طرائق التصنيع –1–

وقل رب زدني علما
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

طرائق التصنيع (I)

(تشغيل المعادن بالقطع)

الدكتور
غسان حداد
أستاذ في قسم هندسة التصميم الميكانيكي

جامعة دمشق
1428-1429 هـ
2007-2008م

وقل رب زدني علما
Damascus University

المقدمة

إن التطورات الحديثة في مجال بناء التكنولوجيا ونقلها وتوظيفها من مكان لآخر جعل العالم كله وكأنه حلقة متكاملة من الإبداع، وقد ساهم تطور نظم الاتصالات والمعلوماتية بتسريع عملية نقل المعلومة وهذا استوجب مزيداً من الاهتمام بمكونات تطوير تقانة الإنتاج وخاصةً الإنتاج بإزالة الرايش، لذلك كان من الضروري التفكير بإعداد كتاب طرائق التصنيع (1) لجميع الاختصاصات الميكانيكية بشكله الجديد والمتطور آخذين بعين الاعتبار ما استجد من تغيرات على عمليات الإنتاج بإزالة الرايش وخاصةً في مجال مكننة وأتمتة عمليات الإنتاج الصناعي.

إن بلادنا وهي تعيش اليوم عصر التطور التقني المتسارع لا بد لها لمسايرة هذا العصر من أن تعتمد على الأسس العلمية في إرساء قاعدتها الصناعية الواسعة، ومن أهم هذه الأسس خلق الجيل الواعي القادر على استيعاب المبادئ العلمية والتقنية للأداء الصحيح للإنتاج.

وهنا تجدر الإشارة إلى أن التطور التقني والتقدم العلمي في جميع الميادين الصناعية يسير بخطى سريعة جداً ويحقق قفزات نوعية في المجالات جميعها وعلى الأصعدة كافة، ووطننا الحبيب وهو يضع اليوم إمكاناته كافة في خدمة هذا التطور الذي يعود بشكل أو بآخر على المنفعة والفائدة لأبنائه فإنه يرى أن في متابعة المنجزات العلمية والتقنية في العالم أمراً ملحاً.

وإنني أجد لزاماً علينا الآن ونحن نسير في مرحلة هامة من مراحل البناء الاقتصادي والعمراني والسياسي لقطرنا الحبيب أن نضع الإمكانات العلمية المتاحة كافة في خدمة الأهداف الاستراتيجية التي نسعى من أجل تحقيقها، ومقومات البناء في قطرنا كبيرة

الفصل الأول

نظام القياس

Metrology System

وقل رب زدني علما
Damascus University

(1-1) القياس Measuring :

القياس هو مجموعة من العمليات التجريبية تهدف إلى تحديد القيمة لكمية ما.
أي هو تحديد قيمة صفة أو خاصية ما على صورة رقم عددي له مدلول بالنسبة لوحدات القياس المتعارف عليها، وتتم عملية القياس بواسطة أجهزة القياس.
القيمة النهائية لنتيجة القياس هي حاصل ضرب القيمة العددية لعدد المرات المضاعفة في الواحدة.

قيمة القياس	=	القيمة العددية	×	الوحدة

عرف علم القياس (*Metrology*) في القاموس الدولي للقياسات 1993 م بأنه:

علم إجراء عملية القياس مع تحديد نسبة الخطأ المترتبة على عملية القياس.

Science of measurements associated to the evaluation of its uncertainty.

وعملية القياس هي العملية اللازمة للتأكد من مدى اقتراب الأبعاد الحقيقية للقطعة المنتجة من الأبعاد الاسمية.

اعتمد العالم على بعض الأشكال في أنظمة القياس، فالمصريون مثلاً استخدموا الذراع كواحدة للطول (وهي طول الساعد من الإصبع الوسطى حتى الكوع)، وفي الدول الأنجلو سكسونية (انكلترا، أمريكا، كندا) كانت البوصة (الإنش *Inch*) حتى عهد قريب تستخدم كواحدة لقياس الطول ($1in = 25.4mm$).
أما واحدة قياس الزوايا فهي الدرجة (°) وتساوي جزءاً من (360) جزءاً من محيط الدائرة، وتقسم إلى ستين دقيقة (′) وتقسم الدقيقة بدورها إلى ستين ثانية (″).

أما واحدات القياس المعتمدة من قبل النظام الدولي للقياس للكميات الأساسية هي:

1 –الطول، وواحدة قياسه المتر (m).

2 –الكتلة، وواحدة قياسها الكيلو غرام (kg).

3 –الزمن، وواحدة قياسه الثانية (s).

4 –شدة التيار الكهربائي، وواحدة قياسه الآمبير (A).

5 –درجة الحرارة، وواحدة قياسها الكلفن (K).

6 –كمية المادة، وواحدة قياسها المول (mol).

7 –شدة الإضاءة، وواحدتها القنديلة (cd).

وباقي الكميات مثل القوة والضغط واللزوجة فيتم اشتقاقها من الكميات الأساسية.

أما البادئات التي اعتمدها النظام الدولي للقياس فيبينها الجدول (1–1):

رمز البادئة	البادئة	عامل الضرب
E	*Exa*	10^{18}
P	*Peta*	10^{15}
T	*Tera*	10^{12}
G	*Giga*	10^{9}
M	*Miga*	10^{6}
K	*Kilo*	10^{3}
h	*Hecto*	10^{2}
da	*Deca*	10
d	*Deci*	10^{-1}
c	*Centi*	10^{-2}

m	*Milli*	10^{-3}
μ	*Micro*	10^{-6}
n	*Nano*	10^{-9}
p	*Pico*	10^{-12}
f	*Femto*	10^{-15}
a	*Atto*	10^{-18}

الجدول (1–1)

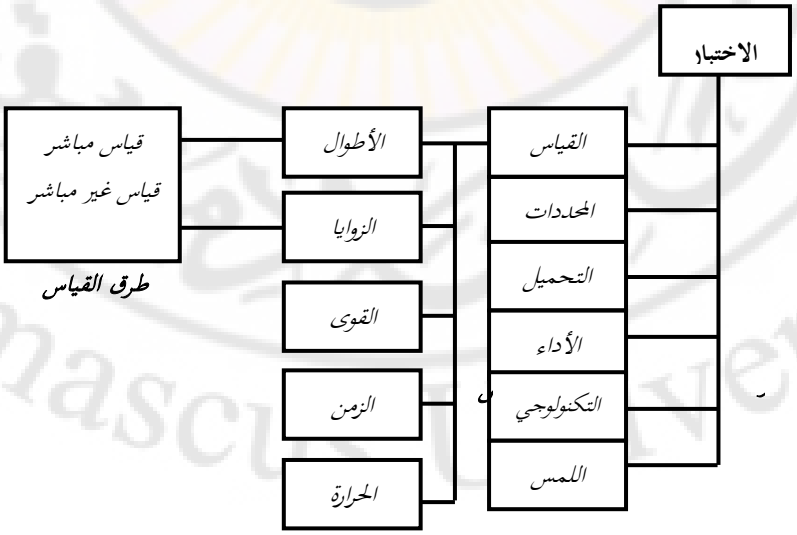
بادئات القياس

وهناك طريقتان للقياس:

1 -الطريقة المباشرة، حيث تقارن المشغولة المطلوب قياسها مباشرةً بجهاز القياس.

2 -الطريقة غير المباشرة، حيث تحدد القيمة المطلوب قياسها بالاستعانة بوسائل قياس مساعدة كاستخدام الفرجار مثلاً.

ويمكن تقسيم مفهوم تكنولوجيا القياس في المخطط التالي:



تحدث أثناء عملية القياس أخطاء نميزها في:

- **أخطاء متماثلة** (منتظمة)، تتخذ دائماً القيم نفسها عند استخدام طرق ترتيب أدوات القياس نفسها.
- **أخطاء عرضية**، تتخذ قيماً متباينة وأسبابها غير معلومة.

ويمكن إرجاع أخطاء القياس بشكل عام إلى:

1 -تأثير درجات الحرارة.

2 -أخطاء القراءة بسبب اختلاف النظر.

3 -أخطاء الوضع.

4 -أخطاء الأجهزة.

(1-2) الدقة (الضبط) Accuracy:

تكون حصيلة القياس هي القيمة الفعلية ودائماً هي عرضة للأخطاء التي تنجم عن عدم التأكد من دقة كل من جهاز القياس وعملية القياس والجزء الذي تجري عليه عملية القياس، أما القيمة النظرية فإنها تكون دوماً صحيحة.

لذلك علينا أن ندرك قيمة أدوات القياس المتعددة في الحصول على درجة الدقة المطلوبة، فإن كان قياس الفرجار أسهل وأسرع سيكون استخدام الميكرومتر ضعيفاً والعكس صحيح.

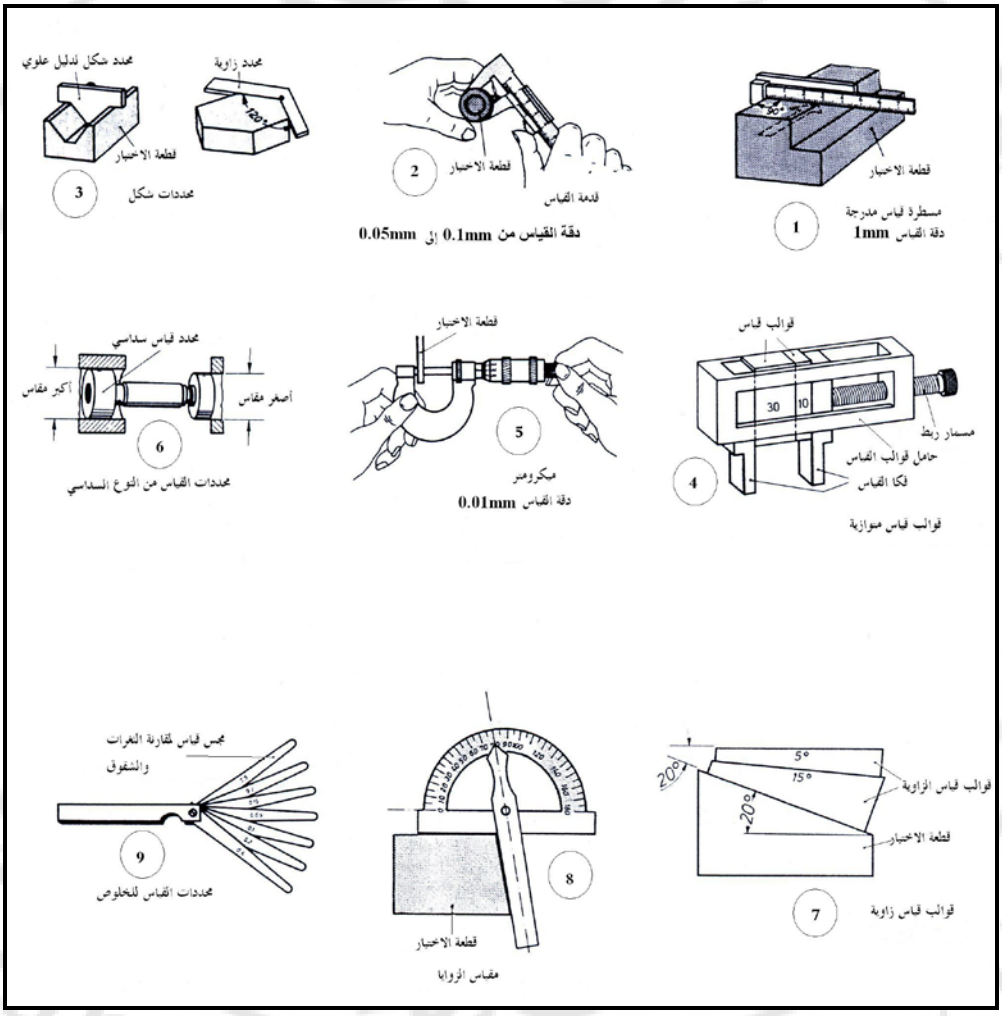
(1-3) أنظمة القياس Measuring Systems:

هنالك نظامان للقياس يستخدمان عالمياً:

1 -**النظام العشري** (المتري) ويستخدم في 90% من العالم.

2 -**النظام الإنشي** (باوند) ويستخدم في كندا وأمريكا وبريطانيا.

يوضح الشكل (1-1) رسماً تخطيطاً لأجهزة ومحددات القياس المستخدمة في عمليات التشغيل.



الشكل (1-1)

1– مسطرة قياس مدرجة، 2– قدمة قياس، 3– محددات شكل، 4– قوالب قياس متوازية، 5– ميكرومتر، 6– محددات القياس، 7– قوالب قياس زاوية، 8– مقياس الزوايا، 9– محددات القياس للخلوص

(1-4) العناية بأجهزة القياس Measuring Device Care:

من البديهي أن دقة أجهزة القياس يجب أن نتعامل معها بعناية فائقة، تصنع أدوات القياس الجيدة من الفولاذ المقسى والمعدة للاستخدام مدى الحياة دون أن تنكسر. لكن الدقة يمكن أن تتراجع حتى في الجهاز الممتاز وذلك لعدم العناية به أثناء العمل، لذلك يجب الحذر وتحاشي الخدش الخاطئ أو الشقوق التي تحجب التدريجات أو تشوه السطح، كما أن الصدأ هو عدو الأسطح المصقولة كافة ، لذلك يجب أن تمسح الأدوات من كل البصمات بعد كل استخدام وتحاشي الاحتكاك بوضع كمية من الزيت عن طريق قطعة قماش عند التخزين.

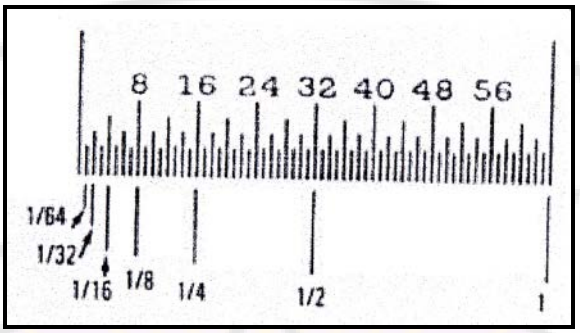
(1-5)القياسات الأساسية Basic Measures:

1 -**القياسات المترية**: يعبر عن أبعاد الطول المتري بمضاعفات وأجزاء المتر.

2 -**القياسات بالإنش** باوند: واحدة الطول هي الإنش وتقسم إلى أقسام كسرية وعشرية.

3 -**القياسات الكسرية** : يبين الشكل (1-2) التقسيمات الكسرية للإنش، الأبعاد الكسرية تدعى بالأبعاد القياسية ويمكن أن تقاس بالمسطرة والفرجار. المساطر الفولاذية مدرجة بأقسام السنتيمترات، المليمترات وأنصاف المليمترات أو بالأقسام $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}, \frac{1}{64}$ من الإنش.

في الشكل (1-2) أقسام من $0.5mm$ أو من $\frac{1}{64}in$.



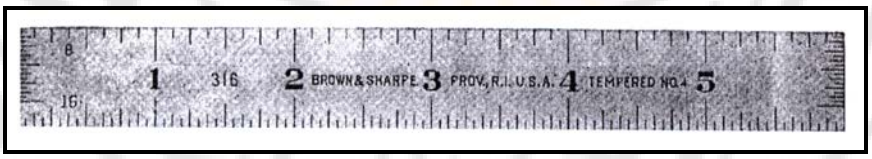
الشكل (1–2)

التقسيمات الكسرية للإنش

(1–6) أدوات القياس ***Measuring Tools:***

(1–6–1) المساطر الفولاذية ***Steel Rulers:***

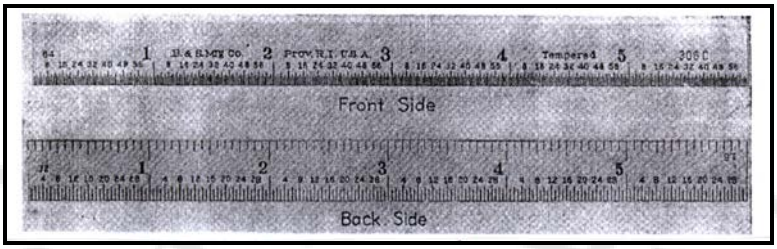
وهي أجهزة لقياس الأطوال وتعد من أكثر أدوات القياس استخداماً حيث تصنع بأشكال مختلفة مثل النابضي المخفف أو المعقوف، ويتراوح طول تلك المساطر من $1in$ إلى $48in$ والشائع الاستخدام هو النابضي المخفف $6in$ كما في الشكل (1–3)، تكون معظم المساطر الفولاذية مدرجة بواسطة خطوط دقيقة على كل حافة من الجانبين وغالباً على النهايتين لأجزاء مختلفة من الإنش.



الشكل (1–3)

مسطرة فولاذية نابضية

يبين الشكل (1–4) مسطرة مرنة مدرجة على ثلاث حواف فقط هي 64 , 32 , 8.

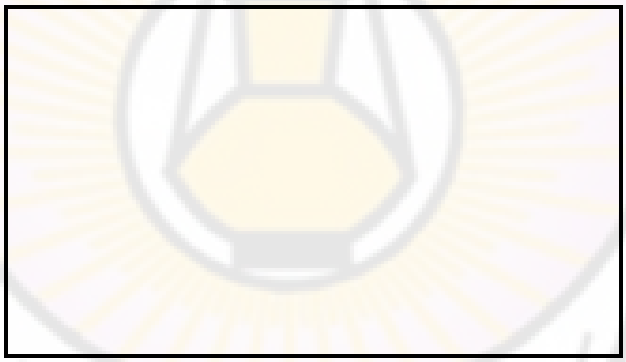


الشكل (1–4)

مسطرة مرنة

نلاحظ في الشكلين (1–3) و (1–4) أن خطوط التدريجات مختلفة في الأطوال، التدريجة 64 هي الأقصر والخطوط المعلمة بـ 32 , 16 وهكذا هي أطول بشكل ملحوظ.

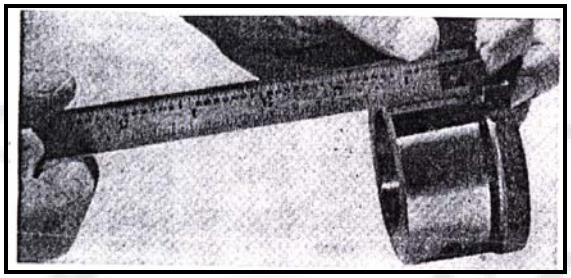
يبين الشكل (1–5) طريقة القياس بواسطة المسطرة.



الشكل (1–5)

طريقة القياس بواسطة المسطرة

الجهاز القياسي هو المسطرة المعلقة كما في الشكل (1–6)، وهذه المسطرة تعطي قياسات دقيقة لجميع القطع ذات الحواف وهي ملائمة جداً من أجل قياس القطع ذات الحواف والدائرية، كذلك من أجل ضبط الفرجار.



الشكل (1–6)

المسطرة المعلقة

كذلك يوجد ما يعرف بشريط القياس المصنع من الفولاذ فيستعمل حينما لا يكون هناك متطلبات محددة للدقة.

(1–6–2) الفرجار Dividers:

لا يمكن بواسطة الفرجار أخذ قراءة قياس بشكل مباشر ولكنه يستخدم لنقل قيمة القياس بشكل غير مباشر، وبناءً عليه عند أخذ القراءة بالفرجار فإن القيمة تقرأ بواسطة القدم المنزلقة أو الميكرومتر، ويمكن تصنيفها إلى عدة أنواع:

- فرجار الوصلة النابضية.
- فرجار الوصلة الثابتة.

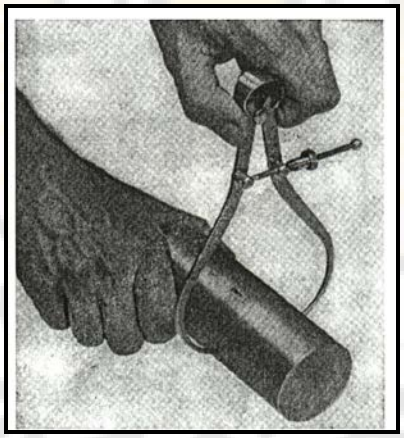
وتصنف أيضاً إلى:

- فرجار داخلي، يستخدم للقياسات الداخلية مثل قطر الثقوب أو المجاري الداخلية، ويبين الشكل (1–7) طريقة القياس بالفرجار الداخلي.

الشكل (1–7)

طريقة القياس الداخلي بواسطة الفرجار

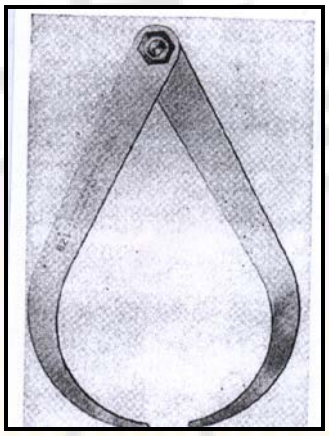
● فرجار خارجي، يستعمل لقياس السطح الخارجي لقطعة دائرية أو مسطحة، يبين الشكل (1–8) استخدام الفرجار ذ ي الوصلة النابضية لقياس سطح خارجي.



الشكل (1–8)

طريقة القياس الداخلي بواسطة الفرجار

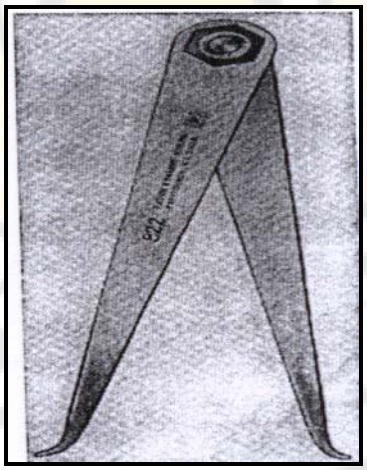
الشكل (1-9) يبين فرجاراً ذا وصلة ثابتة للقياس الخارجي ويفضل استخدام هذا النوع للقياسات الكبيرة.



الشكل (1-9)

فرجار قياس خارجي

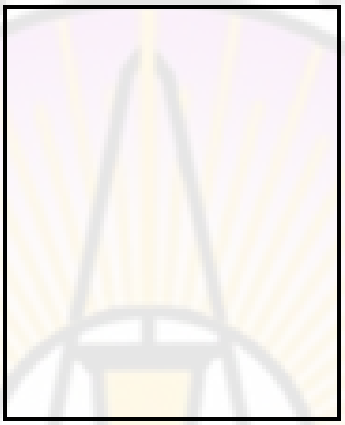
ويبين الشكل (1-10) فرجار القياس الداخلي.



الشكل (1-10)

فرجار قياس داخلي

ويبين الشكل (1-11) الفرجار المحوّل، الميزة الخاصة لهذا النوع أنه يمكن أن يستخدم داخل الحجيرات المجوفة ووفق الحواف ... الخ، فبعد القياس يحرك ويعاد ضبطه دون أن نضيع سماكة الشكل وذلك بواسطة حل القفل (a) والتي تربط أحد الساقين بالصفيحة الإضافية وتحدد حركة الساق (بينما تكون الساق (b) ثابتة).

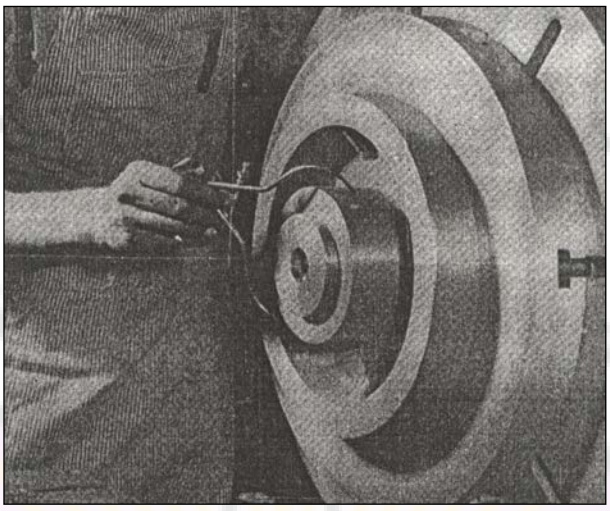


الشكل (1-11)

فرجار قياس محدد (نقل)

يمكن استخدام الفرجار كأداة قياس أو معيار (محدد قياس)، ويستخدم كأداة قياس كأن يقتطع لمسافة قصيرة ثم بواسطة الفرجار يتم أخذ المقاس وقراءته على المشغولة من أجل التعرف على عمق القطع المطلوب قطعه.

يبين الشكل (1-12) كيفية القياس بواسطة الفرجار، للاستعمال الدقيق للفرجار أثناء العمل يجب أن يثبت برفق وليس بمسكة خاطفة ويكون الضغط صحيحاً إذ يعلق بالكاد على قطعة العمل دون أن يسقط.



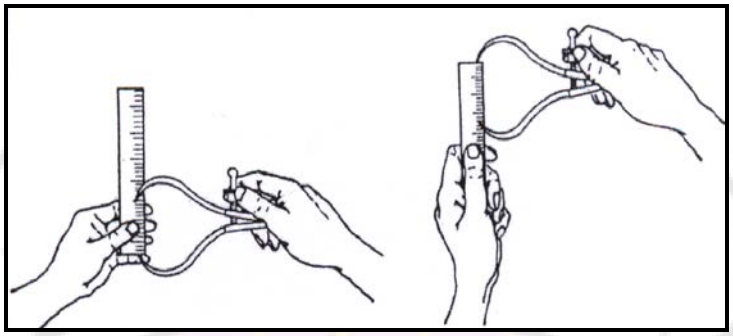
الشكل (1–12)

كيفية القياس بواسطة الفرجار

إن تطبيق قوة إضافية على الفرجار الملامس لقطعة العمل وذلك بتطبيق ضغط إضافي يؤدي إلى خطأ في القراءة، حيث أنه ليس من الصعب أن تظهر السطور التي مسافتها أقل من $0.001in$ بواسطة الفرجار...

ضبط وقراءة فرجار القياس الخارجي:

من أجل ضبط فرجار القياس الخارجي نمسك مسطرة القياس باليد اليسرى بحيث تكون متلامسة مع الخنصر كما في الشكل (1-13) بوضعية الإضاءة مباشرة على المقياس.



الشكل (1–13)

طريقة أخذ القياس بواسطة المسطرة

ونمسك نهايتي الفرجار باليد اليمنى بحيث يمكن تعييره بواسطة عزقة العيار باستخدام السبابة والإبهام، ثم نضع إحدى ساقيّ الفرجار على نهاية المقياس بحيث لا تنزلق وبعدها نضبط الساق الأخرى على التدريجة المطلوبة على مسطرة القياس، وبعد تثبيت الفرجار بالوضع الصحيح ننظر بشكل متعامد على نهاية الساق الأخرى ثم نضبط الفرجار حتى تبدو نهاية الساق منطبقة على تدريجة المسطرة.

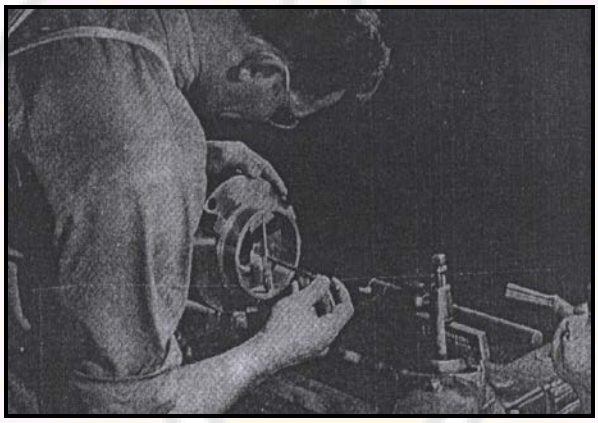
في هذه الطريقة يمكن وبسهولة أن يضبط الفرجار على ما بين $0.002in$ و $0.003in$ من الشكل الحقيقي. من أجل قراءة فرجار القياس الخارجي يجب أن يثبت بقوة عدا أنه ليس بحاجة للتعيير ويجب عدم لمس برغي التعيير.

لا يعتبر استخدام الفرجار مفيداً من أجل القياسات الدقيقة ولكن يعتبر استخدامه عملياً من أجل قياس القطع الخام، الشقوق العريضة، أو أي أبعاد لا تتطلب الدقة المتناهية.

كما يمكن استخدامه عند الضرورة من أجل القياسات الدقيقة، لكن الأسرع والأسهل استخدام الميكرومتر، وفي الإنتاج الذي يتطلب سرعة في القياس من المستحسن عادةً استخدام المقياس (المعيار) من أجل تحديد القياسات الصحيحة، ومن أجل الأعمال الأسطوانية فيستخدم القياس الخاطف وعندما يكون مسموح باختلاف طفيف أو تحت القياس الأساسي فيستخدم القياس المحدد.

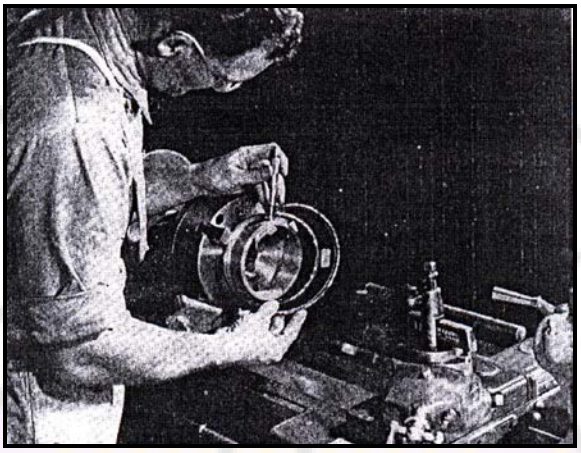
(1-6-3) مقياس الميكرومتر Micrometer:

يعتبر الميكرومتر الأكثر استعمالاً وشيوعاً لقياس الأدوات عندما تكون الدقة مطلوبة، ويصنع بأحجام مختلفة تتراوح من $0.5in$ إلى $48in$، والأكثر شيوعاً هو مقياس $1in$ لأجل القياس بدءاً من $0.001in$ إلى $1in$ وهي مصنوعة لاستخدامات متنوعة مثل ميكرومترات داخلية الشكل (1-19)، وميكرومترات خارجية الشكل (1-15)، وميكرومترات لقياس أسنان اللوالب الشكل (1-16).



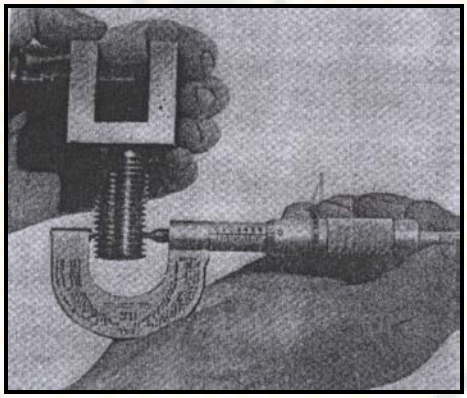
الشكل (1-14)

القياس بواسطة ميكرومتر داخلي



الشكل (1–15)

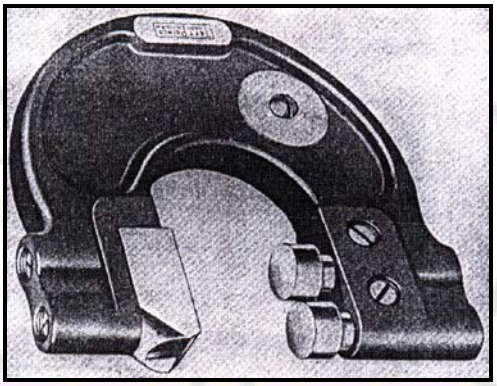
طريقة القياس بواسطة ميكرومتر خارجي



الشكل (1–16)

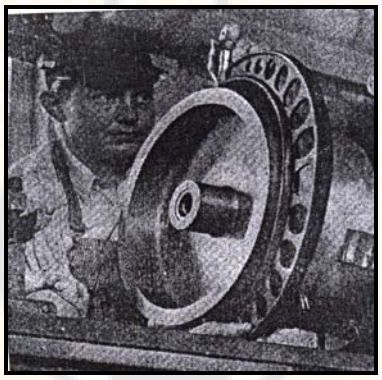
ميكرومتر قياس أسنان اللوالب

Damascus University



الشكل (1–17)

ميكرومتر للقياسات الدقيقة



الشكل (1–18)

ميكرومتر كبير جداً

الشكل (1–19)

ميكرومتر القياس الداخلي

الشكل (1–20)

ميكرومتر قياس الأعماق

الشكل (1–21)

ميكرومتر ذو مؤشر دقيق

للقياس بالميكرومتر أهمية كبيرة وذلك للأسباب:

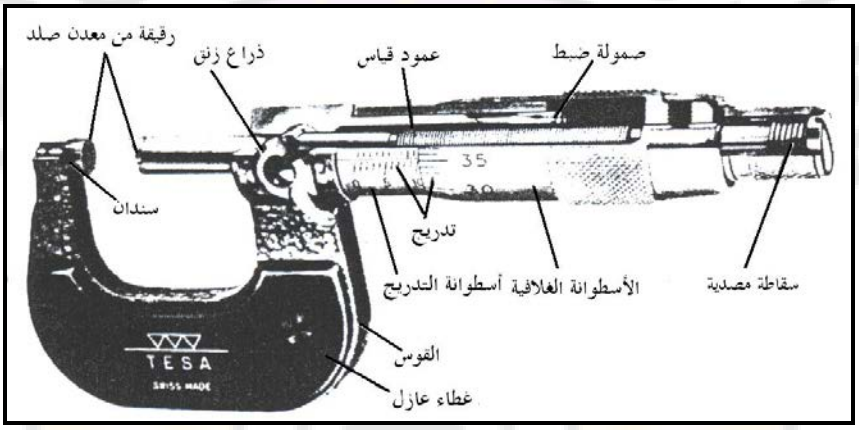
1 ـ صغير، قابل للحمل، قوي جداً لكي يتحمل الاستعمال الطبيعي.

2 ـ يحافظ على دقته بشكل جيد ويمكن أن يضبط بشكل سهل في حالة التآكل.

3 -سهل التعامل، وسهل القراءة ويمكن استعماله بيد واحدة.

تستخدم غالباً كلمة (مايك *Mic*) نيابةً عن ميكرومتر، وهناك تعبير آخر (مايكنغ *Micing*) أي استخدام المايك لأخذ القراءة.

يبين الشكل (1-22) الشكل العام للميكرومتر وأجزائه الرئيسية حيث أن العنصر الأساسي للجهاز هو برغي الضبط.



الشكل (1-22)
قطاع في الميكرومتر

يمكن تلخيص مبدأ الإنش الميكرومتري كالتالي:

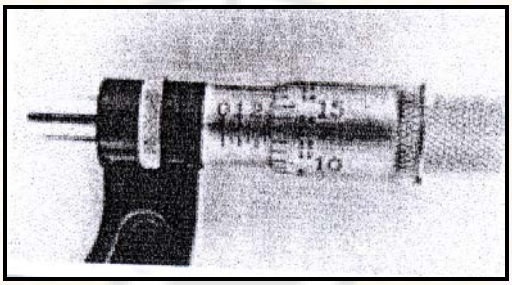
هناك أربع ون خطاً ملولباً في الإنش الميكرومتري لذلك فإن التقدم الكامل على المحور سيزيد أو ينقص المسافة بين الوجوه المقيسة بـ $\frac{1}{40}in$.

إن قيمة $1in$ على الجلبة الميكرومترية تقسم إلى أربعين جزءاً متساوياً كل منها يساوي $\frac{1}{40}in$ ، يفترض أن نستمر بإغلاق جهاز الميكرومتر حتى يلامس الوجوه المقاسة.

إن خط الصفر على الأسطوانة الغلافية يجب أن ينطبق على خط المؤشر الموجود على الجلبة فإذا كانت الأسطوانة الغلافية تدور مع دوران عقارب الساعة لكل دورة كاملة، فسنلاحظ أن الخط سيظهر على الجلبة يساوي $0.025in$ وهكذا فإن كل ثلاثة

خطوط تظهر على الجلبة وتشير إلى مسافة $(3\times 0.025in)$ أو $0.075in$، الخط الأكثر طولاً على الجلبة هو الخط الرابع ويجعل القراءة أسهل وكل سطر مرقم يشير لجزء من $(100in)$، على سبيل المثال $(\#4)$ حيث (الإشارة # تعني in) تشير على الجلبة إلى المسافة بين الوجوه المقاسة هي (4×0.100) أو (0.400).

إن دورة واحدة للأسطوانة الغلافية تعادل 25 قسماً على محيطها الخارجي وكل من هذه الأقسام تعادل $(0.001in)$. عند القراءة على مقياس الإنش الميكرومتري نلاحظ أن الخطوط الصغيرة المرئية بـ 0.25 ستضاف إلى عدد القياسات على الأسطوانة الغلافية من الصفر إلى التدريج الذي يتطابق مع المركز أو السطر المؤشر على الجلبة كما يبين الشكل (1-23).



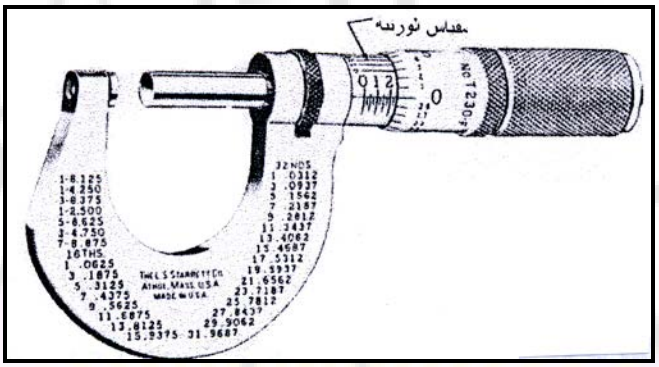
الشكل (1-23)

قراءة مقياس الميكرومتر

- القيمة الموضحة على التدريجات الرئيسة للجلبة $(2\times 0.100=0.200in)$.
- القيمة الموضحة على التدريجات الجزئية للجلبة $(3\times 0.25=0.75)$.
- التدريج على الأسطوانة الغلافية والمتطابق مع خط المؤشر $(13\times 0.001=0.013in)$.
- ويكون مجموع القراءات $(0.2+0.75+0.013=0.288in)$.

(1-6-4) الورنية الميكرومترية Micrometric Vernier:

جهاز الورنية الذي يقيس بالإنش موضح بالشكل (1-24).



الشكل (1-24)

ميكرومتر نظام انكليزي

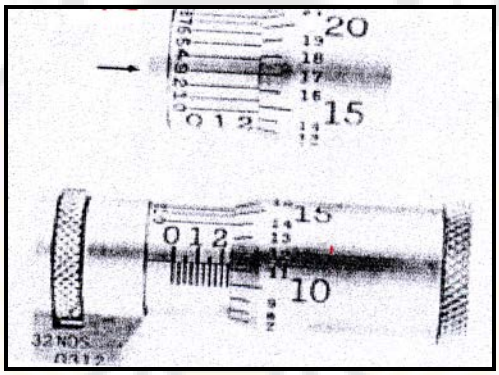
بالإضافة للتدريجات الموجودة على الميكرومتر القياسي فإن لها تدريجات خاصة بالورنية على الجلبة، إن هذا المقياس للورنية يحتوي على (10) تدريجات ويلاحظ أن هذه الأجزاء العشرة على الجلبة تحتل تسعة أجزاء لنفس المسافة على الأسطوانة الغلافية وتدريجة واحدة على مقياس الورنية لذلك تعطى بالشكل $\left(\frac{1}{10} \times 0.09\right)$ أو $(0.009in)$ لذلك كل تدريجة على الأسطوانة الغلافية تساوي (0.001) أو $(0.0010in)$، الاختلاف بين تدريجة واحدة على الغلاف الأسطواني وتدريجة مقياس الورنية هو المقدار $(0.0010 - 0.0009)$ أو (0.0001) لذلك فإن كل تدريجة على مقياس الورنية لها قيمة $(0.0001in)$.

ويمكن إيجاز تعليمات قياس الورنية الميكرومترية بما يلي:

1 -نقرأ قياس الميكرومتر كما نقرأ قيمة التدريج على الميكرومتر القياسي.

2 -ملاحظة الخط على مقياس الورنية الذي يتطابق مع الخط على الأسطوانة الغلافية، حيث أن التدريج الذي يشير إلى قيمة القياس والذي يساوي جزءاً من عشرة آلاف يضاف إلى القراءة.

الشكل (1-25) يوضح مثالاً لقراءة الورنية الميكرومترية.



الشكل (1-25)

قراءة الورنية الميكرومترية

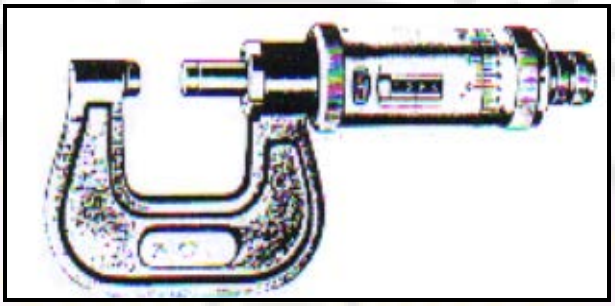
- المقاس $2in$ يظهر على الحلقة $(2 \times 0.0100 = 0.200in)$.
- تظهر تدريجة واحدة بعد الرقم $(1 \times 0.025 = 0.025in)$.
- المقاس $11in$ يقارب خط الدلالة $(11 \times 0.001 = 0.011in)$.
- التدريج $3in$ على مقياس الورنية يتطابق مع خط على الحلقة $(3 \times 0.0001 = 0.0003in)$، وتكون القراءة النهائية $(0.2 + 0.025 + 0.011 + 0.0003 = 0.2363in)$.

(1-6-5) الميكرومتر المتري Metric Micrometer:

يبين الشكل (1-26) نموذجاً لميكرومتر متري وهو يشبه الميكرومتر العادي ويختلف معه بنقطتين:

- خطوة الانتقال المحوري.
- قيمة التدريجات على الجلبة والأسطوانة الغلافية.

حيث أن الخطوة المحورية تساوي $0.5mm$ لهذا فإن كل دورة كاملة للحلقة الداخلية تزيد أو تنقص المسافة بين وجهي القياس مسافة $0.5mm$.

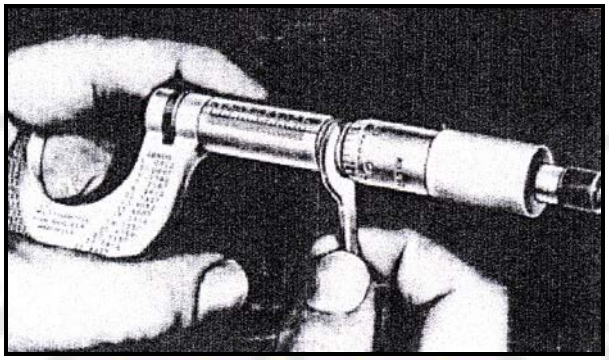


الشكل (1–26)

ميكرومتر نظام فرنسي

إن قيمة التدريجات فوق خط الدليل على الحلقة الداخلية تعطى بالميلمترات $(0-25mm)$ مع كل خامس تدريج مرقم، تحت خط الدليل يكون كل ميلمتر مقسماً إلى قسمين من $(0.5mm)$ والذي يساوي خطوة اللولب، لذلك فإنه من الواضح أن كل دورتين للأسطوانة الخارجية تحرك المحور مسافة $(1mm)$.

يقسم محيط الأسطوانة الخارجية إلى خمسين قسماً وترقم كل تدريجة خامسة منها، إن كل دورة للأسطوانة الخارجية تحرك المحور مسافة $(5.4mm)$، وكل تدريجة على الأسطوانة تساوي $\left(5.4\times 1/50=5.51mm\right)$، لذلك يمكن قراءة المثال في الشكل (1-27) وفقاً لما يلي:



الشكل (1–27)

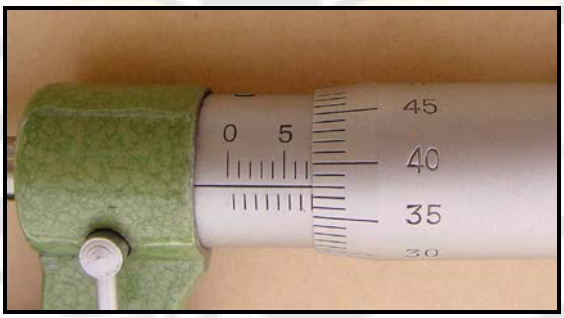
قراءة ميكرومتر متري (فرنسي)

- القراءة (17) تشير إلى القياس فوق خط الدلالة $(1\times 17=17mm)$.
- القراءة تحت خط الدلالة تشير إلى تدريجة واحدة $(1\times 5.4=5.4mm)$.
- القراءة (11) تشير إلى القياس على الحلقة الخارجية

$(11\times 0.01=0.11mm)$.

- القراءة النهائية تساوي $(17.61mm)$.

وفي الشكل (1–28) تكون القراءة $7.38mm$.



الشكل (1–28)

قراءة الميكرومتر المتري

إن الاعتناء العام بالميكرومتر واستخدامه الصحيح يحافظ على دقته ويقلل من قيمة الانحراف، ولإزالة الخلوص في لوالب الميكرومتر يجب اتباع التعليمات التالية:

1 -انزع الحلقة الخارجية.

2 -أدخل المحور المركزي في ثقب الصامولة المعدلة.

3 -أدر صامولة التعديل باتجاه عقارب الساعة حتى يزول الخلوص بين أسنان اللولب.

وللحفاظ على دقة قياس الميكرومتر يجب اتباع التعليمات التالية:

1 -نظف وجوه القياس وعاينها ضد الأضرار.

2 -أغلق وجوه القياس بحذر بإدارة سقاطة التوقيف.

3 -دخل المحور المركزي في الفجوة الموجودة على الحلقة الداخلية.

4 -أدر الحلقة الداخلية بحذر حتى يتطابق خط الدلالة على الحلقة الداخلية مع الصفر على الحلقة الخارجية.

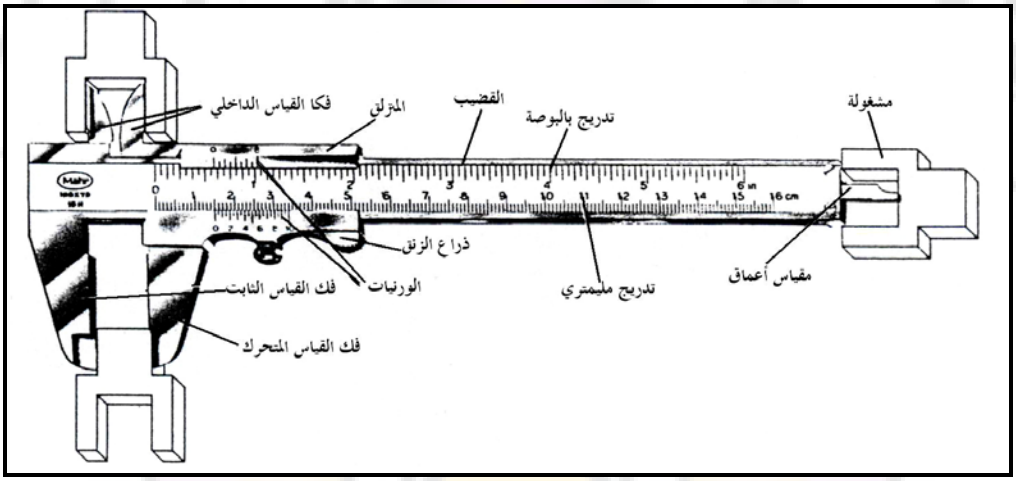
5 -ختبر دقة الميكرومتر بفتح الميكرومتر ثم إغلاق وجوه القياس بإدارة سقاطة التوقيف.

(6-6-1) الفرنية الميكرومترية المترية Metric Micrometer Vernier:

تمثل الفرنية الميكرومترية خمس تدريجات إضافية إلى التدريجات التي توجد على الميكرومتر النظامي فإن الفرنية تملك خمس تدريجات تمثل كل منها $(0.002mm)$، كل تدريجة رئيسية فوق خط الدلالة تعادل $(0.50mm)$، وهناك 50 قسماً حول الحلقة الخارجية يعادل كل منها $(0.01mm)$.

(1-6-7) البياكوليس (القدم المنزلقة) Caliper :

يعتبر البياكوليس (*Caliper*) من أهم أدوات القياس للقياس المباشر، وتستخدم لقياس الأبعاد الخطية الداخلية والخارجية بالإضافة لقياس الأعماق ويوضح الشكل (1-29) رسماً تخطيطياً للبياكوليس.



الشكل (1–29)

المخطط العام للبياكوليس (القدم المنزلقة)

هناك نوعان رئيسيان للبياكوليس:

1 -بياكوليس ذو فك واحد.

2 -بياكوليس ذو فكين.

يتألف البياكوليس بشكل عام من الأجزاء الرئيسية التالية:

1 -مسطرة قياس (قضيب القياس) Beam ويمكن أن تكون مدرجة إما بالميلمتر أو بالإنش، وتنتهي بفك ثابت Fixed Jaw.

2 -المنزلقة Slider وتحمل الورنية Venier Scale التي يمكن أن تثبت بواسطة صامولة تثبيت.

وتزود قدمات القياس الجامعة بفكين للقياس الخارجي، وفكين متقاطعين للقياس الداخلي، ومحدد لقياس العمق.

وتكون القراءة المباشرة للقياس كالتالي:

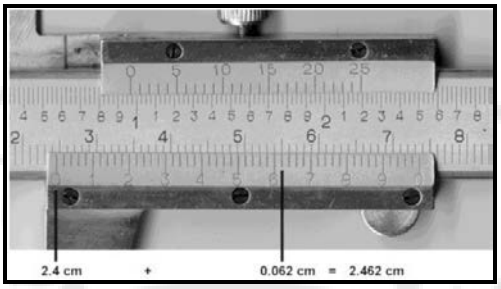
تسمح الورنية بقراءة كسور التقسيم الموجودة على مسطرة القياس (قضيب القياس) بشكل مباشر، وتوجد ورنيات بدقة قياس مختلفة فإما أن تكون دقة القياس $\left(\frac{1}{10}mm\right)$ أو $\left(\frac{1}{20}mm\right)$ أو $\left(\frac{1}{50}mm\right)$، ولتصميم ورنية تقرأ دقة قياس $\left(\frac{1}{10}mm\right)$ نأخذ $9mm$ على قضيب القياس ونقسّمه إلى 10 أقسام على الورنية بحيث يبلغ البعد على خطوط التدريج على الورنية $\left(\frac{9mm}{10}=0.9mm\right)$ بحيث تتم قراءة المليمترات الكاملة على مسطرة القياس (قضيب القياس) وأول خط على الورنية (خط الإسناد)، أما الأجزاء العشرية فيتم تحديدها بخط الورنية الذي ينطبق على خط التدريج الرئيسي على قضيب القياس.

إن دقة قياس الورنية تحصل من الفرق بين قيمة قسم التدريج الموجود على قضيب القياس وقيمة قسم تدريج الورنية على المنزلقة.

وإذا كانت دقة القياس $\left(\frac{1}{20}mm\right)$ نأخذ مسافة $19mm$ على قضيب القياس ونقسمها إلى 20 قسماً، ويبلغ البعد بين خطوط التدريج على قضيب القياس والورنية $\left(\frac{19mm}{20}=0.95mm\right)$ وتكون دقة القراءة:

$$\left(1mm-0.95mm=0.05mm=\frac{1}{20}mm\right)$$

يبين الشكل (1-30) تمرين لقراءة قيمة على البياكوليس.



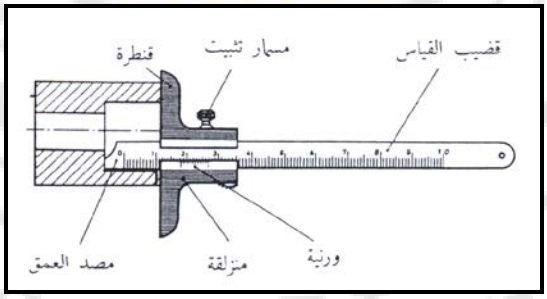
الشكل (1–30) تمرين لقراءة قيمة على البياكوليس

وتقرأ هذه القيمة كالتالي:

- قيمة القياس الرئيسي $24mm$.
- قيمة التدريج على الورنية $0.62mm$.
- قيمة القياس $24 + 0.62 = 24.62mm$

(1–8-6) بياكوليس قياس الأعماق *Measuring Caliper Depth:*

يوضح الشكل (1–31) بياكوليس قياس الأعماق، ويستخدم في قياس أعماق الثقوب والمجاري وسواها، تتم عملية القياس بتثبيت قاعدة الارتكاز على سطح المشغولة، ثم يدفع قضيب القياس حتى يتماس مع السطح الداخلي، وعندما يتم تثبيت القضيب بمسمار التثبيت لتتم بعدها قراءة القياس بدقة.



الشكل (1–31)

بياكوليس قياس الأعماق

تحدث عند إجراء عمليات القياس بوساطة البياكوليس الأخطاء الرئيسية التالية:

1 -عدم تماس فكوك القياس بشكل كاف على سطح القياس للمشغولة.

2 -وضع فكوك القياس بشكل منحرف وغير عمودي.

3 -وجود خلوص واضح بين قضيب القياس والمنزلقة.

4 -وجود شوائب وتلوث على السطح المطلوب قياسه.

5 -زيادة أو نقصان ضغط فكي القياس على سطح المشغولة.

(1-6-9) قوالب القياس العيارية ***Gauge Blocks:***

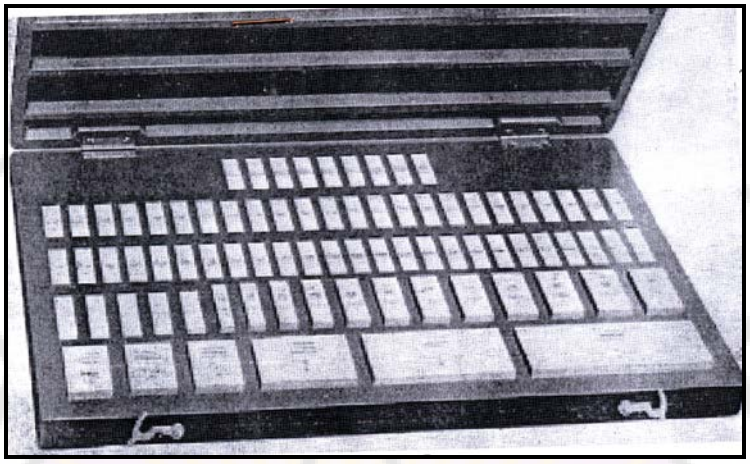
وهي قوالب مستطيلة مصنوعة من فولاذ سبائكي مجلوخ ومقسى ومعرض لحرارة شديدة ثم يعرض للبرودة بشكل تدريجي حتى تصبح البنية البلورية للمعدن متجانسة.

إن وجهيها مسطحان بشكل مستوٍ تماماً حتى أنه عندما تحك مع بعضها بشكل مناسب من الممكن أن تلتصق لدقة سطوحها.

نظرياً القياس محدد بدقة تتراوح من (2) حتى (8) جزء من المليون من الإنش (50) حتى (200) جزء من المليون من السنتيمتر) يدمغ على أحد وجهي القالب. يمكن استخدام قوالب الكروم المسطحة العيارية عند التعرض لعمليات احتكاك كبيرة، كما يمكن استخدام القوالب الكربيدية المصنوعة بعناية فائقة.

درجة الحرارة الاسمية لعملية القياس سواء بالسنتيمتر أو بالإنش هي 20° أو $68F$.

يبين الشكل (1-32) قوالب القياس العيارية.



الشكل (1–32)

قوالب القياس العيارية

تستخدم هذه القوالب بسبب دقتها العالية في الأغراض التالية:

1 -اختبار دقة الأبعاد للأدوات العيارية الثابتة لتحديد درجة الانحراف أو التمدد أو التقلص.

2 -تجهيزات القياس الدقيقة كالميكرومتر، ومقياس القطر الداخلي ذي الورنية.

3 -الأقراص المدرجة وأدوات الارتفاع العيارية للبعد نفسه.

4 -ضبط قضبان وصفائح الجيب.

ونميز في هذه القوالب:

1 -القوالب العيارية الإنشية النظامية:

تصنع بقياسات متعددة تصل في بعض القوالب إلى 115 قالب، والأكثر شيوعاً هي المجموعة المؤلفة من 83 قطعة مختلفة القياس ويمكن خلالها إجراء 120000 قياس مختلف ضمن مجال من مئات الآلاف من الإنش وحتى فوق 25*in* .

2 -القوالب العيارية المترية:

الأكثر شيوعاً القوالب المؤلفة من (88) قطعة، تصنع القوالب العيارية المدرجة بالأبعاد المترية النظامية عند ثلاث درجات شائعة من الدقة، معتمدة على الهدف الذي ستستخدم لأجله، وهي صف المجموعة (AA) ودقتها بحدود $(\pm 0.000002in)$ أو $(\pm 0.00005mm)$، وصف المجموعة (A) للأغراض التحسسية ودقتها $(\pm 0.000004in)$ أو $(\pm 0.00005mm)$، وصف المجموعة (B) ودقتها $(\pm 0.000008in)$ أو $(\pm 0.00025mm)$.

من المهم أن يتم التعامل مع القوالب العيارية بانتباه شديد ومراعاة درجة الحرارة أثناء العمل، لأن أي زيادة بمقدار $(1F)$ يسبب تمدداً كلياً للقوالب العيارية بمقدار $(4in)$.

وللحد من الخطأ الناتج عن تغير درجة الحرارة يتبع مايلي:

1 -تحريك القوالب العيارية فقط في حالة الضرورة.
2 -رفع القوالب العيارية بهدوء للحفاظ عليها.
3 -حملها بأطراف الأصابع حتى تكون منطقة الاتصال صغيرة.
4 -أن تكون درجة حرارة المشغولة والقوالب العيارية متقاربة.
5 -عندما تكون الدقة العالية مطلوبة يتم استخدام القفازات العازلة والملاقط لمنع تغير درجة الحرارة.

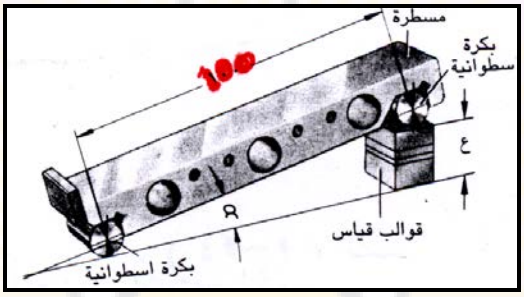
ولحماية القوالب العيارية يتبع:

1 -وضعها ضمن صندوق محكم الإغلاق عند عدم الاستخدام لحمايتها من الغبار والأوساخ.
2 -عدم حملها إلاّ في حالات الضرورة حتى لا تمتص حرارة الجسم.
3 -حماية السطوح المستوية من الصدأ والخدوش.

4 يجب تنظيفها وتزيتها بعد الانتهاء من الاستخدام قبل وضعها في الصندوق.

(1-6-10) قضيب الجيب Sine Bar:

يبين الشكل (1-33) قضيب الجيب الذي يستخدم عندما تكون الدقة في قياس الزاوية أفل من $\left(0.083^{\circ}\right)$، يتألف قضيب الجيب من قضيب فولاذي مع أسطوانتين ذات قطرين متطابقين تتمركزان قرب النهايتين، يكون مركز هاتين الأسطوانتين متمحورين بشكل متوازٍ تماماً لحافته.



الشكل (1-33)

قضيب الجيب

البعد بين المحورين المركزيين للأسطوانتين المستويتين هو عادة $(10in)$ أو $(5in)$، تصنع عادةً هذه القضبان من الفولاذ المقسى والمجلوخ وبدرجات عالية من الدقة.

يستخدم قضيب الجيب على سطوح مستوية، وأي زاوية مطلوبة يمكن أن نحصل عليها عن طريق رفع نهاية واحدة من القضيب محدداً الارتفاع عن طريق القوالب العيارية.

إن مجال الخطأ بالنسبة للقضيب $(5in)$ هو $(\pm 0.0002in)$ وبالنسبة للقضيب $(10in)$ هو $(\pm 0.00025in)$ وذلك بالنسبة للبعد بين محوري الأسطوانتين.

يصنع سطح القضيب الجيبي بدقة $(0.0005in)$ وذلك بال $(5in)$.

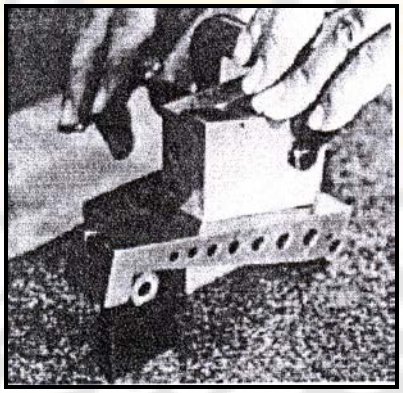
يكون القضيب الجيبي وتراً في مثلث قائم الزاوية قاعدته هي وجه القاعدة المسطح، ومن المثلثات القائمة نعلم قانون الجيب:

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{المقابل}}{\text{الوتر}} = \frac{\text{منظومة القوالب العيارية}}{\text{طول القضيب الجيبي}}$$

وبذلك يكون لأجل قضيب جيبي طوله $(5in)$:

$$\text{جيب الزاوية} = \frac{\text{المنظومة}}{5}$$

ملاحظة: عندما تكون الزاوية التي يجب حسابها أكبر من (60°) فإنه من الأفضل استخدام متممة الزاوية كما في الشكل (1-34).



الشكل (1-34)

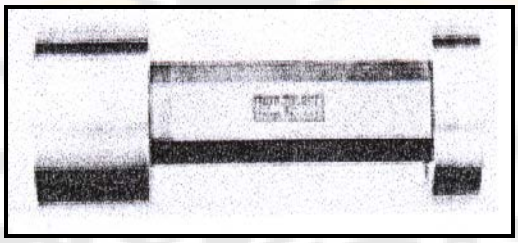
متممة قياس الزوايا بوساطة قضيب الجيب

إن سطح الزاوية يعطي الزاوية المطلوبة، يكمن السبب أنه عندما يكون القضيب الجيبي قريباً من الوضع الأفقي فإن تغيراً ضئيلاً يحدث في ارتفاع المنظومة سيسبب تغير ضئيل في الزاوية وهذا التغير يكون أكبر من كون القضيب قريباً من الوضع الشاقولي، هذا التغير لقوالب الارتفاع العيارية يمكن أن يظهر عند حساب المنظومات اللازمة من الزاوية (75°) وذلك من أجل الزاوية المتممة والتي هي (15°).

(1-6-11) العيارات الثابتة Fixed Gauges:

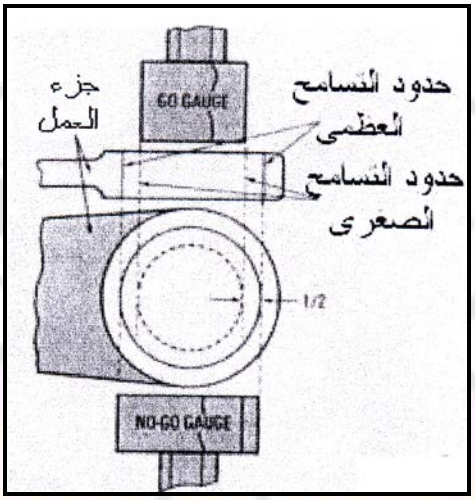
تستخدم العيارات الثابتة في أنظمة الفحص لأنها تزود بطريقة سريعة لضبط البعد المحدد، هذه العيارات يجب أن تكون سهلة الاستخدام للقيام بحساب درجة التفاوت المطلوبة وعادة تقوم بتعيين أبعاد من مرتبة أجزاء عشرية من أجل التحكم.

يبين الشكل (1-35) محدد القياس الأسطواني الذي يستخدم من أجل ضبط الأقطار الداخلية لثقب مستقيم، يتألف هذا النوع من مقبض وسدادة في كل نهاية وهو مجلوخ إلى قيمة معينة. القطر الأصغري للمحدد القياسي يؤشر على الجزء الأفقي للثقب كما يبين الشكل (1-36).



الشكل (1-35)

محدد القياس الأسطواني



الشكل (1–36)

حدود التسامح

فإذا تم ضبط بعد الثقب عند $(1 \pm 0.0005in)$ أي $(25.4 \pm 0.12mm)$ فإن نهاية العيار المسموح به يصمم بحيث يلائم فتحة قطرها $(9.95in)$ النهاية الأعظمية للمحدد السماحي واللاسماحي يتلاءم مع أي ثقب قطره أصغر من $(1.005in)$.

تدون عادةً الأبعاد لهذه العيارات على المقبض في كل نهاية مجاورة للسدادة العيارية.

عند استخدام المحدد القياسي الأسطواني يتبع ما يلي:

1 -انتقاء سدادة عيارية للبعد الدقيق والتسامح للثقب المضبوط.

2 -تنظيف كلتا النهايتين للمحدد العياري والثقب في المشغولة بقماشة نظيفة وجافة.

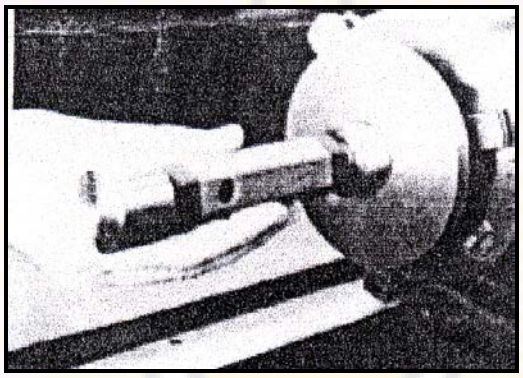
3 -التأكد من تحقق المعايرة في كلتا النهايتين والمشغولة من أجل الشقوق والمثاقب.

4 -مسح كلتا النهايتين للمحدد العياري بقطعة من القماش مشربة بالزيت حتى يترسب غشاء رقيق من الزيت على السطح.

5 -نبدأ بالقياس للمحدد العياري القياسي بإتقان حتى الثقب، إذا كان الثقب ضمن الحدود فالمعايرة ستنجز بسهولة، ويوضح الشكل (1-37) استخدام المحدد القياسي الأسطواني.

6 -يجب إدخال السدادة في كامل طول الثقب دون الضغط الزائد أو الفتل، ويجب ألاّ يكون هناك فراغ زائد بين السدادة والجزء.

7 -بعد ضبط الثقب بالمحدد العياري القياسي يجب أن يضبط الثقب بالمحدد السماحي واللاسماحي.

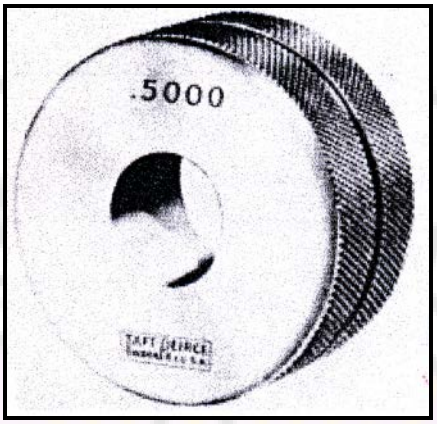


الشكل (1-37)

استخدام محدد القياس الأسطواني

(1-6-12) العيارات الحلقية البسيطة ***Simple Ring Gauges:***

تستخدم لضبط القطر الخارجي للمقطع، ويدوّن القياس على السطح الجانبي للمعاير، حيث أن الجزء الخارجي للمعاير مخرّش كما يبين الشكل (1-38).



الشكل (1–38)

العيارت الحلقية البسيطة

(1–7) التوافقات (الازواجات) Fits:

التوافق مفهوم يعطي مدى تلاؤم مركبين ضمن بعضهما بعضاً من حيث الإحكام، لذلك يجب أن تكون المشغولات قابلة للتجميع مع بعضها بغض النظر عن مكان أو مصدر تصنيعها، وذلك دون الحاجة لإجراء تشغيل لاحق بها.

يمكن تحقيق ذلك بوجود تعليمات موحدة وقياسية للتوافقات وقد تم تطوير المواصفات الدولية عن طريق منظمة ISO (*International Standard Organization*)، (المنظمة الدولية للتوحيد القياسي) وبما أنه لا يمكن أن نتوصل إلى المقاسات المحددة على الرسم (البعد الاسمي) بدقة مطلقة للمشغولة لذلك يجب السماح بانحراف عنها وهو ما يسمى بالتفاوت (التجاوز) المسموح به، يحدد الانحراف المسموح به بمعرفة كل من الحد الأدنى والحد الأعلى للمقاس والذي يجب أن يقع المقاس الفعلي للمشغولة بين هذين المقاسين الحديين لذلك فإن التفاوت (التجاوز) المسموح به بين المقاسين الحديين ينسب إلى المقاس الاسمي.

العمود: يطلق على كل جزء مستدير مطلوب تركيبه داخل أحد الثقوب.

البعد الاسمي: البعد المعطى في الرسم الهندسي.

التجاوز (التفاوت): مقدار الفرق المسموح به بين المقاسين الحديين (الأكبر والأصغر مقاساً) بالميلمتر أو الميكرون.

الانحراف العلوي: الفرق بين المقاس الاسمي والحد الأعلى للمقاس.

الانحراف السفلي: الفرق بين المقاس الاسمي والحد الأدنى للمقاس.

خط الصفر: يكون مقدار الانحراف المسموح به عن البعد الاسمي صفراً عند هذا الخط، ولا يذكر انحراف المقاس (صفر) على الرسم في حالة عدم توقع حدوث أي لبس عند القياس، كذلك تكون الانحرافات فوق خط الصفر موجبة وتحته سالبة.

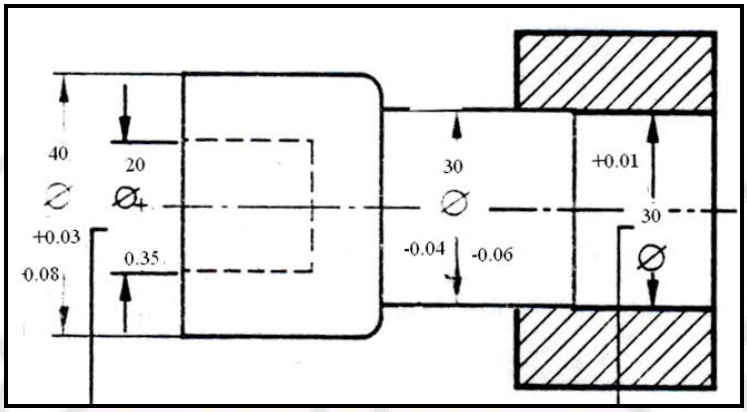
البعد الأكبر : وسمي أيضاً الحد الأدنى للمقاس، وهو أصغر مقاس مسموح به ويمكننا معرفته من البعد الاسمي والانحراف العلوي، ولا يجوز أن يتعداه المقاس الفعلي للمشغولة.

البعد الأصغر: يسمى أيضاً الحد الأدنى، وهو أصغر مقاس مسموح به ويمكننا معرفته من البعد الاسمي والانحراف السفلي للمقاس، ولا يجوز أن يقل عنه المقاس الفعلي للمشغولة.

البعد الفعلي : هو المقاس الحقيقي للمشغولة الجاهزة (المنجزة) ويجري تعيينه بقياس المشغولة، ولا بد أن يقع بين المقاسين الحديين.

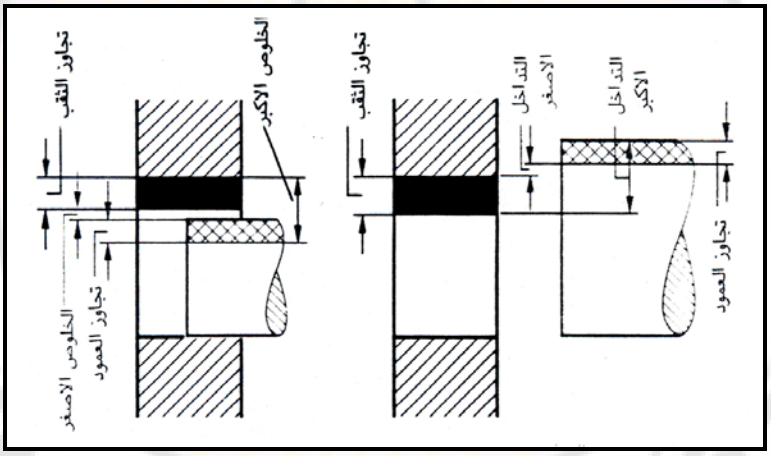
الخلوص: يطلق على فرق الأقطار بين الثقب والعمود وينشأ عندما يكون بعد العمود أصغر من بعد الثقب.

التداخل: هو فرق الأقطار بين العمود والثقب وينشأ عندما يكون قطر العمود أكبر من قطر الثقب، ومن خلال تجاوزات العمود والثقب ينشأ تداخل أكبر وتداخل أصغر، كما في الشكل (1-39).



الشكل (1–39)

عمود ضمن ثقب



الشكل (1–40)

تراوحات الخلوص والتداخل

(1–8) مواضع نطاق التفاوت المسموح به بالنسبة لخط الصفر:

وهنا نميز خمسة مواضع مختلفة لنطاق التفاوت بالنسبة لخط الصفر:

1 -أن يقع نطاق التفاوت المسموح به بأكمله فوق خط الصفر، وبذلك يكون المقاس الفعلي أكبر من المقاس الاسمي.

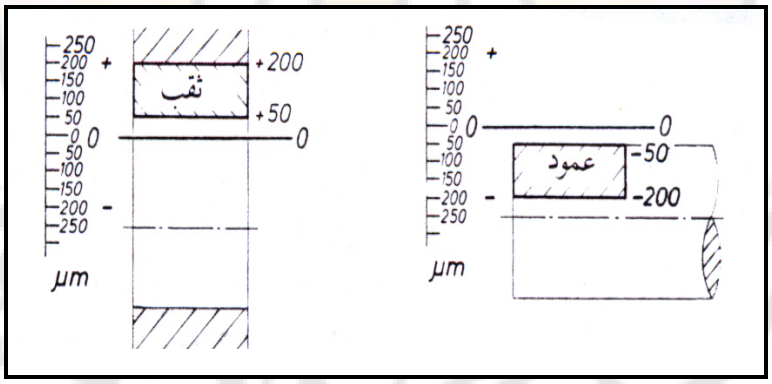
2 -يبدأ نطاق التفاوت المسموح من خط الصفر إلى أعلى، وفي هذه الحالة لا يمكن للمقاس الفعلي أن يتجاوز المقاس الاسمي إلا بمقدار التفاوت المسموح على الأكثر.

3 -يقع نطاق التفاوت المسموح به على جانبي خط الصفر، عندها يقع المقاس الفعلي بالقرب من المقاس الاسمي.

4 -يبدأ نطاق التفاوت المسموح من خط الصفر إلى أسفل، وفي هذه الحالة لا يمكن للمقاس الفعلي أن يقل عن البعد الاسمي إلا بمقدار التفاوت المسموح على الأكثر.

5 -يقع نطاق التفاوت المسموح الأعلى بأكمله تحت الصفر، وبذلك يكون المقاس الفعلي أصغر من المقاس الاسمي.

ويبين الشكل (1-41) تمثيل مبسط لنطاقات التفاوتات المسموحة.

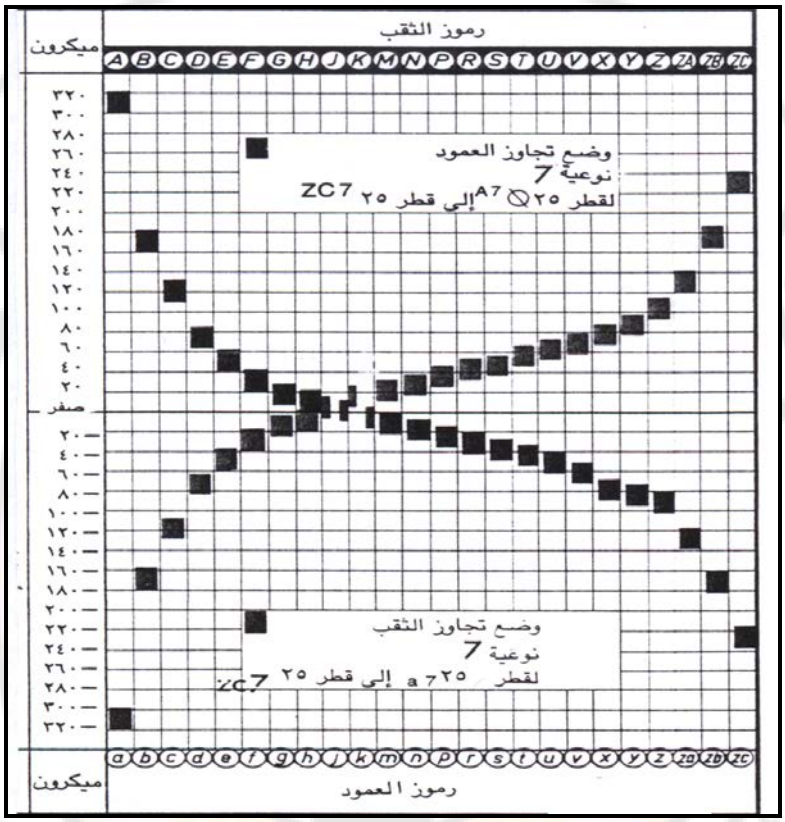


الشكل (1-41)

مجال التفاوت المسموح به

ووفقاً للمواصفات القياسية لمنظمة *ISO* يتم التعبير عن التفاوت بواسطة حروف أبجدية وأرقام، حيث تعطي الأرقام مقدار التجاوز (التفاوت) ويرمز إلى مواضع مجالات التفاوت المسموح للأعمدة بحروف لاتينية كبيرة.

يبين الشكل (1-42) وضع مجالات التجاوز بالنسبة لخط الصفر.



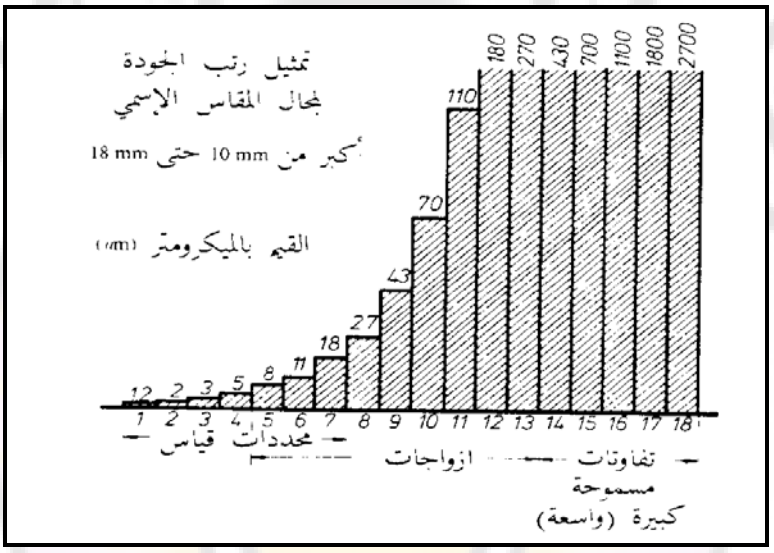
الشكل (1–42)

وضع مجالات التجاوز بالنسبة لخط الصفر

نلاحظ من الشكل أنه تم الاستغناء عن الحروف الكبيرة *W,Q,O,L,I* وكذلك مثيلاتها الصغيرة *w,q,o,l,i* لتحاشي الخلط بينهما وبين الأرقام المشابهة في الكتابة واستكملت المجموعة بالحروف المركبة *ZA,ZB,ZC (za,zb,zc)* وذلك للأقطار الاسمية حتى *10mm*.

يعتمد مقدار التفاوت المسموح في مقاس المشغولة على مكان استخدام القطعة فتحدد تفاوتات مسموحة ضيقة لإنتاج أجهزة القياس وتختار للمشغولات التي تتبادل مع أخرى

تفاوتات مسموحة متوسطة، كما تختار تفاوتات مسموحة كبيرة عند إنتاج المواد الخام نصف المصنعة (مثل الفولاذ المدلفن ذي المقطع المستدير أو الزاوي)، هذا ويبين الشكل (1-43) مقادير التفاوتات المسموحة لمجال المقاس الاسمي $(10mm - 18mm)$ ويرمز إلى هذه المقادير بالرتب *1* إلى *18* من جودة *ISO*.



الشكل (1-43)

مقادير التفاوت المسموح بها *ISO*

(1-9) أنواع الإزواجات Types Fits:

تبعاً لمتطلبات قابلية التبديل لقطع الغيار يتطلب إنتاج المشغولات القابلة لأن تتبادل مع بعضها البعض لكي تؤدي وظائفها دون الحاجة إلى تشغيل لاحق، وبذلك يكون الإزواج هو العلاقة بين مقاسات المشغولات قبل تركيبها مع بعضها البعض، لذا نميز أنواع مختلفة من الإزواجات.

تقسم من ناحية الشكل إلى إزواج أسطواني وإزواج مسطح، ومن الناحية الوظيفية نميز الخلوصي والتداخلي والانتقالي.

(1-9-1) الإزواج الأسطواني Cylindrical Fit:

يسمى الجزءان المزاوجان بالثقب والعمود وتكون فيه للمشغولات أسطح إزواج أسطوانية.

(1-9-2) الإزواج المسطح Levelling Fit:

تسمى القطعتان المتزاوجتان بالجزء الخارجي والداخلي، وتكون فيه أسطح إزواج الأجزاء مستوية.

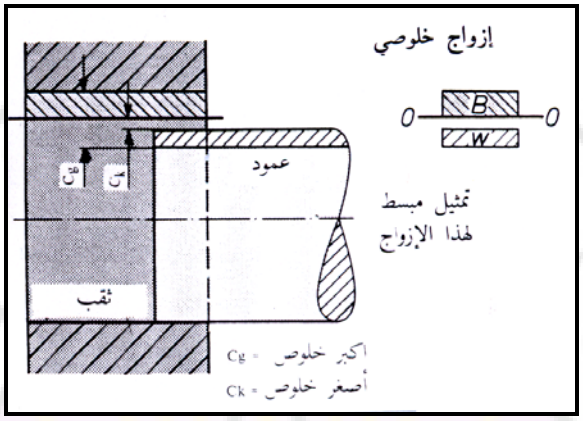
(1-9-3) الإزواج الخلوصي Clearance Fit:

يوجد دائماً خلوص بين الأجزاء بعد أن تركب داخل بعضها البعض كما في المحامل، ويتم اختيار نطاقي التفاوت المسموح للعمود والثقب بحيث يوجد دائماً خلوص بينهما عند أي وضع ممكن للمقاسات الفعلية التي يجب أن تقع داخل نطاق المقاسات الحدية، فإذا أعطي الثقب نطاق التفاوت المسموح H والعمود نطاق التفاوت المسموح به f فإن الخلوص يكون صغيراً، أما إذا أعطي العمود نطاق التفاوت المسموح d فإن الخلوص يكون كبيراً، ويمكن للخلوص أن يتخذ حداً أكبر أو حداً أصغر.

الخلوص الأكبر: الفرق بين أكبر مقاس للثقب وأصغر مقاس للعمود.

الخلوص الأكبر: الفرق بين أكبر مقاس للعمود وأصغر مقاس للثقب.

يبين الشكل (1-44) الإزواج الخلوصي.



الشكل (1–44)

الإزواج الخلوصي

(1-9-4) الإزواج التداخلي Interference Fit:

يوجد دائماً مقاس تداخلي قبل التركيب ويقع نطاق التفاوت المسموح بحيث يوجد تداخل عند أي وضع ممكن للمقاسات الفعلية التي يجب أن تقع داخل نطاق الأبعاد الحدية، ودائماً يكون مقاس العمود أكبر من مقاس الثقب وتنتج نطاقاً للتفاوت المسموح H للثقب و s للعمود تداخلاً صغيراً، وإذا اقتضى الأمر تداخلاً كبيراً فيختار نطاق التفاوت المسموح za للعمود.

التداخل الأكبر: الفرق بين أكبر مقاس للعمود وأصغر مقاس للثقب.

التداخل الأصغر: الفرق بين أصغر مقاس للعمود وأكبر مقاس للثقب.

يبين الشكل (1–45) الإزواج التداخلي.

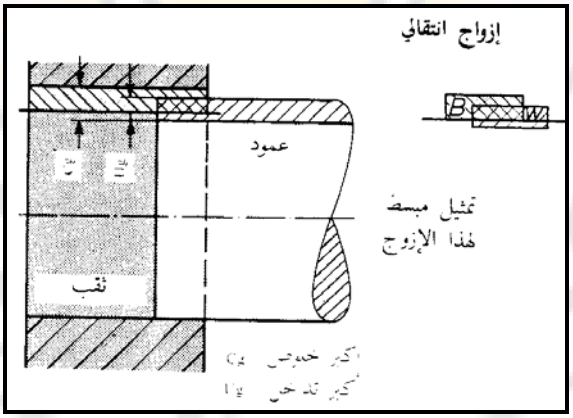
الشكل (1–45)

الإزواج التداخلي

(1-9-5) الإزواج الانتقالي Transition Fit:

وفيه يتقاطع نطاقا التفاوت المسموح بحيث ينتج خلوص أو تداخل بين الجزئين حسب مقدار البعد الفعلي في كل منهما.

يبين الشكل (1–46) الإزواج الانتقالي.



الشكل (1–46)

الإزواج الانتقالي

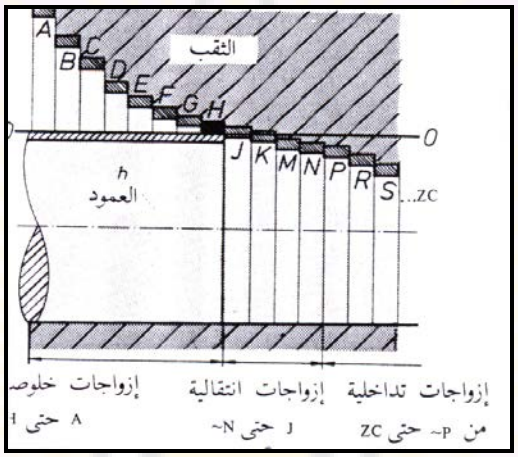
بهدف زيادة الوضوح وللحصول على الإزواجات المختلفة تم وضع نظامين للإزواج وهما:

نظام أساس العمود *DIN 7155*: الشكل (1-47)، في هذا النظام تحصل كل الأعمدة بشكل موحد على نطاق تفاوت مسموح h كما يلي:

العمود h: والثقوب A حتى H للإزواجات الخلوصية.

العمود h: والثقوب J حتى N تقريباً للإزواجات الانتقالية.

العمود h: والثقوب P حتى ZC للإزواجات التداخلية.



الشكل (1-47)

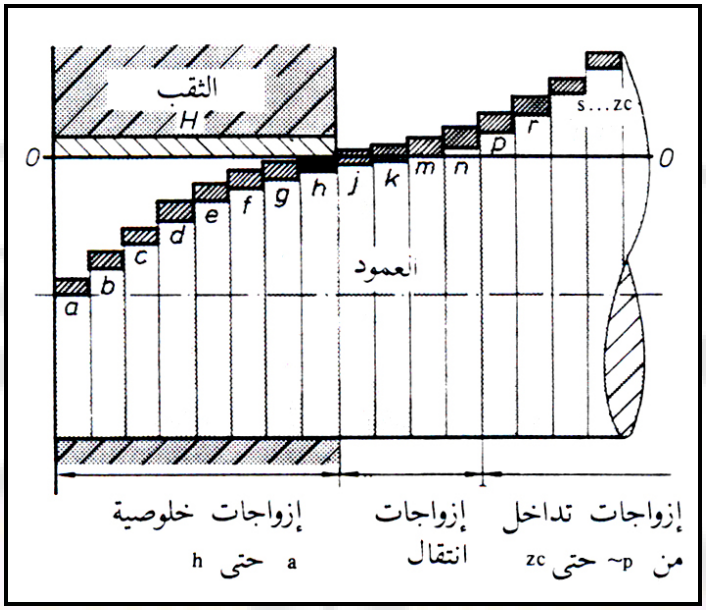
نظام أساس العمود

نظام أساس الثقب *DIN 7145*: الشكل (1-48)، في هذا النظام يتم إنجاز كل الثقوب بشكل موحد بنطاق التفاوت المسموح H ويحدد التجاوز للعمود طبقاً للإزواج المطلوب:

الثقب H: والأعمدة a حتى h للإزواجات الخلوصية.

الثقب H: والأعمدة j حتى n تقريباً للإزواجات الانتقالية.

الثقب H: والأعمدة p حتى zc للإزواجات التداخلية.



الشكل (1–48)

نظام أساس الثقب

ويبين الجدول (1–2) نظام أساس العمود وأساس الثقب.

نظام أساسية الثقب				التمثيل والوصف	نظام أساسية العمود				
H7	H8	(H11)		الثقوب / الأعمدة		h6	h9	h11	
	u8			**إزواج تداخلي ذو تداخل كبير** لا يمكن تركيبه سوى بالانكماش أو بالتمدد، ويستخدم لإزواج العجلات على المحاور، والمسامير (البنوز) المرفقية في أعمدة المرفق والحلقات الانكماشية.					
(s6)				**إزواج تداخلي ذو تداخل كاف** يمكن تركيبه بقوة كبس كبيرة أو بالانكماش أو بالتمدد، ويستخدم لإزواج الأطواق على العجلات الدوارة والعجلات على المحاور.					
r6				**إزواج تداخلي ذو تداخل صغير** يمكن تركيبه بالكبس، ويستخدم لإزواج جلب المحامل في المبيتات. وللأطواق المسننة على أقراص التروس.					
h6				**إزواج انتقالي** بتداخل كبير وخلوص صغير يمكن تركيبه بقوة كبس صغيرة، ويستخدم للقارنات وجلب المحامل في المبيتات (الصناديق) والتروس الصغيرة على أطراف الأعمدة.					
(k6)				**إزواج انتقالي** بتداخل وخلوص متساويين تقريباً يمكن تركيبه بالطرق مع إحكام أجزاء المكنات ضد الدوران. يستخدم للقارنات والتروس وبكرات السيور، والعجلات اليدوية.					
(j6)				**إزواج انتقالي** بتداخل صغير وخلوص كبير يمكن تركيبه بالطرق الخفيف مع إحكام أجزاء المكنات ضد الدوران. يستخدم لبكرات السيور، وللتروس، وللعجلات اليدوية.					
h6	h9	(h11)		**إزواج خلوصي لا يزال قابلاً للانزلاق** لا يزال انزلاق الأجزاء ممكناً مع توجيهها بدقة، ويستخدم لأدوات المركزة، وللأعمدة الجوفاء في المبيتات ولحلقات المباعدة (ضبط الأبعاد).		H7	H8	(H11)	
(g6)				**إزواج خلوصي ذو قابلية جيدة للانزلاق** يستعمل للمحامل الانزلاقية لأعمدة التشغيل بمكنات التشغيل، وللفوابض المتزلقة، وللتروس تغيير السرعة.		(G7)			
	f7			**إزواج خلوصي ذو خلوص صغير** يستعمل للمحامل الانزلاقية عموماً ولكباسات التوجيه في الأسطوانات وللتروس التغيير، وللتروس المتزلقة.		F8	F8		
	(e8)			**إزواج خلوصي ذو خلوص ملحوظ** يستعمل للمحامل الانزلاقية ذات الأعمدة الطويلة أو مواضع التحميل المتعددة، ومحامل أعمدة المرفق وأعمدة التروس الدودية، ومحامل أذرع الروافع.			E9		
	(d9)	(d9)		**إزواج خلوصي ذو خلوص كاف** يستعمل للمحامل الخاصة بمكنات البناء والآلآت الزراعية، ومحامل آليات إدارة المرافع وعرباتها، وللبكرات السائبة (غير الناقلة للقدرة).			D10	D10	
		(c11)		**إزواج خلوصي ذو خلوص كبير** يستعمل للمحامل المعرضة لسخونة شديدة، وللمكنات غير الدقيقة، ولقواعد المحامل، ولمسامير المفاصل.				C11	
		(a11)		**إزواج خلوصي ذو خلوص كبير جداً** يستعمل للمحامل ذات التزليق غير الكافي والمعرضة لخطر التلوث، ولأجزاء الحفارات، وللوصلات المفصلية.				(A11)	

الجدول (1–2)

الإزواجات في نظام أساس العمود ونظام أساس الثقب

Damascus University

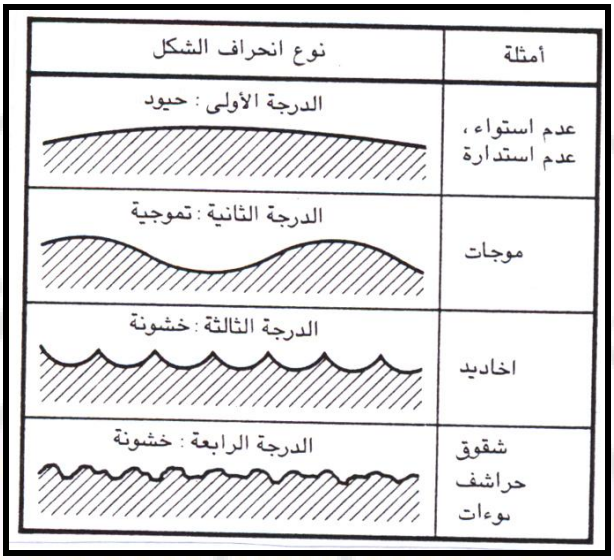
لا يمكن في كلا النظامين الفصل تماماً عند حرف أبجدي محدد، ويستخدم نظام أساس العمود في أجزاء نقل الحركة والروافع وآلات النسيج والآلات الزراعية وهندسة الآلات الدقيقة، وفي كل من النظامين ميزات معينة ففي نظام أساس العمود تكفي غالباً أعمدة قطرها عدد مفرد حيث يتم الحصول على التوافقات المطلوبة من خلال تجاوزات الثقب المختلفة، أما في أساس الثقب يدرّج كل عمود تلزم له تجاوزات متنوعة بأقطار متعددة.

(1-10) شكل الأسطح التقنية Technique Surfaces Shapes:

إن شكل الأسطح تلعب دوراً هاماً في الحفاظ على الخلوصات والتداخلات المحددة من خلال معطيات التجاوز، ومن غير الممكن إنتاج سطح مستوٍ بشكل مطلق، ونميز في انحرافات الشكل حيود الشكل والتموجية والخشونة.

(1-11) حيود الشكل Shape Diffraction:

وهواختلاف شكل أحد الثقوب مثلاً عن الشكل الأسطواني المثالي، وينشأ بسبب عيوب في أخطاء المسارات الدليلة لآلات التشغيل أو بسبب الربط غير الصحيح للمشغولة.



الشكل (1–49)

انحرافات شكل الأسطح

(1-12) التموجية Rippling:

تنشأ نتيجة الدوران غير المنتظم لقرص التجليخ وكذلك بسبب تذبذب آلة التشغيل أو أدوات القطع.

(1-13) الخشونة Coarseness:

يقصد بها ما يتكون على سطح المشغولة من أخاديد وشقوق وحزوز ونتوءات لها علاقة بالبنية الداخلية للمعدن (المادة الخام)، وتنشأ الحزوز والنتوءات بسبب المعالجة بالرمل مثلاً ويمكن أيضاً أن تؤثر عوامل كيميائية على التركيب البنيوي لسطح المشغولة كالتخلخل أو التآكل الكيميائي.

أما الأخاديد فسببها الحد القاطع لأداة القطع.

تنشأ الشقوق عندما لا يتم قطع الخامة بطريقة سلسة بشكل تام ويمكن قياس الخشونة بواسطة أجهزة قياس خاصة مثل جهاز جودة السطح الذي يتكون من رأس قياس ذي مستشعر وجهازي بيان وتسجيل للقياس.

يبين الجدول (1-3) الأعماق الممكنة للخشونة في عمليات التشغيل المختلفة وعند شروط الإنتاج المعتادة.

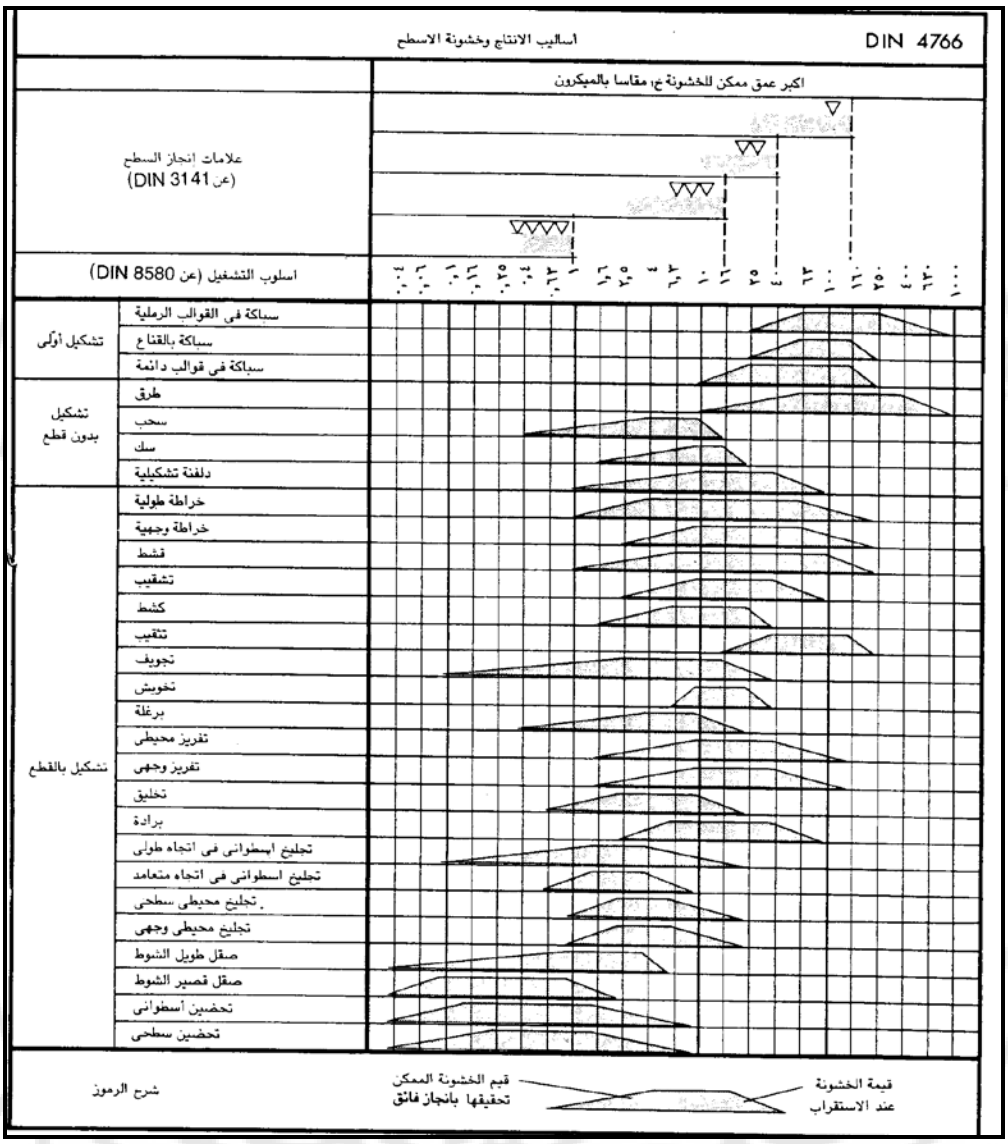
حيث نميز:

الأسطح ذات قيم الإنجاز العالي ∇∇∇∇

الأسطح ذات قيم الإنجاز الجيدة ∇∇∇

الأسطح ذات قيم الإنجاز المتوسطة ∇∇

الأسطح ذات قيم الإنجاز المنخفضة ∇



الجدول (1-3)

الأعماق الممكنة في عمليات التشغيل المختلفة

Damascus University

الفصل الثاني

آلات التشغيل

Machine Tools

وقل رب زدني علما
Damascus University

إن الهدف من تشكيل المعادن على آلات التشغيل هو تحقيق الدقة في تصنيع المشغولات ورفع كفاءة التشغيل مع خفض التكلفة المادية، وينبغي أن تحصل المشغولات على أسطح مستوية أو أسطوانية أو مستدقة أو مقوسة، لهذا يشترط في آلات التشغيل أن تحقق بالإضافة إلى متانة التثبيت على الأرض وتوافر أدوات التثبيت ووحدات التشغيل والتحكم السهلة الاستخدام الشروط التالية وذلك حتى تتم عملية القطع:

1 -أن تتحرك أداة القطع بالنسبة للمشغولة (أو المشغولة بالنسبة لأداة القطع) بسرعة نسبية خطية معينة في اتجاه القطع ويرمز لها بالرمز (v) وتقدر بـ $(m/\min)$ أو $(A/\min)$.

