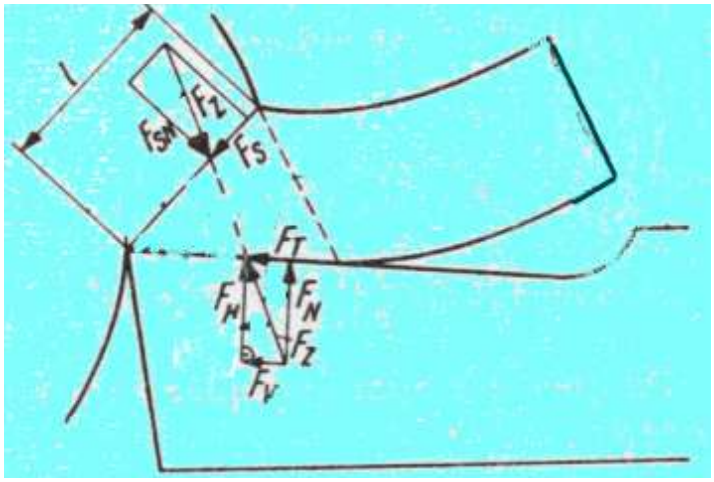
يمكن تحسين خواص سوائل التبريد والتزييت بإضافة كميات قليلة (0.01-0.1%) من مواد نشطة سطحياً حيث يمكنها زيادة قدرة التزييت. ومن هذه المواد: حامض الأستاريك، حامض الزيتيك، الحامض النخيلي وغيرها، مع إضافات أخرى من مواد عضوية كالفلور أو الكروم أو اليود.

## XI. قوة القطع

### XI. 1. مقدمة

قوة القطع الكلية Fz: هي محصلة القوة الضرورية لتعدي مقاومة المعدن للقص و Fs والقوة الناتجة عن احتكاك الرائش وقطعة الشغل بأداة القطع Fsn و يتضح أن العاملين الرئيسيين في تحديد مقدار قوة القطع هو نوع مادة قطعة الشغل وزوايا الأداة بالأخص زاوية الجرف والتي تحدد مقدار زاوية ميل مستوى القص Φ ، زاويتي الخلوص والجرف الجانبي اللتين تؤثران في مقدار الاحتكاك.

الشكل XI. 1 يوضح القوى المذكورة واتجاهات تأثيرها.




الشكل XI. 1: نشوء قوة القطع.

إن تحديد قوة القطع ضروري من أجل

**أ)** حساب قدرة الآلة و بالتالي اختيار الآلات المناسبة لورشة أو مصنع ما، وكذلك معرفة الآلة المناسبة لتنفيذ عملية تشغيل معينة.

**ب)** تصميم أدوات القطع بمتانة كافية لتتحمل القوى التي ستتعرض لها أثناء القطع.

**ج)** تصميم آلات القطع بجساءة كافية لتحمل القوى والاهتزازات الناتجة.

**د)** تصميم مثبتات قطع الشغل وخاصة لعمليات التفريز بحيث تقوم بتثبيت قطعة الشغل بقوة لا تسمح بتحركها تحت تأثير قوى القطع.

يجب ملاحظة أن قوة القطع غير ثابتة بسبب تأثير عوامل مثل حدوث تلف بالأداة، تواجد اهتزازات ناتجة عن آلات مجاورة، تواجد مناطق مختلفة الصلادة بأسطح القطع المسبوكة وتكون حد قاطع إضافي. لذا يجب وضع احتياطيات لتلك الزيادة المتوقعة في قوة القطع عند تصميم أدوات القطع ومثبتات قطع الشغل.

## XI. 2. حساب قوة القطع

يعتمد حساب القوة على فكرة تحديد قوة القطع النوعي، أي القوة الضرورية لقطع 1 مم$^2$ وضربها في مساحة مقطع الجزء المطلوب قطعه.

قام عدد من علماء مثل : Richter, Kronenberg, Taylor, Merchant and Kinziele بتحديد قيمة القطع النوعي لمواد مختلفة و ذلك في تجارب عملية يتم فيها استخدام نفس ظروف القطع، أي نفس سرعة القطع، وسرعة التغذية، وسمك عرض الرايش ، ومادة الحد القاطع ، وزوايا الأداء، والتبريد والتزليق.

تبعا ل Kinziele يتم حساب قوة القطع كما يلي:

$$\mathbf{F_c = b.h.k_s}$$

$$\mathbf{k_s = k_{s11}/h^z}$$

حيث

b :هي عرض الرايش بالمم$^2$ h هي سمك الرايش بالمم.

$k_{s11}$ هي قوة القطع النوعي عندما سمك الرايش = 1 مم وعرض الرايش = امم$^2$.

تؤخذ قيم $k_{s11}$ و z من الجدول XI. 1.

| $K_{s1.1}$ $kp * mm^{-2}$ | z | الصلابة أو الصلادة $[kp * mm^{-2}]$ | مـادة قطعة الشـغل |
|---|---|---|---|
| 176 | 0.17 | 50 | صلب طري 42 |
| 199 | 0.26 | 52 | صلب طري 50 |
| 211 | 0.17 | 62 | صلب طري 60 |
| 222 | 0.14 | 67 | صلب عالي الكربون ck 45c,45 |
| 213 | 0.18 | 77 | صلب عالي الكربون ck 60c,60 |
| 210 | 0.26 | 77 | صلب سبائكي16Mn Cr 5 |
| 225 | 0.3 | 63 | صلب سبائكي18Cr Ni 6 |
| 224 | 0.21 | 60 | صلب سبائكي34Cr Mo 4 |
| 250 | 0.25 | 73 | صلب سبائكي42 Cr V 4 |
| 174 | 0.24 | 94 | صلب سبائكي55 NiCrMoV 6 |
| 192 | 0.24 | HB 352 | معالج 55NiCrMoV 6 |
| 255 | 0.18 | 60 - 70 | صلب مقاوم للصدأ |
| 332 | 0.22 | | صلب منجنيزي صلد |
| 160 | 0.17 | 30 - 50 | صلب سبائكي 45 |
| 205 | 0.19 | Rc 46 | زهر أبيض |
| 95 | 0.2 | hB 200 | زهر رمادي - 15 |
| 116 | 0.25 | HB 200 | زهر رمادي 25 |
| 65 | 0.24 | | نحاس أحمر |
| 78 | 0.19 | HB80 - 120 | نحاس أصفر |
| 65 | 0.24 | HB30 - 42 | الومونيوم مسبوك |

$Kp/mm^2$ كيلو باوند على المليمتر مربع و تساوي $10N/mm^2$

الجدول XI. 1 : قوة القطع النوعي عند خراطة معادن مختلفة

## XI. 3. حساب قدرة القطع

تحسب قدرة القطع $P_c$ بالقانون :

$$P_c = F_c \cdot V$$

حيث، V سرعة القطع [ m / min ] Fc المركبة المماسية لقوة القطع [N] .

القسمة على 60 تهدف لتحويل الدقيقة لساعة وعلي 102 لتحويل النيوتن إلى وات.

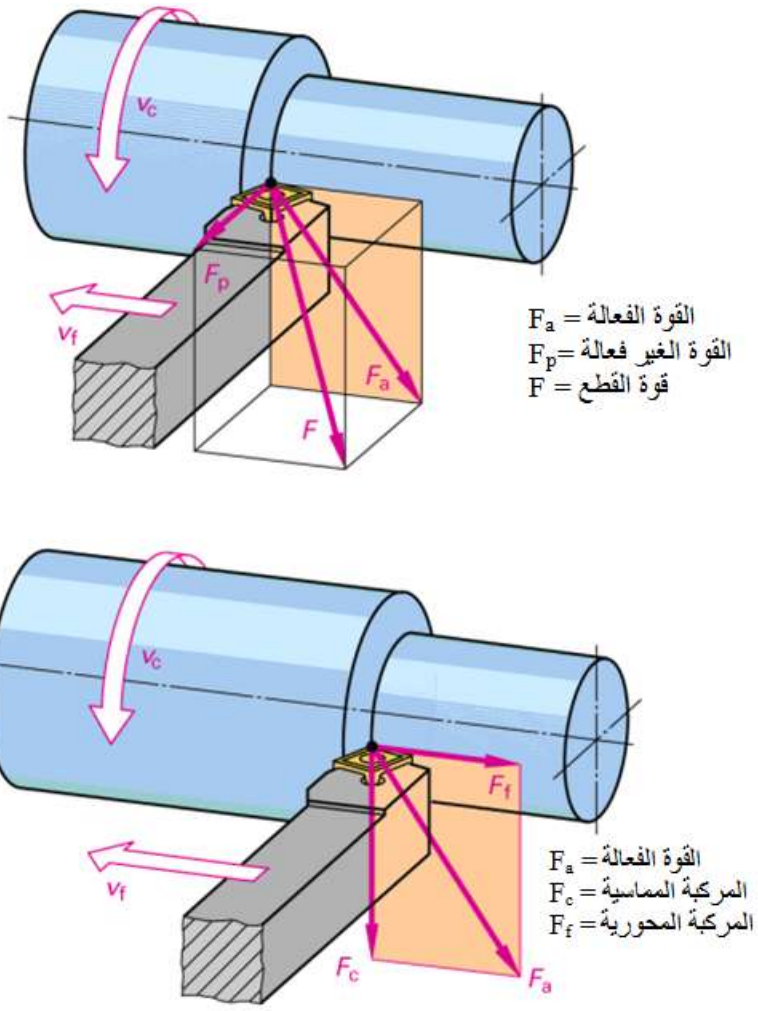
نتيجة لضياع جزء من قدرة الآلة في تحريك أجزائها وفي الاحتكاك الذي ينتج بينها ، فإن قدرة الآلة يجب أن تكون أكبر من قدرة القطع. لذا فإن قدرة الآلة تحسب بمراعاة معامل استغلال القدرة $\eta$ كما يلي:

$$P_{motor} = Pc / \eta \quad [kw]$$

تختار قيمة $\eta$ بين 0.7 و 0.9 تبعا لعمر الآلة ومستوى صيانتها.