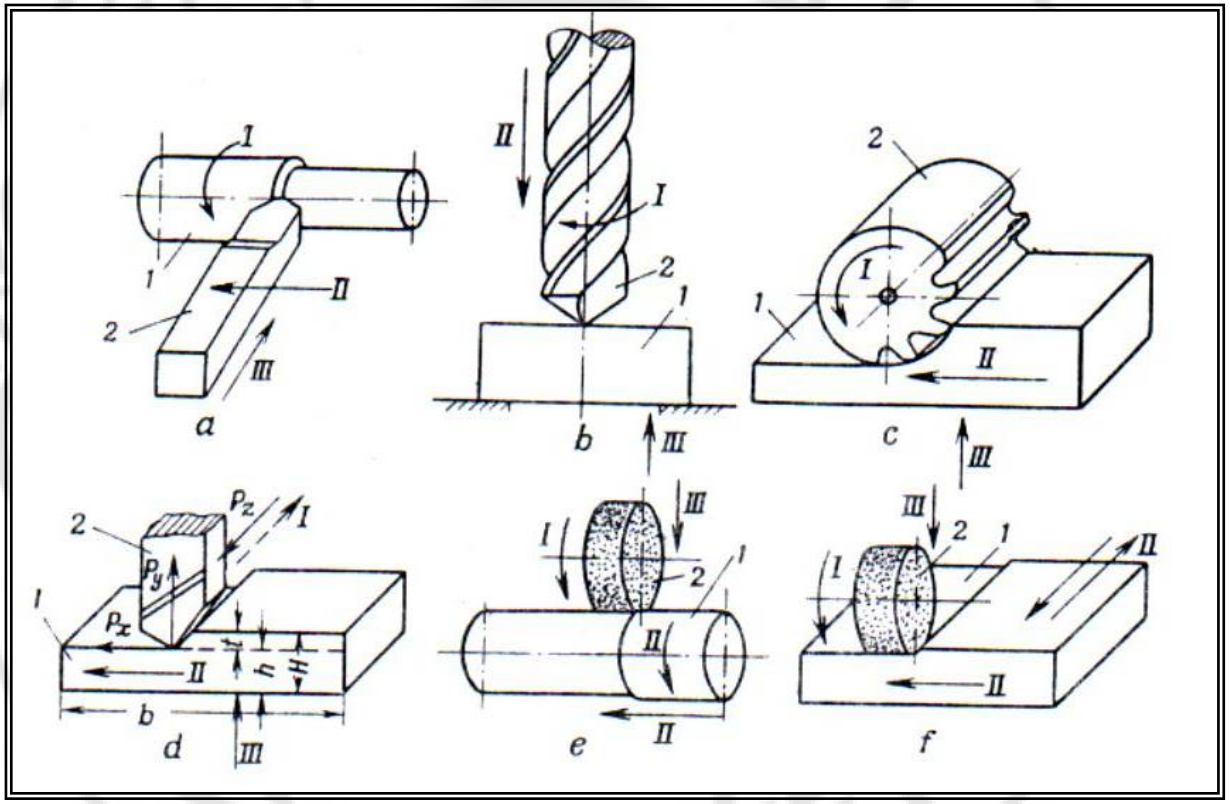
2 -أن يتغلغل الحد القاطع في المشغولة بمسافة تسمى عمق القطع (t) وتتوقف عليها سماكة الرايش وتقدر بـ (mm) أو (in).

3 -أن تعطى حركة تغذية من أجل استمرار عملية القطع، ويرمز لها بالرمز (s) وتقدر بـ (mm/R) أو (in/R).

(2-1) حركات التشغيل:

1- *حركة القطع* : عبارة عن ضغط المشغولة على أداة القطع لنزع الرايش مرة واحدة، تكون هذه الحركة مستقيمة في عمليات القطع والقشط والتخليق، ودورانية في التثقيب والخراطة والتفريز والتجليخ.

2- *التغذية* : حركة أداة القطع بالنسبة للمشغولة أو المشغولة بالنسبة لأداة القطع، وهي استمرارية عملية القطع وتؤمن التغلغل المتواصل للحد القاطع في المشغولة، تتم هذه الحركة يدوياً أو تلقائياً، ويتوقف مقدارها على الجودة المطلوبة للسطح.



الشكل (2-1) الحركات الرئيسية للقطع في عمليات التشغيل المختلفة

وهذه الحركات هي:

في عملية الخراطة: (شكل 2-1- a)

الحركة الرئيسية (I): هي حركة دورانية تقوم بها القطعة المشغلة (1).

حركة التغذية (II): حركة مستقيمة ترددية موازية لمحور القطعة يقوم بها قلم الخراطة (2).

في عملية التثقيب: (شكل 2-1- b)

الحركة الرئيسية (I): الحركة الدورانية التي يقوم بها المثقب (2).

حركة التغذية (II): الحركة المستقيمة الترددية التي تقوم بها القطعة المشغلة (1) وهي عمودية على محور دوران الآلة.

في عملية التفريز: (شكل 2-1- c)

الحركة الرئيسية (I): الحركة الدورانية التي يقوم بها مقطع التفريز (2).

حركة التغذية (II): الحركة المستقيمة الترددية التي تقوم بها القطعة المشغلة ، وهي عمودية على محور دوران الآلة.

في عملية القشط:

1) على المقاشط النطاحة: (شكل 2-1- d)

الحركة الرئيسية (I): حركة ترددية مستقيمة يقوم بها القلم (2).

حركة التغذية (II): حركة القطعة المشغلة (1).

2) على المقاشط ذات العربة:

الحركة الرئيسية (I): حركة المشغولة (حركة العربة).

حركة التغذية (II): حركة قلم القطع.

تتركب حركة القطع في المقاشط من المشوار العامل والمشوار غير العامل، وتكون حركة التغذية متقطعة.

في عملية التجليخ (شكل 2-1– f - e)

الحركة الرئيسية (I): حركة دورانية يقوم فيها حجر التجليخ (2).

حركة التغذية (II) وتكون وفقاً لما يلي:

- عند تجليخ السطوح الأسطوانية: حركة دائرية وحركة مستقيمة تقوم بها القطعة.
- عند تجليخ السطوح المستوية: حركتان مستقيمتان تقوم بها القطعة.

3- حركات الضبط المساعدة:

من هذه الحركات حركة حامل الآلة والطاولة عند ضبط وضع الآلة القاطعة أو المشغولة على العمق المطلوب لطبقة المعدن المزالة.

في عملية الخراطة:

يقرب القلم مع الحامل عند خراطة السطوح الأسطوانية إلى الجزء المشغل عند ضبط عمق الطبقة المزالة من المعدن في بداية العمل ويبعد عنه إلى وضعه الأصلي عند انتهائه.

في عملية التفريز والتجليخ المستوي:

ترفع الطاولة وعليها الجزء المشغل إلى أداة القطع عند ضبط الطبقة المزالة من المعدن.

في عملية التثقيب:

تحتوي آلات التثقيب على حركة رأسية مساعدة للطاولة وعليها القطعة المشغلة لضبط وضعها حسب ارتفاع الجزء.

أي نستطيع أن نقول إن حركات الضبط المساعدة تتلخص فيما يلي:

1 - **حركة الاقتراب**: وضع القلم بشكل ملامس للمشغولة.

2 - **حركة عمق القطع**: سماكة الطبقة المنزوعة.

3 - **حركة التصحيح**: حركة معوضة عن تآكل القلم.

ونستطيع تلخيص الحركات الرئيسية وحركات التغذية في عمليات التشغيل كما في الجدول التالي:

العملية	أداة القطع	الحركة الرئيسية	حركة التغذية
عملية الخراطة	قلم الخراطة	دورانية للمشغولة	مستقيمة لأداة القطع
عملية التثقيب	ريشة التثقيب	دورانية لأداة القطع	مستقيمة لأداة القطع أو الطاولة
عملية التفريز	مقطع (سكين) التفريز	دورانية لأداة القطع	مستقيمة للمشغولة
عملية القشط على المقاشط النطاحة	قلم القشط	مستقيمة ترددية لأداة القطع	حركة المشغولة
عملية القشط على المقاشط ذات العربة	قلم القشط	مستقيمة ترددية للمشغولة	حركة قلم القطع
عملية تجليخ السطوح الأسطوانية	حجر التجليخ	دورانية لحجر التجليخ	دائرية ومستقيمة للمشغولة

عملية تجليخ السطوح المستوية	حجر التجليخ	دورانية لحجر التجليخ	حركتين مستقيمتين للمشغولة

الجدول (2-1)

حركات التشغيل

(2-2) تصنيف آلات التشغيل:

(2-2-1) التصنيف حسب الحركة الرئيسية للآلة:

1- آلات ذات الحركة الخطية:

وتكون الحركة الرئيسية في هذا النوع من الآلات حركة خطية تقوم بها إما أداة القطع بالنسبة للمشغولة أو المشغولة بالنسبة لأداة القطع، ومثال ذلك المقاشط بمختلف أنواعها وآلات التخليق.

2- آلات ذات حركة دائرية:

وتكون الحركة الرئيسية في هذا النوع من الآلات هي حركة دائرية تقوم بها أداة القطع بالنسبة للمشغولة أو المشغولة بالنسبة لأداة القطع، وفي بعض الأحيان تدور المشغولة وأداة القطع إما في اتجاهين متعاكسين أو متماثلين ولكن بسرعات مختلفة نسبياً.

(2-2-2) التصنيف حسب مجالات استخدام الآلة:

1- آلات تشغيل ذات مجال استخدام واحد:

أي أنها تؤدي عملية تشغيل واحدة ومحددة، مثل آلات الخراطة المستخدمة لخراطة الأسطوانات.

2- آلات تشغيل متعددة مجالات الاستخدام:

يطلق على هذا النوع من الآلات الآلات العمومية حيث أنها تؤدي عدداً كبيراً من عمليات التشغيل لعدة مشغولات، تعد المخرطة العمومية ذات القرنية مثالاً على هذا النوع من الآلات حيث أنها تقوم بعملية الخراطة الخارجية والداخلية والتثقيب وخراطة اللوالب وغيرها، وتوفر أيضاً سرعات مختلة للقطع بالإضافة إلى عدد لا بأس به من سرعات التغذية تتناسب مع ظروف العملية التكنولوجية.

3- آلات الإنتاج الكمي:

تنتج هذه الآلات قطعة معينة بطريقة آلية، وتزود بعدد محدد من السرعات يتناسب مع الظروف التشغيلية للمشغولة المراد إنتاجها.

(2-2-3) التصنيف حسب شكل السطح المشغل:

1- آلات تنتج أسطحاً مستوية (المقاشط، الفارزات، آلات التجليخ المستوي).

2- آلات تنتج أسطحاً دورانية (المخارط، آلات التثقيب، آلات التجليخ الأسطواني واللامركزي).

3- آلات مخصصة لإنتاج اللوالب أو تنتج أسطحاً لولبية (المخارط، آلات قطع اللوالب).

4- آلات مخصصة لإنتاج الأسطح الكامية (آلات تفريز وخراطة الكامات).

(2-2-4) التصنيف حسب مجال الدقة المطلوبة:

1- آلات ذات دقة منخفضة (آلات الخراطة، التثقيب، المقاشط).

2- آلات ذات دقة متوسطة (آلات التفريز، المخارط الدقيقة، آلات الشد).

3- آلات ذات دقة عالية (آلات التجليخ، آلات الصقل والإنهاء).

على هذا الأساس يمكن اختيار آلة التشغيل التي تناسب العمليات التكنولوجية المطلوبة آخذين بعين الاعتبار العوامل الرئيسية التالية:

1 -شكل المشغولة وأبعادها ومعدنها.

2 -درجة الدقة اللازمة ونعومة السطح المطلوب.

3 -حجم الإنتاج ومعدله.

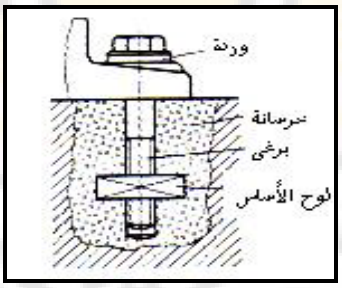
4 -تكلفة الإنتاج (كلما ازدادت دقة المشغولة ازدادت تكلفة إنتاجها).

(2-3) تثبيت آلات التشغيل وتوزيعها في الورشة:

تثبت آلات التشغيل على قواعد متينة بواسطة براغي، وتمنع المساند المخمدة المصنوعة من اللباد أو المطاط المبطن بالحديد الارتجاج والذبذبة وتؤمن تشغيلاً هادئاً.

يراعى عند تثبيت آلات التشغيل بالبراغي الداخلة في أرضية خرسانية أن يرتفع رأس البرغي عن الأرضية بمقدار مجموع ارتفاعي قاعدة الآلة والصامولة، إلاّ أن هذه البراغي تشكل عائقاً كبيراً عندما تدعو الحاجة إلى إزاحة الآلة أو نقلها لإصلاحها لأنه ينبغي حينذاك رفع الآلة عمودياً لتفادي براغي القاعدة.

تستخدم طريقة للتثبيت أفضل من الطريقة السابقة تتمثل باستبدال البراغي بألواح فولاذية ذات لوالب تدخل في أرضية خرسانية كما يظهر في الشكل (2-2).



الشكل (2-2)

تثبيت آلات التشغيل

وفي هذه الحالة يجب أن تُشكّل ثقوب الأرضية باتساع يسمح بتحريك الألواح الفولاذية في جميع الاتجاهات كما يجب أن تكون الثقوب مناسبة العمق، وعند التثبيت توضع الآلة فوق الثقوب ثم يتم إدخال براغي التثبيت من خلال ثقوب مرتكز الآلة.

تغطى البراغي على امتداد طولها بطبقة سميكة من الشحم كي يسهل تدويرها بعد صب الخرسانة، بعد ذلك تقوّم الآلة بميزان استواء دقيق تتراوح دقة تدريجه من $(0.03mm/m)$ حتى $(0.05mm/m)$، وعملية التقويم هذه مهمة جداً لعمل آلات التشغيل لأن الآلات سيئة التقويم لا تعمل بدقة بسبب التواء دلائلها مع مرور الزمن.

عند تثبيت الآلات يجب ترك حيّز كافٍ بين الآلات المختلفة حتى لا تعوق القضبان المعدنية البارزة أو الرايش المتطاير العمل على الآلات المتجاورة.

يعتمد أسلوب تنسيق الآلات في الورشة على نوع الإنتاج فيها، ففي كثير من الأحيان يستحسن ضم الآلات المتماثلة في قاعة واحدة أو في جزء منها (ورشة الخراطة، ورشة التفريز)، إلاّ أن ذلك كثيراً ما يؤدي إلى زيادة تكاليف النقل داخل الورشة بصورة كبيرة وخاصةً عند إنتاج المشغولات الكبيرة، لذا من الأفضل عند إنتاج مشغولات من نوع واحد أو مشغولات متشابهة تنسيق الآلات بحسب تتابع عمليات إنتاج المشغولات (الإنتاج المتتالي).

(2-4) مجموعات نقل الحركة في آلات التشغيل:

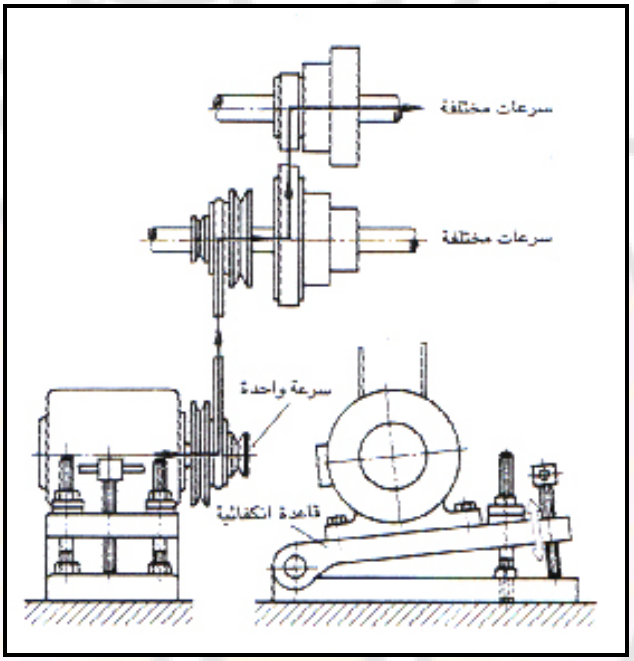
وظيفة مجموعة نقل الحركة تحويل سرعة دوران المحرك الثابتة بحيث يحصل عمود الإدارة على سرعة الدوران المطلوبة في كل حالة، كذلك يمكن بواسطة مجموعة نقل الحركة عكس اتجاه الدوران.

يجب أن تتميز آلات التشغيل بصورة خاصة بسهولة ضبط سرعات الدوران اللازمة لإدارة عمودي التشغيل والتغذية إما بتدرج بالغ الدقة أو بتدرج في نطاق واسع.

(2-4-1) البكرات المخروطية المتدرجة:

يمكن بمجموعة البكرات المخروطية المتدرجة المفردة الحصول على عدد من معدلات الدوران يساوي عدد تدرّجات بكرة السيور، ونادراً ما تستخدم أكثر من خمس

تدرجات، ويمكن عند نقل الحركة على مرحلتين باستخدام مجموعتي بكرات السيور ثلاثية التدرج على التوالي الحصول على تسع سرعات دوران مختلفة وليس ست سرعات فقط، الشكل (2-3).



الشكل (2-3)

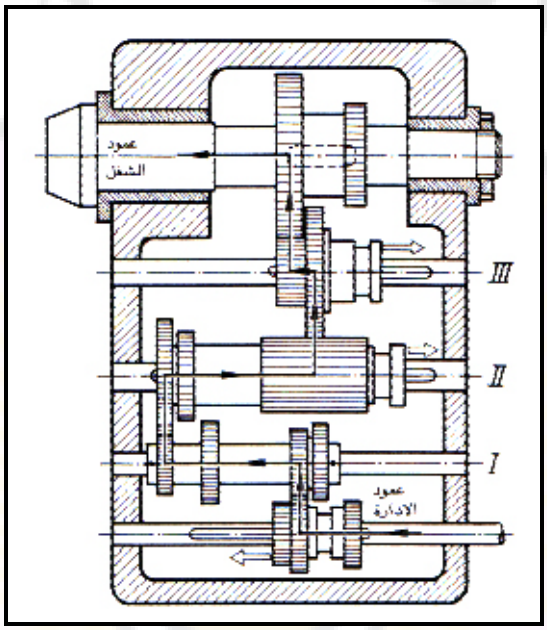
البكرات المخروطية المتدرجة

(2-4-2) صناديق المسننات:

نميز في مجموعات المسننات بحسب طريقة التعشيق بين مجموعة المسننات المنزلقة (المدرّجة) ومجموعة المسننات المتراوحة ومجموعة المسننات المزودة بخابور انزلاق.

1- مجموعة المسننات المدرّجة:

كما في الشكل (2-4)، تعشق المسننات المتناظرة بإزاحتها جانبياً للحصول على سرعة الدوران المطلوبة، فإذا احتاج الأمر في آلة تشغيل إلى عدة سرعات دوران تستخدم عدة مجموعات من مسننات متسلسلة، تستخدم مجموعات المسننات المدرّجة لنقل القدرات الكبيرة وتستخدم لضبط حركة القطع في آلات التفريز والمقاشط النطاحة.



الشكل (2-4)

مجموعة المسننات المدرّجة

2- مجموعة المسننات المتراوحة:

تعشّق المسننات بإمالة أحد محاورها في الاتجاه القطري، تعتبر أغلب مجموعات مسننات المناولة ومجموعات مسننات المثلث المتراوح وأيضاً جميع مجموعات المسننات من طراز نورتون مجموعات مسننات متراوحة، وتخفض مجموعات مسننات المناولة من دوران أعمدة المحاور، وتغير مجموعات مسننات المثلث المتراوح من اتجاه دوران أعمدة محاور

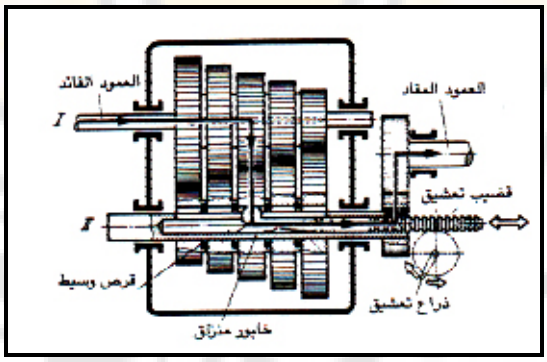
التغذية. للحصول على نسبة النقل المطلوبة يدفع مسنن وسيط معشّق بصورة دائمة بالمسنن القائد في اتجاه أحد مسننات الكتلة ويعشّق فيه بواسطة ذراع متأرجحة.

تشغل مجموعات المسننات المتراوحة حيّزاً أقل بالمقارنة مع مجموعات المسننات المدرّجة، يتم تغيير تعشيق المسننات ببطء أو بعد إيقاف الآلة.

3- مجموعة المسننات المزودة بخابور منزلق:

الشكل (2-5)، تستخدم لنقل القدرات الصغيرة بسرعات دوران منخفضة، تكون المسننات المثبتة على العمود القائد معشّقة بصورة دائمة بالمسننات الحرّة الموجودة على العمود المقاد، ويزاح الخابور المنزلق المضغوط بنابض في الاتجاه المحوري بامتداد الشق القائم في العمود المقاد الأجوف حتى يستقر في أحد شقوب المسننات مديراً معه العمود. تضغط الحلقة المركبة بين كل مسننين على الخابور المنزلق عند إزاحته إلى خارج شقب أحد المسننات قبل أن يستقر داخل شقب مسنن آخر.

تشغل مجموعة المسننات المزودة بخابور منزلق حيّزاً صغيراً ويمكن تغيير تعشيق المسننات فيها أثناء تشغيل الآلة.



الشكل (2-5)

مجموعة المسننات ذات الخابور المنزلق

(2-5) اختيار سرعات القطع في آلات التشغيل:

يمكن عن طريق صناديق المسننات ضبط وتغيير سرعة الدوران للمشغولات المراد إنتاجها على آلات التشغيل وذلك بما يتناسب مع ظروف التشغيل وطبيعة العملية التكنولوجية بعد الأخذ بعين الاعتبار مادة المشغولة وأبعادها ومادة أداة القطع.

إن سرعة القطع لأية مشغولة تقع بين حدين:

الحد الأعلى: ويحدده عمر أداة القطع.

الحد الأدنى: ويحدده زمن التشغيل.

وحتى تكون عملية القطع اقتصادية وتفي بالغرض المطلوب يجب أن نحافظ على كفاية قطع عالية.

$$\text{كفاية القطع} = \frac{\text{حجم الرايش المزال في واحدة الزمن}}{\text{الطاقة المستهلكة في واحدة الزمن}}$$

إن الاختيار الموفق لعدد السرعات المطلوبة لكل عملية تشغيلية ينعكس بشكل إيجابي على مردود الإنتاج من الناحيتين التقنية والاقتصادية.

من هنا تبدو الحاجة ملحة لاتباع طرق وأساليب عصرية ثم على أساسها يتم هذا الاختيار وفق نظامين أساسيين هما نظام المتتالية العددية ونظام المتتالية الهندسية.

(2-5-1) المتتالية العددية:

يكون الفرق بين حدود هذه المتتالية عدداً ثابتاً هو أساس المتتالية ويرمز له بالرمز (R)، وتكتب المتتالية بالشكل: $N = N_{\min}, N_2, N_3, \ldots\ldots, N_{n-1}, N_{\max}$

ويحسب أساس المتتالية من العلاقة:

$$R = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{n-1}$$

حيث أن:

$N_{\max}$: سرعة الدوران العظمى $[r.p.m]$.

$N_{\min}$: سرعة الدوران الدنيا $[r.p.m]$.

n : عدد السرعات المطلوبة.

وتحسب سرعة الدوران الدنيا من العلاقة:

$$N_{\min} = \frac{1000.v_{\min}}{\pi.D_{\max}}$$

وتحسب سرعة الدوران العظمى من العلاقة:

$$N_{\max} = \frac{1000.v_{\max}}{\pi.D_{\min}}$$

حيث أن:

$v_{\max}$: سرعة القطع العظمى $[m/\min]$.

$v_{\min}$: سرعة القطع الدنيا $[m/\min]$.

$D_{\max}$: أقصى قطر ممكن تشغيله $[mm]$.

$D_{\min}$: أقل قطر ممكن تشغيله $[mm]$.

أما إذا كان قطر المشغولة مقدر بالقدم فتكون سرعة القطع:

$$v = \pi.D.N \quad [A/\min]$$

وإذا كان قطر المشغولة معطى بالإنش فتكون سرعة القطع:

$$\boxed{v = \frac{\pi.D.N}{12} \quad [A/\min]}$$

(2-5-2) المتتالية الهندسية:

كل حد في هذه المتتالية ينتج عن الحد الذي يسبقه وذلك بضربه بأساس هذه المتتالية الذي يحسب من العلاقة:

$$\boxed{r = \sqrt[n-1]{\frac{N_{\max}}{N_{\min}}}}$$

مثال (2-1):

المطلوب حساب سرعات دوران محور ظرف المخرطة وعددها 8 سرعات باستخدام أداة القطع من الصلب الكربوني وفق المعطيات التالية:

$$D_{\max} = 12^{"}$$

$$D_{\min} = \frac{7^{"}}{8}$$

$$v_{\max} = 100 \quad [A/\min]$$

$$v_{\min} = 70 \quad [A/\min]$$

الحل:

حساب سرعة الدوران الصغرى:

$$N_{\min} = N_1 = \frac{12}{\pi}.\frac{v_{\min}}{D_{\max}}$$

$$N_{\min} = \frac{12}{\pi}.\frac{70}{12} = 22.3 \quad [r.p.m]$$

حساب سرعة الدوران العظمى:

$$N_{\max} = N_8 = \frac{12}{\pi}.\frac{v_{\max}}{D_{\min}}$$

$$N_{\max} = \frac{12}{\pi}.\frac{100}{\frac{7}{8}} = 437 \quad [r.p.m]$$

وتحدد السرعات الست الباقية ضمن هذين المجالين من السرعات.

أولاً: باستخدام المتتالية العددية:

حساب أساس المتتالية:

$$R = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{n-1}$$

$$R = \frac{437 - 22.3}{8-1} = 59.24$$

وتكون السرعات:

$$N_1 = 22.3 \quad [r.p.m]$$
$$N_2 = N_1 + R = 22.3 + 59.24 = 81.54 \quad [r.p.m]$$
$$N_3 = N_2 + R = 81.54 + 59.24 = 140.78 \quad [r.p.m]$$
$$N_4 = N_3 + R = 140.78 + 59.24 = 200.02 \quad [r.p.m]$$
$$N_5 = N_4 + R = 200.02 + 59.24 = 259.26 \quad [r.p.m]$$
$$N_6 = N_5 + R = 259.26 + 59.24 = 318.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_7 = N_6 + R = 318.5 + 59.24 = 377.74 \quad [r.p.m]$$
$$N_8 = N_7 + R = 437 \quad [r.p.m]$$

ثانياً: باستخدام المتتالية الهندسية:

حساب أساس المتتالية:

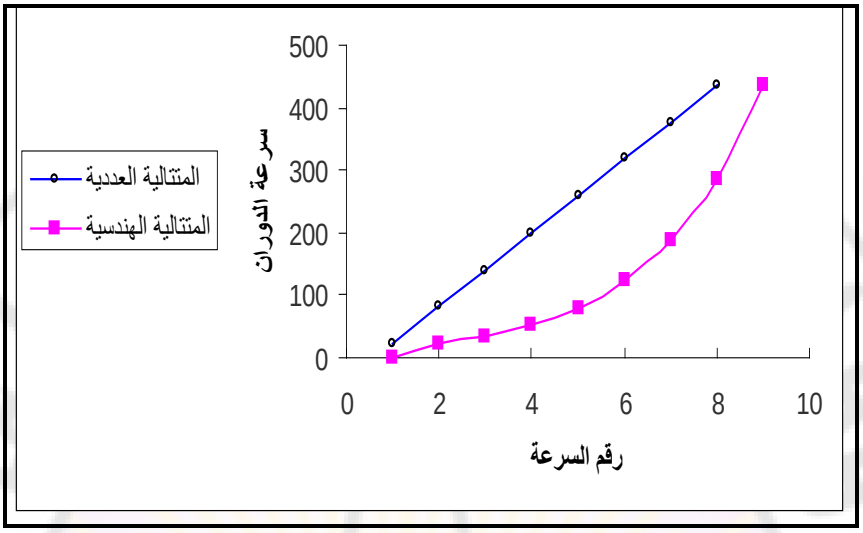
$$r = \sqrt[n-1]{\frac{N_{\max}}{N_{\min}}}$$

$$r = \sqrt[8-1]{\frac{437}{22.3}} = 1.529$$

وتكون السرعات هي:

$$N_1 = 22.3 \quad [r.p.m]$$
$$N_2 = N_1.r = 22.3 \times 1.529 = 34.2 \quad [r.p.m]$$
$$N_3 = N_2.r = 34.2 \times 1.529 = 52.2 \quad [r.p.m]$$
$$N_4 = N_3.r = 52.2 \times 1.529 = 80 \quad [r.p.m]$$
$$N_5 = N_4.r = 80 \times 1.529 = 122.2 \quad [r.p.m]$$
$$N_6 = N_5.r = 122.2 \times 1.529 = 187 \quad [r.p.m]$$
$$N_7 = N_6.r = 187 \times 1.529 = 286 \quad [r.p.m]$$
$$N_8 = N_7.r = 437 \quad [r.p.m]$$

وتمثل النتائج التي حصلنا عليها بواسطة نظامي المتتالية العددية والهندسية بيانياً كما يلي:



الشكل (2-6)

التمثيل البياني لقيم سرعة الدوران في كل من حالتي المتتالية العددية والمتتالية الهندسية

نلاحظ من هذا المخطط أن تدرج السرعات بالنسبة للمتتالية العددية يأخذ شكل خط مستقيم بينما يكون هذا التدرج في المتتالية الهندسية على شكل خط منحنٍ يتباطأ التزايد في السرعات الأولى ثم يزداد هذا التزايد في السرعات النهائية، الأمر الذي يعطي ميزة لنظام المتتالية الهندسية بالاستفادة من السرعات المنخفضة في تشغيل الأقطار الكبيرة، والعكس صحيح بالنسبة للأقطار الصغيرة حيث يتطلب الأمر ازدياد السرعات الدورانية للمحافظة على سرعات قطع في الحدود المقبولة، وطبقاً لهذا النظام يصبح توزع السرعات بشكل متزن على عناصر المسننات في علبة السرعة فلا تهترئ فيها مجموعة دون أخرى وبالتالي يصبح استخدام علب السرعات في آلات التشغيل بطريقة اقتصادية.

مثال (2-2):

المطلوب حساب سرعات دوران محور ظرف المخرطة وعددها 6 سرعات باستخدام أداة قطع من الصلب الكربوني سريع القطع وفق المعطيات التالية:

$$D_{\max} = 303 \quad [mm]$$
$$D_{\min} = 53 \quad [mm]$$
$$N_{\max} = 180 \quad [r.p.m]$$
$$N_{\min} = 31.5 \quad [r.p.m]$$

الحل:

حساب أساس المتتالية العددية:

$$R = \frac{N_{\max} - N_{\min}}{n-1}$$
$$R = \frac{180 - 31.5}{6-1} = 29.7$$

وتكون السرعات:

$$N_1 = 31.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_2 = N_1 + R = 31.5 + 29.7 = 61.2 \quad [r.p.m]$$
$$N_3 = N_2 + R = 61.2 + 29.7 = 90.9 \quad [r.p.m]$$
$$N_4 = N_3 + R = 90.9 + 29.7 = 120.6 \quad [r.p.m]$$
$$N_5 = N_4 + R = 120.6 + 29.7 = 150.3 \quad [r.p.m]$$
$$N_6 = 180 \quad [r.p.m]$$

حساب أساس المتتالية الهندسية:

$$r = \sqrt[n-1]{\frac{N_{\max}}{N_{\min}}}$$
$$r = \sqrt[6-1]{\frac{180}{31.5}} = 1.416$$

وتكون السرعات:

$$N_1 = 31.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_2 = N_1.r = 31.5 \times 1.416 = 45 \quad [r.p.m]$$
$$N_3 = N_2.r = 45 \times 1.416 = 63 \quad [r.p.m]$$
$$N_4 = N_3.r = 63 \times 1.416 = 90 \quad [r.p.m]$$
$$N_5 = N_4.r = 90 \times 1.416 = 125 \quad [r.p.m]$$
$$N_6 = N_5.r = 125 \times 1.416 = 180 \quad [r.p.m]$$

حساب الأقطار الممكن تشغيلها عند السرعات السابقة:

من القانون الأساسي في حساب سرعة القطع:

$$\boxed{v = \frac{\pi.D.N}{1000} \quad \Rightarrow \quad D = \frac{1000.v}{\pi.N}}$$

وبفرض أن سرعة القطع ثابتة أثناء التشغيل وقيمتها $(v = 30 \quad [m/\min])$،

وبالتعويض في القانون بقيم المتتالية العددية للسرعة ينتج الأقطار:

$$D_1 = \frac{1000.v}{\pi.N_1} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 31.5} = 303 \quad [mm]$$

$$D_2 = \frac{1000.v}{\pi.N_2} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 61.2} = 156 \quad [mm]$$

$$D_3 = \frac{1000.v}{\pi.N_3} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 90.9} = 106 \quad [mm]$$

$$D_4 = \frac{1000.v}{\pi.N_4} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 120.6} = 79 \quad [mm]$$

$$D_5 = \frac{1000.v}{\pi.N_5} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 150.3} = 63 \quad [mm]$$

$$D_6 = \frac{1000.v}{\pi.N_6} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 180} = 53 \quad [mm]$$

وبالتعويض عن قيم المتتالية الهندسية للسرعة ينتج الأقطار:

$$D_1 = \frac{1000.v}{\pi.N_1} = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 31.5} = 303 \quad [mm] = D_{\max}$$

$$D_2 = 212 \quad [mm]$$

$$D_3 = 152 \quad [mm]$$

$$D_4 = 106 \quad [mm]$$

$$D_5 = 76.5 \quad [mm]$$

$$D_6 = 53 \quad [mm] = D_{\min}$$

ويمكن ترتيب هذه النتائج في الجدول التالي:

في المتتالية العددية:

الرقم	$N \quad [r.p.m]$	$D \quad [mm]$
1	31.5	303
2	61.2	156
3	90.9	106
4	120.6	79
5	150.3	63
6	180	53

في المتتالية الهندسية:

الرقم	$N \quad [r.p.m]$	$D \quad [mm]$
1	31.5	303
2	45	212
3	63	152
4	90	106
5	125	76.5
6	180	53

مثال (2-3):

المطلوب حساب عدد سرعات المخرطة ضمن المعطيات:

$$D_{\max} = 300 \quad [mm]$$
$$D_{\min} = 15 \quad [mm]$$
$$v_{\max} = 60 \quad [m/\min]$$

الحل:

اختيار أساس المتتالية:

يمكن اختيار أساس المتتالية الهندسية مبدئياً ضمن المجال $(2-1.1)$، وفي بعض الأحيان يمكن اختياره حسب المواصفات الأوروبية من بين القيم التالية:

$$(1.12 \quad 1.26 \quad 1.41 \quad 1.58 \quad 2)$$

ونختار من أجل هذه المسألة $(r = 1.4)$ ونجري عمليات الحساب اعتماداً عليها.

تحديد سرعة الدوران الدنيا:

$$N_{\min} = N_1 = \frac{1000.v_{\min}}{\pi.D_{\max}}$$

ولدينا:

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = r \quad \Rightarrow \quad v_{\min} = \frac{v_{\max}}{r}$$

$$\Rightarrow \quad v_{\min} = \frac{60}{1.4} \quad [m/\min]$$

وبالتعويض في علاقة سرعة الدوران:

$$N_{\min} = N_1 = \frac{60 \times 1000}{\pi \times 300 \times 1.4} = 45.5 \quad [r.p.m]$$

تحديد سرعة الدوران العظمى:

$$N_{\max} = \frac{1000.v_{\max}}{\pi.D_{\min}}$$

$$N_{\max} = \frac{1000 \times 60}{\pi \times 15} = 1270 \quad [r.p.m]$$

تحديد عدد السرعات المطلوبة:

$$r = \sqrt[n-1]{\frac{N_{\max}}{N_{\min}}}$$

$$1.4 = \sqrt[n-1]{\frac{1270}{45.5}} \quad \Rightarrow \quad n = 12$$

تحديد ثابت المتتالية الهندسية الجديد:

$$r_{new} = \sqrt[12-1]{\frac{1270}{45.5}} = 1.3533$$

تحديد سرعة الدوران الدنيا بالنسبة لثابت المتتالية الجديد:

$$N_1 = N_{\min} = \frac{60 \times 1000}{\pi \times 300 \times 1.3533} = 47 \quad [r.p.m]$$

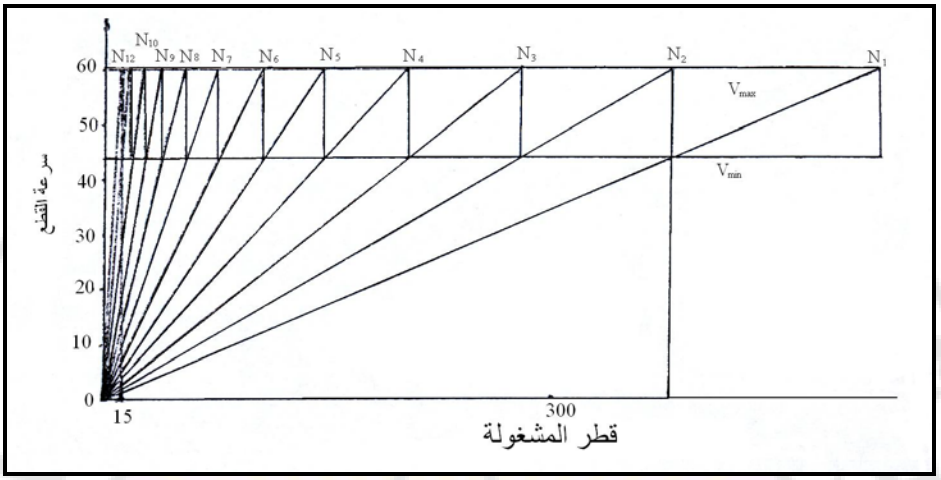
تحديد ثابت المتتالية الحقيقي على أساس سرعة الدوران الدنيا:

$$r = \sqrt[12-1]{\frac{1270}{47}} = 1.349$$

تحديد السرعات:

$$N_1 = 47 \quad [r.pm]$$
$$N_2 = N_1.r = 47 \times 1.349 = 63.3 \quad [r.p.m]$$
$$N_3 = N_2.r = 63.3 \times 1.349 = 85.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_4 = N_3.r = 85.5 \times 1.349 = 117.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_5 = N_4.r = 117.5 \times 1.349 = 158.5 \quad [r.p.m]$$
$$N_6 = N_5.r = 158.5 \times 1.349 = 214 \quad [r.p.m]$$
$$N_7 = N_6.r = 214 \times 1.349 = 289 \quad [r.p.m]$$
$$N_8 = N_7.r = 289 \times 1.349 = 386 \quad [r.p.m]$$
$$N_9 = N_8.r = 386 \times 1.349 = 510 \quad [r.p.m]$$
$$N_{10} = N_9.r = 510 \times 1.349 = 700 \quad [r.p.m]$$
$$N_{11} = N_{10}.r = 700 \times 1.349 = 940 \quad [r.p.m]$$
$$N_{12} = N_{11}.r = 940 \times 1.349 = 1270 \quad [r.p.m]$$

يمكن توزيع السرعات طبقاً للمتتالية الهندسية وفقاً للمخطط في الشكل (2-7) الذي يربط بين قطر المشغولة وسرعة القطع، ويسمى هذا المخطط بالمخطط المنشاري.



الشكل(2-7)

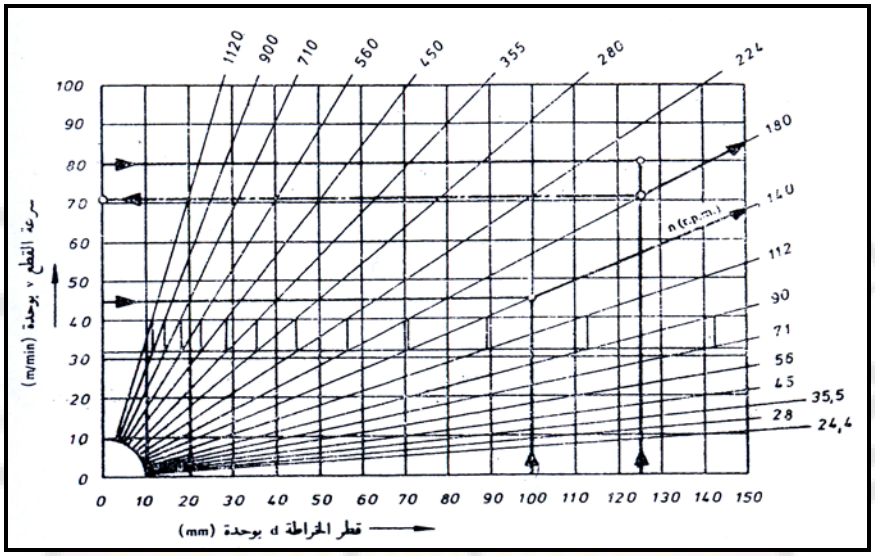
مخطط السرعات المنشاري

(2-6) المخططات الشبكية:

في الشكل (2-8) يوضح طريقة إنشاء المخططات الشعاعية حيث تمتد خطوط سرعات الدوران على شكل أشعة، فإذا وصلنا خطوطاً رأسية بين شعاعي سرعتين دورانيتين متجاورتين من أي خط سرعة قطع اختيارية فإننا سنحصل على شكل أسنان منشارية يكون ارتفاعها متساوياً دائماً.

من هنا يمكن استنتاج أن التدرج بين كل سرعات الدوران يظل ثابتاً.

من النادر استخدام المخططات الشبكية الشعاعية نظراً لاختلاف دقة القراءة في الأماكن المختلفة من المنحني، ويمكن الحصول على أعلى دقة في هذه اللوحة عند خطوط سرعات الدوران التي تميل بزاوية قدرها (45°) .



الشكل (2-8)

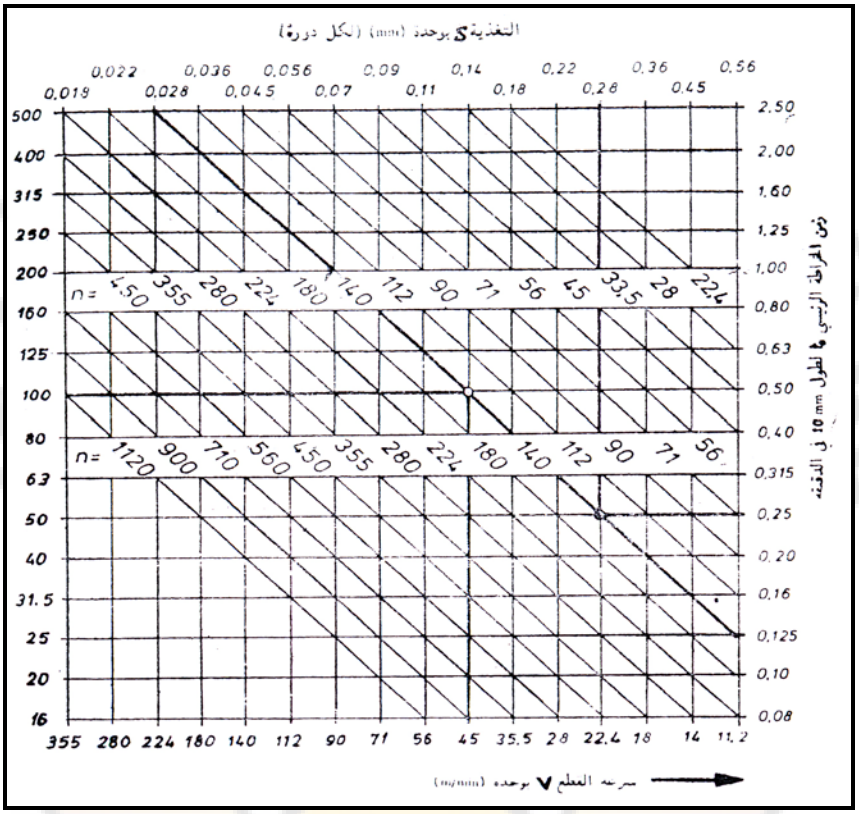
المخطط الشعاعي

(2-7) المخططات الأساسية لآلات التشغيل:

يزود منتجو آلات التشغيل كل آلة ببطاقة تسمى (بطاقة الآلة)، الشكل (2-9).

تستخدم هذه البطاقة لتحديد أزمنة التشغيل الرئيسة وبدقة مما يعد تبسيطاً لعمليات الحساب الطويلة الخاصة بالأزمنة الرئيسة للتشغيل، وفي حال عدم وجود هذه البطاقات الخاصة بزمن التشغيل الرئيس يمكن لأي فنيّ أن يقوم بإعدادها بنفسه إذا كان ملماً بالمبادئ الأساسية المطلوبة في إعداد مثل هذه المخططات.

عند تدوير المخطط الشبكي ذي التقسيم اللوغاريتمي بزاوية قدرها (90°) بعكس اتجاه دوران عقارب الساعة وسجلنا عليه التغذيات الموجودة في آلة التشغيل بطريقة مناسبة لعملنا فإننا نحصل عندئذٍ على بطاقة آلة التشغيل التي نستطيع بوساطتها تحديد زمن تشغيل قطعة معينة.



الشكل (2–9)

بطاقة آلة التشغيل

(2-8) آلات التشغيل المبرمجة:

تعتمد هذه الآلات على التحكم الرقمي كأسلوب لعملها وذلك بالاعتماد على مجموعة من الحروف والأرقام وإشارات خاصة تحفظ في ذاكرة آلة التحكم وتسمى (البرنامج) وهو يترجمها إلى إشارات كهربائية متوافقة لتتلقاها المحركات الخطوية التي تقوم بتشغيل الآلات.

تتكون هذه الآلات بشكل عام من محركات خطوية لضمان إزاحات دقيقة تتصل هذه المحركات بأعمدة الحركة عن طريق مخفض سرعة وتتوضع على العمود الأداة القاطعة، وعلى الدارة نفسها يوجد مقياس للسرعة وحساس للمقارنة بين قيم السرع التنفيذية وقيم السرع المبرمجة.

حجم الرايش المزال في واحدة الزمن

إن آلات التشغيل الرقمي يمكن أن تبرمج يدوياً وتعرف ببرمجة الأجزاء يدوياً، ويمكن أن تبرمج حاسوبياً، ورغم وجود الحاسوب الذي يولد البرنامج فإن العاملين على الآلات والمبرمجين يمكن أن يتدخلوا يدوياً لإجراء تعديل مناسب لظروف التشغيل في الورشة أو إجراء تعديل لتعويض اهتراء أداة القطع للحصول على قطعة ذات أبعاد دقيقة.

تستخدم الآلات المبرمجة (الآلات ذات التحكم الرقمي المحوسب *CNC*) في نظام التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسب (*CAD/CAM*) حيث تستخدم برامج التصميم بمساعدة الحاسب (*CAD*) لنمذجة المنتج بالدقة المطلوبة، ثم تستخدم برامج التصنيع بمساعدة الحاسب (*CAM*) لإجراء محاكاة لتصنيع المنتج واستخراج برنامج تشغيل القطعة (*G-Code*) ثم ينقل البرنامج إلى الآلة ليخزن في نظام التحكم، وبعد إعداد الآلة نقوم بتشغيل القطعة حتى نحصل على المنتج بالدقة نفسها للنموذج المرسوم على الحاسب.

يتم بواسطة القيادة المبرمجة تصنيع المنتجات في شروط الإنتاج الكمي وعلى دفعات، مقارنةً بالتجهيزات التي تصل إليها المعلومات الضرورية لتصنيع المشغولات عن طريق كل من الفكوك وصفائح المعايرة والنماذج ونقاط الاستناد متغيرة الموضع فإن تحضير برنامج التشغيل في آلات التشغيل ذات القيادة المبرمجة وتحديد وظائفه يتمان بوساطة المعلومات المعطاة كاملةً على شكل رقمي أو مركب.

الفصل الثالث

مواد أدوات القطع

Cutting Tools Materials

وقل رب زدني علما
Damascus University

(3-1) مقدمة:

التشكيل بالقطع يعني تغيير شكل المشغولات عن طريق إزالة أجزاء صغيرة من المادة المشغلة بالقطع بصورة رايش، كما هي الحال في عمليات القطع اليدوية المعروفة كالتأجين والبرادة وغيرها، أو باستخدام آلات التشغيل كما في عمليات الخراطة والثقب والقشط والتفريز وغيرها من عمليات التشغيل بالقطع المعروفة.

إن فصل الرايش عن معدن المشغولة يتم باستخدام أداة خاصة تتميز بصلادة مرتفعة تفوق صلادة المعدن المراد قطعه ويتصف حدها القطع بشكل هندسي معين تحدده ظروف عملية القطع.

تتم عملية القطع بتركيز إجهادات ميكانيكية بوساطة أداة القطع على المشغولة إلى قيمة تفوق إجهاد القص لهذه القطعة بوساطة الحد القاطع للأداة القاطعة الذي يتمتع بشكل هندسي تحدده العملية التكنولوجية المطلوبة.

تنقسم عمليات القطع وتشكيل المعادن من حيث دقتها إلى عمليات أولية تسمى (عمليات تخشينية) الغرض منها إزالة أكبر كمية من الرايش عن طريق القطع بعمق قطع أكبر ما يمكن $(t_{\max})$، وعمليات ثانوية تسمى (عمليات تنعيمية) الغرض منها إزالة أقل كمية من الرايش على حساب تأمين دقة إنهاء عالية واستواء مناسب للسطح المشغّل، وتتعلق درجة الإنهاء والنعومة بالدرجة الأولى بالوظيفة التكنولوجية للمشغولة، وكلما ارتفعت دقة الإنهاء زادت تكاليف التشغيل وهذا ينعكس على المردود الاقتصادي الذي يكون منخفضاً على حساب تحقيق المواصفات الفنية المطلوبة والتي تعد هدفاً هاماً ورئيسياً لا يجوز التخلي عنه.

لقد مرت نظريات التشكيل والتشغيل بالقطع بمراحل تاريخية متعددة تطورات فيها لتصل إلى وصلت إليه.

بحث إ. تيمة (1838-1920م) بروفيسور معهد التعدين في بطرسبورغ عام (1868م) في عملية قطع مختلف المعادن وشرح لأول مرة كيف تجري عملية تشكل الرايش، ووضع تصنيفاً دقيقاً لأنواعه وتحت تأثير ظروف مختلفة وقد تطرق أيضاً إلى التطور اللاحق لنظريات قطع المعادن واستخرج صيغاً لحساب قوى القطع.

أما البروفيسور ك. زفوريكين (1861-1928م) فقد ابتكر جهازاً يستطيع من خلاله تعيين قوى القطع.

أما الباحث ي. أوساجيف (1873-1941م) فقد أجرى في العام (1912م) بحثاً استخدم فيه الميكروسكوب لدراسة عملية تشكل الرايش ونبه من خلاله إلى دراسة المظاهر الفيزيائية لعملية لقطع واعترف بظاهرة تصليد المعادن وشرح ظاهرة تشكل الطبقة الزائدة من المعدن على القلم والتي تسمى تلثم قلم القطع.

(3-2) صفات مواد أدوات القطع:

حتى تتم عملية القطع لا بد من توفر الصفات التالية في أدوات القطع:

1- الصلادة:

يجب أن تكون صلادة أداة القطع أعلى من صلادة المشغولة لتستطيع اختراقها أو خدشها وأن تحتفظ بهذه الصلادة المرتفعة في ظروف القطع المختلفة (ارتفاع درجة الحرارة وقوى القطع).

2- المتانة:

يجب أن تكون أداة القطع ذات متانة عالية، والمقصود بمتانة أداة القطع (مقاومة الكسر أو القصف بالصدم) وهذه الصفة هامة عند عمليات القطع التي تحدث فيها الصدمات (القشط، التفريز، تشغيل القطع المصبوبة ذات القطع غير المنتظمة).

من المعروف أن ارتفاع المتانة يتم على حساب انخفاض في الصلادة، لذلك يجب التوفيق بين هاتين الصفتين بما يتناسب مع العملية التكنولوجية المطلوبة.

3- مقاومة الضغط والبري:

وهي قدرة أداة القطع على مقاومة التشكيل أو التشويه في الشكل أو تلثم الحد القاطع في ظروف مختلفة من القوى ودرجة حرارة القطع.

4- مقاومة فعل درجات الحرارة المرتفعة:

وهي تتعلق بمقاومة أداة القطع لتأثير الارتفاع المفاجئ لدرجة حرارة القطع في البنية الذريّة وصفات هذه الأداة.

5- رخص ثمنها:

يجب أن تكون تكاليف أداة القطع اقتصادية لأن هذا الأمر ينعكس على التكلفة العامة للعملية التكنولوجية وبالتالي على المردود الاقتصادي للتشغيل.

(3-3) مواد أدوات القطع:

من البديهي أنه لا يمكن جمع هذه الصفات في مادة واحدة، ولذلك تتعدد مواد أدوات القطع وتتدرج في أهميتها حسب ظروف القطع والمواصفات التي يجب أن تتمتع بها هذه الأداة مع الظروف المتغيرة للقطع ومع طبيعة العملية التكنولوجية، وعلى هذا الأساس تستخدم عدة أنواع من أدوات القطع أكثرها انتشاراً:

1 -الصلب الكربوني (نسبة الكربون عالية فيه).
2 -الصلب السبائكي (خليط من الفولاذ وبعض المعادن).
3 -صلب السرعات العالية.
4 -السبائك الصلدة المسبوكة.
5 -السبائك الصلدة الملبدة.
6 -المواد الخزفية.
7 -الأطراف الماسية.

(3-3-1) الصلب الكربوني:

يطلق عليه أيضاً صلب العدة وأحياناً صلب الماء، وهو صلب يحتوي على نسبة تتراوح بين $(0.6\% - 1.4\%)$ من الكربون ولا توجد فيه عناصر سبائكية إضافية إلاّ في نسب ضئيلة كالسيليكون والمنجنيز ويدخل أيضاً في تركيبه الكبريت والفوسفور في صور شوائب غير مرغوب فيها.

إن زيادة نسبة الكربون تؤدي إلى زيادة الصلادة على حساب المتانة، لذلك تستخدم الأنواع التي تقل فيها نسبة الكربون عن (1%) في عمليات القطع التي تتعرض للصدم كالعدد اليدوية وأقلام المقاشط، بينما تستخدم الأنواع التي تزيد نسبة الكربون فيها عن (1%) في عمليات القطع التي تتطلب مقاومة عالية للبري.

تجري عمليات التقسية لأدوات القطع المصنوعة من الصلب الكربوني وذلك بتسخين الأداة إلى درجة حرارة مرتفعة تتراوح في المجال $(750^\circ - 900^\circ)$ وذلك حسب نسبة الكربون (نصف ساعة لكل $25mm$ من سمك أداة القطع) ثم تبرد بشكل مفاجئ ويكون هذا التبريد عادةً بوساطة الماء ولذلك سميت هذه الأنواع من مواد أدوات القطع بصلب الماء، بعد إجراء عملية التقسية هذه تكتسب أداة القطع صلادة عالية ولكن في الوقت نفسه تتكون بعض الإجهادات الحرارية نتيجة التبريد المفاجئ مما يضطرنا إلى إجراء عملية مراجعة وذلك للتخلص من هذه الإجهادات وتتراوح درجة حرارة الإرجاع في المجال $(200^\circ - 350^\circ)$ ويعاد تبريدها بالماء أو بالزيت، في هذه الأثناء يكتسب الصلب الكربوني بعد عملية المراجعة هذه متانة عالية دون أية تضحية إلاّ بجزء صغير من الصلادة.

تستخدم هذه الأنواع من الصلب أساساً في عمليات القطع بالعدد اليدوية نظراً لانخفاض سرعات القطع بها (المبارد والمقصات)، ونادراً ما تستخدم في أدوات القطع على آلات التشغيل إلاّ عند قطع المواد والمعادن سهلة القطع وبسرعات قطع منخفضة إذ

لايجوز أن ترتفع سرعة القطع عن الحد الذي يسمح بارتفاع درجة حرارة القطع عن (300°) فعند هذه الدرجة يبدأ الصلب الكربوني بفقدان الخواص التي يتمتع بها وبخاصة الصلادة مما يؤدي في نهاية الأمر إلى بري الحد القاطع وعجزه عن القيام بمهمة القطع.

(3-3-2) الصلب السبائكي:

وهذا النوع من الصلب شبيه بالصلب سابق الذكر مضافاً إليه عناصر أخرى مثل (التنغستن، الكروم، الكوبالت، الفاناديوم) منفردة أو مجتمعة وتقسّى ثم تراجع بالطريقة السابقة نفسها وتستخدم هذه الأنواع بخاصة في عمليات القطع التي ترتفع فيها إجهادات القطع نسبياً (باستخدام عمق قطع وتغذية كبيرة) و لا يجوز كما في الصلب الكربوني أن ترتفع درجة حرارة القطع عن (300°).

(3-3-3) صلب السرعات العالية:

يطلق عليه هذا الاسم لاستخدامه في عمليات القطع بسرعات عالية تسمح بارتفاع درجة حرارة القطع حتى (600°)، يتكون من الصلب مضافاً إليه المواد التالية:

1 -التنغستن، لتحسين خواص الصلادة المتبقية عند درجات الحرارة المرتفعة مع الاحتفاظ بالمتانة.

2 -الفاناديوم، لرفع مقدار الصلادة عند درجات الحرارة المرتفعة ورفع درجة حرارة عملية المراجعة بعد التقسية.

3 -الكروم، يزيد من صلادة أداة القطع وبالتالي قدرة تغلغلها في المعدن المشّغل.

4 -الكوبالت، يزيد من مقاومة أداة القطع للبري حتى درجة حرارة المراجعة.

تتم عملية التقسية بالنسبة لصلب السرعات العالية H.S.S على مرحلتين:

المرحلة الأولى:

يتم رفع درجة حرارته ببطء حتى $(750-800^{\circ})$ لتجنب تجمع الاجهادات الحرارية وحتى تتوزع الحرارة داخل المعدن بانتظام.

المرحلة الثانية:

يتم رفع درجة حرارة الأداة مباشرةً من (800°) حتى (1300°) وبسرعة وذلك لتجنب التأكسد الذي من الممكن أن يحدث في هذا المجال.

ثم يتم تبريد الأداة قيما بعد باستخدام تيار من الهواء المضغوط (لذلك يطلق على هذه الأنواع من الصلب بالعامية بصلب الهواء).

تجري عملية المراجعة بإعادة التسخين إلى ما بين $(500^{\circ}-600^{\circ})$ ثم التبريد بالهواء المضغوط.

ويبين الجدول (3-1) التركيب الكيميائي لبعض أنواع صلب السرعات العالية (النسبة المئوية):

كربون (%)	*كوبالت* (%)	*كروم* (%)	*مولبيديوم* (%)	*فاناديوم* (%)	*تنغستن* (%)
0.92-1.02	-	3.8-4.5	2.5-2.8	2.2-2.5	2.5-3
0.75-0.83	4.5-5	0.5-0.8	0.5-0.8	1.4-1.7	17.5-18.5
0.7-0.8	12-15	4	0.7-1	2	19-21

الجدول (3-1) التركيب الكيميائي المئوي لبعض أنواع صلب السرعات العالية

يكثر استخدام هذه الأنواع من الصلب في أدوات القطع التي تتعرض لسرعات قطع ودرجات حرارة عالية مثل مقاطع التفريز، البراغل، لقم قطع اللوالب، أقلام الخراطة، أقلام المقاشط.

إن الأنواع عالية الإنتاجية من الصلب سريع القطع تمتاز بمتانة وصلادة حمراء (الصلادة الحمراء هي الدرجة التي تفقد عندها أداة القطع خواص القطع) كما أنها ذات مقاومة عالية للتآكل وينصح باستخدامها عند تشغيل الصلب السبائكي صعب التشغيل وأنواع الصلب والسبائك ذات المتانة العالية والمضادة للصدأ والمقاومة للحرارة.

يمكن أن تصنع أداة القطع كلها من صلب السرعات العالية إذا كانت صغيرة الحجم أو أن يصنع جسمها من الصلب الكربوني ثم تلقم بها لقم صغيرة من صلب السرعات العالية تشكل الحد القاطع لأداة القطع، ويستخدم عادةً لحام المونة أو لحام المقاومة الكهربائية لهذا الغرض، وأحياناً يمكن الاستغناء عن اللحام بالتثبيت الميكانيكي للحد القاطع المصنوع من صلب السرعات العالية في جسم أداة القطع المصنوع من الصلب الكربوني.

لقد تم ابتكار بعض الأساليب لتحسين خواص القطع لهذه الأنواع من أدوات القطع وذلك بمعالجتها معالجة سطحية، أي إكساب الطبقة السطحية صلادة أعلى من تلك التي يتصف بها صلب السرعات العالية، ومن هذه الطرق:

1 -معالجة سطح أداة القطع بطبقة من الكروم الصلد.

2 -معالجة حرارية بالتسخين في جو من النشادر وذلك لتكوين طبقة نتريدية صلدة على السطح.

3 -النتروكربنة، أي زيادة نسبة الكربون والنتريد على السطح وذلك بالتسخين في سيانيد البوتاسيوم أو الصوديوم.

4 -إكساب السطح طبقة من الفوسفيد (معالجة بالفوسفور).

5 -المعالجة بكبريتيد المولبيديوم الصلد.

(3-3-4) السبائك الصلدة المسبوكة:

تنقسم هذه الأنواع من السبائك إلى نوعين رئيسين:

النوع الأول: سبائك تحتوي على الحديد بنسبة قليلة مع عناصر أخرى غير حديدية، ومثال ذلك سبائك حديدية تحتوي على 3% كربون، 17% تنغستن، 25% كروم، 35% كوبالت والباقي حديد.

النوع الثاني: سبائك لا تحتوي على الحديد إطلاقاً، تسمى سبائك غير حديدية، ومثال ذلك سبائك غير حديدية تحتوي على 3% كربون، 20% تنغستن، 30% كروم، 45% كوبالت، والباقي عناصر أخرى مثل المولبيديوم والتيتانيوم وغيرها.

في كل هذه الأنواع من السبائك يلاحظ ارتفاع نسبة الكربون عن النسب المعتادة في الصلب بكل أنواعه إلاّ أن مكونات هذه السبائك من الكروم والتنغستن والكوبالت تكوّن كربيدات صلدة تكسب السبيكة صلادة طبيعية دون أية حاجة لمعالجتها حرارياً.

إن هذه السبائك تحتفظ بصلادتها إلى درجة حرارة تزيد عن (900°) وبالتالي يمكن استخدامها بسرعات قطع أعلى، ونظراً لصلادتها المرتفعة فإنه يصعب تشغيلها إلاّ بالتجليخ بعد سكبها في قوالب خزفية حسب الشكل المطلوب.

تصنع هذه السبائك عادةً على شكل لقم تمثل الحد القاطع ويتم لحامها أو ربطها بشكل ميكانيكي مع جسم أداة القطع.

(3-3-5) السبائك الصلدة الملبدة:

رغم أن السبائك الصلدة المسبوكة تتمتع بدرجة عالية من الصلادة إلاّ أن القصافة أو الهشاشة تعد من أهم عيوبها، لذلك تمكن العلماء أثناء الحرب العالمية الأولى وبعدها من ابتكار أنواع مشابهة لها خواص تحمل الإجهادات العالية وذلك بتشكيلها من

مواد على شكل مساحيق وتلبيدها (أي تشكيلها بالضغط والتسخين إلى درجة حرارة دون درجة حرارة الانصهار).

إن أهم الأسباب التي دفعت إلى ابتكار هذه الأنواع من أداوت القطع هو فقدان ألمانيا مستعمراتها في جنوب إفريقيا إبّان الحرب العالمية حيث كانت هذه المستعمرات مصدرها الرئيس من الألماس لذلك يطلق على بعض أنواع اللقم المصنوعة من السبائك الصلدة الملبدة (فيديا widia) كاختصار للكلمة الألمانية (wie diamante) أي شبيه الألماس لما لها من خواص صلادة قريبة من الألماس.

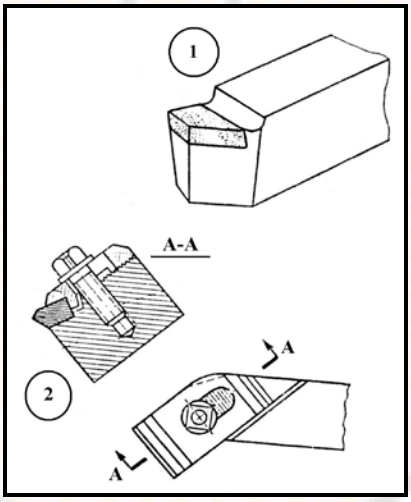
تستخدم لإنتاج هذه الأنواع من أدوات القطع الكربيدات مثل كربيدات التنغستن والتيتتانيوم بعد تحويلها إلى مساحيق دقيقة في حجم حبيباتها ثم خلطها بعنصر رابط هو الكوبالت (بشكل مسحوق) تم تلبيدها مع بعضها البعض بالكبس والتسخين في قوالب خاصة حتى تأخذ الشكل المطلوب.

يمكن الحصول على الكربيدات المشار إليها من أصل أكاسيد المعادن مثل أكسيد التنغستن وذلك باختزالها إلى تنغستن نقي ثم كربنتها أي تحويلها إلى كربيد التنغستن وذلك بخلطها بالكربون.

يمكن انتاج كربيدات أخرى بنفس الطريقة مثل كربيد التيتانيوم وكربيد المولبيديوم حيث أنها تسحق بشكل حبيبات دقيقة وتخلط مع الكوبالت المسحوق وتسخن إلى درجة حرارة تبلغ نحو $\left(1000C^{\circ}\right)$ يعاد بعدها الطحن في طاحونة خاصة للحصول على مسحوق أكثر دقة وأحسن خلطاً، ثم تكبس هذه المساحيق المخلوطة في قوالب وتسخن إلى درجة حرارة تبلغ $\left(\frac{2}{3}\right)$ درجة حرارة انصهارها في المعتاد في حدود $\left(1500C^{\circ}\right)$.

تصلح اللقم الملبدة من كربيد التنغستن وحده أساساً لتشغيل حديد الزهر ولا تصلح لتشغيل حديد الصلب وذلك لأن الرايش يلتصق بالحد القاطع لأداة القطع ويؤدي في نهاية الأمر إلى تلف الحد القاطع، لذلك تستخدم بعض الإضافات السبائكية مثل كربيدات التيتانيوم والتيتاليوم مع زيادة نسبة المادة الرابطة (الكوبالت) عن الحد المستخدم وهو (6%).

يبين الشكل (3-1) أقلاماً مصنوعة من السبائك الكربيدية وقد ثبتت اللقم بطريقة اللحام وبطريقة ميكانيكة، حيث ثبتت في (1) بطريقة اللحام وثبتت في (2) بالطريقة الميكانيكية.



الشكل (3-1)

أقلام مصنوعة من السبائك الكربيدية

يحتوي هذا النوع من اللقم الكربيدية على (82%) كربيد التنغستن و (10%) كربيد تيتانيوم و (8%) كوبالت، ويمتلك خاصية انخفاض معامل الاحتكاك على سطحه وقلة معدل البري.

بصفة عامة لا يمكن صنع الأقلام بكاملها من هذه الكربيدات الملبدة نظراً لهشاشتها بل تصنع بشكل لقم صغيرة تثبت بجسم أداة القطع.

إن شحذ هذه الأنواع من أدوات القطع يتم باستخدام أحجار تجليخ خاصة تحتوي على مواد حاكة من كربيد السيليكون أو باستخدام أحجارالتجليخ العادية نظراً لارتفاع صلابتها.

على الرغم من الارتفاع في تكاليف أداوت القطع المزودة باللقم الكربيدية إلاّ أنها تصبح اقتصادية في حالات الإنتاج الكبير لما تتمتع به من صفات عالية للقطع حيث أنها تحافظ على هذه الخواص حتى درجة حرارة تزيد عن $\left(1000C^{\circ}\right)$ دون أن يترك ذلك أثراً في الحد القاطع لهذه الأداة.

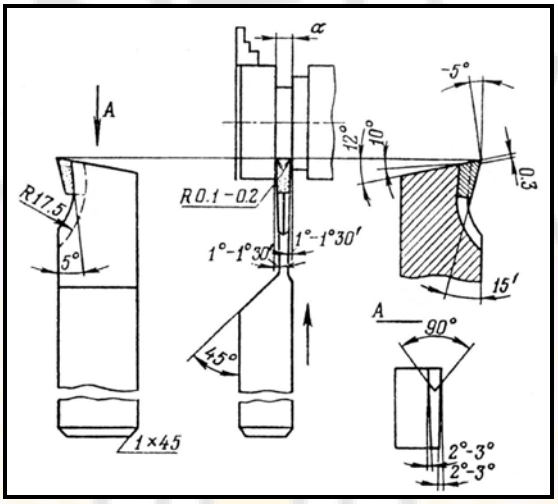
بالإضافة إلى ذلك فإن استخدام هذه الأنواع من أدوات القطع يسمح بالقطع بمعدلات عالية نظراً لمقاومتها الواضحة لقوى القطع.

يوضح الشكل (3-2) أقلام التجويف المزودة بسبائك الكربيد المسمنت، حيث بين الشكل (1) قلماً جانبياً لتشغيل الثقوب النافذة ويبين الشكل (2) قلم الخراطة السندية لتشغيل الثقوب المسدودة.

الشكل (3–2)

أقلام التجويف المزودة بسبائك الكربيد المسمنت

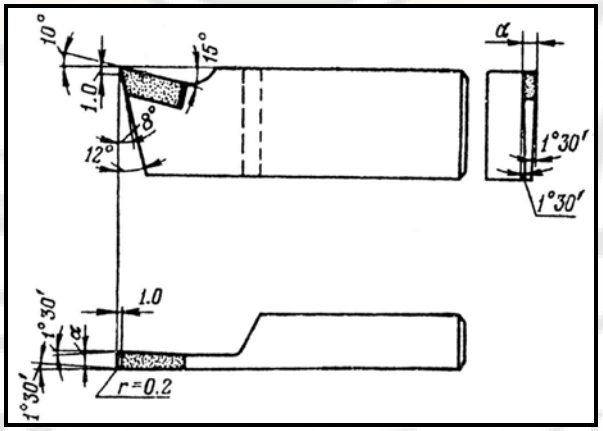
1– قلم جانبي لتشغيل الثقوب النافذة، 2– قلم الخراطة السندية لتشغيل الثقوب المسدودة



الشكل (3–3)

قلم مصنوع من الكربيد المسمنت

ويبين الشكل (3–3) قلم غنفرة ذو سبيكة ملحومة من الكربيد المسمنت.



الشكل (3–3)

قلم غنفرة ذو سبيكة ملحومة من الكربيد

(3-3-6) المواد الخزفية:

تركب من خليط يتكون من عدة أكاسيد أهمها أكسيد الألمنيوم (Al_2O_3) الذي يكون على صورة مسحوق يشكل بنفس الطريقة التي اتبعت في إنتاج السبائك الصلدة الملبدة.

تتمتع هذه الأنواع من أدوات القطع بالخواص التالية:

1 -رخص تكاليفها.

2 -ارتفاع درجة حرارة تحملها إذ أنها تصل إلى نحو $(1100C^\circ)$.

3 -عزلها للحرارة مرتفع.

4 -إنتاجيتها لأسطح جيدة بسبب مقاومتها العالية للبري.

تنقسم المواد الخزفية إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

1- خزفيات الأكاسيد:

وهي من مسحوق أكسيد الألمنيوم، لونها أبيض مع ميل خفيف إلى اللون الوردي أو الأصفر بسبب وجود بعض الشوائب وهي تصلح لتشغيل وقطع حديد الصلب وحديد الزهر.

2- الخزفيات المعدنية:

وهي خليط من أكسيد الألمنيوم مع بعض المعادن الأخرى مثل المولبيديوم أو التيتانيوم، لونها رمادي غامق مائل إلى الأسود.

3- خزفيات الأكاسيد والكربيدات:

وهي خليط من أكسيد الألمنيوم مع بعض الكربيدات مثل كربيدات التنغستن والتياتانيوم والمولبيديوم ويكون لونها أسود، تصلح لعمليات التشغيل بالقطع المستمر وفي قطع حديد الصلب وحديد الزهر.

وتتصف الأطراف الخزفية بالصفات التالية:

1 -صلادة مرتفعة مصحوبة بهشاشة وبالتالي مقاومة عالية للبري، وترتفع هذه الصفات بشكل خاص بارتفاع نسبة أكسيد الألمنيوم، ولذلك تستخدم في القطع بسرعات عالية.

2 -مقاومة تكوّن حفرات على سطح طرف القطع والتي تنشأ عادةً من احتكاك الرايش بسطح طرف القطع.

3 -معامل الانتقال الحراري فيها منخفض ولذلك فهي لا تحتاج للتبريد لتجنب الاجهادات في الحد القاطع.

4 -متانتها ومقاومتها للكسر بالانحناء ضئيلة.

لا تصلح المواد الخزفية لتشغيل الألمنيوم وأكاسيده بسبب سرعة تفاعلها مع الأكسجين، كما يصعب إعادة شحذ أدوات القطع المصنوعة منها بالتجليخ العادي بسبب صلادتها المرتفعة لذلك فهي بحاجة للشحذ بأحجار ماسية.

تستخدم هذه الأدوات في سرعات القطع العالية التي لا تقل عن $(100m/\min)$ كحد أدنى ويفضل استخدامها في عمليات الإنهاء بسبب حساسيتها العالية للاهتزازات وقوى القطع.

(3-3-7) المواد الماسية:

يعد الألماس أصلد المواد المعروفة حتى الآن وهو يتركب أساساً من بلورات الكربون النقية.

على الرغم من ارتفاع صلادة الألماس عن أي مادة أخرى إلاّ أنه لا يستخدم في تشغيل حديد الزهر أو الصلب وذلك نظراً لارتفاع قوى القطع والاجهادات الحرارية عند التشغيل والتي تكون مقاومته لها منخفضة.

يستخد الألماس بنجاح في تشغيل المعادن الخفيفة والمعادن غير الحديدية صعبة التشغيل والمواد غير الفلزية والتي يصعب قطعها بالمواد الأخرى.

تتصف الأدوات المصنوعة من الألماس بصلادتها وهشاشتها وبالتالي ارتفاع حساسيتها للكسر.

ويمكن حصر الفرق بين الأطراف الألماسية واللقم الكربيدية بالتالي:

1 -عمر الأطراف الألماسية يفوق الكربيدية بنحو 40 إلى 50 ضعفاً.

2 -تكاليفها باهظة والحصول عليها صعب.

3 -تتطلب الحدود الكربيدية إعادة شحذها نحو عشرة أضعاف إعادة شحذ الألماس.

4 -يمكن استخدام الألماس في سرعات القطع العالية والتي ينتج عنها حرارة تصل حتى $\left(1600C^\circ - 1800C^\circ\right)$.

تثبت الأطراف الماسية عادةً بوساطة لحام المونة أو بالسبك حولها في فجوة بطرف أداة القطع.

يوضح الشكل (3-4) العلاقة بين مواد أدوات القطع من ناحية خواصها الميكانيكية ومجال سرعات القطع النسبية فيها.

يلاحظ من المخطط الصلادة المرتفعة التي يتمتع بها الألماس مقارنةً بمواد أدوات القطع الأخرى.

والأرقام بالشكل هي:

1- صلب كربوني، 2- صلب سبائكي، 3- صلب السرعات العالية، 4- سبائك صلدة مسبوكة، 5- سبائك صلدة ملبدة، 6- المواد الخزفية، 7- الأطراف الماسية.

الشكل (3-4)

مقارنة الخواص الميكانيكية لماد أدوات القطع

(3-4) مفهوم قطع المعادن:

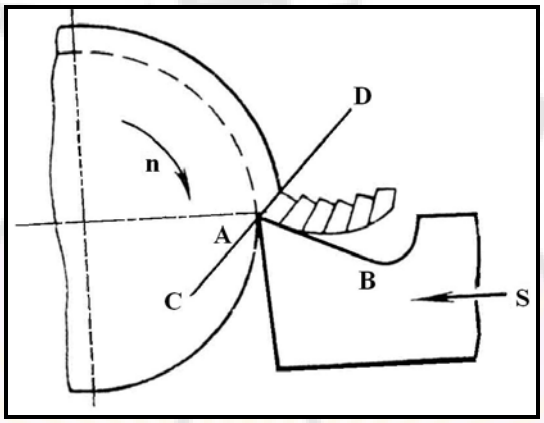
تتلخص عملية قطع المعادن في نزع الطبقة الزائدة من المشغولة على شكل رايش بقصد الحصول على قطعة حسب الشكل والقياسات والنعومة لسطوح التشغيل.

والأنواع الأساسية المعروفة من عمليات قطع المعادن هي الخراطة والتفريز والقشط والتثقيب والتجليخ والصقل والتخليق بالإضافة إلى عمليات حديثة سنتعرض لها لاحقاً.

تنفذ هذه العمليات على آلات تشغيل خاصة بكل عملية وذلك بوساطة أدوات قطع مختلفة مع حركتين أساسيتين هما حركة القطع وحركة التغذية والتي سبق شرحهما في فصل آلات التشغيل.

(3-5) تشكل الرايش:

من أجل التعرف على عملية تشكل الرايش سيتم دراسة قطعة فولاذية تجري عليها عملية الخراطة، الشكل (3-5).



الشكل (3-5)

مخطط انفصال الرايش في حالة القطع العرضي للقطعة

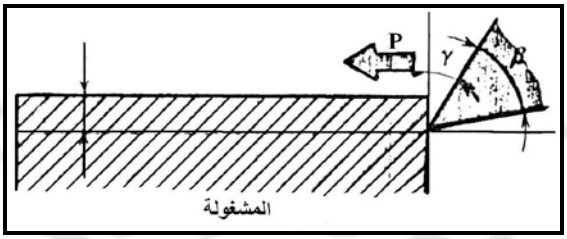
أثناء الخراطة تنضغط طبقة المعدن المنزوعة تحت تأثير قوة ضغط القلم وترافق عملية الانضغاط هذه بتشوه مرن ولدن.

مع ازدياد التشوه اللدن تزداد الإجهادات في الجزء المنزوع، وعندما تبلغ هذه الإجهادات مقدار يفوق حد متانة المعدن تحدث عملية القص وانفصال جزيئات صغيرة من المعدن على شكل رايش، ويحدث مثل هذا الانفصال باتجاه مستوي القص (CD) الذي يشكل زاوية معينة مع السطح الأمامي للقلم.

بعد حدوث عملية القص للشريحة الأولى تبدأ عملية انضغاط وتشوه الجزء التالي كما كان عليه الحال بالنسبة للجزء الأول حتى تفوق الإجهادات فيه متانة المعدن تحدث عملية القص لجزء جديد آخر ..وهكذا.

أما في عملية القشط لقطعة لدنة فإن تشكل الرايش يمر في عدة مراحل.

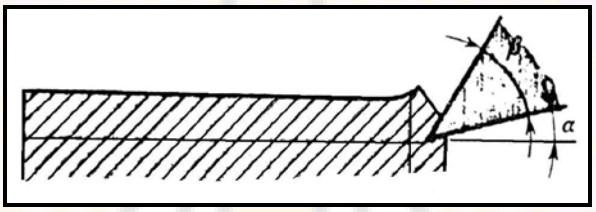
يحصل عند بدء عملية القطع تلامس قلم القطع مع القطعة المعرضة للتشغيل كما في الشكل (3-6).



الشكل (3–6)

تلامس قلم القطع مع المشغولة

ثم ينغرز القلم في القطعة المشغلة التي تتعرض للتشوه تحت تأثير قلم القطع، كما في الشكل (3–7).



الشكل (3–7)

بدء تكون الرايش

يؤدي استمرار تأثير قلم القطع في المشغولة إلى التغلب على قوى الترابط بين الطبقة المنزوعة والمادة الأساسية للقطعة، وبشكل أدق يمكن القول أن إجهادات القص تتجاوز قوى الترابط لمعدن القطعة عند مستوي القص فيحدث التشوه وبالتالي يتشكل الرايش بعدة طبقات متتالية، ويبين ذلك الشكل (3–8).

الشكل (3–8)

انفصال الرايش

(3–6) أنواع الرايش:

عند تشغيل المعادن المختلفة يتشكل الرايش تبعاً لنوع المعدن.

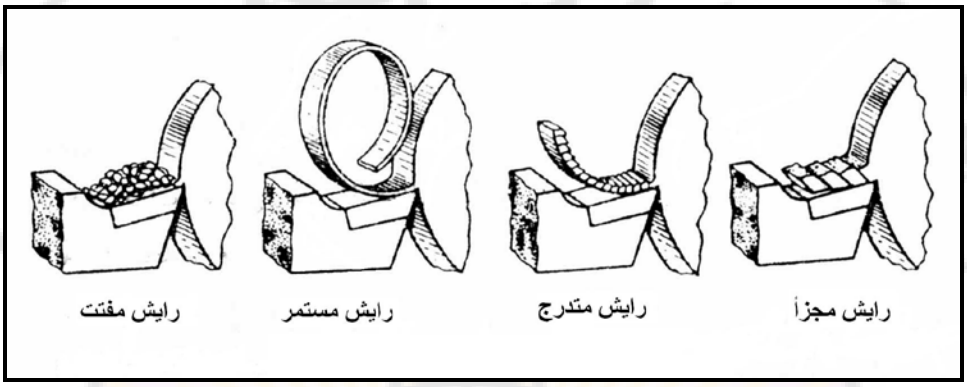
إذا كان المعدن المعرض للتشغيل هشاً قصيفاً كالحديد الزهر والبرونز يكون الرايش على شكل قطع صغيرة غير متناسقة ويسمى هذا النوع من الرايش، **الرايش المفتت**.

وإذا كان المعدن المعرض للتشغيل من المواد اللدنة (الصلب الطري والألمنيوم) فإن جزيئات الرايش لا تنفصل عن بعضها بعض بل تخرج من القلم على شكل شريط حلزوني ويسمى هذا النوع من الرايش، **الرايش المستمر**.

وعند تشغيل المعادن ذات الصلادة المتوسطة بسرعة $(5-15m/\min)$ يتشكل نوع من الرايش يسمى **الرايش المتدرج**.

أما عند تشغيل المعادن ذات الصلادة المتوسطة بسرعة صغيرة $(0.5-2m/\min)$ يتشكل نوع من الريش يسمى **الرايش المجزأ**.

ويبن الشكل (3-9) أنواع الرايش سابقة الذكر.



الشكل (3-9)

أنواع الرايش

(3-7) قابلية التشغيل:

تقدر قابلية التشغيل بمقدار سهولة تشغيل المعدن وبالتالي فهي خاصية من خواص المعدن المطلوب تشغيله.

تحدد قابلية التشغيل وفقاً للعوامل التالية:

1 -معدل إزالة الرايش حجماً بالميلمتر المكعب في الدقيقة.

2 -درجة نعومة السطح المشغل ودقة مقاييسه، وتتوقف نعومة السطح ودقة التشغيل على عدة عوامل منها شكل أداة القطع وجساءتها بالإضافة إلى جساءة آلة التشغيل.

3 -عمر أداة القطع (الفترة التي تعمل خلالها أداة القطع قبل إعادة شحذ الحد القاطع من جديد)، وهو يلعب دوراً هاماً في الوصول إلى إنتاجية عالية بتكاليف أقل.

4 -الطاقة المبذولة لإنجاز عملية القطع.

(3-8) مواد التبريد المستخدمة في عمليات القطع:

تترافق عملية القطع مع ارتفاع في درجة الحرارة ناشيء عن مصدرين:

1 -احتكاك الرايش مع سطح أداة القطع.

2 -عملية التشكيل اللدن الذي يحدث على سطح المشغولة.

إن التشكيل اللدن يحدث على سطح المشغولة بانزلاق حبيبات المعدن على مستوى القص مثل انفصالها على شكل رايش متصل أو متقطع، وارتفاع درجة الحرارة يؤثر في عناصر عملية القطع الرئيسية:

1 -المشغولة.

2 -أداة القطع.

3 -الرايش.

وتتوزع كمية الحرارة على هذه العناصر بنسب متفاوتة حيث تحصل أداة القطع على (10%) تقريباً من الحرارة الناتجة وهذا يسبب ارتفاع كبير في درجة حرارة الحد القاطع بسبب صغر كتلته واستمرار احتكاكه مع الرايش وانخفاض معامل التوصيل الحراري لمادة الرايش.

أما كمية الحرارة التي تحصل عليها المشغولة والتي تقدر بـ (10%) فتعد ضئيلة بسبب كبر كتلة المشغولة وتعرضها للتبريد أثناء الحركة، ولكن رغم ذلك يؤثر هذا الارتفاع في دقة أبعاد المشغولة وخواصها الفيزيائية.

إن الحرارة المتولدة أثناء عملية القطع تتوقف على عدة عوامل منها سرعة القطع والمساحة الاسمية لمقطع الرايش.

من هنا تبدو الحاجة ملحة لاستخدام سوائل التبريد والتزييت التي تقوم بمهمتين رئيسيتين:

1 -تقليل معامل الاحتكاك بين كل من الرايش والمشغولة من ناحية وأداة القطع من ناحية أخرى، وهذا ينعكس على تقليل مقدار الحرارة المتولدة.

2 -نقل كمية من الحرارة الموجودة في المشغولة وأداة القطع أي بتبريدها مباشرةً.

ولذلك يجب أن تتوفر في مواد التبريد الخواص التالية:

1 -خواص تبريد عالية (توصيل جيد للحرارة وبالتالي سهولة الانتقال الحراري).

2 -خواص تزليقية عالية (تزييت وتشحيم).

3 -خواص واقية من الصدأ.

4 -أن لا تكون ضارة بصحة العاملين.

5 -إمكانية تخزينها لفترة طويلة دون أن تتلف.

6 -أن تكون لها خواص استحلاب عالية.

7 -أن لا تؤثر في الأجزاء المختلفة لآلات التشغيل.

8 -أن تكون اقتصادية.

9 -أن تساعد على تحسين جودة السطح المشغل وتقلل من الطاقة المستهلكة.

10 -أن تمنع التصاق أو التحام الرايش بالمشغولة أو بأداة القطع.

قد تكون مواد التبريد صلدة مثل الغرافيت أو سائلة مثل الماء والزيوت والسوائل الأخرى أو غازية كالهواء وبخار الماء وثاني أكسيد الكربون.

كما يجب أن يلاحظ أن التبريد لا يستخدم في كل العمليات التشغيلية فالحديد الزهر الرمادي لا يحتاج إلى مواد تبريد أو تزليق أثناء التشغيل لأن الغرافيت الموجود في تركيبه والمنفصل أثناء التشغيل يقوم بمهمة التبريد حيث يقلل معامل الاحتكاك بين الرايش وأداة القطع، وكذلك عند تشغيل سبائك النحاس والبرونز التي تحتوي في تركيبها على الرصاص الذي يتمتع بخواص تبريدية وتزليقية عالية.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الرابع

عمليات التشغيل بالخراطة

Machining Process by Turning

وقل رب زدني علما
Damascus University

(4-1) مقدمة:

تعرّف عملية الخراطة على أنها عملية انتاج المشغولات ذات الأسطح الأسطوانية الشكل سواء كانت أسطحاً خارجية أم أسطحاً داخلية وتتم هذه العملية على آلة تسمى المخرطة باستخدام أداة قطع لها أشكال معينة.

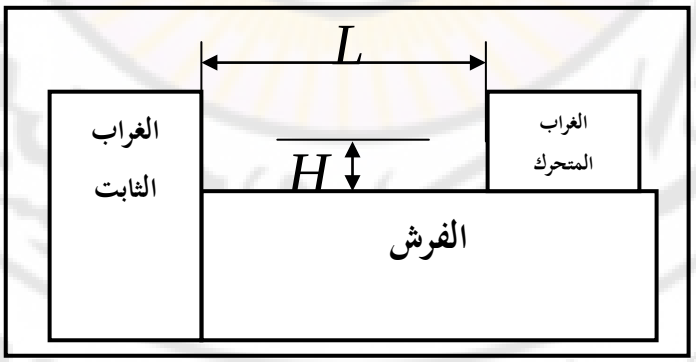
تعد عمليات التشغيل بالخراطة أكثر عمليات التشغيل انتشاراً لما تتمتع به هذه الآلة من إمكانات تشغيل واسعة.

إن القطع التي يجري تشغيلها على المخارط تكون ذات شكل دوراني على الأغلب كالمحاور والجلب والمسننات وغيرها.

وقد حددت أبعاد القطع التي تشغل على المخارط (أي الأبعاد الرئيسية للمخارط) كالتالي:

1 -أكبر قطر يمكن تشغيله على هذه المخرطة $(D_{\max})$، أو ارتفاع الذنبتين بالنسبة للفرش البعد (H).

2 -المسافة بين الذنبتين (L)، أي البعد المساوي أطول قطعة يمكن تثبيتها على المخرطة.



الشكل (4-1)

الأبعاد الرئيسية لآلات الخراطة

ويمكن تصنيف المخارط حسب ارتفاع الذنبتين عن الفرش إلى:

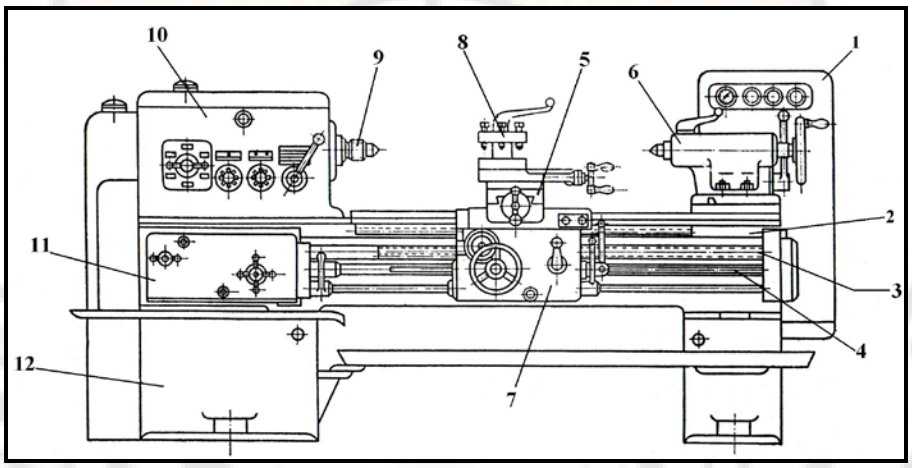
1 مخارط ضغيرة: لا يزيد ارتفاع الذنبتين فيها عن $(150mm)$، والبعد بينهما لايتجاوز $(750mm)$.

2 مخارط متوسطة: يتراوح ارتفاع الذنبتين فيها بين $(150mm)$ و $(300mm)$، ويتراوح البعد بينهما بين $(750mm)$ و $(1500mm)$.

3 مخارط كبيرة: يزيد ارتفاع الذنبتين فيها عن $(300mm)$، ويزيد البعد بين الذنبتين عن $(1500mm)$.

(4-2) الأجزاء الرئيسية لآلات الخراطة:

يبين الشكل (4-2) منظراً عاماً لآلة الخراطة ومكوناتها.



الشكل (4-2)

منظر عام لآلة الخراطة ومكوناتها

وتتكون المخرطة المبينة في الشكل (6-2) مما يلي:

1- صندوق التجهيزات الكهربائية.

2- الفرش.

3- لولب السحب.

4- عمود لولب السحب.

5- الراسمة.

6- غراب الذيل.

7- الوقاء.

8- حامل أدوات القطع.

9- عمود الدوران.

10- غراب الرأس وصندوق السرعات.

11- صندوق التغذية.

12- القاعدة.

وسيتم شرح كل من هذه المكونات بالتفصيل.

(4-3) المحرك الكهربائي وأجهزة نقل القدرة:

إن مهمة المحرك الكهربائي تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية وينقلها إلى عمود الحركة في الآلة بواسطة تجهيزات نقل الحركة (سيور أو مسننات).

يبين الشكل (4-3) الناحية الوظيفية للمحرك الكهربائي.

الشكل (4-3)

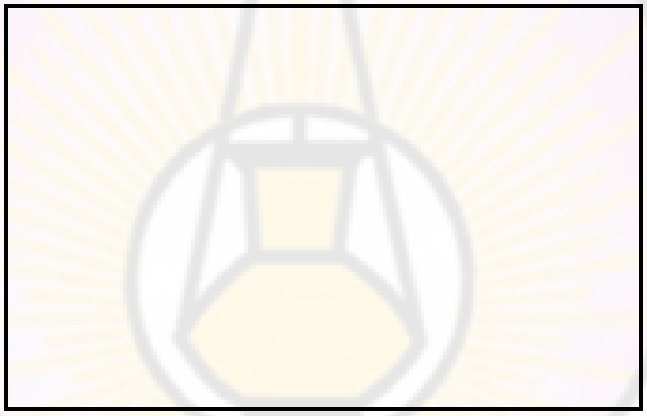
المحرك الكهربائي في الآلة وتجهيزات نقل الحركة

تعطى الحركة من المحرك الكهربائي عبر سيور (2) (أو مسننات) إلى آلية تغيير سرعة الدوران (3) ومنها إلى عمود الدوران الرئيسي (4).

يتم اختيار المحرك الكهربائي وفق أسس التصميم التي تتبع لتصميم الآلة وذلك وفق جداول المحركات العالمية والمواصفات القياسية لها.

(4-4) الفرش:

يستخدم الفرش . الشكل (4-4) . لتركب أجزاء المخرطة عليه ويصنع عادةً من حديد الزهر.



الشكل (4-4)

فرش المخرطة

يتكون الفرش من جدارين طويلين (1) و (7) متصلين مع بعضهما بواسطة أضلاع عرضانية (5)، وللفرش موجهان سطحيان (3) و (6) وموجهان موشوريان (2) و (8). تتحرك عربة الراسمة وهي مرتكزة على موجه موشوري (2) و آخر سطحي (6)، أما الموجهان الآخران الموشوري (8) والسطحي (3) فيستخدمان من أجل حركة غراب الذيل ولتثبيته في الوضعية المطلوبة. ويثبت غراب الرأس في نهاية الفرش (4).

(4-5) غراب الرأس:

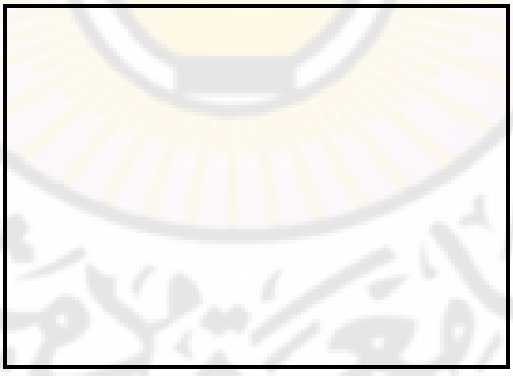
يستخدم غراب الرأس من أجل تثبيت المشغولات التي يجري تشغيلها ونقل الحركة الرئيسة إليها عن طريق عمود الدوران الذي يأخذ شكل عمود فولاذي مجوف.

تحتوي النهاية الأمامية لهذا العمود على لولب مصنع بشكل دقيق يتم بوساطته تركيب ظرف فكي أو ظرف مركزي أو صينية المخرطة، كما يوجد في نهاية العمود ثقب مخروطي يمكن تركيب الذنبة الأمامية بداخله ويدور عمود الدوران على كراسي تحميل خاصة.

يحتوي غراب الرأس على علبة السرعة التي تكون مركبة بداخله أو خارجه، وتحتوي علبة السرعة على مجموعة من المحاور والمسننات والقارنات التي يتم بواسطتها التحكم بسرعة دوران عمود الدوران الرئيسي واتجاهاته.

يبين الشكل (4-5) رسماً تخطيطياً لعلبة سرعة تستطيع تأمين ست سرعات مختلفة لعمود الدوران الرئيسي.

حيث تعطى الحركة عن طريق محرك كهربائي باستطاعة معينة وعدد دورات معين عبر كتلة مسننات وتؤمن علبة السرعة هذه السرعات الست لعمود الدوران عن طريق تعشيق المسننات مع بعضها البعض.



الشكل (4-5)

رسم تخطيطي لعلبة سرعة ذات ست سرعات

ويبين الشكل (4-6) علبة سرعة مزودة بمحرك كهربائي سرعته $(n = 480 r.p.m)$ وتستطيع هذه العلبة تأمين ست سرعات للمخرطة عبر تعشيق المسننات مع بعضها البعض .

الشكل (4-6)

الرسم الكينماتيكي لعلبة السرعة

السرعة الأولى: ويكون القابض في الوضعية (1) والمسنن المنزلق في الوضعية (I) وتكون السرعة:

$$n_1 = n \times \frac{Z_5.Z_1.Z_3}{Z_6.Z_2.Z_4} = 480 \times \frac{24 \times 25 \times 27}{96 \times 90 \times 108} = 15 \quad [r.p.m]$$

السرعة الثانية: ويكون القابض في الوضعية (1) والمسنن المنزلق في الوضعية (III)، وتكون السرعة:

$$n_2 = n \times \frac{Z_7.Z_1.Z_3}{Z_8.Z_2.Z_4} = 480 \times \frac{40 \times 45 \times 27}{80 \times 90 \times 108} = 30 \quad [r.p.m]$$

السرعة الثالثة: ويكون القاابض في الوضعية (1) والمسنن المنزلق في الوضعية (II)، وتكون السرعة:

$$n_3 = n \times \frac{Z_9.Z_1.Z_3}{Z_{10}.Z_2.Z_4} = 480 \times \frac{60 \times 45 \times 27}{60 \times 90 \times 108} = 60 \quad [r.p.m]$$

السرعة الرابعة: ويكون القابض في الوضعية (2) والمسنن المنزلق في الوضعية (I)، وتكون السرعة:

$$n_4 = n \times \frac{Z_5}{Z_6} = 480 \times \frac{24}{96} = 120 \quad [r.p.m]$$

السرعة الخامسة: ويكون القابض في الوضعية (2) والمسنن المنزلق في الوضعية (III)، وتكون السرعة:

$$n_5 = n \times \frac{Z_7}{Z_8} = 480 \times \frac{40}{80} = 240 \quad [r.p.m]$$

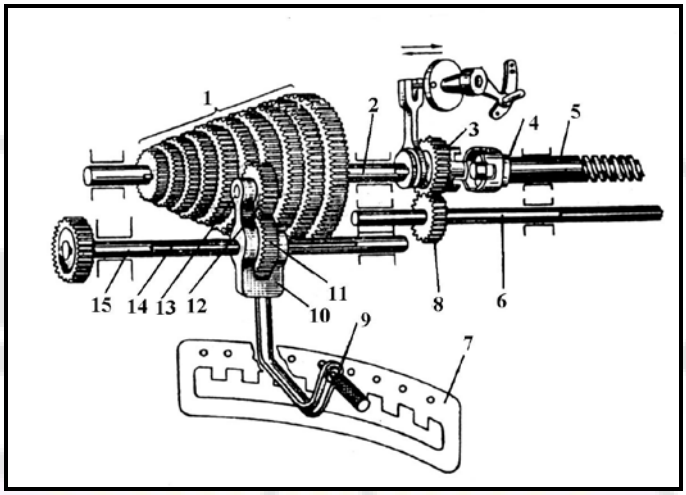
السرعة السادسة: ويكون القابض في الوضعية (2) والمسنن المنزلق في الوضعية (II)، وتكون السرعة:

$$n_6 = n \times \frac{Z_9}{Z_{10}} = 480 \times \frac{60}{60} = 480 \quad [r.p.m]$$

(4-6) علبة التغذية:

وهي مخصصة لنقل حركة الدوران إلى لولب السحب أو عمود السحب وذلك بغية الحصول على التغذية المطلوبة.

يوجد تصاميم مختلفة لعلب التغذية أكثرها انتشاراً آلية نورتون الموضحة في الشكل (4-7).



الشكل (4–7)

الرسم التخطيطي لعلبة التغذية (آلية نورتون)

يتلقى العمود الأول (15) الدوران من مجموعة المسننات المتغيرة ولهذا العمود شق خابوري طويل (14) ينزلق عليه المسنن (11) الموجود داخل الذراع (10) ويحمل الذراع المحور (13) الذي يدور عليه بحرية المسنن (12) الواقع في حالة تعشيق مع المسنن (11).

يمكن تحريك المسنن (11) والمسنن (12) بوساطة الذراع (10) على طول العمود (15) وبإدارة الذراع (10) يمكن تعشيق المسنن (12) مع أي مسنن من المسننات في الكتلة (1) المثبتة على المحور (2).

يمكن للذراع (10) أن يشغل عشر وضعيات مختلفة حسب عدد المسننات (1)، يثبت الذراع في كل وضعية بوساطة السقاطة (9) التي تدخل في أحد ثقوب الجدار الأمامي (7) لعلبة التغذية.

في كل وضعية من وضعيات الذراع (10) يتلقى العمود (2) سرعات دوران مختلفة وذلك بفضل تعشيق المسنن (12) مع أحد المسننات (1) وفي النهاية اليمنى لهذا العمود يقع المسنن (3) الذي توجد في نهايته اليمنى عدة بروزات.

يعشق المسنن (3) في الوضعية اليسرى مع المسنن (8) المثبت على عمود السحب (6).
أما إذا تحرك المسنن (3) إلى اليمين على طول العمود (2) فإنه سيتحرر من تعشيقه مع المسنن (8) وسيثبت بفضل بروزاته مع القارنة (4) المثبتة تثبيتاً جاسئاً بعمود السحب (5).

في هذه الحالة يتصل العمود (2) مع لولب السحب (5) مباشرةً. عند تشغيل لولب السحب يبقى عمود السحب (6) ثابتاً، وبالعكس عند تشغيل عمود السحب يبقى لولب السحب ثابتاً.

وتوجد على جدار علبة التغذية لوحة تشير إلى مقدار التغذية أو خطوة اللولب المطلوبة وذلك حسب وضعية الذراع (10) من بين الوضعيات العشر التي يسمح بها.

(4-7) الراسمة:

ووظيفتها تأمين حركات التغذية الرئيسية والانتقالات المختلفة لقلم القطع المثبت عليها.
يبين الشكل (4-8) راسمة آلة الخراطة.

الشكل (4-8)
راسمة المخرطة

إن لوحة القاعدة (1) في الراسمة والمسماة العربة أو المنزلقات الطولية تتحرك على طول موجهات الفرش إما ميكانيكياً أو يدوياً.

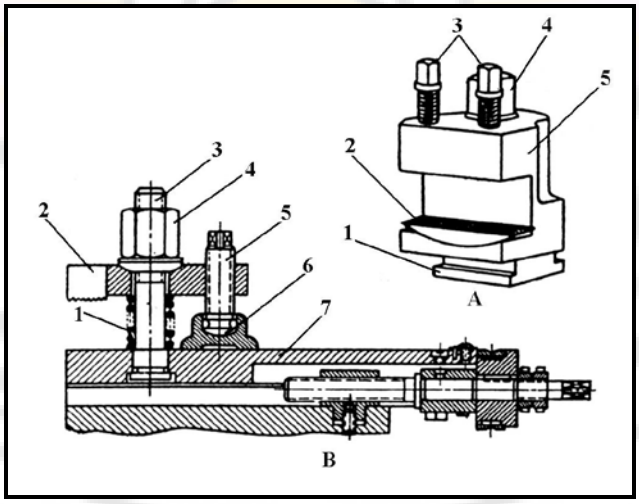
إن قلم القطع في هذه الحالة يتحرك في الاتجاه الطولي وهي ما يسمى بالتغذية الطولية.

توجد على السطح العلوي للعربة موجهات عرضانية (11) على شكل مجرى غنفاري تركب بشكل عمودي بالنسبة لموجهات الفرش.

تتحرك المنزلقات العرضية للراسمة (2) على طول موجهات الفرش (11) التي تتم بواسطتها الحركة العرضانية للراسمة (الحركة العمودية بالنسبة لعمود الدوران).

تركب على السطح العلوي للمنزلقات العرضية (2) لوحة الراسمة الدوارة (3) التي تثبت بعد دورانها بوساطة الصامولة (9)، وتوجد على السطح العلوي للوحة الدوارة الموجهات (4) التي تتحرك عليها اللوحة العلوية (10) وذلك عند دوران القابض (12).

تحمل الراسمة أدوات القطع عبر حوامل أدوات القطع، وتستخدم في المخارط الصغيرة والمتوسطة حوامل أقلام كالتي مبينة في الشكل (4–9).



الشكل (4–9)

حامل الأقلام

تسمح هذه الحوامل بتثبيت قلم خراطة واحد. الشكل (6-9-A) . ويثبت الجزء السفلي (1) من الحامل الذي يكون على شكل حرف (T)، في الجزء العلوي من الراسمة بوساطة الصامولة (4) ولضبط وضعية الحد القاطع حسب ارتفاع الذنبة ويثبت القلم في حامله بوساطة اللولبين (3).

تستخدم في المخارط الأكثر تطوراً حوامل أقلام مشابهة للحامل الموجود في الشكل (6-9-B) ويركب القلم في هذه الحالة على سطح (7) الجزء العلوي للراسمة ويثبت بوساطة الشريحة (2) والصامولة (4).

لحفظ لولب الشد (3) من الإنحناء يستخدم مسمار استنادي لولبي (5) يستند إلى قاعدة (6).

عند فك الصامولة (4) يرفع النابض (1) لوح الاستناد (2) وعندها يتحرر قلم القطع.

وفي المخارط المتوسطة المقاسات تستخدم على الأغلب حوامل أقلام دوارة تستطيع أن تحمل أربعة أقلام قطع بوقت واحد، كما في الشكل (6-8).

ويثبت الحامل (5) على الجزء العلوي من الراسمة (10) وتستخدم اللوالب (7) من أجل تثبيت أقلام القطع داخل الحامل ويمكن استخدام أي من الأقلام الأربعة حسب مقتضيات الحاجة، لهذا الغرض يجب إدارة حامل قلم القطع وتركيب القلم في الوضعية الصحيحة.

(4-8) الوقاء:

مهمة الوقاء تحويل الحركة الدورانية لعمود أو لولب السحب إلى حركة مستقيمة للراسمة، يبين الشكل (4-10) الرسم التخطيطي لوقاء المخرطة.

الشكل (4–10)

الرسم التخطيطي لوقاء المخرطة

يركب الوقاء في السطح السفلي للمنزلقات الطولية من الراسمة، ويعد الوقاء جزءاً من الآلة، وتوجد فيه آليات تحريك الراسمة والقلم طولياً وعرضانياً كما يمكن إجراء هذه الحركات ميكانيكياً ويدوياً.

التغذية الطولية الآلية:

تتم التغذية الطولية الآلية عند إجراء عمليات الخراطة باستثناء قطع اللوالب بواسطة الجريدة المسننة (14) المثبتة على الفرش والمسنن (17) الذي يتلقى الدوران عن طريق عمود السحب وفق الآلية التالية:

يدخل خابور اللولب اليدوي (9) المثبت بعمود السحب (1) في المجرى (2) لهذا العمود، وعندما يدور اللولب الدودي فإنه يحرك المسنن الدودي (8) ولإجراء التغذية الطولية آلياً يجب توصيل المسنن الدودي بالمسنن (10) عن طريق القابض (11)، وينقل المسنن (10) حركة الدوران إلى المسنن (15) الذي يدور معه على العمود المسنن (17)

نفسه ويتدحرج هذا المسنن على طول الجريدة المسننة (14) محركاً معه كلاً من الوقاء والراسمة وبالتالي يتحرك القلم بحركة طولية آلية على طول الفرش.

التغذية الطولية اليدوية:

تتم عن طريق القابض (13) عبر مجموعة من المسننات (12,15,17) والجريدة المسننة (14).

التغذية العرضانية الآلية:

تتم عن طريق مسنن مخروطي (7) مثبت بالقرب من اللولب الدودي (9).

إن المسنن المخروطي (7) ينزلق على طول المجرى الخابوري (2) لعمود السحب (1).

بدوران المسنن (7) مع العمود يدور المسنن المخروطي (4) والمسننات المستقيمة الأسطوانية (5,3,6,21) ويمكن باستخدام القابض (18) تعشيق المسنن (21) مع المسنن (19) حيث يتم بذلك دوران اللولب (20) محققاً بذلك التغذية العرضانية الآلية للقلم.

باستخدام القابض (18) نستطيع إيقاف التغذية العرضانية عن طريق تحرير التعشيق بين المسنن (21) والمسنن (19).

التغذية العرضانية اليدوية:

تتم باستخدام القابض (16) وتتم الحركة عن طريق لولب السحب (22) والصامولة المفككة (23) المكونة من نصفين.

(4-9) غراب الذيل:

يبين الشكل (4-11) تركيب غراب الذيل في المخرطة.

الشكل (4–11)

غراب الذيل في المخرطة

يقع جسم غراب الذيل (7) على القاعدة (8) التي تتحرك على طول موجهات الفرش.

يمكن أن يتحرك ممسك الذنبة المتحركة (4) طولياً مع الصامولة (5) المثبت بداخله في ثقب جسم غراب الذيل.

في النهاية الأمامية لهذا الممسك يوجد ثقب مخروطي يستخدم في ربط الجزء المخروطي من الذنبة أو ساق ريشة الثقب عند إجراء التثقيب على المخرطة أو أداة التخويش بواسطة الازدواج التداخلي بين السطح المخروطي الداخلي للممسك والسطح المخروطي الخارجي لأداة القطع.

يتحرك ممسك الذنبة المتحرك (4) بوساطة أداة التحريك (6) التي تدير اللولب (3) ويحرك اللولب عند دوران الصامولة (5) وبالتالي ممسك الذنبة المتحرك.

لكي يُمنع دوران ممسك الذنبة المتحرك عند دوران اللولب فقد زود بمجرى خابوري (11) يدخل فيه الخابور الموضوع في جسم غراب الذيل.

إن القابض (2) يستخدم من أجل تثبيت ممسك الذنبة المتحرك في جسم الغراب.

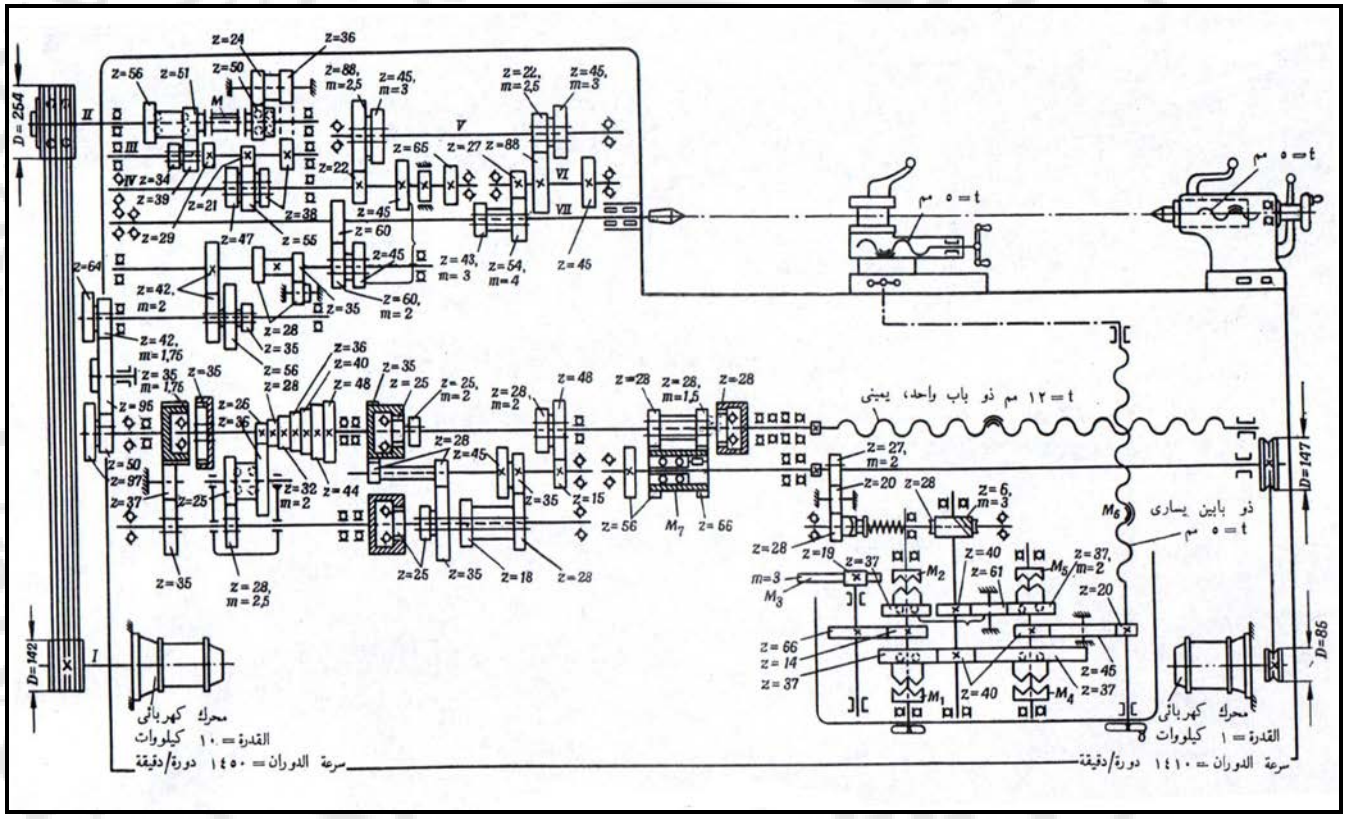
عند استخدام الإزاحة العرضانية للغراب المتحرك في خراطة السطوح المخروطية يتم تحريك الجسم (7) بالنسبة للقاعدة (8) بوساطة اللولب (9) بعد تحريره.

من أجل خراطة القطع الطويلة عند تثبيتها بين الذنبتين يزحزح غراب الذيل مع القاعدة (8) على طول الفرش إلى الوضعية المطلوبة ثم يثبت بفرش المخرطة بوساطة لوالب شد (10).

لفصل أدوات التثقيب أو التخويش أو الذنبة الخلفية من الثقب المخروطي لممسك الذنبة المتحرك يجب إدارة قابض التحريك (6) بشكل يسمح به لممسك الذنبة المتحرك بالدخول إلى جسم غراب الذيل حتى أقصى حد له، بهذا الشكل يقوم طرف اللولب (3) بدفع الذنبة (1) وبالتالي تحرير الإزدواج التداخلي بغية تبديل الأداة بأداة أخرى حسب متطلبات التشغيل.

(4-10) المخطط الكينماتيكي للمخرطة:

يبين الشكل (4-12) الشكل العام لمخرطة شاملة الأغراض.



الشكل (4–12) المخطط الكينماتيكي للمخرطة

يوضع الجزء المشغل على المخرطة بالظرف (1) بين المحور (2) للغراب الثابت (3) والذنبة (4) بالغراب المتحرك (5).

تثبت أداة القطع بحامل الأداة (6) الموجود على العربة (7) التي تتحرك على الموجهات (8) للبدن (9) موازية لمحور الجزء عند الخراطة الطولية.

ينتقل الدوران إلى المحور (2) من المحرك الكهربائي بساق الآلة اليسرى (10) بواسطة سيور مخروطية وصندوق سرعات مسنني بغراب الرأس (الغراب الثابت) (3) ولنقل الحركة إلى العربة (7) وعليها الأداة القاطعة تستعمل تركيبة حركة التغذية وتتكون من العاكس والمسننات المتغيرة وصندوق سرعات التغذية (11) وعمود اللولب (12) وعمود الجر (13) وتركيبة التحريك بالعربة (14) والمسنن والجريدة (15).

يبين الشكل المخطط الحركي للمخرطة الشاملة الأغراض السابقة ومن هذا المخطط:

إن الدوران ينتقل من عمود (1) المحرك الكهربائي وقدرته $(10kW)$ وسرعة دورانه $(1450r.p.m)$ إلى العمود (المحور) (VII) بواسطة السيور المخروطية وقطر دائرتيهما $(142mm)$ و $(254mm)$ والقابض الاحتكاكي M وصندوق السرعات المسنني وفيه 30 طريقة لتعشيق المسننات عند دوران المحور (VII) إلى الأمام و 15 طريقة عند دورانه إلى الخلف.

يتم تغيير عدد لفات المحور (VII) في الدقيقة بتحريك القابض M إلى اليسار (الدوران إلى الأمام) وبتحريك مجموعات المسننات ذات الأسنان 34، 39، 47، 55، 38، 88، 45، 22، 45، 43، 54 بصندوق السرعات.

ولدوران المحور للخلف ينقل القابض M إلى اليمين ويجري نقل الحركة بواسطة مسننات العكس وعدد أسنانها 50، 24، 36، 38، ومجموعات المسننات ذات الأسنان 47، 55، 38، 88، 45، 22، 45، 43،54.

وهكذا فإن المحور (VII) يمكن أن يدار بـ 30 طريقة مختلفة لتعشيق المسننات عند الدوران إلى الأمام و15 طريقة عند الدوران إلى الخلف.

وفي الواقع إن المحور (VII) له 23 سرعة مختلفة للدوران إلى الأمام و 12 سرعة إلى الخلف وذلك لانطباق بعض نسب نقل الحركة لمسننات صندوق السرعات.

يمكن كتابة معادلة حساب سرعة دوران المحور (VII) حسب الرسم التخطيطي كالتالي:

$$n_{VII}=1450\times\frac{142}{254}\times 0.98\times\frac{51}{39}\times\frac{21}{55}\times\frac{22}{88}\times\frac{28}{88}\times\frac{22}{54}=12.5R/\min$$

وبالمثل يمكن تحديد باقي سرعات الدوران وهي:

عند الدوران إلى الأمام: 12.5، 16، 20، 25، 31.5 ، 40، 50، 63، 80، 100، 125، 160، 200، 250، 315، 400، 500، 630، 800، 1000، 1250، 1600،2000.

عند الدوران إلى الخلف: 19، 30، 48، 75، 121، 190، 302، 475، 765، 950، 1510،2450.

وفي تركيبة حركة التغذية ثلاث دوائر عاملة حركية هي دائرة التغذية الطولية ودائرة التغذية العرضية ودائرة قطع اللوالب، وتستعمل لتقريب العربة أتوماتيكياً بسرعة إلى الجزء المشغل وإبعادها عنه دائرة الحركة السريعة.

تتلقى دائرتا التغذية الطولية والعرضية الحركة من المسنن المركب على المحور (VII) وعدد أسنانه Z=60 وتنتقل الحركة من المسنن Z=60 إلى مسنن الدودة الموجود في تركيبة التحريك بالعربة وعدد أسنانه Z=28 بواسطة الطريق الحركي المشترك للدائرتين المذكورتين خلال المسننات ذات الأسنان 60، 42، 42، أو المسننات 60، 28، 56، أو مسننات العكس 60، 35، 28، 35، والمسننات المتغيرة 42، 95، 50، ومسننات صندوق سرعات التغذية ولها طريقتان رئيسيتان للتعشيق:

الطريقة الأولى:

المسننات 35، 37، 35، 28، 25، 36، تعشق مع أي من المسننات 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48، والمسننات 35، 28، 28، 35، 28، 35، 15، 48

أو 28، 35، 35، 28

أو 18، 45، 15، 48

أو 18، 45، 35، 28

الطريقة الثانية:

التعشيق الداخلي للمسننات 35، 35، ثم أي من المسننات 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48، والمسننات 36، 25، 28، والتعشيق الداخلي للمسننين 25، 25، والمسننات 28، 35، 15، 48،

أو 28، 35، 35، 28

أو 18، 45، 15، 45

أو 18، 45، 35، 28

والمسننات 28، 56، 27، 20، 28، والدودة ذات ستة الأبواب.

التغذية الطولية: من عمود مسنن الدودة Z=28 بواسطة المسننات 40، 37، أو 40، 61، 37، والقابضين الحديين M_1 ، M_2 والمسننات 14، 66 ومنها تنتقل الحركة إلى مسنن الجريدة Z=19 ويقوم بالتعشيق مع الجريدة M_3 فيحرك العربة وعليها القلم حركة طولية.

التغذية العرضية: من عمود مسنن الدودة Z=28 بواسطة المسننات 40، 45، 25 ومنها تنتقل الحركة بواسطة اللولب ذي البابين والخطوة 5mm ويقوم بدورانه في الصامولة M_6 بتحريك العربة العرضية.

والتغذيتان الطولية والعرضية متساويتان بالقيم وهي:

0.075، 0.08 ، 0.09 ، 0.1 ، 0.11 ، 0.12 ، 0.13 ، 0.14 ، 0.15 ، 0.16 ، 0.18 ، 0.21 ، 0.22 ، 0.23 ، 0.25 ، 0.28 ، 0.3 ، 0.32 ، 0.37 ، 0.42 ، 0.44 ، 0.46 ، 0.51 ، 0.56 ، 0.61 ، 0.65 ، 0.75 ، 0.84 ، 0.88 ، 0.93 ، 1.02 ، 1.11 ، 1.22 ، 1.3 ، 1.5 ، 1.68 ، 1.76 ، 1.86 ، 2.04 ، 2.23 ، 2.44 ، 2.6 ، 3 ، 3.36 ، 3.52 ، 3.72 ، 4.08 ، 4.46 (mm per rev).

يتلقى عمود اللولب بدائرة قطع اللولب وخطوته 12mm الحركة من المحور (VII) بواسطة المسننات 60، 60(للخطوة المعتادة اللولب) ومن العمود (IV) بصندوق السرعات بواسطة التروس ذات الأسنان 45، 45 (وباستعمال حلقة زيادة الخطوة 8 و 32 مرة بصندوق السرعات للخطوات الكبيرة).

وعند قطع اللوالب البوصية تستعمل الطرق التالية لتعشيق المسننات بصندوق سرعات التغذية، المسننات 35، 37، 35، 28، 25، 36 وتعشق مع المسننات 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48 والمسننات 35، 28، 28، 35، 18، 45، 15، 48

أو 18، 45، 35، 28

أو 28، 35، 15، 48

أو 28، 35، 35، 28

والتعشيق الداخلي للمسننات 28،28.

وتعشق مسننات صندوق سرعات التغذية عند قطع اللوالب المترية بالشكل التالي:

التعشيق الداخلي للمسننات 35، 35مع أي من المسننات 26، 28، 32، 36، 40، 44، 48 والمسنن Z=36 ، والمسننين 25،28.

والتعشيق الداخلي للمسننين 25، 25 والمسننات 18، 45، 15، 48

أو 18، 45، 35، 28

أو 28، 35، 15، 48

أو 28، 35، 35، 28

والتعشيق الداخلي للمسننين 28،28.

وعند قطع اللوالب الموديولية تستعمل تعشيقة صندوق سرعات التغذية للوالب المترية مع وضع المسننات المتغيرة 64، 95، 97 مكان المسننات 42، 50،95.

وتقطع اللوالب الخطوية باستعمال تعشيقة مسننات صندوق سرعات التغذية للوالب البوصية مع وضع التروس المتغيرة 64، 95، 97 مكان التروس 42، 50،95.

تقطع اللوالب البالغة الدقة باستعمال مجموعة خاصة من المسننات المتغيرة بتركيبها مكان المسننات 42، 95، 50 وبنقل الحركة من العمود المقود لحامل المسننات المتغيرة مباشرةً إلى عمود اللولب، وتنتقل الحركة مباشرةً إلى عمود اللولب بواسطة التعشيق الداخلي للمسننات 35، 35، 25، 25، 28، 28، دون المرور بصندوق سرعات التغذية.

تقطع اللوالب الأرشميدية (الوجهية) بواسطة اللولب ذي البابين والخطوة 5mm بدائرة التغذية مع الطرق الذكورة لتعشيق مسننات صندوق سرعات التغذية لقطع اللوالب.

(4-11) عناصر عملية القطع:

عند تشغيل المعادن بوساطة الخراطة تقوم المشغولة بالحركة الأساسية وهي حركة دورانية، أما أداة القطع فتقوم بحركة التغذية وهي حركة خطية انتقالية وتكون موازية لمحور دوران المشغولة أو عمودية عليه أو مائلة بزاوية معينة.

إن العناصر الرئيسية لعملية القطع هي سرعة القطع والتغذية وعمق القطع ولكن سنتعرض إلى التعاريف الأساسية وبعض العناصر الأخرى.

1- السطح المعرض للتشغيل:

هو سطح القطعة التي ينتزع منها الرايش.

2- السطح المشغل:

هو السطح الذي نحصل عليه بعد التشغيل.

3- سطح القطع:

هو السطح الذي يرسمه الحد القاطع الرئيسي للقلم على سطح المشغولة.

4- سرعة القطع (v):

هي مقدار انتقال الحد القاطع للقلم في اتجاه الحركة الأساسية بالنسبة للسطح المعرض للتشغيل في وحدة الزمن وتقدر بـ $[m/\min]$.

$$v = \frac{\pi.D.n}{1000}[m/\min]$$

(D): قطر السطح المعرض للتشغيل $[mm]$.

(n): عدد الدورات في الدقيقة $[r.p.m]$.

وتتعلق سرعة القطع التي يعمل بها قلم القطع بالعوامل التالية:

1 -خواص الميكانيكية للمشغولة.

2 -خواص قلم القطع ونوعية مادته.

3 -زوايا تجليخ قلم القطع.

4 -معدلات القطع (عمق القطع، التغذية).

5 -سوائل التبريد المستخدمة.

5- التغذية (s):

هي مقدار انتقال الحد القاطع للقلم خلال دوران المشغولة دورة واحدة وتقدر بـ $[mm/R]$.

يبين الشكل (4-13) العناصر الرئيسية في عملية القطع بالخراطة.

الشكل (4–13)

عناصر عملية القطع

6– عمق القطع (t):

وهو طبقة المعدن المنزوعة خلال شوط واحد للقلم ويقدر بـ $[mm]$.

$$t = \frac{D - d}{2} \quad [mm]$$

(D): قطر المشغولة قبل التشغيل.

(d): قطر المشغولة بعد التشغيل.

7– عرض الجزء المنزوع (b):

هو المسافة بين السطح المعرض للتشغيل والسطح المشغل، ويوجد علاقة مباشرة بين عرض الجزء المنزوع وعمق القطع هي:

$$b = \frac{t}{\sin\varphi} \quad [mm]$$

(φ): زاوية الاقتراب الأفقية.

8– سماكة الجزء المنزوع (a):

هو المسافة بين وضعيتين متتاليتين للحد القاطع خلال دوران المشغولة دورة واحدة، وتقاس سماكة الجزء المنزوع بشكل عمودي عليه وتقدر بـ $[mm]$.

وتوجد علاقة بين سماكة الجزء المنزوع والتغذية تعطى كالتالي:

$$\boxed{a = s.\sin\varphi \quad [mm]}$$

9- مساحة المقطع العرضي للجزء المنزوع (f):

وهو حاصل ضرب عمق القطع بالتغذية أو عرض الجزء المنزوع بسماكة الجزء المنزوع.

$$\boxed{f = t.s = a.b \quad [mm^2]}$$

10- زمن التشغيل الأساسي (T_p):

وهو الزمن الذي يجري خلاله نزع الرايش من المشغولة ويقاس بالدقائق.

$$\boxed{T_p = \frac{L}{s.n} \quad [\min]}$$

(s): التغذية خلال دورة واحدة لعمود الدوران.

(n): عدد دورات عمود الدوران في الدقيقة.

(L): طول شوط الأداة القاطعة.

ويحسب زمن التشغيل الأساسي عند تشغيل القطع بعدة أشواط وفق المعادلة:

$$\boxed{T_p = \frac{L.h}{s.n.t}}$$

أو من المعادلة:

$$\boxed{T_p = \frac{L.i}{s.n}}$$

(i): عدد أشواط أداة القطع.

(h): مقدار التسامح لطرف واحد $[mm]$.

(t): عمق القطع $[mm]$.

ويحسب طول شوط أداة القطع عند التشغيل على المخارط وفق القوانين التالية:

الخراطة الطولية $L = l + y$

خراطة المجاري $L = \frac{d - d_1}{2} + y$

(d): قطر المشغولة.

(d_1): القطر الداخلي بعد خراطة المجرى

الخراطة الطرفية لسطح مصمت $L = \frac{d}{2} + y$

(d): قطر السطح الطرفي الجاري تشغيله

الخراطة الطرفية لسطح ذي مقطع مفرغ $L = \frac{D - d}{2} + y$

(d): قطر الثقب

خراطة التشكيل $L = \frac{D - d}{2} + y$

(d): أصغر قطر بعد الخراطة

خراطة الفصل $L = \frac{D}{2} + y$

(D): قطر السطح الجاري فصله

التثقيب $L = l + y$

التجويف $L = l + y$

(l): طول السطح المعرض للتشغيل في اتجاه التغذية.

(y): المسافة الإضافية للأداة القاطعة قبل بداية القطع.

11- قدرة القطع (N_e):

وهي القدرة التي تستهلكها الآلة عند إجراء عملية القطع، وتحسب من القانون:

$$N_e = \frac{P_z . v}{60 \times 102} \quad [kW]$$

(p_z): فوة القطع $[kg]$.

وتكون قدرة المحرك الكهربائي (N_{mot}) أكبر من قدرة القطع بسبب فواقد الاحتكاك.

يحسب مردود المخرطة من العلاقة:

$$\zeta = \frac{N_{sp}}{N_{mot}}$$

(N_{sp}): القدرة التي تصل إلى عمود الدوران $[kW]$.

(N_{mot}): قدرة المحرك الكهربائي $[kW]$.

وتكون العلاقة بين قدرة المحرك الكهربائي والقدرة التي تصل إلى عمود الدوران والقدرة المبذولة.

$$N_{mot} > N_{sp} > N_e$$

12- عزم الدوران (M_{sp}):

يحسب عزم الدوران على عمود الدوران من العلاقة:

$$M_{sp} = 974000 \frac{N_{mot}}{n} . \zeta \quad [kg.mm]$$

ويؤخذ عادةً مردود المخرطة $(\zeta = 0.7 - 0.8)$.

ويحسب عزم مقاومة القطع من العلاقة:

$$M_m = \frac{P_z . D}{2} \quad [kg.mm]$$

ولتحقيق عملية القطع يجب أن يكون $(M_{sp} \geq M_m)$

مثال (4-1):

احسب قدرة القطع عند خراطة عمود من صلب الإنشاءات الكربوني معامل القطع بالنسبة له $K = 160 kg/mm^2$ مع العلم أن:

$D = 50 \quad mm$
$n = 190 \quad r.p.m$
$t = 5 \quad mm$
$s = 0.4 \quad mm/r$

الحل:

مساحة المقطع العرضي للطبقة المنزوعة:

$$f = t.s = 5 \times 0.4 = 2 \quad mm^2$$

قوة القطع:

$$P_z = K.f = 160 \times 2 = 320 \quad kg$$

سرعة القطع:

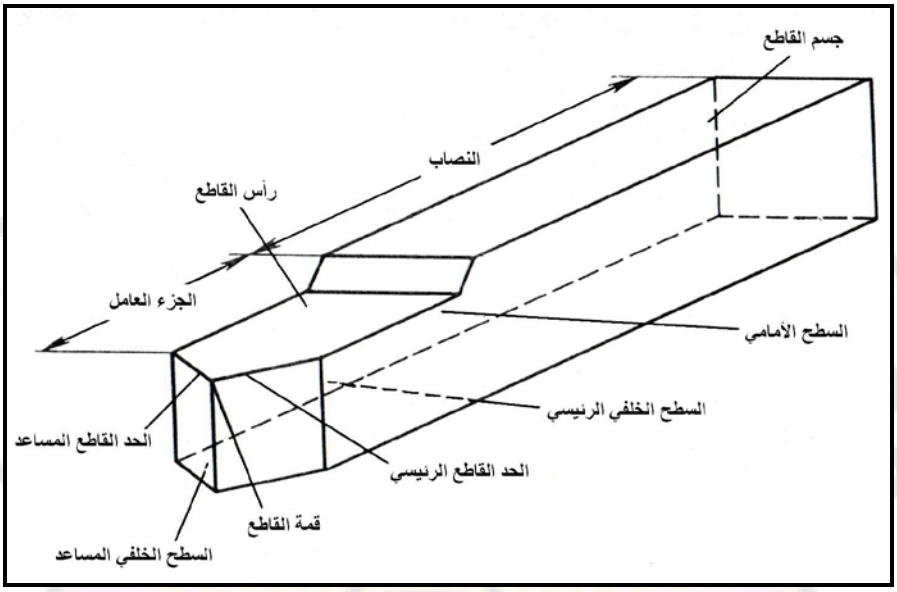
$$v = \frac{\pi.D.n}{1000} = \frac{\pi \times 50 \times 190}{1000} = 30 \quad m/\min$$

وتكون قدرة القطع:

$$N_e = \frac{P_z.v}{60 \times 102} = \frac{320 \times 30}{60 \times 102} = 1.57 \quad kW$$

(4-12) هندسة قلم القطع:

يبين الشكل (4-14) شكل قلم القطع.



الشكل (4–14)

قلم القطع

لتعيين زوايا قلم القطع يتم أخذ مستوي القطع والمستوي الأساسي بعين الاعتبار وتنسب زوايا القطع لأحد المستوين أو كليهما.

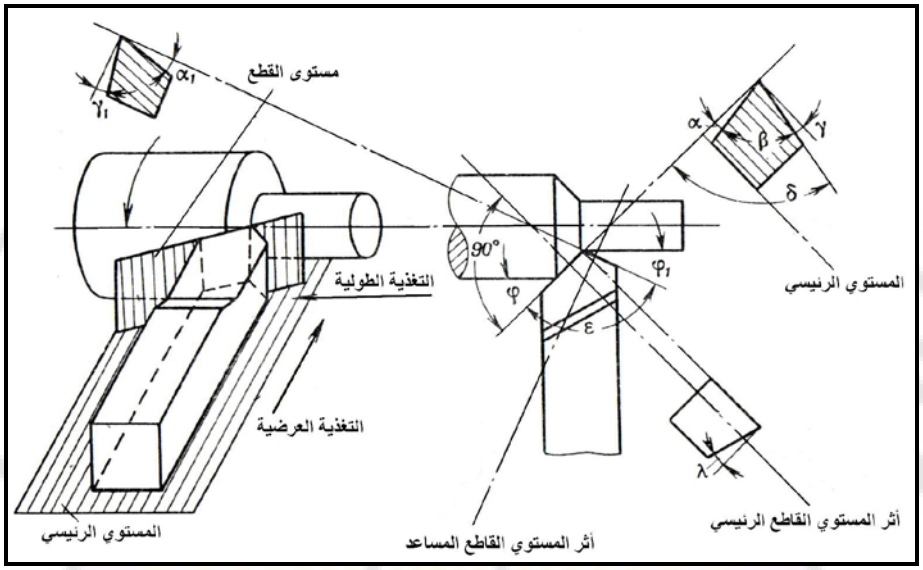
1– مستوي القطع:

هو المستوي المماس لسطح القطع والمار عبر الحد القاطع الرئيسي.

2– المستوي الأساسي:

هو المستوي الموازي للتغذية الطولانية والعرضانية.

يبين الشكل (4–15) زوايا قلم القطع.



الشكل (4–15)

زوايا قلم القطع

تقسم زوايا قلم القطع إلى زوايا رئيسية وهي زاوية الجرف (γ)، وزاوية الخلوص الرئيسية (α)، وزاوية الشفة (β)، وزاوية القطع (δ).

وزوايا مساعدة هي زاوية الاقتراب الأفقية (φ)، وزاوية ميل الحد القاطع الرئيسي (λ).

1- زاوية الجرف الرئيسية (γ):

هي الزاوية المحصورة بين سطح القلم الأمامي والمستوي العمودي على مستوي القطع والمار عبر الحد القاطع الرئيسي.

إن زيادة زاوية الجرف يؤدي إلى:

1 -تقليل تشوه الجزء المنزوع.

2 -تحسين ظروف القطع.

3 -تقليل قوة القطع ومقدار استهلاك قدرة القطع.

4 -يصبح السطح المعرض للتشغيل أكثر استواء ونعومة.

5 -إضعاف الحد القاطع لقلم القطع وقلة متانته.

2- زاوية الخلوص الرئيسية (α):

هي الزاوية المحصورة بين السطح الرئيسي الخلفي لقلم القطع ومستوي القطع.

إن المهمة الرئيسية لزاوية الخلوص هي تقليل الاحتكاك بين السطح الخلفي لقلم القطع وسطح المشغولة، وهذا الأمر ينعكس على حرارة قلم القطع التي تزداد بزيادة الاحتكاك، ولكن إذا كانت زاوية الخلوص الرئيسية صغيرة فإن أمد عمر قلم القطع سوف يقل بسبب ارتفاع درجة حرارته التي تتجاوز في بعض الأحيان درجة الحرارة المسموح بها.

أما إذا كانت زاوية الخلوص الرئيسية كبيرة فإن قلم القطع سوف يكون ضعيفاً وسيقل عمره بسبب ضعف متانته وعدم قدرته على تحمل قوى قطع كبيرة.

إن العامل الرئيسي الذي يؤثر في اختيار مقدار زاوية الخلوص الرئيسة هو التغذية، وكلما زادت التغذية قل تآكل القلم من سطحه الخلفي وازداد بنقصانها.

تكون عادةً زاوية الخلوص أكبر عند التشغيل الإنهائي والإنجازي منها عند التشغيل التخشيني.

3- زاوية الاقتراب الأفقية الرئيسية (φ):

هي الزاوية المحصورة بين مسقط الحد القاطع الرئيسي على المستوي الأساسي واتجاه التغذية.

إن نقصان زاوية الاقتراب الأفقية يؤدي إلى:

1 -نقصان سماكة الجزء المنزوع وزيادة عرضه.

2 -تتوزع الحرارة الناتجة من القطع على طول أكبر من الحد القاطع، وهذا يساهم في زيادة ثبات القلم وزيادة سرعة القطع وتشغيل عدد أكبر من القطع خلال زمن محدد وبالتالي زيادة إنتاجية القطع.

3 -زيادة قوى القطع وخاصةً القوة المحورية مما يؤدي إلى إنحناء القطع الطويلة وإلى ظهور اهتزازات في هذه القطع عند تشغيلها مما ينعكس سلباً على جودة السطح المشغل.

4- زاوية الاقتراب الأفقية المساعدة (φ_1):

وهي الزاوية المحصورة بين مسقط الحد القاطع المساعد على المستوي الرئيسي واتجاه التغذية.

تعمل زاوية الاقتراب الأفقية المساعدة على تقليل الاحتكاك بين السطح الخلفي المساعد للقلم وسطح المشغولة.

إن نقصان زاوية الاقتراب الأفقية المساعدة يؤدي إلى زيادة ضغط القطعة على قلم القطع مما يؤدي لظهور اهتزازات ولتجنب هذه الاهتزازات يجب أن لا تقل هذه الزاوية عن (4°).

5- زاوية الشفة (β):

هي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي والسطح الخلفي الرئيسي لقلم القطع.

6- زاوية القطع (δ):

هي الزاوية المحصورة بين السطح الأمامي لقلم القطع ومستوي القطع.

7- زاوية رأس قلم القطع (ε):

هي الزاوية المحصورة بين مسقطي الحدين القاطعين على المستوي الأساسي.

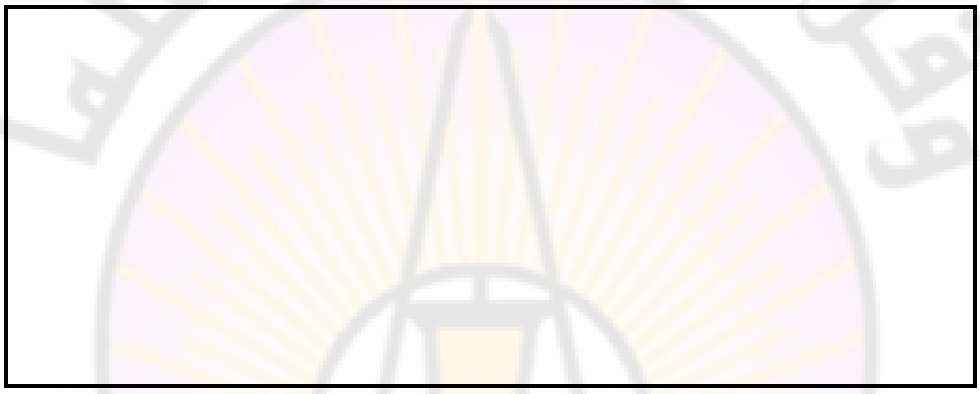
8- زاوية ميل الحد القاطع الرئيسي (λ):

هي الزاوية المحصورة بين الحد القاطع الرئيسي والخط المار عبر قمة القلم بشكل موازٍ للمستوي الأساسي.

(4-12-1) أنواع أقلام القطع:

يوجد لكل نوع من أنواع عمليات التشغيل بالخراطة قلم الخراطة الخاص بها، مثل الخراطة الطولية والخراطة الوجهية أو خراطة اللوالب أو خراطة المجاري أو الخراطة التشكيلية أو فصل المشغولات.

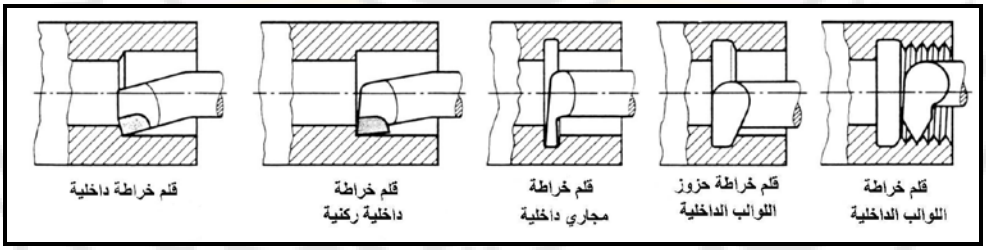
يتم التمييز في هذه الأنماط بين أقلام الخراطة الخارجية الموضحة في الشكل (4-16).



الشكل (4-16)

أقلام الخراطة الخارجية

وأقلام الخراطة الداخلية المبينة في الشكل (4-17).



الشكل (4-17)

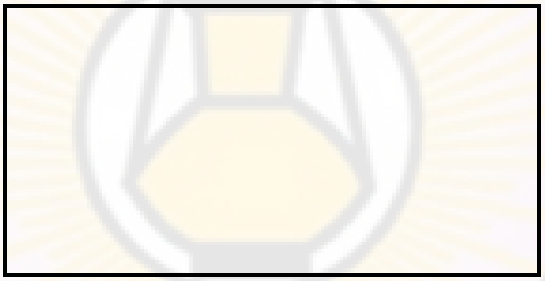
أقلام الخراطة الداخلية

كذلك يتم التمييز بين الأقلام حسب وضع الرأس القاطع بالنسبة للنصاب وتكون أقلام خراطة منحنية أو مجنبّة أو أقلام عنق الأوزة، كما في الشكل (4-18).

الشكل (4–18)

أنواع أقلام الخراطة حسب وضع الرأس القاطع

وتقسم حسب وضع القاطع الرئيسي بالنسبة إلى المشغولة إلى أقلام خراطة يمينية واقلام خراطة يسارية، كما في الشكل (4–19).



الشكل (4–19)

أنواع أقلام الخراطة حسب وضع القاطع الرئيسي بالنسبة للمشغولة

لقد تم الاتفاق دولياً من خلال إحدى مواصفات (*ISO*) على أهم تسعة أقلام مبينة في الشكل (4–20).

الشكل (4–20) أنواع أقلام الخراطة حسب (ISO)

ويتم توصيف قلم الخراطة وفق التوصيف التالي:

ISO 2 DIN 4965 L 25q 20h k10

ISO 2 DIN 4965 نوع القلم حسب المواصفات العالمية والمواصفات الألمانية.

L: يساري (R) يميني.

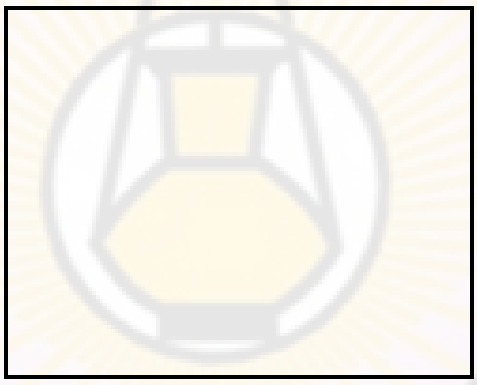
25q: مقطعه مربع طول ضلعه 25mm.

20h: ارتفاع النصاب 20mm.

K10: نوع اللقمة الكربيدية.

(4-12-2) تركيب القلم:

يجب أن يثبت قلم القطع بشكل جيد ومنطبق على محور الذنبتين لأن التركيب الصحيح يقلل من تآكل قلم القطع ويزيد من دقة أبعاد المشغولة وجودة السطح المشغل، ويكون التثبيت الصحيح للقلم كما في الشكل (4-21).



الشكل (4-21)

التثبيت الصحيح لقلم القطع

أما عندما تكون قمة القلم أعلى من محور الذنبتين أو أخفض منها فهذا سيؤثر على زوايا القلم وعلى المشغولة.

1- **قمة القلم أعلى من محور الذنبتينن**، الشكل (4-22).

الشكل (4–22)

قمة القلم أعلى من محور الذنبتين

تزداد زاوية الجرف (γ') وتنقص زاوية الخلوص الرئيسية (α')، وفي هذه الحالة تقل زاوية القطع (δ') لأن $(\delta' = 90 - \gamma')$.

تتحسن ظروف القطع بسبب انسياب الرايش على السطح الأمامي لقلم القطع باحتكاك قليل مما يؤدي في نهاية الأمر إلى نقصان قوى القطع.

من مساوئ هذه الطريقة زيادة الاحتكاك بين السطح الخلفي لقلم القطع وبين القطعة المعرضة للتشغيل إضافةً إلى أن الحد القاطع لقلم القطع يسعى إلى التغلغل في المشغولة باتجاه السهم في الشكل مما يؤدي إلى ظهور اهتزازات وعدم دقة السطح المشغل.

2– **قمة القلم أخفض من محور الذنبتين**، الشكل (4–23).

الشكل (4–23)

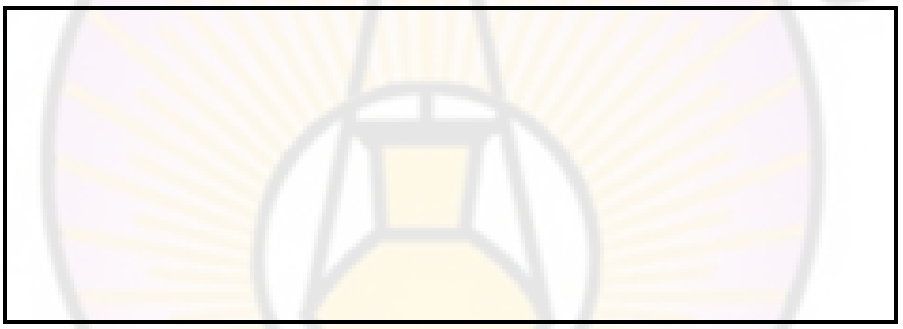
قمة القلم أخفض من محور الذنبتن

تنقص زاوية الجرف (γ') وتزداد زاوية الخلوص الرئيسية (α') وتزداد زاوية القطع (δ').

ليس لهذه الطريقة محاسن لكن من مساوئها أن الاحتكاك يزداد بين الرايش والسطح الأمامي لقلم القطع وتزداد قوة القطع.

أما في الخراطة الداخلية فإن قيمة زاوية الجرف (γ) وزاوية الخلوص (α) تتغير حسب توضع قمة القلم بالنسبة لمحور الذنبتين بشكل معاكس لتغير هذه الزوايا عند الخراطة الخارجية.

يبين الشكل (4-24) أوضاع قمة قلم الخراطة الداخلية حسب محور الذنبتين.



الشكل (4-24)

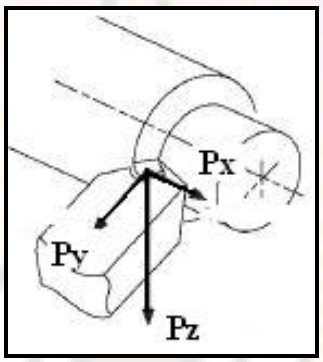
قمة قلم الخراطة الداخلية

1-على محور الذنبتين، 2- أعلى من محور الذنبيتين ، 3- أخفض من محور الذنبتين.

- قلم القطع مثبت أعلى من محور الذنبتين فإن قيمة زاوية الجرف (γ') تقل وتزداد زاوية الخلوص (α').
- قلم القطع أخفض من محور الذنبتين فإن قيمة زاوية الجرف (γ') تزداد وتقل زاوية الخلوص (α').

(4-12-3) القوى المؤثرة في عملية القطع:

تظهر نتيجة مقاومة طبقة المعدن المنزوعة لتشويه عناصر الرايش ومن احتكاك الرايش بالسطح الأمامي لقلم القطع وكذلك من احتكاك السطح الخلفي للقلم بسطح القطعة المعرضة للتشغيل بغية التغلب عليها بواسطة قلم القطع قوى مقاومة تحلل محصلتها (R) في الخراطة الخارجية إلى ثلاث قوى مركبة عمودية على بعضها البعض، الشكل (4-25).



الشكل (4-25)

القوى المؤثرة على القلم

(P_z): قوة القطع المماسية لسطح القطع وتنطبق مع اتجاه الحركة الرئيسية.

(P_x): القوة المحورية (قوة التغذية) وينطبق اتجاهها مع اتجاه محور القطعة المعرضة للتشغيل وتعاكس اتجاه التغذية.

(P_y): القوة القطرية ويكون اتجاهها أفقياً وعمودياً على محور المشغولة.

تعد قوة القطع أكبر القوى التي تقاوم عملية القطع وتكون علاقتها مع كل من قوة التغذية والقوة القطرية كالتالي:

$$P_z = 2.5P_y = 4P_x$$

وتتعلق قوة القطع بالعوامل التالية:

1 -الخواص الميكانيكية لمادة المشغولة.

2 -المساحة الاسمية لمقطع الرايش.

3 -زوايا قلم القطع.

4 -سرعة القطع.

5 -سوائل التبريد والتزييت.

ونحصل على قيمة الضغط النوعي للقطع من المعادلة:

$$P = \frac{P_z}{f}$$

(P): الضغط النوعي للقطع (مقاومة القطع).

(P_z): قوة القطع الرئيسية.

(f): مساحة المقطع العرضي للرايش.

يزداد الضغط النوعي للقطع بزيادة متانة المشغولة وزيادة زاوية القطع وينقص بزيادة مساحة المقطع العرضي للرايش.

(4-12-4) صيانة قلم القطع:

لكي يعمل القلم بصورة أفضل من الضروري حفظه في حالة جيدة وفق القواعد التالية:

1 -تثبيت القلم بحاملة بشكل صحيح.

2 -التبريد حالما يبدأ القلم بالقطع.

3 -عدم تعريض القلم للتآكل الشديد.

4 -فصل التغذية الميكانيكية قبل إيقاف الآلة ومن ثم سحب القلم، وبعد هذا يجب إيقاف الآلة.

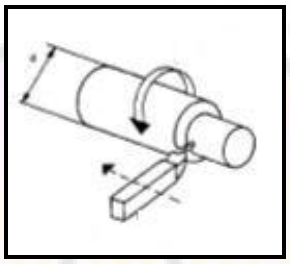
(4-13) خراطة السطوح الأسطوانية الخارجية:

يتم إنجاز خراطة السطوح الأسطوانية بتأمين حركتين أساسيتين:

1 -حركة دورانية للمشغولة.

2 -حركة خطية لقلم القطع موازية لمحور الذنبتين.

وتستخدم لذلك أقلام مستقيمة أو منحنية وذلك حسب المشغولة ومتطلبات التشغيل.



الشكل (4–26)

خراطة السطوح الأسطوانية الخارجية

(4-13-1) تثبيت المشغولات:

تثبت القطع على المخرطة بأساليب متعددة كاستخدام الذنبتين و الظروف البسيطة وثلاثية التمركز ووصلات التقوية والشياقات والمخانق الثابتة والمتحركة بالإضافة إلى الأساليب الأخرى التي تتعلق مباشرةً بشكل المشغولة ونوعيتها ومادتها.

1- الذنبات:

يستخدم في آلات الخراطة عدد لابأس به من الذنبات تختلف في تصاميمها وأبعادها وتعد الذنبة المبينة في الشكل (4-27) أكثرها انتشاراً.

الشكل (4–27)

ذنبة المخرطة (الطبيعية)

أما القطع التي تتمتع بنهاية مخروطية فيستخدم من أجل تثبيتها الذنبة العكسية المبينة في الشكل (4-28).

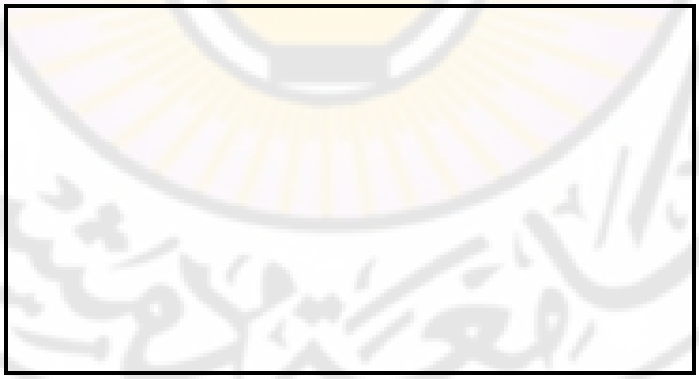
الشكل (4-28)

الذنبة العكسية

إن ذنبة غراب الرأس تدور مع عمود الدوران والقطعة المراد تشغيلها في الوقت الذي تكون فيه ذنبة غراب الذيل في أكثر الأحوال ثابتة لا تتحرك.

عند الخراطة بسرعات كبيرة $\left(v > 75m/\min\right)$ يجري تآكل الذنبة وكذلك السطح المركزي بشكل سريع، وللتقليل من تآكل ذنبة غراب الذيل تزود نهايتها أحياناً بالكربيد المسمنت، ولكن من الأفضل استخدام الذنبات الدوارة.

يبين الشكل (4-29) الذنبة الدوارة المستخدمة عند سرعات الدوران العالية والمشغولات الثقيلة.



الشكل (4-29)

الذنبة الدوارة

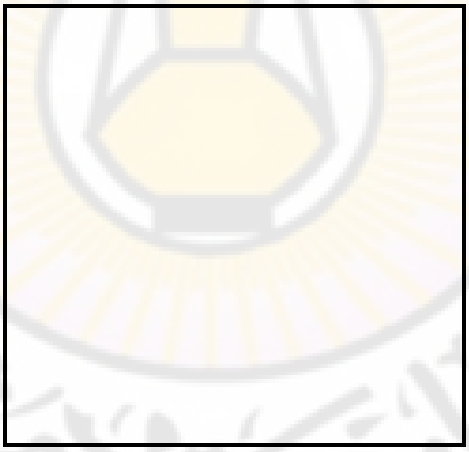
يبين الشكل (4-30) كيف يتم التثبيت بين الذنبتين.

الشكل (4–30)

التثبيت بين الذنبتين

2– الظروف البسيطة:

تصنع عادةً الظروف بأربعة فكوك كما في الشكل (4–31).

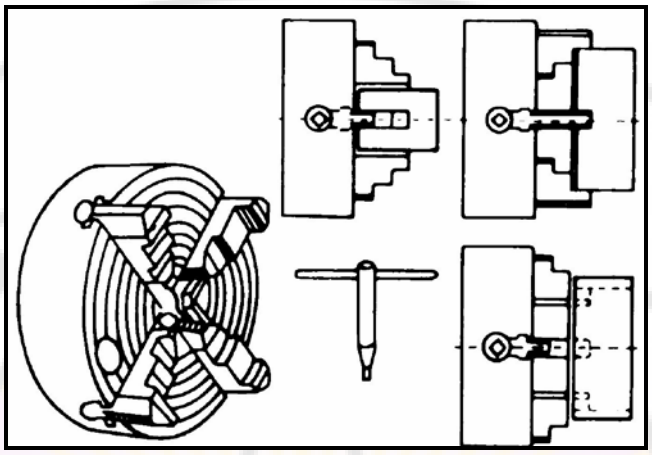


الشكل (4–31)

ظرف بسيط رباعي الفكوك

يتحرك كل فك من هذه الفكوك الأربعة (1,2,3,5) بوساطة لولب مقلوظ (4) خاص بكل فك وبشكل مستقل عن حركة الفكوك الأخرى، إن حركة الفكوك الأربعة المستقلة تسمح بتثبيت القطع ذات الشكل غير المتماثل والقطع المصنّعة بالسباكة.

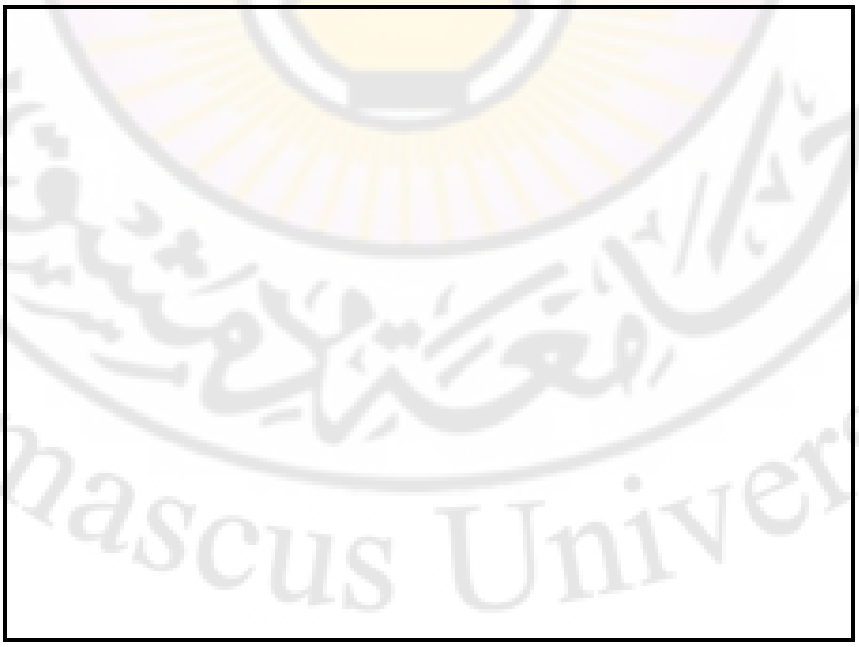
يبين الشكل (4-32) الرسم الهندسي (التصميمي) لظرف رباعي الفكوك.



الشكل (4-32)

الرسم الهندسي لظرف رباعي الفكوك

أما الظروف الثلاثية الفكوك الموضحة بالشكل (4-33) فإن حركة أحد الفكوك تؤدي إلى حركة مماثلة للفكين الآخرين وفي نهاية الأمر الحصول على تمركز ذاتي للظرف، وتتميز هذه الأنواع من الظروف ببساطتها وسهولة استخدامها.



الشكل (4–33)

الظروف الثلاثية الفكوك

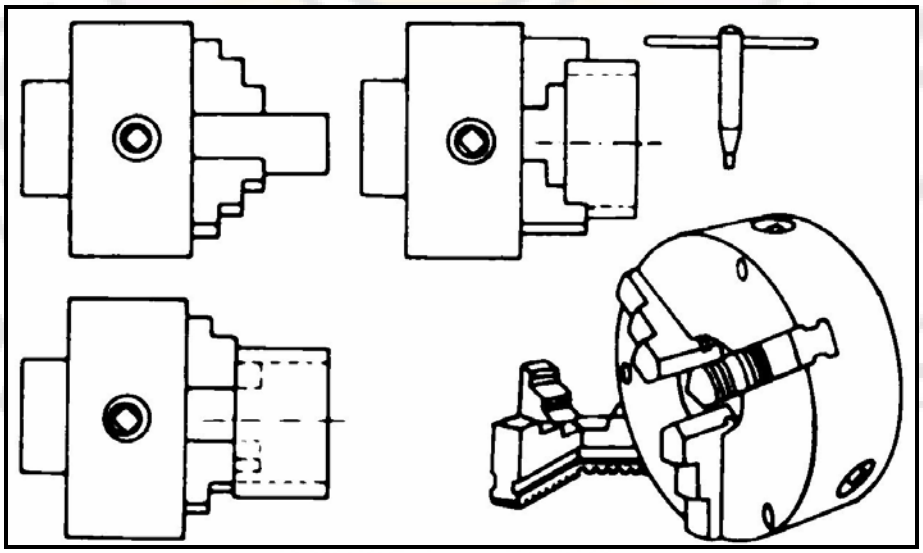
تتحرك هذه الفكوك بوساطة مفتاح ربط مقطعه مربع يوضع في ثقب خاص به (1) ضمن مسنن مخروطي (2).

إن المسننات المخروطية الثلاثة تتعشق مع مسنن مخروطي كبير (3) وعلى السطح للمسنن (3) توجد قناة حلزونية، وتدخل الفكوك الثلاثة (5) لتتعشق معها.

القناة الحلزونية (4) تسمح بتقدم الفكوك الثلاثة أو تراجعها لإجراء عملية الربط والفك للمشغولة وذلك عن طريق إدارة المسنن المخروطي الصغير (2) الذي يدير بدوره المسنن المخروطي الكبير (3) الذي يتعشق معه.

إن عملية الربط والفك باستمرار تسمح باهتراء فكوك الظرف الثلاثي وهذا ينعكس بشكل رئيسي على دقة التثبيت، لذلك تم إيجاد نوع آخر من الظروف سمي بالظروف الثلاثية المصلدة وهو يمتاز ببطء تآكله، ولكنه يترك أثراً على سطح المشغولة بسبب الصلادة التي يتمتع بها.

يبين الشكل (4–34) الرسم الهندسي لظرف ثلاثي الفكوك.



الشكل (4–34)

الرسم الهندسي لظرف ثلاثي الفكوك

3– المخانق:

إن القطع الطويلة والرفيعة والتي يزيد طولها عن قطرها نحو 15 مرة تتعرض للإنحناء أثناء الخراطة وذلك تحت تأثير الوزن الذاتي وقوى القطع.

يمكن تلافي ذلك باستخدام أجهزة تثبيت مساعدة تسمى المخانق وتكون ثابتة أو متحركة.

يبين الشكل (4–35) مخنق ثابت.

الشكل (4–35)

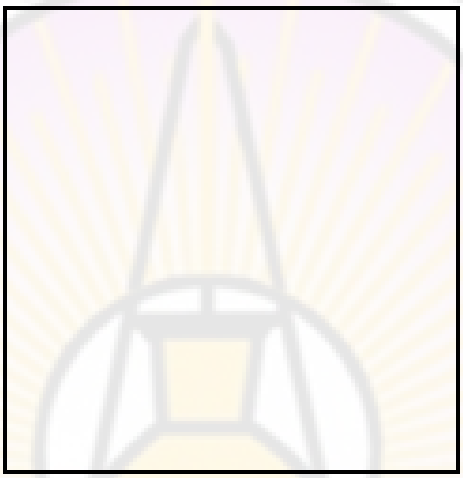
مخنق ثابت

يتألف المخنق الثابت من جسم (1) مصنوع من حديد الزهر يشد عليه ويربط الغطاء (6) بوساطة اللولب (7).

إن قاعدة جسم المخنق تكون مصمتة بشكل مشابه تماماً لموجهات فرش المخرطة حيث يثبت المخنق عليه بوساطة اللولب (8) والرأس (9).

تستخدم اللوالب (2) لتحديد القطر المطلوب لفتحة المخنق والذي يحدده قطر المشغولة.

تستخدم المخانق الثابتة لفصل النهايات والسطوح الطرفية للقطع الطولية، كما في الشكل (4-36).



الشكل (4-36)

فصل السطح الطرفي للقطعة الموضوعة في الظرف والمخنق الثابت

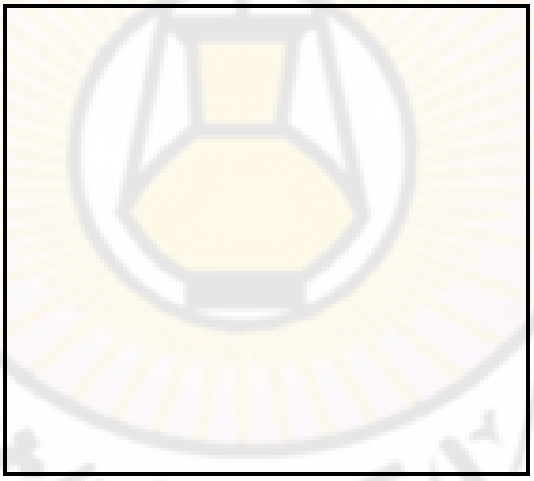
ويمكن بهذه الطريقة تشغيل ثقوب دقيقة من السطح الطرفي لقطعة طويلة كإجراء خراطة ثقب مخروطي في عمود دوران المخرطة.

وعند التشغيل السريع يستخدم مخانق ذات كراسي تحميل كروية كما في الشكل (4-37) وفي هذه الحالة يستبدل بالاحتكاك الانزلاقي احتكاك دحروجي وهذا يؤدي إلى تخفيض درجة حرارة المشغولة في منطقة التثبيت.

الشكل (4–37)

مخنق ثابت ذو كراسي تحميل كروية للتشغيل السريع

ويبين الشكل (4–38) وضع المشغولة ضمن المخنق الثابت.



الشكل (4–38)

مشغولة مثبتة ضمن مخنق ثابت

أما المخانق المتحركة الموضحة في الشكل (4–39) تثبت على عربة الراسمة وتسير معها بشكل مطابق لنقطة القطع ويكون تمركزها في منطقة تركيز القوة وتحمي القطعة من الانحناء.

الشكل (4–39)

مشغولة مثبتة ضمن مخنق متحرك

تستتخدم المخانق المتحركة عند الخراطة الإنهائية للقطع الطويلة ويكون لها فكان للربط فقط.

4– الصينية:

هي قرص من حديد الزهر لها نهاية تربط مع عمود الدوران وغالباً ماتكون ملولبة.

تزود الصينية بعدد من المجاري على شكل حرف (T) عددها من 4 إلى 6 مجاري بالإضافة إلى بعض الثقوب التي تساعد على ربط المشغولات.

تستخدم لربط المشغولات على الصينية ألواح استناد وميكانيزمات لولبية ومسامير استناد قياسية تكون عادةً ملحقة بآلات التشغيل أو متوافرة بشكل دائم في قسم الدلائل والمثبتات الذي يخدم آلات المعمل.

يبين الشكل (4–40) وضع ذراع توصيل محرك احتراق داخلي وتثبيته على الصينية وذلك لتشغيل ثقب فيه.

الشكل (4–40)

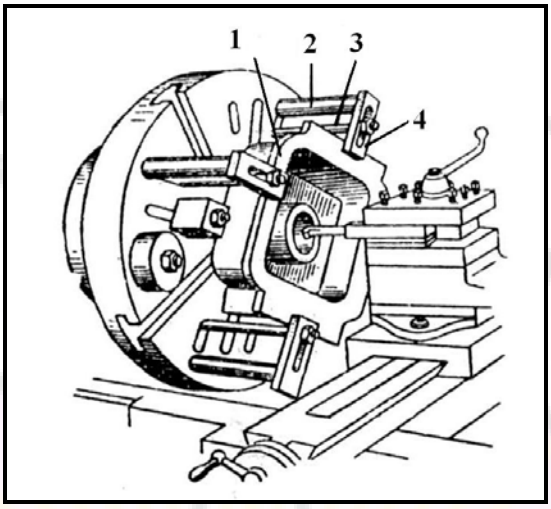
وضع ذراع التوصيل وتثبيته على صينية المخرطة

إن النهاية السفلية لذراع التوصيل (4) تتمركز على لوالب (6) وباستخدام الزوايا (5) التي تثبت على الصينية بوساطة لوالب ذات رأس مربع على الأغلب يسمح لها بالتحرك ضمن المجرى المشار إليه على شكل حرف (T).

وقد استخدمت ألواح استنادية (2) ومساند قياسية (1) لتثبيت جسم ذراع التوصيل بوساطة اللوالب (3).

بما أن مركز ثقل الصينية بعد تثبيت ذراع التوصيل عليها يكون بعيداً عن محورها لذلك نضطر إلى وضع ثقل توازن (7) لتحقيق التوازن المطلوب، لأن أي خلل في توازن الصينية سيؤثر على كراسي تحميل عمود الدوران الرئيسي وينعكس ذلك على جودة السطح المشغل ومع الزمن ستتحطم كراسي التحميل.

يبين الشكل (4–41) مثالاً لتثبيت المشغولة على الصينية لخراطة ثقب فيها باستخدام قلم خراطة داخلي.



الشكل (4–41)

تثبيت المشغولة على صينية المخرطة

5– الزوايا:

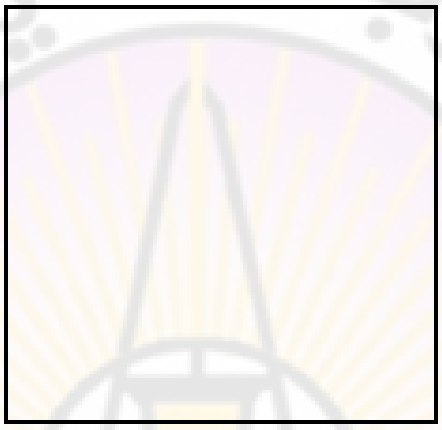
عندما يكون شكل القطع المراد تثبيتها لا يسمح لها بالتثبيت في الظرف الرباعي الفكوك أو الصينية فيتم استخدام زوايا خاصة كوسائل مساعدة كما في الشكل (4–42) الذي يوضح طريقة تثبيت ماسورة مفرغة.

الشكل (4–42)

وضع الماسورة وتثبيتها على وصلة التقوية

يوضح الشكل السابق إمكانية تحريك الزاوية التي تحمل القطعة المراد تشغيلها باتجاه يسمح لها بالاقتراب والابتعاد عن محور الصينية وفق البعد المطلوب، ويستخدم الوزن (4) لتحقيق توازن الصينية للسبب المذكور سابقاً نفسه.

يبين الشكل (4-43)طريقة تثبيت كرسي التحميل.

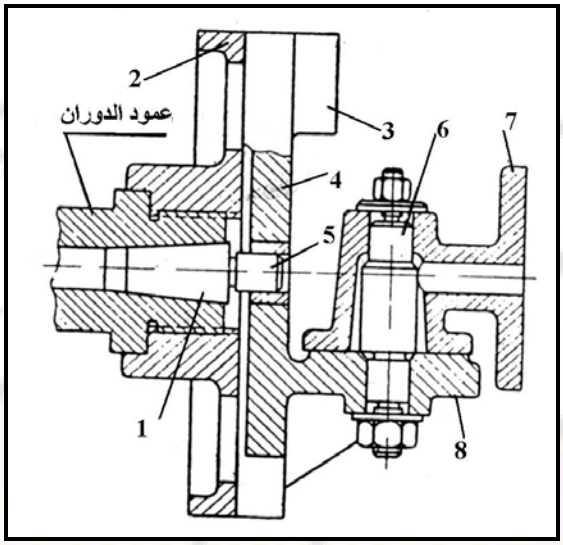


الشكل (4-43)

وضع كرسي التحميل وتثبيته على وصلة التقوية

يحدد بعد كرسي التحميل عن محور الصينية باستخدام اللولب (1) ومجرى مخصص لهذا الغرض.

يوضح الشكل (4-44) وصلة تقوية على شكل زاوية مثبت عليها ماسورة مفرغة بهدف إجراء الخراطة الجانبية لها.



الشكل (4–44)

وضع الماسورة وتثبيتها على وصلة التقوية

تتوضع الماسورة (7) على مسمار استنادي (6) ملولب من نهايته ومثبت في وصلة التقوية (8).

يرتكز السطح الجانبي للزاوية والمشغل سابقاً على السطح الأفقي لوصلة التقوية، أما السطح المراد تشغيله فيجب أن يكون موازياً للسطح (4).

ويتم تحقيق مركزية القرص عن طريق مسمار استنادي نهايته المخروطية مثبتة مع محور عمود الدوران.

6- الشياقات:

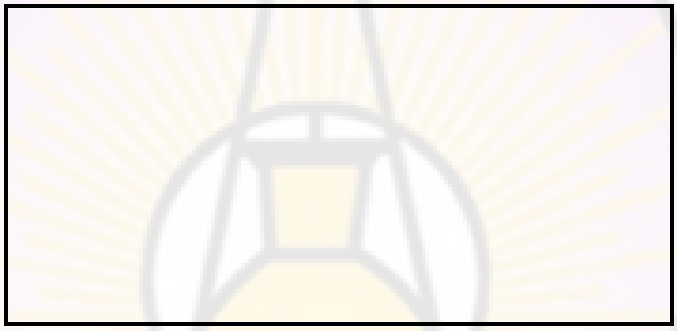
تستخدم الشياقات في الحالات التي يتطلب فيها تثبيت القطع التي تحتوي على ثقوب مشغلة مسبقاً وبدقة وتكون السطوح المراد تشغيلها موازية تماماً لمحاور هذه الثقوب، مثل المسننات والجلب والأقراص.

يوضح الشكل (4-45) الشياقات المصمتة.

الشكل (4-45)

الشياقات المصمتة

ويوضح الشكل (4-46) الشياقات المفككة.



الشكل (4-46)

الشياقات المفككة

يبين الشكل (4-47) الشياق في الحالة المفككة.

الشكل (4–47)

الشياق في الحالة المفككة

(4-13-2) العيوب الناتجة عن الخراطة الأسطوانية:

تحدث العيوب الرئيسية التالية عند خراطة السطوح الأسطوانية:

1 -تشغيل القطعة من جانب واحد وبقاء الجانب الآخر بدون تشغيل، وذلك بسبب نوعية المشغولة وتسامح التشغيل الذي يكون أقل من الحد الذي بوساطته نستطيع إزالة الطبقة المتأكسدة من المشغولة، وأيضاً بسبب التثبيت غير الصحيح وعدم تطابق رأس الغراب مع الرأس المخروطي للغراب المتحرك، ويمكن تجنب حدوث هذا العيب باتباع الخطوات التالية:

- اختبار مقاييس القطعة قبل التشغيل.
- تقدير تسامح التشغيل الذي يفي بالغرض.
- تقويم القطعة قبل التشغيل إذا كانت منحنية.
- التحقق من صحة الثقوب المركزية ووضعية التثبيت الصحيحة.

2 -عدم دقة المقاييس النهائية للسطح المشغل، وذلك بسبب:

- عندما يكون وضع قلم القطع غير متفق مع عمق القطع.

- عند الخطأ في قياس القطعة بعد خراطة الشوط الأول.

يمكن تصحيح هذا الخطأ بإجراء خراطة للقطعة مرة أخرى وهذا الأمر يمكن بحالة واحدة عندما تكون مقاييس المشغولة أكبر من المقاييس المطلوبة.

3 -عدم أسطوانية السطح المشغل، وذلك بسبب زحزحة ذنبة غراب الذيل بالنسبة لذنبة غراب الرأس، ولتجنب هذا العيب يجب إعادة ضبط ذنبة غراب الذيل بشكل صحيح.

4 -الحصول على شكل بيضوي بعد التشغيل، بسبب حدوث تآكل في عمود الدوران الرئيسي أو كراسي التحميل بنتيجة الاحتكاك المستمر ويمكن تصحيح هذا العيب بالصيانة المستمرة للمخرطة.

كما يمكن أن يحدث هذا العيب نتيجة وقوع الأوساخ والجزيئات الصغيرة من الرايش في الثقب المخروطي لعمود الدوران.

5 -جودة السطح المشغل غير مطابقة للجودة المطلوبة، وذلك بسبب:

- عندما تكون التغذية المقترحة أكبر من التغذية المناسبة للقطع.
- استخدام قلم قطع بزوايا غير صحيحة أو حدوث خطأ في تشحيذه.
- اهتزاز قلم القطع بسبب خطأ في تثبيته.
- وجود خلوص كبير في الراسمة نتيجة الاحتكاك.
- تآكل كراسي التحميل وأعناق عمود الدوران.

يمكن تجنب هذا العيب من خلال معرفة سببه وبالتالي معالجته.

(4-13-3) معدلات القطع أثناء خراطة السطوح الأسطوانية:

1- اختيار عمق القطع:

يتم اختيار عمق القطع تبعاً لتسامح التشغيل ونوعه.

عند التشغيل الخشن يؤخذ عمق القطع $(t = 2mm - 5mm)$.

عند التشغيل الإنهائي يؤخذ عمق القطع $(t = 0.5mm - 1mm)$.

2- اختيار التغذية:

عند التشغيل الخشن تؤخذ التغذية $(s = 0.3mm/R - 1.5mm/R)$.

عند التشغيل الإنهائي تؤخذ التغذية $(s = 0.1mm/R - 0.3mm/R)$.

3- اختيار سرعة القطع:

يتم اختيار سرعة القطع حسب جداول خاصة تبعاً لنوع مادة المشغولة ومادة قلم القطع ومعدلات القطع والتبريد.

(4-13-4) قياس المشغولات أثناء الخراطة الأسطونية:

يمكن قياس الأقطار الخارجية للقطع بمختلف آلات القياس تبعاً لدرجة الدقة المراد بها قياس المشغولة.

أثناء الخراطة الخشنة يقاس القطر بوساطة فرجار خارجي مع مسطرة أو قدمة منزلقة دقتها $(0.1mm)$، ولدى خراطة السطوح الأسطوانية الدقيقة يقاس القطر بقدمة منزلقة دقيقة تبلغ دقتها $(0.02mm)$ أو بواسطة ميكرومتر دقته $(0.01mm)$، ويتم التأكد عادةً من أقطار المشغولات المنتهية بتفاوت مسموح به بواسطة أداة قياس خارجية.

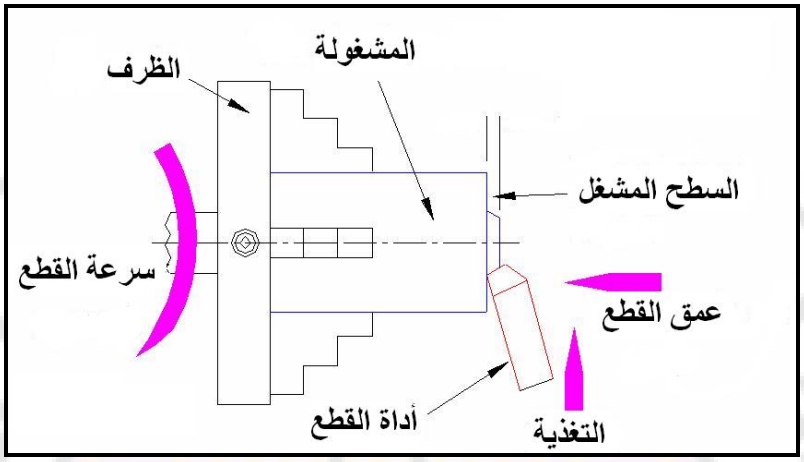
(4-14) خراطة السطوح الجانبية:

تحدث عملية خراطة السطوح الجانبية عندما يتحرك قلم القطع بشكل عمودي على محور المشغولة.

تستخدم عند تشغيل السطوح الجانبية أقلام خراطة يمينية ويسارية وتكون على الأغلب منحنية لتستخدم عندما يتوجب إيصال القلم مباشرةً إلى فكوك ظرف المخرطة.

أما الأقلام العادية فتستخدم عند قطع البوزات والحواف الناتئة، ويتم العمل بمثل هذه الأقلام بالتغذية الطولية فبعد خراطة السطح الأسطواني يتم قطع النتوء الزائد.

يبين الشكل (4-48) الخراطة الجانبية.



الشكل (4-48)

خراطة السطوح الجانبية

ولا يجوز استخدم ذنبة غراب الذيل العادية عند قطع السطوح الجانبية للقطع المثبتة بين الذنبتين لأن هذا يؤثر في الحد القاطع لقلم القطع، وتجنباً لذلك تستخدم الذنبة المشطوفة التي تؤمن وصول قلم القطع إلى مركز المشغولة.

(4-14-1) العيوب الناتجة عن الخراطة الجانبية:

تحدث العيوب الرئيسية التالية عند إجراء الخراطة الجانبية:

1- بقاء قسم من السطح الجانبي بدون تشغيل نتيجة قياسات القطعة غير المضبوطة قبل التشغيل، وإعطاء تسامح تشعيلي قليل، وتثبيت المشغولة بشكل خاطئ، وتثبيت قلم الخراطة بشكل خاطئ في حامله بالنسبة لمحور الذنبتين.

إن هذا العيب غير قابل للتصحيح ولكن يمكن تلافيه بالطرق التالية:

- التحقق من صحة مقاسات القطعة قبل التشغيل.
- زيادة تسامح التشغيل.
- التحقق من صحة وضع المشغولة وقلم القطع وتثبيتها.

2- عدم استواء السطح الجانبي، وذلك بسبب عدم الدقة في وضع قلم القطع أو عند إيقاف التغذية الآلية قبل انتهاء عملية القطع وكذلك عند زحزحة المشغولة في ظرف المخرطة بسبب عدم متانة تثبيتها.

3- تثبيت السطح الجانبي بشكل غير صحيح بالنسبة لمحور الذنبتين بسبب اهتراء فكوك الظرف أو بسبب خلل في عمود الدوران نتيجة اهتراء العمود أو كراسي التحميل التي يثبت عليها، وبسبب عدم دقة الرأس المخروطي واستوائه نتيجة الاهتراء.

(4-14-2) معدلات القطع أثناء الخراطة الجانبية:

1- اختيار عمق القطع:

عند التشغيل الخشن يؤخذ عمق القطع $(t = 2mm - 5mm)$.

عند التشغيل الإنهائي يؤخذ عمق القطع $(t = 0.7mm - 1mm)$.

2- اختيرا التغذية:

عند التشغيل الخشن تؤخذ التغذية $(s = 0.3mm/R - 0.7mm/R)$.

عند التشغل الإنهائي تؤخذ التغذية $(s = 0.1mmm/R - 0.3mm/R)$.

3- اختيار سرعة القطع:

تكون سرعة القطع متغيرة عند قطع السطوح الجانبية، وتتناقص باتجاه مركز المشغولة تبعاً لتناقص قطر التشغيل حسب القانون:

$$v = \frac{\pi.D.n}{1000} \quad [m/\min]$$

وتحسب سرعة القطع عند الخراطة الجانبية حسب القطر الأكبر ولكن انطلاقاً من أن الوقت الذي يعمل به قلم القطع عند هذه السرعة قليل وأن هذه السرعة تتناقص تدريجياً بعد ذلك، فيجب عند اختيار سرعات القطع أثناء الخراطة الجانبية بأقلام القطع سريعة القطع ضرب مقدار سرعة القطع المأخوذة من الجداول بمعامل ثابت (1.05).

(4-14-3) طرق قياس السطوح الجانبية:

يمكن التحقق من استقامة السطح الطرفي بواسطة مسطرة توضع على السطح الجانبي، ويمكن التحقق من وجود الخلوص عن طريق الضوء، أما مقداره فيقاس بواسطة مقياس الخلوص وهو عبارة عن لوحة قياسية خاصة.

يتم التحقق من صحة الحواف الناتئة حسب طول العمود بواسطة المسطرة وبواسطة فرجار القياس الداخلي، وإذا تطلب الأمر دقة أكثر يتم القياس بواسطة قدم منزلقة لقياس الأعماق، ويستعمل قالب القياس الاختبار الدقيق لكمية كبيرة من القطع المتساوية التي تم تشغيلها.

(4-15) خراطة المجاري وفصل المشغولات على المخرطة:

يسمى انجاز شقب ضيق على المخرطة تقويراً، وإذا استمر التقوير إلى منتصف المشغولة سمي فصلاً، ولكل من العمليتين يستخدم قلم القطع الخاص بها.

عند إجراء عملية الفصل يجب أن لا يزيد الجزء المتبقي في الظرف بعد الفصل عن قطر القضيب ويجب أخذ عوامل أمان للاهتزازات التي تحدث في قلم القطع والمشغولة بعين الاعتبار.

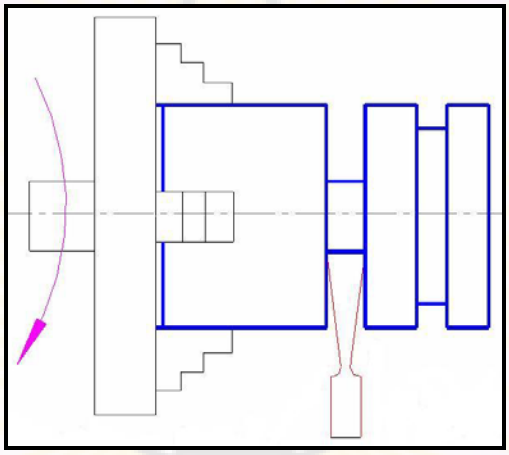
يبين الشكل (4-49) فصل المشغولة.

الشكل (4-49)

فصل القطعة عن القضيب

(4-15-1) أقلام الخراطة المستخدمة عند خراطة المجاري:

تجري عادةً عملية خراطة المجاري بشوط واحد ولهذا السبب فإن شكل الحد القاطع المستخدم في خراطة المجاري يجب أن يطابق الشكل الجانبي للمجرى بدقة، وبما أن عرض المجاري يكون عادةً صغيراً فإن الحد القاطع للقلم يكون ضيقاً وهذا سيؤدي إلى قلة متانته وبالتالي تعرضه للكسر بخاصة أن رأس قلم القطع يقل باتجاه محور الارتكاز نحو (2°) من كل جانب وذلك لتجنب الاحتكاك بين سطوحه الجانبية وجدران المجرى المقطوع، كما في الشكل (4-50).



الشكل (4-50)

خراطة مجرى بواسطة قلم الفصل

من أجل زيادة متانة أقلام قطع المجاري فإن ارتفاع رأس القلم يجب أن يكون أكبر بعدة مرات من عرض الحد القاطع ولهذا السبب تكون زاوية الجرف صغيرة.

أما عملية الفصل فإنها تعني خراطة القضيب من السطح باتجاه المركز وذلك لفصل القطعة الجاهزة عن القضيب الأساسي، أما الأقلام المستخدمة لذلك تكون شبيهة بأقلام المجاري ولكن رأس الحد القاطع يكون أطول قليلاً ليصل إلى المركز، كما في الشكل (4-51).

الشكل (4–51)

قلم فصل ذو سبيكة ملحومة من الكربيد المسمنت

إن قلم الفصل يعمل في ظروف صعبة للغاية فالحد القاطع ليس متيناً بشكل كافٍ والمجرى المقطوع يمتلئ بالرايش بسرعة وتزداد بذلك قوة القطع الناتجة من تأثير الرايش وضغطه على السطح الأمامي لقلم القطع مما يؤدي إلى اهتزاز القلم والمشغولة وكسر الحد القاطع لذلك لا تصنع أقلام القطع هذه من معادن هشة ويجري تعديلات على تصميم الأقلام العادية، كما في الشكل (4–52).

الشكل (4–52)

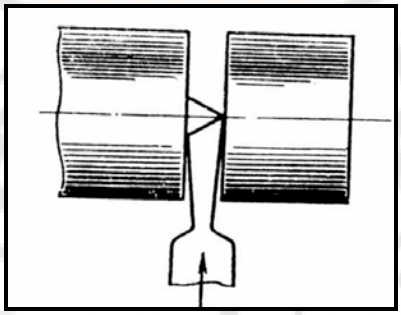
استخدام قلم فصل ذو سبيكة ملحومة مصنوعة من الكربيد المسمنت في تشكيل مجرى

ويبين الشكل (4-53) تصميم آخر لقلم الفصل المصنوع من الكربيد المسمنت.

الشكل (4-53)

قلم فصل مصنوع من الكربيد المسمنت من تصميم جودايف

إذا جرى تشحيذ الحد القاطع لقلم الفصل بشكل تكون فيه زاوية الاقتراب الأفقية مساوية الصفر $(\varphi = 0)$، فإن القطعة التي يجري فصلها قد تنكسر قبل إنهاء القطع وبالتالي سيتم إجراء خراطة جانبية للقطعة مرة أخرى لقطع النتوء الزائد الذي تبقى من عملية الفصل، لذلك يتم استخدام قلم الفصل المبين في الشكل (4-54) لإتمام عملية الفصل.



الشكل (4-54)

قطع القطعة من المركز

(4-15-2) العيوب الناتجة عن خراطة الفصل والمجري:

تحدث العيوب الرئيسة التالية عند خراطة المجاري والفصل:

1- وضع المجرى غير صحيح لطول القطعة، بسبب القياس الخاطئ أو بسبب تثبيت القلم بشكل غير صحيح.

يمكن تجنب هذا العيب بتجنب الأسباب المؤدية إليه.

2- عرض المجرى أكبر أو أصغر من الحد المطلوب، بسبب اختيار عرض القلم بشكل غير صحيح.

3- عمق المجرى أكبر أو أصغر من الحد المطلوب، بسبب التغذية غير الصحيحة.

4- طول القطعة المفصولة غير صحيح.

5- جودة سطح المجرى أو السطح الجانبي للقطعة المفصولة غير كافية، بسبب التثبيت غير الصحيح لقلم الفصل والاختيار غير الصحيح لزوايا القلم واختيار معدلات القطع غير الصحيحة أو بسبب عدم استخدام سوائل التزييت والتبريد.

(4-15-3) معدلات القطع عند خراطة المجاري وفصل المشغولات:

يعد عمق القطع أثناء خراطة المجاري هو عرض المجرى المقطوع، أما التغذية فهي مسافة انتقال قلم الفصل بشكل عمودي على محور الذنبتين خلال دورة واحدة للمشغولة، أما سرعات القطع فتؤخذ أقل منها عند خراطة السطوح الجانبية والأسطوانية.

عند إجراء خراطة مجرى لقطعة مصنوعة من الصلب إجهاد الشد له $\left(60-75kg/mm^2\right)$ بتغذية قدرها $\left(s=0.07mm/R\right)$ فإن سرعة القطع تؤخذ حوالي $\left(25-30m/\min\right)$، وإذا زادت التغذية تقل سرعة القطع.

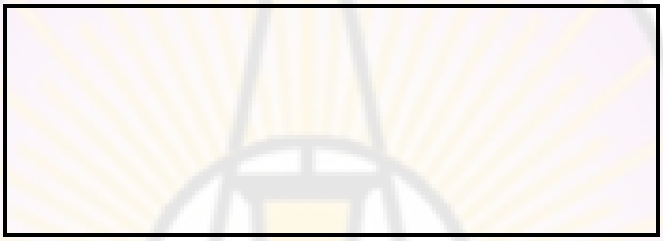
(4-15-4) قياس المجاري:

يقاس قطر المجرى المعرض للتشغيل بواسطة القدم المنزلقة، ويمكن استعمالها فقط في الحالات التي يكون فيها المجرى أوسع من أرجل القدمة المنزلقة، وغالباً عندما يتطلب

تشغيل كمية كبيرة من القطع لا يقاس قطر المجرى بل يقاس عمقه وذلك باستخدام قالب القياس، ويمكن استعمال القدمة المنزلقة لهذا الغرض والتي تحوي ساقاً خاصة مندفعة، ويمكن استعمال القدمة المنزلقة لقياس الأعماق، أما عرض المجرى فيقاس بالمسطرة أو القدمة المنزلقة أو بقالب القياس.

(4-16) المركزة (السنطرة):

إن أوسع عمليات الخراطة انتشاراً هي الخراطة بين الذنبتين ولكي تتم هذه العملية لا بد من إجراء عملية المركزة، ويوضح الشكل (4-55) عملية المركزة.



الششكل (4-55)

عملية المركزة

تتم المركزة بطريقتين مبينتين في الشكل (4-56).

الشكل (4-56)

المركزة بدون مخروط أمان – المركزة مع مخروط أمان

إن الغاية من المركزة تثبيت القطع بدقة وأمان تجنباً للاهتزازات الناتجة عن تأثير دوران المشغولة وقوى القطع، وتكون زاوية رأس المخروط للجزء المخروطي المثبت في الرأس

الثابت (عمود الدوران) أو الرأس المتحرك (الذنبة المتحركة) في المخرطة مطابقاً لزاوية التجويف المخروطي المنجز بطريقة المركزة وتكون عادةً (60°).

(4-16-1) العيوب الناتجة عن المركزة:

يجب أن يتم إنجاز الثقوب المركزية بشكل دقيق لأن ذلك يؤثر في صحة تثبيت المشغولات ودقتها عند تشغيلها بين الذنبتين.

ولتجنب العيوب التي تنتج عن المركزة يجب اتباع ما يلي:

1 - أن يكون الثقب المركزي منجزاً بأبعاد قياسية موافقة للأبعاد المعتمدة في الجداول العالمية.

2 - أن يكون المخروط المركزي مشغلاً بزاوية (60°) تماماً وذو استواء جيد بدون خدوش ناتجة عن القطع.

3 - يجب تشغيل السطوح الجانبية باستواء جيد وبشكل عمودي تماماً على محور المشغولة لتجنب انحراف الثقب المركزي عن محور المشغولة.

(4-16-2) معدلات القطع أثناء إجراء عملية المركزة:

يتم اختيار سرعة القطع خلال المركزة بالمثقب المركب إذا كان مصنوعاً من الصلب سريع القطع حسب مادة المشغولة.

بالنسبة للصلب تكون سرعة القطع $(v = 7 - 15m/\min)$.

بالنسبة لحديد الزهر تكون سرعة القطع $(v = 10 - 20m/\min)$.

وبشكل عام فإن التغذية خلال عملية المركزة تكون $(s = 0.03 - 0.08mm/R)$.