## XI. 4. مركبات قوة القطع

يتضح من الشكل XI. 2 أن قوة القطع الكلية F تؤثر على سطح الأداة بزاوية غير قائمة ، أي يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات تعمل في ثلاثة اتجاهات متعامدة على بعضها البعض الشكل XI. 1 يوضح الاتجاهات الثلاثة و التي تنتج من تحليل القوة الكلية F إلى $F_s$ و $F_p$ ثم تحليل $F_s$ إلى $F_F$ و $F_c$




الشكل XI. 2 : مركبات قوة القطع.

حيث :

Fc هي المركبة المماسية وتشكل تقريبا % 67 من قوة القطع الكلية، تعمل هذه القوة على حني القلم إلى أسفل ورد فعلها يعمل على دفع قطعة الشغل لأعلى . لذا يجب توفر متانة كافية في أداة القطع ويجب ألا تبرز كثيرا من حامل القلم ويجب أن يكون تثبيت قطعة الشغل كافية لمنع فك قطعة الشغل أو اهتزازها.

$F_p$ هي المركبة القطرية وتشكل تقريبا 27% من قوة القطع الكلية. تعمل هذه القوة على دفع أداة القطع بعيدا عن قطعة الشغل ورد فعلها يمكن أن يحني قطعة الشغل. القطع ذات الطول الحرج أي التي طولها $\leq 12$ قطرها يمكن أن تحنى تحت تأثير هذه المركبة ولذا يجب إسناد قطعة الشغل بالقرب من منطقة القطع وذلك باستخدام مسند متحرك (خناقة متحركة) أو مسند ثابت.

$F_f$ هي المركبة المحورية وتشكل تقريبا 6% من قوة القطع الكلية. تعمل هذه القوة على إعاقة تقدم أداة القطع و رد فعلها يعمل على فك قطعة الشغل من تثبيتها.

## XI. 5. العوامل المؤثرة على قوى القطع

هناك عوامل كثيرة تؤثر على قوى القطع يمكن إيجازها فيما يلي:

ا) عند زيادة عمق القطع تزيد المركبة المماسية لقوة القطع.

ب) عند زيادة سرعة التغذية تزيد المركبة المماسية.

ت) عندما تزيد زاوية الجرف تنقص كل مركبات قوة القطع.

ث) عند زيادة زاوية الخلوص يقل الاحتكاك، و بالتالي تقل قوى القطع.

ج) عند زيادة سرعة القطع ترتفع درجة الحرارة وبالتالي يقل معامل الاحتكاك بين قطعة الشغل والرائش وأداة القطع مما ينقص من قوة القطع الكلية.

ح) عند استخدام تزليق يقل الاحتكاك وبالتالي تقل قوة القطع الكلية .

خ) المواد ذات مقاومة القص العالية تزيد من قوة القطع الضرورية لتنفيذ عملية القطع.

## XII. خشونة الأسطح

### XII. 1. مقدمة

تعد عمليات التشغيل من أهم عمليات التصنيع الأساسية ، إذ أن عمليات التصنيع الأساسية تتضمن عمليات التشكيل، التي تتمثل بعدم إزالة رايش مثل البثق والدرفلة والسحب وعمليات التشغيل التي تتمثل بإزالة جزء من المادة على شكل رايش مثل الخراطة والتفريز والقشط، وتصرف الملايين من الدورات سنويا على الانجاز الدقيق والنوعي لمنتجات عمليات التصنيع بشكل عام، وأصبح الاهتمام كبيرا بنوعية الإنتاج إضافة إلى كميته من خلال التركيز على طرق التصنيع العلمية التي تستند على التجربة والتحليل والتطابق مع رغبة المستهلك المطلوبة، وفي واقع الأمر ، فأن عمليات التصنيع بشكل عام يمكن أن تتغير من فترة إلى أخرى تبعا للحاجات الآنية للمستهلك اعتمادا على التغيير النوعي في خواص المشغولات الناتجة من تغييرات علمية في جودة الإنهاء السطحي إضافة الى خواص المنتج الأخرى مثل المتانة ومقاومة التآكل وغيرها.

لذا اهتم الباحثون في مجال عمليات التصنيع اهتماما كبيرا بمتغيرات عمليات التشغيل الميكانيكي وظروف التشغيل مثل سرعة القطع ومعدل التغذية وعمق القطع إلى جانب الاهتمام باختيار نوع عدة التشغيل ذات العمر الأطول، وقدرة أدوات التشغيل على الإنتاجية النوعية بما يقلل من كلف الإنتاج ويزيد من الفترة الزمنية لاستخدام منظومات القطع ذات العلاقة بعملية التشغيل ، الأمر الذي أدى إلى زيادة في عدد البحوث العلمية في مجال تشغيل المعادن خلال القرنين الأخيرين بهدف الوصول إلى الفهم الصحيح لأساسيات التشغيل.

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

وقد أثبتت الخبرة العملية عدم إمكانية تصنيع أسطح ذات نعومة مطلقة مهما كانت دقة و إمكانيات الآلات الحديثة المستخدمة في التشغيل. فإذا أخذنا أحد المشغولات و قمنا بفحص أحد أسطحه تحت مجهر ذي درجة تكبير عالية، سترى أن لهذا السطح تضاريس ، أي قمم و منخفضات و أخاديد قد لا نشعر بوجودها بالعين المجردة أو بمجرد إمرار اليد على هذا السطح، وهذا يثبت أن استواء السطح ليس مطلقا بل لابد من وجود بعض الانحرافات الطفيفة و التي تكون خشونة الأسطح أحد مظاهرها.

## XII. 2. تصنيف عدم استواء الأسطح

تختلف أشكال و أبعاد انحرافات الأسطح و التي تؤدي إلى عدم استوائها تبعا لمتغيرات متعددة مثل نوع الخامة المستخدمة وطريقة التثبيت و دقة ماكينات التشغيل وغير ذلك من العوامل الأخرى، ويمكن تقسيم عدم استواء الأسطح إلى ما يلي تبعا لأشكالها المختلفة الموضحة بالشكل XII. 1.

### XII. 2. 1. الحيود

و هو يعني الانحراف أو عدم الاستواء في الأشكال المسطحة و عدم الاستدارة في الأشكال الأسطوانية، كما يظهر ذلك في الشكل XII. 1. أ و ينشأ هذا النوع نتيجة لوجود خلوص بين المسارات الدليلية للأدلة الانزلاقية بماكينات التشغيل، أو لانحناء الماكينة أو المشغولة نتيجة عدم التثبيت الأمثل للمشغولة، إلى جانب احتمالية وجود عيوب أو تشوه بالتصليد في الخامة المستخدمة.

### XII. 2. 2. التموجات

يوضح الشكل XII. 1. ب هذه النوعية من عدم استواء الأسطح و التي تنتج من الدوران غير المنتظم، أو للاهتزازات الزائدة الأعمدة ماكينات التشغيل، أو لحدوث أخطاء في تثبيت المشغولة. و يتراوح طول هذه التموجات بين 1 مم ، 25 مم وارتفاعها بين 0.02 مم ، 0.05 مم.

### XII. 2. 3. الأخاديد

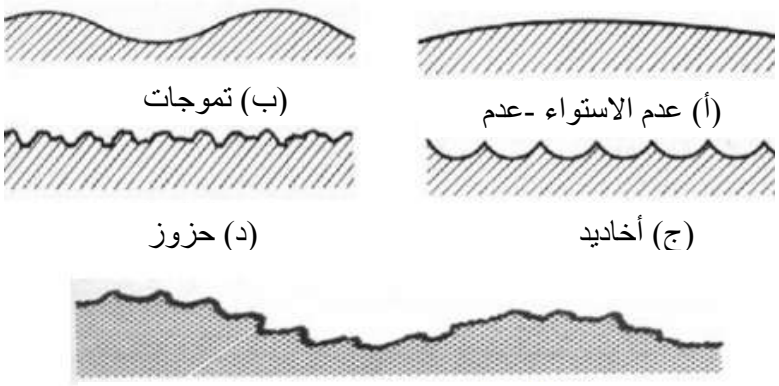
تنتج هذه الانحرافات في المشغولات نتيجة لوجود عيوب في التركيب البنائي لسطحها، ويبين الشكل XII. 1. ج تمثيلا لأخاديد السطح.

### XII. 2. 4. الحزوز

تنشأ حزوز الأسطح التي تظهر في الشكل XII. 1. د نتيجة أسلوب توجيه العدة على السطح المشغل و التصاق الرائش بالحد القاطع للعدة.

وفي الحياة العملية تجتمع الأسباب التي تم ذكرها معا و تتراكب الأنواع المختلفة لانحرافات الشكل وبالتالي يكون السطح غير مستو و تظهر فيه تموجات و أخاديد و حزوز في نفس الوقت، كما هو مبين بالشكل XII. 1. و.

وتشمل خشونة الأسطح وجود الأخاديد والحزوز، و تكون أبعادها من غاية الصغر ، فيتراوح طولها بين 0.005 مم ،0.25 مم وارتفاعها بين 0.000025 مم ، 025 0 مم أما التموجات و عدم الاستواء (أو عدم الاستدارة) فيتم تصنيفها على أنها عدم انتظام في الشكل، وهذا ما سيتم تناوله بتفصيل أكثر الوحدة الخامسة.