(4-17) خراطة السطوح الداخلية:

يتم إنجاز عملية خراطة السطوح الداخلية (الثقوب) على المخرطة بوساطة أقلام الخراطة الداخلية في الحالات التالية:

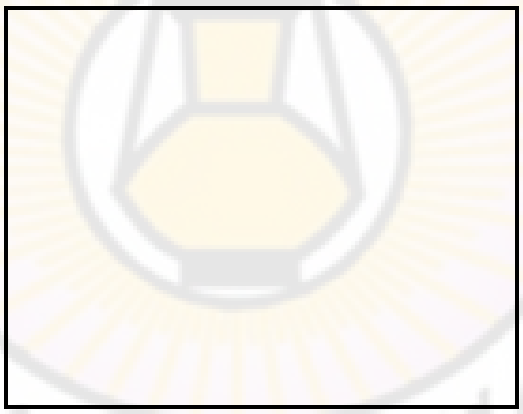
1 -عندما لا تؤمن عمليات التثقيب والتجويف ملاسة مناسبة للسطح ودقة في المقاييس.

2 -عندما لا يوجد مثقب أو أداة تخويش حسب قطر الثقب المطلوب.

إن خراطة السطوح الداخلية الأسطوانية على آلات الخراطة لا يمكن أن تعطينا دقة تزيد عن الدرجتين الرابعة أو الثالثة أما نعومة السطح وجودته عند التشغيل الخشن فإنها لاتزيد عن $(\nabla 4 - \nabla 3)$، أما عند التشغيل الإنهائي فإنها قد تصل إلى $(\nabla 7)$.

ولكن استخدام أقلام قطع عالية الجودة يعطينا دقة تصل إلى الدرجة الثانية أو حتى الأولى وتكون نعومة السطح المشغل $(\nabla 10)$.

يوضح الشكل (4-57) طريقة خراطة ثقب باستخدام قلم خراطة داخلي على المخرطة.



الشكل (4-57)

تجويف ثقب باستخدام قلم خراطة

تعد عملية الخراطة الداخلية أصعب من عملية الخراطة الخارجية بسبب:

1 -عند الخراطة الداخلية يجب أن يكون مقاس المقطع العرضي لقلم القطع أقل بكثير من قطر الثقب المراد تشغيله، وبروز القلم من حامله يكون أطول من طول الثقب، ولهذا السبب يتعرض قلم الخراطة الداخلية لقوى قطع تضغط عليه

وتجعله عرضة للانحناء، لذلك لا يسمح بخراطة السطوح الداخلية بمعدلات قطع عالية.

2 -إن عملية خراطة السطوح الداخلية تجري داخل التجويف أو الثقب لذلك يتعذر على عامل المخرطة مراقبة عملية القطع.

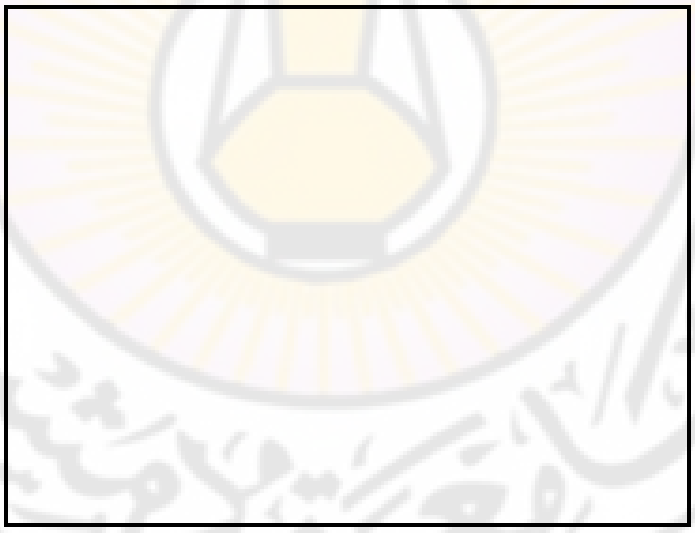
(4-17-1) أقلام الخراطة الداخلية:

تنقسم أقلام الخراطة الداخلية حسب نوعية الثقب الذي تجري خراطته إلى:

1 -أقلام تجويف الثقوب النافذة، وتكون قيمة زاوية الاقتراب الأفقية $\left(\varphi = 60^{\circ}\right)$.

2 -أقلام تجويف الثقوب المسدودة، وتكون قيمة زاوية الاقتراب الأفقية $\left(\varphi = 90^{\circ}\right)$.

ويوضح الشكل (4-58) أقلام التجويف.



الشكل (4-58)

أقلام التجويف المزودة بسبائك الكربد المسمنت

1- قلم جانبي لتشغيل الثقوب النافذة، 2،3-قلم الخراطة السندية لتشغيل الثقوب المسدودة

(4-17-2) العيوب الناتجة عند خراطة السطوح الداخلية:

1- بقاء جزء من سطح التجويف أو الثقب بدون تشغيل، وذلك بسبب:

- تثبيت المشغولة غير صحيح.
- تسامح التشغيل أقل من التسامح الذي يؤمن خراطة التجويف الداخلي بشكل كامل.

2- قطر الثقب أو التجويف أكبر أو أصغر من القطر المطلوب، ويكون تثبيت قلم الخراطة الداخلي غير صحيح أو عمق القطع مختلفاً عن سماح التشغيل.

3- جودة السطح المشغل غير كافية، بسبب:

- زيادة معدلات القطع.
- التشحيذ الخاطئ لقلم القطع.
- العمل بقلم تعرض حده القاطع للبري.
- اهتزاز قلم القطع أو المشغولة.

4- مقطع الثقب المشغل غير دائري، وذلك بسبب رقة المشغولة وضغط فكوك التثبيت عليها، ويكون شكل الثقب بيضوياً عندما يكون التثبيت في ظرف رباعي، ويكون مضلع الشكل عندما يكون التثبيت في ظرف ثلاثي.

(4-17-3) معدلات القطع عند الخراطة الداخلية:

بسبب صعوبة الخراطة الداخلية وتجنباً للاهتزازات التي تحدث في قلم القطع والمشغولة عند العمل بمعدلات قطع عالية، لذلك يجب اختيار معدلات القطع عند إجراء الخراطة الداخلية بمعدل أقل من (30%) بالمقارنة مع الخراطة الخارجية، ويجب اختيار معدلات القطع بدقة بما يتوافق مع نوعية الثقب أو التجويف المراد خراطته.

(4-17-4) قياس الثقوب الأسطوانية والمجاري الداخلية:

يستعمل لهذا الغرض مختلف أدوات القياس وذلك حسب الدقة المطلوبة وحسب مقاسات قطر الثقب.

يجري قياس الثقوب الأسطوانية غير الدقيقة بواسطة فرجار القياس الداخلي والمسطرة القياسية، أما الثقوب الدقيقة فتقاس بواسطة القدمة المنزلقة أو ميكرومتر القياس الداخلي، وتستعمل في الإنتاج بالجملة والإنتاج المتسلسل ميكرومترات القياس الداخلي لقياس الثقوب الدقيقة.

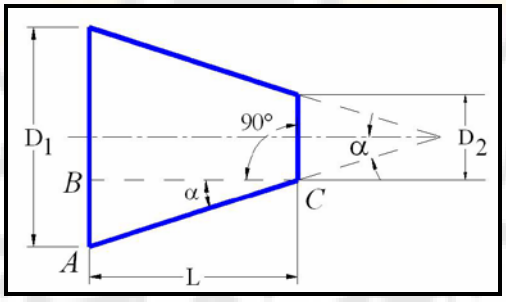
عند قياس الثقوب الأسطوانية بواسطة الفرجار يجب أن يكون محور الفرجار منطبقاً على محور الثقب وإلاّ كان البعد بين ساقي الفرجار أكبر من البعد الحقيقي، وبعد القياس بالفرجار يقاس البعد بين ساقيه بواسطة المسطرة أو القدمة المنزلقة.

وعند تجويف الثقب الذي سيدخل فيه عمود تم تشغيله يجري قياس قطر العمود بوساطة الفرجار الكروي أو القدمة المنزلقة ومن ثم تضبط حسب هذا القياس ساقا الفرجار.

يقاس الثقب الدقيق بقدمة منزلقة دقتها $(0.02mm)$

(4-18) خراطة السطوح المخروطية:

يبين الشكل (4-59) عناصر المخروط.



الشكل (4-59)

عناصر المخروط الرئيسية

وتكون زاوية ميل المخروط $tg\,\alpha = \dfrac{D_1 - D_2}{2L}$

(4-18-1) طرق الخراطة المخروطية:

لإنجاز السطوح المخروطية على المخرطة يجب أن لا تتحرك قمة قلم الخراطة أثناء دوران المشغولة بشكل موازي لمحور الذنبتين بل بزاوية (α) تكون مساوية لزاوية ميل المخروط.

تستخدم للحصول على السطوح المخروطية عدة طرق:

1 -قلم خراطة عريض.

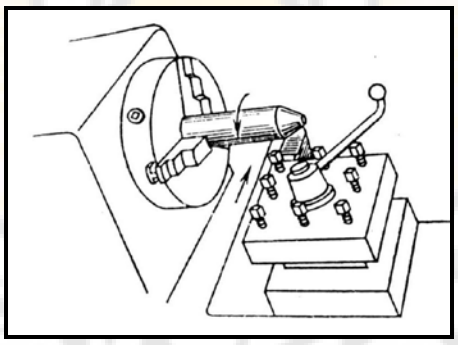
2 -المساطر المخروطية.

3 -إدارة الجزء العلوي من الراسمة بزاوية تساوي زاوية ميل المخروط.

4 -زحزحة جسم غراب الذيل عرضياً.

1- استخدام قلم خراطة عريض:

يمكن استخدام قلم خراطة عريض عندما يكون طول المخروط المطلوب لا يزيد عن $(20mm)$ وتكون في هذه الحالة زاوية الاقتراب الأفقية لقلم الخراطة مساويةً لزاوية ميل المخروط $(\varphi = \alpha)$، الشكل (4-60).



الشكل (4-60)

تشغيل السطوح المخروطية بوساطة القلم العرض

ويجب أن نأخذ بعين الاعتبار عند استخدام هذه الطريقة الزيادة التي تحصل في قوى القطع وبخاصة القوة القطرية (P_y) بسبب زيادة التلامس بين الحد القاطع لقلم القطع والسطح المعرض للتشغيل.

2- استخدام المساطر المخروطية:

يبين الشكل (4-61) المسطرة المخروطية المستخدمة في خراطة السطوح المخروطية.

الشكل (4-61)

استخدام المسطرة المخروطية عند خراطة السطوح المخروطية

يمكن إدارة المسطرة بزاوية لا تزيد عن $\left(10^\circ - 20^\circ\right)$ بسهولة وهي زاوية ميل المخروط المراد خراطته.

تكون المساطر المخروطية مدرجة بالدرجات أو بالميليمترات، فعندما يكون التدريج بالدرجات تحسب زاوية ميل المخروط من القانون:

$$\boxed{tg\,\alpha = \frac{D_1 - D_2}{2L}}$$

$\left(D_1\right)$: القطر الكبير للمخروط $\left[mm\right]$.

$\left(D_2\right)$: القطر الصغير للمخروط $\left[mm\right]$.

$\left(L\right)$: طول المخروط $\left[mm\right]$.

فإذا كان لدينا مخروط بالأبعاد التالية:

$$D_1 = 400mm \quad D_2 = 350mm \quad L = 250mm$$

نستطيع حساب زاوية إمالة المخروط (الزاوية اللازمة لإدارة المسطرة) من العلاقة السابقة.

$$tg\,\alpha = \frac{400-350}{2\times 250} = 0.1$$

وبالعودة لجداول المثلثات نجد أن $\left(\alpha = 5^{\circ}45^{'}\right)$.

أما إذا كانت مدرجة بالميليمتر فتحسب المسافة التي يجب أن تدار المسطرة المخروطية بها من العلاقة:

$$\boxed{C = \frac{D_1 - D_2}{2}.\frac{H}{L}}$$

$\left(H\right)$: المسافة من محور دوران المسطرة المخروطية حتى طرفها $\left[mm\right]$.

فعند إجراء الخراطة لمخروط وفق الأبعاد التالية:

$$D_1 = 80mm \quad D_2 = 70mm \quad L = 500mm \quad H = 600mm$$

عندها يجب أن تدار المسطرة المخروطية بمقدار:

$$C = \frac{80-70}{2}.\frac{600}{500} = 6 \quad \left[mm\right]$$

تتميز المسطرة المخروطية بـ:

1 -سرعة عملية الخراطة وسهولة ضبطها.

2 -تعد المسطرة جهازاً إضافياً ملحقاً بالمخرطة وباستخدامه تنتفي الحاجة لأي تغيير في عناصر المخرطة الرئيسية.

3 -المخاريط المشغلة تكون دقيقة المقاييس.

4 -إمكان أتمتة العملية بالكامل.

5 -إمكان تشغيل السطوح المخروطية الداخلية والخارجية على حدٍ سواء.

3- إدارة الجزء العلوي من الراسمة عند خراطة السطوح المخروطية:

تستخدم هذه الطريقة لخراطة السطوح المخروطية عندما تكون زاوية ميل المخروط $\left(\alpha > 10^{\circ}\right)$ كما في الشكل (4-62).

الشكل (4-62)

إدارة الجزء العلوي من الراسمة عند خراطة السطوح المخروطية

إذا كانت زاوية ميل المخروط معطاة على الرسم فإنه يمكن إدارة الجزء العلوي من الرسمة بقيمة هذه الزاوية وإجراء عملية الخراطة مباشرةً، أما إذا لم تعطى الزاوية فتحسب من العلاقة

$$tg\,\alpha = \frac{D_1 - D_2}{2L}$$

يذكر من عيوب هذه الطريقة:

1 -صعوبة أتمتتها.

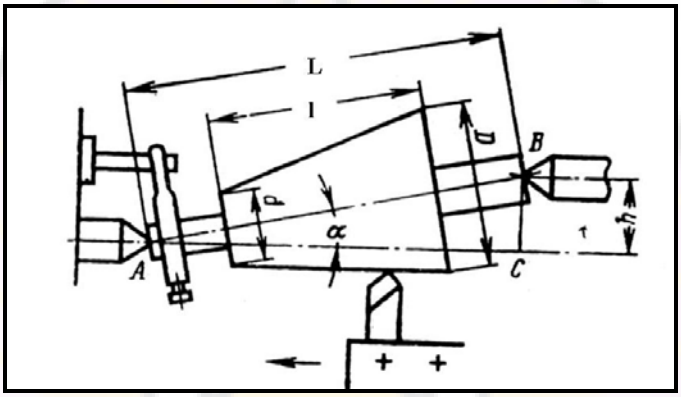
2 -يتحدد طول المخروط الذي يمكن خراطته باستخدام هذه الطريقة بالإمكانات التي تسمح بها حركة الجزء العلوي من الراسمة لذلك فهي تستخدم عند خراطة المخاريط القصيرة.

4- استخدام طريقة الزحزحة العرضية لجسم الغراب المتحرك:

عند الإزاحة العرضية لجسم الغراب المتحرك فهذا يسمح بإمالة محور دوران المشغولة عن اتجاه حركة قلم القطع بزاوية (α) هي زاوية ميل المخروط، ويصعب استخدام هذه الطريقة إذا كانت $(\alpha > 10^{\circ})$.

يتم حساب المسافة (h) وهي مقدار زحزحة الغراب المتحرك بحالتين:

أولاً: عندما لا يحتل المخروط المشغل كل المسافة بين الذنبتين أي $(l < L)$، كما في الشكل (4-63).



الشكل (4-63)

خراطة مخروط لا يشغل كل السافة بين الذنبتين

ويحسب المقدار اللازم لزحزحة جسم غراب الذيل عرضياً على الشكل التالي:

من المثلث قائم الزاوية (ABC) نجد أن:

$$BC = AB.Sin\alpha$$

$$h = L.\sin\alpha$$

وعندما تكون زاوية ميل المخروط في حدود (10°) يكون $\sin\alpha = tg\,\alpha$ وبالتالي:

$$\boxed{h = L.tg\,\alpha = L.\frac{D_1 - D_2}{2l}}$$

(h): مقدار زحزحة جسم غراب الذيل عن محور الدوران $[mm]$.

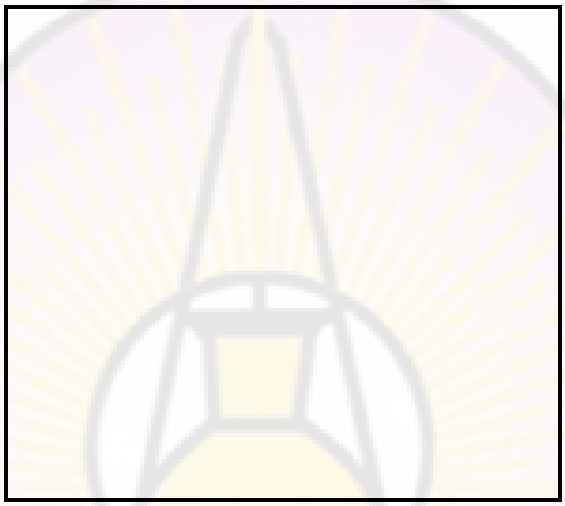
(D_1): القطر الكبير للمخروط $[mm]$.

(D_2): القطر الصغير للمخروط $[mm]$.

(L): المسافة بين الذنبتين $[mm]$.

(l): طول الجزء المخروطي $[mm]$.

ثانياً: عندما يحتل المخروط المسافة كاملةً بين الذنبتين، أي عندما يكون $(l = L)$، كما في الشكل (4-64).



الشكل (4-64)

خراطة مخروط يشغل كامل المسافة ين الذنبتين

ويحسب المقدرا اللازم لزحزحة جسم غراب الذيل عرضياً على الشكل التالي:

$$h = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

تتميز الإزاحة العرضية بإمكان الاستفادة منها على أي مخرطة.

ومن عيوبها:

1 -عدم إمكانية إجراء خراطة داخلية للسطوح الأسطوانية.

2 -تآكل الذنبتين والثقوب المركزية نتيجة انحراف الذنبتين في الثقوب المركزية عن محوريهما.

ويمكن تجنب التآكل غير المنتظم للثقوب المركزية باستخدام الذنبة الكروية.

(4-19) الخراطة التشكيلية:

في كثير من الأحيان يتم طلب قطع تتمتع بأشكال غير نظامية مثل القبضات والكامات وغيرها، وتتم خراطة السطوح المشكلة باستخدام أقلام التشكيل أو الأقلام العادية وذلك بطريقتين:

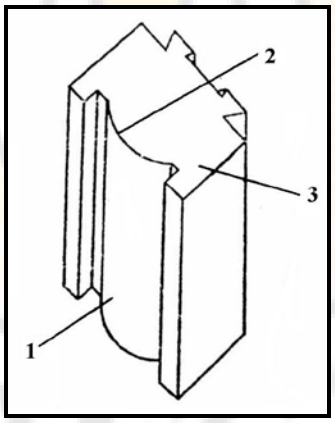
1 -تغذية مركبة وتتم بشكل يدوي.

2 -باستخدام الدليل الناسخ وتتم بشكل آلي.

وسيتم دراسة الطريقة الأولى فقط.

تتمتع أقلام التشكيل بسطح خارجي يشكل الحد القاطع يطابق تماماً السطح المراد تشكيله، وتنقسم أقلام التشكيل إلى نوعين:

1- أقلام موشورية، الشكل (4-65).



الشكل (4-65)

قلم تشكيل موشوري

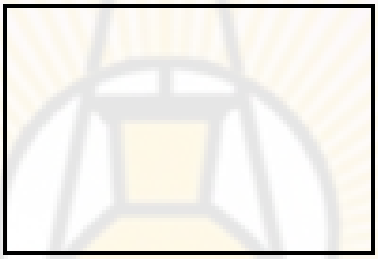
1- السطح الخلفي، 2- الحد القاطع، 3- السطح الأمامي

2- أقلام التشكيل المستديرة، الشكل (4-66).

الشكل (4–66)

الأقلام المستديرة

تصنع أقلام التشكيل في بعض الأحيان بدون زاوية خلوص كما في الشكل (4–67).



الشكل (4–67)

قلم مستدير الشكل بدون زاوية خلوص

وللحصول على زاوية الخلوص الرئيسية (α) يجب أن يشحذ السطح الأمامي لقلم التشكيل أدنى من محور القلم بمسافة (b)، كما في الشكل (4–68).

الشكل (4–68)

قلم تشكيل مستدير مع زاوية خلوص

عندما تكون القطع المراد تشكيلها طويلة بحيث تتعذر إمكانية تصنيع أقلام تشكيل تفي بالحاجة، وعندما تكون القطع المراد إنتاجها قليلة نسبياً فإننا نستخدم أقلام الخراطة العادية في عملية التشكيل هذه ويتم ذلك بإجراء تغذية عرضية وطولية بشكل مشترك ويتطلب إنجاز ذلك خبرة كبيرة من العامل المنفذ.

يوجد بعض العيوب في الخراطة التشكيلية منها الحصول على شكل جانبي غير صحيح للمشغولة وذلك بسبب:

1 -استخدام أقلام تشكيل تتمتع بشكل غير صحيح لحدها القاطع.

2 -الشحذ غير الصحيح لقلم التشكيل.

3 -انحناء المشغولة.

4 -الخلوص في العناصر الكينماتيكية لأجهزة نقل الحركة.

5 -التثبيت الخاطئ لقلم التشكيل.

ويوجد عيب آخر للخراطة التشكيلية هو عدم النعومة الكافية للسطح المشغل وذلك بسبب:

1 -الاختيار الخاطئ لزاوية الجرف.

2 -اختيار تغذية أكبر من التغذية المسموح بها.

3 -اهتزاز قلم التشكيل أثناء القطع.

4 -الصلادة الكبيرة للمشغولة.

5 -التثبيت الخاطئ لقلم التشكيل.

(4-20) تشغيل السطوح اللاتمركزية:

إذا كان للجزء الأسطواني في المشغولة محور موازٍ للمحور الرئيسي للمشغولة ولا ينطبق عليه فيقال إن سطح هذا الجزء غير متمركز وتسمى القطعة في هذه الحالة قطعة لا تمركزية.

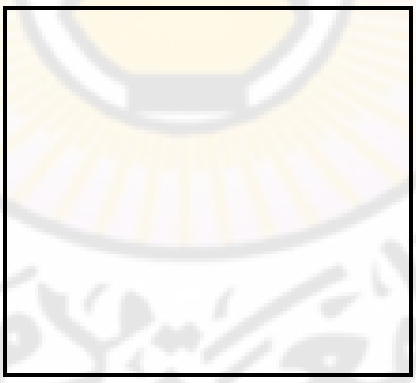
يبين الشكل (4-69) قطعة لا تمركزية محورها الرئيسي (AA) ومحورها اللامركزي (BB).

الشكل (4-69)

جزء من عمود كامات

وعند خراطة هذه القطعة يثبت على السطوح الجانبية للقطعة المعرضة للتشغيل ثقبان مركزيان يبتعدان عن بعضهما بمسافة تساوي الاختلاف المركزي (e).

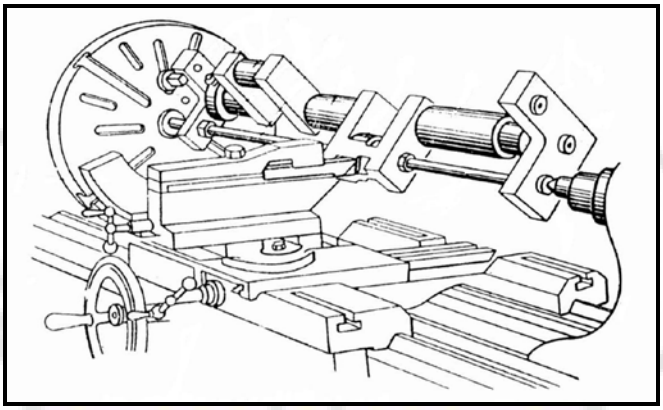
يوضح الشكل (4-70) شكل عمود المرفق.



الشكل (4-70)

عمود المرفق

ويوضح الشكل (4-71) كيفية توضع عمود المرفق على المخرطة.



الشكل (4-71)

وضع عمود المرفق عند خراطة أعناق ذراع التوصيل

(4-21) قطع اللوالب:

تجري عملية قطع اللوالب باستخدام أقلام القطع على المخرطة بشكل آلي عن طريق تعشيق الصامولة المفككة مع لولب السحب بوساطة قابض خاص بذلك، ولتحقيق عملية القطع بخطوة صحيحة مساوية خطوة اللولب المراد قطعه يجب أن يتحقق ما يلي:

كلما دار محور الدوران الرئيسي وبالتالي المشغولة دورة واحدة يجب أن يتحرك قلم القطع حركة طولية مساوية خطوة اللولب المراد قطعه.

زودت آلات الخراطة بعلب تغذية ذات إمكانات واسعة لتحقيق التغذية المناسبة لقلم القطع بشكل مباشر.

وعندما لا تتوافر الإمكانات لتحقيق التعشيق بشكل مباشر نلجأ إلى البحث عن مجموعة من المسننات تسمى المسننات القابلة للتغيير لتأمين علاقة بين سرعة دوران المشغولة والسرعة الخطية لانتقال قلم القطع.

(4-21-1) حساب عدد أسنان المسننات القابلة للتغيير:

إن المعادلة العامة لحساب نسبة تعشيق المسننات القابلة للتغيير هي:

$$\boxed{i = \frac{S_{th}}{S_g} = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}}$$

(S_{th}): خطوة اللولب المراد قطعه $[mm]$.

(S_g): خطوة لولب السحب $[mm]$.

(Z_1, Z_3): المسننات القائدة.

(Z_2, Z_4): المسننات المقودة.

وتزود المخارط عادةً بمجموعة كبيرة من المسننات القابلة للتبديل تكون وفق متتالية حسابية أساسها (5) تبدأ من العدد (20) وتنتهي بالعدد (120).

بالإضافة إلى مسننين مساعدين في قطع اللوالب الإنكليزية عدد أسنانهما (97,127).

وللتحقق من إمكانية التعشيق يجري اختباران.

الاختبار الأول:

يجب أن يكون عدد أسنان المسنن القائد الأول مضافةً إلى عدد أسنان المسنن المقود الأول أكبر من عدد أسنان المسنن القائد الثاني بـ (15) على الأقل.

$$\boxed{Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15}$$

الاختبار الثاني:

يجب أن يكون عدد أسنان المسنن القائد الثاني مضافةً إلى عدد أسنان المسنن المقود الثاني أكبر من عدد أسنان المسنن المقود الأول بـ (15) سن على الأقل.

$$\boxed{Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15}$$

وحتى يكون التعشيق سليماً يجب التأكد من صحة الاختبارين معاً.

مثال (4-2):

المطلوب اختيار المسننات المناسبة للتعشيق لخراطة لولب متري خطوته 0.5mm على مخرطة خطوة لولب السحب فيها 6mm.

الحل:

$$i = \frac{S_{th}}{S_g} = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

وبالنسبة لمثالنا هذا يكون:

$$i = \frac{0.5}{6} = \frac{1}{2\times 6} = \frac{1}{12}$$

$$i = \frac{1}{2}\times\frac{1}{6} = \frac{1\times 25}{2\times 25}\times\frac{1\times 20}{6\times 20} = \frac{25}{50}\times\frac{20}{120}$$

عدد أسنان المسننات القائدة:

$$Z_1 = 25 \quad , \quad Z_3 = 20$$

عدد أسنان المسننات المقودة:

$$Z_2 = 50 \quad , \quad Z_4 = 120$$

اختبار صحة الحل:

$$S_{th} = i.S_g$$

$$S_{th} = \frac{25}{50}\times\frac{20}{120}\times 6 = 0.5 \quad mm$$

إن الشرط محقق والحل صحيح.

اختبار إمكان التعشيق السليم:

الشرط الأول:

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15$$
$$25 + 50 > 20 + 15$$
$$75 > 35$$

الشرط الأول محقق.

الشرط الثاني:

$$Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15$$
$$20 + 120 > 50 + 15$$
$$140 > 65$$

الشرط الثاني محقق.

والتعشيق ممكن.

مثال (4-3):

المطلوب اختيار مسننات التعشيق لخراطة لولب خطوته $\frac{1''}{12}$ على مخرطة خطوة لولب السحب فيها $\frac{1''}{4}$.

الحل:

$$i = \frac{S_{th}}{S_g} = \frac{\frac{1}{12}}{\frac{1}{4}} = \frac{4}{12}$$

$$i = \frac{1}{2} \times \frac{4}{6} = \frac{1 \times 20}{2 \times 20} \times \frac{4 \times 15}{6 \times 15} = \frac{20}{40} \times \frac{60}{90}$$

المسننات القائدة:

$$Z_1 = 20 \quad , \quad Z_3 = 60$$

المسننات المقودة:

$$Z_2 = 40 \quad , \quad Z_4 = 90$$

اختبار صحة الحل:

$$i.S_g = \frac{20}{40} \times \frac{60}{90} \times \frac{25.4}{4} = \frac{25.4}{12} = S_{th}$$

والحل صحيح.

اختبار إمكانية التعشيق:

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15$$
$$20 + 40 > 60 + 15$$

الشرط غير محقق لذلك نستبدل Z_2 بـ Z_4 وتصبح المسننات:

$$\frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{20}{90} \times \frac{60}{40}$$

التحقق من شروط صحة التعشيق:

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15$$
$$20 + 90 > 60 + 15$$
$$110 > 75$$

الشرط الأول محقق.

التحقق من الشرط الثاني:

$$Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15$$
$$60 + 40 > 90 + 15$$

والتعشيق هنا غير ممكن.

بالتبديل بين المسننات لتصبح:

$$\frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{60}{90} \times \frac{20}{40}$$

عملية التحقق من صحة التعشيق:

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15$$
$$60 + 90 > 20 + 15$$
$$150 > 35$$

الشرط الأول محقق.

الشرط الثاني:

$$Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15$$
$$20 + 40 > 90 + 15$$

الشرط غير محقق والتعشيق غير ممكن.

للحل لابد لنا أن نعيد اختيار عدد أسنان المسننات.

$$i=\frac{S_{th}}{S_g}=\frac{1}{2}\times\frac{4}{6}=\frac{1}{2}\times\frac{2}{3}$$

$$i=\frac{1\times20}{2\times20}\times\frac{2\times15}{3\times15}=\frac{20}{40}\times\frac{30}{45}$$

عدد أسنان المسننات القائدة:

$$Z_1=20 \quad , \quad Z_3=30$$

عدد أسنان المسننات المقودة:

$$Z_2=40 \quad , \quad Z_4=45$$

اختبار إمكانية التعشيق:

الشرط الأول:

$$Z_1+Z_2>Z_3+15$$
$$20+40>30+15$$
$$60>45$$

الشرط الأول محقق.

الشرط الثاني:

$$Z_3+Z_4>Z_2+15$$
$$30+45>40+15$$
$$75>55$$

الشرط الثاني محقق والتعشيق صحيح.

مثال (4-4):

المطلوب إيجاد المسننات المناسبة للتعشيق لخراطة لولب ويثورت خطوته $\frac{1''}{4}$ على مخرطة خطوة لولب السحب فيها 8mm.

الحل:

$$i=\frac{S_{th}}{S_g}=\frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

تحويل خطوة اللولب المطلوب إنجازه إلى النظام الفرنسي:

$$S_{th}=\frac{1''}{4}=\frac{1}{4}\times\frac{127}{5}=\frac{127}{20}$$

وتكون نسبة التعشيق:

$$i=\frac{127}{20\times S_g}=\frac{127}{20\times 8}=\frac{127\times 1}{20\times 4\times 2}=\frac{127\times 1}{80\times 2}$$

$$i=\frac{127}{80}\times\frac{1}{2}=\frac{127}{80}\times\frac{1\times 50}{2\times 50}$$

المسننات القائدة:

$$Z_1=127 \quad , \quad Z_3=50$$

المسننات المقودة:

$$Z_2=80 \quad , \quad Z_4=100$$

اختبار صحة الحل:

$$i.S_g=\frac{127}{80}\times\frac{50}{100}\times 8=\frac{127}{20}=S_{th}$$

اختبار إمكانية التعشيق:

الشرط الأول:

$$Z_1+Z_2>Z_3+15$$
$$127+80>50+15$$
$$207>65$$

والشرط الأول محقق.

الشرط الثاني:

$$Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15$$
$$50 + 100 > 80 + 15$$
$$150 > 95$$

والشرط الثاني محقق.

والتعشيق ممكن.

مثال(4-5):

المطلوب خراطة لولب فرنسي خطوته 2mm على مخرطة خطوة لولب السحب فيها $\frac{1''}{4}$.

الحل:

$$i = \frac{2}{\frac{25.4}{4}} = \frac{8}{25.4} = \frac{2\times4}{1\times25.4}$$

$$i = \frac{2\times30}{1\times30} \times \frac{4\times5}{25.4\times5} = \frac{60}{30} \times \frac{20}{127}$$

المسننات القائدة:

$$Z_1 = 60 \quad , Z_3 = 20$$

المسننات المقودة:

$$Z_2 = 20 \quad , \quad Z_4 = 127$$

اختبار صحة الحل:

$$i.S_g = \frac{60}{30} \times \frac{20}{127} \times \frac{25.4}{4} = 2 = S_{th}$$

والشرط محقق.

اختبار إمكانية التعشيق السليم:

الشرط الأول:

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15$$
$$60 + 30 > 20 + 15$$
$$90 > 35$$

محقق.

الشرط الثاني:

$$Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15$$
$$20 + 127 > 30 + 15$$
$$147 > 45$$

محقق.

والتعشيق ممكن.

(4-21-2) أقلام القطع المستخدمة في قطع اللوالب:

تصنع أقلام القطع المستخدمة في قطع اللوالب من المواد نفسها التي تصنع منها أقلام القطع بشكل عام.

أما من حيث الشكل فيجب أن يتطابق الشكل الجانبي للحد القاطع لقلم القطع مع الشكل الجانبي للولب المراد قطعه.

تكون قيمة رأس الحد القاطع لقلم القطع عند اللولب المتري (60°)، أما بالنسبة للولب الإنكليزي أو الأنبوبي فتكون قيمة رأس الحد القاطع لقلم القطع مساوية (55°).

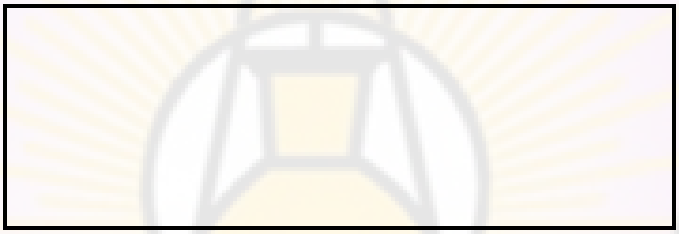
تؤخذ زاوية الجرف عادةً في عمليات التنعيم ضمن المجال $(0^\circ - 5^\circ)$، أما في العمليات التخشينية فتكون ضمن المجال $(5^\circ - 55^\circ)$ واختيار زاوية الجرف هذه يتعلق بمعدن قلم القطع ومعدن المشغولة.

أما زاوية الخلوص الرئيسية فتختار عادةً ضمن المجال $\left(5^\circ - 10^\circ\right)$، وبما أن اللوالب التي يجري قطعها بوساطة أقلام القطع تكون داخلية أو خارجية فإن أقلام القطع المستخدمة تختلف في كل حالة عن الحالات الأخرى.

إن رأس قلم القطع المخصص لقطع اللولب الداخلي يجب أن يكون عمودياً على محور نصاب القلم ويتعلق بشكل مباشر بطول الثقب المراد خراطته وبقطره.

يجب أن يثبت قلم القطع عند خراطة اللوالب بشكل منطبق على محور الذنبتين حتى يكون الشكل الجانبي للولب صحيحاً، كما أنه يجب أن يكون الخط المتوسط الجانبي للشكل الجانبي المار من رأس قلم القطع عمودياً على محور القطعة.

يبين الشكل (4-72) أشكال أقلام خراطة اللوالب.



الشكل (4-72)

أشكال أقلام خراطة اللوالب

1- لولب مثلث، 2- لولب شبه منحرف، 3- لولب منشاري، 4- لولب مستدير

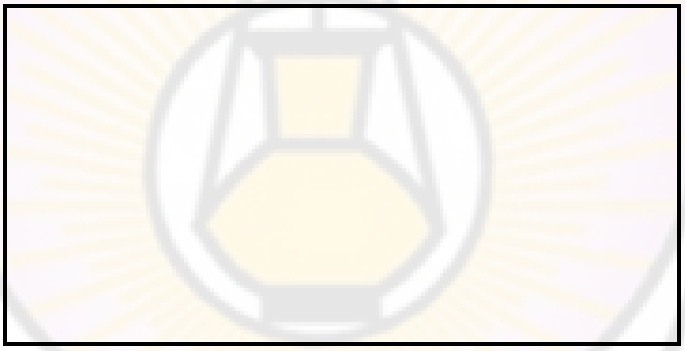
(4-21-3) قطع اللوالب المثلثية باستخدام أقلام القطع:

بعد إتمام عملية ضبط المخرطة وتركيب المسننات القابلة للتبديل التي تؤمن إنجاز اللولب وفق الخطوة المطلوبة وتثبيت المشغولة في ظرف المخرطة وقلم القطع في حامله تبدأ عملية القطع، يبين الشكل (4-73) ارتباط أجزاء المخرطة عند قطع اللوالب.

الشكل (4–73)

ارتباط أجزاء المخرطة عند قطع اللوالب

ويبين الشكل (4–74) طريقة أداء الصامولة النصفية.



الشكل (4–75)

طريقة أداء الصامولة النصفية (المفككة)

يستخدم طريقتان لقطع اللوالب على المخارط.

الطريقة الأولى:

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون $(S_{th} < 2mm)$، ويكون قلم القطع في هذه الحالة متوضعاً بشكل عمودي على محور القطعة المعرضة للتشغيل.

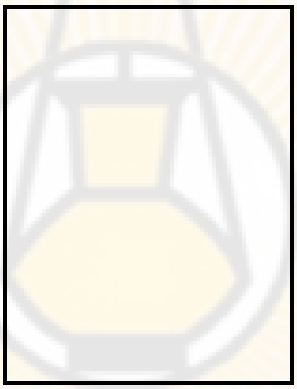
تقتضي عملية التشغيل بهذه الطريقة أنه قبل البدء بأي شوط جديد يجب إخراج قلم القطع من المجرى المثلثي وذلك بتحريك الراسمة العرضية إلى الخلف ثم تشغل المخرطة

بالاتجاه العكسي وتعاد المنزلقات الطولية للراسمة إلى الوضعية البدائية وتعاد تغذية القلم بعمق قطع جديد عن طريق حركة الراسمة العرضية إلى الأمام.

تجري عملية خراطة اللوالب بهذه الطريقة بعمق قطع يتراوح بين $(t = 0.05mm - 0.2mm)$ عند التشغيل الخشن والإنجازي.

الطريقة الثانية:

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون $(S_{th} > 2mm)$، يركب قلم القطع في هذه الحالة بشكل يميل به بزاوية مقدارها $\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ عن الخط العمودي على محور المشغولة، الشكل (76-4).



الشكل (76-6)

قطع اللولب المثلثي عن طريق تدوير الجزء العلوي من الراسمة

يجب إخراج قلم القطع من مجرى اللولب المقطوع بعد كل شوط من أشواط القلم وذلك بتحريك الراسمة العرضية بالاتجاه الخلفي بعد ذلك يتم عكس حركة عمود الدوران وبالتالي فإن المنزلقات الطولية للراسمة تعود إلى وضعها البدائي ويتم بعدها قطع شوط إضافي باستخدام عمق قطع جديد.

يحدث أثناء قطع اللوالب بوساطة أقلام القطع بعض العيوب:

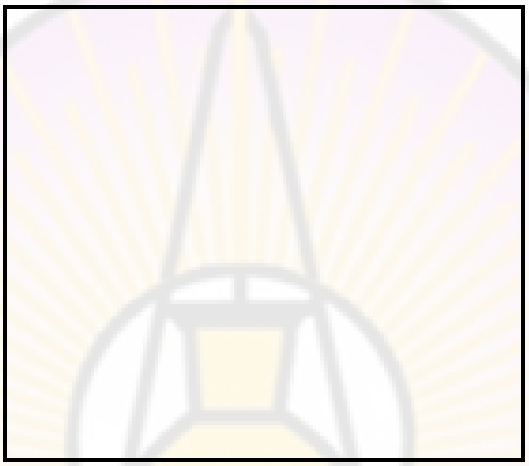
1 -عدم دقة أبعاد اللولب.

2 ـعدم صحة الشكل الجانبي.

3 ـجودة سطح اللولب المنتج غير كافية.

(4-21-4) قطع اللوالب المثلثية بأمشاط القلوظة:

يمكن استخدام أمشاط القلوظة في قطع اللوالب المثلثية الداخلية والخارجية، كما في الشكل (4-77).



الشكل (4-77)

أمشاط القلوظة

تختلف أمشاط القلوظة عن أقلام قطع اللوالب العادية بوجود عدد من الأسنان على الحد القاطع وشكل هذه الأسنان يتطابق مع شكل اللولب المراد قطعه.

وأشكال هذه الأمشاط هي:

1 ـأمشاط القلوظة المسطحة.

2 ـأمشاط القلوظة الموشورية.

3 ـأمشاط القلوظة الأسطوانية.

يتألف الجزء العامل لأمشاط القلوظة من عدد من الأسنان القاطعة بالإضافة إلى عدد من الأسنان المعايرة.

يتراوح عدد الأسنان القاطعة من $(3-2)$ أسنان مقطوعة بزاوية اقتراب أفقية (φ) وهكذا فإن كل سن تقطع بعمق قطع يزيد بقليل عن عمق القطع الذي يقطع به السن الذي يسبقه.

يحتوي الجزء المعاير الذي يلي الجزء العامل على عدد من الأسنان المعايرة يتراوح عددها بين $(4-3)$ أسنان، ويخصص الجزء المعاير لتنظيف اللولب وإنجازه.

عند قطع اللوالب بأمشاط يمكن زيادة التغذية بسبب توزع القوى على عدة أمشاط وبالتالي يقل عدد الأشواط ويطول عمر قلم القطع.

عند قطع اللولب الخارجي يجب أن يكون اتجاه اللولب لدى المشط الدائري عكس اتجاه اللولب للمشغولة، أي أنه عندما يطلب لولب يميني فإن لولب مشط القلوظة يجب أن يكون يسارياً.

أما عند قطع اللولب الداخلي فيجب أن يطابق اتجاه لولب مشط القلوظة اتجاه لولب المشغولة.

(4-21-5) قطع اللوالب المثلثية بلقم القلوظة:

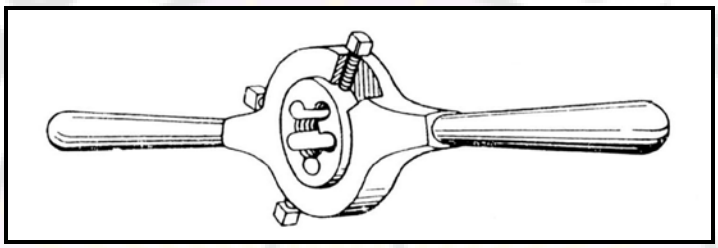
تستخدم لقم القلوظة في قطع اللوالب الخارجية وهي موضحة في الشكل (4-78).

الشكل (4-78)

لقم القلوظة

وهي عبارة عن حلقة يحتوي سطحها الداخلي على لولب مشابه للولب المراد قطعه بالإضافة إلى ذلك يوجد على محيط سطحها الداخلي مجارٍ خاصة (1) تستخدم لخروج الرايش وفي الوقت نفسه تكون هذه المجاري الحدود القاطعة (2).

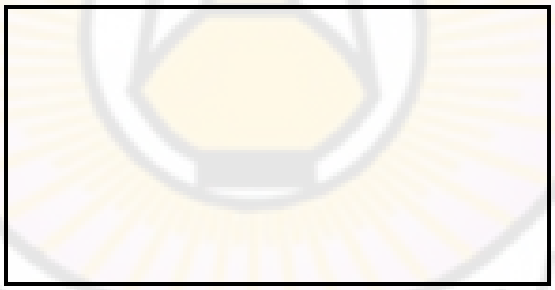
تصنع عادةً لقم القلوظة من الصلب الكربوني أو الصلب السريع القطع تكون هذه اللقم كاملة أو مشقوقة، وتثبت لقم القلوظة في حامل خاص، الشكل (4-79).



الشكل (4-79)

حامل لقم القلوظة

ويستخدم لقطع اللوالب ذكر القلوظة المبين في الشكل (4-80).



الشكل (4-80)

ذكر القلوظة

وهو لولب خاص مزود بعدد من المجاري الطولية التي تعمل على إخراج الرايش وفي الوقت نفسه تشكل الحدود القاطعة لذكر القلوظة.

يتألف ذكر القلوظة من الجزء القاطع المخروطي (1) والجزء العامل المعاير (2) والقنوات (3) والجزء الأسطواني (4) والمربع (5) الذي يستخدم لتثبيت ذكر القلوظة في حامله.

(4-22) جودة السطح المشغل:

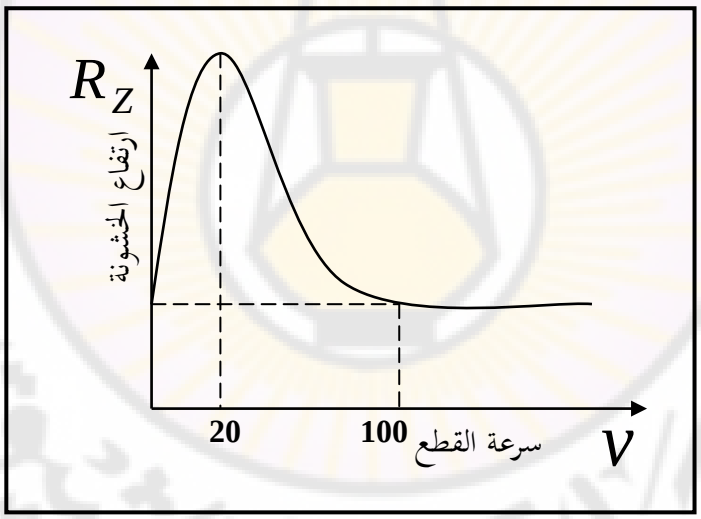
كثيراً ما يتطلب استخدام القطع المشغلة بوساطة الخراطة درجة محددة من الاستواء لهذه السطوح بخاصة عند تشغيل محاور الحركة الرئيسية والرولمانات وغيرها.

إن ما يعبر عن نوعية السطح المشغل هو الخشونة والتموج والصفات الميكانيكية والفيزيائية للطبقة السطحية.

لذلك لا بد من التعرف على العوامل التي تؤثر في جودة السطح.

1- تأثير سرعة القطع:

يبين الشكل (4-81) تأثير سرعة القطع في خشونة السطح المشغل عند تشغيل قطعة من الفولاذ.



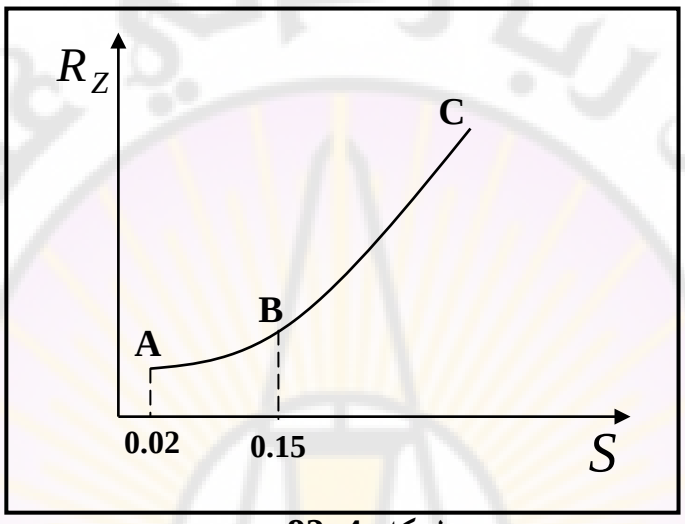
الشكل (4-81)

تأثير سرعة القطع في خشونة السطح المشغل

إن أكبر مجال لتشوه المشغولات هو عند السرعة $(20m/\min)$ أما في مجال السرعات أقل من $(2m/\min)$ أو أكثر $(70m/\min)$ فإن التغير في شكل السطح المشغل يكون ضئيلاً بسبب الحرارة وهذا يؤدي في نهاية الأمر إلى انخفاض في مقدار الخشونة.

2- تأثير التغذية في خشونة السطح المشغل:

يبين الشكل (4-82) تأثير التغذية في خشونة السطح المشغل وذلك عند تشغيل قطعة من الفولاذ.



الشكل (4-82)

تأثير التغذية في خشونة السطح

إن التغذية تترك تأثيراً كبيراً في مقدار خشونة السطح المشغل، فعندما يكون مقدار التغذية قليلاً $(0.02-0.15mm/R)$ فإن تأثير التغذية يكون قليلاً على مقدار الخشونة (الخط AB) وهذه التغذبة تناسب عمليات الإنهاء.

عندما تكون التغذية أقل من $(0.02mm/R)$ تترك أثراً كبيراً في مقدار خشونة السطح المشغل لأن عملية تشكل الرايش تكون سيئة.

عندما تزيد التغذية عن $(0.15mm/R)$ فإن الخشونة سوف ترتفع كثيراً (الخط BC) ويتعلق هذا الأمر بالعوامل الفيزيائية التي يرافقها التشوه اللدن والمرن للطبقة السطحية وبالعوامل الهندسية نتيجة تأثير شكل الحد القاطع.

3- تأثير عمق القطع في خشونة السطح:

إن عمق القطع لا يترك أثراً يذكر في خشونة السطح المشغل لذلك يمكن إهماله.

4- تأثير هندسة الحد القاطع في خشونة السطح المشغل:

تؤثر زوايا قلم القطع بشكل فعال في خشونة السطح المشغل.

تأثير زاوية الجرف:

كلما ازدادت زاوية الجرف (γ) تحسنت ظروف القطع وقل الاحتكاك بين السطح الأمامي لقلم القطع والرايش وهذا يؤثر بشكل إيجابي في نوعية السطح المشغل، وبالعكس إذا نقصت قيمة هذه الزاوية فإن السطح المشغل يكون خشناً نسبياً.

يبين الجدول التالي العلاقة بين زاوية الجرف وارتفاع الخشونة عند سرعة قطع $(v = 20m/\min)$.

γ	30°	20°	10°	0°
R_Z	1.5	1.75	1.75	2.5

أما إذا كانت سرعة القطع أكبر من $(70m/\min)$ فإن التشوه يكون قليلاً وتأثير زاوية الجرف في خشونة السطح المشغل سيكون معدوماً.

تأثير زاوية الخلوص:

إن تأثير زاوية الخلوص (α) أقل من تأثير زاوية الجرف (γ)، ويكون التأثير أعظمياً لهذه الزاوية عندما تكون صغيرة أي بحدود $(1^\circ - 4^\circ)$، أما الاستمرار في زيادة قيمة هذه الزاوية فلا يترك أثراً يذكر في خشونة السطح المشغل.

تأثير زاوية الافتراب الأفقية:

أكدت التجارب على أن خشونة السطح تزداد بازدياد زاوية الاقتراب الأفقية (φ).

5- تأثير البنية الذرية وتركيب المعدن:

إن البنية الذرية وتركيب المعدن يظهران أثراً واضحاً في خشونة السطح بعد التشغيل، فلو أُخذ الفولاذ متوسط الصلادة والذي يحتوي على نسبة متوسطة أو قليلة من الكربون يكون تركيبه الكيميائي (برليت + فريت)، أما التركيب الكيميائي للفولاذ عالي نسبة الكربون (برليت + سمنتيت).

تأثير الفريت:

إن الفريت لدن وجيد النقل للحرارة وعند تشغيله فإن جزيئات دقيقة منه تلتصق بالحد القاطع لأداة القطع وتؤدي إلى تثلمه، ونتيجة ذلك تظهر الخشونة على السطح المشغل.

تأثير السمنتيت:

إن السمنتيت صلد وزيادة نسبته تؤدي إلى زيادة نسبة الاهتراء في الحد القاطع لأداة القطع.

تأثير البرليت:

إن البرليت عبارة عن خليط من الفريت والسمنتيت.

تأثير الأوستنيت:

أكثر ليونة من البرليت وأكثر قساوة من الفريت وسيء النقل للحرارة، لذلك تظهر حرارة في منطقة الحد القاطع تؤدي إلى زيادة في خشونة السطح.

عند تشغيل الفولاذ الحاوي على نسبة عالية من الكبريت والفوسفور والمنغنيز فإن السطح المشغل سيكون أقل خشونة.

عند زيادة سرعة القطع يقل تأثير تركيب المعدن المشغل في خشونة السطح بسبب:

1 - وجود الحرارة العالية مما يؤدي إلى زيادة ليونة الطبقة السطحية للسطح المشغل وبالتالي يقل الاحتكاك.

2 -عدم حدوث تحولات في البنية الذرية للطبقة السطحية من المعدن المشغل أثناء عملية التشغيل بسبب السرعة العالية للقطع التي تؤدي إلى رفع درجة حرارة الطبقة السطحية بسرعة كبيرة لا تسمح لحدوث هذا التحول.

عند تشغيل الحديد الصب الذي يحتوي على نسبة من الغرافيت الذي يقوم بمهمة التبريد الداخلي يكون السطح المشغل أقل خشونة، وكلما زادت نسبة الغرافيت تحسنت نوعية السطح المشغل.

6- تأثير الاستواء غير الصحيح للحد القاطع لقلم القطع:

إن الحد القاطع لقلم القطع بتماسه مع السطح المشغل ينسخ شكله تماماً على المشغولة ويحدث هذا بوضوح أكثر في أقلام التشكيل العريضة، فأي خلل في استواء الحد القاطع سيترك أثراً سلبياً مماثلاً في خشونة السطح المشغل.

7- تأثير وضعية التثبيت:

كلما كان التثبيت صحيحاً وجاسئاً قل اهتزاز المشغولة وانعكس هذا الأمر إيجابياً على جودة السطح المشغل.

فعند تشغيل عمود مثبت من جهة واحدة فإن خشونة السطح تكون أكبر عند النهاية الحرة.

8- تأثير نظام القطع:

إن نظام القطع يترك أكبر أثر في خشونة السطح المشغل، فعلى سبيل المثال تقل الخشونة مع زيادة سرعة الدوران.

9- تأثير سوائل التبريد والتزيت:

تتحسن ظروف القطع باستخدام سوائل التبريد والتزييت الملائمة ويصبح السطح المشغل أكثر استواء وأقل خشونة.

(4-23) اختيار معدلات القطع:

يجري اختيار معدلات القطع حسب التسلسل التالي:

1 -يعين عمق القطع حسب تسامح التشغيل.

2 -يتم اختيار التغذية حسب جساءة المشغولة والآلة والقلم والدرجة المطلوبة من الدقة ونعومة السطح المعرض للتشغيل، ويجري تدقيقها باستعمال دليل الآلة.

3 -يعين أمد العمل المطلوب للقلم، ويعتبر أمد العمل عادةً $(30\min - 90\min)$.

4 -يتم اختيار سرعة القطع حسب عمق القطع والتغذية وأمد عمل القلم وذلك حسب الجداول المعتمدة.

5 -تدقق سرعة القطع المأخوذة من الجداول لتوافق شروط العمل الحقيقية (أمد عمل عدة القطع المتغير، التبريد، التشغيل التقشيري، مادة قلم القطع، مادة المشغولة).

6 -يجري تحديد عدد دورات عمود الدوران حسب سرعة القطع المختارة وقطر المشغولة.

7 -يدقق عدد دورات عمود الدوران في دليل الآلة.

8 -اعتماداً على القيمة المختارة لعمق القطع والتغذية يجري حساب قوة القطع على وجه التقريب بالنسبة للمادة المراد تشغيلها.

9 -يحدد عزم مقاومة القطع بالصيغة $M_m = \frac{P_Z . D}{2} \quad [kgmm]$.

10 -يتم اختيار عزم الدوران على العمود بالنسبة لعدد الدورات المأخوذ من دليل الآلة ويقارن مع عزم مقاومة القطع، وإذا كانت قدرة الآلة قليلة ينبغي تخفيض سرعة القطع.

(4-24) تصنيف المخارط المستخدمة في خراطة السطوح الأسطوانية الداخلية والخارجية:

تستخدم بشكل واسع مخارط الذنبة التقليدية ولكن في بعض الحالات التي يتطلب بها إنتاج قطع ذات أشكال خاصة أو أتمتة عالية للإنتاج فيتم استخدام مخارط خاصة تفي بالغرض المطلوب، وأكثر هذه المخارط شيوعاً:

1 -المخارط الرأسية.

2 -المخارط الجبهية.

3 -المخارط متعددة أقلام القطع.

4 -المخارط البرجية.

5 -المخارط نصف الأتوماتيكية.

6 -المخارط الأتوماتيكية.

1-المخارط الرأسية:

عمود الدوران فيها يدور بشكل رأسي (عمودي) على طاولة تثبيت أفقية، الشكل (4-83).

الشكل (4–83)

مخرطة رأسية

تصلح المخارط الرأسية لتشغيل قطع بقطر يصل حتى $(1500mm)$، تحتوي هذه المخارط بشكل عام على قائم عمودي (1) يحمل عارضة (2) تتحرك عليها العربة (3) مع الرأس الدوار (4) ويمكن أيضاً للراسمة الجانبية مع الرأس المقطعي (5) التحرك على موجهات القائم الرأسية (6).

أما المخارط الرأسية المستخدمة في تشغيل القطع الكبيرة والتي يزيد قطرها عن $(1500mm)$ فإنها تحتوي على قائمين رأسيين ويصل قطر الطاولة الأفقية إلى $(25m)$.

2–المخارط الجبهية:

يبين الشكل (4–84) مخرطة جبهية.

الشكل (4–84)

مخرطة جبهية

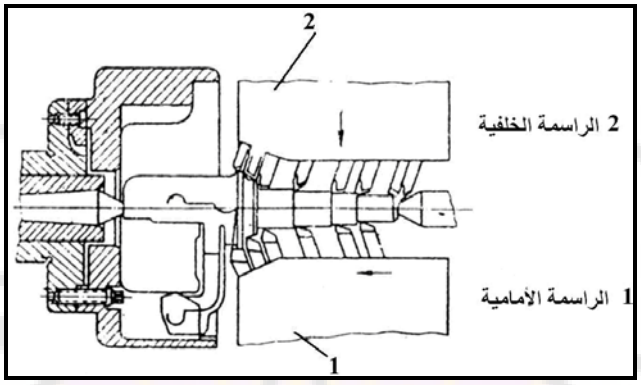
تتميز هذه المخرطة عن مخرطة الذنبتين بعدم وجود غراب الذيل أما علبة السرعة التي تقع الصينية (2) على محورها فتوجد في غراب الرأس (1).

تستخد هذه المخارط في خراطة المشغولات ذات الأقطار الكبيرة والسماكات القليلة.

3–المخارط متعدة أقلام القطع:

تستخدم هذه المخارط عند تشغيل مجموعات كبيرة من القطع والتي يمكن تشغيلها بعدة أقلام قطع في وقت واحد اختصاراً لزمن التشغيل الأساسي.

يتلخص مبدأ عمل هذه المخارط في أن التشغيل يجري بوساطة عدة أقلام مثبتة في حوامل مجمعة تستطيع أن تحمل هذه الأقلام مجتمعة وتركب هذه الحوامل على راسمات خاصة طولية وعرضية لتفي بالغرض المطلوب.



الشكل (4–85)

التشغيل بواسطة المخارط متعددة أقلام القطع

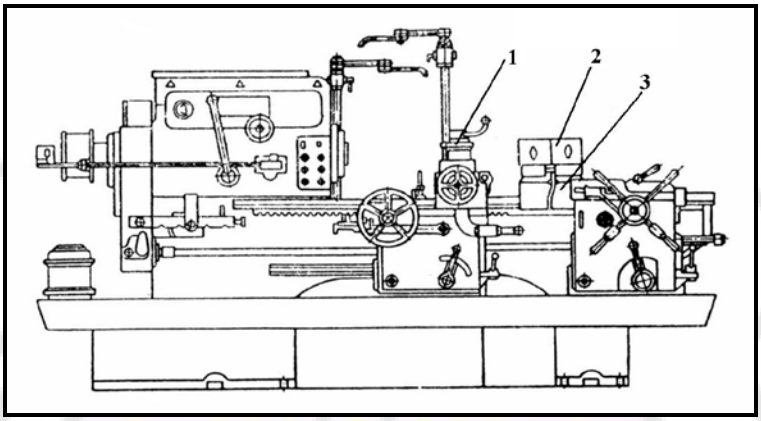
4–المخارط البرجية:

تستخدم هذه المخارط لتصنيع مجموعة كبيرة من القطع ذات الثقوب المحورية.

تختلف المخارط البرجية عن مخارط الذنبة بأنها تحتوي على رأس برجي دوار عوضاً عن غراب الذيل، يستخدم لتثبيت أدوات القطع اللازمة ويكون الرأس البرجي هذا مسدساً وتكفي إدارته مقدار سدس دورة للحصول على أداة قطع أخرى.

يثبت الرأس البرجي مع الراسمة البرجية مما يسمح له بالتحرك معها على طول فرش المخرطة.

يبين الشكل (4–86) مخرطة برجية.



الشكل (4–86)

مخرطة برجية

1– الرأس المقطعي، 2– الرأس البرجي، 3– الراسمة البرجية

5– المخارط نصف الأتوماتيكية:

تختلف عن المخارط الأتوماتيكية بأن تحميل القطع وتفريغها يتم بشكل يدوي بوساطة العامل، وتعد المخارط البرجية والمخارط متعددة أقلام القطع مخارط نصف أوتوماتيكية.

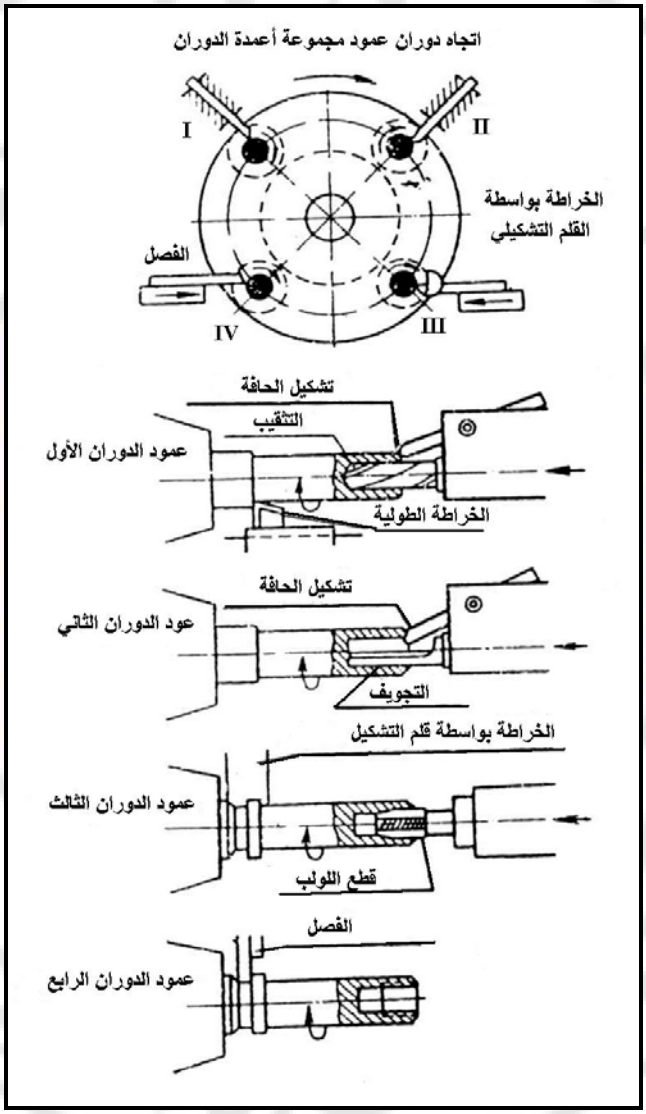
6–المخارط الأوتوماتيكية:

تتم عملية إنتاج القطع بالكامل بشكل أوتوماتيكي وتشمل عملية الإنتاج هذه تصنيع القطعة وحركة أدوات القطع المختلفة بالإضافة إلى عمليات التحميل والتفريغ.

يمكن أن تكون المخارط الأوتوماتيكية ذات عمود دوران واحد أو متعددة أعمدة الدوران، ويمكن أن تكون رأسية أو أفقية.

تعد عملية ضبط الآلة قبل التشغيل من أهم أسس استخدام هذه المخارط وتتوقف دقة التشغيل على دقة الضبط، لذلك فالعامل الذي يقوم بعملية الضبط يجب أن يتمتع بدرجة عالية من المهارة والخبرة، ويقتصر استخدام هذه المخارط على الإنتاج الكمي بسبب ارتفاع تكاليفها.

يوضح الشكل (4-87) مخطط عمل مخرطة أوتوماتيكية ذات أربعة أعمدة دوران رئيسية.



الشكل (4-87)

رسم تخطيطي لعمل مخرطة أوتوماتيكية بأربعة أعمدة دوران

يتم تثبيت القطع في الظروف المركزية لأعمدة الدوران الرئيسية الأربعة وتدار هذه الأعمدة الأربعة بوساطة عمود الدوران الرئيسي.

يتم تشكيل كل قطعة من القطع في أربع وضعيات ولكل وضعية تشغيلية يوجد راسمة نصف قطرية مجهزة بمجموعة مناسبة من أقلام القطع، ويوجد راسمة طولية لجميع الأعمدة من أجل الخراطة الطولية وعمليات التثبيت وعملية تشكيل اللوالب.

بعد أن يتم فصل القطعة في الوضعية (IV) يتحرك القضيب آلياً إلى الأمام ويثبت في الظرف المركزي ثم يندفع القرص المحوري مع الأقلام إلى الخلف ويدور مع العواميد الأربعة بمقدار (90°).

وبذلك يصبح القضيب أمام مجموعة من الأقلام تقوم بإجراء عمليات التشغيل المطلوبة ويقترب كل قضيب نحو مجموعات الأقلام بالتناوب إلى أن يتم فصل القطعة في الوضعية (IV).

(4-25) قواعد صيانة المخرطة:

من الضروري مراعاة كافة قواعد صيانة المخرطة بحيث تكون آلياتها صالحة للعمل، ولا يمكن تأمين عمل الآلة الطبيعي خلال مدة طويلة إلاّ بالخدمة الجيدة والصيانة الكافية.

يجب على مشغّل المخرطة تنظيف الآلة من الرايش بعد انتهاء العمل بشكل يومي وتنظيف الموجهات والراسمة من سائل التبريد والأوساخ العالقة فيهم، عند تنظيف الآلة يفضل استخدام قطعة قطنية ناعمة، وبعد التنظيف يجب تزييت موجهات الفرش والراسمة بطبقة رقيقة من زيت الآلات.

تحرك العربة يدوياً على امتداد الفرش إلى الخلف والأمام عدة مرات بغية توزيع الزيت بشكل متساوي على سطح موجهات الفرش.

يعتبر تزييت الأجزاء المحتكة كافة في الوقت ذاته إحدى القواعد الرئيسية لصيانة الآلة.

أما كراسي تحميل الأجزاء الدوارة للآلة فينبغي تزييتها بدقة خاصة وتوجد لهذه الغاية مزيتات وثقوب التزييت التي يتم ملؤها بزيت الآلات الصافي خلال كل وردية عمل واحدة على الأقل، ويجب غلق المزيتات بعد التزييت بأغطية أو سدادات أو مسامير مقلوظة حتى لا يتسخ الزيت أو تنسد ثقوب التزييت ولا يحبّذ إغلاق المزيتات بالقطن أو القطع القماشية لأنها يمكن أن تسبب اتساخ السطوح المحتكة.

يجري تشحيم بعض كراسي التحميل بالشحم الكثيف الذي يحفظ في مزيتات خاصة ذات أغطية.

ويجب تنظيف السطوح المخروطية لعمود الدوران في غراب الرأس وممسك الذنبة المتحرك لغراب الذيل من الأوساخ بدقة وذلك قبل تثبيت أدوات القطع أو الذنبة فيها.

ومن الضروري مراقبة عدم تسرب المواد الزيتية إلى السيور الناقلة للحركة لأنه يسبب انزلاق السير على البكرة.

(4-26) اختبار دقة المخرطة:

عند اختبار دقة آلات الخراطة يجري اختبار موجهات الفرش واهتزاز عمود الدوران ولولب السحب بشكل أساسي.

(4-26-1) اختبار دقة موجهات الفرش:

ينبغي أن تكون موجهات الفرش مستقيمة في الاتجاه الطولي، وتظهر عليها أحياناً عند التآكل خدوش وتموجات وغيرها، ويمكن كشف هذا التآكل بفحص السطح وبواسطة العدد القياسية.

لتعيين مقدار التآكل يتم تثبيت مسطرة بشكل متتالٍ على الفرش ومن ثم يحدد الخلوص بين السطوح والمسطرة بواسطة الفاصل الضوئي.

يمكن اعتبار تآكل الفرش طبيعياً إذا كان بمقدار $(0.02mm)$ على طول $(1000mm)$ عند ارتفاع الذنبتين حتى $(300mm)$، وعندما يكون ارتفاع الذنبتين أكثر من $(300mm)$ يسمح بأن يبلغ التآكل $(0.03mm)$ على الطول نفسه.

يجب أن تكون موجهات الفرش لغراب الذيل موازية لموجهات العربة، ويجري اختبار التوازي بواسطة مؤشر مثبت في حامل القلم على العربة التي تنتقل على الفرش.

إن الانحراف المسموح به هو $(0.01mm)$ بالنسبة للآلات التي يكون ارتفاع الذنبتين فيها حتى $(200mm)$، و $(0.02mm)$ بالنسبة للآلات التي يكون ارتفاع الذنبتين فيها يزيد عن $(200mm)$.

ويجري اختبار أفقية موجهات الفرش بواسطة ميزان التسوية الذي يوضع فوق مسطرة تتوضع على الموجهات، ويبلغ الانحراف المسموح به $(0.05mm)$ على طول $(1000mm)$.

(4-26-2) اختبار دقة محور الدوران:

ينبغي أن يكون محور عمود الدوران موازياً لموجهات الفرش على المستوى الرأسي والأفقي، ولاختبار ذلك توضع في الثقب المخروطي لعمود الدوران شياق الاختبار ويجري الفحص بواسطة المؤشر إذ لا ينبغي أن يوجد اهتزاز على امتداد طولها.

يثبت المؤشر على العربة ويوضع بشكل يجب معه أن يتلامس ساعد المبين مع الشياق في مستوي رأسي ومن ثم في مستوي أفقي.

تزحزح العربة عند كل وضع تثبيتي على امتداد الشياق بطول $(300mm)$ وتعلّم انحرافات المبين التي يجب أن لا تزيد في المستوي الرأسي عن $(0.01mm)$ بالنسبة للآلات التي يبلغ ارتفاع الذنبتين فيها $(200mm)$، وعن $(0.02mm)$ بالنسبة للآلات التي يبلغ ارتفاع الذنبتين فيها $(400mm)$.

أما في المستوي الأفقي فيجب ألاّ يزيد انحرافات المؤشر عن $(0.01mm)$ للآلات التي لا يحدد ارتفاع الذنبتين فيها.

ويسمح بانحراف الشياق اعتباراً من يمين غراب الذيل في المستوي الرأسي نحو الأعلى فقط أما في المستوي الأفقي فباتجاه القلم فقط.

ينبغي أن تدور أعناق عمود الدوران بدون اهتزاز، ويجري اختبار اهتزاز عمود الدوران بواسطة المؤشر المثبت في الرأس المقطعي، يبلغ الانحراف المسموح به $(0.01mm)$ عندما يكون ارتفاع الذنبتين حتى $(350mm)$ و $(0.02mm)$ عندما يكون ارتفاع الذنبتين أكثر من $(350mm)$.

ويجب ألاّ يتزحزح عمود الدوران ويجري اختبار ذلك كالحالة السابقة.

كما يجب ألاّ تهتز قمة غراب الرأس عند الدوران ويجري الاختبار بالطريقة السابقة نفسها.

(4-26-3) اختبار دقة لولب السحب:

يجري اختبار دقة خطوة لولب السحب بواسطة شياق ملولب دقيق مثبت بين ذنبتي غراب الذيل وغراب الرأس.

يتم ضبط الآلة حسب خطوة لولب الشياق ثم تشغل الآلة وتراقب إشارات المظهر.

إن الانحرافات المسموح بها هي $(0.03mm)$ على طول $(100mm)$ و $(0.05mm)$ على طول $(300mm)$ للآلات التي يبلغ ارتفاع الذنبتين فيها حتى $(400mm)$.

(4-26-4) الاختبار العملي لدقة آلات الخراطة:

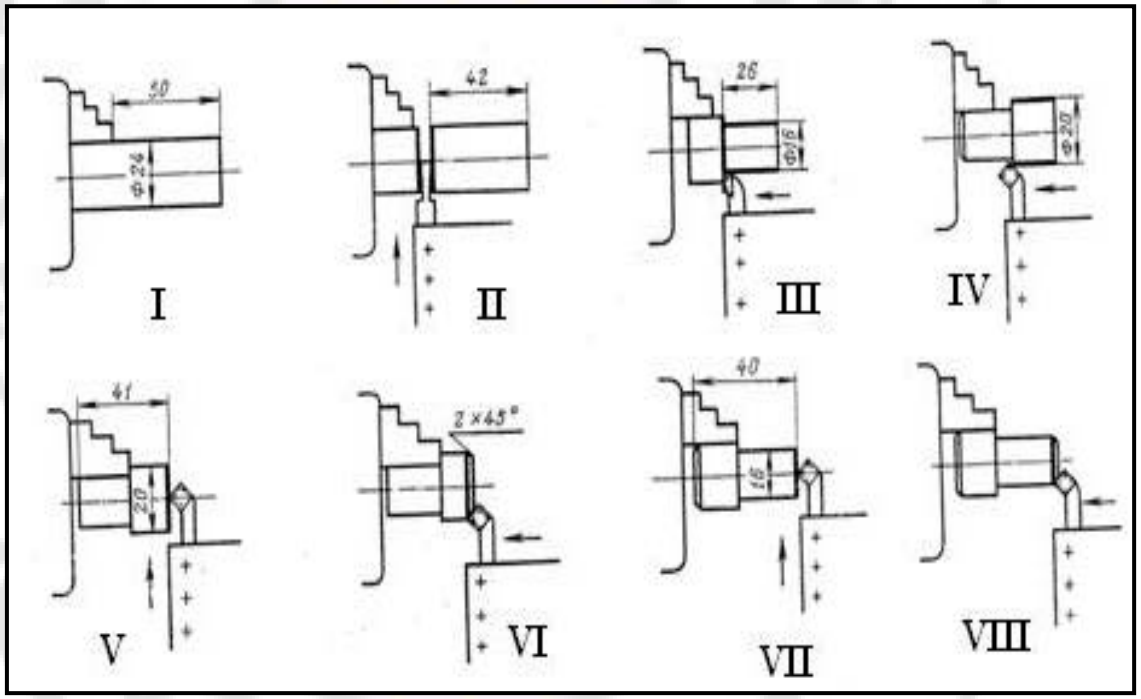
يجري بالإضافة إلى الاختبارت الهندسية السابقة اختبار عملي لدقة آلة الخراطة، والغاية منه تقدير دقة الآلة أثناء العمل عند تشغيل قطع ذات سطح أسطواني وطرفي.

تحدد أثناء هذا الاختبار الانحرافات عن الشكل البيضوي الصحيح، والشكل المخروطي الصحيح والشكل المستوي الصحيح، والتي يجب ألاّ تزيد عن الانحرافات المعتمدة في المواصفات العالمية.

(4-27) الخطة التشغيلية:

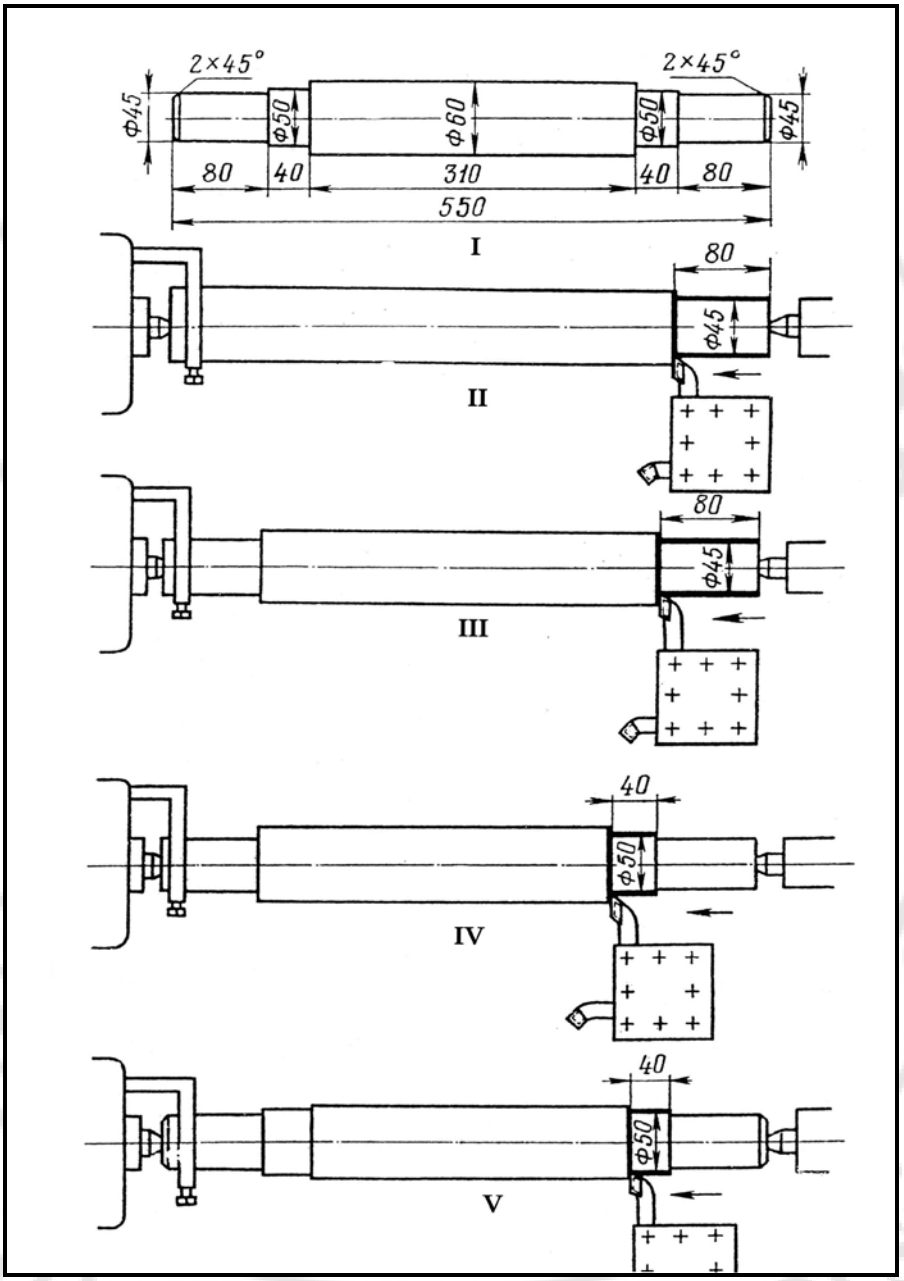
وهي تخطيط العمليات التكنولوجية لتشغيل القطع، توضع في رسوم منظمة تضم مادة المشغولة وأبعادها والعمليات كافة التي تتم على المشغولة.

يبين الشكل (4-88) الخطة التشغيلية لقطعة أسطوانية صغيرة.



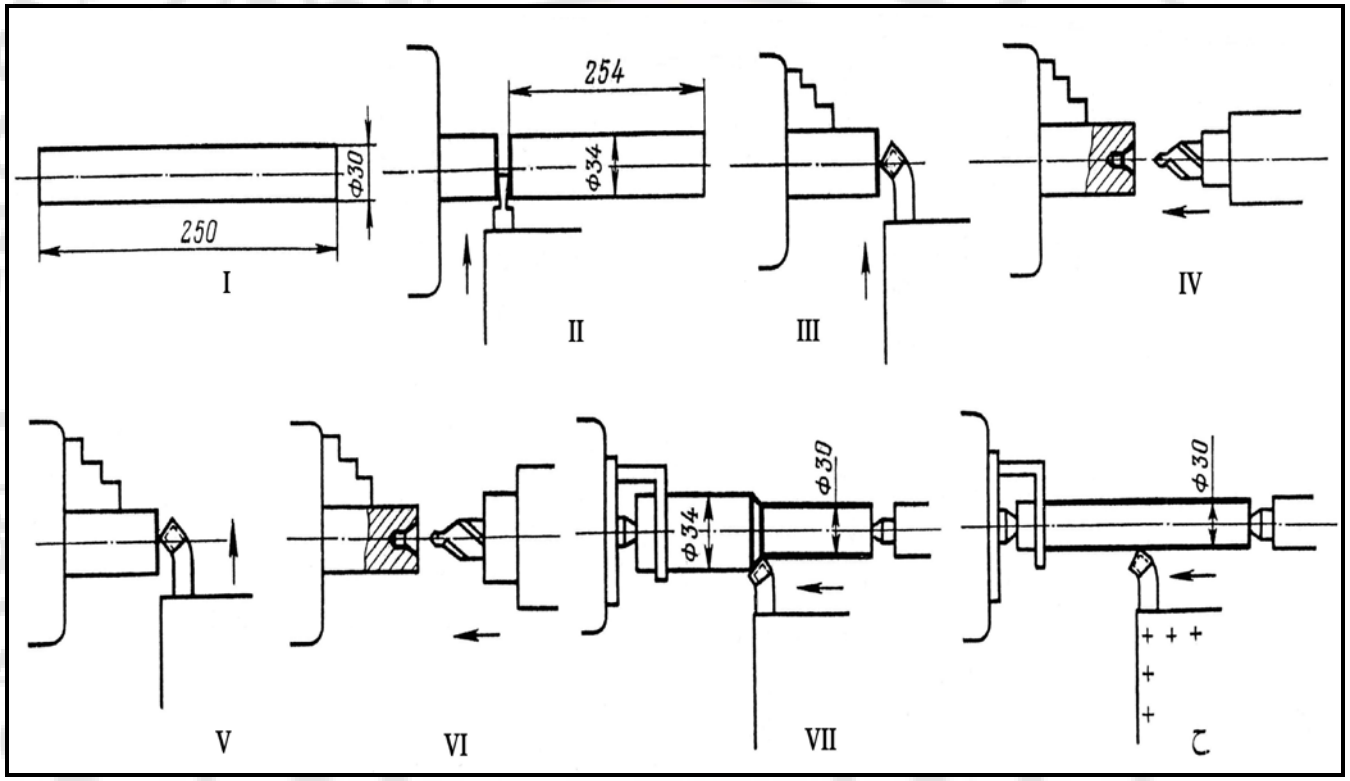
الشكل (4–88) الخطة التشغيلية لقطعة أسطوانية صغيرة بالجملة

يبين الشكل (4–89) الخطة التشغيلية لعمود مدرج.

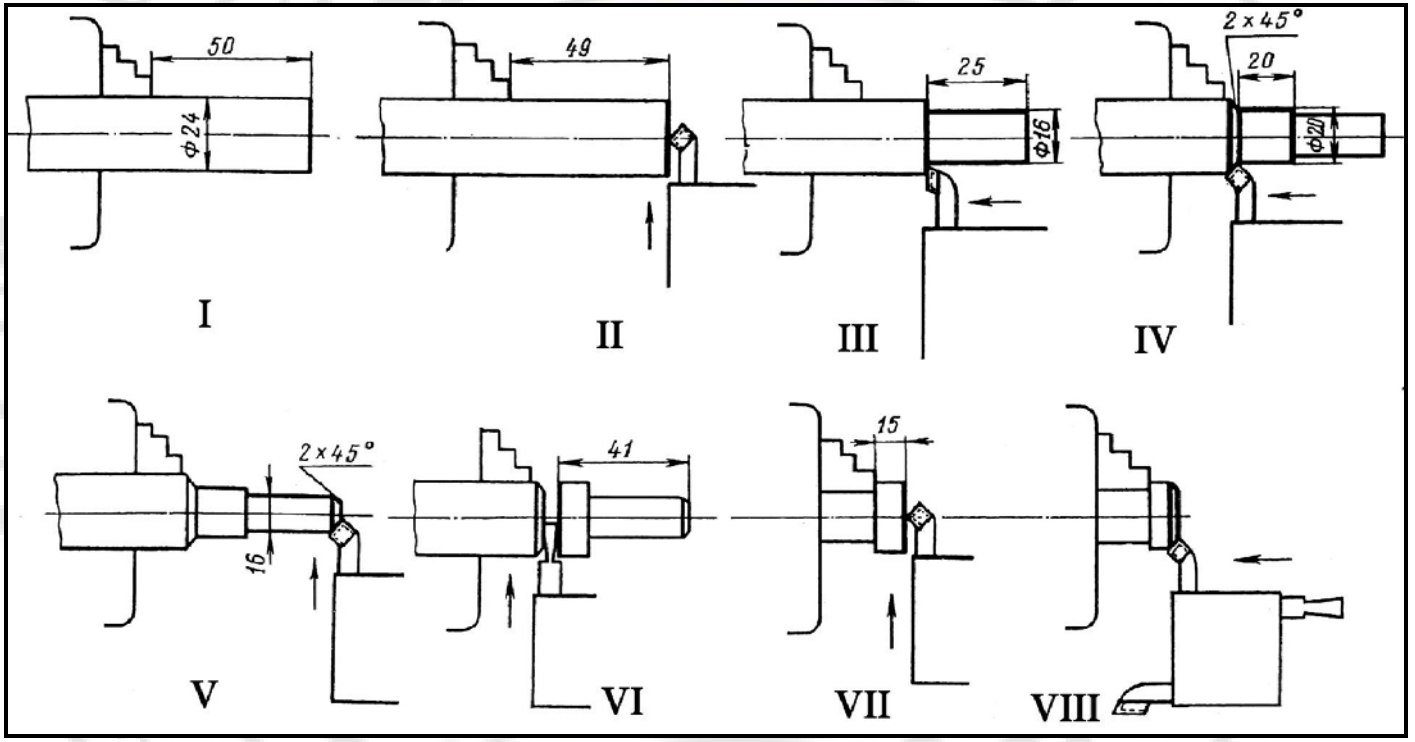


الشكل (4–89)

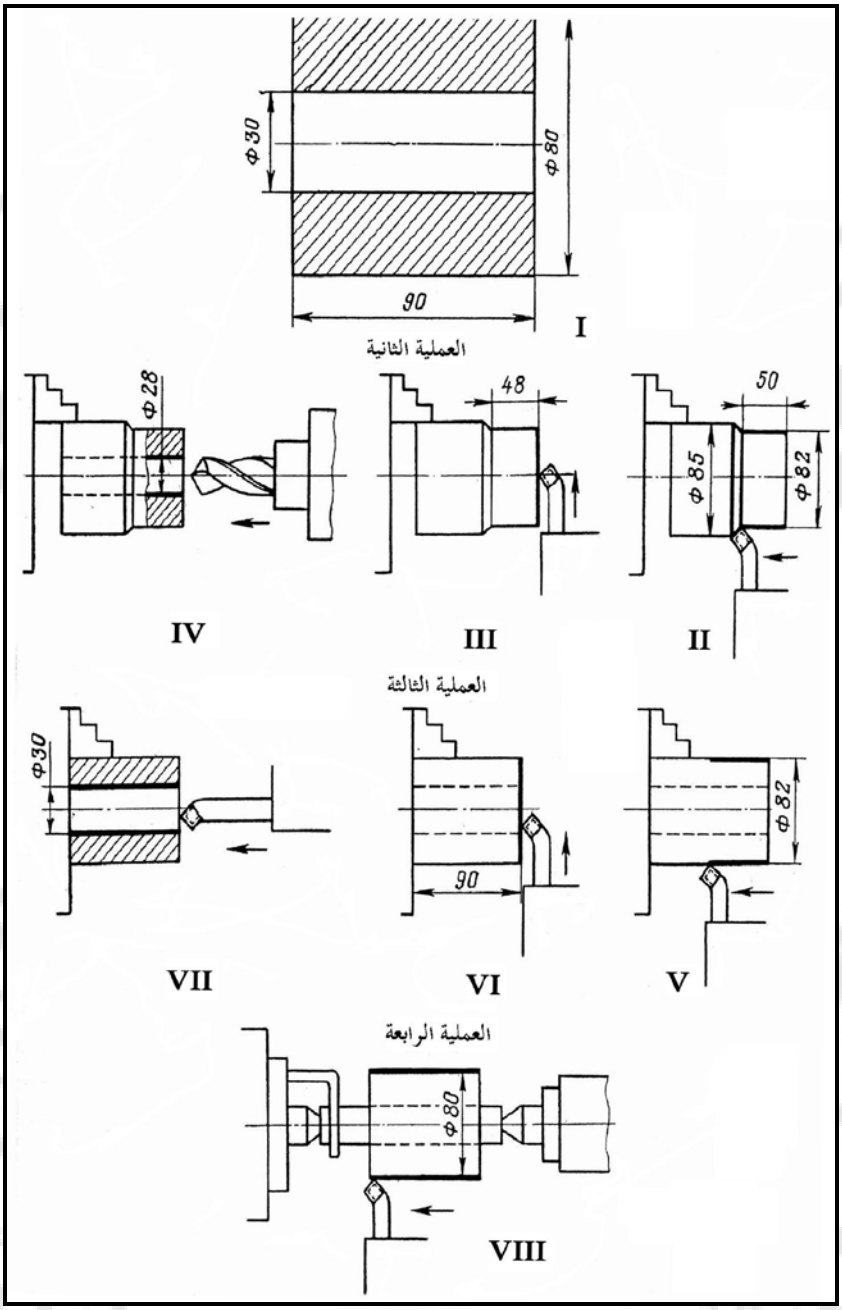
الخطة التشغيلية لعمود مدرج



الشكل (4–90) الخطة التشغيلية لعمود أملس

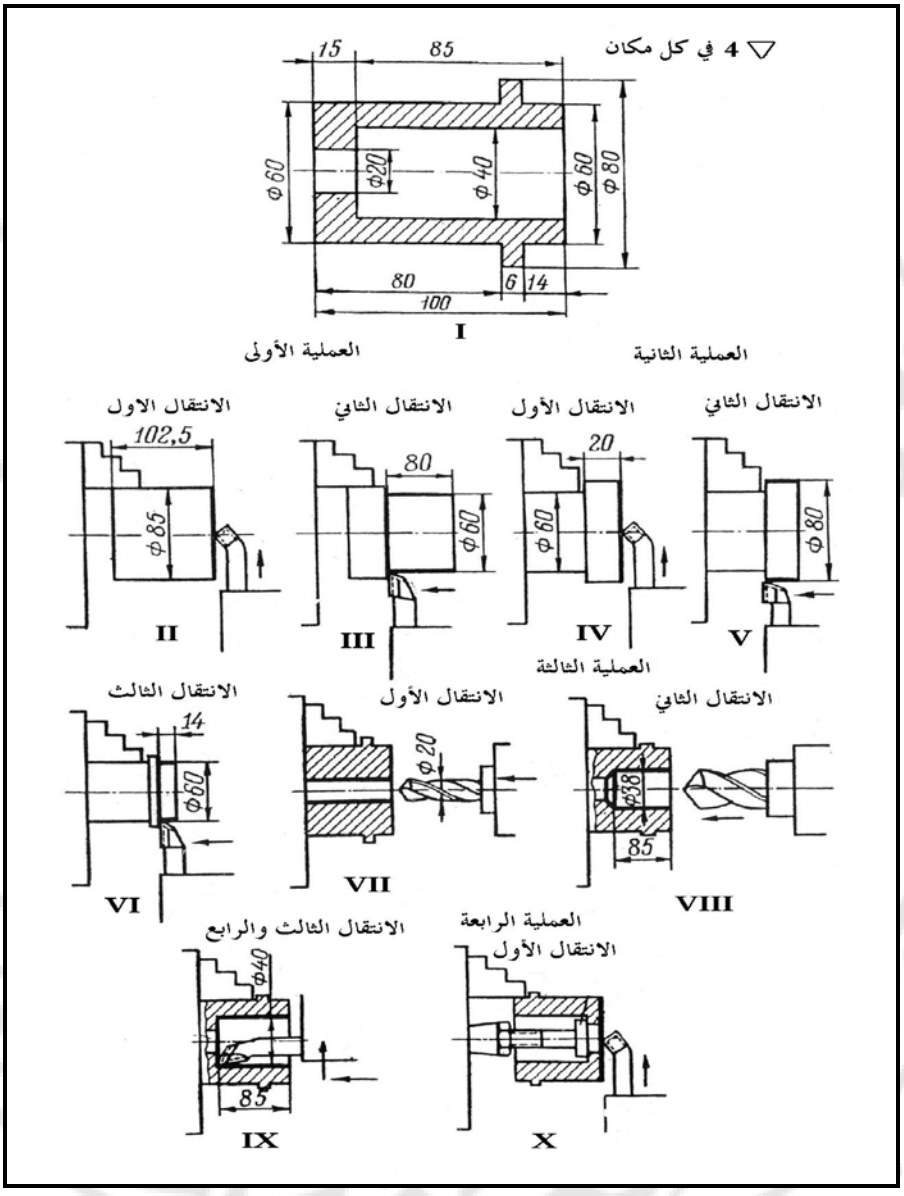


الشكل (4–91) الخطة التشغيلية لقطعة أسطوانية



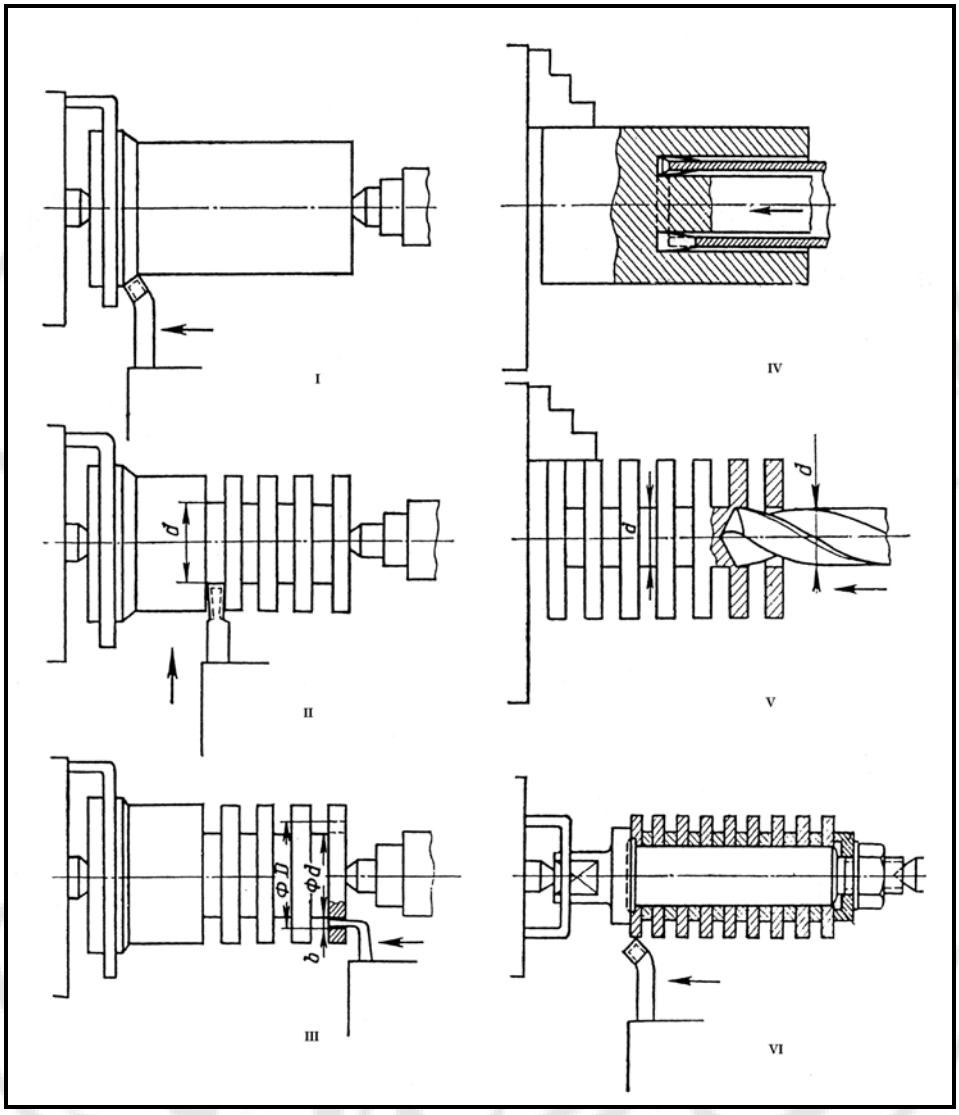
الشكل (4–91)

الخطة التشغيلية لمجموعة من الجلب الملساء



الشكل (4–92)

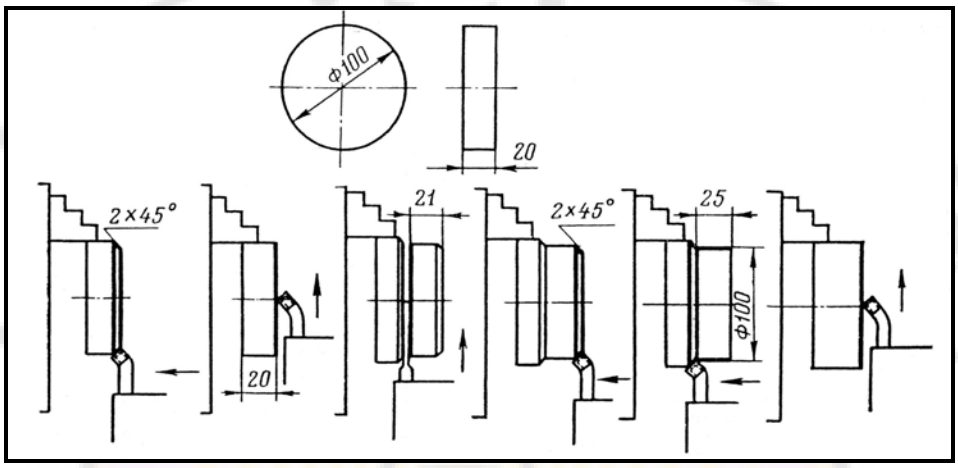
تسلسل عمليات الخراطة لكوب ذي شفة في الإنتاج المتسلسل



الشكل (4–93)

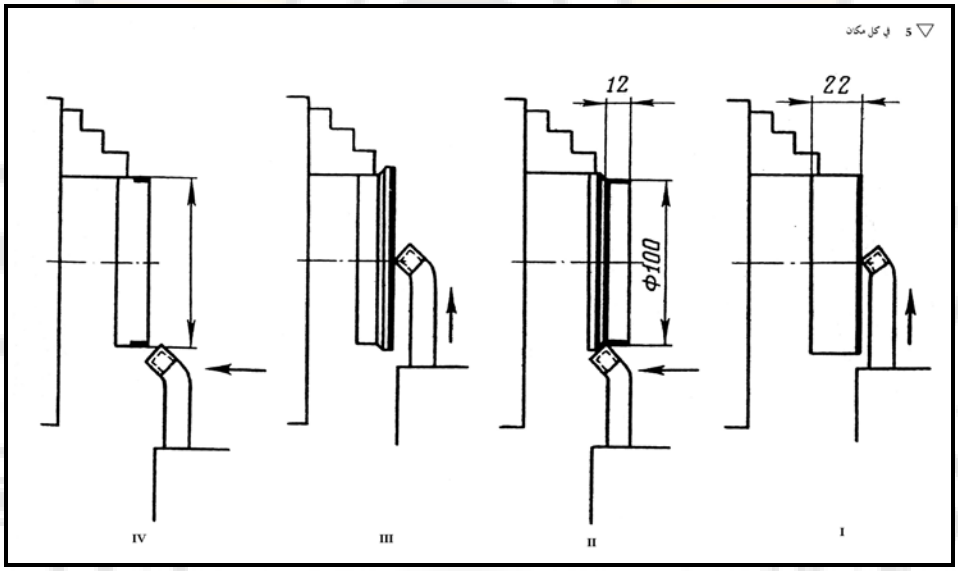
الخطة التشغيلية لخراطة الأقراص ذات الثقوب في الإنتاج المتسلسل

Damascus University



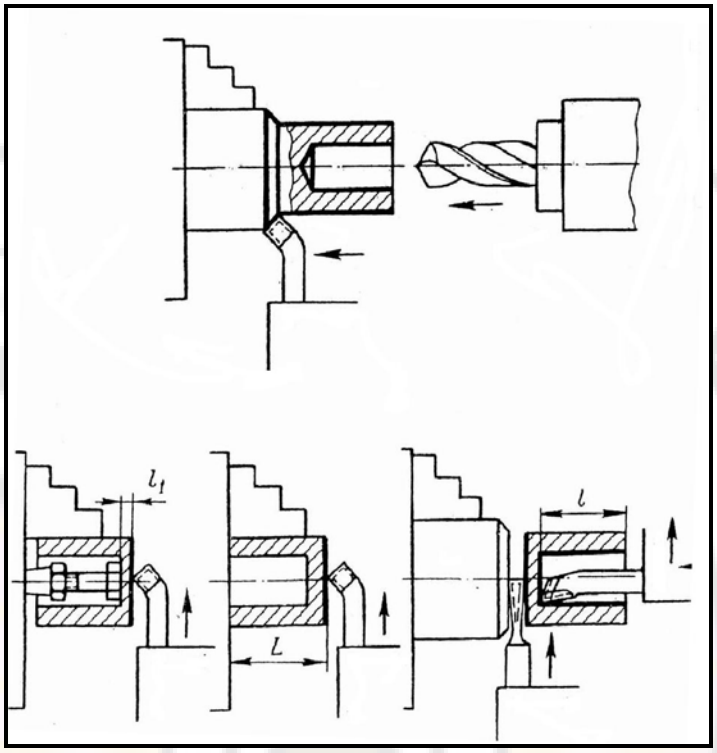
الشكل (4–94)

تسلسل عمليات خراطة قرص أملس في الإنتاج المفرد



الشكل (4–95)

تسلسل عمليات الخراطة لقرص أملس في الإنتاج المتسلسل



الشكل (4–96)

تسلسل عمليات الخراطة لكوب أملس

(4-28) مثال للتشغيل:

المطلوب تشغيل وتجليخ عمود دودي فيه دودة ذات بابين موديولها $(8mm)$ وزاوية جانبية (40°)، تشغل الأسطح الأسطوانية المخصصة لتركيب المحامل الدلفينية وتجلخ حسب الإزواج الموضح.

يعمل انحسار في نهاية كل من السطحين المطلوب تجليخهما وذلك لتوفير خلوص لحركة قرص التجليخ.

تخصص المجاري الدائرية في الطرف الأيمن للعمود لتركيب حلقة إحكام مرنة لتحديد الوضع المحوري للمحمل الدلفيني، أما وظيفة اللولب $(M\,18\times1)$ فهي تثبيت الوضع المحوري للحلقتين الداخليتين لمحملين دلفينيين مخروطيين عن طريق صامولتين حلقيتين.

يجلّخ المخروط بنسبة $(1:10)$ ليقوم باستقبال قرص إقران يتم ضغطه على العمود بصامولة على سن اللولب $(M\,12)$.

الشكل (4–97)

يقطع بالنشر عمود مستدير من فولاذ $(41Cr4V)$ قطره $(50mm)$ وطوله $(240mm)$ وتثبت القطعة في ظرف ثلاثي الفكوك.

ينجز ثقب المركزة بمثقب مركزة أو بمثقب حلزوني وأداة تخويش، ثم تدخل الذنبة النصفية في الغراب المتحرك وتجري الخراطة الجبهية لطرف المشغولة.

بارامترات التشغيل:

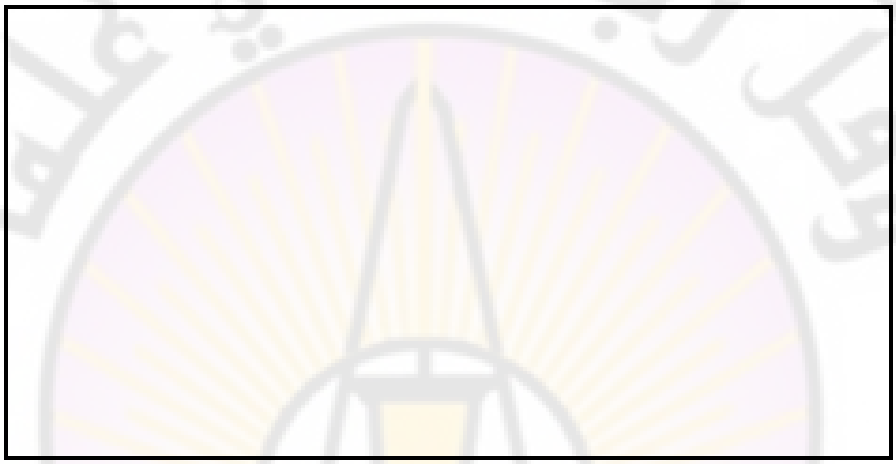
$$v = 75m/\min \quad s = 0.2mm/r \quad n = 450r.p.m$$

الشكل (4–98)

تستبدل الذنبة بأخرى عادية، ويشغل الجانب القصير من المشغولة خراطة أولية على أربع مراحل كما موضحة في الشكل.

بارامترات التشغيل:

$$v = 60m/\min \quad s = 0.4mm/r \quad n = 335 - 450r.p.m$$



الشكل (4–99)

يعكس وضع المشغولة وينجز ثقب المركزة وتركب الذنبة النصفية ثم تنجز عملية الخراطة الجبهية لطرف العمود.

بارامترات التشغيل:

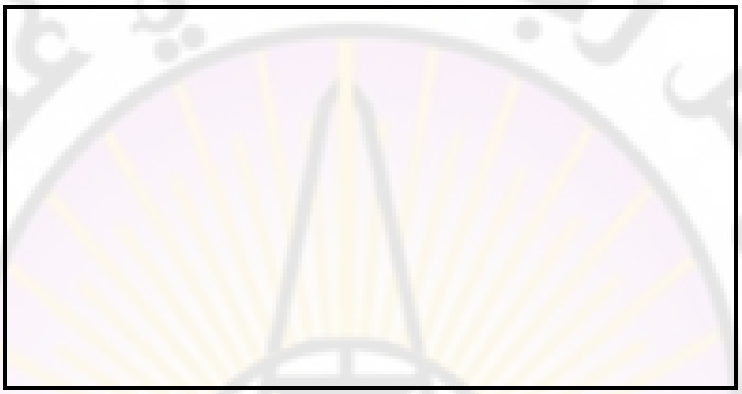
$$v = 75m/\min \quad s = 0.4mm/r \quad n = 450r.p.m$$

الشكل (4–100)

تستبدل الذنبة بأخرى عادية ويخرط الجانب الطويل من المشغولة خراطة أولية على أربعة مراحل.

بارامترات التشغيل:

$$v = 60m/\min \quad s = 0.4mm/r \quad n = 355 - 450r.p.m$$



الشكل (4–101)

يعاد تثبيت المشغولة بعد سحبها إلى خارج الظرف ويخرط الجزء المخصص للدودة خراطة سطحية.

بارامترات التشغيل:

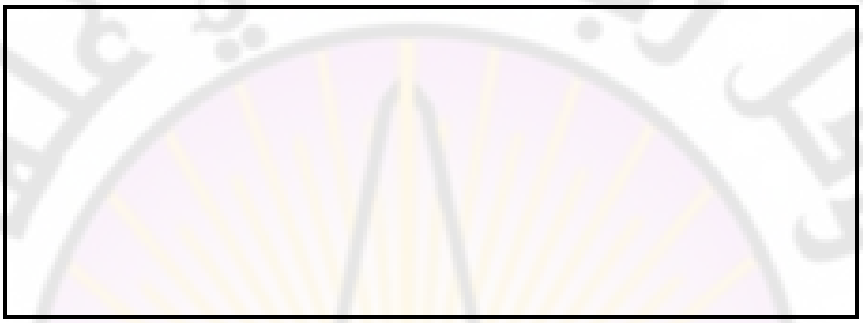
$$\left(v = 150m/\min \quad s = 0.1mm/r \quad n = 900r.p.m\right)$$

الشكل (4–102)

يتم حساب وتركيب مسننات التغيير اللازمة للولب، ثم يقطع سن الدودة بقلم خراطة تشكيل عن طريق تغذية تعاقبية إلى اليسار وإلى اليمين.

بارامترات التشغيل:

$$v = 4.5m/\min \quad n = 28r.p.m$$



الشكل (4–103)

يتم تصليد وتطبيع عمود الدودة الذي تمت خراطته خراطة أولية للتوصل إلى مقاومة إجهاد عالية.

تثبت المشغولة بين الذنبتين ويخرط الجانب القصير للوصول إلى مقاس دقيق، ويتم شطب الحرف الأيمن وخراطة الدودة من الخارج إلى القطر المطلوب.

بارامترات التشغيل:

$$v = 150m/\min \quad s = 0.1mm/r \quad n = 1400r.p.m$$

يخرط المجرى الداخلي لحلقة الإحكام المرنة ويخرط انحسار الخلوص بتغذية يدوية.

بارامترات التشغيل:

$$v = 5m/\min \quad n = 90r.p.m$$

الشكل (4–104)

يعكس وضع تثبيت المشغولة ويخرط الجانب الطويل خراطة إنجازية نهائية وتشكل أنصاف الأقطار.

بارامترات التشغيل:

$$v = 150m/\min \quad s = 0.1mm/r \quad n = 1400r.p.m$$

يشطب حرف المشغولة ويخرط انحسار الخلوص مع تغذية يدوية

$$.v = 5m/\min \quad n = 90r.p.m$$

تخرط الأسطح الواجهية لأسنان الدودة خراطة إنجازية مع ترك زيادة قليلة للتجليخ.

$$v = 4.5m/\min \quad n = 28r.p.m$$

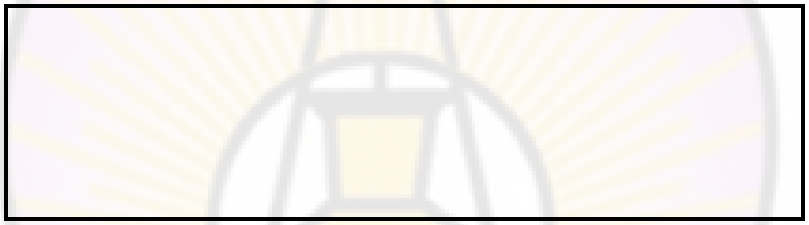
الشكل (4–105)

تمال الراسمة الحاملة قلم الخراطة بمقدار $\left(2^{\circ}50^{\prime}\right)$ ويخرط المخروط مع ترك مسافة للتجليخ وذلك بتغذية يدوية.

$$v = 150m/\min \quad n = 1400r.p.m$$

الشكل (4–106)

يقطع سن اللولب $(M\,18\times1)$ ويقطع سن اللولب $(M\,12)$، $(n=56r.p.m)$



الشكل (4–107)

الفصل الخامس

عمليات التشغيل بالتفريز

Milling Processes

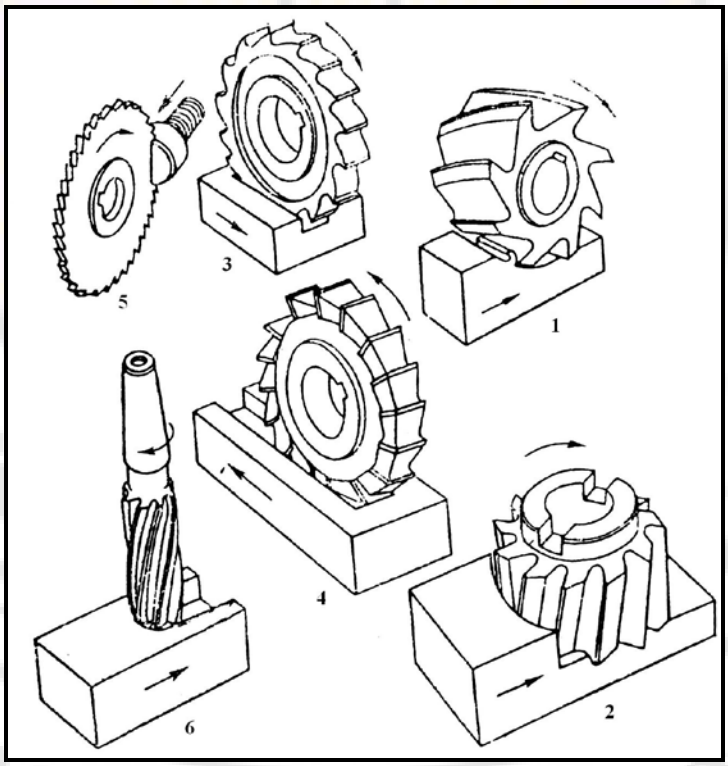
وقل رب زدني علما
Damascus University

(5-1) عملية التفريز:

التفريز هو طريقة من طرق التشغيل بالقطع، ويتم بواسطة أداة قطع متعددة حدود القطع وتسمى مقطع التفريز.

أثناء عملية الدوران تنغرس أسنان مقطع التفريز في المشغولة ويقوم كل سن من أسنان مقطع التفريز بفصل كمية معينة من الرايش وبهذه العملية تكتسب المشغولة الشكل والأبعاد المطلوبة.

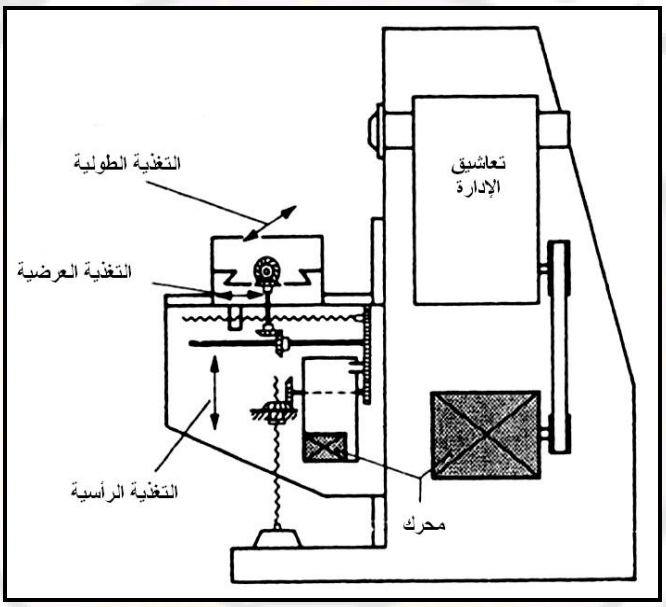
تنقسم مقاطع التفريز تبعاً لوضع الأسنان بالنسبة إلى سطح التشغيل إلى مقاطع تفريز أسطوانية وجبهية وواجهية وجانبية كما في الشكل (5-1).



الشكل (5-1)

مقاطع التفريز 1- أسطواني، 2- واجهي، 3- الشفبي، 4- جانبي، 5- منشاري، 6- طرفي

في عملية التفريز تتم الحركة الرئيسية عن طريق دوران مقطع التفريز حول محوره وتتحدد بعدد دورات عمود الدوران لآلة التفريز في الدقيقة $(r.p.m)$، أما حركة التغذية فتقوم بها الطاولة التي تحمل المشغولة وتكون إما متوافقة مع اتجاه دوران مقطع التفريز أو معاكسة له وتتحدد بمقدار حركة الطاولة مع المشغولة المثبتة عليها بالنسبة إلى مقطع التفريز في الدقيقة (mm/r).



الشكل (5–2)

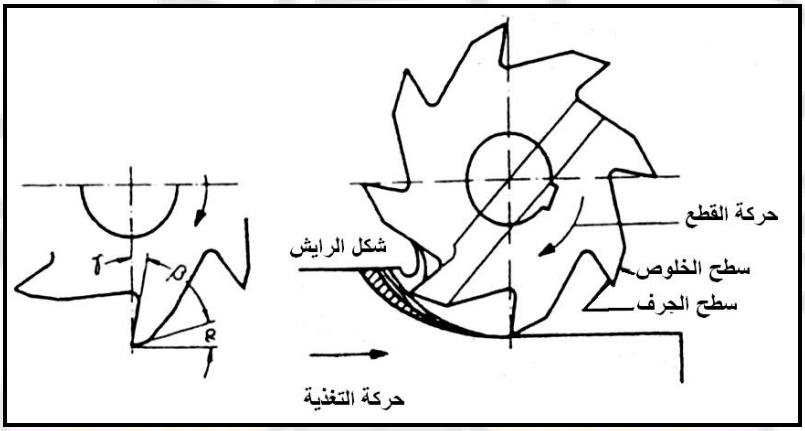
الحركات في آلة التفريز

إن الانتشار الواسع لعملية التفريز كان مرتبطاً بشكل خاص بتطور الإنتاج بالجملة لأن عملية التفريز تسمح بتشغيل القطع المتشابهة من عناصر الآلات بكميات كبيرة وبالدقة المطلوبة وفي زمن قصير.

ويمكن إجراء عملية القطع باستخدام مقاطع التفريز بعدة طرق ستتم دراستها بشكل تفصيلي.

(5-2) هندسة مقطع التفريز:

إن مقطع التفريز هو مقطع معقد الأسنان وكل سن من أسنانه يمثل مقطعاً بسيطاً، كما يوضح الشكل (5-3) شكل هذا المقطع.



الشكل (5-3)

مقطع التفريز

يتكون مقطع التفريز من:

1 -السطح الأمامي للسن (سطح الجرف)، وهو السطح الذي ينساب عليه الرايش.

2 -السطح الخلفي للسن (سطح الخلوص)، وهو السطح المتجه أثناء عملية القطع نحو سطح القطع.

3 -ظهر السن، وهو السطح المواصل للسطح الأمامي لأحد الأسنان، وقد يكون مستوياً أو منكسراً أو متعرجاً.

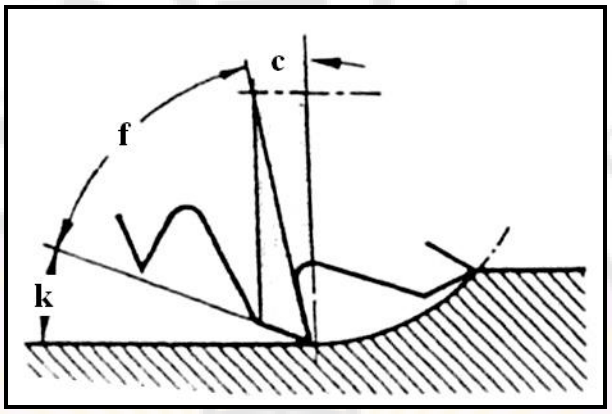
4 -المستوي الجانبي، وهو مستوي مقطع التفريز المتعامد مع محوره.

5 -المستوي المحوري، وهو المستوي المار عبر محور مقطع التفريز والنقطة المأخوذة على حرفه القاطع.

6 -الحرف القاطع، وهو الخط الناتج عن تقاطع السطحين الأمامي والخلفي للسن.

7 -الحرف القاطع الرئيسي، وهو الحرف الذي يقوم بإنجاز العمل الأساسي للقطع.

ويشكل الإسفين النمط الأساسي للحد القاطع في مقاطع التفريز، وتماثل زواياه زوايا قلم الخراطة، كما في الشكل (5-4).



الشكل (5-4)

زوايا مقطع التفريز

ويتوقف اختيار زوايا الحد القاطع في مقطع التفريز على نوع مادة المشغولة ونوعية التفريز وأسلوب التفريز المتبع.

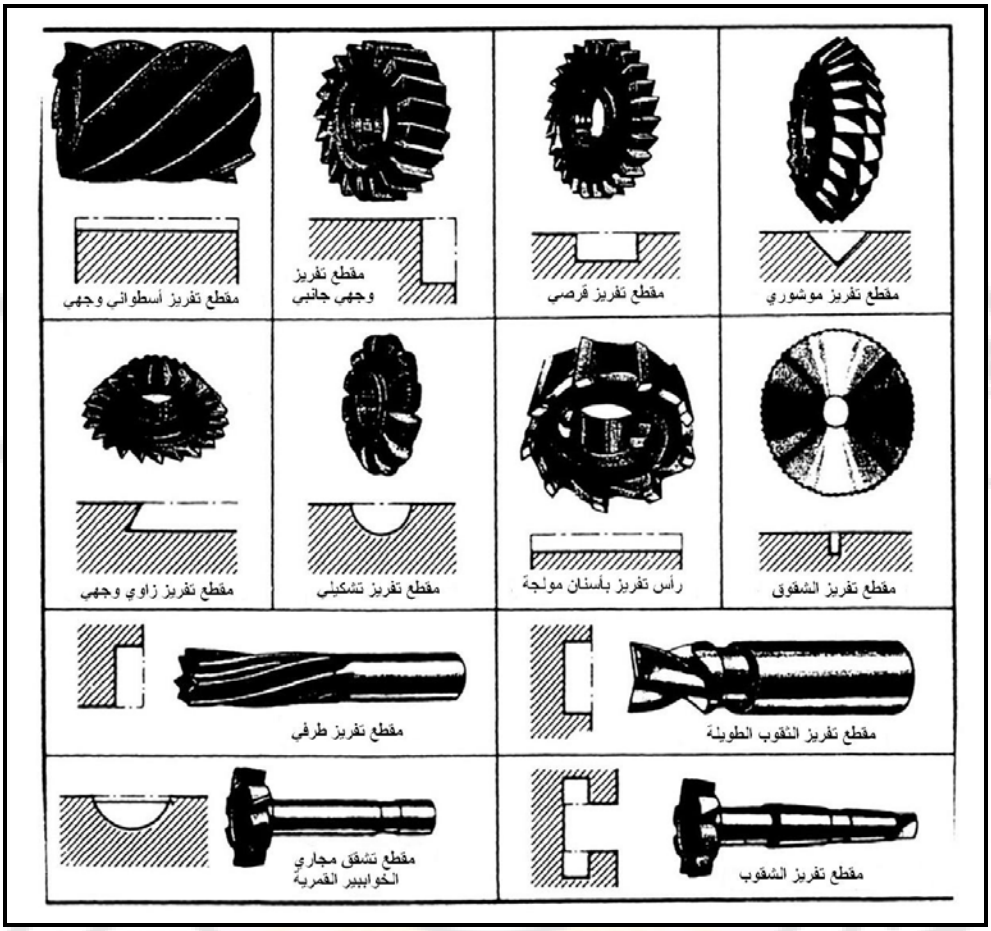
(5-3) مقاطع التفريز:

يوضح الشكل (5-5) مقاطع التفريز الشائعة.

تنقسم مقاطع التفريز حسب شكل الأسنان إلى:

1 -مقاطع تفريز عدلة (مستقيمة الأسنان).

2 -مقاطع تفريز حلزونية (لولبية الأسنان).



الشكل (5-5)

مقاطع التفريز شائعة الاستخدام

وتستخدم مقاطع التفريز مستقيمة الأسنان في تشغيل السطوح المعقدة، وعيبها الوحيد هو عدم سهولة عملها لأن كل سن ينغرس في المشغولة تتركه دفعة واحدة بكل عرض المقطع ويؤدي هذا الأمر إلى حدوث صدمات واهتزازات.

أما استخدام مقاطع التفريز الحلزونية يكون أكثر سهولة في العمل لأنه أثناء العمل يشترك سنان على الأقل في عملية القطع وإضافةً إلى ذلك فإن الأسنان الحلزونية تساعد على خروج الرايش الذي يتم إبعاده عن منطقة القطع بواسطة المجرى الحلزوني.

ويوجد نوعان من مقاطع التفريز الحلزونية:

1 -مقاطع تفريز حلزونية يسارية.

2 -مقاطع تفريز حلزونية يمينية.

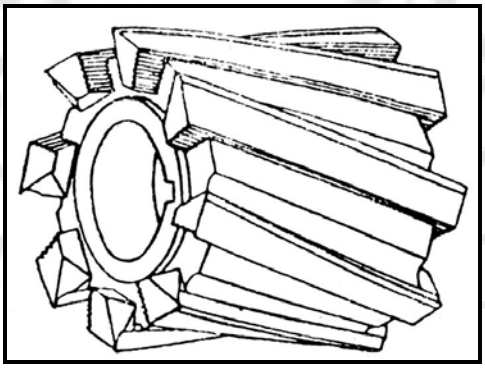
وهناك قاعدة بسيطة لتحديد الاتجاه الصحيح للأسنان، حيث يوضع مقطع التفريز على سطحه الجانبي وتحدد الجهة التي يتجه بها اللولب أثناء ارتفاعه إلى أعلى.

إذا كان اللولب يتجه أثناء ارتفاعه إلى أعلى من اليسار إلى اليمين يكون المقطع يمينياً، أما إذا كان الاتجاه من اليمين إلى اليسار فيكون المقطع يسارياً.

إن تصنيع مقاطع التفريز من كتلة واحدة، أي أن يكون الجسم والأسنان من معدن واحد، أمر غير اقتصادي وبخاصة إذا كانت أبعاد المقطع كبيرة وذلك لأن تآكل الأسنان بعد تجليخها المتكرر يؤدي إلى تلف المقطع كاملاً، لذلك تستخدم مقاطع التفريز ذات الأسنان القابلة للفصل بشكل واسع في عمليات التشغيل بالتفريز وخاصةً عند الإنتاج الكمي.

إن أقطار مقاطع التفريز ذات الأسنان القابلة للفصل تكون أكبر من $(60mm)$ ويصنع عادةً جسم مقطع التفريز من صلب الإنشاءات الكربوني، أما أسنانه فتصنع من الصلب سريع القطع أو من الصلب الكربوني الذي تلحم عليه شرائح رقيقة من اللقم الكربيدية.

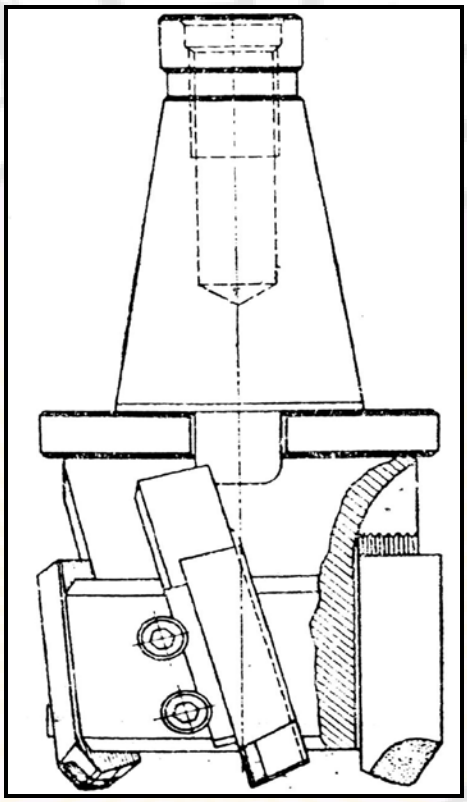
يبين الشكل (5-6) مقطع تفريز أسطواني ذي أسنان قابلة للفصل مصنوعة من الصلب سريع القطع.



الشكل (5–6)

مقطع تفريز أسطواني ذو أسنان قابلة للفصل مصنوعة من الصلب سريع القطع

ويبين الشكل (5–7) مقطع تفريز واجهي للتفريز الكمي مزود برقائق كربيدية.



الشكل (5–7)

مقطع تفريز واجهي ذو أسنان قابلة للفصل مصنوعة من السبائك الصلدة

أثناء عملية القطع يجب أن تكون أسنان مقاطع التفريز متجهة تبعاً لاتجاه دوران مقطع التفريز، وحسب اتجاه الدوران نستطيع أن نحدد هل مقاطع التفريز يمينية القطع أو يسارية القطع.

يمكن استخدام القواعد التالية في تحديد اتجاه القطع في مقطع التفريز:

1- أثناء تشغيل العمود الرئيسي للفارزة الأفقية ننظر إلى مقطع التفريز من الطرف الجانبي لعمود الدروان الرئيسي.

فإذا كان اتجاه دوران المقطع في هذه الحالة متفقاً مع اتجاه دوران عقارب الساعة فإن عمود الدوران يعد يمينياً ويسمى مقطع التفريز في هذه الحالة يميني القطع، أما إذا كان دوران مقطع التفريز معاكساً لاتجاه دوران عقارب الساعة فإن دوران عمود الدروان يعد يسارياً ويسمى مقطع التفريز في هذه الحالة يساري القطع.

أما إذا نظرنا إلى عمود الدروان من اتجاه طاولة آلة التفريز فإن مقطع التفريز اليميني يبعد الرايش إلى اليمين، أما مقطع التفريز اليساري فيبعد الرايش إلى اليسار.

2- أثناء تشغيل العمود الرئيسي للفارزة الرأسية ننظر إلى مقطع التفريز من أعلى، وفي هذه الحالة يدور مقطع التفريز يميني القطع في اتجاه عقارب الساعة ويدور مقطع التفريز يساري القطع في الاتجاه المعاكس لدوران عقارب الساعة.

3- في الحالات العادية يدور عمود الدوران الرئيسي إلى اليسار في آلات التفريز الأفقية ويدور إلى اليمين في آلات التفريز الرأسية.

ويمكن عكس اتجاه القطع في حالة مقطع التفريز الأسطواني بعكس وضع المقطع على الشياق، أما في حالة مقطع التفريز الواجهي فإن اتجاه القطع يكون ثابتاً.

إن لمقاطع التفريز قليلة الأسنان والتي تتمتع بخطوة واسعة فراغات كبيرة بين الأسنان مخصصة لخروج الرايش وبشكل عام تكون أسنانها متينة جداً عند القاعدة وتستخدم مقاطع التفريز هذه عندما تكون مقاطع الرايش سميكة.

أما عندما يكون مقطع التفريز كثير الأسنان فإنه يستخدم في عمليات التفريز الإنجازية.

وفي مقاطع التفريز ذات الأسنان القابلة للفصل يكون عدد الأسنان عادةً أقل منه في المقاطع العادية التي لها الحجم نفسه، ذلك لأن عناصر ربط الأسنان القابلة للفصل

يتطلب مكاناً معيناً في المقاطع ذات الأسنان القابلة للفصل، لذلك فإن المقاطع ذات الأسنان القابلة للفصل تنتمي عادةً إلى المقاطع كبيرة الأسنان.

بشكل عام يمكن تصنيف مقاطع التفريز على الشكل التالي:

أ- حسب اتجاه السن:

1 -ذات أسنان قائمة.

2 -ذات أسنان مائلة.

3 -ذات أسنان حلزونية.

4 -ذات أسنان مختلفة الاتجاهات.

ب- حسب تصميم السن:

1 -ذات أسنان حادة.

2 -ذات أسنان مخلصة.

ج- حسب البنية الداخلية لمقطع التفريز:

1 -قطعة واحدة.

2 -تركيبية.

3 -ذات أسنان ملقمة.

4 -ذات رؤوس قابلة للفك.

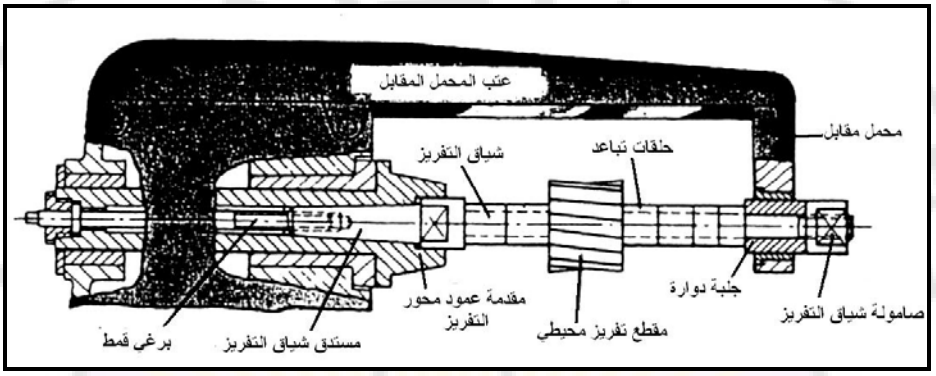
د- حسب طريقة التثبيت:

1 -مقاطع تفريز مثقبة.

2 -مقاطع تفريز جانبية مزودة بساق أسطوانية أو مخروطية.

(5-4) تثبيت مقاطع التفريز:

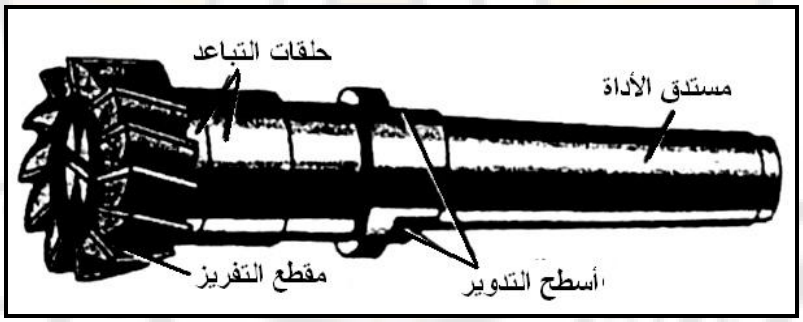
يعد التثبيت الجيد لمقطع التفريز أهم العوامل المؤثرة في جودة التفريز وسلامته، ويستخدم لربط وقمط مقاطع التفريز وسائل عديدة كشياقات التفريز الملساء المزودة بحلقات منزلقة كما في الشكل (5-8).



الشكل (5-8)

شياق التفريز ومقطع التفريز مثبتان في الآلة

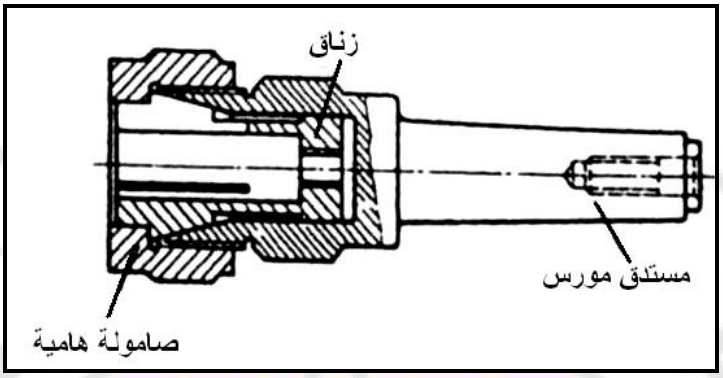
وتستخدم أيضاً الشياقات الكابولية أو الطرفية، كما في الشكل (5-9).



الشكل (5-9)

شياق طرفي

ويستخدم أيضاً ظروف القمط المبينة في الشكل (5-10).



الشكل (5–10)

ظرف قمط

يضغط مسمار ملولب وإدارة القمط في المخروط الداخلي لآلة التفريز ويمنع فك مقطع التفريز عرضانياً، ويضبط الوضع المطلوب لمقطع التفريز بالنسبة للمشغولة بحلقات التباعد المربوطة في شياق التفريز، وتوصل مقاطع التفريز بالشياق بخوابير انزلاق أو بخوابير مستعرضة ويرتكز شياق التفريز على محمل مقابل لاستيعاب قوة القطع وتلافي انحناء الشياق، ويضاف إلى ذلك محمل وسطي إن لزم الأمر.

يجب أن تكون مرتكزات الشياق قريبة ما أمكن من مقطع التفريز وأن تتوازى تماماً سطوح حلقات التباعد ومقاطع التفريز.

كذلك يجب أن يتطابق اتجاه دوران محور آلة التفريز مع اتجاه القطع لمقطع التفريز، وتستخدم ظروف الاستبدال السريع بدلاً من وسائل القمط العادية في الحالات التي تتطلب تكرار تبديل مقطع التفريز، وتتألف من الجسم الأساسي الذي يظل مثبتاً في آلة التفريز وقامطات متباينة لمقاطع التفريز يمكن استبدالها.

تتوقف دقة وجودة التفريز والعمر التشغيلي لمقطع التفريز إلى حد كبير على سلامة أدوات القمط والاعتناء الفائق عند ربط مقطع التفريز ويجب أن تكفل ظروف القمط والزناقات قمطاً جيداً لمقطع التفريز.

(5-5) شحذ مقاطع التفريز:

للحصول على أسطح ملساء بالتفريز يجب أن يدور مقطع التفريز دوراناً بمنتهى الجودة وأن تكون قواطعه حادة، ويزداد احتياج الآلة إلى القدرة وتتدهور جودة السطوح المشغلة بتثلم حواف مقطع التفريز، لذا يجب شحذ مقاطع التفريز في الوقت المناسب ويجب هنا الحفاظ تماماً على زاويتي الجرف والخلوص وإعادة تصحيح حواف القطع التي تثلمت.

يزداد زمن الشحذ كلما زادت كمية المعدن المزالة كما تتوهج الحدود القاطعة أثناء شحذها ويجب إعادة توسيع حيز الجرف من آن إلى آخر.

وهناك مقاطع تفريز تستعمل مرة واحدة فقط وهي عبارة عن مقاطع تفريز طرفية تحمل حافتي قطع أو أكثر بأقطار تتراوح ما بين $(1.5 - 6mm)$ وتكون أعمارها التشغيلية طويلة وزهيدة الثمن ولا مبرر لإعادة شحذها.

تشحذ مقاطع التفريز على آلات تجليخ العدة التي تتيح ترتيب أحجار التجليخ ومقاطع التفريز فيما بينها في جميع الأوضاع المطلوبة.

(5-6) تركيب آلات التفريز:

إلى جانب آلات التفريز المستخدمة في الإنتاج الكمي والأغراض الخاصة، فإن آلات التفريز ذات الركبة تعتبر أكثر الآلات انتشاراً لذلك سيتم التطرق إلى مكوناتها الأساسية.

تستخدم هذه الآلات للإنتاج المفرد للمشغولات الصغيرة وبالتحكم المبرمج أيضاً لإنتاج كميات صغيرة ومتوسطة حتى نحو ألفي قطعة، ويؤدي مقطع التفريز حركة القطع الرئيسية بينما تقوم المشغولة بجميع الحركات الثانوية.

تركب هذه الآلات من:

1- الهيكل:

ويحمل جميع أجزاء الآلة مثل الركبة والمنزلقة المستعرضة والطاولة والمحرك الرئيسي وصندوق المسننات وعمود التفريز والحامل العلوي مع المحمل الأمامي.

2- الركبة:

ويمكن تحريكها رأسياً على الهيكل وهي تحمل المنزلقة المستعرضة، وتحتوي على آلية التغذية مع محرك التغذية.

3- المنزلقة المستعرضة:

وتقع بين الركبة والطاولة وتسمح بتحريك الطاولة في الاتجاه العرضي.

4- الطاولة:

وتجهز بمجاري طولية لتثبيت المشغولات وهي تؤدي حركة التغذية الطولية.

5- الحامل العلوي:

ووظيفته سند شياق التفريز بواسطة المحملين الأمامين.

وبشكلٍ عام يجب أن تقوم آلات التفريز بالمهام الرئيسة التالية:

1 -تثبيت مقاطع التفريز.

2 -تثبيت المشغولة على طاولة الفارزة.

3 -إعطاء المشغولة حركة التغذية وعمق القطع.

وعلى أساس حركة طاولة الآلة يمكن تصنيف آلات التفريز إلى:

1- آلات التفريز الأفقية:

ويدور عمود الدوران فيها حول محور أفقي وموازٍ لطاولة الفارزة التي تتحرك بالاتجاه الطولي وبالاتجاه المستعرض وبالاتجاه الرئيسي ويتم ذلك آلياً أو يدوياً.

2- آلات التفريز الرأسية:

يدور عمود الدوران فيها على مستوي طاولة الفارزة الحاملة للمشغولة.

3- آلات التفريز لأغراض خاصة:

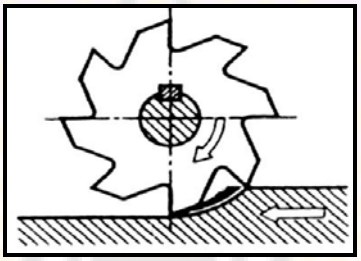
تصمم هذه الآلات بحيث تكون ذات إنتاجية عالية وبتحكم آلي ومنها الآلات الناسخة وآلات تصنيع المسننات وأجزاء الساعات.

(5-7) طرق التفريز:

تستخدم عدة طرق في التفريز:

1- التفريز الأمامي:

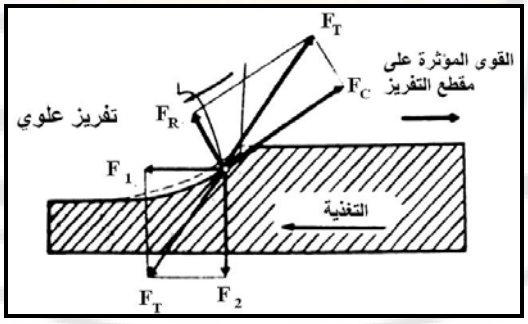
يدور مقطع التفريز في هذه الحالة في اتجاه حركة التغذية كما في الشكل (5-11).



الشكل (5-11)

التفريز الأمامي

في هذه الطريقة يبدأ مقطع التفريز بالقطع الأعظمي (T_{max}) أي بقوة قطع كبيرة ثم يتضاءل تدريجياً حتى يتلاشى حينما يترك الحد القاطع المشغولة، كما في الشكل (5-12).



الشكل (5-11)

القوى في التفريز الأمامي (العلوي)

في هذه الطريقة تكون عملية القطع لها صفة الصدم الفجائي أما شكل الرايش فيشبه نصف الهلال، ومن ميزات هذه الطريقة هو الحصول على أسطح جيدة التشغيل وأن مقطع التفريز بضغطه على المشغولة يعزز تثبيتها في دليل التثبيت.

تستخدم هذه الطريقة من التفريز في الحالات التالية:

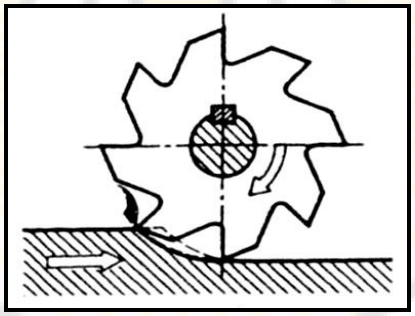
1 -إذا كانت المشغولة رقيقة نسبياً ويصعب تثبيتها على الطاولة.

2 -عندما يتطلب الأمر إنتاج أسطح جيدة التشغيل.

3 -عندما تكون آلة التفريز حديثة حتى تستطيع مقاومة الاهتزازات والصدمات التي تحدثها عملية الصدم الفجائي.

2- التفريز الخلفي:

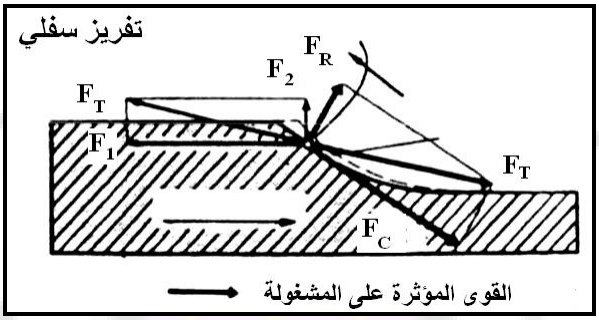
يدور مقطع التفريز في هذه الحالة في اتجاه معاكس لحركة التغذية كما في الشكل (5-12).



الشكل (5-12)

التفريز الخلفي

يبدأ الحد القاطع في هذه الطريقة بعمق القطع الأصغري $(T_{\min})$ وينتهي بعمق قطع أعظمي (T_{amx}) وبالتالي تتدرج قوى القطع على كل من المشغولة والحد القاطع دون حدوث عملية الصدم التي تحدث عند التفريز الأمامي كما في الشكل (5-13).



الشكل (5–13)

القوى في التفريز الخلفي (السفلي)

يكون الرايش في هذه الحالة على شكل نصف هلال ويبدأ الحد القاطع لمقطع التفريز عملية القطع على ثلاث مراحل:

1 -نزلاق مقطع التفريز على المشغولة.

2 -ضغط مقطع التفريز على المشغولة.

3 -بدء عملية القطع.

وبصورة عامة فإن الأسطح المنتجة بهذه الطريقة لا تكون جيدة التشغيل، إضافةً إلى أن مقطع التفريز يحاول انتزاع المشغولة من موضع تثبيتها.

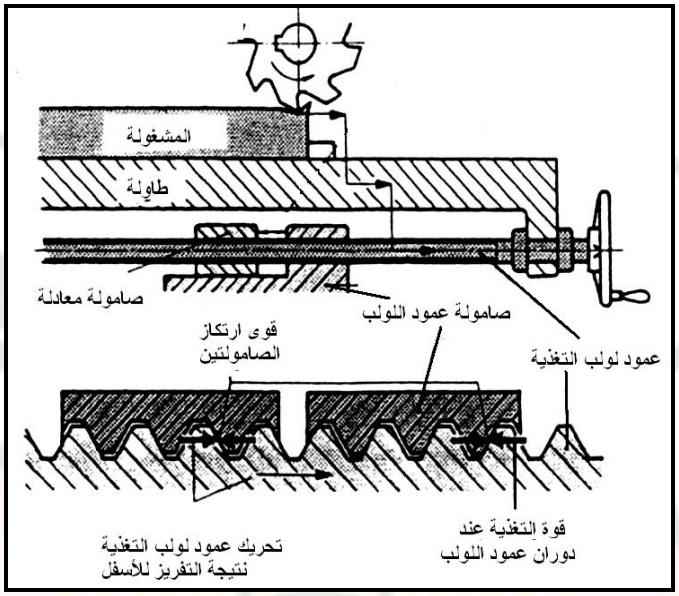
على الرغم من مساوئ هذه الطريقة إلاّ أنها الأكثر شيوعاً في عمليات التفريز وبخاصة في الظروف التالية:

1 -عندما يسهل تثبيت المشغولة بموضع التثبيت.

2 -عندما لا يتطلب الأمر إنتاج أسطح جيدة الاستواء.

3 -في آلات التفريز غير المؤمنة ضد الاهتزازت.

يتم التفريز الخلفي وفق الآلية التالية:

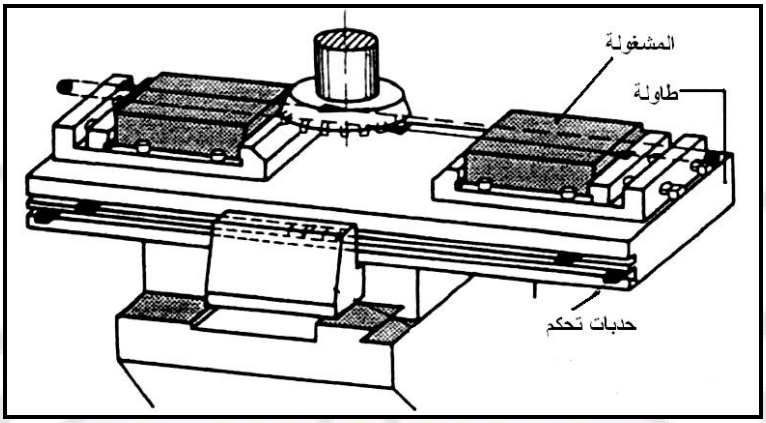


الشكل (5–14)

آلية التفريز الخلفي

عند تحريك الطاولة لتقريب المشغولة من مقطع التفريز فإن الجانب الأيسر من سن لولب التغذية يكون مستنداً على سن لولب الصامولة، وعندما يشتبك مقطع التفريز مع المشغولة المتقدمة في الاتجاه نفسه يجذبها مع الطاولة وعمود لولب التغذية بطريقة ارتدادية إلى اليمين حتى يستند الجانب الأيمن لسن اللولب على سن لولب الصامولة ومن ثم فإنه من الممكن أن ينكسر مقطع التفريز نتيجة هذه التغذية غير المقصودة، ويمكن إلغاء هذا الخلوص الخطير باستخدام صامولة معادلة يتم ضغطها إلى اليسار بواسطة أداة حتى ترتكز على الجانب الأيمن من سن لولب التغذية.

عند إنتاج مجموعات صغيرة أو متوسطة من المشغولات، تثبت حدبات تحكم على الجانب الأمامي للطاولة لتقوم بالتحكم بالحركة في حركتها عن طريق وصل وفصل أطراف الملامسات، كما في الشكل (5-15).



الشكل (5–15)

ميكانيزم التفريز التبادلي

ويمكن بذلك التحويل من حالة التغذية إلى حالة الجر السريع ومن الحركة إلى اليسار إلى الحركة إلى اليمين أو إلى التوقف، يسمح هذا التحكم بالحدبات بتفريز المشغولات بطريقة متواصلة وذلك باستخدام أدوات تثبيت سريع تربط بكل منهما مشغولة فبينما يجري التفريز على أحد الجانبين يمكن استبدال المشغولة عند الجانب الآخر وتؤدي هذه العملية التبادلية إلى التوفير في زمن التشغيل الكلي بدرجة ملحوظة، ويسمى هذا بالتفريز التبادلي.

(5-8) عناصر عملية التفريز:

إن الاختيار الموفق للعناصر الأساسية لعملية التفريز سوف يؤدي إلى الحصول على أسطح جيدة التشغيل ويحافظ على سلامة مقاطع التفريز من التآكل وهذا ينعكس بشكل إيجابي على المردود الاقتصادي لعملية التفريز.

والعناصر الرئيسية لعملية التفريز هي:

1 -عمق التفريز (t) ويقدر بـ $[mm]$.

2 -عرض التفريز (B) ويقدر بـ $[mm]$.

3 -سرعة القطع (v) وتقدر بـ $[m/\min]$.

4 -التغذية (s) وتقدر بـ $[mm/\min]$.

إن عرض التفريز هو عرض السطح المراد تشغيله، أما عمق القطع للتفريز فهو سماكة طبقة المعدن المراد فصلها عن المشغولة.

وطبقة المعدن المراد فصلها أثناء التفريز هي التسامح، وتعتمد قيمة سماكة التفريز على قيمة التسامح في التشغيل.

فإذا كان التسامح في التشغيل كبيراً جداً فإن عملية التفريز سوف تتم على عدة مراحل وبغية الحصول على أسطح ذات إنهاء جيد يكون الشوط الأخير ذا سماكة أقل ما يمكن.

1- سرعة القطع:

يعد دوران مقطع التفريز الحركة الرئيسية في عملية التفريز وهذا الدوران يتم بسرعات معينة تتحدد بعدد معين من الدورات عند ضبط آلة التفريز.

ولتحديد دوران مقطع التفريز لا يؤخذ بالاعتبار عدد الدورات في الدقيقة بل تعتمد سرعة القطع.

وتعرف سرعة القطع على أنها المسافة التي تقطعها أبعد نقطة من الحد القاطع لسن معينة عن محور القطع في دقيقة واحدة.

يجب ألاّ تزيد سرعة القطع عن السرعة المناسبة في الظروف المعينة لأية عملية تفريز وذلك لتجنب تثلم الحدود القاطعة لمقطع التفريز أو فصل المشغولة عن مكان ربطها.

وتحسب سرعة القطع من القانون:

$$\boxed{v = \frac{\pi . D . n}{1000} \quad [m/\min]}$$

(D): قطر المشغولة $[mm]$.

(n): عدد دورات مقطع التفريز $[r.p.m]$.

2- التغذية:

يمكن أن تتم التغذية يدوياً أو آلياً وتكون إما في الاتجاه الطولي أو العرضاني أو العمودي، ويوجد ثلاثة أنواع من التغذية في عملية التفريز:

1- تغذية في دورة واحدة، وهي حركة طاولة آلة التفريز مقدرة بـ $[mm/\min]$.

2- تغذية لدورة واحدة للمقطع، وهي حركة طاولة آلة التفريز مقدرة بـ $[mm/R]$ ويرمز لها بالرمز (s_0).

3- تغذية لسن واحد من المقطع، وهي حركة طاولة آلة التفريز بواحدة الطول في زمن يساوي الزمن الذي يستغرقه المقطع في الدوران لمسافة تساوي المسافة بين سنين متجاورين ويرمز لها بالرمز (s_z) وتقدر بـ $[mm/z]$.

وتعطى بالمعادلات التالية على الترتيب:

$$\boxed{\begin{aligned} s &= s_0.n \quad [mm/\min] \\ s_0 &= s_z.z \quad [mm/R] \\ s_z &= \frac{s_0}{z} \quad [mm/z] \end{aligned}}$$

مثال (5-1):

مقطع تفريز عدد أسنانه (30) سن ويدور بسرعة $(100r.p.m)$ بتغذية قدرها $(0.025mm/z)$، والمطلوب إيجاد قيمة التغذية لكل دورة والتغذية في الدقيقة.

الحل:

التغذية لكل دورة:

$$s_0 = s_z.z = 0.025 \times 30 = 0.75 \quad [mm/R]$$

التغذية في الدقيقة:

$$s = s_0.n = 0.75 \times 100 = 75 \quad [mm/\min]$$

مثال (5-2):

إذا كان قطر مقطع التفريز $(D = 90mm)$ وإذا كان عدد أسنانه $(z = 10)$ وكان هذا المقطع يعمل بسرعة قطع $(v = 24m/\min)$ وبتغذية لكل سن قدرها $(s_z = 0.08mm/z)$، والمطلوب حساب عدد دورات مقطع التفريز في الدقيقة لكل دورة في دقيقة واحدة.

الحل:

$$n = \frac{1000.v}{\pi.D} = \frac{1000 \times 24}{\pi \times 90} = 85 \quad [r.p.m]$$

$$s = s_z.n = 0.08 \times 85 = 68 \quad [mm/\min]$$

$$s_0 = s_z.z = 0.08 \times 10 = 0.8 \quad [mm/r]$$

3- المقطع العرضي للرايش:

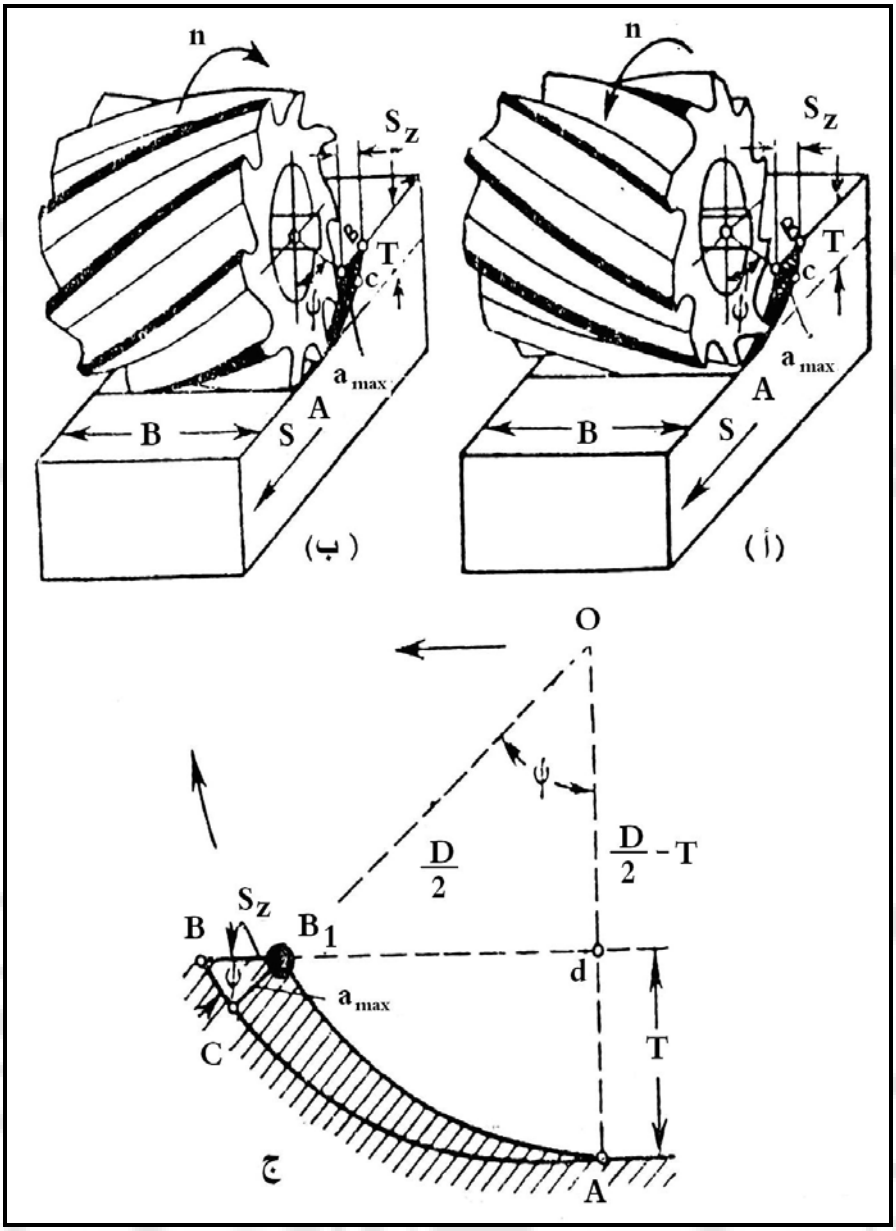
تسمى الزاوية المحصورة بين نصفي القطر المرسومين من مركز مقطع التفريز حتى نقطة دخول مقطع التفريز وخروجه بزاوية تلامس السن، الشكل (5-16).

يعتمد مقدار زاوية تلامس السن على قطر مقطع التفريز (D) وعلى عمق القطع (t) ويمكن تعيين مقدار هذه الزاوية من المعادلة:

$$\boxed{tg\psi = \frac{D - 2t}{D}}$$

وتتحول طبقة المعدن المفصولة أثناء التفريز إلى رايش وتتشوه، أي أن أبعاد الرايش لا تكون مساويةً أبعاد الطبقة المفصولة وذلك لأن الرايش يتقلص في الطول ويتمدد في العرض.

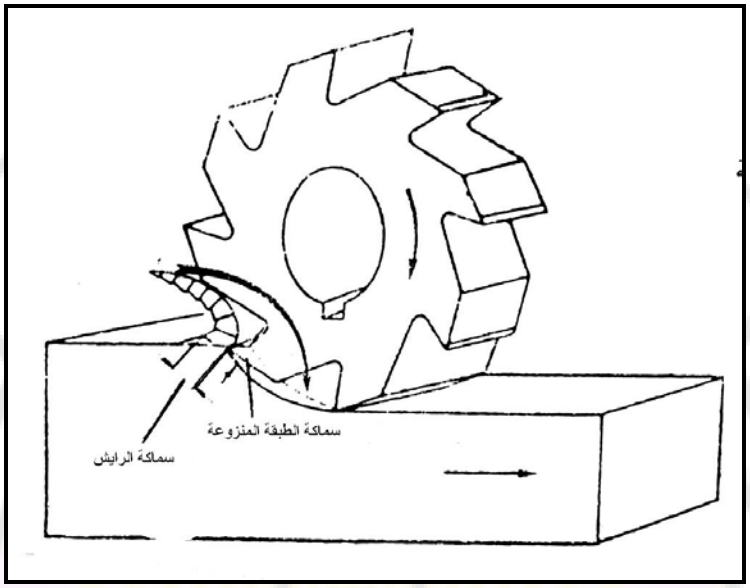
يبين الشكل (5-17) أن سمك الرايش في نقطة أقصى سماكة له أكبر من سماكة الطبقة المفصولة.



الشكل (5–16)

شكل الرايش المتكون أثناء عمل مقطع تفريز أسطواني

أ– عند التفريز الخلفي، ب– عند التفريز الأمامي، ج– شكل لارايش



الشكل (5–17)

تقلص الرايش في عملية التفريز

سيتم إهمال انكماش الرايش وسنفترض أن سماكة الرايش في حالة التفريز تساوي سماكة الطبقة المنزوعة.

يرمز لسماكة الرايش أو سماكة الجزء المراد فصله في عملية التفريز السطحي بالحرف (a) ويقاس في اتجاه نصف القطر.

يقاس سمك الرايش الأعظمي $(a_{\max})$ على طول نصف القطر (OC) (كما في الشكل 5-16-ج) ويساوي الضلع (B_1C) في المثلث (B_1CB) حيث يمثل الضلع (BB_1) التغذية لكل سن (s_z) وتساوي الزاوية (B_1BC) زاوية تلامس السن (ψ) ولذلك يكون سمك الريش الأعظمي $(a_{\max})$:

$$\boxed{a_{\max} = s_z.\sin\psi \quad [mm]}$$

ويمكن أن يحسب أيضاً من العلاقة:

$$a_{\max} = s_z \times 2\sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad [mm]$$

4- المساحة الاسمية لمقطع الرايش عند عمل سن واحد:

إن المساحة الاسمية لمقطع الرايش عند التفريز هي حاصل ضرب عرض الجزء المراد تفريزه في سماكة الجزء المنزوع.

$$F = a.B \quad [mm^2]$$

(F): المساحة الاسمية لمقطع الرايش $[mm^2]$.

(B): عرض الجزء المراد تفريزه $[mm]$.

(a): سماكة الرايش $[mm]$.

وبما أن سن مقطع التفريز يقطع أثناء التشغيل رايش تتغير سماكته من الصفر إلى أكبر قيمة له $(a_{\max})$ فإن مساحة مقطع الرايش تتغير كذلك من الصفر إلى قيمة تعد أكبر قيمة لمساحة مقطع الرايش وتكون أكبر قيمة لمساحة مقطع الرايش $(F_{\max})$:

$$F_{\max} = a_{\max}.B = B.s_z.\sin\psi \quad [mm^2]$$

وتحسب أيضاً من العلاقة:

$$F_{\max} = a_{\max}.B = B.s_z \times 2\sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad [mm^2]$$

إن المساحة المتوسطة لمقطع الرايش في حالة التفريز السطحي تساوي نصف أكبر مساحة لمقطع الرايش، حيث أن أقل مساحة لمقطع الرايش تساوي الصفر، وتكون المساحة المتوسطة:

$$F_m = \frac{B}{2}.a_{\max} = \frac{B}{2}.s_z.\sin\psi \quad [mm]$$

وتحسب أيضاً من العلاقة:

$$F_m = \frac{B}{2}.a_{\max} = B.s_z.\sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \quad [mm]$$

وتكون المساحة المتوسطة لمقطع الرايش في حالة التفريز الواجهي مساوية تقريباً قيمة أكبر مساحة لمقطع الرايش في حالة التفريز الواجهي المتماثل أو نصف أكبر مساحة لمقطع الرايش في حالة تفريز المجاري المتماثل أو (0.7) من قيمة أكبر مساحة لمقطع الرايش في حالة التفريز الواجهي غير المتماثل.

5- متوسط مساحة مقطع الرايش عند التفريز بعدة أسنان:

يمكن استخدام المعادلات السابقة لتعيين أكبر ومتوسط مساحة مقطع الرايش عندما تكون هناك سن واحدة فقط في حالة قطع.

وبما أن عملية التفريز تتم باشتراك عدد من الأسنان في عملية القطع في وقت واحد فإن مقاطع التفريز تتشكل بحيث تكون أسنانها لولبية أو حلزونية.

وتستخدم المعادلات التالية:

حجم الرايش المنزوع خلال دقيقة واحدة:

$$V_{\min} = B.t.s \quad [mm^3/\min]$$

ويحسب أيضاً من العلاقة:

$$V_{\min} = 1000v.F_m \quad [mm^3/\min]$$

وتكون المساحة المتوسطة لمقطع الرايش:

$$F_m = \frac{V_{\min}}{1000v} \quad [mm^2]$$

وبالتعويض عن $(V_{\min})$ بقيمتها يكون:

$$F_m = \frac{B.t.s}{1000v} \quad [mm^2]$$

وبالتعويض عن السرعة بقيمتها وعن التغذية بقيمتها:

$$F_m = \frac{B.t.s_z.z.n}{\pi.D.N} \quad [mm^2]$$

6- ضغط القطع:

ويعطى بالعلاقة:

$$P = \frac{F}{F_m}$$

(F): قوة القطع.

(F_m): المساحة المتوسطة لمقطع الرايش.

يعتمد الضغط النوعي للقطع على صلادة المشغولة وعلى سماكة الرايش فكلما قلت سماكة الرايش ازداد الضغط النوعي للقطع.

7- قدرة التفريز:

إن القدرة المستهلكة على قطع الرايش هي القدرة الفعالة أو قدرة القطع وتعطى بالعلاقة:

$$N_e = F.v \quad [kg.m/\min]$$

(N_e): قدرة القطع $[kg.m/\min]$.

(F): قوة القطع $[kg]$.

(v): سرعة القطع $[m/\min]$.

أو تحسب من العلاقة:

$$N_e = \frac{F.v}{60 \times 75} \quad [HP]$$

أو من العلاقة:

$$N_e = \frac{F.v}{60 \times 102} \quad [kW]$$

كما يمكن حساب القدرة من معرفة عزم الدوران (M_{sp}) وعدد دورات مقطع التفريز من العلاقة التالية:

$$N_e = \frac{M_{sp}.n}{716200} \quad [HP]$$

أو من العلاقة:

$$N_e = \frac{M_{sp}.n}{716200 \times 1.36} \quad [kW]$$

ويقدر عزم الدوران بـ $(kg.mm)$، تقدر القدرة المطلوبة للتغذية أثناء عملية التفريز بنحو (15%) من قدرة القطع، لذلك فعند إدارة آلية التغذية عن طريق المحرك الكهربائي الرئيسي في آلة التفريز فإن القدرة الكاملة لعملية التفريز تساوي (1.15) من قدرة القطع (N_e).

ويحسب مردود الآلة من العلاقة:

$$\zeta = \frac{N_{sp}}{N_{mot}}$$

(N_{sp}): القدرة التي تصل إلى عمود الدوران.

(N_{mot}): قدرة المحرك الكهربائي.

ويكون مردود آلة التفريز نحو $(75\% - 85\%)$ في آلات التفريز العادية ومن $(65\% - 75\%)$ في آلات التفريز ذات السرعات العالية.

مثال (5-3):

يتم تفريز مشغولة من الصلب الإنشائي $(\sigma_b = 75kg/mm^2)$ على آلة تفريز أفقية، فإذا كان عرض مقطع التفريز $(B = 85mm)$ وعمق القطع $(t = 6mm)$ وكانت التغذية $(s = 65mm/\min)$ وأن التشغيل يتم بوساطة مقطع تفريز مزدوج أسطواني لولبي الأسنان وكان قطر مقطع التفريز $(D = 90mm)$ وعرضه $(B = 120mm)$ وعدد أسنان مقطع التفريز $(Z = 8)$ وعدد دوراته $(n = 60r.p.m)$.

والمطلوب:

1 –حساب أكبر سماكة للرايش.

2 –متوسط مساحة مقطع الرايش.

3 –القوة المحيطية (F).

4 –عزم الدوران (M_{sp}).

5 –القدرة اللازمة لإجراء عملية التفريز (N_e).

ثم حدد ما إذا كانت معدلات التفريز المعطاة في حدود إمكانات الآلة المقترحة مناسبة إذا علمت أن قدرة المحرك الكهربائي $(N_{mot} = 5HP)$.

الحل:

1– تحديد أكبر سماكة للرايش:

$$a_{\max} = s_z \times 2\sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}}$$

$$a_{\max} = \frac{65}{60 \times 8} \times 2\sqrt{\frac{6}{90} - \frac{(6)^2}{(90)^2}}$$

$$a_{\max} = 0.27 \times \sqrt{\frac{15-1}{225}} = 0.068 \quad [mm]$$

2– متوسط مساحة مقطع الرايش:

$$F_m = \frac{B.t.s_z.Z}{\pi.D} = \frac{85 \times 6 \times 0.135 \times 8}{3.14 \times 90} = 1.95 \quad [mm^2]$$

3– حساب قوة القطع المحيطية:

$$F = P.F_m = 460 \times 1.95 = 900 \quad [kg]$$

وتم الحصول على قيمة الضغط النوعي من الجداول القياسية.

4– عزم الدوران:

$$M_m = M_{sp} = \frac{F.D}{2}$$

$$M_{sp} = \frac{900 \times 90}{2} = 40500 \quad [kg.mm]$$

5- القدرة اللازمة لعملية التفريز:

عند الأخذ بالاعتبار أن لآلة التفريز محركاً كهربائياً واحداً لكل من آلية الدوران وآلية التغذية لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أنه من الضروري ضرب قيمة القدرة الفعالة بالعامل (1.15) حتى لا تهمل بالحساب قيمة القدرة المطلوبة للتغذية.

$$N_e = \frac{1.15 \times M_{sp}.n}{716200}$$

$$N_e = \frac{1.15 \times 90500 \times 60}{716200} = 3.9 \quad [HP]$$

وإذا كان مردود الآلة $(\zeta = 0.8)$ فتكون القدرة المطلوبة للمحرك الكهربائي آلة التفريز:

$$N_{mot} = \frac{N_e}{\zeta} = \frac{3.9}{0.8} = 4.87 \quad [HP]$$

وبما أن قدرة المحرك الكهربائي للآلة المستخدمة $(N_{mot} = 5HP)$ أي أنها أكبر من القدرة المطلوبة للمحرك الكهربائي وبذلك تكون عملية التفريز ممكنة حيث أن إمكانات آلة التفريز تسمح بذلك.

(5-9) القوى الناتجة عن عملية التفريز:

تستهلك القوة المستخدمة في عملية التفريز في إجراء عملية التشوه اللدن للطبقة المنزوعة، وتتوقف قيمة هذه القوة على العوامل التالية:

1 -صلادة المادة المقطوعة.

2 -المساحة الاسمية لمقطع الرايش.

3 -شكل الحد القاطع لأسنان مقطع التفريز.

وإضافةً إلى ذلك فإن جزءاً من القوة يستهلك للتغلب على قوة احتكاك وجه سن مقطع التفريز (السطح الأمامي) مع الرايش وعلى قوة احتكاك فخذ سن مقطع التفريز (السطح الجانبي) مع المشغولة.

تعتمد القوة التي تستهلك من أجل التغلب على قوة الاحتكاك على هندسة الحد القاطع لمقطع التفريز وتكون قيمة هذه القوة قليلة بحيث يمكن إهمالها إذا كان اختيار الأبعاد الهندسية لمقطع التفريز صحيحاً.

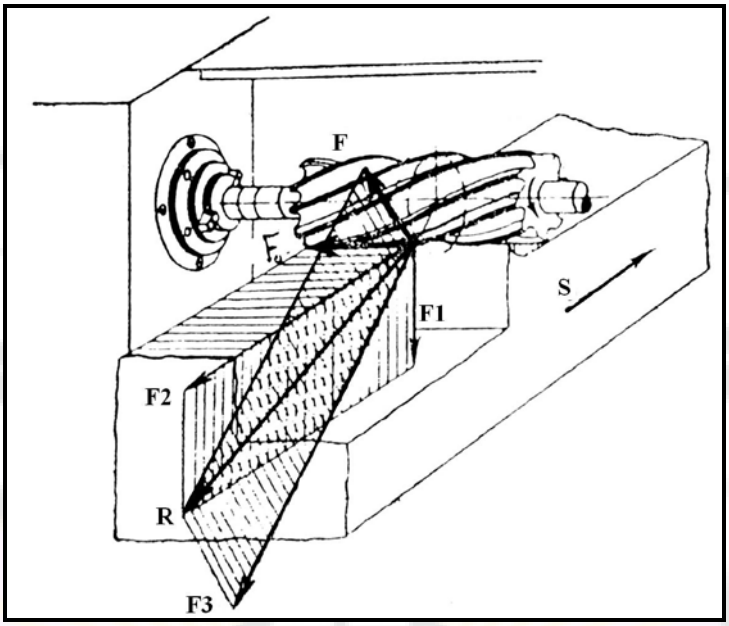
(5-10) القوى التي تظهر أثناء عملية القطع:

يبين الشكل (5-18) الرسم التخطيطي للقوى التي تظهر أثناء عملية التفريز، ويمكن تقسيم هذه القوى على الشكل التالي:

1 ـ القوة المماسية، وتدعى بالمركبة المحيطية لقوة القطع ويرمز لها بـ (F).

2 ـ القوة القطرية، وتدعى بالمركبة القطرية لقوة القطع ويرمز لها بـ (F_3).

أما محصلة هاتين القوتين (R) فيمكن الحصول عليها بالمجموع الجبري للقوتين (F, F_3).



الشكل (5–18)

القوى التي تظهر أثناء التفريز

ويمكن تحليل المحصلة (R) إلى مركبتين:

1 -مركبة أفقية (F_2).

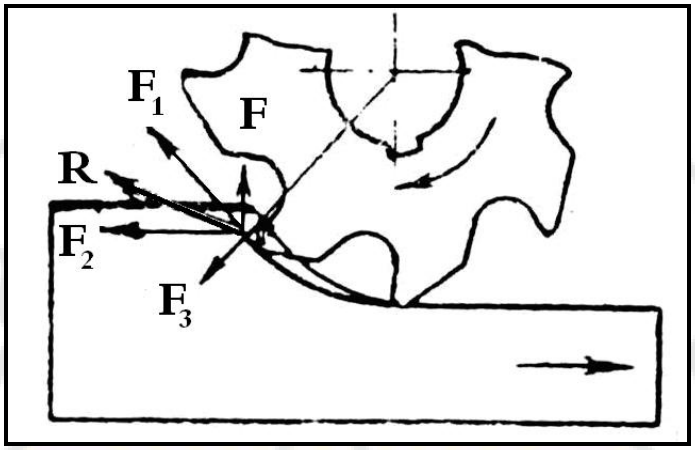
2 -مركبة رأسية (F_1).

وأكثر هذه المركبات أهمية في عملية الحساب هي المركبة المحيطية لقوة القطع (F) والمركبة الأفقية للمحصلة (F_2) والمركبة الرأسية للمحصلة (F_1).

إن المركبة المحيطية لقوة القطع (F) هي القوة القاطعة وتستخدم في حساب القدرة المطلوبة من أجل عملية التفريز، وتعتمد قيمة القوتين (F_1, F_2) على توعية التفريز.

1– التفريز الخلفي:

يبين الشكل (5–19) القوى في حالة التفريز الخلفي.



الشكل (5–19)

اتجاه القوى أثناء التفريز الخلفي

تتجه المركبة الرأسية (F_1) إلى أعلى وتحاول نزع المشغولة المثبتة في الطاولة أو في دليل التثبيت.

أما القوة (F_3) فتؤدي إلى حدوث اهتزازات في آلة التفريز وذلك لأن قيمتها تتغير من الصفر إلى أكبر قيمة لها تبعاً لتغير سماكة الرايش، ولهذا فإن القوة (F_1) تؤثر سلباً في عملية التفريز.

أما المركبة الأفقية (F_2) فتكون في اتجاه مخالف لاتجاه حركة الطاولة لذلك يجب أن تتغلب آلية تحريك الطاولة على قيمة القوة (F_2).

يبين الشكل (5–20) رسماً تخطيطياً للقوى التي تظهر أثناء عملية التفريز الخلفي، ويظهر في الشكل:

1 –اتجاه حركة الطاولة.

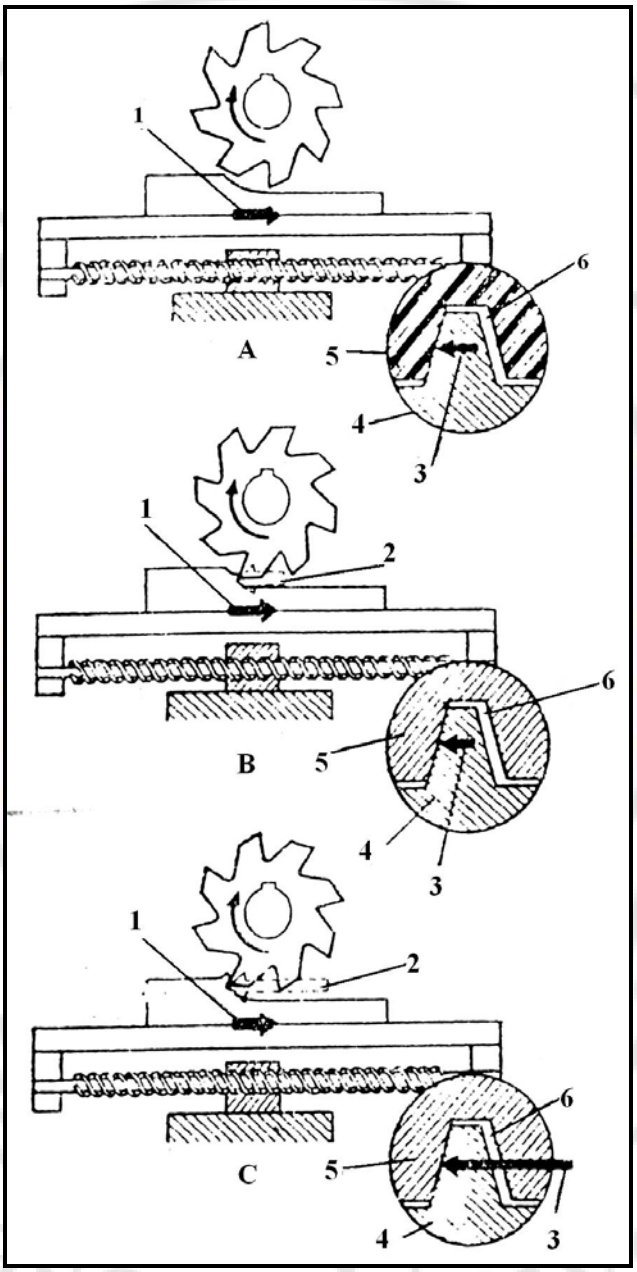
2 –اتجاه قوة القطع ومقدارها.

3 –اتجاه القوة المؤثرة في عمود الحركة وصامولتها.

4 –عمود الحركة.

5 –صامولة عمود الحركة.

6 -الخلوص بين اللولبين.



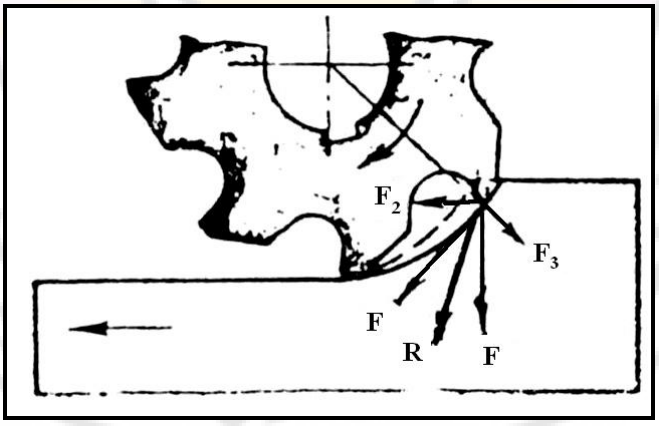
الشكل (5–20)

رسم تخطيطي للقوى التي تظهر أثناء عملية التفريز الخلفي

يتم تعشيق المشغولة مع سن مقطع التفريز عند أقل سماكة للطبقة المنزوعة، وفي البداية تنزلق السن على السطح المشغل دون أن تقطع منه شيئاً ويتكئ عمود التغذية بجانبه اليساري من سن لولبه على سن لولب الصامولة دون أن يترك أي خلوص بين اللولبين كما في الشكل (5-20-A) وعندما يبدأ سن مقطع التفريز في عملية القطع تزداد قوة القطع كلما ازداد انغراس السن في المشغولة، أي أن ضغط سن لولب عمود التغذية على لولب سن الصامولة سيزداد كما في الشكل (5-20-B)، وفي لحظة خروج سن مقطع التفريز من المشغولة تصل قوة القطع إلى أكبر قيمة لها مع استمرار ضغط سن لولب التغذية على سن لولب الصامولة في الاتجاه نفسه كما في الشكل (5-20-C)، أما بعد أن يترك سن المقطع هذه المشغولة وعند بداية دخول السن التالي تتلاشى قوة القطع ولكن يبقى التلامس بين سن لولب عمود التغذية وسن لولب الصامولة ويبدأ بعدها القطع بسن جديد.

2- التفريز الأمامي:

يبين الشكل (5-21) اتجاه القوى التي تظهر أثناء التفريز الأمامي.



الشكل (5-21)

اتجاه القوى التي تظهر أثناء التفريز الأمامي

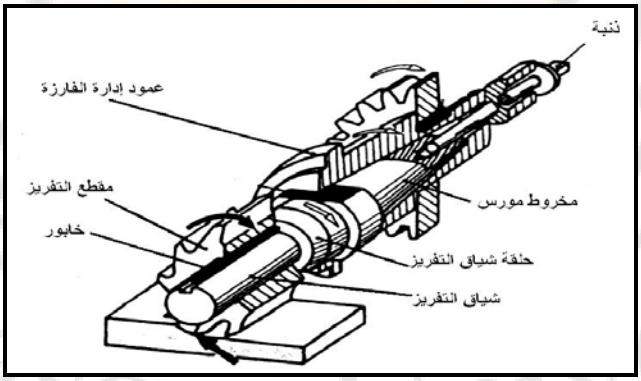
إن المركبة الرأسية (F_1) تتجه إلى أسفل وتحاول ضغط المشغولة لتعزيز تثبيتها قي الطاولة أو دليل التثبيت، أي أن القوة (F_1) تحسن من ظروف التشغيل في هذه الحالة.

أما المركبة الأفقية (F_2) فتؤثر في اتجاه حركة المنضدة، وعند استخدام هذه الطريقة من التفريز ينطبق اتجاه دوران مقطع التفريز مع اتجاه حركة تغذية الطاولة.

وبما أن دوران مقطع التفريز أسرع من حركة تغذية الطاولة فإن سن مقطع التفريز تجذب معها طاولة آلة التفريز والمشغولة المثبتة عليها إلى الأمام لمسافة تساوي الخلوص بين لولب التغذية ولولب الصامولة.

وعندما تترك سن المقطع السطح المشغل بعد إتمام عملية التفريز فإن القوة (F_2) سوف تختفي وتتوقف بعدها طاولة الفارزة بعض الوقت إلى أن يقطع عمود التغذية مسافة الخلوص بين لولبه ولولب الصامولة ويبدأ بعد ذلك تحرك الطاولة وفي هذا الوقت يتم تعشيق سن آخر من أسنان مقطع التفريز في المشغولة وتظهر المركبة (F_2) من جديد وتجذب المشغولة معها إلى الأمام وعندئذٍ تقفز طاولة الفارزة إلى مسافة تساوي مسافة الخلوص بين لولبي عمود التغذية وصامولة التغذية وهكذا في كل مرة يحدث توقف في حركة الطاولة ثم قفزة إلى الأمام مع تكرار مستمر لهذه العملية.

يتم نقل قوة القطع عبر الميكانيزم المبين في الشكل (5–22).



الشكل (5–22)

ميكانيزم نقل قوة القطع

(5-11) تثبيت المشغولات على الفارزة:

من الضروري وضع المشغولات المراد تفريزها على آلة التفريز في مكان معين بالنسبة لمقطع التفريز، وتعتمد دقة التشغيل في الدرجة الأولى وكذلك دقة وضع السطوح المشغلة بالنسبة لبعضها البعض على جودة تثبيت المشغولة وعلى جساءة ربطها.

يتم تثبيت المشغولة وربطها على آلة التفريز بوساطة نبائط آلة التفريز التي تتضمن مجموعة من المعدات تعمل على توسيع مجال استخدام التفريز كوسائل الربط في التفريز الرأسي وأجهزة الربط المخصصة لتفريز الجرائد المسننة والمسننات وغيرها.

يمكن تقسيم النبائط تبعاً لطريقة استخدامها إلى:

1 -نبائط جامعة الأغراض، وهي المستخدمة في ربط مجموعة مختلفة من المشغولات كالمناجل والطاولات الدوارة وغيرها.

2 -نبائط خاصة، تستخدم في ربط نوع معين من المشغولات وتسمى دلائل التثبيت وتستخدم بشكل عام في الإنتاج الكمي عندما يتطلب الأمر إنتاج عدد كبير من القطع المتشابهة.

وتقسم تبعاً لطريقة تشغيل جهاز الإدارة إلى:

1 -نبائط هوائية.

2 -نبائط هيدروليكية.

3 -نبائط هيدروهوائية.

4 -نبائط كهرومغناطيسية.

وتقسم تبعاً لطريقة تشغيلها إلى:

1 -نبائط يدوية.

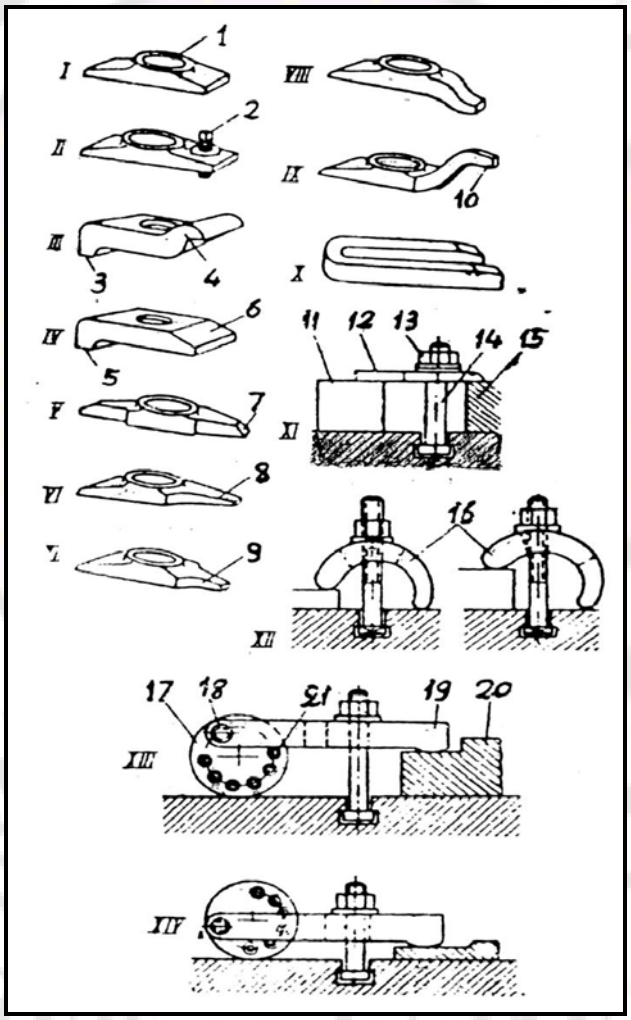
2 -نبائط نصف آلية.

3 -نبائط آلية.

1- الربط البسيط للمشغولات على الطاولة:

عند ربط المشغولات على سطح الطاولة مباشرةً تستخدم القامطات الموضحة في الشكل (5-23).

وأكثر أنواع القامطات انتشاراً هو النوع (I) وتكون فتحة المسمار الملولب (1) مستطيلة مما يسمح بتحريك القامطة بالنسبة للمشغولة المطلوب ربطها.



الشكل (5-23)

القامطات التي تستخدم في ربط المشغولات على طاولة آلة التفريز

يستخدم اللولب (2) للقامطة (II) كمسند في أسفلها، أما البروز (3) في القامطة (III) والبروز (5) في القامطة (IV) فيعوضان عن استخدام أصابع الاستناد أما الطرف (4) في القامطة (III) فيستند إلى المشغولة.

وتعمل الشطفة (6) للقامطة (IV) على عدم تلامس القامطة مع المقطع أثناء التشغيل.

وكثيراً ما تستخدم القامطات ذات الأصابع أو الإضافات (V,VI,VII) ودائماً تستقر هذه الأصابع (7,8,9) في تجاويف أو بروزات المشغولة.

ويمكن استخدام القامطة (VIII) بدون قالب استنادي.

تستخدم القامطة (IX) في حالة وجود مجارٍ أو تجاويف في المشغولة ليستقر فيها الأصبع (10)، والقامطة (X) مريحة جداً في استخداماتها.

ولتحرير هذه القامطة لا يلزم خلع الصامولة تماماً بل يكفي إضعاف تلامسها بالقامطة قليلاً لتحرير هذه القامطة التي تدفع بعد ذلك بعيداً عن منطقة العمل.

في القامطة (XI) مبين تثبيت المشغولة (15) بوساطة القامطة (12) التي يستند أحد أطرافها إلى المشغولة ويستند الطرف الآخر إلى القالب الاستنادي (11) ويدخل الرأس المستوي للولب (14) في مجرى على شكل حرف (T) موجود داخل الطاولة ومارٍ خلال القامطة.

عند إدارة الصامولة (13) بمفتاح تنضغط القامطة إلى القالب الاستنادي ويتم بذلك ربط المشغولة، ويمكن استخدام الأعمدة المختلفة كقوالب استنادية تحت القامطات.

والقامطة (XII) قامطة سهلة الاستخدام لارتفاعات مختلفة، والقامطة (16) على شكل قوس فيه فتحة طولية في المنتصف ويمكن عن طريق تغيير وضع القوس.

والجزء الاستنادي للقطعة هو قرص مستدير (17) يدور حول محور لا مركزي (18) يمر خلال الفتحة الطويلة للقاطعة (19) وفي القرص (17) ستة ثقوب ويوضع الأصبع (21) في الثقب المناسب حتى نتمكن من الحصول على الارتفاع المطلوب لوضع القامطة

(19) ونتيجة لذلك يكون لهذه القامطة ثلاث نقاط ارتكاز هي المحور (18) والأصبع (21) والمشغولة (20).

بشكلٍ عام فإنه عند ربط المشغولات على طاولة آلة التفريز مباشرةً بوساطة القامطات يجب اتباع القواعد الأساسية التالية:

1 -يجب أن يكون لولب التثبيت للقامطة أقرب ما يمكن إلى المشغولة.

2 -يجب أن تستند القامطة إلى قالب استنادي له ارتفاع المشغولة نفسه.

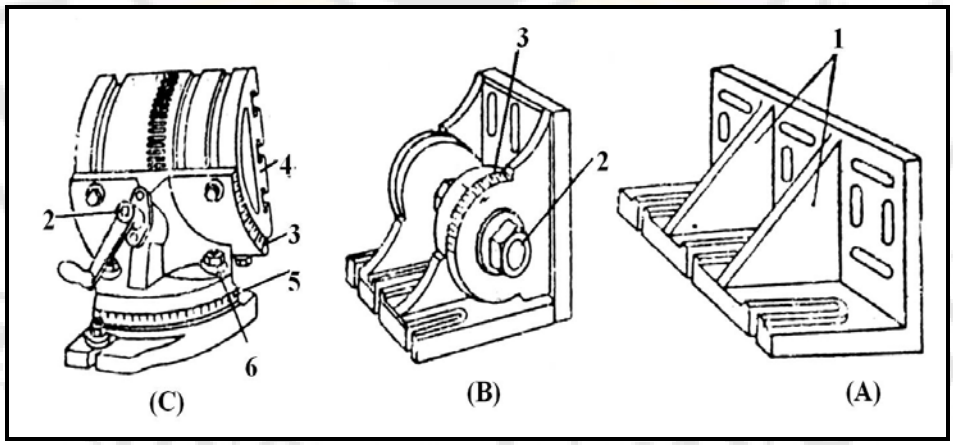
3 -يجب أن يستند جزء المشغولة الموجود تحت القامطة تماماً إلى الطاولة ويجب تجنب الربط على أجزاء معلقة أو بروزات في المشغولة.

4 -تربط مسامير الربط في التفريز الخشن بإحكام، أما في التفريز الإنجازي فيجب أن يكون ضغطها ضعيفاً على المشغولة.

2- ربط المشغولات على زوايا التثبيت:

يمكن استخدام زوايا التثبيت عند تفريز مشغولة ليحصرا سطحين للتشغيل فيها زاوية قائمة.

يبين الشكل (5-24) زوايا التثبيت المستخدمة في ربط المشغولات على الفارزات.



الشكل (5-24)

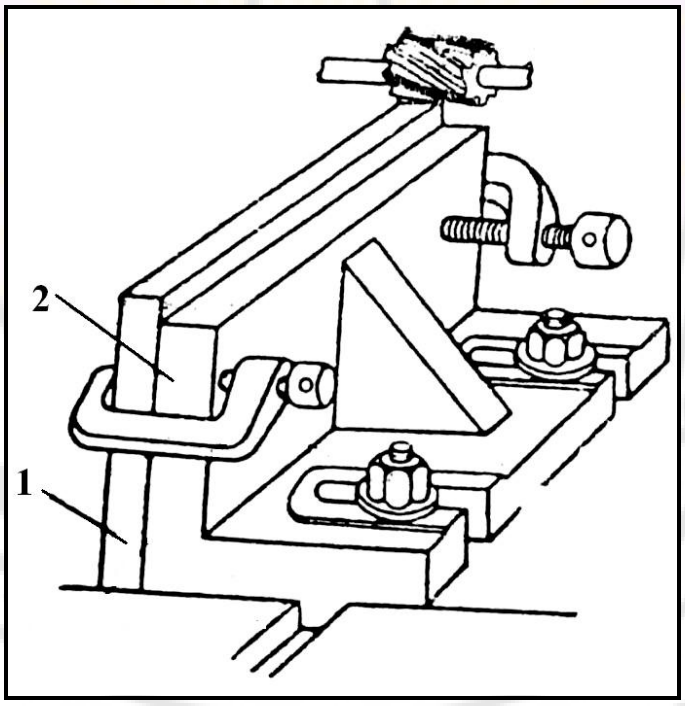
زوايا التثبيت المستخدمة في الفارزات

يبين الشكل (A) زاوية تثبيت عادية، وتربط المشغولة على هذه الزاوية بوساطة قامطات أو لوالب ربط، وفي الزوايا الكبيرة يجري تقوية الزاوية بواسطة أضلاع التقوية (1).

يبين الشكل (B) زاوية تثبيت دوارة يمكن ضبط وجهها على الزاوية المطلوبة، ويتم دوران الوجهين حول مركز اللولب (2) بعد تحرير الصامولة ويبين التدريج (3) قيمة الزاوية بين الوجهين.

يبين الشكل (C) زاوية تثبيت عمومية تسمح بدوران المشغولة في مستويين.

ويبين الشكل (5-25) كيف يمكن تثبيت مشغولة على شكل لوح باستخدام زاوية تثبيت وقد استعملت القامطات في التثبيت، وقبل ربط المشغولة على الزاوية يجب التأكد من صحة إحكام تثبيت الزاوية نفسها على طاولة الفارزة.



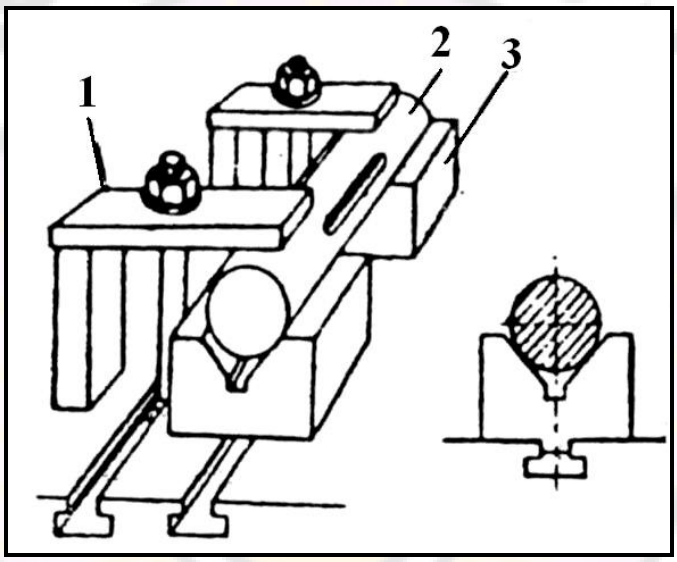
الشكل (5-25)

ربط المشغولة على زاوية التثبيت

3- الربط في كتل على شكل حرف (V):

لقد استخدمت بنجاح الكتل على شكل حرف (V) لربط المشغولات الأسطوانية لتفريز المجاري والمساحات المستوية لهذه المشغولات.

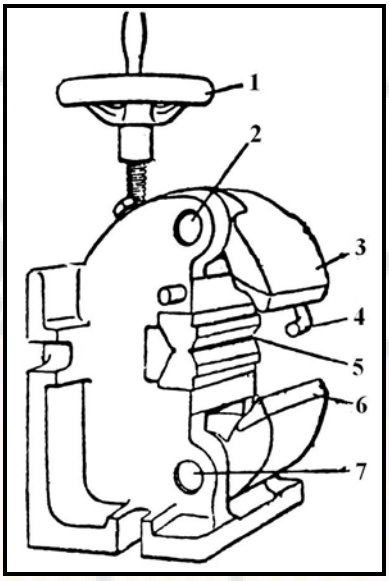
يبين الشكل (5-26) كيفية ربط العمود (2) على كتلتين (3) على شكل حرف (V) وتوضع الكتلتان على طاولة الآلة، وتزود كل كتلة على شكل حرف (V) ببروز عند قاعدتها ليدخل في مجرى المنضدة.