الشكل XII. 1 : الأشكال المختلفة لعدم استواء الأسطح

## XII. 3. مقاييس الخشونة

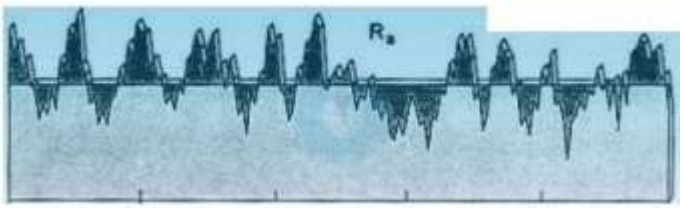
لكي يتم وصف خشونة الأسطح بطريقة محددة، كان لابد من الاتفاق على مقاييس عددية تعبر عن درجة خشونة السطح، وقد اتفق المتخصصون في مجال خشونة الأسطح على عدد من المقاييس

العددية لتكون مقاييس موحدة تستخدم للتمييز بين الأسطح ذات درجات الخشونة المختلفة. و هذه المقاييس هي:

### XII. 3. 1. الخشونة المتوسطة Ra

هي المتوسط الحسابي لمدى ابتعاد الانحرافات عن البعد الفعلي المتوسط، و يتم حساب الخشونة المتوسطة بقسمة مجموع المساحات المظللة (الشكل XII. 2) على طول العينة. و يمكن تقريب هذه القيمة لتكون مجموع الانحرافات (7) مقسوما على عددها (N)، أي:

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




الشكل XII. 2 : الخشونة المتوسطة Ra.

### XII. 3. 2. عمق الخشونة $R_t$

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

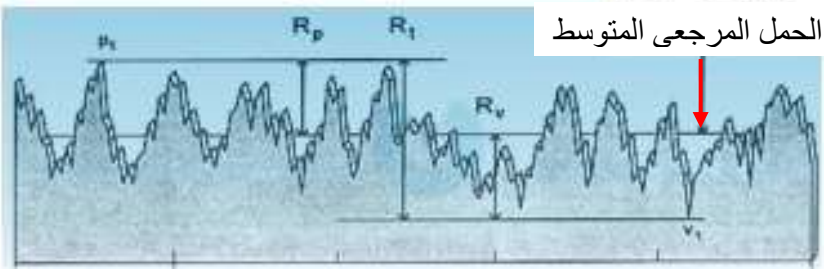
### XII. 3. 3. عمق التسطيح (الاستواء) $R_p$

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

### XII. 3. 4. العمق الأدنى للخشونة $R_v$

هو البعد بين الحد الأدنى و الخط المرجعي المتوسط للانحرافات. و يوضح الشكل XII. 3 كلا من مقاييس الخشونة $R_v$ $R_t$ $R_p$ و التي ترتبط ببعضها البعض بالعلاقة الآتية :

$$R_t = R_p + R_v$$



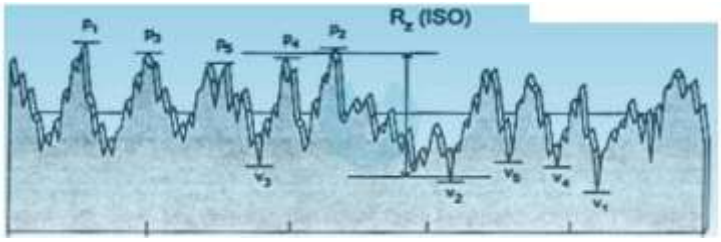

الشكل XII. 3 : تعمق الخشونة $R_t$ و عمق التسطيح $R_p$.

### XII. 3. 5. متوسط اقصى انحرافات للسطح ($R_z$)

هو متوسط الفرق بين أعلى خمسة انحرافات (الشكل XII. 4) ($p_1$ ,$p_2$ ,$p_3$ ,$p_4$ , $p_5$) و أدنى خمسة انحرافات ($v_1$, $v_2$, $v_3$, $v_4$ $v_5$) في العينة المقاسة.

وطبقا لمواصفات ISO وبالنظر إلى شكل (4-5) نجد أن :

$$R_z = (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5) / (v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5)$$




الشكل XII. 4 : متوسط أقصى انحرافات للسطح $R_z$

## XII. 3. 6. متوسط الجذر التربيعي لانحرافات السطح $R_q$

هو الجذر التربيعي المتوسط مجموع مربعات الانحرافات. و تظهر أهمية هذا المقياس عند تقييم الخواص الضوئية للأسطح، وتستخدم المعادلة التالية لحساب $R_q$:

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

حيث N: عدد نقاط القياس.

$r_n$ : قيمة الانحراف عند نقاط القياس،

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

**مثال:**

في تجربة معملية لتقييم خشونة أحد الأسطح تم أخذ القراءات التالية عند 18 نقطة قياس على السطح

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| موضع الانحراف | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| القياس (um) | 7 | 19 | 27 | 19 | 17 | 15 | 9 | 3 | 13 |
| | 15 | 19 | 11 | 22 | 13 | 8 | 3 | 1 | 11 |

احسب مقاييس الخشونة $R_q$, Ra, $R_z$ و $R_t$

**الحل:**

بالرجوع إلى شكل (XII. 3-4) نجد أن عمق الخشونة $R_t$ يمكن حسابه كالتالي:

$$\mathbf{R_t = p_1 - V_1} = 27\text{-}1=26 \text{ um}$$

و باستخدام معادلات تعريف كل من Rq , Ra , Rz، نستطيع حساب القيم المطلوبة كالتالي:

$$R_z = \frac{(P_1+P_2+P_3+P_4+P_5)-(V_1+V_2+V_3+V_4+V_5)}{5}$$

$$R_z = \frac{(27+22+19+19+19)-(1+3+3+7+8)}{5} = 16.8\mu m$$

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

$$Ra = \frac{(7+19+27+19+17+15+9+3+13+15+19+11+22+13+8+3+1+11)}{18}$$

$$Ra = 12.89$$

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

$$R_q = \frac{(7^2+19^2+27^2+19^2+17^2+15^2+9^2+3^2+13^2+15^2+19^2+11^2+22^2+13^2+8^2+3^2+1^2+11^2)}{18}$$

$$R_q = 14.58 \mu m$$

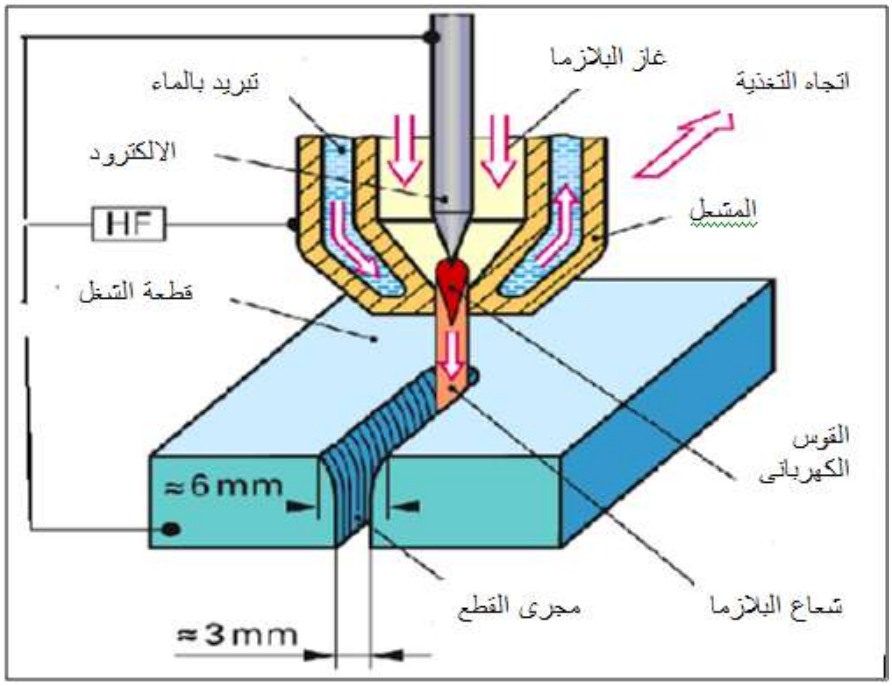
## XIII. طرائق التشغيل غير التقليدية

تضم طرائق التشغيل غير التقليدية أساليب متنوعة لتشغيل المعادن منها الميكانيكي، والكهربائي، والحراري والكيميائي. تم تطوير هذه الطرق بعد 1940 واستخدمت أساسا من احتياجات غزو الفضاء. توسع استخدامها في المجالات الأخرى بغرض :

- تحسين جودة المنتجات (دقة المقاييس ونعومة السطح).
- تشغيل معادن عالية الصلادة.
- إنتاج قطع معقدة الشكل بالأخص القوالب المعدنية.

## XIII. 1. التشغيل بقوس البلازما

تستخدم في قطع الصلب السبائكي والمعادن غير الحديدية والمواد غير المعدنية. يصل السمك الذي يمكن قطعه من 1 إلى 100 مم، تبلغ سرعة القطع 6 مم / دقيقة. تمتاز بأنها يمكن أن تقطع كل المعادن بسرعة عالية وحافة قطع خالية من الزوائد والعيوب. يعيبها ارتفاع سعر معداتها واحتياجها لاحتياطات خاصة لمعالجة الضجيج الصادر والدخان والغبار وحماية العين من الأشعة فوق البنفسجية، الشكل XIII. 1 يوضح طريقة التشغيل بالبلازما.



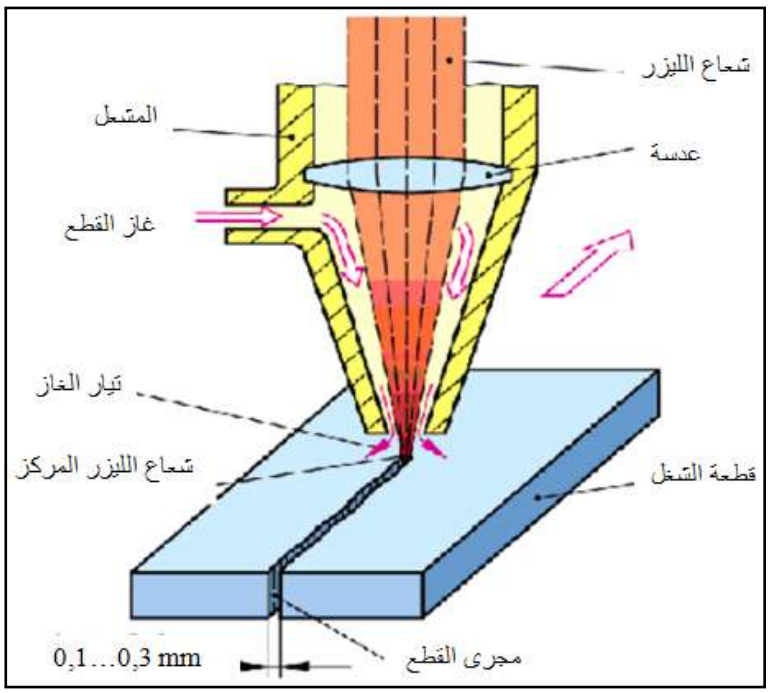

الشكل XIII. 1 : قطع المعادن بالبلازما

ينشأ قوس كهربائي بين الكترود التنجستن وإطار المشعل يسمي القوس الابتدائي. عند مرور غاز آرجون أو هليوم أو نتروجين على هذا القوس يحدث له تأين ( يطلق عليه الآن بلازما) ويصبح جيد التوصيل للكهرباء. بوصول البلازما إلى قطعة الشغل يحدث تفريغ كهربائي بينها وبين الإلكترود

وينشأ قوس كهربائي يسمي القوس الثانوي ويحدث إيقاف للقوس الابتدائي. تصل درجة حرارة البلازما 30000 درجة مئوية تؤدي هذه الحرارة العالية المركزة على منطقة صغيرة من سطح قطعة الشغل إلى تبخر المنطقة وتتم إزالة نواتج القطع عبر تدفق الغاز المتأين. يجب تبريد المشعل كما يوضح الشكل وذلك لحمايته من الانصهار.

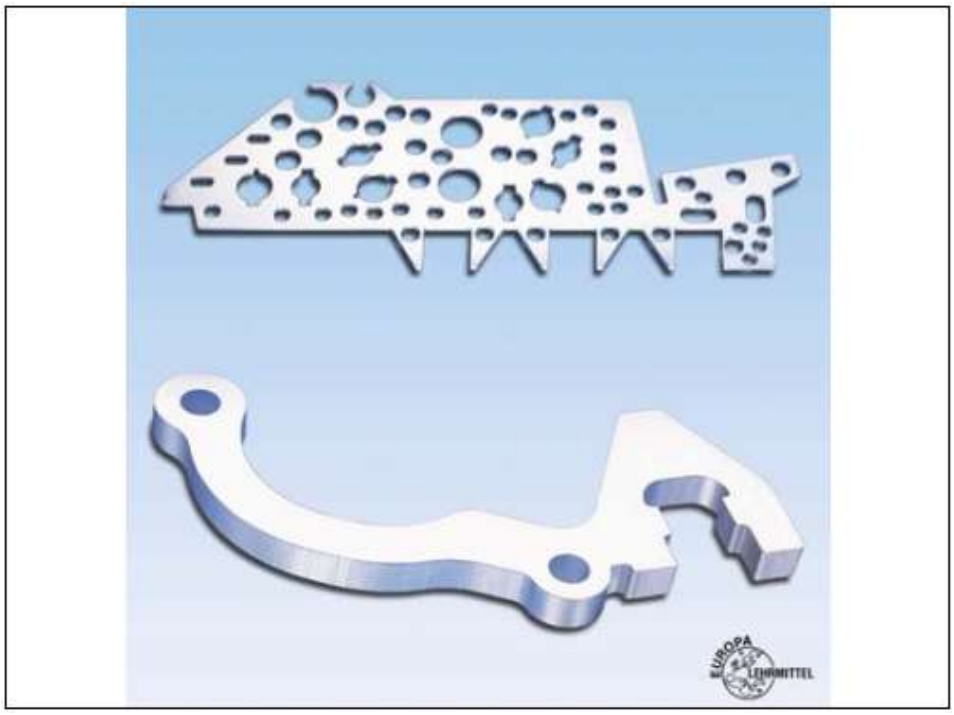
## XIII. 2. التشغيل بالليزر

يعتبر الليزر أشعة ضوئية عالية الطاقة تنتج في معدات خاصة عبر خلق رنين ضوئي أما في غاز أو في بلورات صلبة . يتم تركيز الضوء الصادر على مساحة صغيرة جدا من سطح قطعة الشغل. يحدث انصهار أو تبخر للمعدن في منطقة تأثير شعاع الليزر ويتم إزالة نواتج القطع عبر تدفق الغاز الخامل المرافق (الآرجون أو النتروجين) للشعاع، الشكل XIII. 2 يوضح طريقة التشغيل بالليزر.




الشكل XIII. 2 : القطع بالليزر

يستخدم الليزر في قطع وحفر كل أنواع الصلب، سبائك الألومونيوم، البلاستيك والخزفيات. يبلغ السمك المقطوع 10 مم في حالة الصلب ويمكن قطع رقائق بلاستيكية يبلغ سمكها 1 مم. تبلغ سرعة القطع 6 م / دقيقة عند قطع الصلب و 90 م / دقيقة عند قطع البلاستيك. الشكل XIII. 3 يوضح أمثلة لقطع شغل أنتجت عبر التشغيل بالليزر يتضح منها الجودة العالية للقطع.

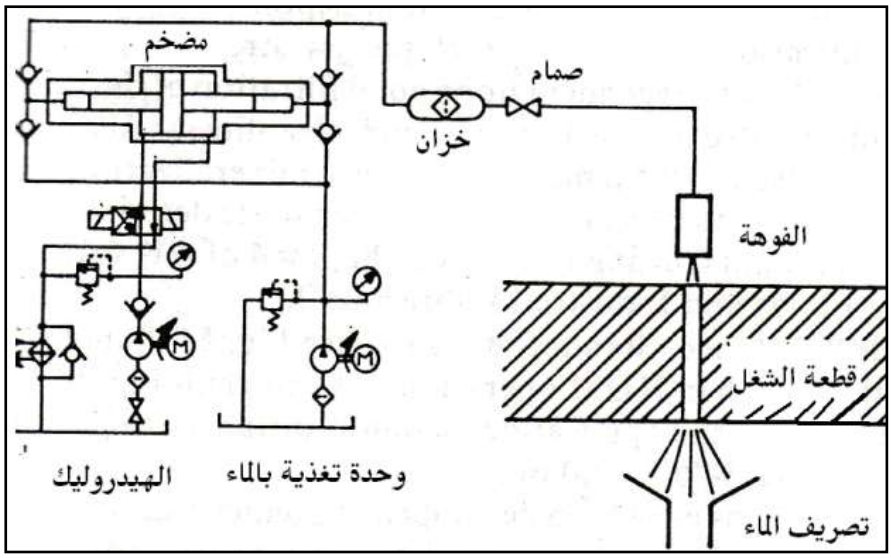


الشكل XIII. 3 :أمثلة لقطع شغل أنتجت عبر التشغيل بالليزر

يمكن استخدام الماء كوسيلة إزالة نواتج القطع مما يقلل من تأثير الحرارة على حواف منطقة القطع ( يستخدم ذلك عند قطع لوحات السليسيوم المستخدمة في الصناعات الإلكترونية). يمتاز التشغيل بإمكانية قطع كل المواد وانتاج حواف قطع عالية الجودة (بدون تأثر حراري ، بها نعومة واستقامة وخالية من الزوائد) وكذلك إمكانية تنفيذ ثقوب صغيرة القطر جدا وتنفيذ القطع بسرعة عالية. يعيبه ارتفاع سعر معداته وضرورة توفر احتياطات أمان مكلفة.

## XIII. 3. التشغيل بالماء

يستخدم شعاع ماء بقطر 0.1 إلى 0.5 مم بضغط عالي يصل إلى 4000 بار مضاف إلية مادة حاكة مثل الرمل في قطع كل المعادن والمواد غير المعدنية مثل البلاستيك والمنسوجات وغيرها بسمك من 1 إلى 100 مم. تبلغ سرعة القطع 4 م / دقيقة عند قطع الصلب و 8 م / دقيقة عند قطع الألومونيوم. تمتاز طريقة التشغيل بشعاع الماء بإمكانية قطع كل المعادن وبعدم وجود تأثير حراري على حواف القطع مما يعني عدم إمكانية حدوث تشوهات بقطع الشغل الشكل XIII. 4 يوضح طريقة التشغيل بشعاع الماء.

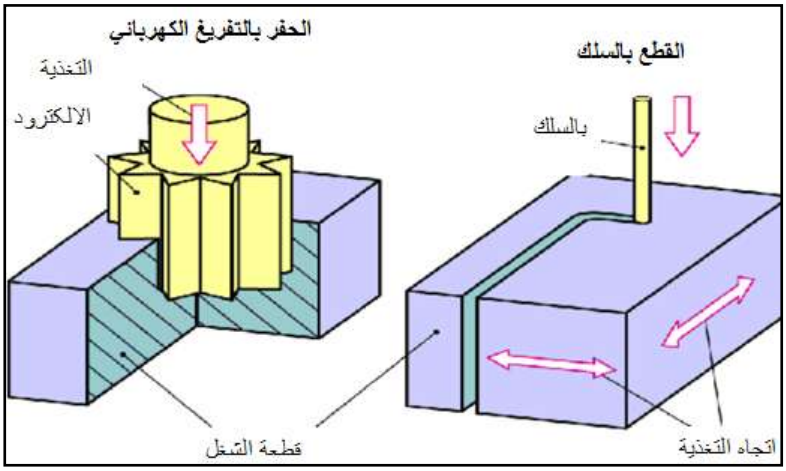



XIII. 4 : طريقة التشغيل بشعاع الماء.

تستخدم معدات متحكم فيها رقمية لتنفيذ القطع بالماء . يتم التحكم في سرعة القطع، مسافة الفوهة من سطح قطعة الشغل، وضغط الماء و حركة تغذية قطعة الشغل.