الشكل (5-26)

ربط عمود باستخدام كتل على شكل حرف (V)

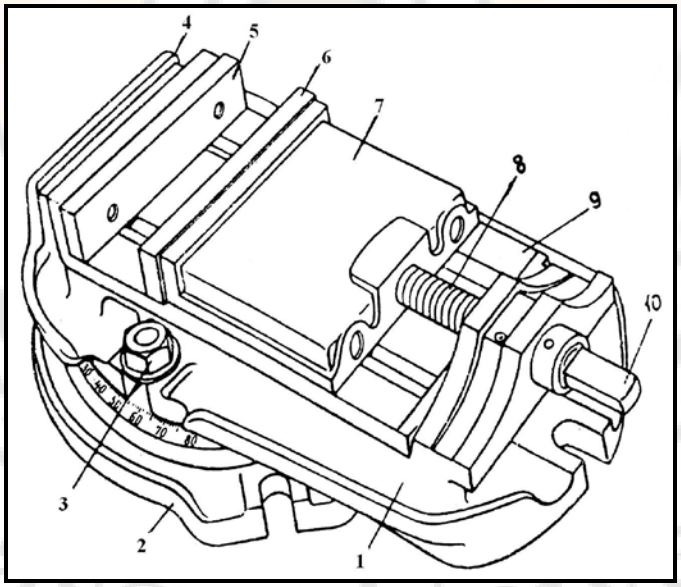
ويوضح الشكل (5-27) منجلة مخصصة لربط الأعمدة، حيث يثبت العمود في هذه المنجلة بوساطة كتلة على شكل حرف (V) ويمكن وضع هذه المنجلة على طاولة الآلة، ويبين الشكل وضعها بعد إدارتها (90°).



الشكل (5–27)

منجلة لربط الأعمدة

كما يبين الشكل (5–28) المنجلة الدوارة المستخدمة بكثرة في آلات التفريز.



الشكل (5–28)

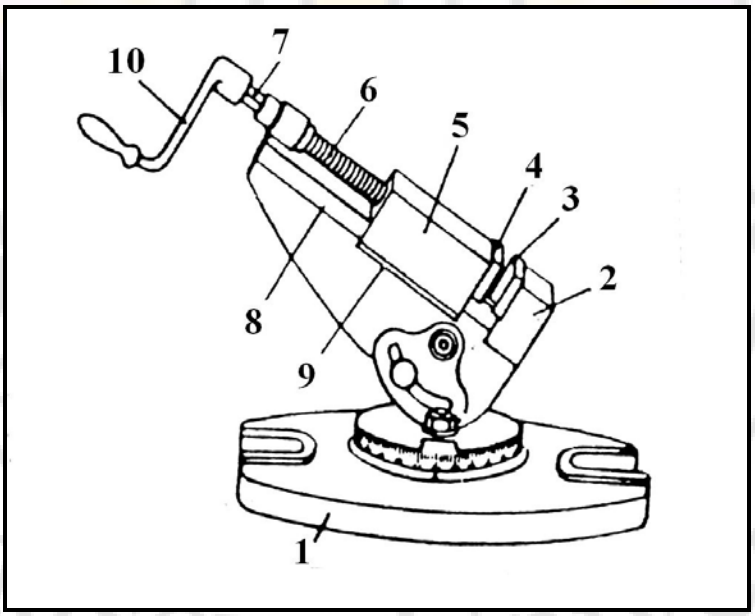
المنجلة الدوارة

يوضح الشكل (5–29) المنجلة غير الدوارة.

الشكل (5–29)

المنجلة غير الدوارة

كما يبين الشكل (5–30) المنجلة جامعة الأغراض.



الشكل (5–30)

المنجلة جامعة الأغراض

وتتكون هذه المناجل من:

1- القاعدة.

2- الفك الثابت.

3- ذراع مصلد.

4- ذراع مصلد.

5- الفك المتحرك.

6- لولب الربط.

7- الطرف المربع للولب.

8- المتوازيات.

9- لوح الربط.

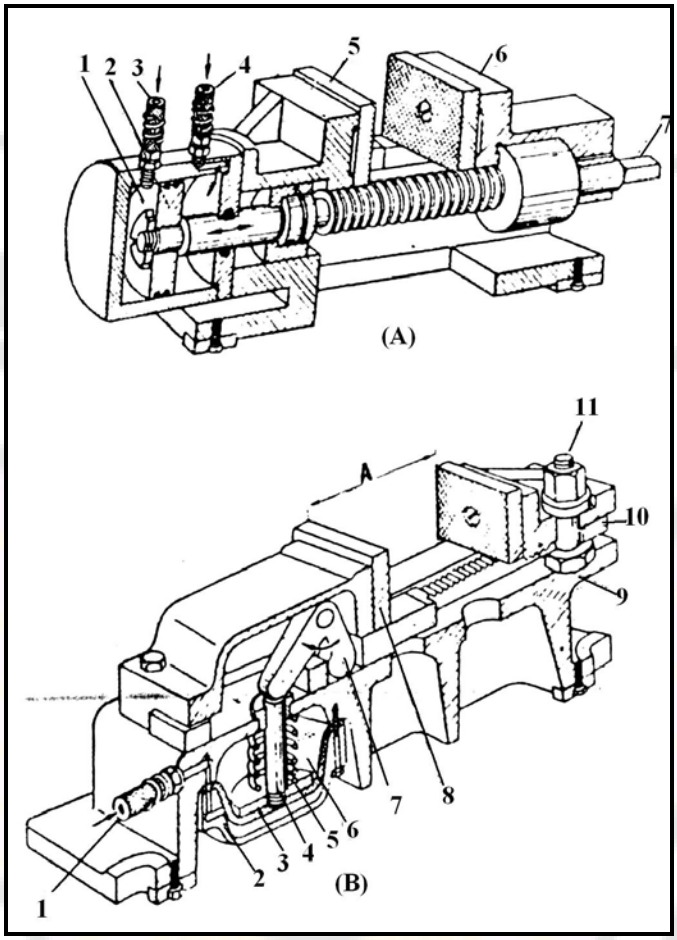
10- الذراع.

ولوضع المنجلة بوضعها الصحيح على طاولة آلة التفريز تستخدم المجاري المستطيلة المتعامدة مع بعضها والموجودة في قاعدة المنجلة.

وبغية أتمتة عمليات الربط والحصول على قوة الربط المطلوبة من دون أي جهد للعامل استخدمت مناجل الربط الهوائية والهيدروليكية.

يبين الشكل (5-31) مقطعاً في منجلة الربط الهوائية المستخدمة في الفارزات المؤتمتة.

يظهر في الشكل (A) المنجلة الهوائية ذات المحرك المكبسي، وفي الشكل (B) تظهر المنجلة الهوائية التي يكون محركها ذا رق.

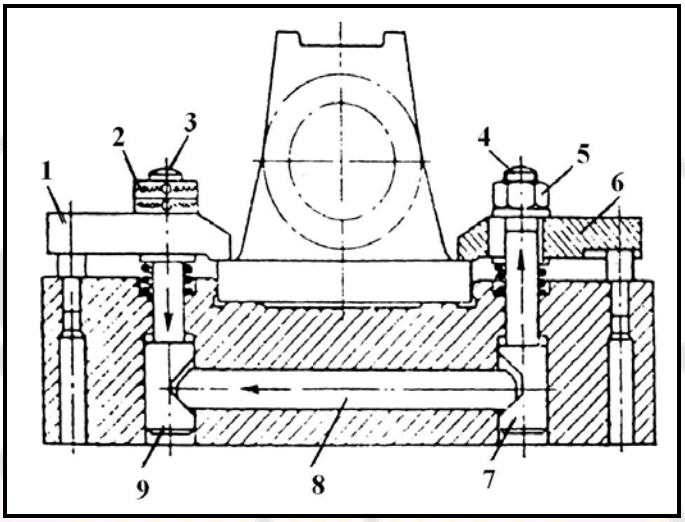


الشكل (5–31)

مناجل الربط الهوائية

4– النبائط الخاصة لربط مشغولة واحدة:

يبين الشكل (5–32) نبيطة مخصصة لربط مشغولة على شكل كرسي محور ويتم الربط بوساطة القامطين (1) و (6) في الوقت نفسه عن طريق ربط الصامولة (5) فعند ربط هذه الصامولة يقوم العمود الملولب (4) بالتأثير عن طريق عمود الشد (8) في عمود مماثل (9) ضاغطً على القامطة (1).



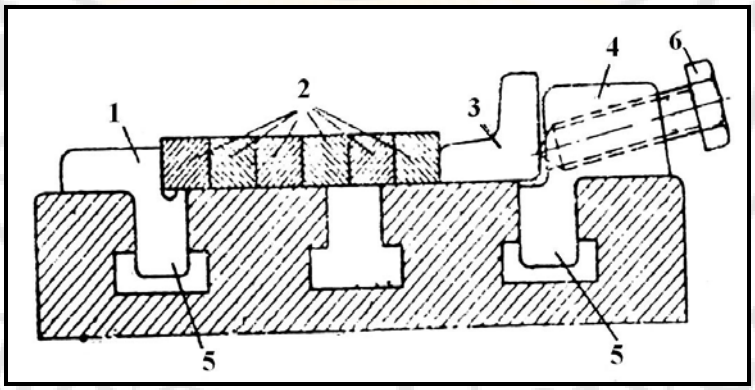
الشكل (5–32)

الربط من جهتين باستخدام قامطتين

أما عند تحرير الصامولة (5) تقوم النوابض الموجودة تحت القامطات (1) و (6) برفع هذه القامطات إلى أعلى حتى تتحرر المشغولة.

5– النبائط الخاصة لربط عدة مشغولات:

يبين الشكل (5–33) القامط المستخدم في ربط مجموعة من القطع المتماثلة ربطاً محكماً.



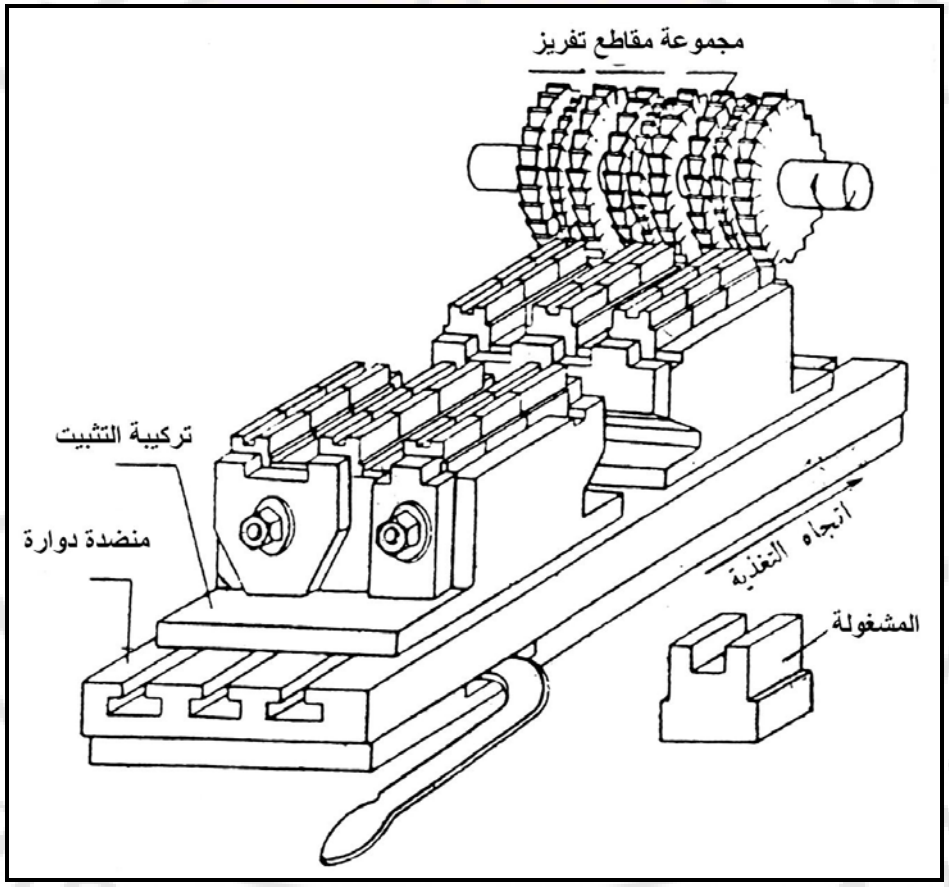
الشكل (5–33)

القامط المستخدم في ربط عدة مشغولات متماثلة

6- دلائل التثبيت:

يجب أن تؤمن دلائل التثبيت صحة وضع المشغولة المثبتة في الجزء الرابط بالنسبة لمقطع التفريز عند تغيير موقع المشغولة أثناء التشغيل ولتحقيق ذلك يجب أن يحقق تثبيت المشغولة قواعد التثبيت الصحيحة.

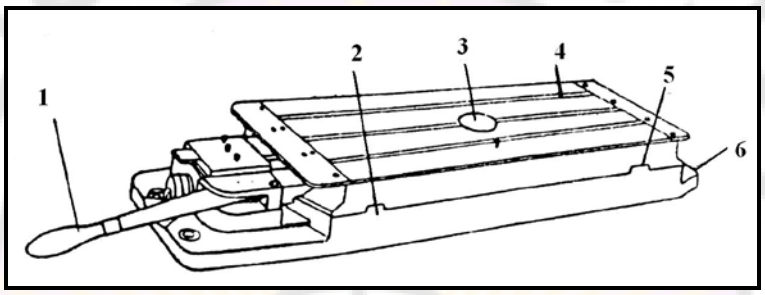
يوضح الشكل (5-34) دليلاً خاصاً لتثبيت (18) مشغولة دفعة واحدة من المشغولات الموضحة إحداها في الشكل.



الشكل (5-34)

تفريز شوكات في نبيطة الربط الخاصة لعدة مشغولات مع استخدام المنضدة ذات الموقعين

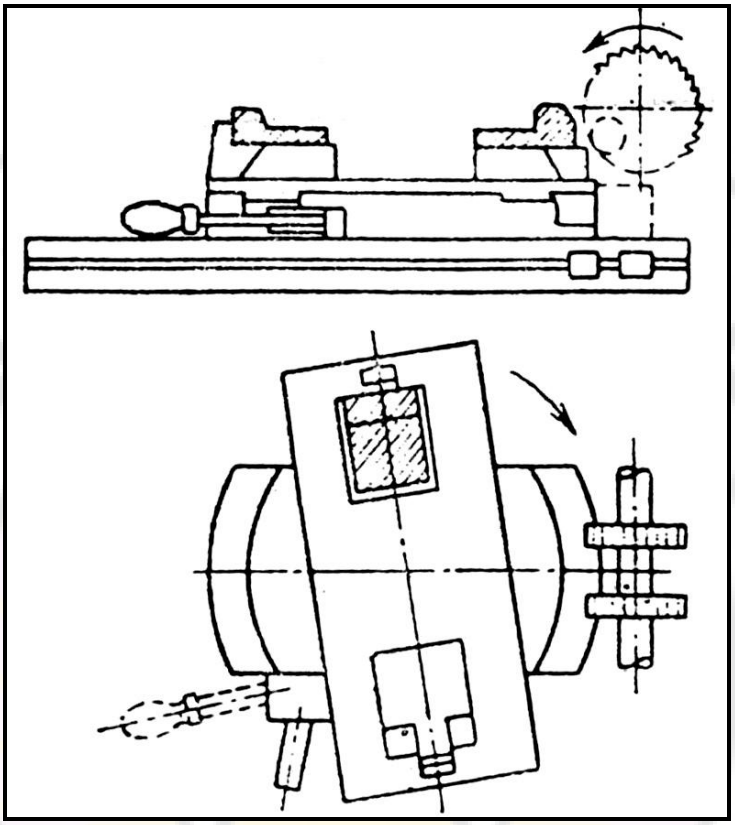
وفي هذه الحالة تعمل تسعة مقاطع تفريز جانبية مثبتة على شياق واحد في تفريز ثلاث مشغولات من تسع مشغولات مثبتة في دليل التثبيت وفي واحدة من نبيطتي التثبيت حيث أن النبيطة الأخرى تقوم بتثبيت المشغولات التسع الأخرى ويتم الانتقال من النبيطة الأولى إلى النبيطة الأخرى عن طريق دوران المنضدة ذات الموقعين الموضحة في الشكل (5-35) حيث يثبت دليل التثبيت بالكامل عليها.



الشكل (5-35)

المنضدة الدوارة ذات الموقعين

تسمح المنضدة الدوارة (4) بالدوران بزاوية $\left(180^{\circ}\right)$ عن طريق الضغط على الذراع (1) حيث يتم الانتقال من النبيطة الأولى إلى الثانية وبالتالي تفريز القطع التسع الأخرى، ويبين الشكل (5-36) طريقة التفريز هذه.



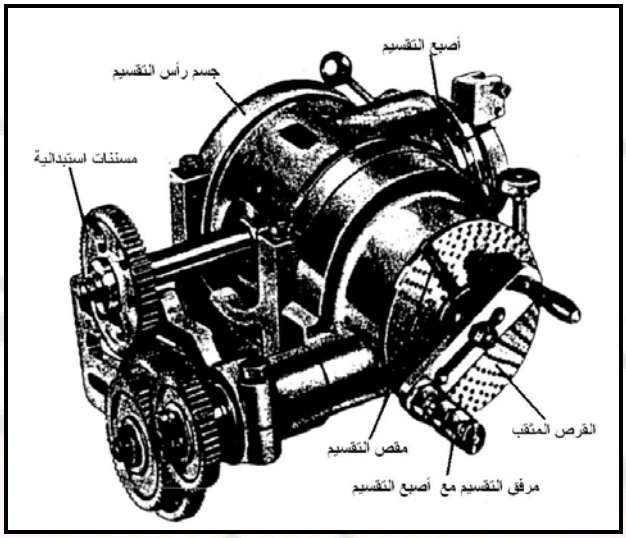
الشكل (5–36)

طريق التفريز على المنضدة الدوارة

(5-12) التقسيم:

تعد أجهزة التقسيم من الملحقات الأساسية لآلات التفريز وذلك لاتساع إمكان استخدامها في إنتاج الأجزاء المربعة والمسدسة والمسننات بمختلف أنواعها.

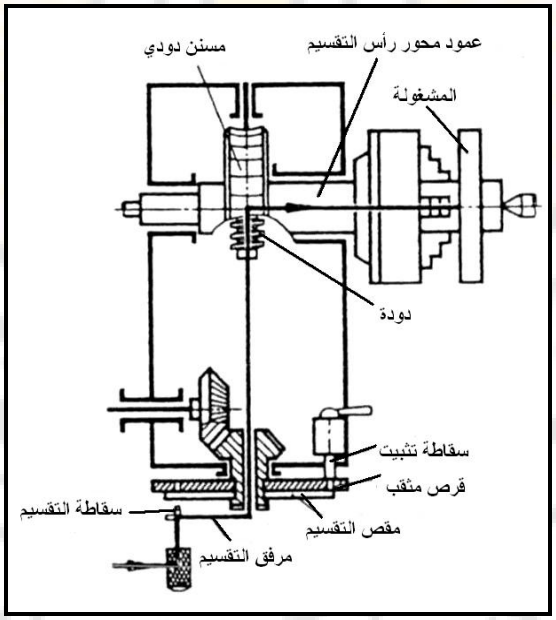
ويستخدم رأس التقسيم المبين في الشكل (5-37) في إنتاج المشغولات المطلوب تفريزها وفق تقسيم معين كالمسننات والأعمدة المخددة ومقاطع التفريز والمجاري الحلزونية.



الشكل (5–37)

رأس التقسيم

ويبين الشكل (5–38) الرسم التخطيطي لهذا الجهاز.



الشكل (5–38)

الرسم التخطيطي لرأس التقسيم

يتألف رأس التقسيم من الجسم الذي يدور في محامله عمود محور رأس التقسيم الذي يستوعب بدوره نبيطة القمط، ويمكن قمط المشغولات من طرف واحد أو بين الذنبتين وتثبت على محور رأس التقسيم قرص التقسيم المخصص للتقسيم المباشر، ويضم جهاز التقسيم مجموعة من المسننات الدودية اللازمة للتقسيم غير المباشر وتجهيزات التقسيم التفاضلي وتفريز المجاري الحلزونية.

وتقسم طرق التقسيم إلى ثلاثة أنواع:

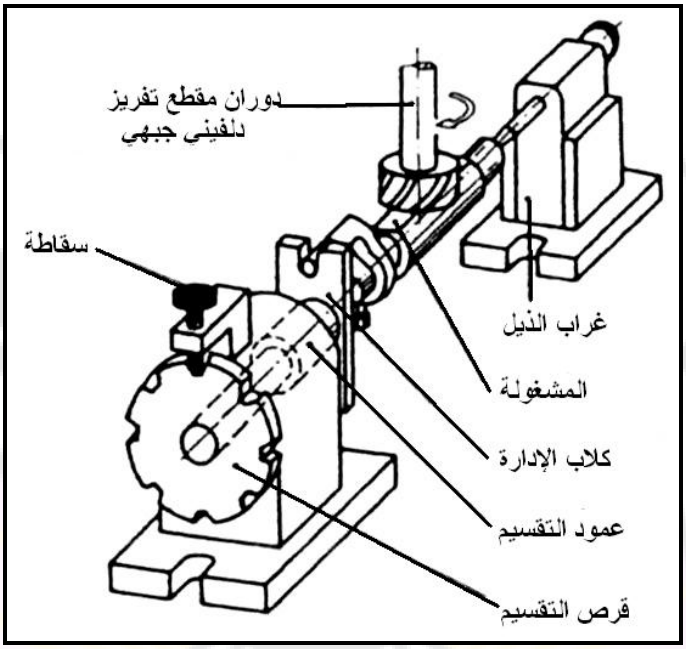
1 -التقسيم المباشر.

2 -التقسيم غير المباشر (المركب).

3 -التقسيم التفاضلي.

(5-12-1) التقسيم المباشر:

تثبت المشغولة بين ذنبتي كل من جهاز التقسيم وغراب الذيل وتكون المشغولة متصلة بقرص التقسيم عن طريق كلاّب الإدارة وعمود التقسيم، ويكون بقرص التقسيم غالباً (24) شق أو ثقب وبهذا الشكل يمكن مباشرةً إنتاج التقسيمات للمشغولات والتي تكون من مركبات العدد (24) أي (2,3,4,6,8,12,24) وبعد الانتهاء من تفريز أحد السطوح أو الأسنان أو المجاري يدار قرص التقسيم حسب المسافة المطلوبة ثم يثبت في موضعه الجديد كما في الشكل (5-39).



الشكل (5–39)

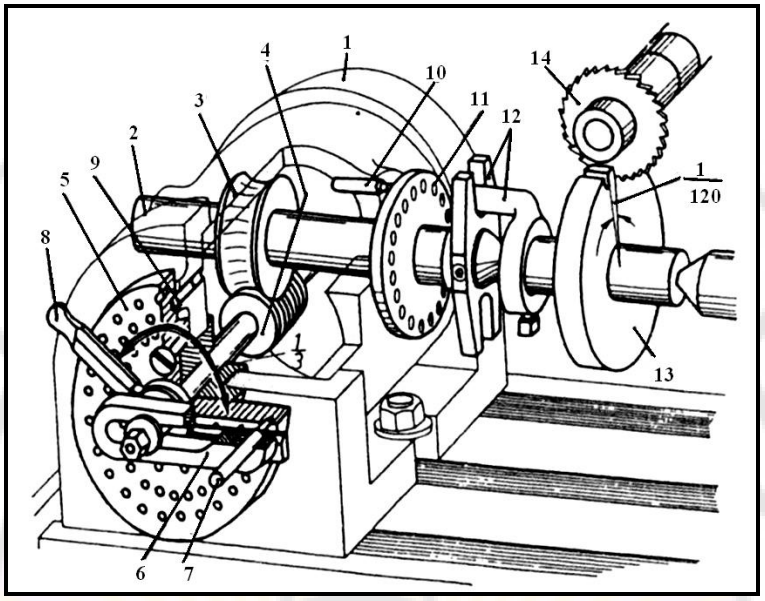
جهاز التقسيم المباشر

(5-12-2) التقسيم غير المباشر (المركب):

تثبت المشغولة بين ذنبتي كل من رأس التقسيم وغراب الذيل أو في ظرف ثلاثي، كما في الشكل (5-40).

وتكون المشغولة في الحالة الأولى متصلة بعمود التقسيم بوساطة كلاّب الإدارة (12) يدار عمود التقسيم بوساطة مرفق التقسيم (6) عبر تعشيق مسننات دودية تتألف من لولب دودي (4) ذي باب واحد ومسنن دودي (3) فيه (40) سن.

وبدوران المرفق (6) دورة واحدة يدور اللولب الدودي دورة واحدة أيضاً ولكن المسنن الدودي (3) يدور مسافة $\left(\frac{1}{40}\right)$ من الدورة.



الشكل (5–40)

رأس التقسيم العام

وبفرض أن عدد دورات المرفق هي (n_{cr}) وعدد أسنان المسنن الدودي (Z) وعدد الأقسام المطلوبة (T) يكون:

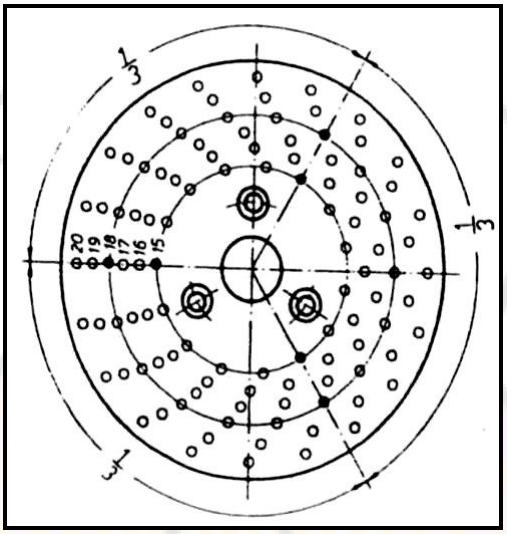
$$n_{cr} = \frac{Z}{T}$$

مثال (5–4):

المطلوب تصنيع مسنن عدد أسنانه (120) سن (دائماً يتم اعتبار $(Z = 40)$).

$$n_{cr} = \frac{Z}{T} = \frac{40}{120} = \frac{1}{3}$$

ولما كان من الصعب إدارة عمود المرفق بمقدار ثلث دورة استخدمت أقراص التقسيم المبينة في الشكل (5–41).



الشكل (5–41)

قرص التقسيم

وقرص التقسيم مجهز بعدة ثقوب موزعة على محيط عدد من الدوائر عددها (6) دوائر وعادةً يلحق بكل جهاز تقسيم ثلاثة أقراص للتقسيم يوزع على دوائرها ثقوب بأعداد مختلفة كما يلي:

الدائرة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
القرص الأول	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*
القرص الثاني	*21*	*23*	*27*	*29*	*31*	*33*
القرص الثالث	*37*	*39*	*41*	*43*	*47*	*49*

أي أنه في هذه الحالة يمكن اختيار إما الدائرة الأولى من القرص الأول أو الدائرة الثانية من القرص الخامس.

1- الدائرة الأولى من القرص الأول:

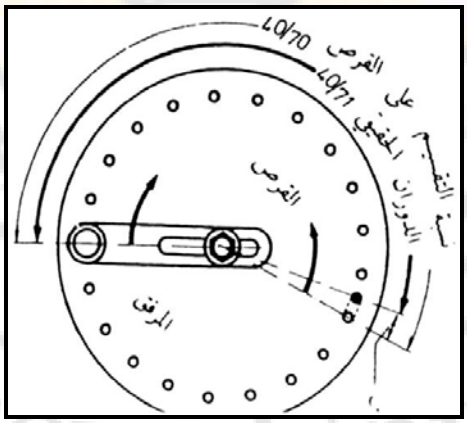
تحتوي هذه الدائرة على (15) ثقباً وبذلك يكون $\left(\frac{1}{3}=\frac{5}{15}\right)$ أي يجب أن يدار المرفق خمس مسافات بين الثقوب على دائرة فيها (15) ثقباً.

2- الدائرة الثانية من القرص الثالث:

تحتوي على (39) ثقباً، وبذلك يكون $\left(\frac{1}{3}=\frac{13}{39}\right)$ أي يجب أن يدار المرفق (13) مسافة من دائرة تحتوي على (39) ثقباً.

(5-12-3) التقسيم التفاضلي:

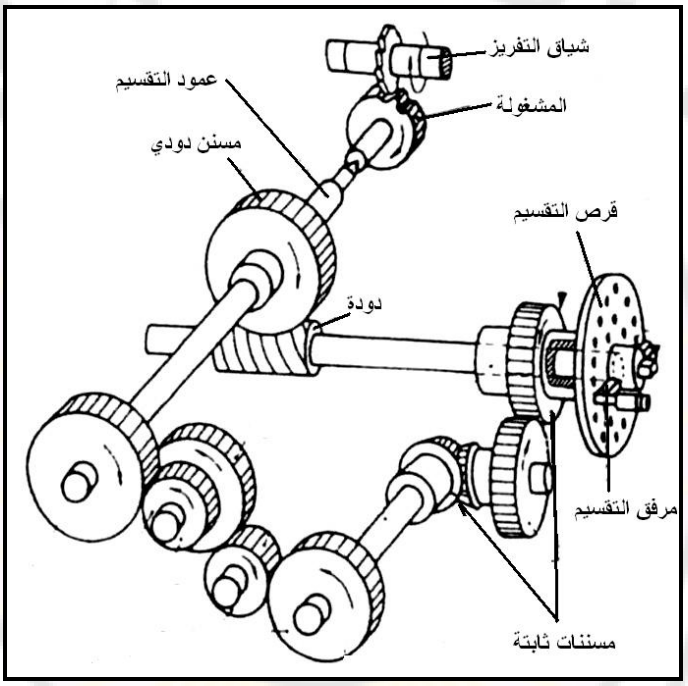
تستخدم هذه الطريقة عندما يتطلب الأمر قطع مسننات لا يوجد لها قرص بعدد ثقوب مناسبة للتقسيم المطلوب، لذلك يتم اختيار عدد من الأقسام (T') أقرب ما يمكن للعدد المطلوب التقسيم إليه (T) بحيث يتم إيجاد ثقوب مناسبة على أقراص التقسيم للأقسام المفروضة (T') ويتم بعد ذلك تعويض الفارق $(T'-T)$ بإدارة قرص التقسيم بعد تحريره من التثبيت مع جهاز التقسيم للأمام وللخلف حسب الإشارة الجبرية للفارق $(T'-T)$، ويوضح الشكل (5-42) قرص التقسيم المستخدم.



الشكل (5-42)

قرص التقسيم

تتم إدارة قرص التقسيم بوساطة طاقم من المسننات تصل محور القرص بمحور المشغولة، فإذا كانت $(T'>T)$ فإن حركة القرص يجب أن تكون في اتجاه حركة المرفق نفسه، أما إذا كان $(T'<T)$ فإن حركة قرص التقسيم يجب أن تكون بعكس اتجاه حركة المرفق، كما في الشكل (5-43).

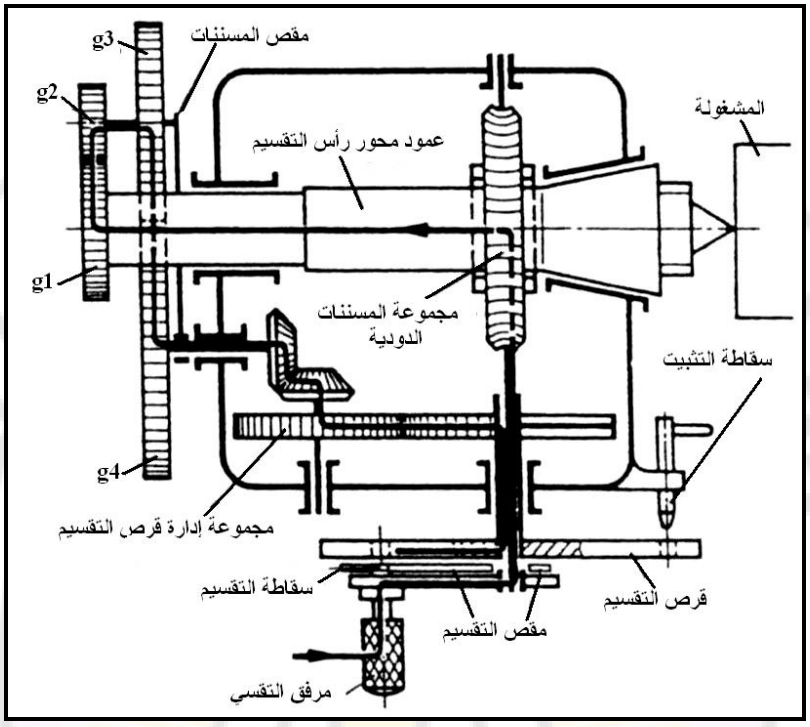


الشكل (5-43)

جهاز التقسيم

ويبين الشكل (5-44) الرسم التخطيطي للتقسيم التفاضلي.

وتزود أجهزة التقسيم بطاقم من المسننات المخصصة للتقسيم التفاضلي $(24,24,82,32,36,40,44,48,56,64,72,86,100)$ ويمكن حساب عدد دورات المرفق وعدد أسنان المسننات القابلة للتبديل عند التقسيم التفاضلي وفق الخطوات التالية:



الشكل (5–44)

الرسم التخطيطي للتقسيم التفاضلي

1– حساب عدد دورات المرفق:

يتم حساب عدد دورات المرفق كما ورد في التقسيم غير المباشر لعدد الأقسام الفرضي.

$$n_{cr} = \frac{40}{T'}$$

2– حساب عدد أسنان المسننات القابلة للتبديل:

هذه المسننات التي تنقل الحركة من محور قرص التقسيم إلى محور المشغولة وتعوض الفارق بين عدد الأقسام الفعلية وعدد الأقسام المقترحة من القانون:

$$i = \frac{40}{T'}(T' - T) = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

3– الانتباه إلى إشارة الناتج:

إذا كانت الإشارة سالبة فإن اتجاه دوران قرص التقسيم يجب أن يكون معاكساً لاتجاه دوران المرفق، أما إذا كانت الإشارة موجبة فإن دوران قرص التقسيم يجب أن يكون عن طريق المسنن الوسيط (Z).

مثال (5-5):

المطلوب تفريز مسنن عدد أسنانه (71) سناً.

في هذه الحالة يمكن اختيار $(T'=70)$ لأن $(T=71)$.

1- حساب عدد دورات المرفق:

$$n_{cr}=\frac{40}{T'}=\frac{40}{70}=\frac{4}{7}=\frac{12}{21}$$

أي يجب أن يدار المرفق (12) مسافة بين الثقوب من دائرة تحتوي على (21) ثقباً وهي الدائرة الأولى من القرص الثاني.

2- حساب عدد أسنان المسننات القابلة للتبديل:

$$i=\frac{40}{T'}(T'-T)=\frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

$$i=\frac{40}{70}(70-71)=-\frac{4}{7}$$

$$\frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}=\frac{32}{56}=\frac{32\times 24}{24\times 56}$$

وبما أن الإشارة سالبة فإن اتجاه دوران قرص التقسيم يكون معاكساً لاتجاه دوران المرفق.

مثال (5-6):

المطلوب تفريز مسنن عدد أسنانه (293) سناً.

بفرض $(T'=300)$

1- حساب عدد دورات المرفق:

$$n_{cr} = \frac{40}{T'} = \frac{40}{300} = \frac{2}{15}$$

أي يجب أن يدار المرفق مسافتين بين الثقوب من دائرة تحتوي على (15) ثقباً وهي الدائرة الأولى من القرص الأول.

2- حساب عدد أسنان المسننات القابلة للتبديل:

$$i = \frac{40}{T'}(T' - T) = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

$$i = \frac{40}{70}(300 - 293) = \frac{28}{30}$$

$$\frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4} = \frac{28}{30} = \frac{4 \times 7}{6 \times 5} = \frac{32 \times 28}{24 \times 40}$$

وبما أن الإشارة موجبة فإن اتجاه دوران قرص التقسيم يكون موافقاً لاتجاه دوران المرفق.

(5-13) التفريز الحلزوني:

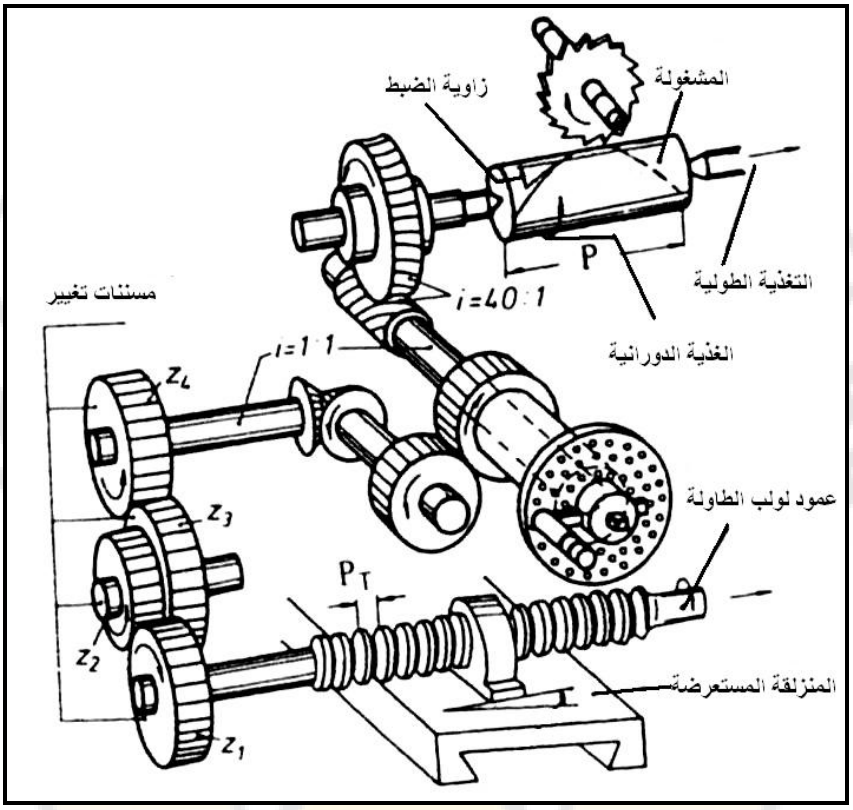
يتطلب الأمر في كثير من الأحيان تفريز مجاري حلزونية وذلك عند إنتاج أدوات التثقيب والمسننات ذات الأسنان الحلزونية وغيرها، وفي هذه الحالة يجب على المشغولة أن تؤدي حركتين أساسيتين:

1 -حركة تغذية طولية بوساطة الطاولة.

2 -حركة دورانية بوساطة رأس التقسيم.

وتتم هاتان الحركتان في وقت واحد بحيث يرسم مقطع التفريز خطاً حلزونياً على سطح المشغولة مثلما يحدث أثناء قطع اللوالب على المخرطة.

ويجب هنا حساب مجموعة المسننات القابلة للتبديل التي تنقل الحركة الدوارنية لعمود لولب تغذية الطاولة إلى عمود رأس التقسيم والمشغولة، الشكل (5-45).



الشكل (5–45)

تفريز المجاري الحلزونية باستخدام رأس التقسيم

عند حساب مجموعة المسننات القابلة للتبديل يجب أن تكون خطوة كل من المشغولة ولولب الطاولة معلومة، وبحساب النسبة بين هاتين الخطوتين مع أخذ نسبة النقل في جهاز التقسيم بعين الاعتبار وتساوي $\left(\frac{40}{1}\right)$ يمكن حساب هذه المسننات.

$$\boxed{i = \frac{P_t \times 40}{P \times 1} = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}}$$

(P_t): خطوة عمود لولب الطاولة.

(P): خطوة حلزون المشغولة.

مثال (5-7):

المطلوب قطع مجاري حلزونية بخطوة $(P=1500mm)$ في مشغولة قطرها $(\phi=200mm)$ علماً بأن خطوة عمود لولب الطاولة $(P_t=6mm)$.

$$i=\frac{P_t\times 40}{P\times 1}=\frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

$$i=\frac{6\times 40}{1500}=\frac{6\times 4}{25\times 6}=\frac{24\times 32}{100\times 48}$$

وبالإضافة إلى ذلك يجب إمالة الطاولة في المستوي الأفقي بمقدار زاوية الضبط (β)، وتحسب هذه الزاوية من العلاقة:

$$\boxed{tg\,\beta=\frac{U}{P}}$$

(U): طول محيط المشغولة.

وتكون الزاوية:

$$\beta=\frac{200\times 3.14}{1500}=0.418$$

$$\Rightarrow\quad \beta=22^{\circ}40'$$

مثال (5-8):

يراد تشغيل مسنن حلزوني خطوته $(P=120mm)$ وعدد أسنانه (32) سناً على آلة تفريز خطوة لولبها الأساسي $(P_t=5mm)$، احسب عدد دوران المرفق وزاوية الضبط ثم اختر المسننات القابلة للتبديل إذا علمت أن القطر الخطوي للمسنن المراد تشغيله $(D=60mm)$.

الحل:

عدد دورات المرفق:

$$n_{cr} = \frac{40}{T} = \frac{40}{32} = 1\frac{1}{4} = 1\frac{4}{16}$$

أي أنه تم اختيار الدائرة الثانية من القرص الأول والتي تحتوي على (16) ثقباً ويجب إدارة المرفق دورة كاملة مضافاً إليها (4) مسافات بين الثقوب من دائرة تحتوي (16) ثقب.

حساب عدد المسننات القابلة للتبديل:

$$i = \frac{P_t \times 40}{P \times 1} = \frac{Z_1.Z_3}{Z_2.Z_4}$$

$$i = \frac{5 \times 40}{120} = \frac{200}{120} = \frac{40 \times 50}{30 \times 40}$$

حساب زاوية الإمالة:

$$tg\,\beta = \frac{U}{P} = \frac{3.14 \times 60}{120} = 1.57$$

$$\Rightarrow \quad \beta = 57^{\circ}30'$$

من الجدير ذكره أن إنتاج المسننات بطريقة التفريز يستخدم للإنتاج الفردي إذ أنه من المفروض تفريز كل فراغ بين سنين على حدة، ونظراً لتغير شكل السن مع تغير عدد الأسنان رغم بقاء الموديول ثابتاً إلاّ أنه يمكن الاكتفاء بطاقم مكون من ثمانية مقاطع تفريز لإنتاج جميع المسننات التي يصل الموديول بها إلى $(9mm)$ وطاقم مكون من خمسة عشر مقطع تفريز لإنتاج جميع المسننات التي يزيد الموديول لها عن $(9mm)$.

أي أنه عندما يكون $(m < 9mm)$ نحتاج (8) مقاطع تفريز، وعندما يكون $(m > 9mm)$ نحتاج (15) مقطع تفريز.

وعند التفريز بمقطع تفريز مخدد يتدحرج مقطع التفريز على المسنن المراد تفريزه ويجب أن يتمتع مقطع التفريز بخلوص معين بالإضافة إلى الفراغات التي تسهل انسياب الرايش.

فإذا كان المطلوب إنتاج مسنن عدد أسنانه (36) سناً يجب أن يدور مقطع التفريز حول محوره (36) مرة في حين تدور المشغولة عن طريق دوران طاولة التفريز الدوارة دورة واحدة.

وعند تفريز المسننات المستقيمة يجب إمالة محور التفريز بمقدار زاوية الخطوة لمقطع التفريز المخدد، وتعمل آلة التفريز في حالة التفريز هذه بشكل أوتوماتيكي.

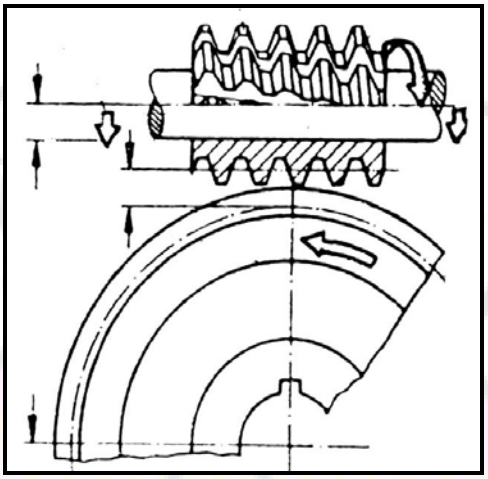
أما عند تفريز المسننات مائلة الأسنان فيتبع الطريقة نفسها التي تم اتباعها عند تفريز المسننات المستقيمة الأسنان، ولكن إضافةً إلى ذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار زاوية الميل واتجاه الميل للأسنان المراد تفريزها.

ويمكن تصنيع المسننات أيضاً بطريقة التشقيب بأداة قطع مشطية الشكل حيث يتم إيجاز عدة أسنان في شوط واحد لمشط التشقيب.

وتستخدم طريقة القشط أيضاً في تصنيع المسننات الخارجية والداخلية وتستخدم أداة قاطعة على شكل مسنن وتكون حركة العمود الرئيسي الحامل لأداة القطع مرتبطة بحركة فرش الآلة المثبت عليه المسنن المراد تصنيعه.

أما إنتاج المسننات الدودية فيتم بواسطة التفريز المحيطي بمقطع تفريز مخدد له قطر اللولب الدودي نفسه وخطوته وعدد أبوابه والذي سيتم تعشيقه فيما بعد مع المسنن الدودي المطلوب تشغيله.

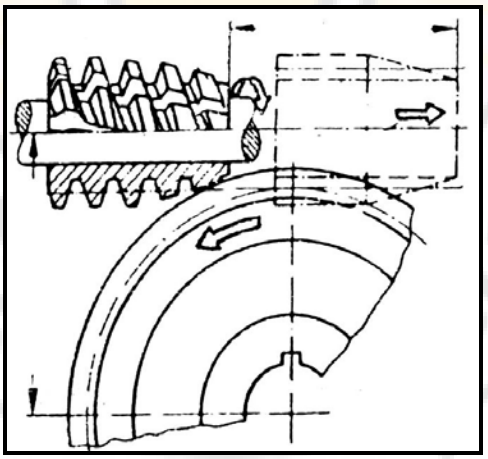
وقبل إجراء التفريز للمسنن الدودي تجري على سطحه الخارجي عملية خراطة مما يسهل من عملية التفريز المحيطي بمقطع التفريز المخدد، فإذا كانت زاوية الخطوة في اللولب الدودي أقل من (8°) فيمكن التغذية أثناء التشغيل في الاتجاه القطري حتى العمق الكامل للسن كما في الشكل (5-46).



الشكل (5–46)

تفريز مسنن دودي بتغذية قطرية

أما إذا زادت زاوية الخطوة عن $\left(8^{\circ}\right)$ يضبط مقطع التفريز المخدد على المسافة بين محوري اللولب الدودي والمسنن الدودي وتتم التغذية بعد ذلك في اتجاه مماسي للمسنن الدودي وتكون مقدمة مقطع التفريز المخدد في هذه الحالة مخروطية كما في الشكل (5-47).



الشكل (5–47)

تفريز مسنن دودي بتغذية مماسية

الفصل السادس

عمليات التشغيل بالقشط

Shaping Processes

وقل رب زدني علما
Damascus University

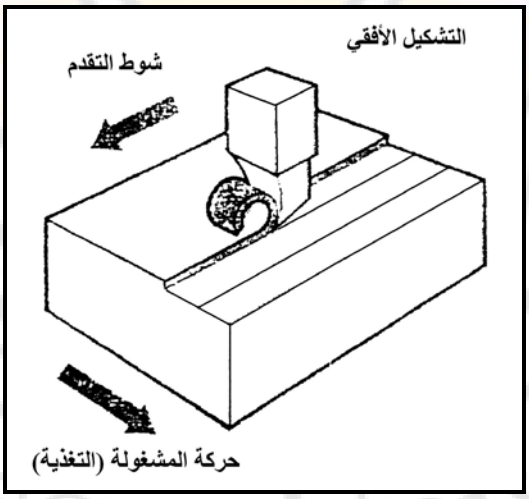
(6-1) المفهوم العام لعملية القشط:

يستخدم التشغيل بالقشط لإنجاز السطوح المستوية والملساء، وتدعى الآلة التي تقوم بالعملية (المقشطة).

تختلف المقاشط عن المخارط وآلات التفريز في أن حركة أداة القطع الرئيسة هي حركة ترددية مستقيمة وأن حركة التغذية تتم بشكل دوري بكل شوط عمل، حيث تقوم الأداة بفصل الرايش بشكل انسيابي عن المشغولة في كل شوط عمل، ولاستكمال القشط تحرك العدة أو المشغولة عرضياً بمقدار التغذية في كل مرة ويضبط تقدم القلم أو المشغولة بمقدار عمق القطع.

أي أنه أثناء شوط العمل (التقدم) يتم إنشاء خط مستقيم في المشغولة، أما أثناء شوط التراجع للأداة القاطعة فإنها تعود إلى نقطة البداية من دون أن تقوم بأي عمل، بعد ذلك تتحرك الطاولة المثبتة عليها القطعة المراد تشغيلها إما حركة يدوية أو آلية استعداداً لبدء شوط جديد لأداة القطع.

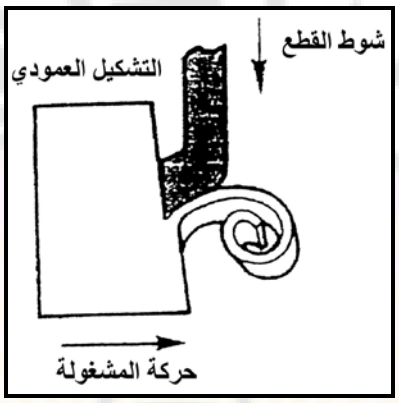
يبين الشكل (6-1) حركة أداة القطع في المقاشط الأفقية.



الشكل (6-1)

حركة أداة القطع في التشكيل الأفقي

ويبين الشكل (6-2) حركة الأداة في المقاشط العمودية حيث تكون الحركة الترددية عمودية والمشغولة تثبت إلى طاولة تتحرك وفق اتجاهات متعددة حسسب نمط العمليات المحددة.



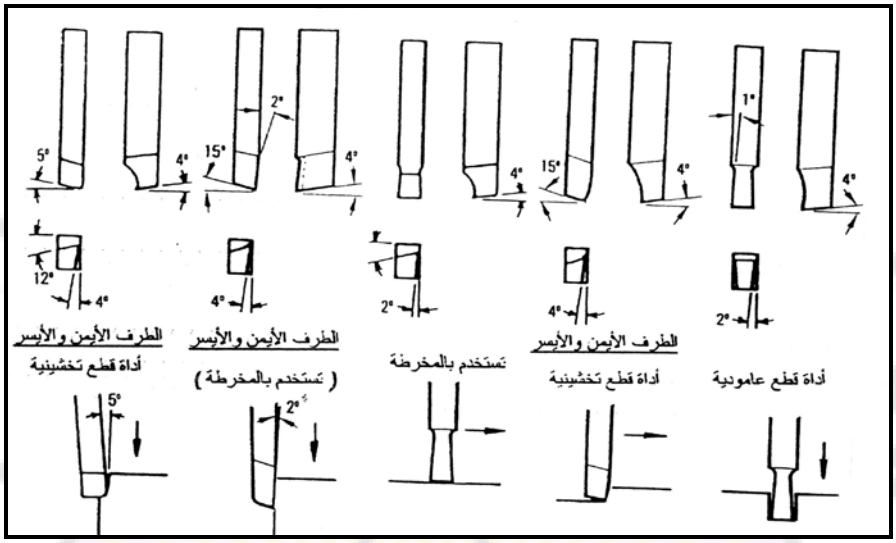
الشكل (6-2)

حركة أداة القطع في التشكيل العمودي

(6-2) أدوات القطع المستخدمة في عملية القشط:

تختلف عمليات التشكيل على المقشطة فيمكن انتاج المنحنيات والزوايا والأشكال المعقدة المختلفة، لذلك يوجد أنواع متعددة من أدوات القطع من حيث أشكالها وزوايا قطعها مخصصة لإنتاج أسطح معينة.

ويختلف شكل أداة القطع حسب نوع القطعة وحالة الآلة، ويبين الشكل (6-3) مجموعة من أدوات القطع مع زوايا الاقتراب الأفقية لها.



الشكل (6–3)

تصاميم أقلام القطع المستخدمة في عمليات القشط

إن لقم أداة القطع يجب أن يكون لها خلوص قطع، مع أن أدوات القطع في المقشطة تثبت بشكل عمودي بينما أدوات القطع في المخرطة تثبت بشكل أفقي، وبما أن أداة القطع لا تأخذ تغذية جانبية فإن زاوية الاقتراب الأفقية الرئيسية تتراوح بين $\left(2^\circ - 4^\circ\right)$ أما زاوية الاقتراب الأفقية المساعدة فتكون بحدود $\left(4^\circ\right)$.

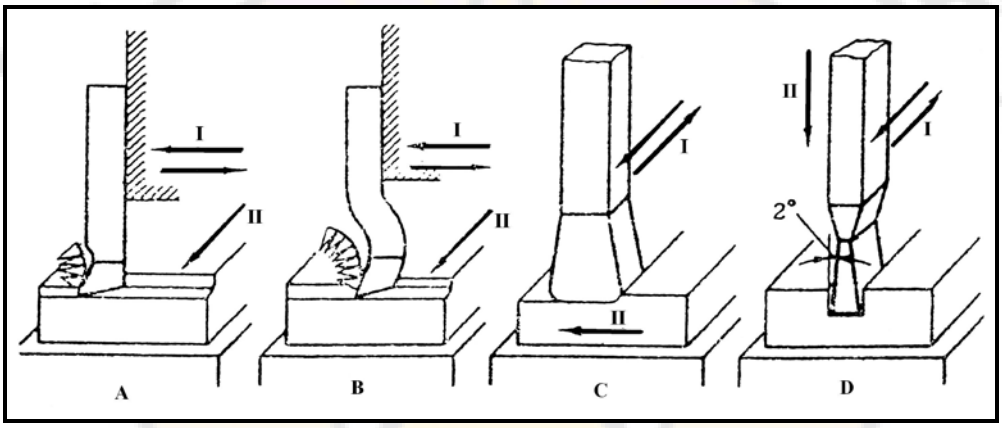
إن زاوية الاقتراب الأفقية المساعدة الصغيرة تسبب احتكاكاً كبيراً لأداة القطع مع المشغولة وحركة قطع ضئيلة وبالتالي تترك سطحاً خشناً على المشغولة.

تتعلق قيمة زوايا القطع الصحيحة بزاوية الجرف الجانبية وزاوية الخلوص الجانبية، تتراوح زاوية الجرف الجانبية للفولاذ بين $\left(10^\circ - 20^\circ\right)$، وتعتمد زاوية الخلوص الجانبية على الأداة المستخدمة وقساوة المعدن المشغل وهي تتراوح بين $\left(2^\circ - 8^\circ\right)$ ويمكن أن تكون أداة القطع مصنوعة بكاملها من مادة صلبة كالصلب الكربوني أو مزودة بلقم كربيدية حيث تثبت على حامل يميني أو يساري بحسب اتجاه القطع.

إن أداة القطع ذات الحامل اليساري هي الأكثر استخداماً وشيوعاً، أما أدوات القطع ذات الأنف المربع فتستخدم من أجل عمليات القطع النهائية على حديد الزهر والفولاذ.

يترك عادةً حيز خلوص يتراوح بين $(0.01-0.015in)$ من أجل الفولاذ و $(0.005-0.01in)$ من أجل حديد الزهر وذلك لإنهاء السطح باستخدام هذا النوع من الأدوات.

يبين الشكل (6-4) بعض أقلام القشط المصنفة حسب الوظيفة.



الشكل (6-4)

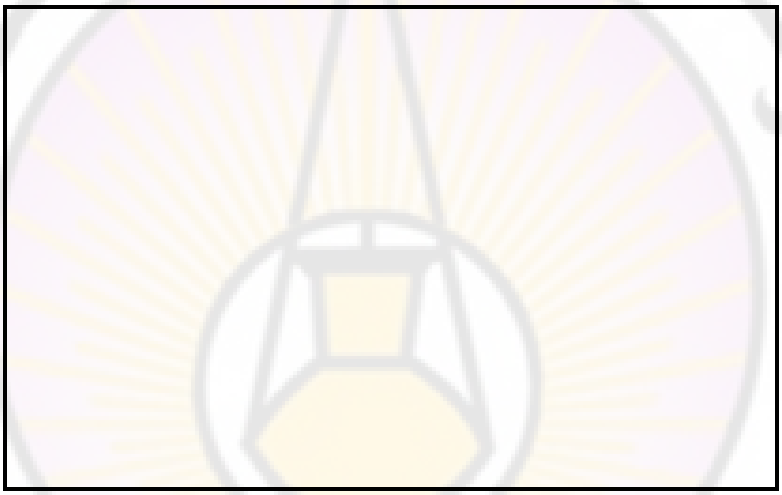
أقلام القشط حسب الوظيفة

قد تكون أقلام القشط مستقيمة الشكل (A-4-6) أو منحنية (B-4-6)، وتستخدم في عمليات الإنهاء والتنعيم أقلام عريضة مرنة كما في الشكل (C-4-6) والتي تقوم بقطع طبقة رقيقة من المعدن بتغذية كبيرة، وأقلام الفصل (D-4-6) والتي تعمل بحد قاطع ضيق وذلك من أجل تقليل المعدن المفقود أثناء القطع بالإضافة إلى تقليل قوى القطع نتيجة لصغر سطح التماس بين أداة القطع والمشغولة.

تتم إزالة الرايش من المعدن عند العمل على المقاشط خلال المشوار العامل فقط، أما مشوار الرجوع فيعد عاطلاً، لذلك فإن سرعة مشوار الرجوع تكون أكبر بمرتين أو ثلاث مرات من سرعة المشوار العامل.

تستخدم أداوت القطع الكربيدية بفعالية في المقاشط، وفي المقاشط الهيدروليكية يكون استعمال هذه الأدوات أكثر فعالية لأن هذه المقاشط تستطيع المحافظة على السرعة ومعدل التغذية.

وعند استعمال أداوات القطع الكربيدية يجب تهيئة المقشطة بحامل لهذه الأدوات وذلك لحمل قلم القطع خلال شوط التراجع وذلك لمنع تآكل نهاية قلم القطع وبدون استخدام هذا الحامل لا يكون استخدام الماد الكربيدية اقتصادياً في السرعات العالية.



الشكل (6–5)

بعض أدوات القطع الكربيدية

إن القطع العميق بالتغذية القليلة أفضل من القطع الخفيف بالتغذية الكبيرة ذلك لأن ضغط الرايش يوزع على طول الحد القاطع، وبينما يزداد عمق القطع يتم إنقاص سرعة القطع.

يكون التشكيل بأدوات القطع الكربيدية اقتصادياً عندما تستخدم الأدوات لمدة طويلة، وللمحافظة على أدوات القطع النهائية يجب التقليل من اصطدام الأسنان ببعضها والقيام بما يلي:

1 -فحص أداة القطع بحيث تلائم زوايا الخلوص.

2 -التأكد من عدم كسر الحد القاطع وبهتان لونه.

3 -التأكد من تثبيت المشغولة بإحكام.

4 -ضبط خابور التثبيت لكل من المكبس وأداة القطع لمنع أي إزاحة.

5 -خفض السرعة وزيادة التغذية.

6 -تجنب رفع أداة القطع وجعلها قريبة من لولب مثبت في أداة القطع قدر الإمكان.

(6-3) معدلات القطع عند التشغيل بالقشط:

1- عمق القطع (t):

وهو مقدار تغلغل قلم القطع في المشغولة في كل مرور له ويقدر بـ $[mm]$.

2- التغذية (s):

وهي حركة أداة القطع بالنسبة للمشغولة أو حركة المشغولة بالنسبة لأداة القطع (حسب نوعية المقشطة المستخدمة) أثناء الشوط المزدوج (شوط عامل وشوط رجوع) لأداة القطع.

تجري التغذية في نهاية شوط الرجوع عندما يكون قلم القطع غير محمل بالطبقة المنزوعة من المعدن وتقدر التغذية بـ $[mm/r]$.

3- المساحة الاسمية لمقطع الرايش (f):

إن المساحة الاسمية لمقطع الرايش أثناء القشط تساوي إلى حاصل ضرب عمق القطع في التغذية.

$$f = t.s \quad [mm^2]$$

(t): عمق القطع $[mm]$

(s): التغذية.

4- سرعة القطع (v):

تختلف سرعة القطع أثناء القشط حسب نوعية المقشطة المستخدمة، فعند استخدام المقشطة ذات العربة تكون سرعة القطع مساوية:

$$v = \frac{n.L\,(1+m)}{1000}$$

(n): عدد مشاوير العربة المزدوجة في الدقيقة.

(L): طول مشوار العربة $[mm]$.

(m): نسبة المشوار العامل إلى سرعة المشوار العاطل.

وتكون قيمة السرعة ثابتة خلال الشوط العامل.

أما عند استخدام المقاشط النطاحة فإن سرعة القطع تكون متغيرة وتكون سرعة القطع هي السرعة المتوسطة للمشوار العامل للتمساح وبالتالي لقلم القطع.

وتكون النسبة (m) متغيرة في المقاشط النطاحة وتختلف تبعاً لطول مشوار التمساح (L)، حيث تتناسب عكسياً معه.

5- زمن التشغيل الأساسي (t_0):

يمكن حساب الزمن الأساسي للتشغيل بالقشط لكل مشوار من العلاقة:

$$t_0 = \frac{B}{n.s}$$

(n): عدد المشاوير المزدوجة في الدقيقة.

(s): التغذية.

(B): الطول الكلي لمشوار القلم.

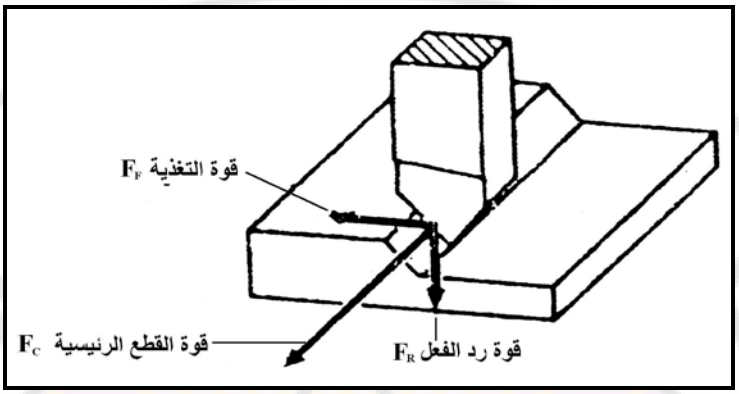
$$B = b + y_1 + y_2$$

(b): عرض القطعة المراد تشغيلها.

(y_1, y_2): مسافتا الاقتراب والتجاوز لقلم القطع.

6- القوى الناشئة عند التشغيل بالقشط:

يبين الشكل (6-6) القوى المؤثرة في المشغولة أثناء عملية القشط.



الشكل (6-6)

القوى الناشئة عن التشغيل بالقشط

تؤثر القوة (F_C) في اتجاه الحركة الرئيسية، والقوة (F_R) في اتجاه عمودي على السطح المشغل، (F_F) في اتجاه التغذية، وتقدر هذه القوى بـ $[N]$.

7- قدرة القطع (N_c):

يمكن حساب القدرة المستهلكة للقطع من العلاقة:

$$N_c = \frac{F_c . v_{F_x}}{60 \times 102}$$

(v_{F_x}): سرعة القطع.

ولما كانت سرعة التمساح في المشوار العامل تختلف عن طول المشوار الواحد فإن القدرة المستهلكة للقشط على التمساح وبالتالي على قلم القطع تتغير حتى لو كانت قيمة قوة القطع الرئيسية ثابتة.

أما القدرة اللازمة للمحرك الكهربائي فتساوي:

$$N_{mot} = \frac{N_c}{\zeta}$$

(ζ): مردود المقشطة ويؤخذ عادةً $(\zeta = 0.7)$.

(6-4) آلات القشط:

تصنف آلات القشط إلى مقشطة نطاحة أو مقشطة ذات عربة، ومهما اختلفت آلات القشط فإنها يجب أن تتمتع بمواصفات أساسية مشتركة:

1 -أن تكون سرعة القطع مختلفة عن سرعة الرجوع في الحركة الترددية وذلك بهدف توفير الزمن اللازم لإنجاز عملية القطع وبالتالي تقليل التكلفة.

2 -أن يكون تثبيت المشغولة متيناً حتى نستطيع مقاومة الصدمات التي تتعرض لها أثناء القطع وقوى القطع، بالإضافة إلى الاهتزازات الناتجة عن القطع.

3 -إمكان التحكم في ضبط طول المشوار ونقطة بدايته ونهايته بالإضافة إلى تأمين معدلات القطع المناسبة.

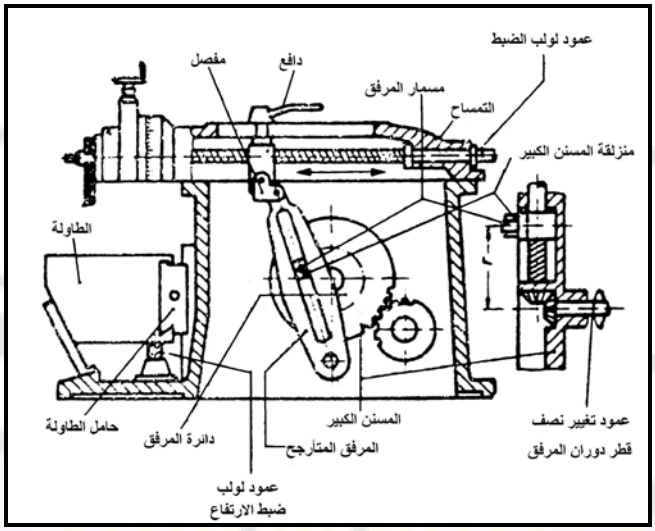
تجدر الإشارة إلى أنه في المقاشط ذات العربة تقوم المشغولة بحركتي القطع والرجوع، بينما لا تمارس أداة القطع إلاّ حركة التغذية العرضية وعمق القطع.

أما في المقاشط النطاحة فإن أداة القطع تقوم بتأمين حركتي القطع والرجوع بينما تقوم المشغولة من خلال تثبيتها على الطاولة بتأمين حركة التغذية العرضية وعمق القطع.

(6-5) المقشطة النطاحة:

تستخدم المقشطة النطاحة للأعمال الصغيرة حيث يتم تثبيت المشغولة على الطاولة وتقوم بتأمين حركتي التغذية، بينما يثبت قلم القطع في نهاية التمساح الذي يقوم بحركة القطع الرئيسية وهي حركة مستقيمة ترددية خلال شوطين أحدهما عامل والآخر عاطل ويسمى الشوط العامل بشوط القطع، والشوط العاطل بشوط التراجع.

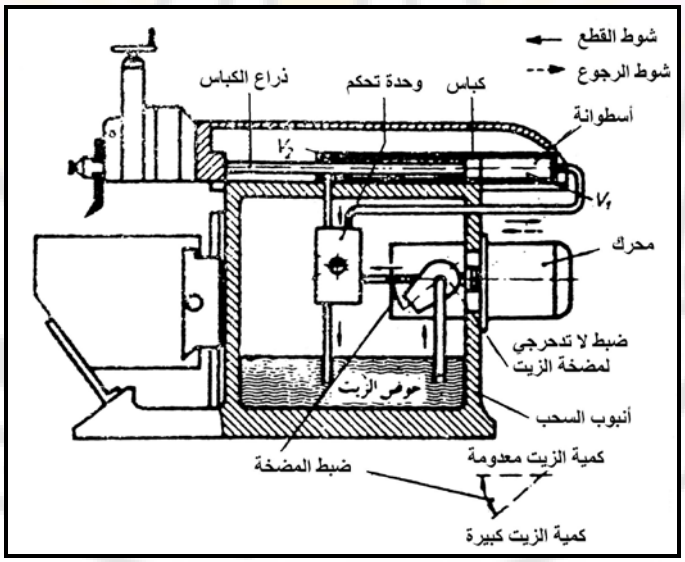
يمكن للمقاشط أن تعمل بنظام ميكانيكي كما في الشكل (6-7).



الشكل (6–7)

مقشطة نطاحة عاملة بنظام ميكانيكي

أو بنظام هيدروليكي كما في الشكل (6–8).

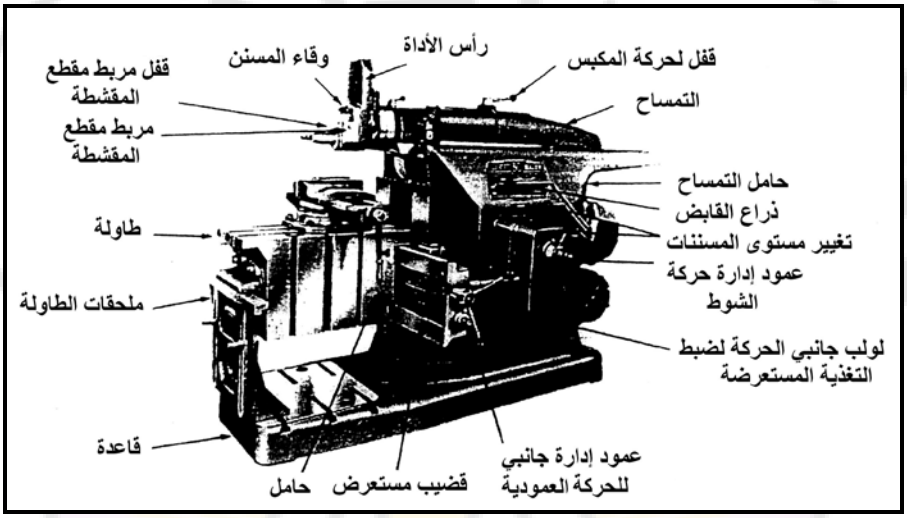


الشكل (6–8)

مقشطة نطاحة عاملة بنظام هيدروليكي

تصلح هذه الآلة لإنتاج أسطح المشغولات الخارجية المستوية أو المشطوبة أو المشكلة وذلك بطول يصل إلى $(800mm)$ للإنتاج الفردي.

يبين الشكل (6-9) منظر عام للمقشطة النطاحة.



الشكل (6-9)

منظر عام للمقشطة النطاحة

ومن أجزاء هذه الآلة:

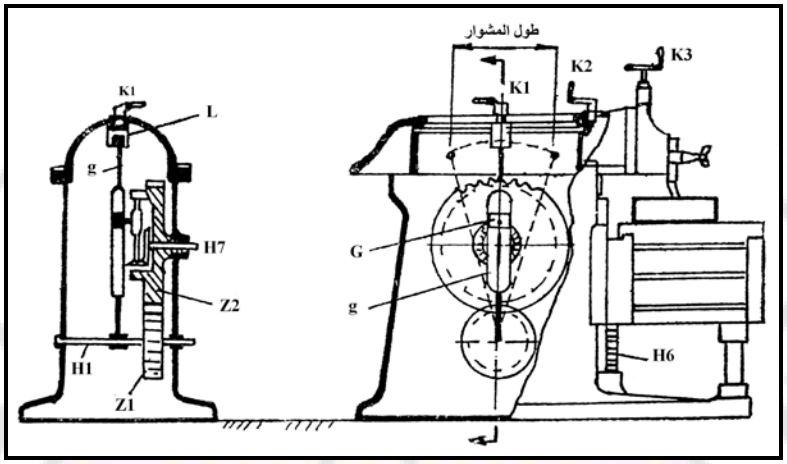
1- الهيكل: يحمل التمساح والعربة ويحتوي على تعاشيق الإدارة وآلية إدارة التمساح.

2- التمساح: يتحرك في أدلة انزلاق يمكن ضبطها وتغيير طول شوطها.

3- تعاشيق الإدارة الرئيسية: تنقل الحركة الدورانية من المحرك وذلك من خلال تعشيقه المسننات إلى بعضها.

(6-5-1) حركة التمساح الترددية في المقشطة النطاحة:

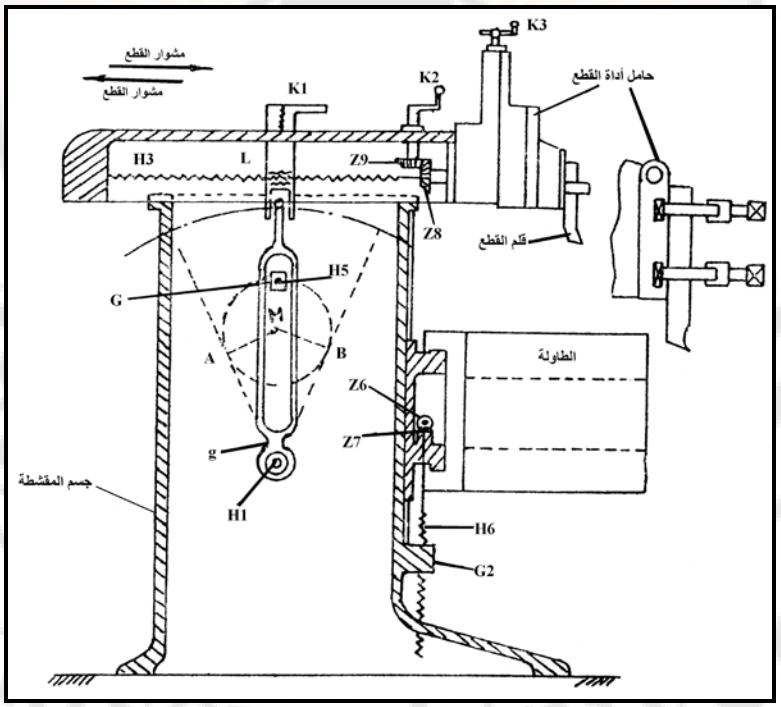
يبين الشكل (6-10) المقطع الأمامي والجانبي في المقشطة النطاحة.



الشكل (6–10)

المقطع الأمامي والجانبي في المقشطة النطاحة

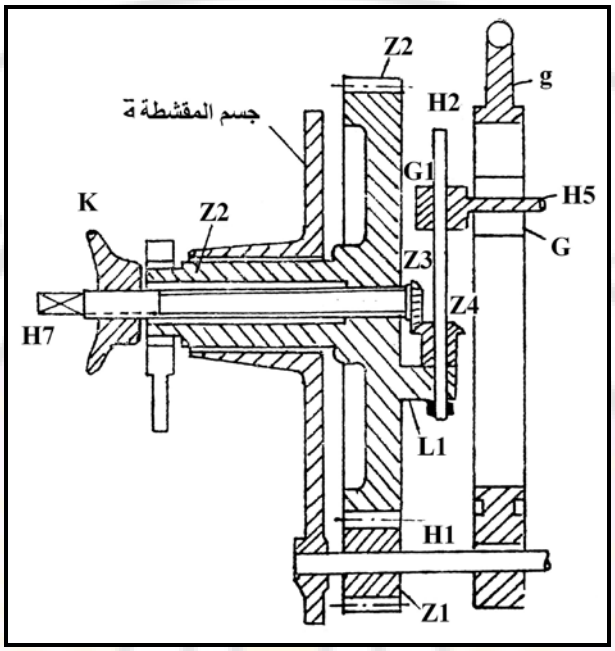
ويبين الشكل (6–11) مقطع طولي في المقشطة النطاحة.



الشكل (6–11)

مقطع في المقشطة النطاحة

ويبين الشكل (6-12) آلية تغيير طول المشوار.



الشكل (6-12)

آلية تغيير طول المشوار

تستمد الآلة حركة الإدارة الرئيسية من محرك كهربائي أو عمود إدارة من خلال علبة السرعة إلى العمود H1 المثبت عليه المسنن Z1 الذي يتعشق مع المسنن Z2 ، الشكل (6-12) حيث يثبت في سطحه الجانبي الدليل L1 بعيداً عن مركز دوران المسنن حيث يرتكز على هذا الدليل العمود H2 في الاتجاه القطري للمسنن Z2، وهذا العمود H2 فيه لولب في طرفه وتركب عليه الجلبة G1 المثبت عليها البنز H5 ذو الزلاقة G التي يمكن لها أن تنزلق ضمن مجرى طولي ضمن الذراع g حيث أن هذا الذراع يمكنه التأرجح في حركة زاوية عمودية على مستوى الرسم وذلك حول البنز أو العمود H1.

بدوران المسنن Z2 الذي يستمد حركته من المسنن Z1 المركب على العمود H1 يدور الدليل L1 (الشكل 6-12) بنصف قطر مساوي المساحة LM، أما العمود H2

فيتبع هذه الحركة الدائرية في مستوي محوره وبالتالي تدور الجلبة G1 والبنز H5 مع الزلاقة حركة دائرية بنصف قطر مقداره BM (شكل 6-11) ونظراً لأن الزلاقة تنزلق ضمن مجرى الذراع g فإنها تكسبه حركة ذائرية على شكل قوس دائري حول العمود H1 وطرف الذراع g وبإمكانه أن يعطي حركته إلى التمساح متحولةً إلى حركة ترددية ذهاباً وإياباً عند اتصاله بالدليل L الذي يمكن التحكم بموضعه بوساطة عمود ملولب H3 مثبت به.

يمكن إدارة العمود H3 عن طريق مسننين مخروطيين Z9,Z8 واليد K2 (شكل 6-11) وبالتالي يمكن بوساطة اليد K2 التحكم بنقطة بدء المشوار.

فيما بعد يمكن تثبيت نقطة البداية بوساطة اليد K1 بعد إجراء عملية الضبط.

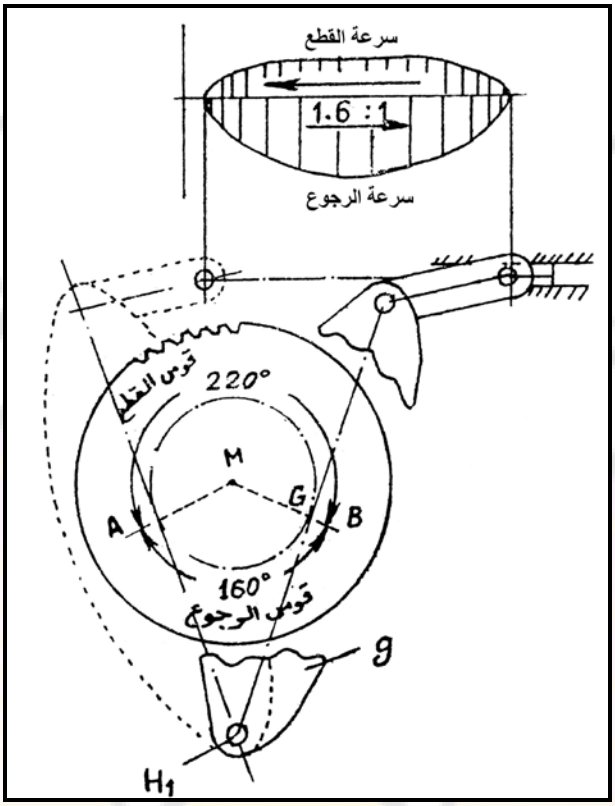
أما التحكم بطول المشوار فيتم عن طريق تغيير نصف قطر الدوران الذي يدور به الزلاقة G والعمود H5 (الشكل 6-12) وذلك بإدارة العمود H2 بوساطة المسننين المخروطيين Z4,Z3 والعمود H7 ويمكن تثبيت نصف القطر عند القيمة المطلوبة بوساطة اليد K5.

(6-5-2) حركة الرجوع السريعة في المقشطة النطاحة:

إن حركة الرجوع السريعة في المقشطة النطاحة تنشأ من كون الزلاقة G عليها أن تقطع القوس BMA الداخلي بالسرعة نفسها التي تقطع بها القوس BMA الخارجي، ولما كان القوس BMA الخارجي أطول من الداخلي فإن زمن الرجوع سيكون أصغر من زمن القطع بنسبة يمكن تحديدها بموقع العمود H1 بالنسبة للمركز M.

يمثل القوس الخارجي الشوط العامل للتمساح بينما يمثل القوس الداخلي الشوط العاطل (شوط الرجوع).

يبين الشكل (6-13) حركة الرجوع السريعة في المقشطة النطاحة.



الشكل (6–13)

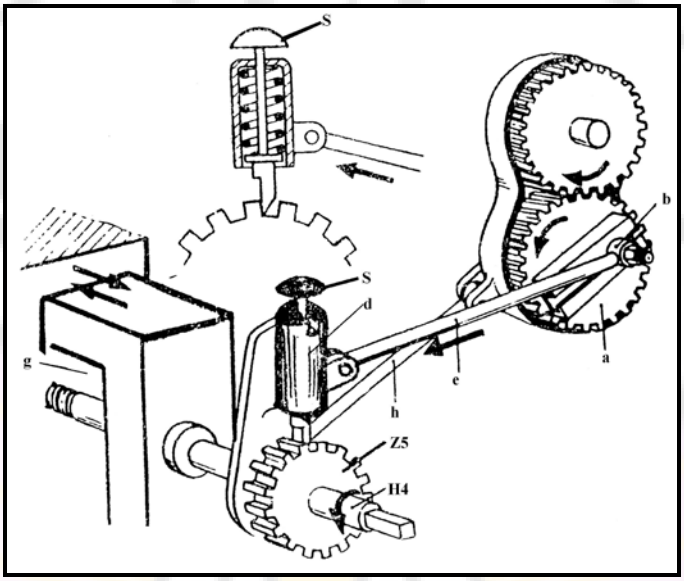
حركة الرجوع السريعة في المقشطة النطاحة

يوضح الشكل العلاقة البيانية بين سرعة القطع وسرعة الرجوع حيث أنها تصل إلى نسبة (1:1.6)، ويوضح كذلك الشكل آلية اتصال نهاية الذراع g بالدليل المرتبط بالتمساح عن طريق الرافعة الوسيطة المفصلية التي تقوم بتعديل خط نهاية الذراع g من قوس مركزه محور العمود H1 إلى حركة مستقيمة تماماً للتمساح.

(6-5-3) التغذية في المقشطة النطاحة:

تتم التغذية بشكل آلي عن طريق المسنن Z2 (الشكل 6–12) إلى جهاز لا مركزي مثبت معه الذراع e المركبة عليه السقاطة s التي تدفع المسنن Z5 دفعة واحدة بمقدار

خطوط سن من أسنانه لكل دورة، عندها يدور العمود H4 الملولب المثبت عليه والمثبت بالتالي في لولب التثبيت للمشغولة، كما في الشكل (6-14).



الشكل (6-14)

التغذية الآلية للمقشطة النطاحة

(6-6) المقشطة النطاحة الهيدروليكية:

تختلف المقشطة النطاحة الهيدروليكية عن المقشطة الميكانيكية بأنها تستخدم الوسائل الهيدروليكية من أجل التحكم بحركة التمساح الترددية.

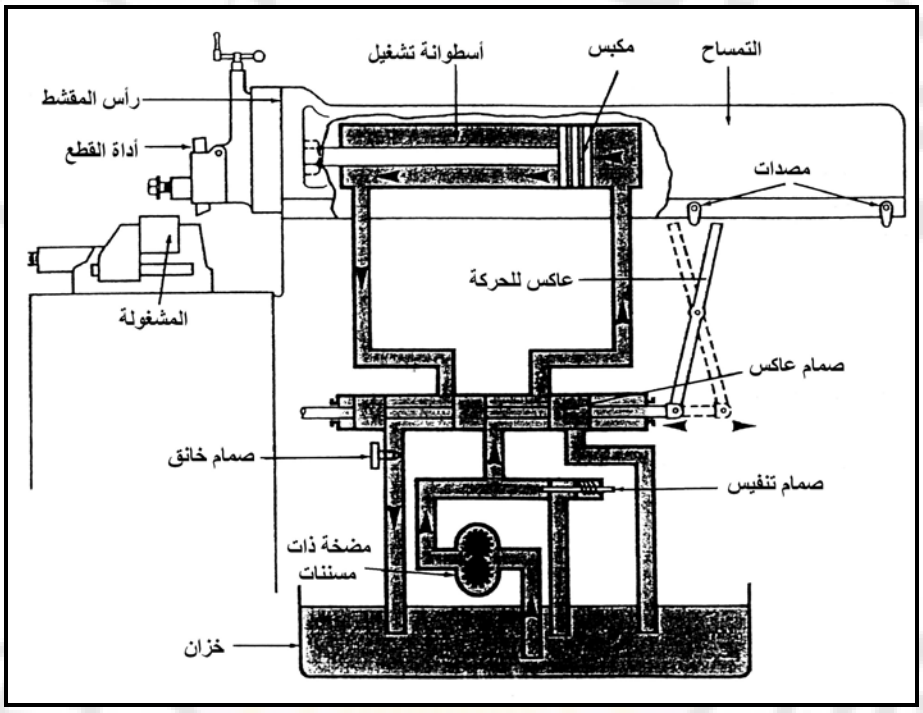
تقوم مضخة بتأمين الزيت بضغط معين عبر صمام عاكس موجود في النهاية اليمنى لأسطوانة التشغيل حيث يقوم ضغط الزيت بتحريك المكبس لإنتاج شوط التقدم.

أما شوط التراجع فيحصل بتوجيه تدفق ضغط الزيت عبر صمام عاكس موجود على النهاية اليسرى لأسطوانة التشغيل.

يمكن التحكم بطول الشوط عن طريق ضبط الموضع الذي يقف عنده ضغط الزيت على المكبس ويمكن تقديم التغذية بواسطة أسطوانة التغذية والمكبس.

كما يمكن تغيير السرعة والتغذية أثناء عمل المقشطة وذلك بواسطة التحكم بالصمامات التي تسمح بتنظيم التغذية وسرعة القطع.

ويبين الشكل (6-15) مخططاً توضيحياً لمبدأ عمل المقشطة الأفقية الهيدروليكية مع الأجزاء الرئيسية وآلية الحركة.



الشكل (6-15)

مبدأ عمل المقشطة الهيدروليكية

وتتميز المقاشط الهيدروليكية بما يلي:

1 -تأمين حركة منتظمة.

2 -توفر مجال واسع لكل من السرعة والتغذية.

3 -تكون قيمتا السرعة والتغذية ثابتتين أثناء شوط التقدم.

4 -السطح النهائي للمشغولة يكون خالياً من آثار ارتجاج أداوت القطع.

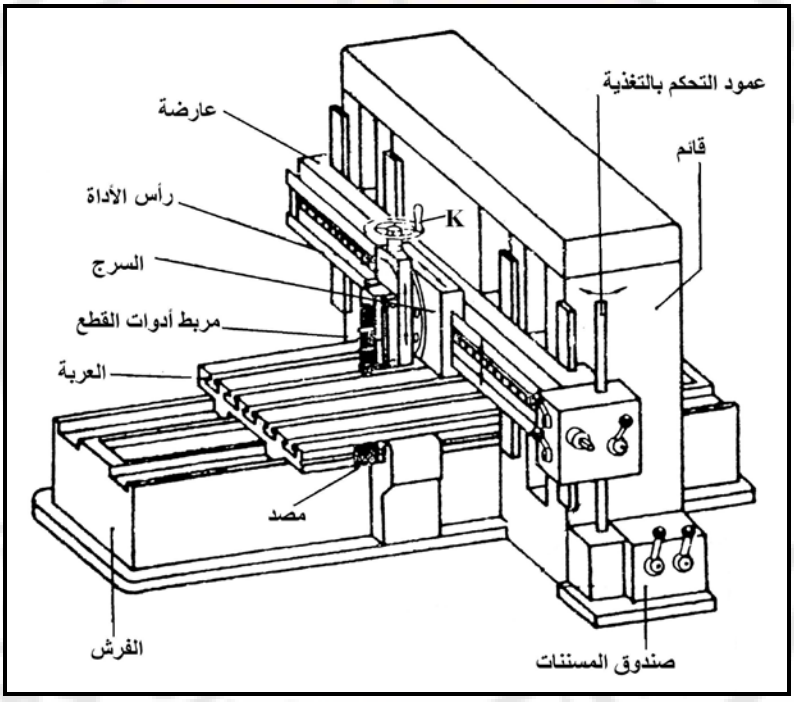
5 -يمكن تنظيم سرعة وتغذية القطع بدون إيقاف المقشطة.

6 -سهولة مراقبة وضبط قيم السرعة والتغذية لآلة القشط.

(6-7) المقشطة ذات العربة:

في المقشطة ذات العربة تؤدي العربة الرئيسية المثبت عليها المشغولة حركة القطع الرئيسة المستقيمة، أما باقي حركات القطع فتؤديها أداة القطع.

يوضح الشكل (6-16) المقشطة ذات العربة.



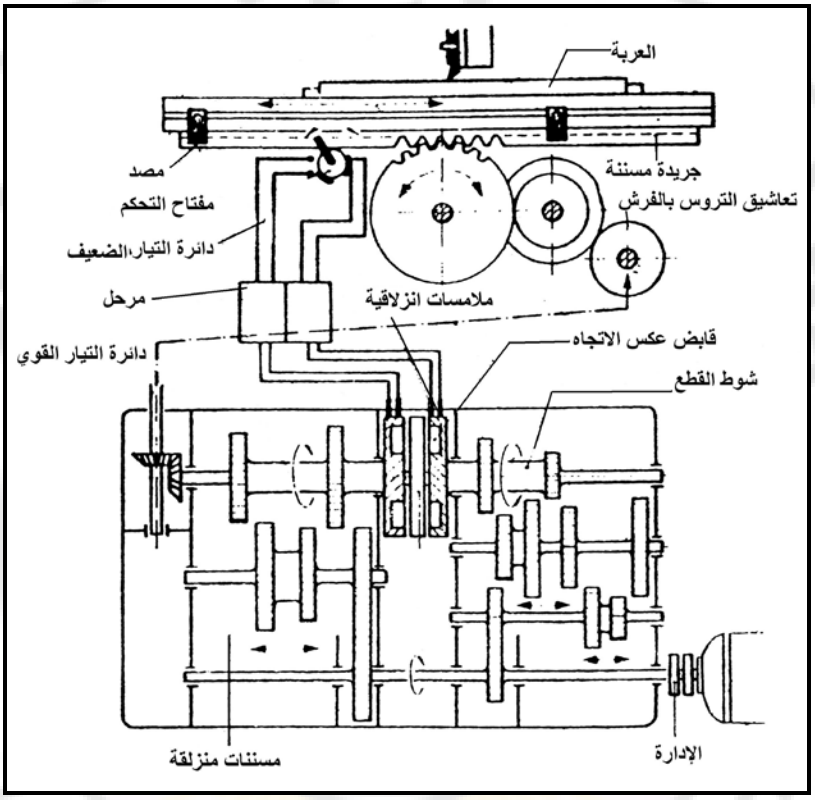
الشكل (6-16)

المقشطة ذات العربة

وتتألف هذه المقشطة من:

1- الفرش: تثبت عليه العربة بواسطة دليلي انزلاق ويحتوي بداخله على أجهزة الإدارة الرئيسية للعربة.

2– العربة: وتفوم بإنجاز الحركة الترددية الرئيسية وتثبت عليها المشغولة، يمكن أن تكون إدارة العربة ميكانيكية كما في الشكل (6-17).



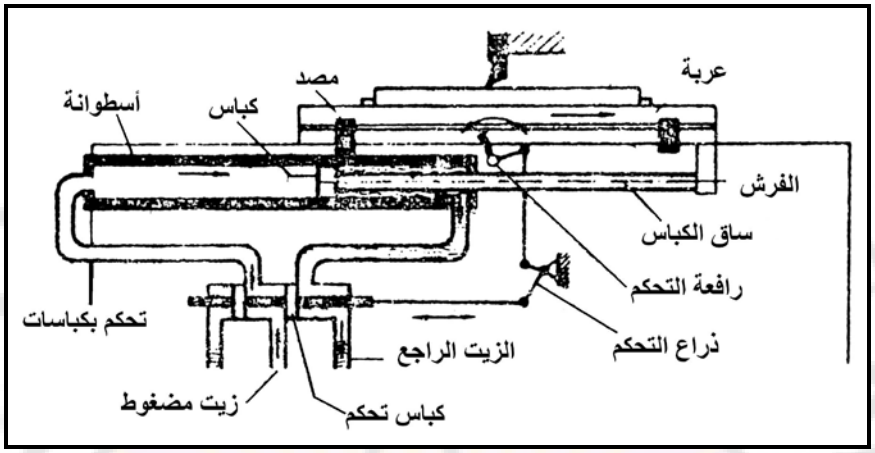
الشكل (6–17)

الإدارة الميكانيكية للعربة

ويتم التحكم بالعربة بواسطة هذه الإدارة عن طريق تعشيق المسننات مع بعضها البعض لنتتقل الحركة إلى المحاور المناسبة والتي تنقلها بدورها إلى العربة لتنفيذ الحركة المطلوبة.

ويمكن أن تكون إدارة العربة آلية عن طريق نظام هيدروليكي يشابه من حيث المبدأ الإدارة الهيدروليكية للتمساح في المقشطة النطاحة.

يبن الشكل (6-18) الإدارة الهيدروليكية للعربة في المقاشط ذات العربة.



الشكل (6-18)

الإدارة الهيدروليكية للعربة

تؤمن هذه المقاشط سرعة قطع ثابتة خلال مشوار القطع أما سرعة الرجوع فتكون أكبر من سرعة القطع بسبب الاختلاف في المساحة الفعالة على جانبي المكبس.

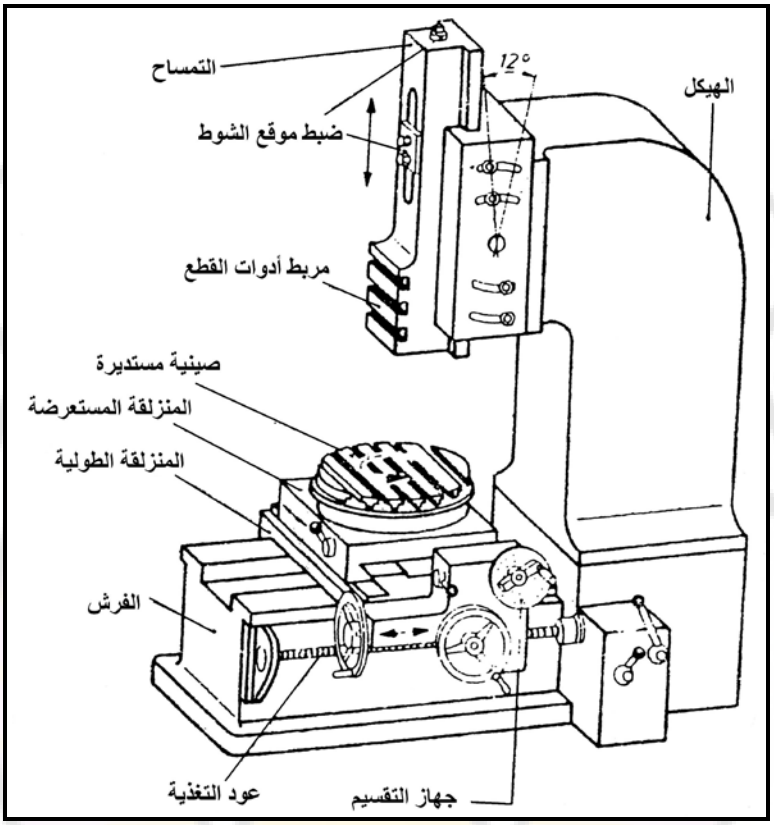
3- الراسمة الحاملة لأداة القطع:

تركب الراسمة الحاملة لأداة القطع على عارضة يمكنها الانزلاق نحو الأعلى والأسفل على قائمين وبالتالي تحديد بعد الراسمة الحاملة لأداة القطع عن المشغولة، ويمكن للراسمة التحرك أفقياً على السطوح الدليلية الموجودة على هذه العارضة لتأمين إحدى حركات التغذية، ويتم تأمين عمق القطع يدوياً عن طريق حامل أداة القطع.

(6-8) المقشطة الرأسية:

وتسمى بهذه التسمية لأن أداة القطع تؤدي الحركة المستقيمة الترددية الرئيسة في الاتجاه الرأسي أي أن الحركة الترددية للتمساح تكون عمودية على طاولة الآلة.

يبين الشكل (6-19) مقشطة رأسية وأجزائها الرئيسية.



الشكل (6–19)

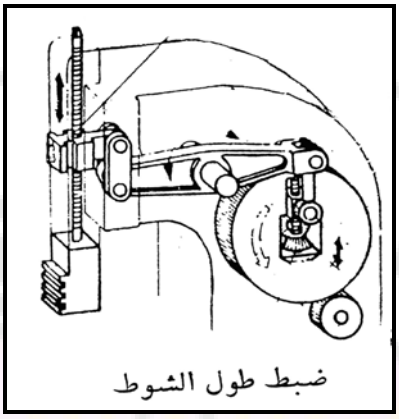
مقشطة رأسية

وتتألف هذه المقشطة من:

1– الفرش والهيكل : ويصنع من قطعة واحدة مصنوعة بواسطة السباكة أو من عدة قطع تربط ميكانيكياً مع بعضها، ويحمل الهيكل التمساح الذي يؤدي الحركة الترددية الرئيسية الشاقولية بالإضافة إلى علبة السرعة، أما الفرش فيحمل الصينية المستديرة التي تؤمن حركات التغذية الرئيسية.

2– التمساح: وهو كتلة جاسئة تتحرك بشكل رأسي حركة ترددية ضمن مجرى خاص في هيكل المقشطة.

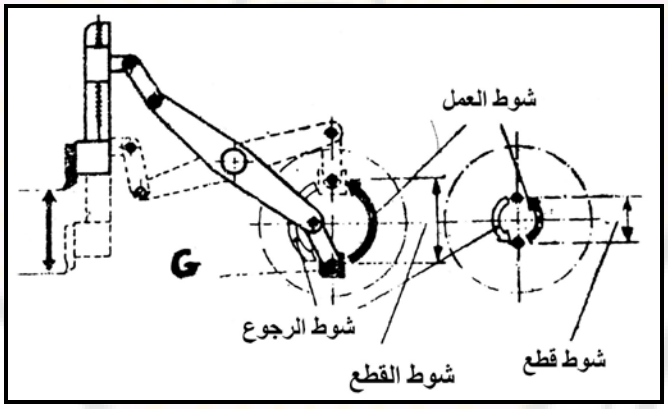
يتم ضبط نقطة بداية الشوط وموقعه عن طريق الميكانيزم المبين في الشكل (6–20).



الشكل (6–20)

آلية إدارة التمساح في المقشطة الرأسية

ويتم ضبط طول الشوط بواسطة الميكانيزم المبين في الشكل (6–21).



الشكل (6–21)

آلية ضبط طول الشوط

(6-9) سرعة القشط:

تتوقف قيمة سرعة القطع على العوامل التالية:

1 -نوع المعدن المشغل.

2 -أبعاد المشغولة.

3 -نوع أداة القطع المستخدمة.

ويعبر عن سرعة القطع بالمتر في الدقيقة $[m/\min]$.

ويمكن بالاستفادة من سرعة القطع حساب عدد الأشواط في الدقيقة اللازمة لتشغيل المشغولة.

1- في النظام المتري $[mm]$:

عند تشغيل مشغولة بأبعاد مترية نحدد طول الشوط بحيث يكون أطول من المشغولة بـ $(3cm)$ تقريباً وذلك لنسمح بوجود مسافة إضافية في نهاية كل شوط، وبالتالي يحسب عدد الأشواط في الدقيقة من القانون التالي:

عدد الأشواط في الدقيقة = (سرعة القطع / طول الشوط) × $\frac{3}{5}$.

مثال (6-1):

احسب عدد الأشواط في الدقيقة اللازمة لتشكيل قطعة من الفولاذ بحيث يصبح طولها بعد نهاية التشكيل $(33cm)$ علماً أن سرعة القطع $(15m/\min)$.

الحل:

حساب طول الشوط:

$$L = 33 + 3 = 36 \quad [cm]$$

ويكون عدد الأشواط في الدقيقة:

$$n = \frac{v}{L}.\frac{3}{5}$$

$$n = \frac{15}{0.36} \times \frac{3}{5} = 25$$

2- في النظام الإنكليزي $[in]$:

عند تقدير طول الشوط بالبوصة وعندما يعطى عدد الأشواط في الدقيقة فإن نتيجة الحساب تساوي مجموع البوصات المقطوعة خلال دقيقة واحدة من زمن عمل المقشطة،

وعلى اعتبار أن سرعة القطع تحدد بالقدم في الدقيقة وطول شوط القطع بالبوصة فيجب تحويل البوصة إلى قدم وذلك بالضرب بـ $\left(\frac{1}{12}\right)$، وبما أن شوط التقدم يستغرق $\left(\frac{3}{5}\right)$ من زمن الشوط المزدوج فإنه يجب تقسيم النتيجة على $\left(\frac{5}{3}\right)$ وذلك لنحصل على عدد أشواط التقدم في الدقيقة، وبدلاً من الضرب بـ $\left(\frac{1}{2}\right)$ ثم الضرب بـ $\left(\frac{5}{3}\right)$ في كل عملية حسابية فإنه من الأسهل استخدام الرقم (14) الذي هو نتيجة $\left(\frac{1}{12}\times\frac{5}{3}\right)$ وبالتالي يكون قانون حساب الأشواط في الدقيقة هو:

$$\boxed{n=\frac{v}{L}\times 0.14}$$

(n): عدد الأشواط في الدقيقة.

(v): سرعة القطع مقدرة بـ $[f/\min]$.

(L): طول الشوط مقدراً بـ $[in]$.

مع ملاحظة أن طول الشوط هو دائماً طول المشغولة مضافاً إليه واحد بوصة لترك مسافة إضافية لأداة القطع.

(6-10) تغذية المقشطة:

تحدد تغذية المقشطة بالمسافة التي تقطعها المشغولة بشكل عرضي باتجاه أداة القطع وذلك بعد كل شوط مزدوج، كما أن معدل التغذية يعد عاملاً هاماً في تحديد الوقت اللازم لعملية التشغيل وإنهاء السطح.

ولكي تشغل المشغولة بفعالية على المقشطة فيجب الأخذ بالاعتبار كل مما يلي:

1 -نوع المادة المشغلة.

2 -الحالة الفنية للمقشطة.

3 -نوع عملية القطع (تخشين – تنعيم).

4 -السطح النهائي المطلوب.

5 -نوع أداة القطع.

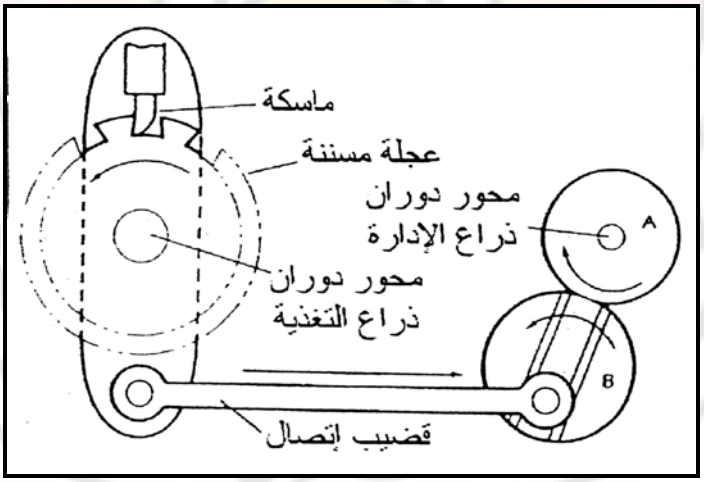
كما أن خبرة العامل تلعب دوراً هاماً في الحصول على معدل أفضل للتغذية.

إن التغذية المضطربة والقطع الخفيف لا يحقق فعالية لأن الرايش الثخين لا يلتف (ينحني) ويتطلب قوة أكبر لدفع أداة القطع، وكذلك تسبب شقوق أكثر لسطح المعدن وبالتالي ينتج سطحاً خشناً.

عادةً تنظم التغذية لتنتج السطح المطلوب ثم بعد ذلك يتم زيادة عمق القطع بالتدريج وذلك بزيادة استطاعة الآلة.

إن الهدف من عمليات القطع التخشينية هو إزالة كمية كبيرة من المعدن بسرعة، أما عمليات القطع النهائية فتستخدم لإنتاج الدقة المطلوبة.

يبين الشكل (6-22) آلية تغذية طاولة المقشطة النطاحة الميكانيكية.



الشكل (6-22)

ميكانيزم تغذية طاولة المقشطة النطاحة

المسنن A مربوط إلى محور ذراع التوصيل، فعندما يدور ذراع التوصيل لإنتاج شوط التراجع فإن المسنن A يدور بقوس قدره (140°)، وهذا المسنن بدوره يدير المسنن B بقوس قدره (140°) أيضاً ويحرك قضيب الوصل باتجاه السهم ويجبر القضيب بدوره المسنن على إدارة دولاب مسنن مصمم ليلائم عمود دوران طاولة التغذية ويحرك الطاولة في شوط التراجع.

لتغيير معدل التغذية يتم ضبط قضيب التوصيل قريباً من مركز الثقب T في آلية التغذية وذلك من أجل التغذية الخفيفة وبعيداً عن المركز من أجل التغذية الخشنة.

لفصل التعشيق للتغذية يتم رفع مقبض المسنن ويدار بمقدار (90°) لمنع المسنن من تعشيق الأسنان في الدولاب المسنن.

أما في المقاشط النطاحة الهيدروليكية فإن اتجاه وكمية التغذية يتم تنظيمها بواسطة الصمامات المعاكسة، والتغذية يمكن أن تزيد أو تنقص أثناء عمل الآلة بمعايرة الصمامات.

تستخدم التغذية العمودية في المقاشط لأجل تشغيل السطوح الزاوية والشاقولية، يمكن أن تتم هذه التغذية بشكل يدوي بواسطة لولب تغذية باتجاه الأسفل الموجود على رأس المقشطة، ويمكن أن تتم بشكل آلي بوساطة طاقة التغذية للأسفل الموصولة إلى لولب التغذية باتجاه الأسفل بواسطة مسنن القيادة المخروطي، وخلال شوط التراجع تقوم آلية التغذية بتنظيم كمية التغذية العمودية خلال عملية القطع.

إن التغذية المستخدمة لإنتاج الأسطح المستوية أو الزاوية يجب أن تعطى دائماً خلال شوط التراجع، أما عند تشكيل السطح الشاقولي فإن قمة مربط مقطع المقشطة يجب أن تحرك بعيداً عن السطح لمنع التصاق أداة القطع بالمشغولة أثناء شوط التراجع.

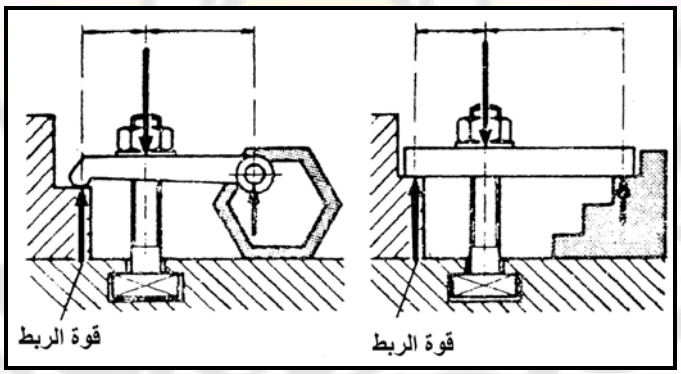
(6-11) تثبيت المشغولات على آلات القشط:

تتعرض المشغولة لقوى كبيرة بسبب المقاومة الكبيرة التي تبديها المادة ضد عملية القطع، ولذلك فإن الاختيار الصحيح لطريقة تثبيت المشغولة لا يمكن أن يتم بمعزل عن معرفة شكل القطعة المراد تشغيلها ونوعية المعدن المشغل وبالتالي الإجهادات والقوى المؤثرة أثناء القطع.

تستخدم عدة طرق لتثبيت المشغولات أثناء عمليات القشط هي:

1- القوامط الحديدية:

تعمل هذه القوامط أساساً على قوانين الروافع، لذلك من المفروض أن يكون لولب التثبيت قريباً من القطعة المراد تثبيتها قدر الإمكان حتى تتلقى التأثير الأكبر من القوة التي تتعرض لها المشغولة، ومن أجل تأمين إمكانية واسعة للتثبيت على ارتفاعات مختلفة يتم استخدام مساند متدرجة أو قطع موشورية مصنوعة من الفولاذ أو مساند أخرى تسمح بتغيير الارتفاع كما مبين بالشكل (6-23).

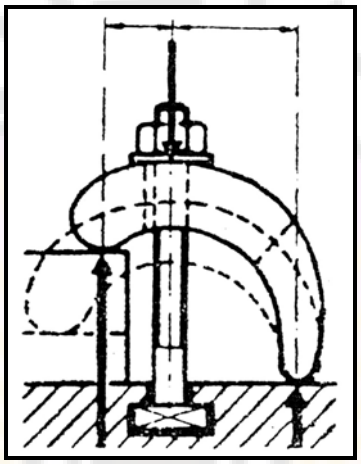


الشكل (6-23)

التثبيت بواسطة القوامط الحديدية

2- القوامط المخلبية:

يفضل الشكل الهلالي لهذا النوع من القوامط، ويتم ضبطها تلقائياً حسب ارتفاع القطعة المراد تثبيتها مع الانتباه إلى أن لولب التثبيت يجب أن يكون عمودياً في هذا النوع من القوامط وذلك حتى لا ينزاح القامط عن المشغولة، كما في الشكل (6-24).

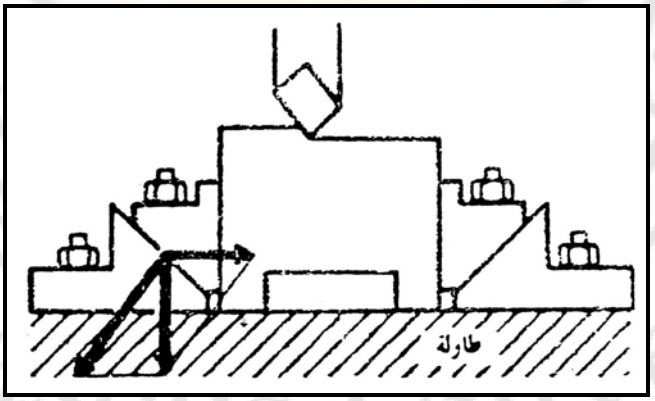


الشكل (6-24)

قامطة مخلبية

3- أداوت التثبيت الإسفينية:

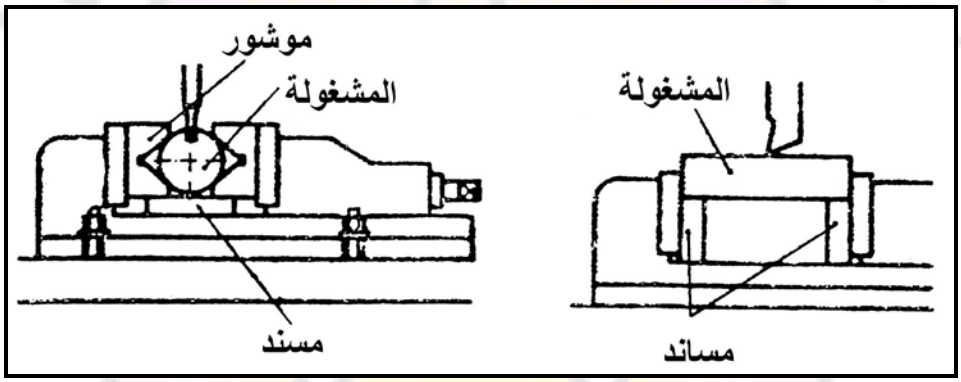
تستخدم لتثبيت المشغولة التي لا تتمتع بأسطح أو نتوءات تساعد على التثبيت مع ملاحظة أنه يجب أن يكون للمشغولة ارتفاع كافٍ.



الشكل (6-25)

4- الملازم:

تتمتع هذه الطريقة بالعمومية وسهولة عملية التثبيت، ولكن لا يمكن استخدامها إلاّ للمشغولات التي تتمتع بأبعاد تتناسب مع بعد الفك المتحرك الأقصى عن الفك الثابت لهذه المنجلة ومع عرض الفكين أيضاً، ويمكن أن تكون حركة المنجلة إما هيدروليكية أو ميكانيكية أو هوائية، كما يمكن أن تحتوي على فكوك قابلة للتبديل حسب شكل القطعة المراد تثبيتها.



الشكل (6-26)

التثبيت بواسطة الملازم

(6-12) تشكيل سطح مستوي على آلات القشط:

يبين الشكل (6-27) رأس الأداة القاطعة المستخدمة لتشكيل سطح مستوٍ.

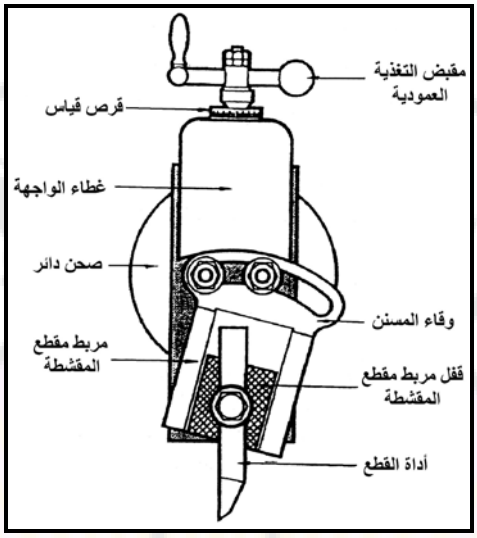
عند التشكيل لا بد من القيام بما يلي:

1 -تنظيف الملزمة وإزالة نواتج القشط من القطعة المراد العمل عليها.

2 -وضع المساند المتوازية أسفل القطعة لرفع المشغولة في حال كان ذلك ضرورياً.

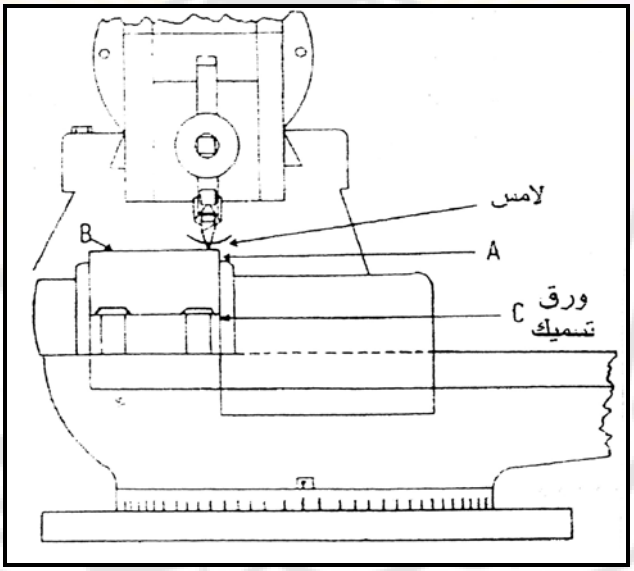
3 -تثبيت الملزمة في مركز الملزمة.

4 -وضع ورق تسميك قصير بين المشغولة وحواف الملزمة وذلك في نهاية كل سطح للمشغولة، كما في الشكل (6-28).



الشكل (6–27)

أداة القشط



الشكل (6–28)

إعداد سطح المقشطة

5 -يقرب فك الملزمة المتروكة ببطء ويتم الضغط برفق عن طريق طرقه من المقدمة حتى ورق التسميك الضيق.

6 -يوضع رأس الأداة ناحية اليمين حتى يسمح للحافة الحادة القاطعة بالأرجحة الحرة خاصةً عند نهاية كل شوط.

7 -تحديد طول موقع أداة القطع.

8 -تحديد سرعة أداة القطع بالنسبة إلى عدد الأشواط المطلوبة بالدقيقة.

9 -ضبط الحافة القاطعة على سطح المشغولة بواسطة ورق التسميك.

10 -تحريك أداة القطع مباشرةً نحو المشغولة.

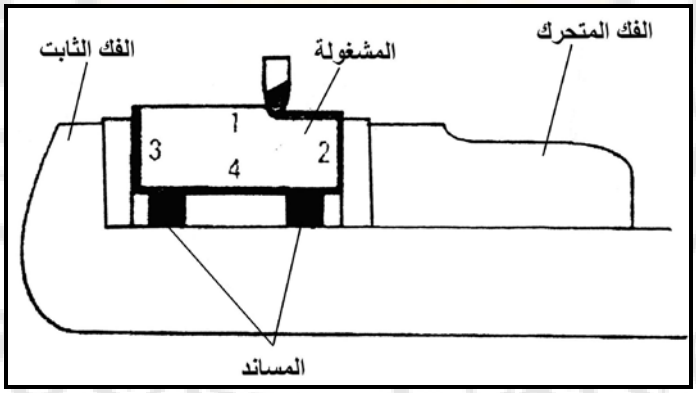
11 -تحديد العمق المطلوب قطعه بواسطة تدوير مقبض المسمار اللولبي للتغذية نحو اليمين أو اليسار.

12 -تشغيل تغذية الطاولة.

(6-13) تصنيع قالب متوازي المستطيلات على المقشطة:

لإنتاج متوزاي مستطيلات على المقشطة تتبع الخطوات التالية.

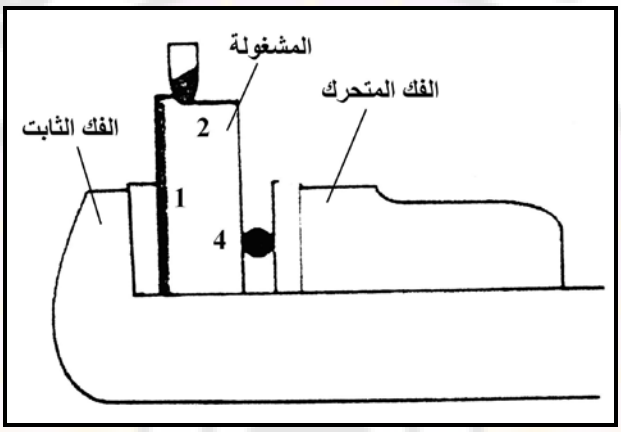
1 -توضع القطعة المراد تشغيلها في الملزمة، ومن المفضل أن يكون أكبر سطح في القطعة متجهاً نحو الأعلى، ثم تتم عملية قشط الجانب الأول (1) من المشغولة كما في الشكل (6-29).



الشكل (6-29)

تشكيل السطح الأول

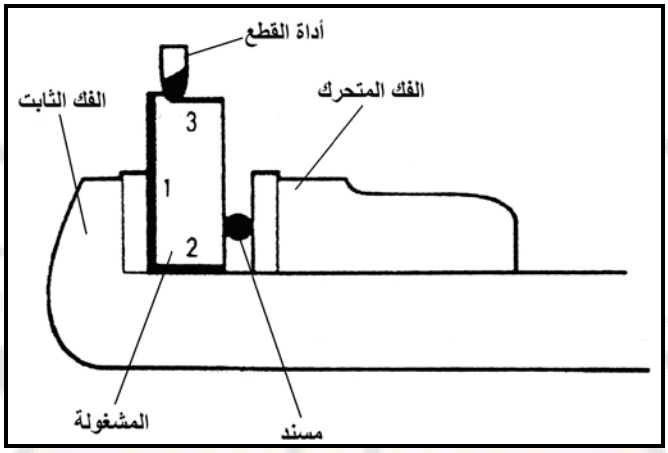
2 -يوضع الجانب (1) على الفك الثابت للملزمة ويتم تثبيته بواسطة قضيب مستدير بين الجانب (4) والفك المتحرك، وهكذا يكون جانب المشغولة المبسط ملامس للفك الثابت، والجانب (2) يتم قشطه بزاوية قائمة بالنسبة إلى (1) كما في الشكل (6-30)، مع الانتباه إلى موقع القضيب المستدير في فك الملزمة.



الشكل (6-30)

تشكيل السطح الثاني

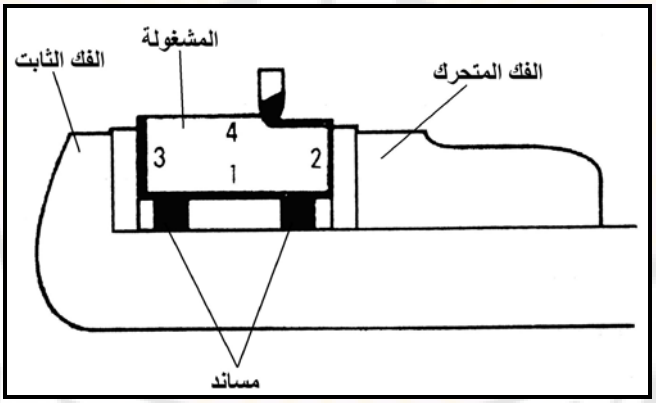
3 -يوضع الجانب (1) على الفك الثابت والجانب (2) في الأسفل مع الحاجز الدائري بين الجانب (4) والفك المتحرك وبالتالي يكون الجانب (3) جاهزاً للقشط كما في الشكل (6-31).



الشكل (6–31)

تشكيل السطح الثالث

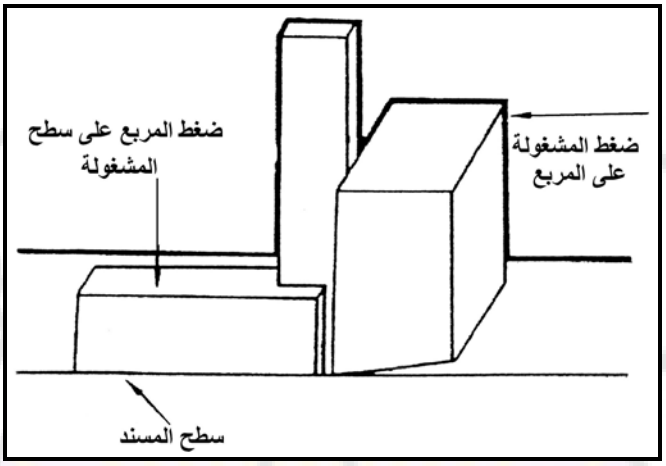
4 -يوضع الجانب (4) في الأعلى وتتم عملية القشط، كما في الشكل (6-32).



الشكل (6–32)

تشكيل السطح الرابع

5 -توضع اللمسات الأخيرة على المشغولة، ويتم استخدام مربع بالنسبة لجوانب القطعة كما في الشكل (6-32).



الشكل (6–32)

إعداد المشغولة للتشغيل النهائي

(6-14) تشكيل سطح عمودي:

لتشكيل سطح عمودي يتبع الخطوات التالية:

1 -تضبط الملزمة على الزاوية الصحيحة بالنسبة للمكبس.

2 -توضع القطعة المربعة في وسط الملزمة ويضبط رأس الأداة بشكل عمودي.

3 -توضع المشغولة في الملزمة بحيث يبرز الجزء المراد تشغيله إلى الخارج من فكوك الملزمة بحدود نصف إنش تقريباً $(12.7mm)$.

4 -تتأرجح قمة وقاء الترس بعيداً عن المشغولة أثناء التشغيل وهذا الأمر يسمح للأداة القاطعة أن تتأرجح بعيداً عن المشغولة كي لا تعيق حركتها أثناء شوط الرجوع.

5 -يضبط حامل الأداة بمقدار كافٍ لكي تتمكن حافة أداة القطع من قشط أكبر كمية ممكنة من المعدن.

6 -تحديد طول وموقع أداة القطع.

7 -التأكد من أن رأس الأداة القاطعة تخرج إلى خارج الإطار أو أنها تقشط حتى نهاية الشوط العمودي.

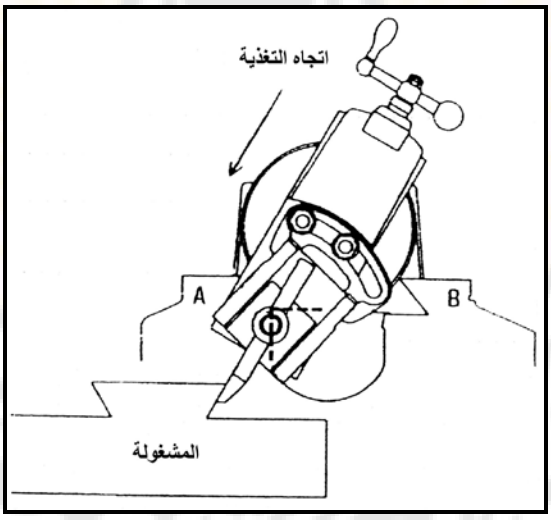
8 -تحديد عمق القطع بواسطة مسمار لولب التغذية.

9 -تبدأ عملية التشكيل والتغذية العمودية لأداة القطع.

(6-15) تشكيل السطوح ذات الزوايا:

أغلب السطوح ذات الزوايا يمكن تشكيلها بواسطة وضع المشغولة على الملزمة بزاوية معينة وذلك بإدارة الملزمة أو بواسطة إمالة رأس القطع بزاوية معينة.

من أجل تشكيل سطح بزاوية ما يجب تغيير وضع رأس أداة القطع من الوضع العمودي إلى وضع آخر بحيث يسمح للولب الخاص بالتغذية العمودية أن يحرك الأداة القاطعة بزاوية تناسب الوضع المطلوب كما في الشكل (6-33).



الشكل (6-33)

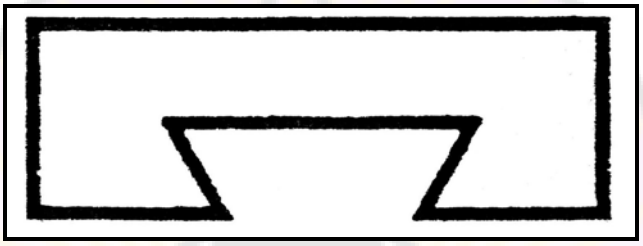
ضبط رأس أداة القطع من أجل قشط السطوح الزاوية

يجب أن يُسمح للأداة القاطعة بالأرجحة الحرة للقيام بشوط التراجع بكل سلاسة ويسر كي لا تسبب أضراراً في منطقة القشط وسيكون السطح المنتج قريباً من الإنهاء.

(6-16) تشكيل الوصلة الإنزلاقية:

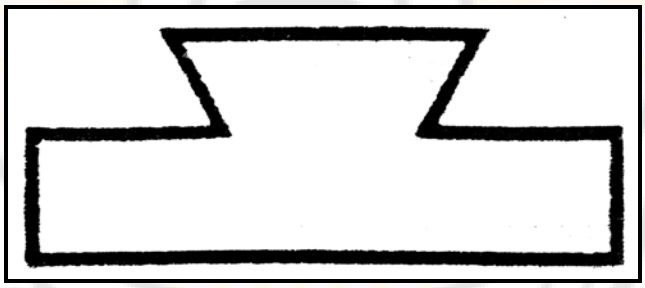
يمكن إنتاج سطوح موصولة انزلاقياً بواسطة التشكيل الزاوي للمشغولة، ويُستفاد من طريقة الوصل هذه بالسماح بالحركة الترددية بالنسبة للقطعتين المتصلتين مع بعضهما البعض كما في حركة التمساح بالمقشطة النطاحة.

تُصنع هذه الوصلة باتحاد الوصلة المنزلقة الداخلية مع الوصلة المنزلقة الخارجية كما هو مبين في الشكل (6-34) والشكل (6-35).



الشكل (6-34)

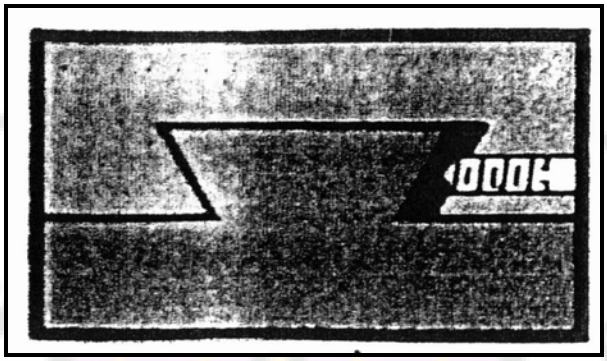
الوصلة الإنزلاقية العلوية



الشكل (6-35)

الوصلة الإنزلاقية السفلية

تشكل هذه الوصلة بزاوية تميل عن الوضع العمودي بـ (30°) أو (35°) ويستخدم خابور التثبيت بين القطعتين الموصولتين لكي يقلل من الاهتراء أو الاحتكاك على الجانبين ولكي يساعد على الانزلاق بين السطحين المتصلين وذلك كما في الشكل (6-36).



الشكل (6–36)

تركيب الوصلة الانزلاقية مع خابور التثبيت

وخابور التثبيت هو عبارة عن قطعة معدنية ضيقة مصنوعة لتلائم أحد جوانب الوصلة الداخلية، ويمكن أن تكون هذه الخوابير على شكل مستقيم أو على شكل لولب يلائم الوصلة ويمكن أن يتناقص حجمه ليصبح كالمخروط اللولبي، وتعتمد دقة الوصلة الانزلاقية على قيمة الزوايا التي شكلت بها الوصلة وأداة القطع التي أنهت العمل ودقة الحسابات والقياسات النهائية للوصلة الانزلاقية.

ولتشكيل الوصلة الانزلاقية يتبع الخطوات التالية:

1 -يتم ثقب خطوط المستوي بدقة عالية.

2 -تضبط الملزمة مع مؤشر الاتصال.

3 -تربط المشغولة بواسطة الملزمة.

4 -ترسم الخطوط البدائية للوصلة الانزلاقية كما في الشكل (6–37) والشكل (6–38).

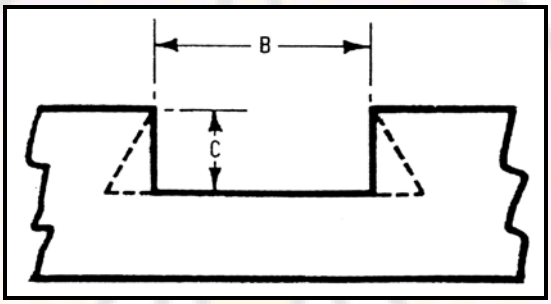
5 -تحرير قفل الصامولة وتدوير رأس أداة القطع إلى اليمين إلى الزاوية المطلوبة للوصلة الانزلاقية للزاوية $\left(30^{\circ}\right)$.

6 -يتم تشكيل الزاوية باستخدام السطح الخلفي لأداة القطع.

7 -يتم وضع رأس الأداة على اليسار، وبالسطح الأمامي لأداة القطع يتم تشكيل الزاوية الأخرى.

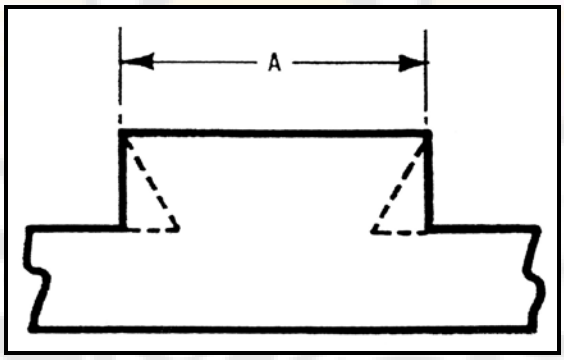
8 -المسافة المتبقية من الوصلة الانزلاقية والتي لم تقشط وتركت لعمليات الإنهاء هي بحدود $(0.25mm)$ في حال كانت خوابير التثبيت تستخدم بين تزاوج القطعتين وتوضع عادةً على الجانب الأيسر للوصلة المنزلقة الداخلية.

9 -تحصر القياسات النهائية ويتم قياس الوصلة وذلك بطريقة خاصة.



الشكل (6–37)

رسم الخطوط الأولية للوصلة الانزلاقية العلوية



الشكل (6–38)

رسم الخطوط الأولية للوصلة انزلاقية السفلية

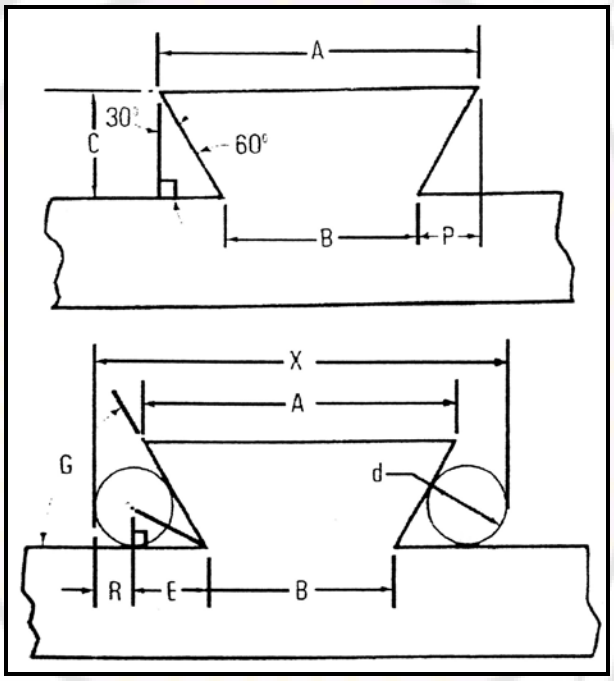
قياس الوصلة الانزلاقية:

لقياس الوصلة الانزلاقية نحتاج إلى الطول الكلي (A) والزاوية (G) والعمق (C)، وتحسب باقي الأبعاد منها.

إن أفضل طريقة لقياس الوصلة الانزلاقية هي بوضع قضيبين أسطوانيين لهما القطر نفسه مقابل جانب الوصلة وقياس المسافة بينهما حيث يمكن أن تقاس إما بواسطة ميكرومتر أو بواسطة بياكوليس، ويتوقف اختيار الأداة حسب الدقة المطلوبة.

في حالة المنزلقة الخارجية (السفلية):

يؤخذ القياس من خارج القضبان كما في الشكل (6-39).



الشكل (6-39)

قياس الوصلة الانزلاقية السفلية

والقوانين المستخدمة للوصلة المنزلقة الخارجية هي:

البعد بين الطرفين الخارجيين للقضيب:

$$X = B + 2(E + R)$$

ولدينا البعد بين مركز القضيب ورأس الزاوية:

$$E = R.ctg\frac{G}{2}$$

وبالتعويض في العلاقة السابقة:

$$X = B + \left(2R ctg\frac{G}{2} + 2R \right)$$

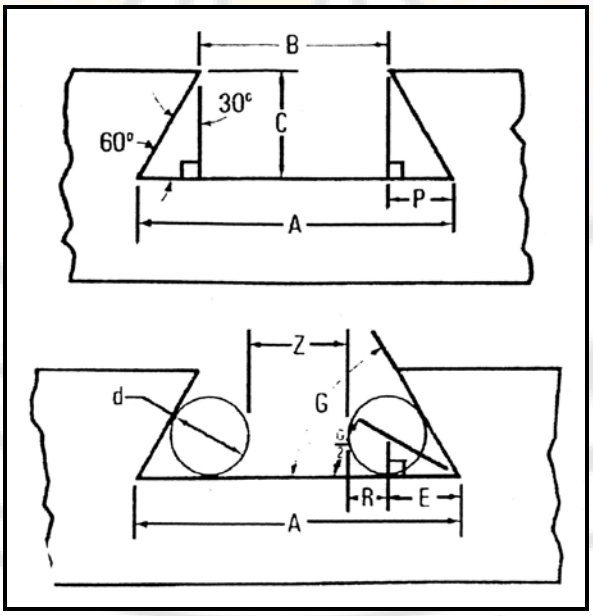
$$X = B + \left(d.ctg\frac{G}{2} + d \right)$$

وينتج البعد (X):

$$\boxed{X = B + \left(d.ctg\frac{G}{2} + 1 \right)}$$

في حالة المنزلقة الداخلية (العلوية):

يؤخذ القياس من داخل القضبان كما في الشكل (6-40).



الشكل (6-40)

قياس الوصلة الانزلاقية الخارجية

ويكون البعد (Z):

$$Z = A - 2(E + R)$$

وبالتعويض ينتج:

$$\boxed{Z = A - d.\left(ctg\frac{G}{2} + 1\right)}$$

مثال (6-2):

بفرض لدينا وصلة انزلاقية خارجية أبعادها كالتالي:

$$B = 3.134", \quad C = 0.75", \quad d = 0.5", \quad G = 60^{\circ}$$

والمطلوب حساب البعد (X).

الحل:

$$X = B + d.\left(ctg\frac{G}{2} + 1\right)$$

$$X = 3.134 + 0.5 \times \left(ctg\,30^{\circ} + 1\right)$$

$$X = 3.134 + \left(\frac{2.732}{2}\right)$$

$$X = 3.134 + 1.366$$

$$X = 4.5"$$

ويمكن إجراء الحساب بطريقة أخرى باستخدام الجدول (8-1) وذلك بالتعويض مباشرةً بقيمة $(E + R)$ حسب قيم الجدول.

$$X = B + 2(E + R)$$

بالتعويض من قيم الجدول يكون:

$$X = 3.134 + 1.366 = 4.5"$$

مثال (6-3):

بفرض لدينا وصلة انزلاقية خارجية أبعادها كالتالي:

$$A = 4", \quad C = 0.75", \quad d = 0.5", \quad G = 60^\circ$$

والمطلوب حساب البعد (X).

يتم حساب البعد (B) من القانون:

$$B = A - 2P$$

$$B = A - 2C.ctgG$$

$$B = 4 - 2(0.75 \times ctg\,60)$$

$$B = 4 - 0.866$$

$$B = 3.134"$$

ويكون البعد (X):

$$X = B + d.\left(ctg\,\frac{G}{2} + 1\right)$$

$$X = 3.134 + 0.5 \times \left(ctg\,30^\circ + 1\right)$$

$$X = 3.134 + \left(\frac{2.732}{2}\right)$$

$$X = 3.134 + 1.366$$

$$X = 4.5"$$

الفصل السابع

عمليات التشغيل بالتثقيب

Drilling Processes

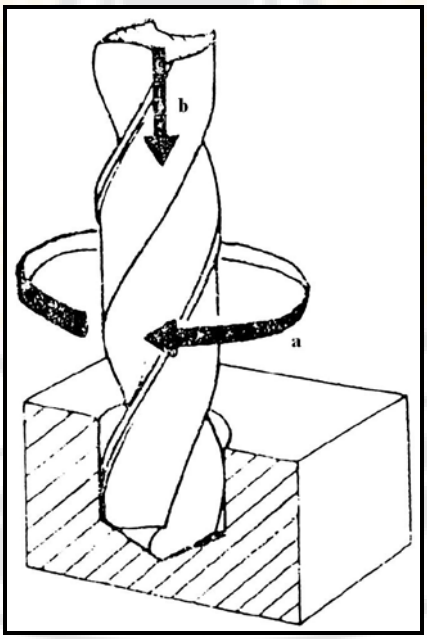
وقل رب زدني علما
Damascus University

(7-1) عملية التثقيب:

يتم تشغيل الثقوب الأسطوانية باستخدام أداة قطع تدور حول محور معين بحيث يبعد حدها القاطع عن محور الدوران بمقدار نصف القطر المراد ثقبه، ولصعوبة تحقيق ذلك بحد قاطع واحد تستخدم أداة قطع بحدين قاطعين يدوران حول محوريهما ويقعان على مواقع متناظرة بالنسبة لمحور الدوران.

في عملية الثقب تكون الحركة الرئيسية دائماً حركة دورانية تؤديها أداة القطع باستثناء عملية الثقب على المخرطة، وتقوم الأداة أساساً بحركة القطع في الاتجاه المحوري.

وبما أن حدود القطع تكون عمودية أو مائلة على محور الأداة فإن السرعة القصوى للقطع تكون عند المحيط الخارجي لأداة القطع، ويبين الشكل (7-1) الحركات الرئيسية في عملية التثقيب.

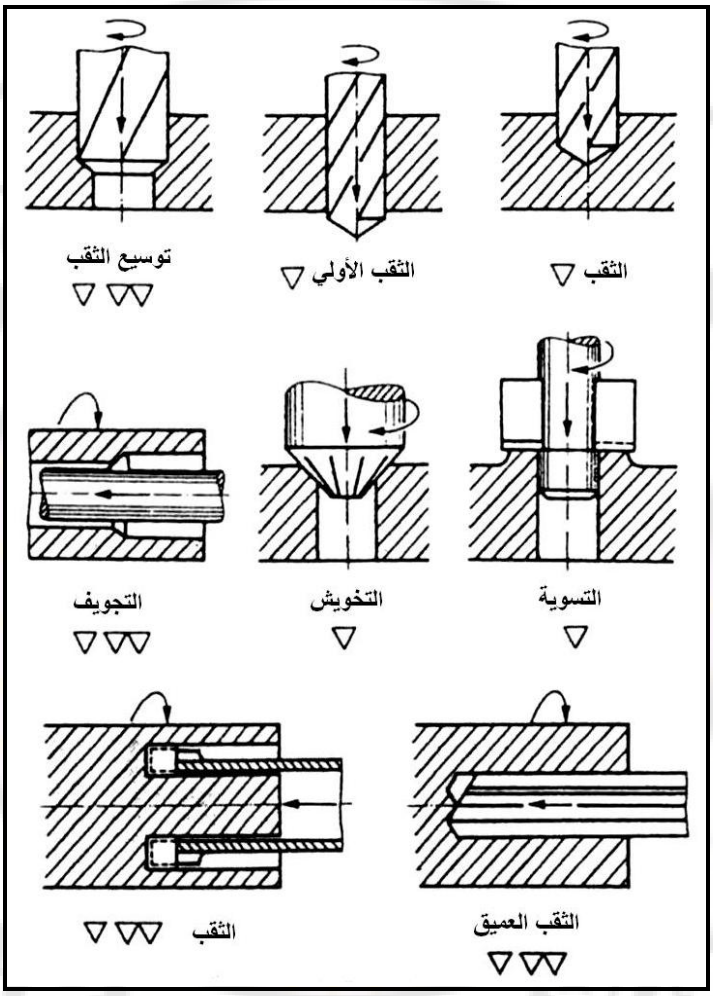


الشكل (7-1)

الحركات الرئيسية لعملية القطع

a- حركة دورانية (القطع)، b- حركة مستقيمة (التغذية)

ويندرج تحت اسم عمليات التثقيب العديد من العمليات يبينها الشكل (7-2).



الشكل (7-2)

عمليات التثقيب

1- الثقب: والغرض منها إنتاج ثقوب في كتلة مصمتة، أداتها مثقب حلزوني، آلتها آلة مثقاب قائم.

2- الثقب الأولي: والغرض من هذه العملية إنتاج ثقوب تتطلب عمليات لاحقة كالتسوية أو التخويش، وأداة هذه العملية مثقب حلزوني، تتم على آلة تثقيب نصف قطرية.

3- التوسيع: والغرض من هذه العملية توسيع وتحسين درجة جودة سطح الثقب وضبط وضع الثقوب الناتجة عن الثقب الأولي أو الثقوب المشكلة بالسباكة، وأداة هذه العملية هي مثقب حلزوني أو أداة تخويش حلزوني أو أداة تجويف حلزوني، تتم على آلة تجويف أمامية.

4- التسوية: الغرض منها تشغيل الأسطح الجبهية للثقوب، أداتها هي أداة التخويش الأسطواني، وتتم على آلة ثقب متعددة الأعمدة أو على المخرطة.

5- التخويش: والغاية منها إنجاز تخاويش لرؤوس المسامير الملولبة، وتتم بأداة التخويش المخروطية على آلة الثقب متعددة الأعمدة.

6- التجويف: توسيع وتحسين جودة السطح المشغل وضبط وضع الثقوب الأولية، تتم بقضيب تجويف بلقمة واحدة أو لقمتين على آلة التجويف.

7- الثقب العميق: الغاية منها إنتاج ثقوب عميقة في كتلة مصمتة، تتم بمثقب المدافع أو مثقب الثقوب العميقة على آلة التثقيب العميق.

8- الثقب الحلقي: الغاية منه إنتاج ثقوب عميقة بقطر كبير في كتلة مصمتة، تتم بمثقب مجوف على آلة الثقب العميق.

(7-2) أداوت التثقيب (المثاقب):

تخصص المثاقب لتثقيب الثقوب النافذة والمسدودة وكذلك لتوسيع الثقوب التي جرى تشغيلها ومن أجل التثقيب الجزئي أيضاً.

تنقسم المثاقب من حيث تصميم الجزء القاطع إلى:

1 -مثاقب حلزونية.

2 -مثاقب مستقيمة.

3 -مثاقب الثقوب العميقة.

وتنقسم من حيث الوظيفة إلى:

1 -مثاقب حلزونية.

2 -مثاقب الثقوب العميقة.

3 -مثاقب الثقوب الحلقية.

4 -رؤوس التجويف.

(7-3) المثاقب الحلزونية:

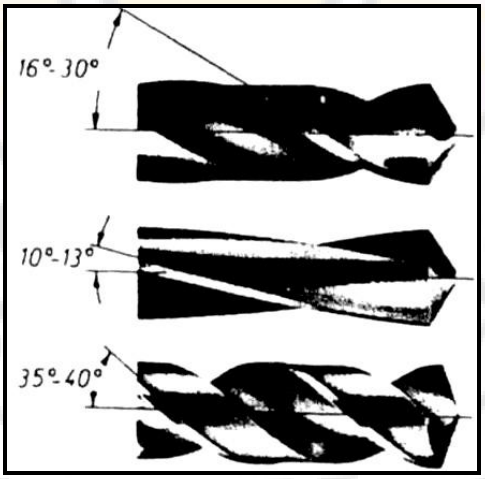
تصنع هذه المثاقب بثلاثة أنواع:

1 -النوع N للمواد العادية.

2 -النوع H للمواد الصلدة.

3 -النوع W(s) للمواد الطرية.

وتختلف هذه الأنواع عن بعضها البعض بمقدار خطوة الحلزون.

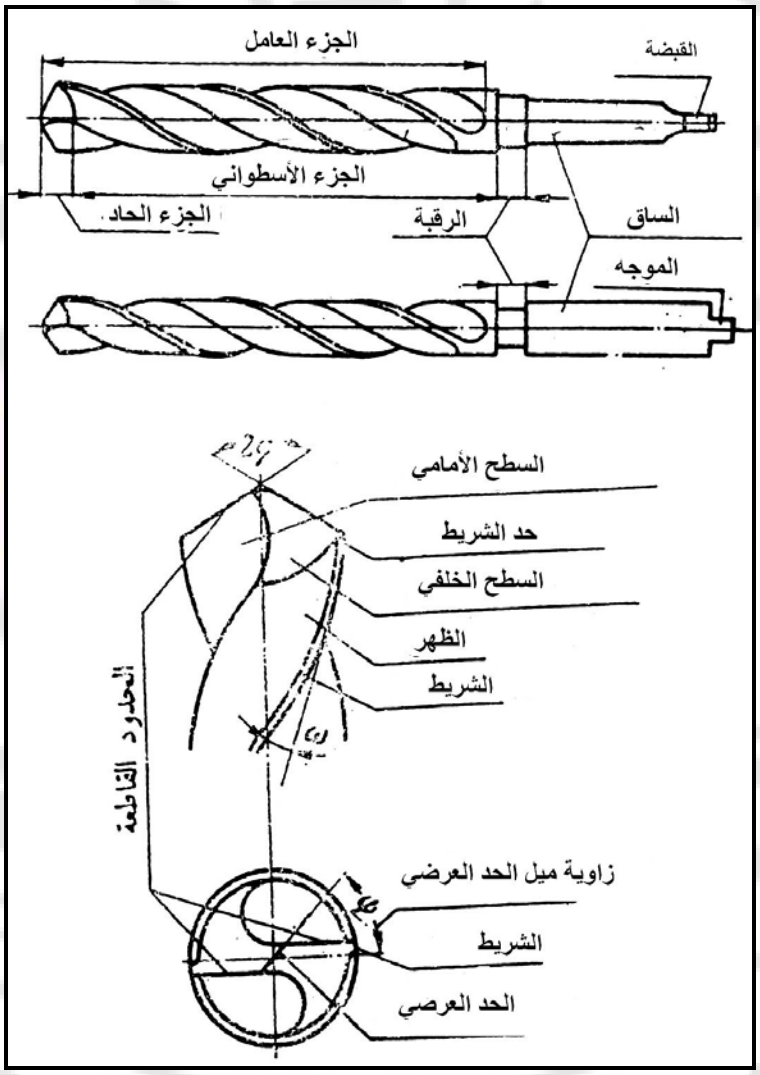


الشكل (7-3)

أنواع المثاقب الحلزونية

تستخدم المثاقب الحلزونية من أجل تثقيب الثقوب غير العميقة نسبياً والتي لا يزيد عمقها عن خمسة أضعاف قطر المثقب.

يوضح الشكل (7-4) مثقب حلزوني.



الشكل (7-4)

المثقب الحلزوني

على التوالي: ذو الساق المخروطية، ذو الساق الأسطوانية، عناصر المثقب

يتكون المثقب الحلزوني من الأجزاء التالية:

1–الجزء العامل ، وهو الجزء المزود بمجاري لولبية ويتألف من الأجزاء القاطعة الرئيسة والموجهة.

2– الجزء القاطع، ويتألف هذا الجزء من الحدين القاطعين الرئيسين حيث يقعان على السطح المخروطي، ويتألف أيضاً من الجزء القاطع العرضاني ومن الحدين الشريطيين.

ويتألف الجزء القاطع من العناصر الرئيسية التالية:

أ– الحدود القاطعة الرئيسة، وتتشكل من تقاطع السطوح القاطعة الأمامية والخلفية.

ب– الحد العرضاني، ويتشكل من تقاطع السطوح الخلفية.

ج– الشرائط اللولبية.

د– حد الشريط، وهو الخط الذي يتشكل نتيجة تقاطع السطح الأمامي مع سطح الشريط اللولبي.

3– الرقبة، وهي الجزء الواقع بين الجزء العامل وساق المثقب.

4– الساق ، وهو الجزء المخصص لتثبيته في الثقب المخروطي أو في الظرف المخصص لذلك.

تتمتع المثاقب التي لا يزيد قطرها عن $(10mm)$ بساق أسطواني يثبت في الظرف، أما المثاقب التي يزيد قطرها عن $(10mm)$ فإنها تتمتع بساق مخروطي يثبت في الثقب المخروطي للممسك أو في الجلبة المخروطية.

5– الموجه، وهو مخصص للنقل الإضافي لعزم الليّ من عمود الدوران إلى المثقب.

أما الزوايا الرئيسية في المثقب فهي زاوية رأس المثقب وزاوية ميل المجاري اللولبية وزاوية ميل الحد القاطع العرضاني.

1- زاوية رأس المثقب (2φ):

هي الزاوية التي تشكلها الحدود القاطعة الرئيسية وتساوي عادةً $(116^\circ - 118^\circ)$ في المثاقب المصنوعة من الصلب سريع القطع وذلك عند استخدام المثقب في تثقيب المواد المصنوعة من الصلب وحديد الزهر والبرونز، أما عند تثقيب الألمنيوم فإن زاوية رأس المثقب تزداد حتى (135°) ولكنها تنقص عند تثقيب المواد البلاستيكية وتتراوح بين $(60^\circ - 100^\circ)$.

2- زاوية ميل المجاري اللولبية (ω):

هي الزاوية المحصورة بين محور المثقب ومماس الخط اللولبي على سطح القطر الخارجي للمثقب.

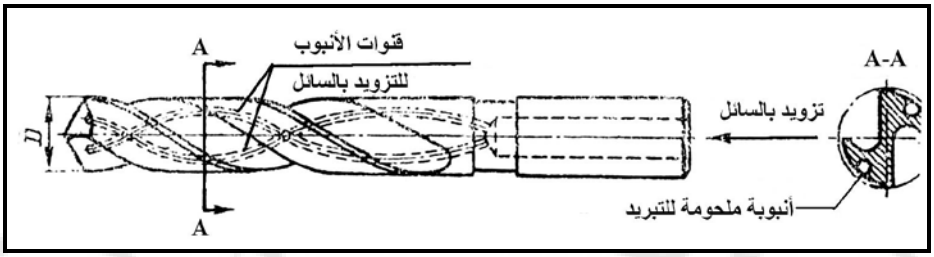
تتعلق قيمة زاوية ميل المجاري اللولبية (ω) بشكل مباشر بقطر الثقب، عند تشغيل الصلب وحديد الزهر تكون قيمة (ω) بين $(18^\circ - 30^\circ)$ وتنقص قيمة هذه الزاوية بنقصان قطر الثقب، أما عند تشغيل المواد الخفيفة واللينة فإن قيمة الزاوية (ω) تكون بين $(40^\circ - 48^\circ)$.

3- زاوية ميل الحد القاطع العرضاني (ψ):

وهي الزاوية المحصورة بين الحد القاطع العرضاني والحد القاطع الرئيسي وتكون قيمتها بين $(50^\circ - 55^\circ)$.

(7-4) مثاقب التثقيب العميق:

عندما يراد تثقيب ثقوب عميقة عمقها أكبر بخمس مرات من قطرها تكون ظروف التبريد سيئة وإمكانية إزالة الرايش صعبة، لذلك تستخدم مثاقب حلزونية من نوع خاص تتمتع بقنوات تسمح بمرور سوائل التبريد إلى الحدود القاطعة للمثقب كما في الشكل (7-5).

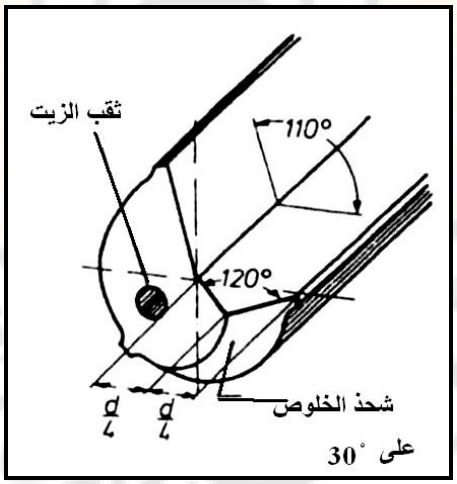


الشكل (7–5)

المثقب الحلزوني المعد للتثقيب العميق

تصنع قنوات التبريد عادةً من الأنابيب النحاسية أو من النحاس الأصفر التي تلحم بالمجاري الطولية على طول سطح المثقب.

يجب أن يقع رأس حدي القطع في المنتصف تماماً حتى لا ينحرف المثقب عن محوره وتفوم الحواف الثلاث بتوجيه المثقب على امتداد طوله توجيهاً جيداً، ويوصل وسيط التبريد والتزييت تحت الضغط إلى حدود القطع وذلك من خلال ثقب التزييت، كما في الشكل (7–6).

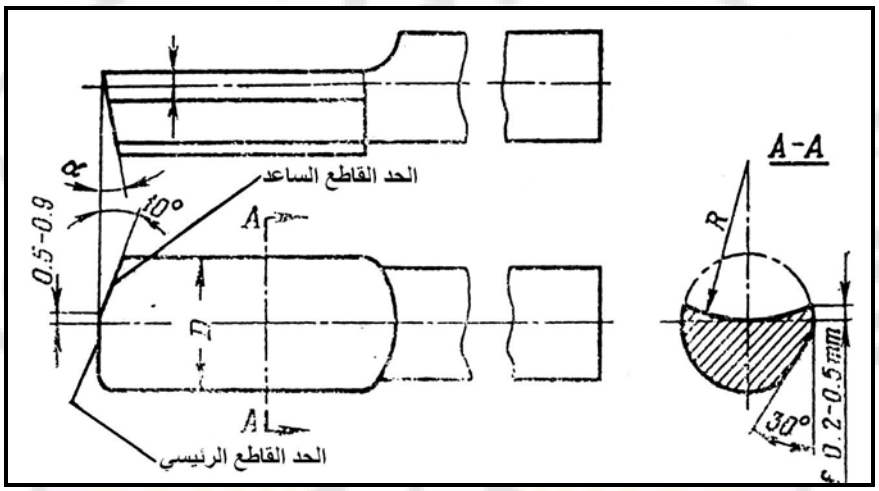


الشكل (7–6)

مقطع في مثقب الثقوب العميقة

(7-5) مثاقب المدافع:

يبين الشكل (7-7) شكل مثقب المدفع.



الشكل (7-7)

مثقب المدافع

وهو قضيب أسطواني مصنوع من الصلب الكربوني أو الصلب سريع القطع، وقد قطعت على النهاية الأمامية للمثقب قطعة من المادة بحيث يكون السطح الأمامي المتشكل أثناء هذه العملية أعلى من المركز بمقدار $(0.2-0.5mm)$.

إن لمثاقب المدافع حدين قاطعين:

1 -حد قاطع رئيسي موجه نحو مركز المثقب بزاوية قائمة مقدارها (90°).

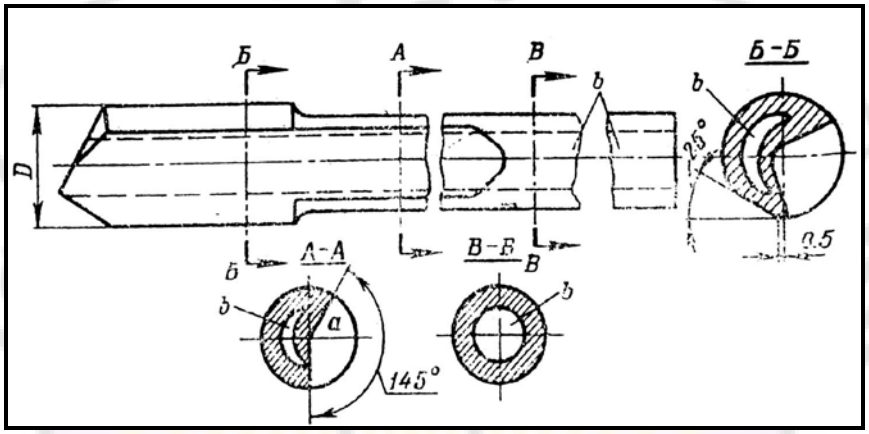
2 -حد قاطع مساعد يميل بزاوية مقدارها (90°).

ويتم تشحيذ الزاوية الخلفية (α) بحدود $(8^\circ - 10^\circ)$ وذلك بهدف التقليل من الاحتكاك على السطح الخلفي للمثقب.

من مميزات استخدام مثاقب المدافع الحصول على ثقوب دقيقة وملساء، لكن لها عيب رئيسي يكمن في صعوبة إخراج الرايش من الثقب بالإضافة إلى صعوبة التبريد التي تحدث عند تشغيل الثقوب العميقة مما يؤدي إلى تآكل الحدود القاطعة للمثقب بسرعة.

(7-6) مثاقب البنادق:

يبين الشكل (7-8) مثقب البنادق.



الشكل (7-8)

مثقب البنادق

عندما يراد تثقيب الثقوب العميقة والتي تحتاج إلى دقة كبيرة وقطرها لا يزيد عن $(20mm)$ كما في ثقوب البنادق يستخدم المثقب المبين في الشكل (7-8).

يتألف هذا المثقب من جزأين رئيسين:

1 -الجزء العامل، الذي يصنع غالباً من الصلب سريع القطع.

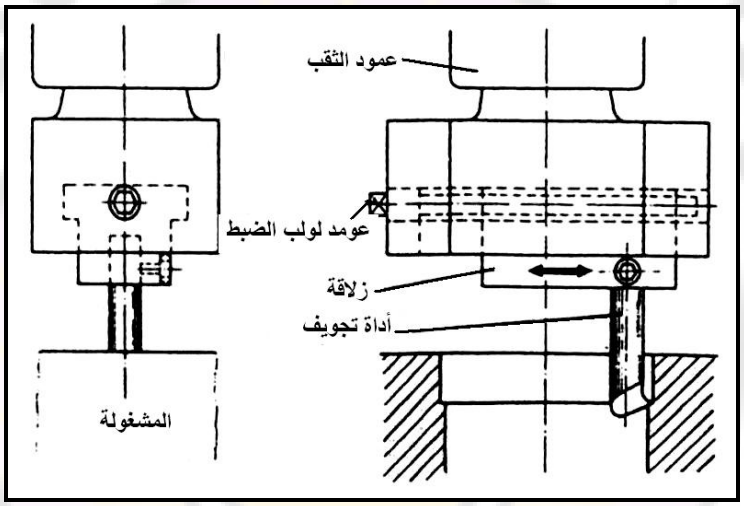
2 -الساق، وتكون مجوفة ومصنوعة من الصلب الكربوني وتتصل مع الجزء العامل بواسطة اللحام.

تكون الساق غالباً على شكل أنبوب يمكن بواسطة ثقبه الداخلي إدخال سائل التبريد إلى الحدود القاطعة للمثقب تحت ضغط عالٍ.

أما القناة الأخرى الموجودة فيها (a) فهي مخصصة لإزالة الرايش أثناء القطع ويقوم سائل التبريد بالإضافة إلى مهمته في تبريد المثقب بدفع الرايش إلى هذه القناة نتيجة ضغطه العالي الذي يصل إحياناً إلى $\left(30kg/cm^2\right)$.

(7-7) رأس التجويف:

يستخدم رأس التجويف لتجويف وتوسيع الثقوب القصيرة وإكسابها أبعادها النهائية، ويمكن ضبط أداة التجويف في الاتجاه القطري حسب قطر الثقب، ويستخدم رأس التجويف على آلات التجويف الإحداثية ويمكن بواسطتها إنتاج التجاويف بدقة عالية وبأسطح ناعمة عند استخدام سرعة قطع عالية وتغذية بطيئة بشرط التوجيه الجيد.



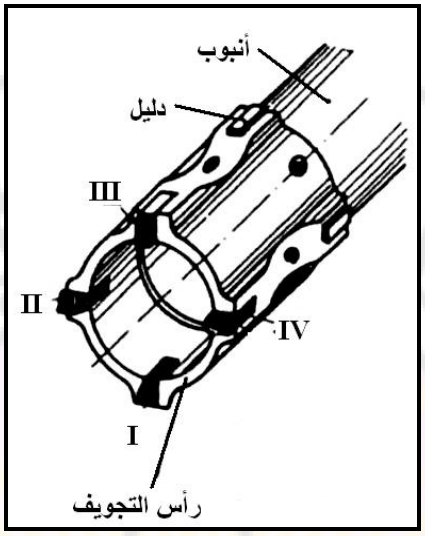
الشكل (7-9)

رأس تجويف

(7-8) أداة التثقيب الحلقي (النقب):

تتكون أداة النقب من أنبوب ورأس تجويف يوجد بسطحه الجبهي عدد من أطراف القطع الملقمة يتراوح بين اثنين وستة عشر وذلك حسب القطر، ولإنقاص تحميل أطراف القطع الملقمة فإن حدود قطعها تكون متباينة في العرض بحيث يقوم كل حد منها بقطع جزء من العرض الكلي من المقطع، ويعمل تدفق قوي من وسيط التبريد والتزليق على إخراج الرايش.

يبين الشكل (7-10) أداة النقب.



الشكل (7–10)

أداة النقب

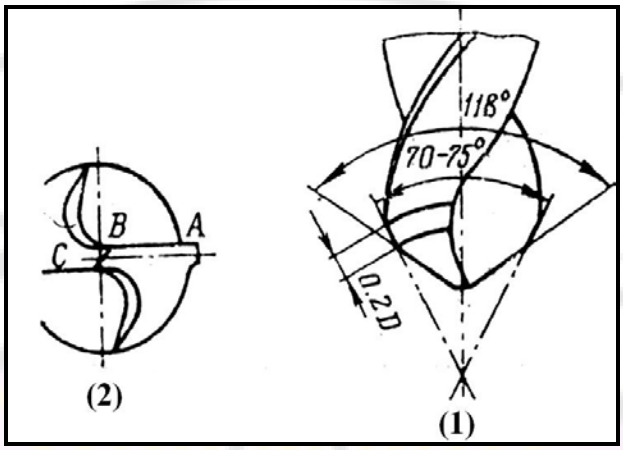
(7-9) تصميم المثاقب الحلزونية:

تتبع طريقتان أساسيتان لتحسين الخواص التشغيلية للحدود القاطعة للمثاقب بواسطة التشحيذ.

1- الطريقة الأولى:

التشحيذ الثنائي المزدوج كما في الشكل (7-11)، يكون تشحيذ المثقب مزدوجاً عندما يكون له حدان قاطعان كما في الصورة رقم (1) من الشكل (7-11).

في البداية تتشكل الحدود القاطعة القصيرة بزاوية مقدارها $\left(70^\circ - 75^\circ\right)$ ومن ثم يتشكل الحد القاطع الثاني الطويل بزاوية مقدارها $\left(118^\circ\right)$، وبنتيجة هذا التشكيل المزدوج للحدود القاطعة يزداد عرض الرايش وتنقص سماكته في الأجزاء الأكثر توتراً من الحد القاطع وبهذا تزداد صلادة الحد القاطع للمثقب وبنتيجة ذلك أيضاً فإن أمد عمر الحد القاطع يزداد بحيث يصل إلى ثلاثة أضعاف عمره عند تثقيب الصلب وخمسة أضعاف عمره عند تثقيب حديد الزهر.



الشكل (7–11)

تشحيذ المثاقب الحلزونية

(1) مثقب ذو تشحيذ مزدوج، (2) مثقب ذو عتبة عليا مشحذة

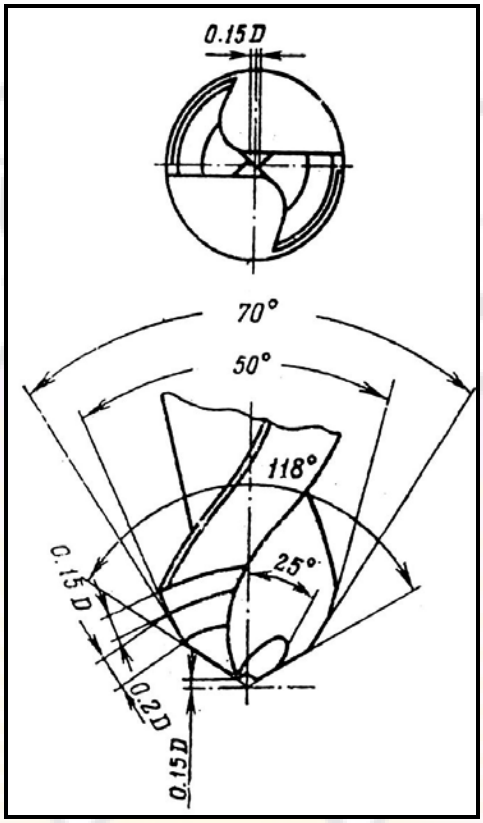
2– الطريقة الثانية:

تشحيذ العتبة العليا عند المقطع (BC)، كما في الصورة رقم (2) من الشكل (7–11).

إن الفائدة من استخدام هذه الطريقة تكمن في تقليل قوة التغذية عند التثقيب وبنتيجة ذلك يزداد طول الحد القاطع (AB) ويقل الإجهاد على طول الحد القاطع وتنقص بذلك زوايا القطع مما يقلل وبشكل واضح من قوة التغذية ويزداد عمر أداة القطع.

يبين الشكل (7–12) تصميماً خاصاً لمثقب الحديد الزهر يتمتع بثلاثة حدود قاطعة نتيجة التشحيذ الثلاثي لرأس المثقب.

في البداية تتشكل الحدود القاطعة القصيرة بزاوية قدرها (50°) ومن ثم الحدود القاطعة الطويلة بزاوية قدرها (70°) وأخيراً الحدود القاطعة الطويلة جداً بزاوية قدرها (118°).



الشكل (7–12)

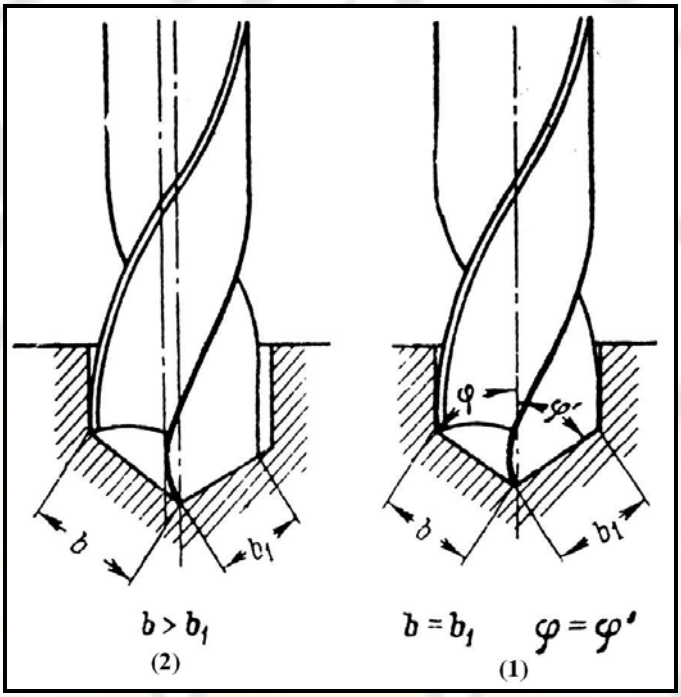
التصميم الخاص لمثقب حديد الزهر

إن استخدام طريقة التشحيذ الثلاثي تسمح بتقليل القوى المحورية عند التثقيب بثلاث مرات تقريباً، وهذا يؤدي إلى زيادة قيمة التغذية ويقلل من الزمن اللازم للتشغيل بمرتين على الأقل بالمقارنة مع المثاقب سريعة القطع ذات التشحيذ الواحد.

في الإنتاج الكمي وعندما يكون عدد المثاقب المراد تشحيذها كبيراً تستخدم آلات تشحيذ خاصة، ولكن في أكثر الحالات تستخدم آلات التشحيذ العادية لذلك يتوجب مراعاة القواعد التالية أثناء التشحيذ:

1 -أن تكون الحدود القاطعة متماثلة (طول واحد وزوايا متطابقة) كما في الشكل (7-13).

2 -أن يكون الحد العرضاني مستقيماً ويميل بزاوية قدرها (55°) بالنسبة للحد القاطع.



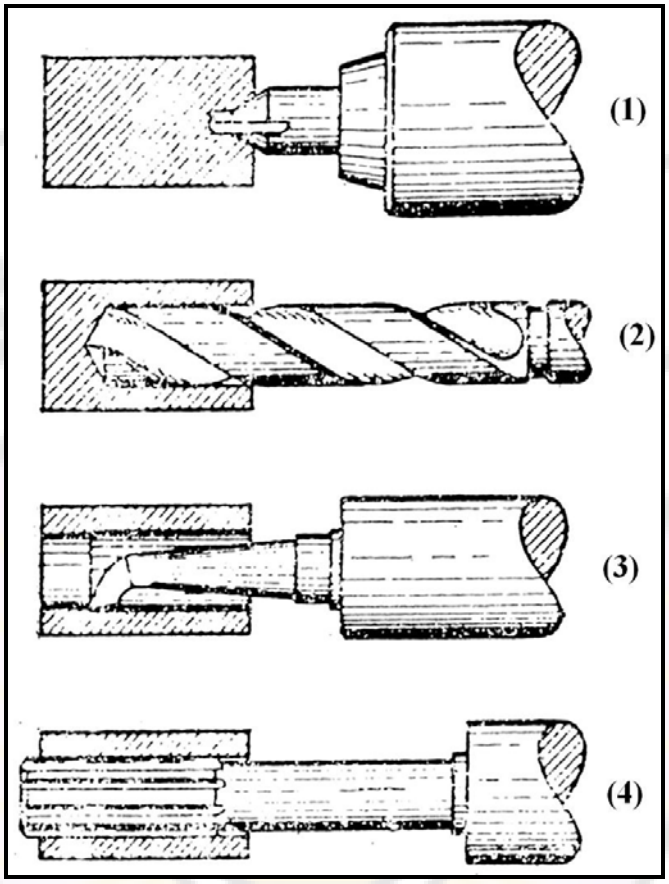
الشكل (7–13)

(1) ثقب صحيح تم الحصول عليه بمثقب مشحذ، (2) ثقب غير صحيح تم الحصول علية بمثقب غير مشحذ

(7-10) تشغيل الثقوب:

تبدأ مراحل تشغيل الثقوب بتحديد مركز الثقب أولاً بذنبة أو بوساطة المركزة إذا كان التثقيب يتم على المخرطة وفيما بعد يتم توسيع الموقع المحدد بمثقب التحضير ثم تبدأ عملية الثقب بمثقب حسب القطر المطلوب ثم يتم توسيعه بشكل متتالٍ باستخدام مثاقب بأقطار أكبر، ويجب ألاّ يتجاوز عمق الثقب طول المجرى الحلزوني في المثقب حتى يجد الرايش له مخرجاً عن طريق المجرى الحلزوني إلى الخارج.

يبين الشكل (7–14) مراحل عملية تشغيل الثقوب.



الشكل (7–14)

مراحل تشغيل الثقوب

وفي بعض الأحيان يجري توسيع الثقب بوساطة الخراطة الداخلية حتى القطر النهائي المطلوب، وأخيراً يتم الحصول على القطر المطلوب في حدود التجاوز المسموح به بعملية برغلة أو سحل باستخدام أداة التوسيع (4) وهي تشبه المثقب إلاّ أنها تتصف بحدود قاطعة متعددة وموازية للمحور وتبدأ بميل مخروطي ثم تنتهي بشكل أسطواني ومن أهم ميزاتها إنتاج ثقوب بجودة عالية.

يحدث أثناء التثقيب بعض العيوب ومن أهمها انحراف المثقب عن الاتجاه المطلوب، وغالباً ما يحدث هذا العيب عند تثقيب الثقوب العميقة ويمكن أن يحدث هذا العيب في الحالات التالية:

1 -عند تثقيب المشغولات التي تكون سطوحها الجانبية غير متعامدة مع المحور.

2 -عند استخدام المثاقب الطولية.

3 -عند استخدام مثاقب ذات تشحيذ خاطئ وبخاصة عندما يكون أحد حدودها القاطعة أطول من الآخر.

4 -عند تثقيب المعادن المعابة أي التي تحتوي على شوائب أو حفر.

5 -الاستخدام الخاطئ لدلائل التثقيب يؤدي إلى كسر أداة التثقيب.

ويمكن تلافي انحراف المثقب بتلافي الأسباب المؤدية إلى انحرافه، فعلى سبيل المثال يجب أن يكون السطح الجانبي مستوياً وعمودياً على المحور، أما عند التثقيب العميق فيجب أن يتم التثقيب على مراحل، أما التشحيذ الصحيح فهو ضروري جداً ليس فقط لدقة التثقيب وعدم انحراف المثقب عن محوره بل أيضاً للتقليل من قوى القطع.

(7-11) عناصر ومعدلات عملية التثقيب:

1- سرعة القطع:

إن سرعة القطع أثناء التثقيب هي السرعة المحيطية للمثقب بالنسبة للمشغولة وتحسب من المعادلة التالية:

$$v = \frac{\pi . D . n}{1000} \quad m/\min$$

(D): قطر المثقب $[mm]$.

(n): عدد دورات المشغولة $[r.p.m]$.

إن تحديد سرعة القطع في عمليات التثقيب يتم بصعوبة لأن قيمة هذه السرعة تتغير بتغير القطر عند حدود القطع الرئيسية حيث أنها تصل للصفر عند المركز.

وتتوقف سرعة القطع الخطية على عدة عوامل منها مادة المشغولة ومادة أداة القطع.

2- التغذية:

إن التغذية هي مقدار تحرك المثقب خلال دورة واحدة للمشغولة وتقاس بـ $[mm/r]$.

يتم تحديد قيمة التغذية ضمن حدود دنيا يتحكم بها الاقتصاد المسموح به والزمن اللازم للتثقيب وحدود قصوى تتحكم بها قوى التثقب بالنسبة لقطر المثقب والتي يجب ألاّ تتجاوز حدوداً معينة حتى لايفقد المثقب خط سيره ويتشوه بذلك الثقب.

تتعلق قيمة التغذية بشكل مباشر بقطر المثقب والمعدن المصنوع منه ومعدن المشغولة، ويبين الجدول (7-1) العلاقة بين التغذية (s) وقطر المثقب (D).

قطر المثقب $(D \quad mm)$	التغذية المسموح بها $(s \quad [mm/r])$
0-3	*0.025-0.05*
3-6	*0.05-0.1*
6-12	*0.1-0.2*
12-25	*0.2-0.4*
12-50	*0.04-0.65*

وتكون قيمة التغذية عند تثقيب حديد الزهر على سبيل المثال أعلى من القيمة المستخدمة عند تثقيب الصلب الكربوني متوسط الصلادة.

3- قوى التثقيب:

إن قوة القطع في أي عملية قطع تساوي إجهاد القص مضروباً بمساحة مقطع الرايش الاسمية.

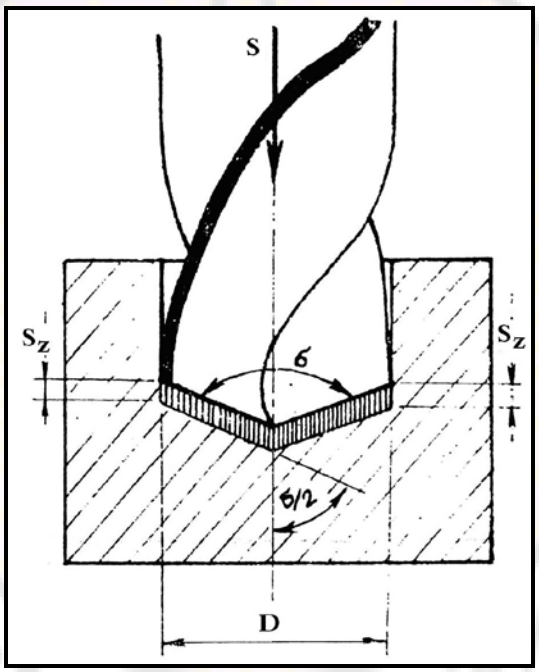
$$\boxed{F = A.\tau}$$

(F): قوة القطع $[kg]$.

(A): المساحة الاسمية لمقطع الرايش $\left[mm^2\right]$.

(τ): إجهاد القص $\left[kg/mm^2\right]$.

وتتوقف المساحة الإسمية لمقطع الرايش على عملية التثقيب، كأن يكون التثقيب في جسم مصمت كما في الشكل (7-15) أو تكون عملية توسيع كما في الشكل (7-16) وتكون مساحة مقطع الرايش هي التغذية (s) موزعة بالتساوي على كلا الحدين القاطعين أي (s_z) بالنسبة لكل حد قاطع مضروبة بسماكة الرايش (b).

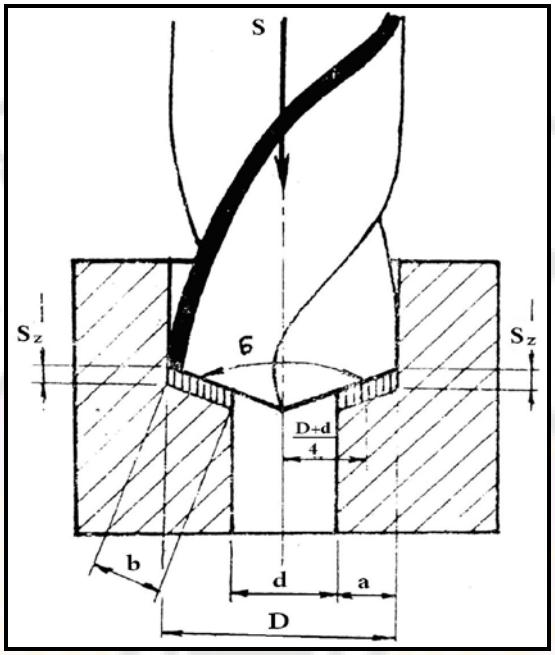


الشكل (7-15)

عملية الثقب في جسم مصمت

أي أن:

$$A = s_z.b \quad \left[mm^2\right]$$



الشكل (7–16)

توسيع الثقوب

ولدينا:

$$s = 2s_z \quad \Rightarrow \quad s_z = \frac{s}{2}$$

ولدينا عرض الرايش:

$$b = \frac{D-d}{2\sin\frac{\sigma}{2}} \quad [mm]$$

وبالتعويض في علاقة مساحة مقطع الرايش يكون:

$$A = \frac{s}{2}.\frac{D-d}{2\sin\frac{\sigma}{2}}$$

وبالتعويض في علاقة قوة القطع يكون:

$$F = \frac{s}{2}.\frac{D-d}{2\sin\frac{\sigma}{2}}.\tau \quad [kg]$$

ويمكن حساب عزم الدوران من المعادلة:

$$M = F.\frac{D+d}{4}$$

$$M = \frac{s(D-d)}{4\sin\frac{\sigma}{2}}.\tau.\frac{D+d}{4} \quad [kg.m]$$

ويمكن حساب القدرة اللازمة للثقب من المعادلة:

$$P = M.v_c$$

(v_c): سرعة القطع على القطر المتوسط $\left(\frac{D+d}{4}\right)$.

$$P = \frac{s(D-d)}{4\sin\frac{\sigma}{2}}.\tau.\frac{D+d}{4}.\frac{v_c}{6120}$$

ويكون:

$$P = \frac{\tau.s.v_c.(D^2-d^2)}{97920\sin\frac{\sigma}{2}} \quad [kW]$$

4- الزمن الأساسي للتثقيب:

يحسب زمن التشغيل الأساسي من العلاقة:

$$T = \frac{L}{s.n} \quad [\min]$$

(s): التغذية $[mm/r]$.

(n): عدد الدوران $[r.p.m]$.

(L): المسافة الكلية لحركة المثقب $[mm]$، وتحسب من العلاقة:

$$\boxed{L = l + \nabla_1 + \nabla_2 + \nabla_3}$$

(l): عمق الثقب $[mm]$.

(∇_1): مسافة اقتراب أداة التثقيب $[mm]$.

(∇_2): مقدار تغلغل أداة التثقيب $[mm]$.

(∇_3): مسافة تجاوز أداة التثقيب $[mm]$ عند التثقيب النافذ.

(7-12) تثبيت المشغولات عند التثقيب:

حتى يكون التثبيت صحيحاً أثناء التثقيب يجب أن نأخذ بعين الاعتبار الأمور الأساسية التالية:

1 -أن يكون رأس أداة التثقيب منطبقاً تماماً مع مركز الثقب.

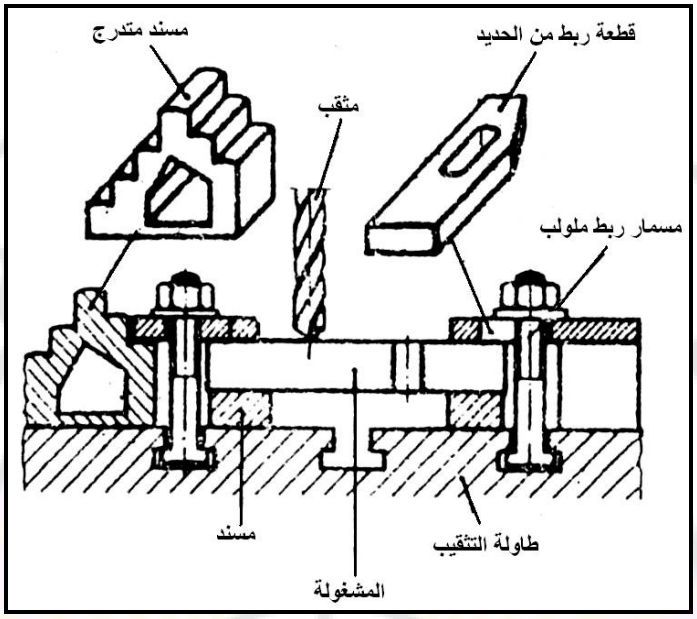
2 -أن يؤمن التثبيت تعامداً صحيحاً بين القطعة وأداة التثقيب.

3 -أن يكون التثبيت متيناً ومحققاً لقاعدة التثبيت الصحيحة وذلك بغية التغلب على قوى القطع وعزوم الدوران التي تنشأ عن عملية التثقيب.

يمكن اختيار الطريقة المناسبة للتثبيت حسب شكل القطعة المراد تثقيبها وحسب نوعية الإنتاج.

فعند تثقيب القطع المستوية في الإنتاج الفردي نستخدم طاولة الآلة مباشرةً أو نستخدم الملزمة الميكانيكية أو الهيدروليكية.

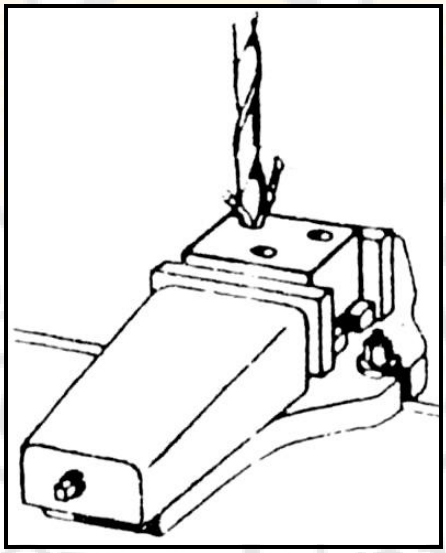
يبين الشكل (7-17) كيفية تثبيت المشغولات على طاولة التثبيت.



الشكل (7–17)

تثبيت المشغولات على طاولة التثبيت

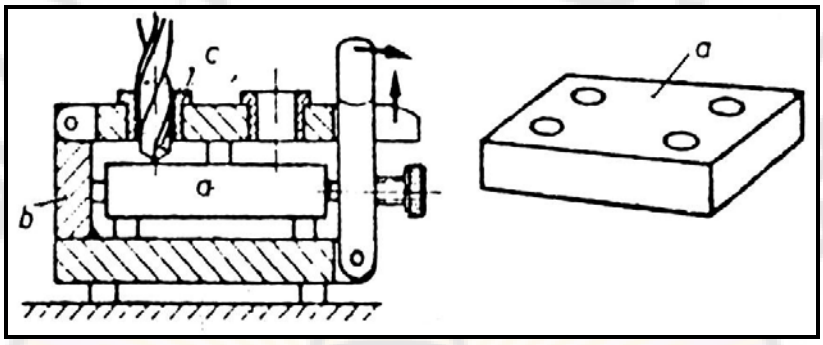
ويبين الشكل (7–18) الملزمة المستخدمة في عمليات التثبيت.



الشكل (7–18)

ملزمة التثبيت

أما عند الإنتاج الكمي وعندما يتطلب الأمر تثقيب أعدادٍ كبيرة من القطع المتماثلة فإننا نستخدم ما يسمى دليل التثقيب والذي يصمم بشكل يتوافق مع شكل القطعة المراد تثقيبها وأبعادها وحسب نوعية الثقب وطريقة التثقيب المطلوبة، ويبين الشكل (7-19) دليل تثقيب مخصص لتثقيب أربعة ثقوب في قطعة مستوية.



الشكل (7-19)

دليل التثقيب

(7-13) آلات التثقيب:

لإنجاز عملية التثقيب يجب تأمين حركتين أساسيتين:

1 -حركة دورانية (حركة قطع).

2 -حركة مستقيمة (حركة التغذية).

عند إجراء التثقيب على آلات التثقيب فإن المشغولة تكون ثابتة بينما يؤمن المثقب الحركة الدورانية والحركة المستقيمة معاً.

أما عند التثقيب على المخرطة فإن المثقب يؤمن الحركة المستقيمة بواسطة الغراب المتحرك للمخرطة حيث تربط أداة التثقيب، أما الحركة الدورانية فتتم عن طريق دوران المشغولة في ظرف المخرطة.

يمكن تصنيف آلات التثقيب حسب وضعية محور الدوران الرئيسي إلى:

1 -مثاقب أفقية.

2 -مثاقب رأسية.

وهذه المثاقب تكون وحيدة المحور أو متعددة المحاور.

ويمكن تصنيفها حسب وضعية التثبيت إلى:

1 -متحركة.

2 -ثابتة.

وفي كثير من الأحيان يدخل قطر الثقب الذي يمكن تثقيبه والشكل العام لآلة التثقيب ضمن التصنيف العام لهذه الآلات.

يبين الشكل (7-20) المخطط الكينماتيكي لآلة تثقيب رأسية.

تتكون هذه الآلة من:

1 -القاعدة.

2 -جسم المثقب.

3 -علبة السرعة.

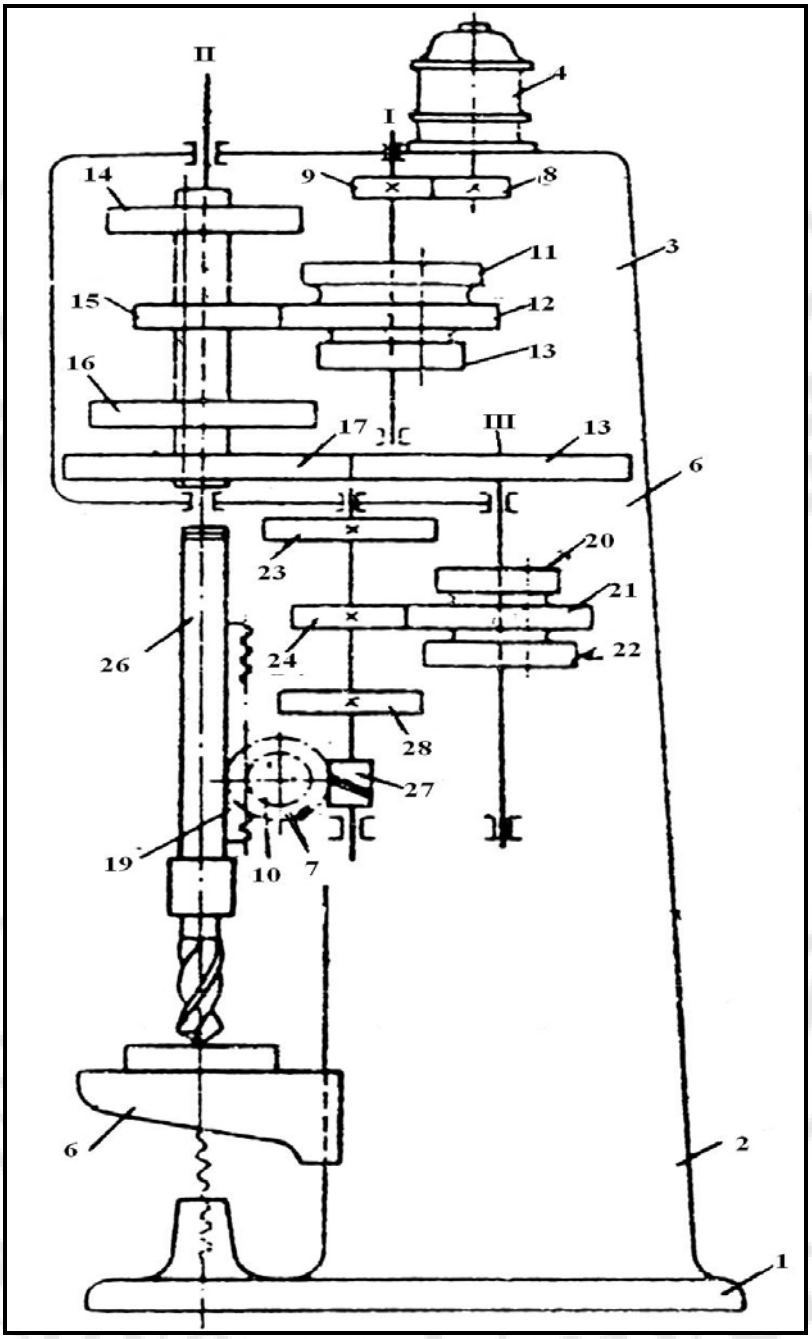
4 -المحرك الكهربائي.

5 -علبة التغذية.

6 -منضدة التثبيت.

تنتقل الحركة من المحرك الكهربائي (4) إلى محور الدوران الرئيسي عن طريق المسننين (8) و (9) إلى المحور (I) المثبت عليه كتلة مسننات (11,12,13) الذي يؤمن ثلاث سرعات مختلفة لعمود الدوران الرئيسي وذلك عن طريق تعشيق أحد هذه المسننات مع المسنن المناسب على المحور (II).

السرعة الأولى : تنتج عن تعشيق المسنن (11) على المحور (I) مع المسنن (14) على المحور (II).



الشكل (7–20)

المخطط الكينماتيكي لآلة تثقيب رأسية

السرعة الثانية : تنتج عن تعشيق المسنن (12) على المحور (I) مع المسنن (15) على المحور (II).

السرعة الثالثة : تنتج عن تعشيق المسنن (13) على المحور (I) مع المسنن (16) على المحور (II).

يمكن تأمين الحركة المستقيمة لعمود الدوران يدوياً بواسطة الميكانيزم المبين في الشكل (7-20) وذلك عن طريق الذراع (e) باستخدام تعشيقة المسنن (f) مع الجريدة المسننة (g).

ويتكون هذا الميكانيزم من:

a- محور.

b- صامولة حلقية.

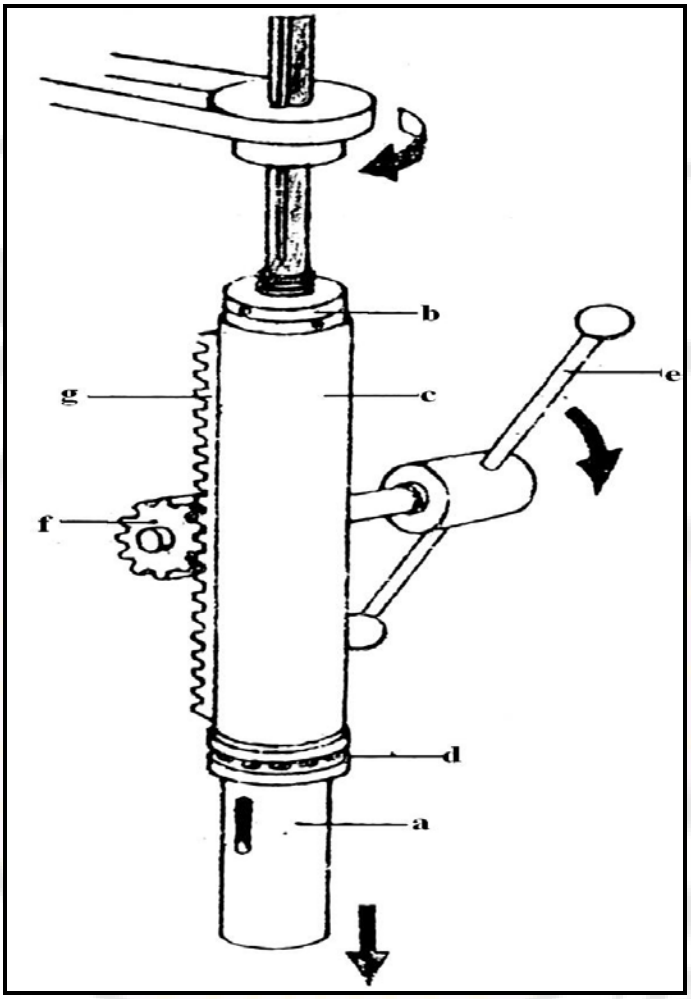
c- جلبة.

d- كرسي تحميل.

e- رافعة.

f- دولاب مسنن.

g- جريدة مسننة.



الشكل (7–21)

ميكانيزم الحركة المستقيمة اليدوية في آلة التثقيب

أما الحركة الآلية فتتم على الشكل التالي:

يأخذ المحور (II) الحركة الدورانية من المحرك الكهربائي (4) بواسطة مجموعة من المسننات المثبتة على المحور (I) وتنتقل الحركة إلى المحور (III) بوساطة المسننين (17) و (18) حيث يثبت على هذا المحور مجموعة مسننات (20,21,22) وبإجراء عملية التعشيق

لأحد هذه المسننات مع المسنن المناسب على المحور (IV) نستطيع الحصول على ثلاث سرعات مختلفة:

السرعة الأولى: يتعشق المسنن (20) مع المسنن (23).

السرعة الثانية: يتعشق المسنن (21) مع المسنن (24).

السرعة الثالثة: يتعشق المسنن (22) مع المسنن (25).

تنتقل الحركة من المحور (IV) بوساطة اللولب الدودي (27) والمسنن الدودي (7) إلى المسنن (10) الذي يتعشق مع الجريدة المسننة (19) وبالتالي نستطيع تأمين التغذية المناسبة للمحور الرئيسي (26) آلياً.