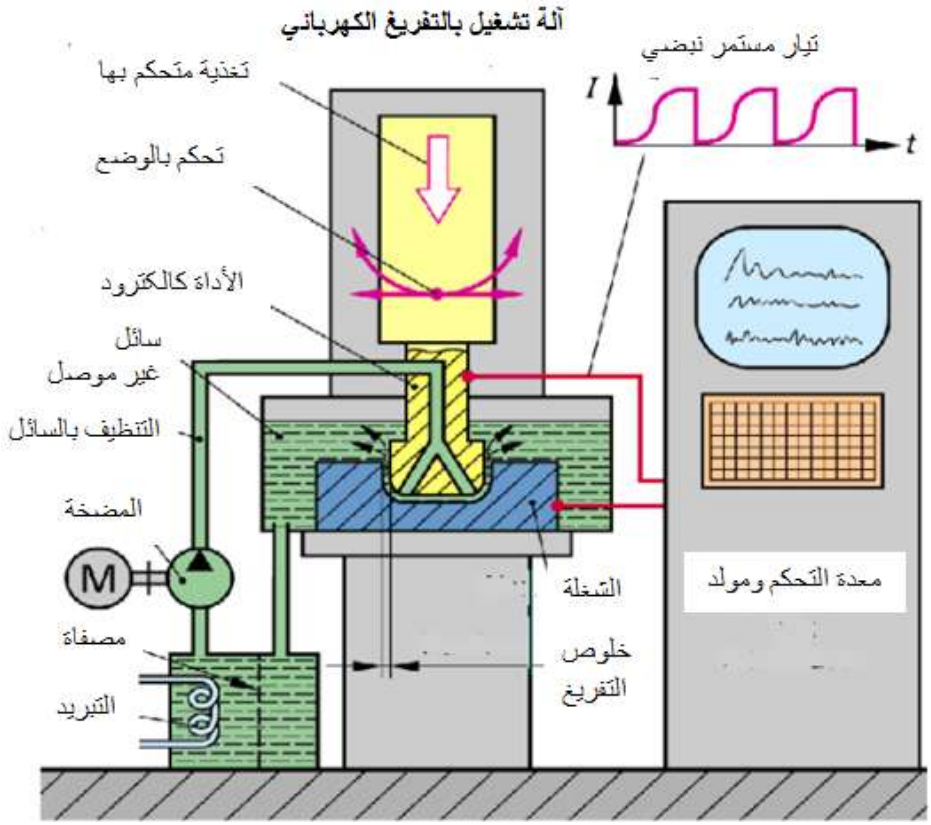
## XIII. 4. التقفيل بالتفريغ الكهربائي

تستخدم لتشغيل المواد عالية الصلادة وإنتاج أشكال معقدة مثلما في حفر القوالب المعدنية وأشكال ذات حواف كثيرة الانحناءات. يوجد نوعان أساسيان لهذه الطريقة . الشكل XIII. 5 يوضح طريقة الحفر والمستخدمة في إنتاج القوالب المعدنية والكّابة وطريقة القطع للحصول على حواف منحنية ومستقيمة.




الشكل XIII. 5 : التشغيل بالتفريغ الكهربائي.

يتم الحفر عبر ختم يماثل شكله الحفر المطلوب إنتاجه ويصنع الختم من الجرافيت أو النحاس أو سبائك النحاس والتنجستن أو النحاس والزنك. بينما في حالة القطع يستخدم من سبيكة نحاس وزنك، الشكل XIII. 6 يوضح طريقة الحفر والمعدات المستخدمة بها.

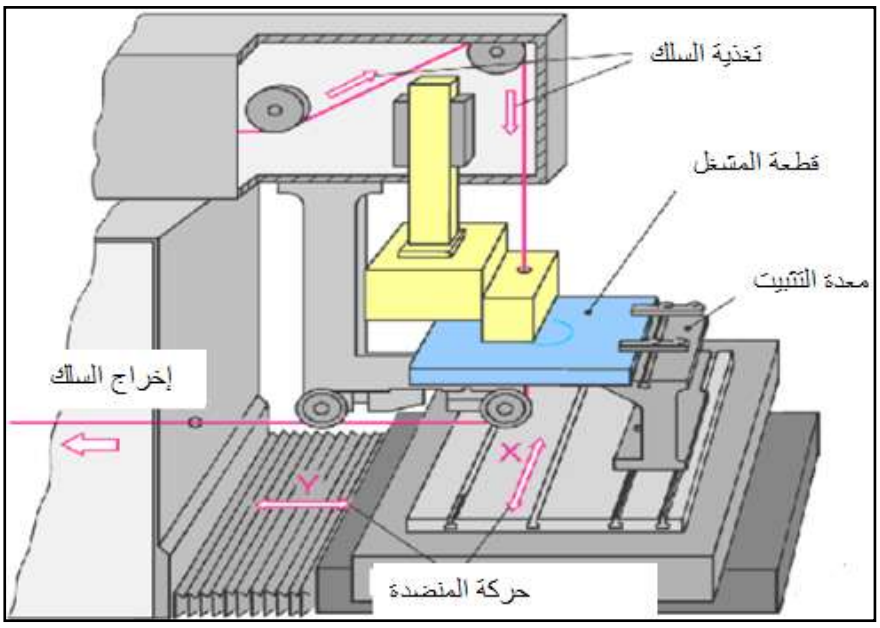



الشكل XIII. 6 : معدات طريقة الحفر

يعمل الختم ككاتود وقطعة الشغل تمثل الآنود. يوصل التيار الكهربائي على نبضات متكررة بتردد ما بين 200 إلى 500000 هيرتز، مما يحدث تفريغ كهربائي عبر المسافة الصغيرة بين الختم وقطعة الشغل والتي تبلغ 3 إلى 1 مم. يقوم السائل غير الموصل كهربائيا (زيت معدني) والذي يغمر قطعة الشغل بإزالة نواتج الحفر. يتم تحريك الختم لأسفل بمعدل يتناسب مع معدل الحفر لكي تظل المسافة بينه وبين قطعة الشغل ثابتة.

يبدا أنبعاث الكترونات وأيونات من الكاتود تتجمع في السائل ثم يحدث تفريغ كهربائي (مرور التيار). بتجمع المزيد من الأيونات يستمر التفريغ الكهربائي وتبلغ درجة الحرارة الناتجة من اصطدام الإلكترونات بقطعة الشغل 12000 درجة مئوية تؤدي التبخر المعدن ويزيل السائل نواتج الحفر.

عند القطع بالسلك والمستخدم في إنتاج مثلا قوالب البثق يستخدم سلك من سبيكة نحاس وزنك بقطر 1،، إلى 3 مم، يتم القطع داخل ماء تم إزالة الأملاح منه ليصبح غير موصل. تمكن هذه الطريقة من قطع الصلب السبائكي عالي الصلادة وتنتج حواف عالية الدقة وذات نعومة سطح تبلغ 7 ميكروميتر. يتم استخدام آلات متحكم فيها رقمية للتحكم في سرعة حركة السلك وتغذية قطعة الشغل وشدة التيار والجهد، الشكل XIII. 7 يوضح طريقة القطع بالسلك.




الشكل XIII. 7 : طريقة القطع بالسلك.

بالإضافة إلى التشغيل الكهروكيميالي و تتشابه هذه الطريقة مع طريقة التفريغ الكهربائي في أغلب مكوناتها ما عدا أن السائل المستخدم هنا يعتبر موصلا للتيار.

و كذلك التشغيل بالشعاع الإلكتروني و يستخدم الشعاع الإلكتروني في ثقب، قطع وإنتاج حزوز في المعادن والمواد غير المعدنية. نتيجة لضد وجود تفريغ للهواء، يمكن تشغيل قطع صغيرة الحجم فقط، ويسبب الحاجة لإدخال وإخراج قط الشغل يمكن فقط إنتاج دفع صغيرة.

## XIV. التحكم العددي

### XIV. 1. لماذا التحكم العددي

فرض التطور التكنولوجي في الميدان الصناعي متطلبات جديدة من وسائل الإنتاج حيث أصبح التحكم فيها عن بعد بلغة رقمية يسمح التحكم العددي بقيادة أعضاء متحركة لآلة في وضعيات محددة عن طريق تعليمات رقمية . يعني التحكم في الصناعة الميكانيكية مجموع الأجهزة matériels و البرمجيات التي تهدف إلى إعطاء تعليمات Instructions لتحريك عناصر آلة التشغيل.

- أداة أو أدوات التشغيل المجهزة للآلة
- الطاولات أو ألواح التحميل التي تثبت عليها القطع
- انظمة تخزين و تبديل العدد
- أجهزة تغيير القطع
- الميكانيزمات المكملة ، للمراقبة او الامن ، طرح و اخلاء الجذاذ.

### XIV. 2. مكونات الة التحكم العددي

تتكون آلات التحكم العددي المسماة MOCN من جزئين أساسيين : (الشكل XIV. 1)

### XIV. 2. 1. جزء التحكم PC :

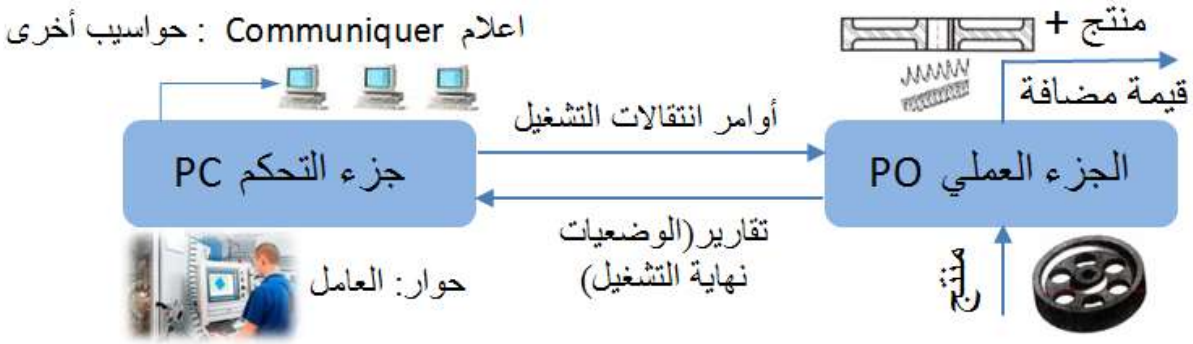
La partie commande élabore les ordres à partir des informations envoyées par l'opérateur et par la partie opérative et informe l'opérateur sur l'état du système.

Sa fonction globale est de piloter le fonctionnement du système automatisé.

### XIV. 2. 2. جزء عملي PO :

يتكون من هيكل الآلة ، الأدوات ، حوامل الأدوات ، حامل القطعة مادة التشغيل.

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre à partir d'ordres envoyés par la partie commande, et renvoie à cette dernière des informations sur son état ou sur l'environnement. Sa fonction globale est d'apporter de la valeur ajoutée à la matière d'œuvre.



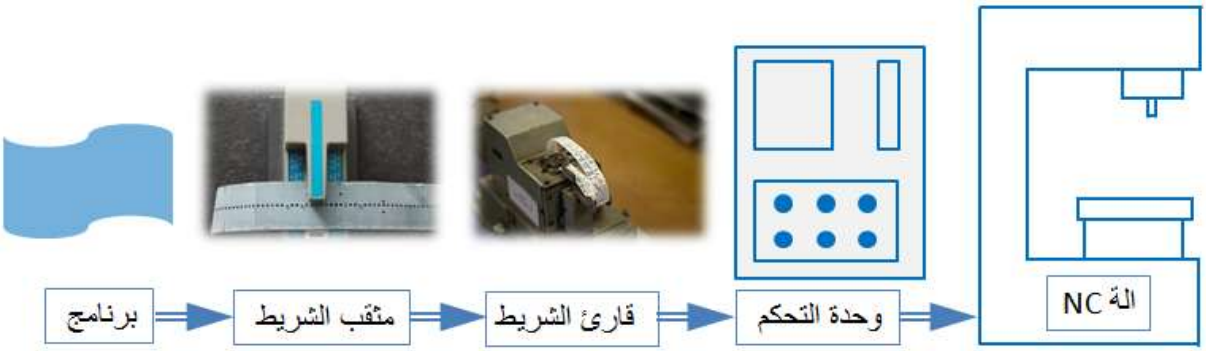

الشكل XIV. 1 : مكونات الة التحكم العددي

## XIV. 3. أنظمة التحكم العددي

### XIV. 3. 1. التحكم الرقمي Numerical Control

هو صورة من صور الآلية القابلة للبرمجة حيث يتم التحكم في معدات التصنيع بواسطة برنامج خاص بالقطعة المراد إنتاجها يحفظ على حامل ( شريط مثقب ...) تتم قراءته بواسطة جهاز التحكم في الماكينة

يقوم قارئ الشريط بقراءة مجموعة الثقوب و يحولها إلى ما يماثلها من رمز لإشارة كهربائية ، ثم تقوم وحدة التحكم بتحويل هذا الرمز لإشارة كهربائية متوافقة تنتقل إلى محركات آلة التحكم الرقمي (الشكل XIV. 2)



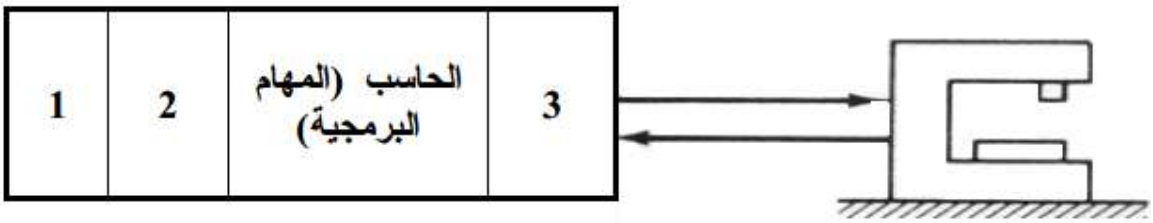

الشكل XIV. 2 : التحكم الرقمي

### XIV. 3. 2. التحكم الرقمي بالكمبيوتر

### (Commande Numérique par Calculateur)

هو عبارة عن نظام تحكم يستخدم فيه الكمبيوتر ويمكن برمجة آلة التحكم الرقمي مباشرة باستخدام لوحة المفاتيح أو بواسطة شريط مثقب أو بواسطة اسطوانات ( الحاسوب جزء لا يتجزأ من الآلة ).

بعد التطوير الذي حدث في التصميمات للحصول على الوظائف المطلوبة و متطلبات الإنتاج تم تطوير آلة التحكم الرقمي NC إلى ماكينة التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC. ( الشكل XIV. 3).



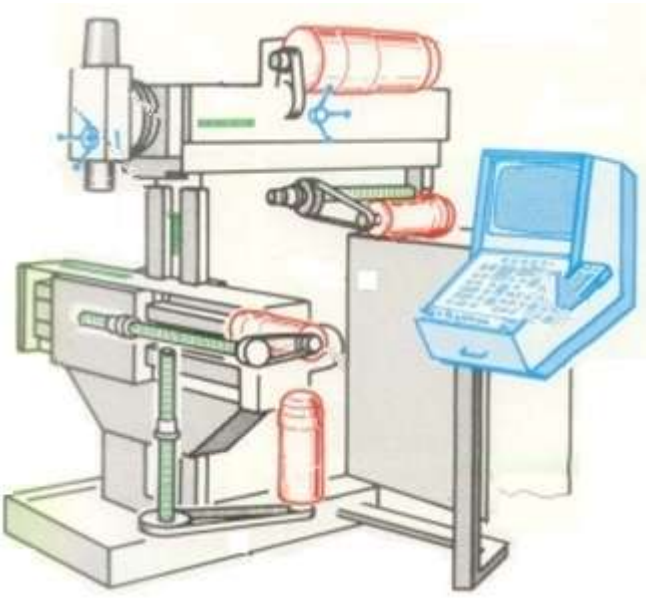

الشكل XIV. 3 : نظام التحكم الرقمي بالكمبيوتر

1- جهاز قراءة الشريط المثقب لإدخال البرنامج

2- وحدة حفظ البرنامج NC

3- الأجزاء البينية لتواصل الحاسب مع الآلة

آلة التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC (الشكل XIV. 4) تحتفظ بكل الأساسيات و المبادئ الأساسية لماكينة التحكم الرقمي NC ولكن تم إضافة حاسب إلى وحدة التحكم في الماكينة.



الشكل XIV. 4 : الة التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC

**مقارنة بين تكنولوجيا CNC و تكنولوجيا NC :**

**1-** ماكينة التحكم الرقمي باستخدام الحاسب (CNC) تحتفظ بكل الأساسيات و المبادئ الأساسية لماكينة التحكم الرقمي NC ولكن تم إضافة حاسوب إلى وحدة التحكم في الآلة

**2-** أضاف الحاسوب أشياء كثيرة في التحكم بالماكينة أولها كتابة البرنامج وعرضه و تعديله وتنفيذه بشكل مباشر و تخزينه في ذاكرة الحاسب

**3-** حركة أداة القطع يمكن توضيحها بالمحاكاة simulation على نظام التحكم الرقمي باستخدام الحاسب (CNC)

**4-** يمكن تخزين أكثر من برنامج على وحده الحاسب على نظام التحكم الرقمي باستخدام الحاسب (CNC)

## XIV. 3. 3. التحكم الرقمي المباشر D.N.C

هو عبارة عن نظام تصنيع يقوم فيه الكمبيوتر بالتحكم في عدة آلات مباشرة حيث يقوم بنقل برنامج القطعة المراد إنتاجها من ذاكرة الحاسب إلى آلة التحكم العددي

ان كلمه CNC و NC لا تعني **آلة** و لكن تعني **نظام التحكم في الآلة** لأننا كما نعلم أن التطوير في آلة لزيادة السرعة و الدقة لابد أن يعتمد اعتماد كلي و أولي على تطور النظام المُتحكم بها و بعد ذلك يتبعه التطور في الشكل و الهيكل و .....الخ . وانه يمكن أن نرى مخارط و مثاقب و ..... الخ تعمل بنظام التحكم الرقمي NC أو التحكم الرقمي باستخدام الحاسبCNC.

**قارن بين تكنولوجيا CNC و تكنولوجيا DNC :**

**1**- الحاسوب في CNC يتحكم في آلة واحدة في حين انه يسيطر على عدد كبير من الآلات في حالة CNC

**3**- الحاسوب في حالة DNC ليس هدفه الوحيد التحكم في الآلات بل يمثل أيضا جزء من نظام توفير المعلومات لإدارة المصنع أما بالنسبة CNC فالحاسوب يحصر إمكانياته لخدمة الآلة التي تعمل معه.

**4**- نظرا لمشاكل التنسيق التي ترافق نظام DNC فانه لا يكون مجديا من الناحية الاقتصادية الا في حالة الشركات الكبرى.

## XIV. 4. مبررات استعمال الات التحكم الرقمى C.N.C

### XIV. 4. 1. التأليه Automaticité

* يتلاشي تدخل العامل بل و يلغى أحيانا.

- انخفاض واضح لمبررات تعب العامل.

- تقليل الأخطاء ذات المصدر البشري.

* زمن تشغيل ثابت و دقيق لكل قطعة من قطع السلسلة

* الجودة عالية والأبعاد مؤكدة وتطابق العينات المنتجة نظرا لاستخدام نفس البرنامج

* إمكانية استخدام البرامج الفرعية

### XIV. 4. 2. المرونة Flexibilité

يمكن عمل برنامج فرعى لتنفيذ عملية تشغيل معينة و استدعائه داخل البرنامج الرئيسي أكثر من مرة وذلك لتقليل عدد السطور في البرنامج الواحد مم يؤدى الى تقليل الوقت والجهد المستخدم في عملية البرمجة .

* تخفيض أدوات القطع و الغاء الضبعات .
* تخفيض عدد أدوات القطع الخاصة و أدوات الشكل.
- تخفيض عدد الاستعادات من آلة لأخرى نتيجة عمومية الآلة.
* ربح مساحات إضافية في الورشة.
* سهولة إنتاج الأشكال المعقدة على نفس منصب العمل.
* تخفيض زمن الانتظار بين مختلف الآلات.
* سهولة تقبل تغييرات في تصميم القطع لأن ذلك يتطلب فقط تغيير في البرنامج السابق.
* إمكانية إجراء عدة عمليات في آن واحد (خراطة داخلية و خراطة خارجية).
* زمن إنتاج أقل : يصل عدد أدوات القطع إلى 12 أداة مع الاستعانة بخزانة يصل عدد أدواتها إلى 30 بمعنى تقليل الزمن الضائع دون إنتاج فعلي للآلة.

### XIV. 4. 3. الأمن Sécurité

* محاكاة عمليات التشغيل المبرمجة لمراجعة واكتشاف أخطار الاصطدام المحتملة و تتبع خطوات و مراحل تنفيذ العمل على الشاشة قبل التنفيذ فعليا ( فالشّركات المنتجة يمكن أن توفر نفقات عالية باكتشاف أخطاء التصميم قبل أن يدخل المنتج مراحل الإنتاج الفعلي) .

* المعرفة الكاملة لمجال عمل أدوات القطع ( يمكن تخزين المشاوير القصوى).

* المراقبة المتواصلة لعملية التشغيل و تنبيه العامل عند حدوث طارئ.

يمكن من خلال آلات CNC إظهار الأخطاء الناتجة عن عملية البرمجة على شكل رسائل تظهر للمستخدم و يتم في هذه الرسالة تحديد نوعية الا خطاء وأيضا تحديد مكان تواجد ها . و أيضا في بعض ماكينات الـ CNC يكن أن تجهز بمجموعة من البرامج المساعدة في اكتشاف الأعطال في الماكينة وأيضا إخبار المستخدم عن مكان وجودها .

## XIV. 5. صفات عمليات التشغيل المناسبة اقتصاديا لـ CNC

– التغييرات في التصميم متوقعة

- تفضل السلسلة الصغيرة و الإنتاج بالوحدة ( النماذج)

- إنتاج بالطلب أو عند الوقت المحدد ( انخفاض حجم الدفعة ) : minimiser les stocks

- طلبات متكررة ( متجددة ) : تصنيع المجموعة نفسها بمجال زمني كيفي أو دوري

- القطع ذات المجنبات المعقدة و سماح ضيق

- القطع عالية التكلفة بحيث أن حدوث أخطاء في التصنيع سيكون باهظ التكلفة

- الحاجة لفحص جودة المنتج بنسبه 100 %

- سمك التشغيل الكبير المطلوب نزعه أي انخفاض في وزن و حجم القطع المشغلة مقارنة بالقطع الخام

يجب أن يكون اختيار آلة التحكم العددي مبني على دوافع حقيقية مبررة

لا حجج وهمية، كيفية و غير مسوّغة. تسمح هذه الصفات بالحكم على

مدى صحة مبررات الاختيار ,

التحكم الرقمي باستخدام الحاسب (CNC) لا تصلح للإنتاج الكمي و لا تدخل في منافسه مع ماكينات الانتاج الكمي ممكن انتاج اجزاء قليله و لكن بشرط ان يكون مطلوب فيها الدقة المتناهية

## XIV. 6. عيوب آلة التحكم الرقمى

1- تكاليف عالية لشراء الآلات ( تكلفة الاستثمار) .

2- ارتفاع تكاليف و جهود الخدمة والصيانة.

3- ضرورة برمجة تجهيزات آلة التحكم العددي

4- سرعة التعرض للخلل

5- يتطلب استيعاب نظام CNC(CAO/FAO) و متطلباته من برمجة و تشغيل و صيانة و تدريب و تأهيل جديد للعامل للتمكن على هذه الآلة

6- يجب استغلال التجهيزات الى الحد الأقصى للوصول بالمردودية الى حدها الأقصى

7- مردودية غير آنية (على مدى بعيد).

## XIV. 7. خطوات تسلسل عملية CNC :

1- الحصول علي رسم للجزء المراد تشغيله.

2- قَرِّرْ أي الآلات الّتي ستَقُومُ بالعمليّات المطلوبة لإنتاج الجزء.

3- اِسْتَقْرِرْ علي التسلسل المنطقي للصنع وحدد اتجاهات مسار القاطع .

4- اختيار الأداة المطلوبة

5- عمل الحسابات الرياضية المطلوبة لإحداثيات البرنامج

6- حساب سرعة العمود ومعدل التغذية للأداة و القطعة .

7- كتابة البرنامج CNC

8- إعداد وثيقة التسلسل المنطقي للصنع و قائمة (الأدوات التي سوف يستخدمها أيضا عامل التصنيع ).

9- حرر البرنامج مستخدماً إما بمحاكي الماكينة الفعلية أو على معدات الماكينة الحَاليّة، منشئاً نموذجا أولي

10- أَثْبِتْ وحَرِّرْ البرنامج على الآلة الحَاليّة و اعمل تغييرات فيه إذا كان ذلك ضروري

11- نفذ البرنامج وأنتج الجزء المطلوب.

## تطبيقات

1) بين تاثير سرعة القطع على الإنتاجية والتكلفة وجودة قطع الشغل

2) اذكر أسس اختيار سرعة القطع

3) بين تأثير سرعة التغذية على الإنتاجية ، الجودة والتكلفة

4) اذكر ضوابط اختيار عمق القطع

5) بين تأثير اختيار عمق القطع على الإنتاجية، الجودة والتكلفة

6) كيف يتم مواجهة الحرارة المتولدة أثناء القطع

7) ما هو نوع الرايش التي تفضل و لمذا

8) عرف الحد القاطع الإضافي

9) أجب بصح أم خطا

- لا يهم معرفة تفاوتات العمليات التصنيعية السابقة لعملية التشغيل عند تحديد عمق القطع .

- يفضل استخدام الزيوت المعدنية للزوجتها العالية

- كلما ارتفعت مقاومة مادة الحد القاطع للحرارة كلما زادت الإنتاجية

- الرايش المستمر يضمن سطحا ناعما للمشغولات

- حجم الرايش الناتج يتطابق مع حجم الفراغ الذي نتج من إزالته

- الحد القاطع الإضافي يتكون عند تشغيل المواد عالية الصلادة

- سرعة القطع المنخفضة جدا شرط ضروري للحصول على سطح ناعم

- سرعة التغذية العالية جدا شرط ضروري للحصول على سطح ناعم

- لا علاقة بين سرعة القطع و الإنتاجية

- يحقق استخدام حدود قطع من الصلب الكربوني ربحا نسبة لرخس ثمنه

- يحدث تفتت للقلم السيراميكية عند استخدامها لتشغيل الصلب عالي الكربون

- يشترط توفر صلادة عالية لساق الأداة

10) مطلوب إنتاج ترس عدل عدد أسنانه N سن باستخدام جهاز تقسيم بسيط

-أملئ الفراغات

| Nb de div : N<br>عدد التقسيمات N | Rapport<br>قسمة : K | fraction<br>نسبة القسمة | Nb de tour<br>عدد الدورات | trous<br>الثقوب | Cercle de :<br>دائرة الثقوب |
|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 40 | $\frac{40}{9} = 9 + \frac{4}{9}$ | 4 | 8 | 18 |
| 11 | 40 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 13 | 40 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 35 | 40 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 55 | 40 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 22 | 60 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 26 | 60 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 29 | 60 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 40 | 60 | ..... | ..... | ..... | ..... |
| 80 | 60 | ..... | ..... | ..... | ..... |

11) احسب حركة ذراع التقسيم اللازمة للحصول على تقسيما ت عددها 77 و 85

12) باستعمال جهاز تقسيم، نريد تحقيق الزوايا التالية :

a) $\alpha_1 = 55° \text{ و } 30'$

b) $\alpha_2 = 67° \text{ و } 30'$

13) باستعمال جهاز تقسيم تفاضلي نريد تنفيذ تروس بهم :

- 89 سنا -83 سنا - 79 سنا -131 سنا

ملاحظة:

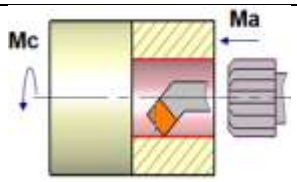
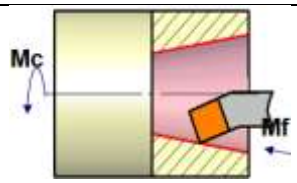
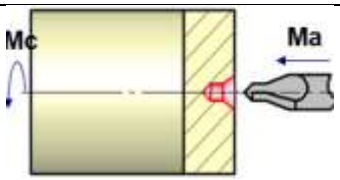
- دوائر الثقوب المتوفرة

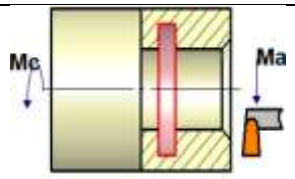
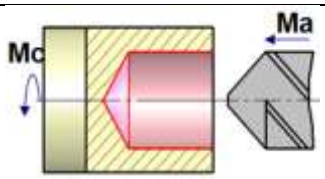
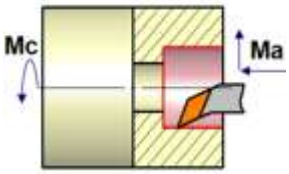
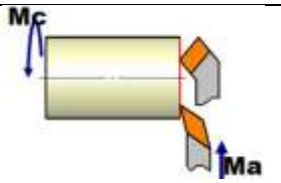
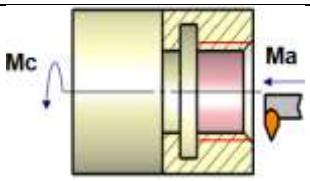
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Plateau 1 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Plateau 2 | 21 | 23 | 27 | 29 | 31 | 33 |
| Plateau 3 | 37 | 39 | 41 | 43 | 47 | 49 |

- وعدد لتروس المتوفرة هي :

100-80-70-65-60-55-50-45-40-36-32-30-24

14) أكمل الفراغ

| اسم الأداة | اسم السطح المنجز | العملية |
|---|---|---|
| ..... | ..... |   |
| ..... | ..... |   |
| ..... | ..... |   |

| | | |
|---|---|---|
| ..... | ..... |  |
| ..... | ..... |  |
| ..... | ..... |  |
| ..... | ..... |  |
| ..... | ..... |  |

15) اذكر ضوابط اختيار عمق القطع

16) عرف استخدامات تشغيل المعادن

17) اذكر أسس اختيار سرعة القطع

18°) اجب على الأسئلة التالية ب نعم أولا

- يفضل استخدام الزيوت المعدنية للزوجتها العالية

- كلما ارتفعت مقاومة مادة الحد القاطع للحرارة كلما زادت الإنتاجية

- الرايش المستمر يضمن سطحا ناعما للمشغولات

- حجم الرايش الناتج يتطابق مع حجم الفراغ الذي نتج من إزالته

- الحد القاطع الإضافي يتكون عند تشغيل المواد عالية الصلادة

- سرعة القطع المنخفضة جدا شرط ضروري للحصول على سطح ناعم

- سرعة التغذية العالية جدا شرط ضروري للحصول على سطح ناعم

- لا علاقة بين سرعة القطع و الإنتاجية

- يحقق استخدام حدود قطع من الصلب الكربوني ربحا نسبة لرخس ثمنه

- يحدث تفتت للقلم السيراميكية عند استخدامها لتشغيل الصلب عالي الكربون

- يشترط توفر صلادة عالية لساق الأداة

- احد مهام زاوية الجرف الجانبي هو تحقيق شكل الانتقال من سطح لسطح

19) من الجدول أدناه :

أ- أحسب قيم سرعة القطع و سرعة التغذية من اجل فريزة ب : 5 أسنان وقطرها

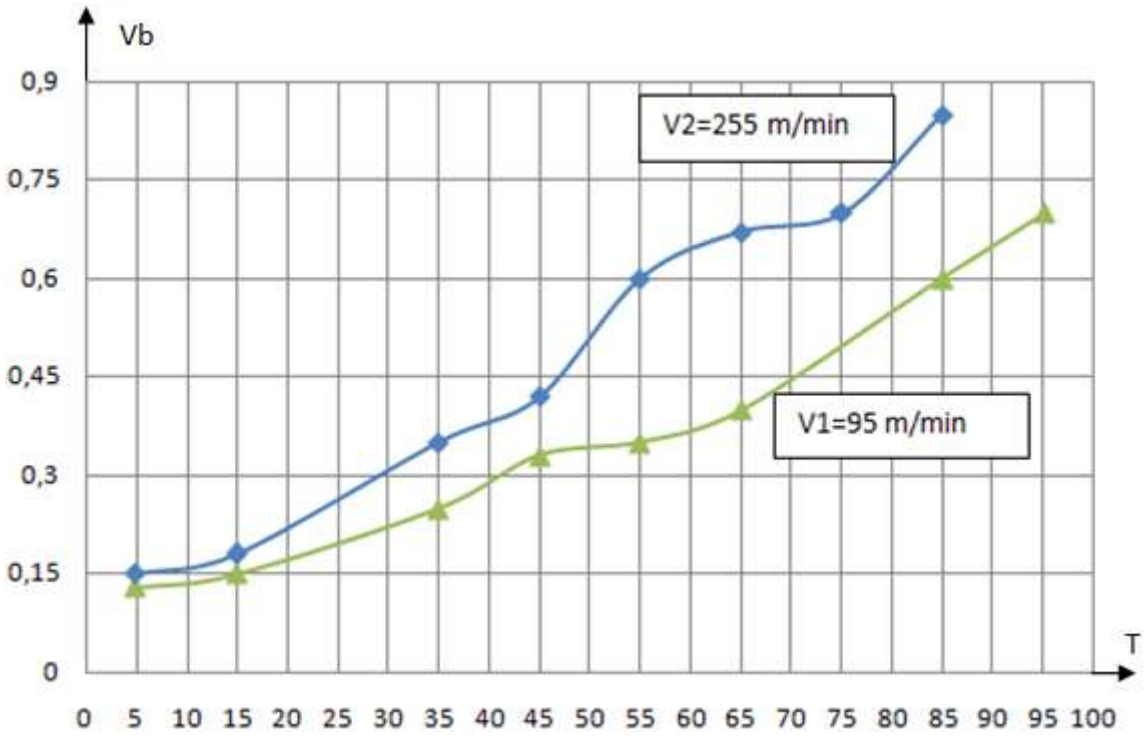
D = 100 mm

ب- احسب سرعة التدفق $Q(mm^3/min)$ حيث سرعة القطع هي Vc1

و سرعة التغذية هي fz1 و عمق القطع ap = 0,5 mm وعرض القطع ae = 20 mm

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Vc, m/min | Vc1=…… | Vc2=…… | Vc3=…… |
| | N, tr/min | N1 =250 | N2 =500 | N3 =1000 |
| Vf, mm/min | Vf1 = 50 | Fz1=…… | fz=…… | fz=…… |
| | Vf = 160 | fz=…… | fz=…… | fz=…… |
| | Vf = 500 | fz=…… | fz=…… | fz=…… |

20) نجري تجربتين (خرط طولي) لقطعة من الصلب المصنوع من XC32 لنحصل على نتائج تلف الأداة Vb بدلالة الوقت T كما يبين الشكل




علما أن من اجل كل، Vbmax T2=55 min

بتطبيق قانون تايلور:

-احسب ثوابت تايلور C و n

-احسب عمر الأداة من أجل السرعة م/دقيقة 180 =Vc

-احسب سرعة القطع من اجل عمر أداة T = 60 min

## الخاتمة

تتضح أهمية تشغيل المعادن لضرورته في تشطيب المسبوكات والمطروقات للحصول على دقة الأبعاد ونعومة الأسطح اللازمتان لتأدية المهام المطلوبة من القطع الهندسية. ولتسهيل عمليات تجميع القطع الهندسية للوصول المنتج نهائي مثل: محرك السيارة، المضخة، الصمام وغيرها.

عند إكمال هذا الوحدة فان الطالب يستطيع اختيار أداة القطع و ظروف القطع التي تحقق وفرة الإنتاجية و التكلفة القليلة مع الجودة العالية في كل طرائق تشغيل المعادن

- ✓ أن يعرف المتدرب أنواع طرائق التشغيل.
- ✓ أن يعرف المتدرب عملية القطع ونوعية الرائش الناتج والحرارة المتولدة.
- ✓ أن يعرف المتدرب ظروف القطع المناسبة.
- ✓ أن يعرف المتدرب أدوات القطع وأنواع التلف الناتجة من الاستخدام.
- ✓ أن يعرف المتدرب قوة القطع وكيفية حسابها والعوامل المؤثرة عليها.

# المراجع


- اختبار المواد – تخصص ميكانيك المواد 123 ميك ، المملكة العربية السعودية، المؤسسة العمة للتدريب التقني و المهني، طبعة 1429 ه
- تقنية التشغيل، المملكة العربية السعودية، المؤسسة الع امة للتدريب التقني و المهني، طبعة 1429 ه
- عمليات قطع المعادن، رودلف جينيسكي، ترجمة محمد الجزار، مؤسسة الاهرام
- فن الخراطة 1981، الطبعة الثالثة، بروشتين و ديمينتيف، دار مير، موسكو
- فن التفريز 1985، فيدور بارباشوف، دار مير، موسكو
- تكنولوجيا ميكانيكا اللآلات. 1977 ، هانز أبولد - كورت فايلر- جورج جروند – ألفريد راينهارد – باول سميث. أرنست كليت - شتوتغارت . ألمانيا الاتحادية.
- Fachkunde Metall, 55th Ed.Verlag Europa Lehrmittel, 2007
- Fnides, Mohamed, et al. "Modeling and optimization of surface roughness and productivity thru RSM in face milling of AISI 1040 steel using coated carbide inserts." *International Journal of Industrial Engineering Computations* 8.4 (2017): 493-512
- Chevalier, André. *Guide du dessinateur industriel*. Hachette, 1989.