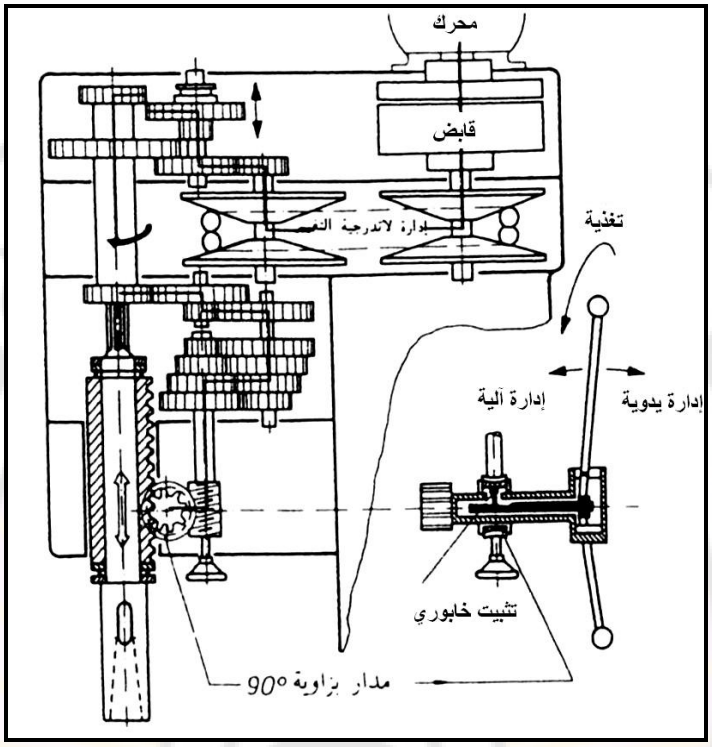
(7-14) أنواع آلات التثقيب:

1- آلة التثقيب ذات القائم:

تتكون هذه الآلة من القاعدة والقائم والصينية ومجموعة الثقب المحتوية على عمود التثقيب، ويؤدي عمود التثقيب حركة الدوران الرئيسية وحركة التغذية المستقيمة المحورية. وبما أن عمود الثقب ذو موضع ثابت فإنه يلزم تحريك المشغولة لتغيير أوضاعها تحت المثقب.

يمكن لهذه الآلات أداء عمليات الثقب والتخويش والبرغلة، كما يمكن قطع اللوالب الداخلية عليها عند تجهيزها لذلك، ويمكن حسب حجم الآلة إنتاج ثقوب يصل قطرها إلى $(100mm)$.

يبين الشكل (7-22) مجموعة نقل الحركة في آلة التثقيب ذات القائم.



الشكل (7–22)

مجموعة نقل الحركة في آلة التثقيب ذات القائم

2– آلة الثقب الجماعي:

يركب على الطاولة المستطيلة للآلة أدوات تتروح بين مجموعتين وأربع مجموعات ثقب بكل واحدة منها عمود ثقب، وتستخدم هذه الآلات للأعداد الصغيرة من المشغولات التي تستلزم إجراء عمليات مختلفة عليها حيث يركب مثلاً مثقب حلزوني في العمود الأول وأداة تهذيب ثلاثية الحدود في العمود الثاني ثم أداة تخويش في العمود الثالث وتنقل المشغولة من عمود إلى آخر حيث تتابع عليها عمليات التشغيل بالأدوات الموجودة على كل عمود من هذه الأعمدة.

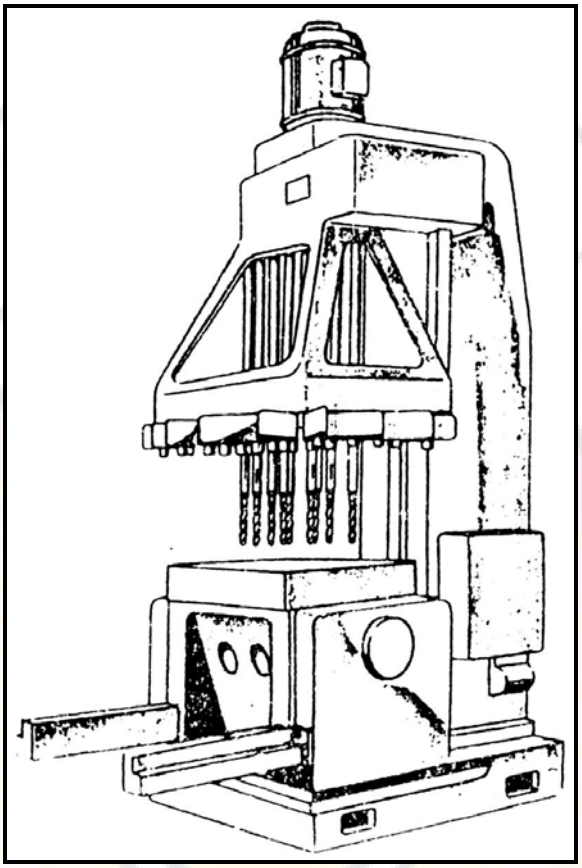
3- آلة الثقب متعددة الأعمدة:

تنتقل الحركة الدورانية لعمود الثقب الموجود بصندوق المسننات إلى أعمدة مفصلية متعددة قد يصل عددها إلى 32، وتثبت أداة قطع في كل من هذه الأعمدة بحيث يمكن إنتاج عدد كبير من الثقوب في آنٍ واحد الأمر الذي يؤدي إلى خفض زمن التشغيل بدرجة كبيرة.

الحركة الرئيسية: يدير المحرك الكهربائي مجموعة الإدارة خلال قابض أمان يقوم بفصل الحركة في حالة زيادة الحمل، ويمكن تغيير سرعة الدوران باستخدام مجموعة إدارة لا تدرجية التغيير ويحصل عمود الثقب على حركة الدوران (الحركة الرئيسية) عن طريق مجموعة مسننات إنزلاقية.

حركة التغذية: تؤخذ هذه الحركة دائماً من حركة دوران عمود الثقب وبذلك يمكن بيان قيمة التغذية بـ (mm/r)، وتستخدم مجموعة مسننات ذات خابور منزلق لتغيير سرعة الدوران بالزيادة أو بالنقصان ويدار عمود التغذية وبالتالي مسنن التغذية الصغير عن طريق تعشيق مسننات دودية، ويعشق مسنن التغذية مع الأسنان الموجودة على جلبة عمود الثقب فيحركها مع العمود إلى أسفل، ويمكن إجراء التغذية يدوياً.

ويبين الشكل (7-23) آلة تثقيب متعددة المحاور.



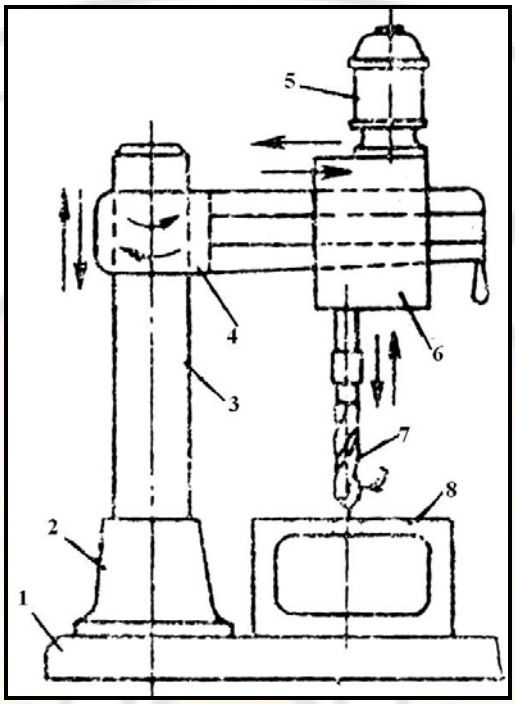
الشكل (7–23)

آلة تثقيب متعددة المحاور

4– آلة التثقيب نصف القطرية (مثقب الدف):

تستخدم هذه الآلة لتشغيل الأجزاء الكبيرة التي لا يمكن تحريكها على صينية الثقب تحت أداة القطع، ويسمح التصميم الخاص لهذه الآلة بضبط عمود الثقب بما يحمله من أدوات عند الموضع المطلوب للثقب، ولإمكان إجراء أكبر عدد من العمليات المختلفة مع بقاء المشغولة مثبتة على قاعدة الآلة فإن عمود الثقب يستطيع أن يدور بعدد كبير من السرعات يصل إلى 24 سرعة تتراوح بين $(20 - 2000 r.p.m)$ ويمكن أن تكون التغذية بين $(0.05 - 2 mm/r)$.

يبين الشكل (7-24) مثقب الدف.



الشكل (7-24)

مثقب الدف

ويتكون من:

1- القاعدة.

2- الساق.

3- العمود.

4- الذراع.

5- المحرك الكهربائي.

6- علبة السرعة.

7- أداة التثقيب.

8- المشغولة.

5- آلة التجويف الإحداثية:

تستخدم هذه الآلات في صناعة العدد لثقب وتجويف الطبعات والمحددات والنبائط وأداوات القياس والمشغولات الدقيقة، وتتميز بالصفات التالية:

1 -تصميم جاسئ بصفة خاصة لإمكان الثقب بدرجة عالية من الدقة حتى في الكتل الصماء.

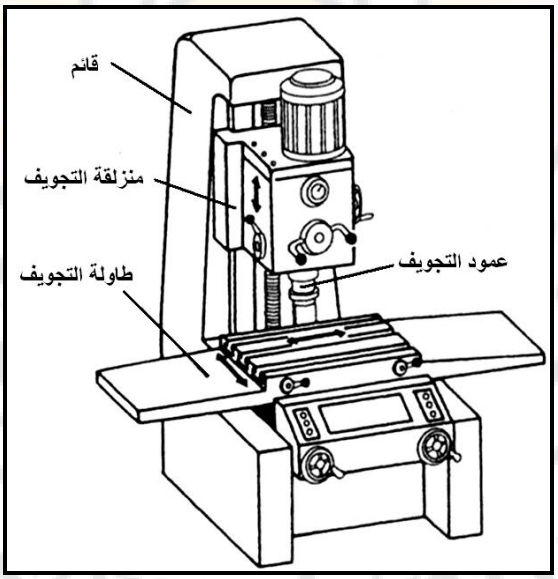
2 -دقة مرتفعة للغاية لجميع الأدلة والمحامل.

3 -سرعات دوران عالية لعمود الإدارة حيث تبلغ للتجويف الدقيق $(3000r.p.m)$ وأكثر وذلك حسب حجم الآلة.

4 -قيم صغيرة للتغذية، حوالي $(0.02mm)$ للتجويف الدقيق.

5 -طاولة تتحرك في إحداثيين متعامدين (حركة طولية وعرضية) مع إمكان قراءة مسافات التحرك في كل من الاتجاهين بدقة تصل حتى $(1\mu m)$.

ويبين الشكل (7-25) آلة تجويف إحداثية.



الشكل (7-25)

آلة التجويف الإحداثية

الفصل الثامن

عمليات التشغيل بالتجليخ

Grinding Processes

وقل رب زدني علما
Damascus University

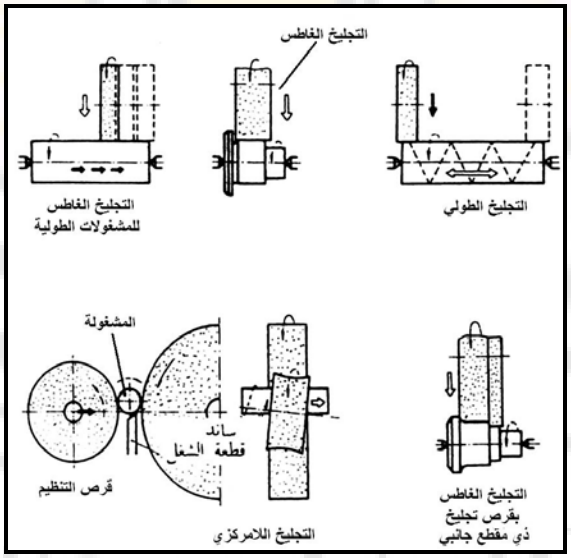
(8-1) مفهوم عملية التجليخ:

المقصود بكلمة تجليخ هو حك أسطح من مادة ما أو تآكلها أو شحذها بوساطة الاحتكاك.

تتشابه عمليات التجليخ مع عمليات التفريز في مبادئها الأساسية حيث تم استخدام عمليات التجليخ التي يشترك فيها عدد كبير من الحدود القاطعة في وقت واحد بهدف الحصول على أسطح جيدة التشغيل وبحدود تصل إلى $(0.002mm)$، وكثيراً ما تستخدم عمليات التجليخ في تشغيل السطوح ذات الصلادة العالية والتي يتعذر تشغيلها بالطرق البديلة الأخرى.

لقد أدت عمليات التشغيل إلى التحكم في جودة السطوح المشكلة ودقة الأبعاد والتسامحات وبالتالي تستخدم بفعالية عند تشغيل المحاور والثقوب بتسامحات قليلة على درجة عالية من الدقة والاستواء الجيد للسطوح المشغلة.

ويوجد للتجليخ عدة أشكال يوضحها الشكل (8-1).



الشكل (8-1)

أشكال التجليخ

(8-2) بارامترات عملية التجليخ:

1- سرعة القطع:

يقوم حجر الجلخ بحركة القطع ويراعى أن تكون سرعة القطع أكبر ما يمكن بشرط الاّ تتعدى النهايات القصوى المحددة لأن ذلك يسبب تطاير حبيبات المادة الحاكة بتأثير القوة الطاردة المركزية.

يفضل أن تتراوح سرعة القطع عند تجليخ الفولاذ ما بين $(30-35m/\sec)$ وعند تجليخ الحديد الزهر ما بين $(20-25m/\sec)$، ومن المسموح به في أحجار التجليخ المخصصة للتشغيل السريع أن تبلغ سرعتها المحيطية حتى إحدى القيم $(45,60,80,100m/\sec)$.

2- سرعة التغذية:

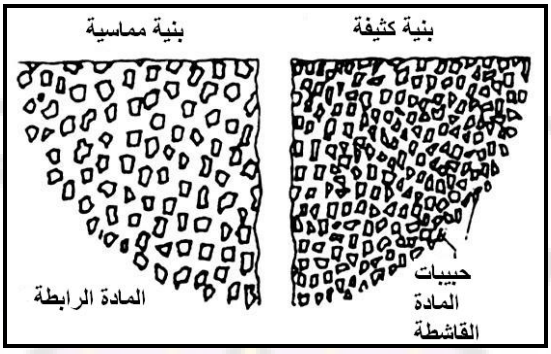
تتراوح سرعة التغذية حسب نوع مادة المشغولة ودرجة الجودة المطلوبة للسطح ما بين $(6-30m/\min)$، وتنتج التغذية في التجليخ الأسطواني عن الحركة الدورانية والحركة الطولية للمشغولة.

3- عمق القطع:

يتم ضبط عمق القطع بحركة الاقتراب، ويتم ذلك غالباً بإزاحة حجر التجليخ في اتجاه المشغولة، ويتراوح عمق القطع في التجليخ الأولي ما بين $(0.02-0.06mm)$ وفي التجليخ الإنهائي ما بين $(0.005-0.01mm)$، ويؤثر عمق القطع الكبير تأثيراً سلبياً على الجودة السطحية وتزيد من اهتراء حجر التجليخ.

(8-3) مواد أحجار التجليخ:

تتكون أقراص التجليخ من حبيبات تجليخ (حاكة) ومادة رابطة تشكّل جسماً متماسكاً، حيث تقوم حبيبات التجليخ بقطع الرايش من المشغولة نتيجة لحركة الدوران السريعة في قرص التجليخ.



الشكل (8-2)

بنية حجر التجليخ

أي أن أحجار التجليخ تتركب من مادتين أساسيتين:

1 -المادة القاطعة (الحاكة).

2 -المادة الرابطة.

وتنفصل حبيبات التجليخ من المادة الرابطة بعد ثلمها فتنكشف بذلك حبيبات جديدة حادة تواصل عملية القطع.

1- المادة الحاكة:

تكون المادة الحاكة على شكل حبيبات تتوقف على درجة دقتها جودة السطح المشغل. إن المواد الحاكة تكون على درجة عالية من الصلادة لتقوم بمهمتها في قطع المواد عالية الصلادة وبشكل عام يجب أن تكون صلادة المادة الحاكة أكبر من صلادة المشغولة المراد تجليخها.

يمكن تقسيم المواد الحاكة إلى نوعين رئيسين:

أ- مواد طبيعية:

1 -السيليكا أو الكوارتز الصلد.

2 -مسحوق المواد الحاكة (الصنفرة) وهو خليط من أكسيد الألمنيوم وأكسيد الحديد $(Fe_2O_3 50\% + AL_2O_3 50\%)$.

3 -حبيبات ماسية.

4 -غارنيت (العقيق الأحمر).

5 -مسحوق الكورندم $(Fe_2O_3 10-30\% + AL_2O_3 70-90\%)$

ب- مواد صناعية:

1 -كربيد السيليكون.

2 -كربيد البورون.

3 -أكسيد الألمنيوم.

2- المادة الرابطة:

وتنقسم إلى:

أ- مواد ملبدة:

وهي مواد طفيلية تخلط بالمادة الحاكة ثم تشكل بالطريقة الجافة وتحرق بدرجة حرارة عالية تحت الضغط.

إن المواد المصنوعة بهذه الطريقة لها صفة المسامية العالية ولا تتأثر بالحموض والعوامل الطبيعية.

يصنع نحو (70%) من أحجار التجليخ بهذه الطريقة وتتراوح سرعة القطع المسموح بها لهذه الأنواع من أحجار التجليخ بحدود $(2000m/\min)$.

ب- الزجاج المائي:

يسمى الزجاج المائي بسيليكات الصوديوم ويمكن مزج هذه السليكات مع المادة الحاكة للحصول على مادة طرية تشبه المعجون الذي يشكل فيما بعد في قوالب معدنية بطريقة التلبيد عند درجة حرارة نحو (260°) ولفترة تتراوح بين يومين وثلاثة أيام.

إن أحجار التجليخ المصنوعة بهذه الطريقة أقل صلادة من الأحجار السابقة لذلك تستخدم في شحذ المعادن التي لا تتولد عند شحذها حرارة عالية.

ونظراً لأن درجة حرارة تلبيدها منخفضة نسبياً فلذلك لا تتعرض هذه الأحجار للتشوه أثناء إجراء عملية التلبيد.

ج- المواد الراتينجية:

يتم خلط المادة الحاكة مع المادة الراتينجية في خلاط مسخن بوساطة البخار ثم يتم تشكيل الخليطة في قوالب معدنية ساخنة بالكبس ويتم التلبيد عند درجة حرارة (15°).

د- المطاط:

يتم خلط المطاط النقي مع الكبريت كمادة رابطة بطريقة الدرفلة ثم يتم كبس الخليطة تحت درجة حرارة تتبع لتركيب الخليطة.

هـ- البكالايت:

يعد البكالايت من المواد اللدنة الراتينجية المصلدة بالتسخين بعد خلطها مع مذيب سائل، ثم يسكب الخليط في القوالب بالأشكال المطلوبة ويصلد بالتسخين إلى درجة حرارة حتى (165°).

إن اختيار المادة الرابطة له أكبر الأثر في خواص أحجار التجليخ، فمن المعروف أن المشغولات ذات المادة الطرية يناسبها أحجار تجليخ صلدة والمشغولات ذات المادة الصلدة يناسبها أحجار تجليخ طرية.

وذلك لأن المواد الصلدة تتلف حجر التجليخ بسرعة عن طريق اهتراء الحدود القاطعة الخادشة للحبيبات الحاكة، الأمر الذي يتطلب اختيار مادة رابطة طرية لتسهيل انتزاع الحبيبات الملبدة من مكانها وتبرز حدود حاكة جديدة من الطبقة التي تليها لتقوم بخدش المشغولة من جديد، أما عند تجليخ المواد الطرية فلا تتلبد حدود الحبيبات الحاكة بسرعة وبالتالي فإنها تحتاج إلى مواد رابطة صلدة تثبت في مكانها لأطول فترة ممكنة.

وبهذا الشكل يجب أخذ الاعتبارات التالية عند اختيار المواد الرابطة:

1 ـ يجب اختيار مواد رابطة طرية كلما زاد قوس التماس بين حجر التجليخ والمشغولة.

2 ـ يجب اختيار مواد رابطة صلدة كلما ازدادت سرعة التجليخ.

3 ـ إن لاختيار المواد الرابطة علاقة مباشرة بجساءة عملية التجليخ فكلما تعرضت عملية التجليخ إلى الاهتزازات دعت الحاجة إلى اختيار مواد رابطة صلدة.

4 ـ إن استخدام سوائل التبريد والتزييت يشجع على اختيار أحجار تجليخ بمواد رابطة.

(8-4) تركيب أحجار التجليخ:

يتركب حجر التجليخ من مواد مختلفة لكي يناسب مادة المشغولة، ويبين الشكل (8-3) تركيب حجر الجلخ.

1- بنية حجر التجليخ:

يقصد بالبنية حجم وعدد المسام الموجودة بقرص التجليخ، كذلك نسبة مواد التجليخ والمادة الرابطة إلى الحجم الكلي.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
بنية مقفلة ←														→
بنية مفتوح →														

2- مادة وسيط التجليخ (المادة الحاكة):

إن أكثر مواد التجليخ استخداماً هي أكاسيد الألمنيوم المحضرة بالصهر في الأفران الكهربائية وتعرف بالكورندمات، كما يستخدم كربيد السيليكون وهو أكثر صلادة.

3- الحجم الحبيبي:

وهو حجم حبيبات مادة التجليخ، وتمثل أرقام الأحجام الحبيبية عدد الفتحات على امتداد إنش واحد من المنخل الذي نخلت فيه الحبيبات.

خشن	متوسط	دقيق	دقيق جداً
6	30	70	220
8	36	80	240
10	46	90	280
12	54	100	320
14	60	120	400
16		150	500
20		180	600
24			800

الجدول (8–1)

أحجام الحبيبات

4– درجة الصلادة:

يقصد بصلادة قرص التجليخ خاصية المادة الرابطة التي تجعلها تمسك بحبيبات التجليخ أو تتركها لتنفصل، فتكون المادة الرابطة صلدة عندما تمسك بحبيبات التجليخ لفترة طويلة، وتكون طرية عندما تتمكن الحبيبات من الانفصال بسرعة.

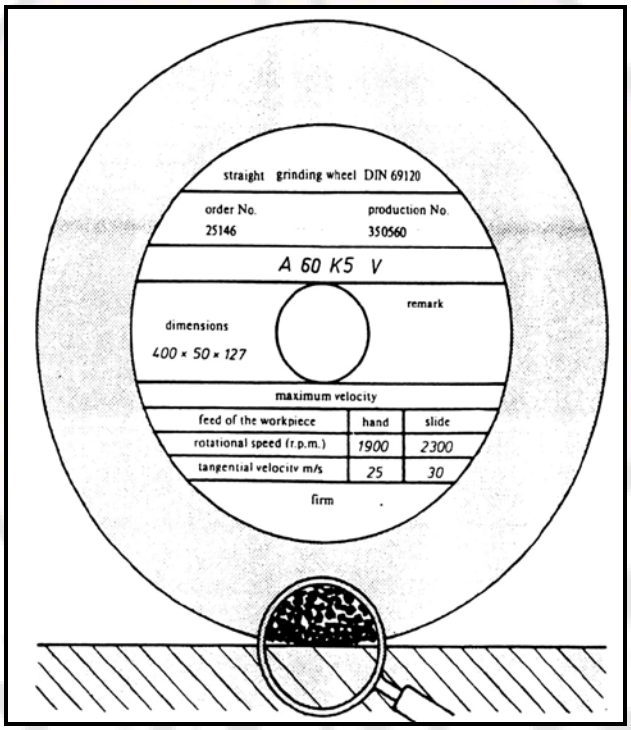
ويبين الجدول (8–2) الرموز المستخدمة لبيان درجة صلادة حجر التجليخ.

متناهي الطراوة	A	B	C	D
طري جداً	E	F	G	.
طري	H	I	J	K

متوسط	L	M	N	O
صلد	P	Q	R	S
صلد جداً	T	U	V	W
متناهي الصلادة	X	Y	Z	.

الجدول (8–2)

درجة صلادة أحجار التجليخ



الشكل (8–3)

تركيب حجر الجلخ

5- المادة الرابطة:

تتعلق صلادة أحجار التجليخ ومرونتها بنوعية المادة الرابطة التي تتكون منها أحجار التجليخ، أي أن المادة الرابطة تكسب أحجار التجليخ سلوكاً هشاً أو مرناً.

ولقد اعتمدت الرموز المبينة في الجدول (8-3) لتوضيح نوعية هذه المادة.

رباط خزفي	V
رباط سيليكي	S
رباط مطاطي	R
رباط مطاطي مقوى بألياف	RF
رباط راتنجي	B
رباط راتنجي مقوى بألياف	BF
رباط مغنيزي	Mg

الجدول (8-3)

رموز المواد الرابطة

فعلى سبيل المثال إذا كان لدينا حجر تجليخ بالمواصفات التالية:

$$(400 \times 500 \times 127 DIN 69120 - A60K5V - 60)$$

وهذا الرمز حسب الموصفة الألمانية $(DIN 69120)$

يمكن توضيح مواصفات هذا الحجر كما في الجدول (8-4).

حجر عدل الشكل	A
القطر الخارجي	$40mm$
العرض	$50mm$
قطر الثقب	$127mm$
المادة الحاكة (كورندوم)	A
الحجم الحبيبي	60
درجة الصلادة	K

البنية	5
الرباط خزفي	V
السرعة المحيطية المسموح بها	$60m/\sec$

الجدول (8–4)

مواصفات حجر جلخ

(8-5) اختيار أحجار التجليخ:

يعتمد الاختيار الصحيح لأحجار التجليخ على:

1 -شكل المشغولة وصلادتها.

2 -درجة الجودة السطحية المطلوبة للمشغولة.

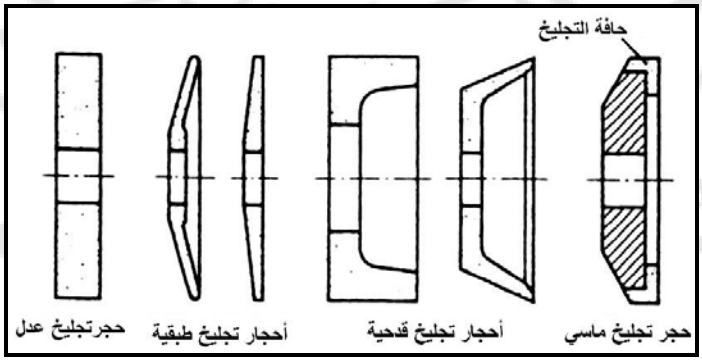
3 -حجم الرايش المراد إزالته.

ويجب أن يتلاءم الحجم الحبيبي ونوعية المادة الرابطة مع هذه المتطلبات.

تستخدم أحجار التجليخ ذات الأحجام الحبيبية الكبيرة (الخشنة) للتجليخ الأوّلي في حالة عمق القطع الكبير، في حين تستخدم أحجار التجليخ ذات الحبيبات الناعمة للتجليخ الدقيق والتجليخ الإنهائي.

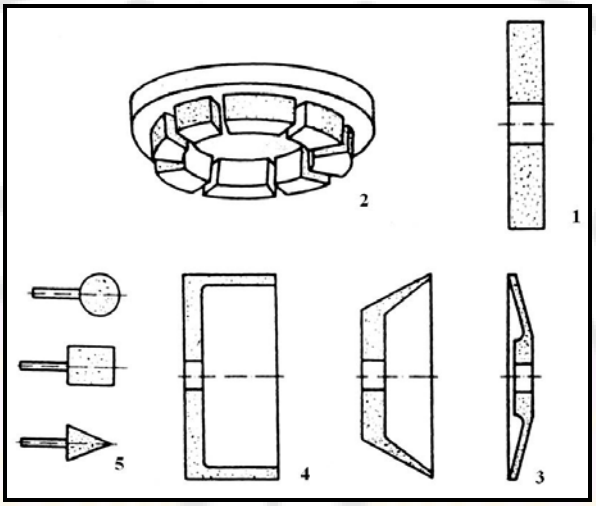
ولأحجار التجليخ أشكال متعددة يبين الشكل (8–4) بعضاً منها.

كما يبين الشكل (8–5) أشكال أحجار التجليخ طبقاً للمواصفة القياسية $(DIN69120)$ حتى $(DIN69186)$.



الشكل (8–4)

بعض أشكال أحجار التجليخ



الشكل (8–5)

1– قرص تجليخ عدل، 2– مركب، 3– طبقي

4– قدحي (عدل ومخروطي)، 5– أصابع تجليخ

(8-6) تثبيت أحجار التجليخ:

يجب تثبيت أحجار التجليخ على أعمدة محاور التجليخ بعناية فائقة لأن التثبيت غير الصحيح يؤدي إلى حوادث خطيرة وخاصةً إذا كانت الأحجار تدور بسرعة محيطية كبيرة.

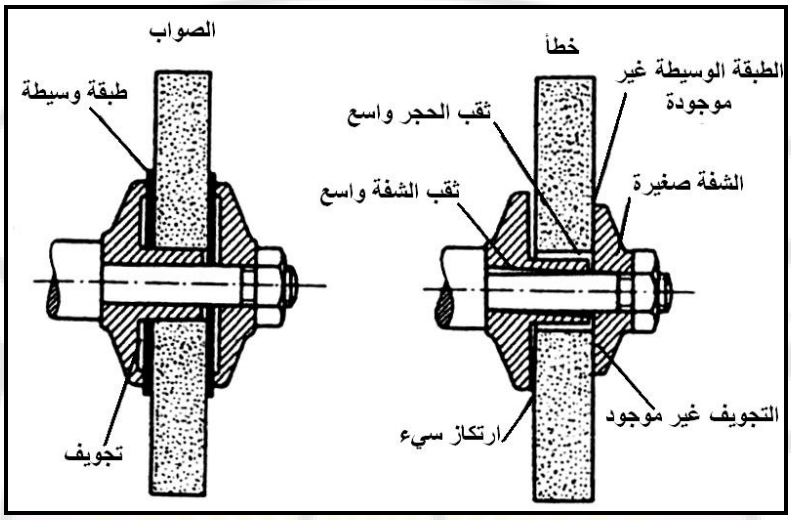
لذلك لا بد من مراعاة ما يلي عند التثبيت:

1– عملية الاختبار قبل التثبيت:

يجب قبل كل عملية تثبيت إجراء اختبار الرنين على حجر التجليخ بتعليقها تعليقاً حراً حيث يمسك الحجر من تجويفه ويطرق طرقاً خفيفاً ويجب أن يكون الصوت الصادر نقياً رناناً، ولا يسمح باستخدام أقراص التجليخ التي يوجد فيها عيوب.

2– التثبيت باستخدام شفاه التثبيت:

يبين الشكل (8-6) التثبيت الصحيح والتثبيت الخاطئ لحجر التجليخ.



الشكل (8-6)

الثبيت الصحيح والخاطئ لحجر التجليخ

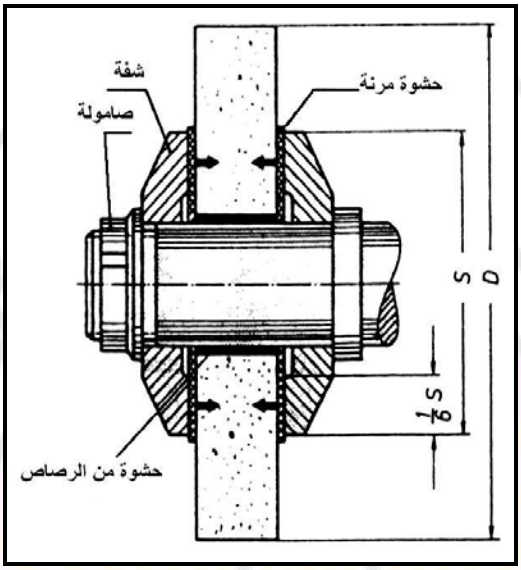
أ - يجب تثبيت أحجار التجليخ بواسطة شفاه تثبيت مصنوعة من حديد الزهر الرمادي أو من الفولاذ، ويجب أن يكون للشفتين القطر نفسه حتى لا يحدث إجهاد انحناء على الحجر فينكسر، ولا يسمح بارتكاز الشفاه على الحجر إلاّ على مساحة حلقية.

ب - يجب أن يبلغ الحد الأدنى لقطر الشفاه المقادير التالية:

1 - $\left(\frac{1}{3}D\right)$ عند استخدام أغطية واقية.

2 - $\left(\frac{2}{3}D\right)$ إذا لم تستخدم أغطية واقية، وتثبت باستخدام حشوات.

3 - $\left(\frac{1}{2}D\right)$ لأقراص التجليخ المخروطية.



الشكل (8-7)

تثبيت حجر التجليخ باستخدام شفاه التثبيت

ج - يجب وضع حشوات من مادة مرنة (المطاط، اللباد، الجلد، ....) بين حجر التجليخ وشفاه التثبيت، وتعمل هذه الحشوات على موازنة عدم استواء سطح حجر التجليخ وعلى ضمان جودة ارتكاز الشفاه بهدف توزيع قوى الربط عند الشفتين توزيعاً منتظماً على حجر التجليخ.

د - يجب إجراء تشغيل اختباري على حجر التجليخ بسرعة التشغيل الكاملة ولفترة لا تقل عن خمس دقائق وذلك بعد كل مرة يعاد فيها تثبيت قرص التجليخ، ويجب أثناء هذا التشغيل الاختباري منع الدخول إلى نطاق الخطر الذي يتمثل في سرعات أعلى من السرعة القصوى المبينة على حجر التجليخ.

3- استخدام الأغطية الواقية:

تجهز آلات التجليخ بأغطية واقية قابلة للضبط مصنوعة من مادة متينة، ويمكن أن تصنع هذه الأغطية من الفولاذ أو الفولاذ المصبوب أو حديد الزهر المطروق.

يضبط موضع تثبيت الأغطية الواقية حسب البري الحادث لأقراص التجليخ، وفي حالة عدم إمكانية استخدام أغطية واقية يجب استخدام أحجار التجليخ المخروطية أو العدلة مع الحشوات المطاطية المقررة لذلك.

4- موازنة أحجار التجليخ:

يجب موازنة أحجار التجليخ بسبب دورانها بسرع محيطية كبيرة لأن عدم التوازن يؤدي إلى التقليل من جودة السطح المشغل.

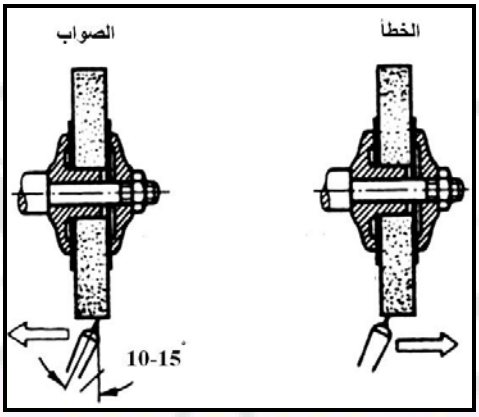
يضبط توازن أحجار التجليخ وهي مثبتة بالشفاه على عمود دوران وذلك بوضعها على حافتي مسند دحروجي، ويفضل استخدام أجهزة موازنة ستاتيكية أما أحجار التجليخ الكبيرة والتي تدور بسرعة عالية جداً يتم ضبط توازنها ديناميكياً باستخدام أجهزة الموازنة الديناميكية.

5- التسوية:

إن أقراص التجليخ المختارة اختياراً سليماً تشحذ نفسها بنفسها بانفصال حبيبات التجليخ المستهلكة، أما إذا لم يحدث ذلك وأصبح حجر التجليخ غير حاد فيجب شحذ هذا الحجر (تسويته) ويستخدم لهذا الغرض عدد تسوية ماسية خاصة بآلات التجليخ.

تهدف تسوية أحجار التجليخ إلى ضمان دقة دورانها بالإضافة إلى إزالة الطبقة الملتصق بها بعض حبيبات المعدن المزال، وفصل أوتكسير الحبيبات الحاكة المتثلمة مما يؤدي إلى تخفيف الحرارة المتولدة أثناء التجليخ.

يتم تسوية أحجار التجليخ باستخدام ماسة واحدة كما في الشكل (8-8).



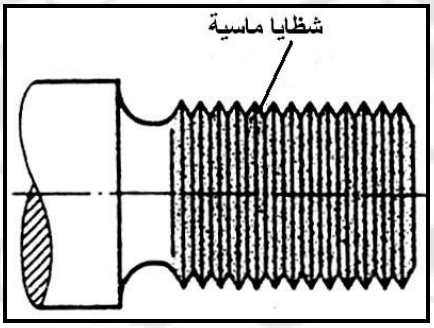
الشكل (8-8)

التسوية بماسة مفردة

وتولج هذه الماسة بمربط فولاذي يمرر بامتداد محيط الحجر الدائر لتسويته، ويتراوح عمق القطع ضمن المجال $(0.01-0.04mm)$ وتتراوح التغذية لكل دورة من دورات حجر التجليخ ضمن المجال $(0.1-0.2mm)$ ويجب أن يبلغ ميل ماسة التسوية بالنسبة لمحور حجر التجليخ ما بين $(10^\circ - 15^\circ)$.

كما يمكن استخدام دلافين التسوية لشحذ أحجار التجليخ، وتتكون هذه الدلافين من جسم فولاذي مثبت عليه شظايا صغيرة، كما في الشكل (8-7).

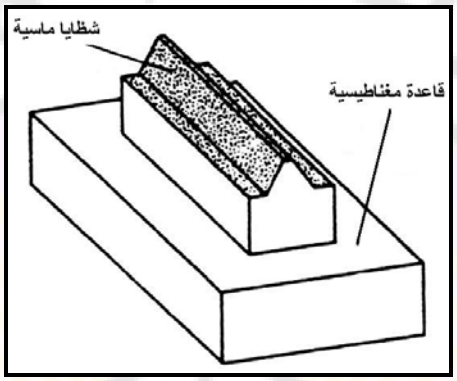
وتدار هذه الدلافين بمحرك خاص بها ويتم ضغطها باتجاه قطري بالنسبة لحجر التجليخ، ويشترط أن تختلف سرعة دوران الدلفين عن معدل دوران حجر التجليخ.



الشكل (8–9)

دلفين التسوية

أما قوالب التسوية المبينة في الشكل (8–8) فتربط بواسطة قاعدة مغناطيسية على فرش آلة التجليخ السطحي.



الشكل (8–10)

قالب التسوية

(8-7) عمليات التجليخ:

يمكن إجراء عمليات التجليخ على ثلاث مراحل:

1- تجليخ التخشين:

ويكون معدل إزالة الرايش كبيراً ويستخدم لتحسين شكل المشغولة وإزالة الخدوش الناتجة عن عمليات التشغيل السابقة.

ويكون حجم الحبيبات $(60-40)$ وعمق القطع $(10\mu m-30\mu m)$.

2- تجليخ التنعيم:

لتحسين درجة جودة السطح والتوصل إلى مقاسات إنجاز حتى رتبة جودة $(ISO5)$.

ويكون حجم الحبيبات $(100-80)$ وعمق القطع $(5\mu m-15\mu m)$.

3- التجليخ الدقيق:

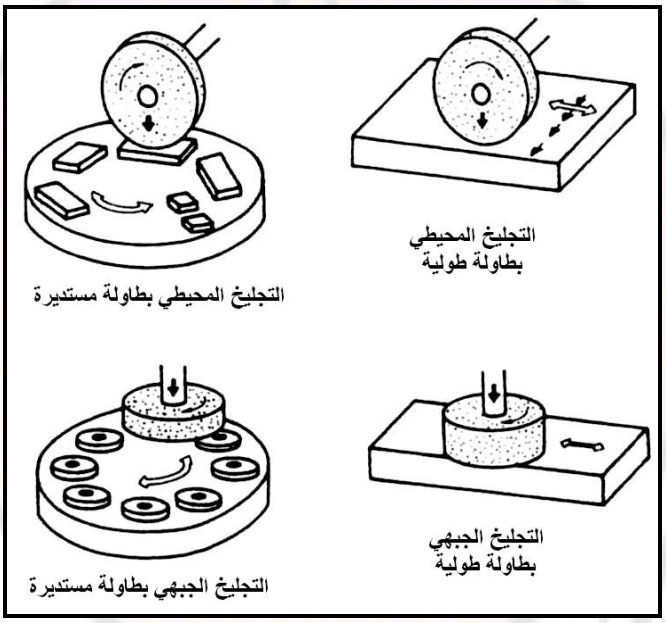
لزيادة تحسين جودة السطح حتى رتبتي جودة $(ISO3, ISO4)$.

ويكون حجم الحبيبات $(200-300)$، وعمق القطع $(1\mu m-8\mu m)$.

وتكون زيادة التجليخ حسب مقاس المشغولة وتتراوح بين $(0.1mm-0.6mm)$.

يمكن أن يكون التجليخ جافاً أو رطباً يستخدم للمشغولات الصلدة.

يمكن تقسيم عمليات التجليخ السطحي تبعاً لوضع عمود التجليخ إلى تجليخ محيطي وتجليخ جبهي، وتقسم عمليات التجليخ بشكل عام إلى تجليخ أسطواني خارجي وتجليخ أسطواني داخلي.

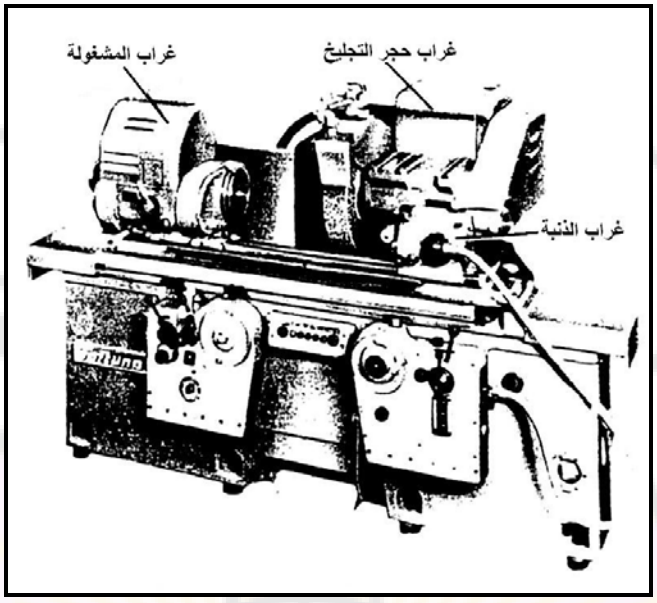


الشكل (8–11)

عمليات التجليخ السطحي

(8-8) التجليخ الأسطواني الخارجي:

يكون غراب حجر التجليخ مثبتاً في الجزء الخلفي من فرش الآلة ويتم عن طريقه ضبط عمق التجليخ، ويثبت على الفرش المتحرك في الاتجاه الطولي كل من غراب المشغولة وغراب الذنبة كما في الشكل (8-12).



الشكل (8–12)

آلة التجليخ الأسطواني

وتتولى المشغولة حركتي الدوران والتغذية الطولية كما في الشكل (8-13).

تؤدي المشغولة حركة دورانية بطيئة (تغذية دورانية) يمكن أن تكون في نفس أو في عكس اتجاه دوران حجر التجليخ.

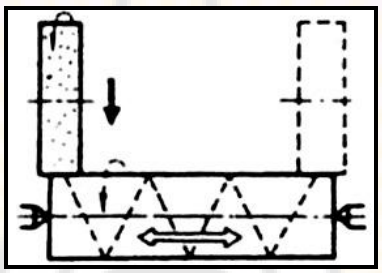
الشكل (8–13)

التجليخ الأسطواني الخارجي

تبعاً لنوع الحركات الثانوية يمكن التمييز بين أنواع التجليخ الأسطواني الخارجي.

1– التجليخ الطولي:

وفيه تتحرك المشغولة حركة دورانية كما تتحرك طولياً في اتجاه محورها، ويفضل أن تبلغ قيمة التغذية الطولية لكل دورة من دورات المشغولة $\left(\frac{2}{3}D\right)$ وذلك حتى يمكن التخلص من آثار التشغيل بتراكب مسارات حجر التجليخ، كما في الشكل (8–14).



الشكل (8–14)

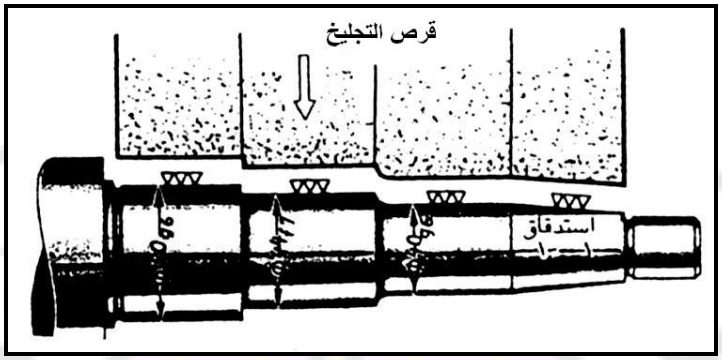
رسم تخطيطي للتجليخ الطولي

2– التجليخ الغاطس:

يحرك حجر التجليخ قطرياً في اتجاه المشغولة حتى بلوغ المقاسات المطلوبة، ويمكن بهذا الأسلوب تجليخ عدة مواضع تجليخ متطابقة أو متفاوتة الأقطار أو الاستدقاقات أو الاستدارات دفعة واحدة.

يتميز هذا الأسلوب من التجليخ عن التجليخ الطولي بتوفير جزء كبير من وقت التشغيل، ولكنه لا يصلح إلاّ للمشغولات المنتجة بالجملة كما أنه يحتاج لاستخدام آلات بالغة الجساءة.

يبين الشكل (8–15) التجليخ الغاطس لعمود إدارة صندوق سرع.



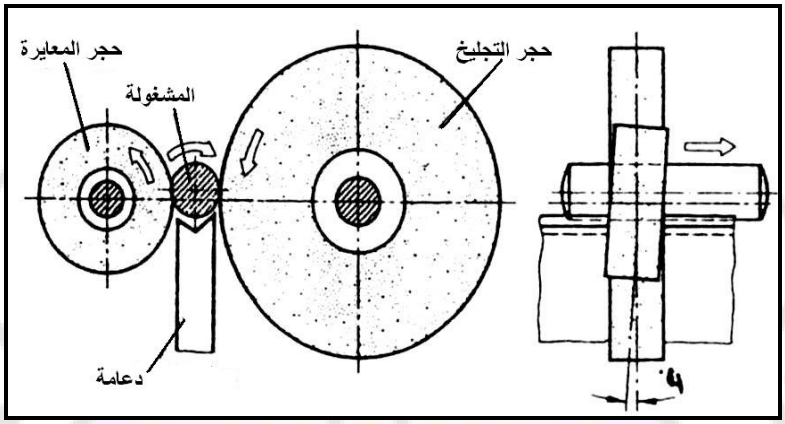
الشكل (8–15)

التجليخ الغاطس لعمود إدارة

يمكن أن يكون التجليخ الغاطس لقطعة صغيرة وفيه يحرك حجر التجليخ على المشغولة في اتجاه قطري، ويمكن أن يكون لقطعة طويلة كما في الشكل (8–15) وفيه تحرك المشغولة في الاتجاه الطولي بمقدار يقل قليلاً عن عرض حجر التجليخ وذلك بعد كل جزء ويجب أن يترك زيادة تجليخ للتنعيم الإنهائي اللاحق، ويمكن أن يكون التجليخ الغاطس بأقراص تجليخ ذات مقاطع واجهية وعندها يجب الاّ تكون الفروق بين أقطار المقاطع الواجهية كبيرة جداً.

3– التجليخ اللامركزي:

يبين الشكل (8–16) الرسم التخطيطي للتجليخ الأسطواني اللامركزي.



الشكل (8–16)

رسم تخطيطي للتجليخ الأسطواني اللامركزي

تستند المشغولة حرة على دعامة قضيبية منضبطة الارتفاع بين حجر التجليخ وحجر المعايرة، ويضمن استناد المشغولة على الدعامة القضيبية عدم انحنائها أثناء التجليخ مما يتيح أيضاً تجليخ المشغولات ذات الأقطار الصغيرة $(1mm)$ والأطوال الكبيرة $(1.5m)$ وتبلغ سرعة قطع حجر التجليخ نحو $(35m/\sec)$ كما تتراوح السرعة المحيطية لحجر المعايرة ما بين $(8-80m/\min)$ يمكن ضبطها تدريجياً.

يصلح التجليخ اللامركزي الطولي للمشغولات الأسطوانية غير المتدرجة وفيه يوضع حجر المعايرة (حجر التغذية) مائلاً بضع درجات بالنسبة لمحور حجر التجليخ وتزداد التغذية الطولية طردياً مع الميل.

ويستخدم التجليخ اللامركزي الغاطسي لتشغيل المشغولات المتدرجة أو ذات الرؤوس كجذوع الصمامات وللتجليخ التشكيلي.

يمكن حساب قيمة التغذية بدلالة زاوية ميل حجر المعايرة (α) من العلاقة التالية:

$$\boxed{s=\pi.d.n.\sin\alpha}$$

(s): التغذية $[mm/r]$.

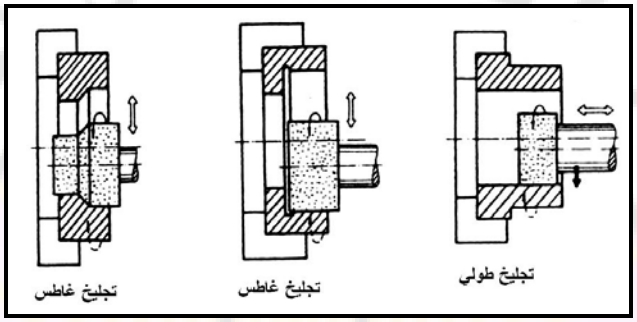
(d): قطر حجر المعايرة $[mm]$.

(n): سرعة دوران المشغولة $[r.p.m]$.

(α): زاوية ميل حجر المعايرة.

(8-9) التجليخ الأسطواني الداخلي:

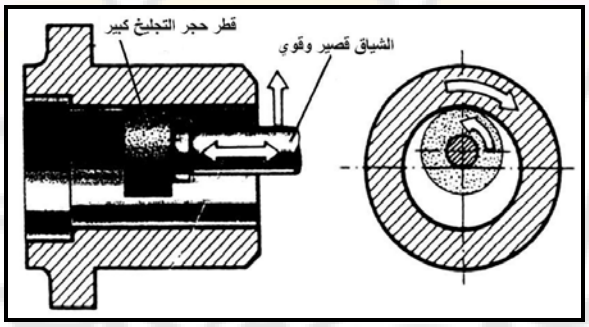
يمكن أن يكون التجليخ الأسطواني الداخلي طولياً أو غاطس كما في الشكل (8-17).



الشكل (8-17)

أشكال التجليخ الأسطواني الداخلي

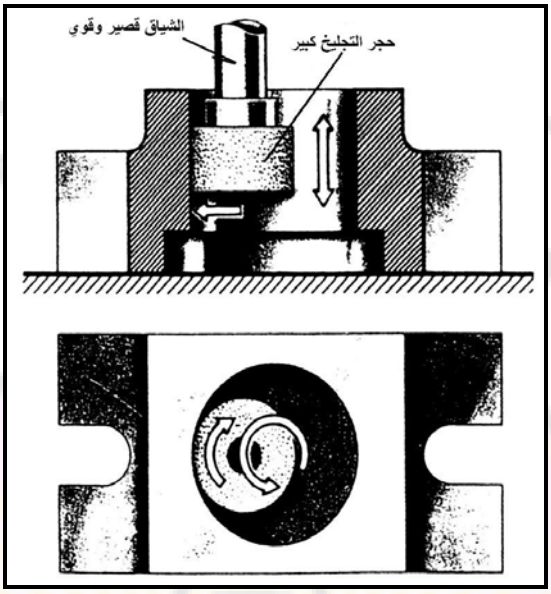
في التجليخ الأسطواني الداخلي تؤدي معظم المشغولات حركة دورانية ويتم تجليخها أفقياً بامتداد طولي كما في الشكل (8-18).



الشكل (8-18)

التجليخ الأسطواني الداخلي للمشغولات الدوارة

وتجلخ المشغولات الضخمة التي يتعذر تدويرها في وضع رأسي على آلات التجليخ المزودة بعمود محور كوكبي كما في الشكل (8-19).



الشكل (8–19)

التجليخ الأسطواني الداخلي للمشغولات الثابتة

يجب أن تكون أعمدة الدوران في آلات التجليخ الداخلي قصيرة وجاسئة ما أمكن لتحاشي انحرافها أثناء التشغيل، ويشترط للسبب نفسه اختيار أعماق قطع وتغذيات أصغر بالقياس إلى التجليخ الأسطواني الخارجي، وتتراوح سرعة دوران أحجار التجليخ اللازمة للحصول على سرعات قطع اقتصادية بين $(20000 - 40000 r.p.m)$.

تتيح أجهزة التجليخ الداخلي المزودة بأداة كوكبية التي يمكن ربطها على آلات التثقيب القائمة أو على آلات التفريز تجليخ ثقوب تتراوح أقطارها بين $(2 - 80mm)$ بدقة تامة.

إن التجليخ الداخلي وخاصةً للثقوب الصغيرة يعد مكلفاً نسبياً لذلك يستعاض عنه بالصقل بالحجارة.

(8-10) تثبيت المشغولات:

عند تثبيت المشغولات على آلات التجليخ لا يكون الاهتمام بتلقي قوى القطع الكبيرة وإنما ينصب الاهتمام على دقة صنع المشغولات، ومن ثم يتم التثبيت بوسائل تثبيت بسيطة.

يستخدم في التجليخ السطحي مناجل دقيقة أو نبائط تثبيت خاصة وغالباً ما تستخدم ظروف التثبيت المغناطيسية، وهذه المغانط تحتاج إلى تيار مستمر وهذا يعني نفقات كبيرة إلى جانب الأخطار التي قد تنجم عن انقطاع التيار، لذلك يتم استخدام الظروف المغناطيسية الدائمة التي لا تعتمد على التيار الكهربائي.

بعد الانتهاء من التشغيل تبقى المشغولات المثبتة بطريقة مغناطيسية محتفظة بشيء من المغنطة، ويتم إزالتها بجهاز خاص.

(8-11) آلات التجليخ:

إن آلات التشغيل هي آلات تشغيل ذات دقة أداء مرتفعة، حيث يلزم أن تكون للمشغولات المنتجة بها دقة عالية في أشكالها ومقاساتها وجودة أسطحها، ويتم التوصل لذلك من خلال التصميم الخاص لهذه الآلات والذي يأخذ بالاعتبار مايلي:

1 -هياكل الآلات على شكل صندوق وتكون جاسئة مانعة للاهتزازات الذاتية.

2 -محامل دقيقة لأعمدة التجليخ، وتستخدم محامل دلفينية مسبقة الإجهاد أو محامل انزلاقية يمكن ضبط خلوصها.

3 -يدار عمود التشغيل بسيور مسطحة أو بواسطة سيور مقطع (V) للآلات الثقيلة.

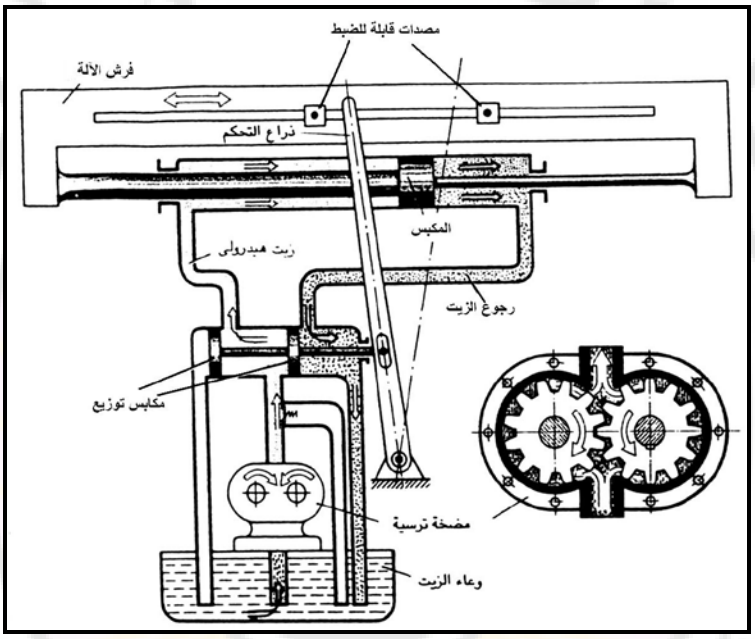
4 -التغذية الهيدروليكية للطاولة والتي تتميز بالتوصل إلى هدوء الحركة وإمكانية ضبط السرعة بطريقة لا تدرجية.

5 -حركة تغذية دقيقة لرأس التجليخ وتتم بواسطة عمود ميكرومتري مجهز لمعادلة الخطأ، وتبلغ دقة القراءة فيه $(1\mu m)$.

6 -تغطية منيعة للأدلة الانزلاقية ضد الغبار، وتكون على هيئة منفاخ يقوم بالوقاية من الغبار الناتج عن التجليخ.

7 -أجهزة تسوية تتحرك على منزلقة وتستخدم لتسوية حجر التجليخ بدقة عالية.

يبين الشكل (8-20) مجموعة نقل الحركة الهيددروليكية المستخدمة في آلات التجليخ.



الشكل (8-20)

مجموعة نقل الحركة الهيدروليكية لآلات التجليخ للسطوح المستوية

وفيما يلي شرح بسيط لبعض آلات التجليخ:

1- آلة التجليخ السطحي ذات الطاولة الطولية:

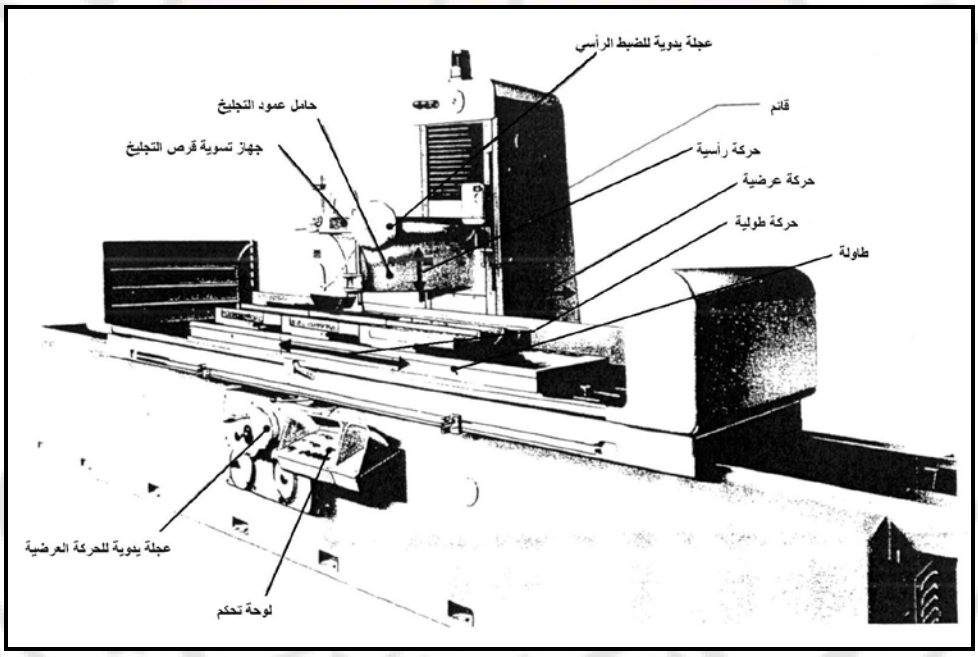
تستخدم هذه الآلة لتجليخ الأسطح المستوية بمحيط حجر التجليخ أو لتجليخ الشقوب والمجاري بالسطحين الجانبيين للقرص.

ترتكز الطاولة الطولية فوق أدلة انزلاقية على هيكل الآلة ذي شكل الصندوق ويتم تحريكها هيدروليكياً.

يمكن ضبط كل من طول الشوط وموقعه وذلك بواسطة المصدين الموجودين على جانب الطاولة، ويتحرك رأس التجليخ حركة رأسية في الأدلة الانزلاقية للقائم، أما القائم نفسه فيمكن تحريكه في الاتجاه المتعامد على اتجاه حركة الطاولة.

في كل من نوعي آلات التجليخ هذه يكون رأس منزلقة التجليخ من محرك كهربائي حيث يثبت حجر التجليخ على عمود دورانه الطويل.

يبين الشكل (8-21) منظراً عاماً لآلة التجليخ السطحي ذات الطاولة الطولية ومكوناتها الرئيسية.

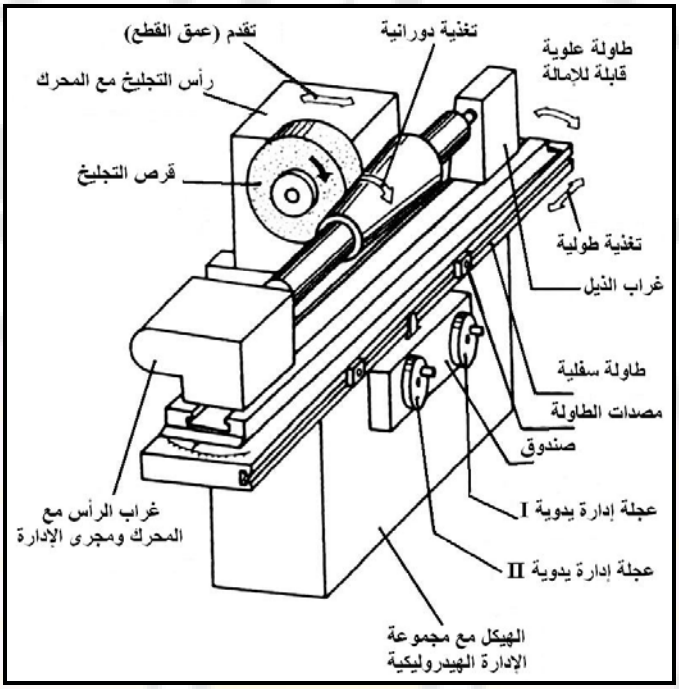


الشكل (8-21)

آلة التجليخ السطحي ذات الطاولة الطولية

2- آلة التجليخ الأسطواني الخارجي:

يبين الشكل (8-22) آلة تجليخ أسطواني خارجي المستخدمة لتجليخ الأسطح الأسطوانية والمخروطية لقطع المشغولات بعملية التجليخ الطولي أو الغاطس.



الشكل (8–22)

آلة التجليخ الأسطواني الخارجي لسطح مخروطي

يمكن استخدام أحجار التجليخ ذات المقاطع الوجهية لإنتاج الأشكال المطلوبة في إنتاج المشغولات المستديرة المقطع.

تحرّك الطاولة السفلى على الأدلة الانزلاقية بواسطة مجموعة إدارة هيدروليكية، حيث يمكن ضبط طول وموقع الشوط بتحريك المصدات الموجودة على جانب الطاولة، كما يمكن ضبط كل من غراب الرأس وغراب الذيل على طول المشغولة.

عند تشغيل القطع المخروطية الشكل يتم إمالة الطاولة العلوية بمقدار نصف زاوية رأس المخروط.

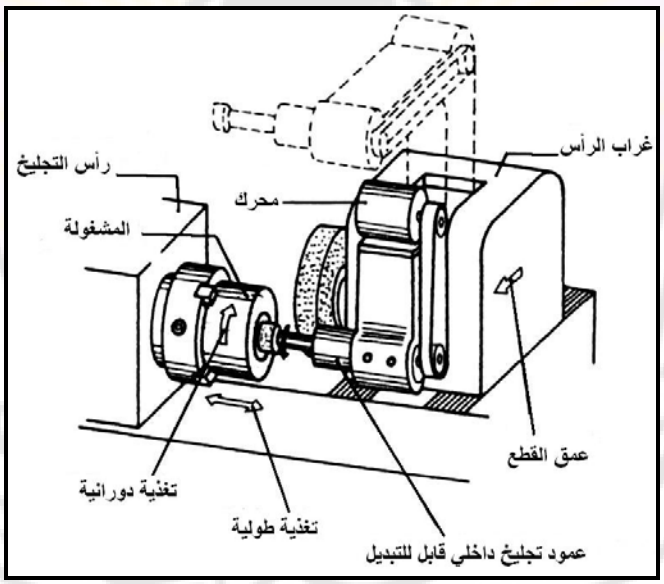
يحتوي غراب الرأس على محرك كهربائي ومجموعة تروس لتغيير السرعة تنتج سرعتين أو أربع سرعات لدوران المشغولة.

باستخدام عجلة الإدارة اليدوية (II) تحرّك الطاولة حركة اختبارية لضبط طول وموقع الشوط، كما يمكن تحريك رأس التجليخ بما يحمله من حجر تجليخ ومحرك إدارة لتقديمها في اتجاه قطري نحو المشغولة وذلك بواسطة عجلة الإدارة اليدوية (I)، ويقرأ مقدار عمق القطع على الحلقة المدرجة الموجودة على العجلة (I) وذلك بدقة تصل إلى $(1\mu m)$.

تثبت المشغولة دائماً بين ذنبتين ثابتتين بقصد تلافي انتقال الخلوص الموجود في الذنبات الدوارة إلى المشغولة.

3- آلة التجليخ الأسطواني العامة:

يبين الشكل (8-23) آلة تجليخ أسطواني عامة مع مكوناتها.



الشكل (8-23)

آلة التجليخ الأسطواني العامة وأداة التجليخ الداخلية

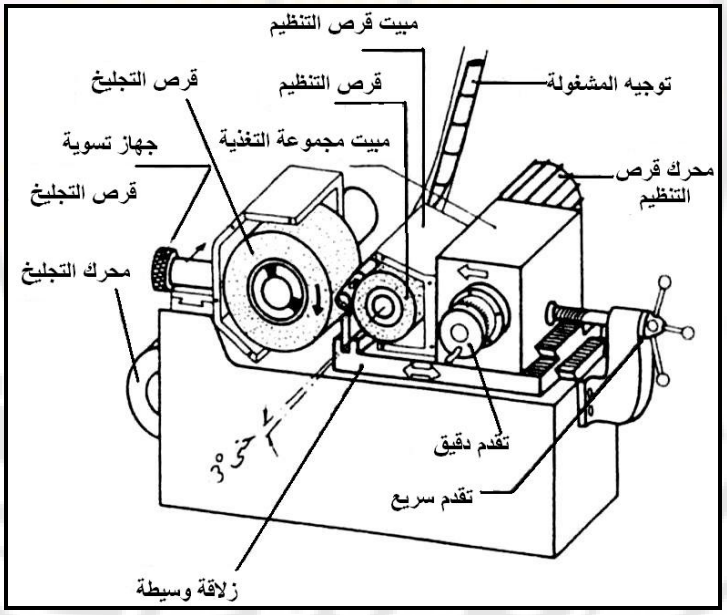
تتميز هذه الآلة عن آلة التجليخ الأسطواني الخارجي باحتوائها على أداة تجليخ داخلي مثبتة في رأس التجليخ لاستخدامها في تجليخ الفتحات الدائرية.

تتكون هذه الأداة من ذراع قابل للإمالة حول مفصل مخصص لتثبيت أعمدة تجليخ داخلي مختلفة الأطوال، ويقوم محرك كهربائي بإدارة عمود التجليخ الداخلي عن طريق سير.

تثبت المشغولة بحيث لا تتشوه بفعل قوى الربط المؤثرة عليها، وغالباً ما تستخدم لهذا الغرض ظروف تثبيت خاصة.

4- آلة التجليخ الأسطواني اللامركزي:

يبين الشكل (8-24) آلة تجليخ لا مركزي.



الشكل (8-24)

آلة تجليخ لا مركزي

توجه المشغولة دون أي تثبيت بين كل من حجر التجليخ وحجر التنظيم ويتم الحصول على حركتي التغذية الدورانية والطولية من حجر التنظيم ذي المادة الرابطة اللينة.

ويتم إمالة حجر التنظيم بمقدار (3°) إلى الأمام للحصول على التغذية المحورية، وكلما ازدادت زاوية الميل ازدادات سرعة التغذية، ويقرب حجر التنظيم بمقدار عمق القطع بعد كل دورة تشغيل.

أما في التجليخ الغاطس فلا يكون حجر التنظيم مائلاً، وتستخدم أداة خاصة لوضع المشغولة تلو الأخرى في الآلة، وفي كل مرة تحرك منزلقة حجر التنظيم بواسطة مقبض إلى الإدارة صوب حجر التجليخ حتى تصل إلى مصد حيث يكون المقاس النهائي قد تم التوصل إليه.

5- آلة التجليخ العامة لشحذ الأدوات:

تستخدم هذه الآلة لشحذ الأدوات الصغيرة والمتوسطة، وتصلح بصفة خاصة لشحذ الأدوات الأسطوانية والمخروطية ذات المجاري الحلزونية كما يمكن استخدامها لشحذ البراغل وأدوات التخويش وذكور اللولبة ومقاطع التفريز الدلفيني والزاوي والجبهي وكذلك لشحذ الوجه والظهر والخلوص على رؤوس المقاطع وأداوت التجويف وما إلى ذلك.

الفصل التاسع

عمليات التشغيل بالتخليق

Broaching Processes

وقل رب زدني علما
Damascus University

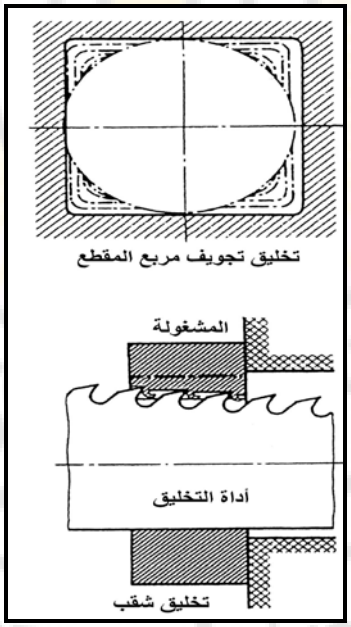
(9-1) مفهوم عملية التخليق:

التخليق هو أسلوب للتشكيل بالقطع تنجز فيه المشغولات المنتظمة و غير المنتظمة في خطوة عمل واحدة، وتسمى أيضاً هذه العملية بعملية التشغيل بأداة الشد وذلك لأن أداة القطع في كثير من الأحيان تسحب بواسطة الشد وفي حالات نادرة بواسطة الدفع وذلك داخل الثقوب المطلوب تخليقها.

التخليق الداخلي : يتم شد أو دفع أداة التخليق خلال ثقب في المشغولة بحيث تؤدي إزالة الزوائد والنتوءات إلى إنجاز الجانبية المحددة.

التخليق الخارجي: تمرر أداة التخليق قبالة المشغولات المربوطة على عربة آلة التخليق أو في أداة القمط بحيث تنتج الجانبية الخارجية المطلوبة.

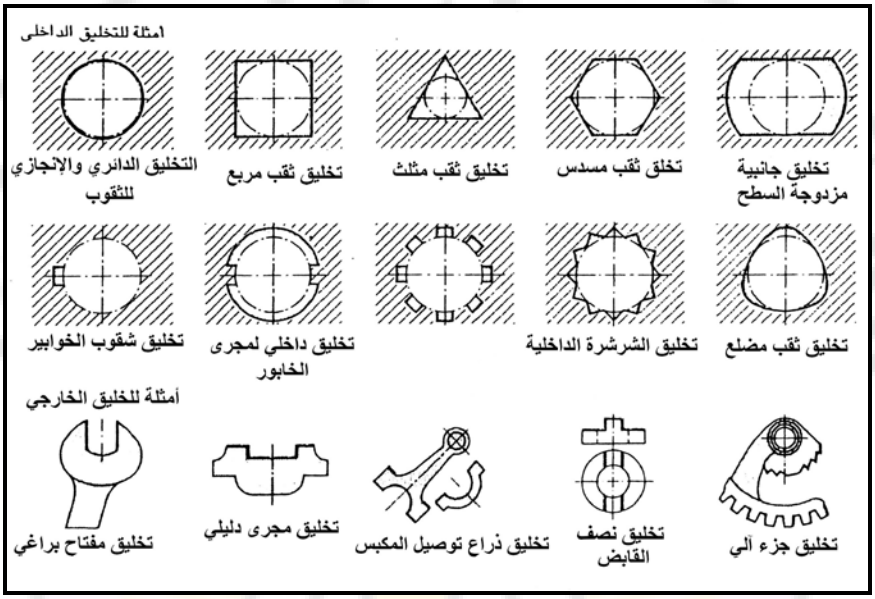
يبين الشكل (9-1) عملية التخليق حيث يقوم كل سن من الأداة بقطع جزء من الخامة.



الشكل (9-1)

عملية التخليق

وتستخدم طريقة التخليق في عمليات التخليق الداخلية والخارجية، ويبين الشكل (9-2) أشكال مشغولات بالتخليق.



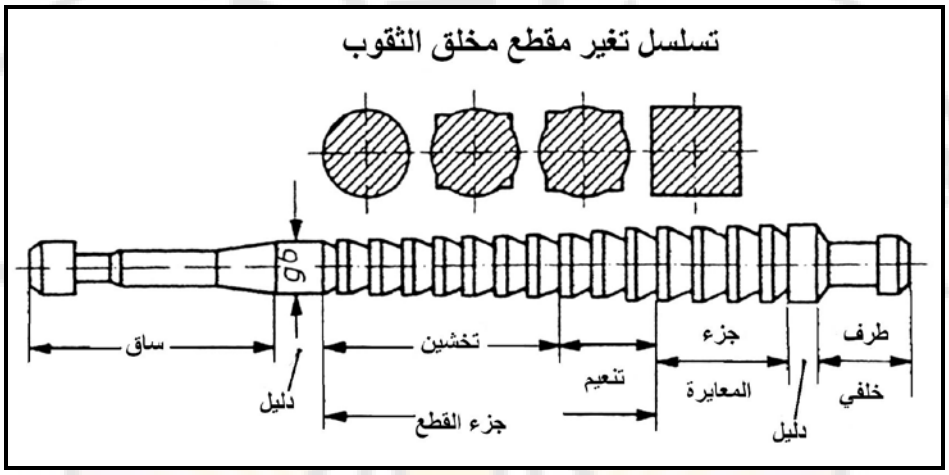
الشكل (9-2)

قطع مشغلة بالتخليق

(9-2) أدوات التخليق:

يستخدم لإنجاز عمليات التخليق أدوات قاطعة متعددة حدود القطع كما في الشكل (9-3)، وتتألف أداة القطع من نصاب التثبيت ثم جزء أسطواني كدليل لمحورية الشد ثم الحدود القاطعة التي تحتوي على مجاري طويلة (محورية) الهدف منها تكسير جزيئات الرايش وإبعادها من منطقة القطع، ويكون مقطع أداة التخليق مشابهاً تماماً للمقطع المراد تخليقه سواء كانت أداة التخليق المستخدمة خارجية أم داخلية، ولكن عند استخدامها في التخليق الداخلي يكون شكلها أسطوانياً وللحصول على عمق القطع المطلوب بشكل متتابع تكون أبعاد أسنان الحدود القاطعة متدرجة (مخروطية)، ومائلة عند استخدامها في التخليق الخارجي بحيث تمثل الزيادة بين الحد القاطع والحد الذي يليه عمق القطع

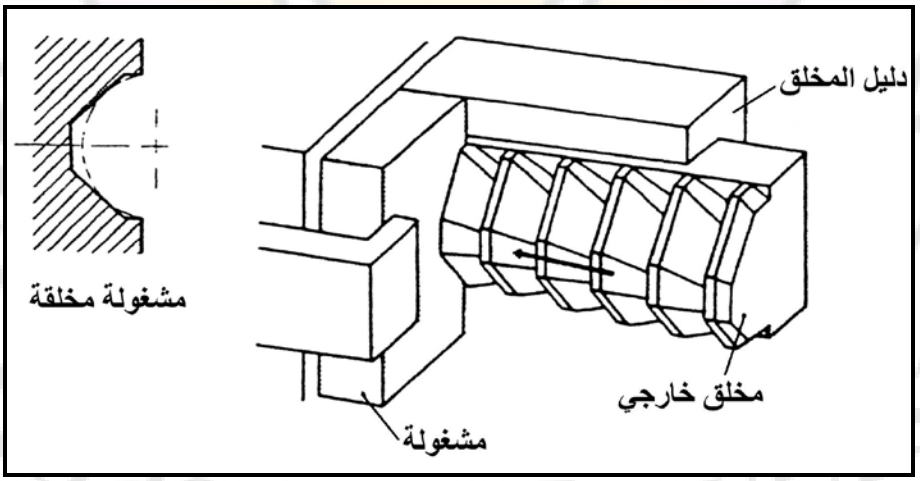
المناسب ويستمر التدرج في الزيادة حتى نهاية منطقة الحدود القاطعة الرئيسية ثم تبدأ بعدها منطقة الإنهاء والتنعيم الدقيق حيث يكون التدرج بين الحدود القاطعة ضئيلاً جداً ولا توجد مجاري طولية لتكسير الرايش في هذه المنطقة.



الشكل (9–3)

أداة تخليق داخلية

ويبين الشكل (9–4) أداة تخليق خارجية.



الشكل (9–4)

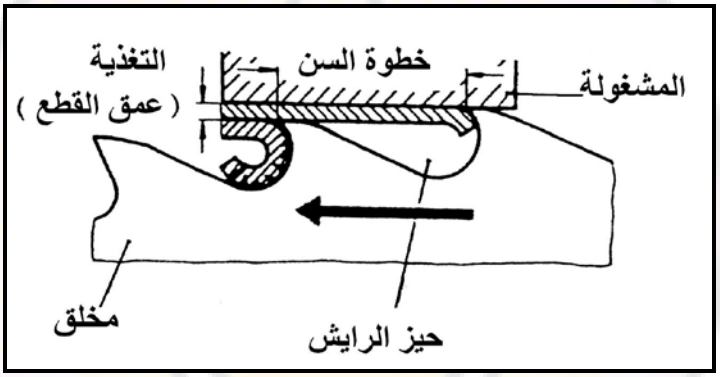
أداة تخليق خارجية

(9-3) تكون الرايش:

يجري تحريك أداة التخليق بحركة قطع في الاتجاه الطولي فقط، بحيث يبرز كل سن عن سابقه.

تكون عملية القطع مستمرة ولا تلزمها حركة تغذية، ويكون ارتفاع كل سن عن سابقه (عمق القطع) موائماً لنوع المادة ويجب الحفاظ على هذا الارتفاع بدقة عند إعادة شحذ حدود القطع.

يبين الشكل (9-5) تكون الرايش.



الشكل (9-5)

تكون الرايش في عملية التخليق

(9-4) آلات التخليق:

إن آلات التخليق بسيطة نسبياً من حيث التركيب والاستخدام، وتتم حركة القطع بأداة التخليق المقادة بحركة خطية غالباً والتي تتولى أسنانها إزالة الرايش، ويناظر الاقتراب (عمق القطع) التغير الحادث في مقطع أداة القطع من سن إلى آخر، وتتراوح سرعات التخليق حسب قابلية تشغيل مادة المشغولة من $(1m/\min)$ إلى $(28m/\min)$. لا تكون صناعة آلات التخليق اقتصادية إلاّ في الإنتاج الكمي، وتجهز هذه الآلات بآليات مناولة آلية، أو تدمج في خطوط الإنتاج الآلية.

يمكن إيجاز أهم آلات التخليق في الأنواع التالية:

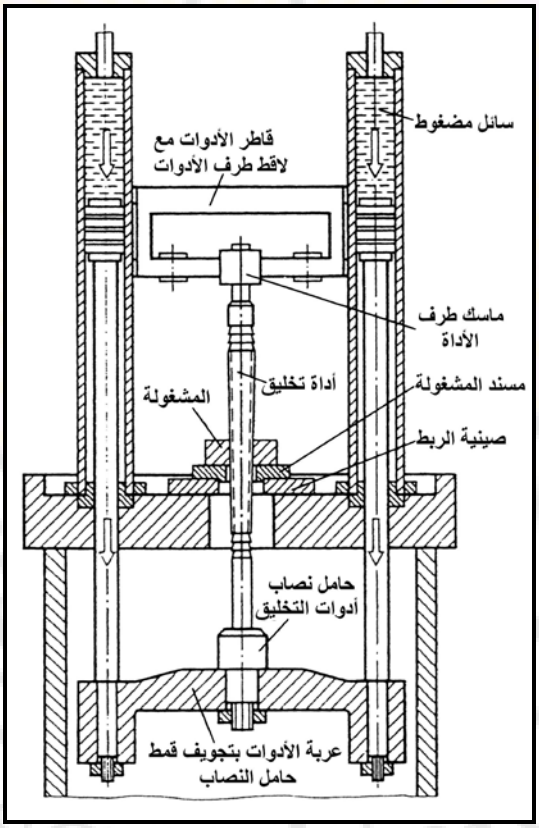
1 -آلات التخليق بالشد، حيث تسحب أداة القطع خلال المشغولة الثابتة.

2 -آلات التخليق بالدفع، حيث تدفع أداة القطع خلال المشغولة الثابتة.

3 -آلات التخليق السطحي، وفيها إما أن تتحرك المشغولة بالنسبة لأداة القطع أو أن تتحرك أداة القطع بالنسبة للمشغولة.

4 -آلات التخليق المستمر، وفيها تتحرك المشغولة باستمرار فوق أداة القطع الثابتة (أداة التخليق) ويمكن أن تكون حركة المشغولة مستقيمة أو دائرية.

ويبين الشكل (9-6) تركيب آلة التخليق الداخلي الرأسي.



الشكل (9-6)

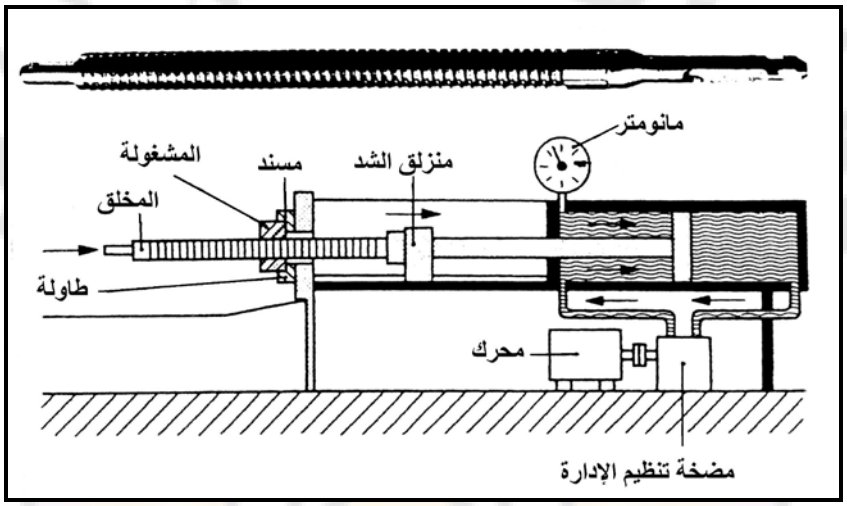
تركيب آلة التخليق الداخلي الرأسي

تجهز آلات التخليق الحديثة بآلية إدارة هيدروليكية تتميز بـ:

1 -حركة رئيسية منتظمة خالية من الصدمات والارتجاج (حركة شد).

2 -سرعة شد لا تدرجية الضبط.

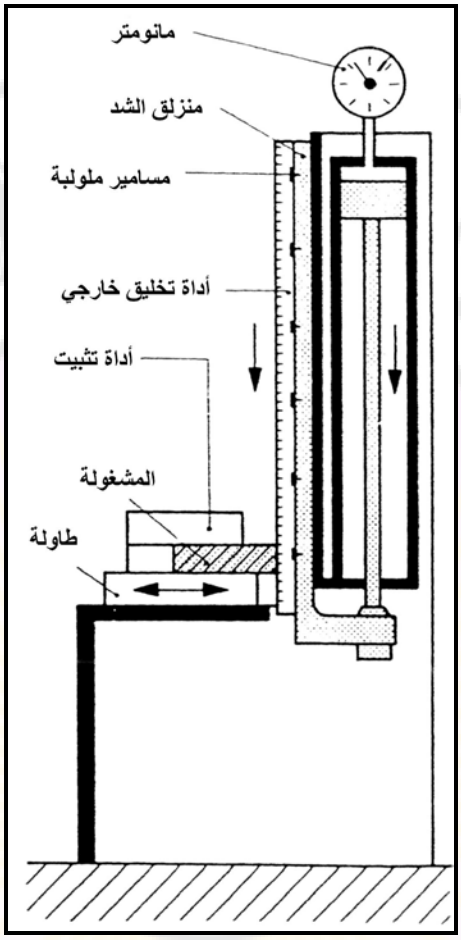
3 -يمكن مراقبة وضبط قوة الشد على جهاز قياس الضغط.



الشكل (9-7)

النظام الهيدروليكي لآلة تخلق أفقية

يدير محرك كهربائي مضخة يمكن ضبط كمية تصريفها ضبطاً لا تدرجياً، ويوجه الزيت المضغوط من المضخة خلال منظومة تحكم إلى أسطوانة التشغيل، ويؤدي تغيير كمية تصريف المضخة إلى تغيير سرعة الكباس، ويركب مقياس ضغط (مانومتر) على أسطوانة التشغيل أو على أنبوبة توصيل الزيت المضغوط ليبين ضغط الزيت أثناء شوط الشد. ويبين الشكل (9-8) تمثيلاً تخطيطياً لآلة تخليق رأسية هيدروليكية.



الشكل (9-8)

رسم تخطيطي لآلة التخليق الرأسية الهيدروليكية

ويتوقف اختيار أي نوع من آلات التخليق على نوعية السطح المطلوبة وحجم المشغولة وحجم أداة التخليق وكمية الإنتاج المطلوبة.

(9-5) اعتبارات عملية التخليق:

عند إجراء عملية التخليق يجب اتباع التعليمات التالية من أجل الحصول على قدرة قطع مثالية:

1- البروز الصحيح:

عندما يكون هذا البروز أكبر من الحد المطلوب يمكن أن يؤدي إلى كسر الحدود القاطعة لأداة التخليق، وإذا كان هذا البروز أقل من اللازم فذلك يتطلب استخدام أدوات تخليق طويلة.

2- اختيار سرعة القطع الصحيحة:

إن الاختيار الصحيح لسرعة القطع يؤدي إلى الحصول على إنتاجية جيدة التشغيل من ناحية واقتصادية من ناحية أخرى.

3- استخدام سوائل التبريد والتزييت:

وهذا يؤدي إلى زيادة عمر أداة التخليق وتحسين جودة السطح المشغل وإنقاص قوة الشد.

4- شحذ أداة القطع في الوقت المناسب:

وهو شرط أساسي للحصول على أسطح جيدة التشغيل والتقليل في الوقت نفسه من قوة الشد، ويجب الانتباه دائماً إلى أداة القطع خاصةً عندما تتثلم حدودها القاطعة أو تتعرض للبري.

(9-6) مزايا ومساوئ استخدام عملية التخليق:

تستخدم عمليات التخليق في الإنتاج الكمي وذلك للأسباب التالية:

1 -يمكن إنجاز عمليات التخشين والتنعيم في مشوار واحد لأداة القطع.

2 -تستخدم سرعات عالية للقطع في آلات التخليق.

3 -عمليات تثبيت أداة التخليق والمشغولة تتم بسهولة وبشكل سريع مما يؤدي إلى تخفيض زمن الإنتاج.

4 -إمكان استخدامها في عمليات التخليق الخارجي والداخلي على حدٍ سواء.

5 -يمكن التحكم في حدود التفاوت بدقة، لذلك تستخدم بنجاح في إنتاج القطع التبديلية.

6 -إنتاج أسطح جيدة التشغيل مقارنةً بطرق التشغيل الأخرى.

على الرغم من مزايا عمليات التخليق إلاّ أنه لها بعض المساوئ التي تحد من استخدامها:

1 -تكاليف أدوات التخليق مرتفعة وبخاصة عندما يتعقد تشغيلها.

2 -لا تصبح عملية استخدامها اقتصادية عند تخليق المشغولات القصيرة.

3 -قوى القطع التي تتولد في عمليات التخليق كبيرة نسبياً.

4 -يجب أن تكون السطوح المراد تخليقها على مستوى واحد أو ثقوب نافذة.

5 -لا تستخدم عمليات التخليق عندما يتطلب الأمر إزالة كميات كبيرة من الرايش.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل العاشر

عمليات التشغيل المؤتمت

Automatic Machining Processes

وقل رب زدني علما
Damascus University

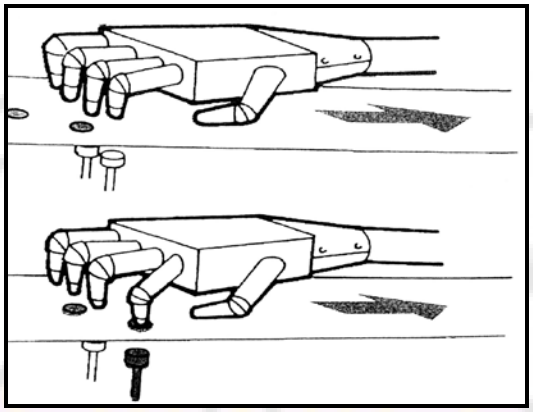
(10-1) التحكم الرقمي:

يعتبر التحكم الرقمي أحد أعظم التطورات المثيرة للجدل الصناعي في القرن العشرين، وهو يبشر بإدخال تأثيرات ثورية مماثلة لتلك التي نتجت عن دخول العربات في البلدان الاقتصادية، فمنذ النصف الثاني من القرن العشرين تنامى استخدام التحكم الدقيق لقطع المعادن بالآلات، وازداد بشكل هائل التحكم المبرمج كطريقة دقيقة للتحكم بالحركة لأدوات الآلة عن طريق سلسلة من برامج قواعد البيانات الرقمية التي تشغل محركات الآلات.

إن هذا النظام مبني على حقيقة جوهرية بسيطة تجمع بين القياسات الآلية التي توجه حركة الآلة وفق مجموعة من التعليمات المبرمجة، وتتميز طريقة التحكم هذه في كونها تتجاوز مسألة الخطأ البشري الذي كان موجوداً قبل هذا التطور، وهو طريقة فعالة لقراءة النسخ ونقل المعلومات إلى المحركات التي تتحكم بسرع التغذية وحركات الآلة الأخرى.

هذه البطاقات المثقبة أو الشريط يماثل تدرج الورقة المثقبة المستخدمة لتشغيل مفاتيح البيانو لإنتاج الموسيقا وكل ثقب في الورقة المتدحرجة يقابل مفتاح النغمة في لوحة مفاتيح عازف البيانو، عندما يمر الهواء عبر الثقب يحرك المفتاح في اللوحة معطياً النغمة المقابلة.

في كثير من الأحيان يتم استخدام أصابع معدنية صغيرة متصلة بدارة كهربائية وفي كل مرة يمر فيها ثقب أمام الإصبع يتم تشغيل دارة كهربائية محددة تقوم بتشغيل أو إيقاف دارة محددة، يظهر الشكل (10-1) الأصابع الآلية.



الشكل (10-1)

الأصابع الآلية تقرأ شريط المعلومات

(10-2) أسس القياس:

القياس الدقيق هو أساس التحكم المبرمج لآلات التشغيل، حيث تتحرك الأداة مسافة معروفة في اتجاه واحد قبل أن تكون عملية التشغيل قد أنجزت.

هناك العديد من طرق القياس لكنها تشترك في كونها تقوم بمقارنة المسافة المراد قياسها مع المعيار المتعارف عليه.

في آلة التفريز يجب أن تقاس مسافة الطاولة المتحركة بواسطة مقياس مركب على حامل جانب الطاولة.

في العديد من الحالات حيث الطاولة تكون موضوعة في مكان معين بواسطة لولب عمود السحب، يتم تحديد وضع الطاولة عبر تدوير اللولب عدداً محدداً من المرات تبعاً للمسافات التي يجب أن تتحرك خلالها الطاولة.

وبما أن اللولب يحمل عدداً معيناً من الخطوط في كل إنش، ونظراً لكونه قد صنع وفق نموذج محدد نجد أن عدد مرات دورانه يتحول إلى مسافة محددة، وفي نظم التحكم الرقمي يتم القيام بقياسات دقيقة ويتم مقارنة عدد مرات دوران لولب عمود السحب مع

المعلومات المسجلة في بطاقة محددة وترتبط درجة الدقة المستنتجة بنوع نظام التحكم المبرمج المستخدم.

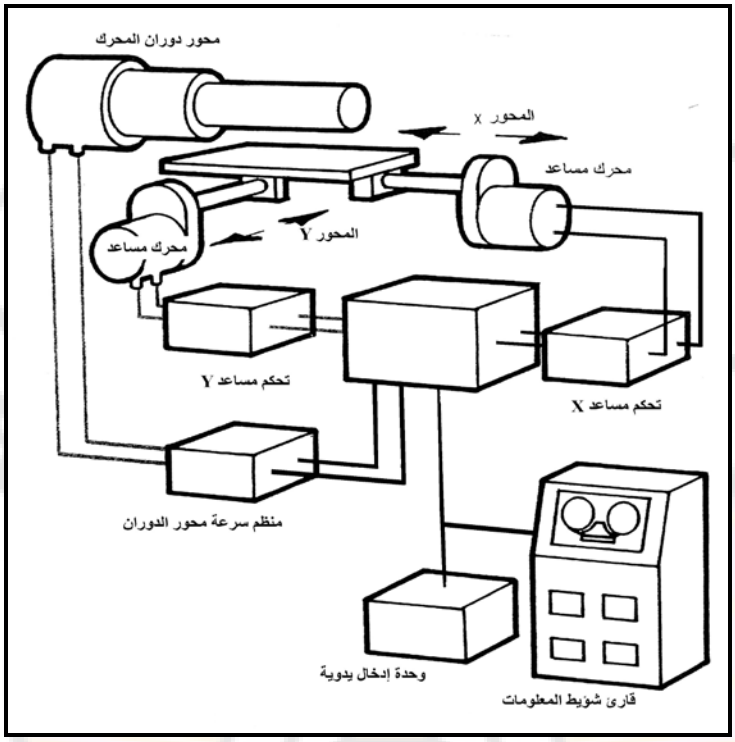
(10-3) أنماط أنظمة التحكم:

تقسم أنظمة التحكم الرقمي إلى مجموعتين رئيسيتين هما نظام الحلقة المفتوحة ونظام الحلقة المغلقة.

(10-3-1) نظام الحلقة المفتوحة:

في هذه النظم، الشكل (10-2) يتم توجيه الشريط الذي يحوي الأوامر إلى قارئ الشريط الذي بدوره يفك الكود ويقوم بتخزين المعلومات حتى تصبح الآلة جاهزة لاستخدامها حيث يحولها إلى نبضات كهربائية أو إشارات يتم إرسالها إلى وحدة التحكم الرقمي التي تغذي أقسام التحكم التي بدورها توجه المحركات للقيام بالمهام المحددة في الشريط على أساس النبضات الكهربائية المستقبلة.

يتم عادةً استخدام برغي له (10) خطوات في الإنش في آلات التحكم الرقمي، فإذا استقبل محرك التحكم الموصول بالبرغي (1000) نبضة كهربائية تتحرك الذراع المنزلقة بمقدار إنش واحد $(25.4mm)$ وعلى هذا الأساس فإن كل نبضة تجعل الآلة تتحرك بمقدار $(0.001in = 0.0245mm)$، يتميز هذا النظام بالبساطة لكن نظراً لعدم وجود وحدات فحص إذ كانت المهام تنفذ بالطريقة المناسبة فلا يتم عادةً استخدام هذا النظام عندما يكون المطلوب توفر دقة تزيد على $(0.001in = 0.0245mm)$، ويمكن تشبيه النظام المفتوح بسلاح تم تحديد مؤشره ونظام التسديد لإصابة هدف محدد في غياب مراقب يتأكد من النتيجة.



الشكل (10–2)

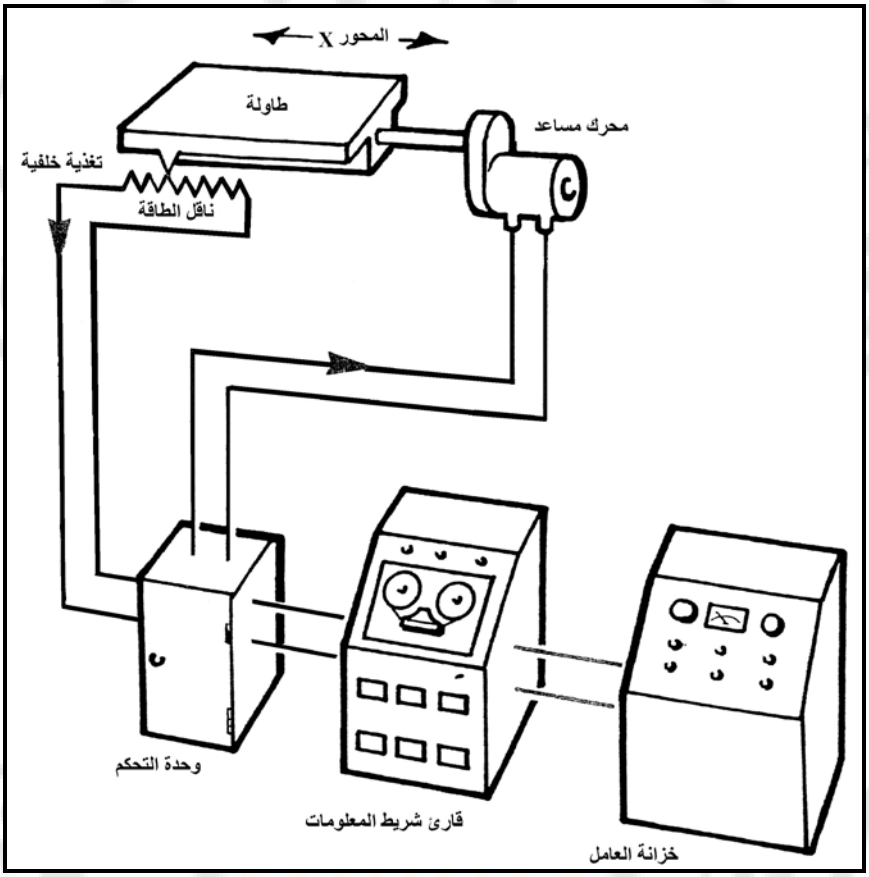
نظام الحلقة المفتوحة

(10-3-2) نظام الحلقة المغلقة:

يبين الشكل (10–3) مبدأ عمل هذه النظم، يمكن مقارنة هذه النظم مع السلاح الذي يملك الآن مراقباً يتأكد من النتيجة ومن ثم يقوم بإدخال التعديلات اللازمة لإصابة الهدف بدقة.

يتشابه نظام الحلقة المغلقة مع نظام الحلقة المفتوحة باستثناء وجود وحدة التغذية الراجعة التي أدرجت ضمن الدارة الكهربائية وتقوم هذه الوحدة بمقارنة مقدار الحركة التي قامت بها الآلة مع الإشارات التي تلقتها وحدة التحكم، وتقوم وحدة المراقبة بإعلام وحدة التحكم في حال كان هناك ضرورة لإجراء تعديلات إلى أن تتساوى الإشارة الصادرة عن وحدة المراقبة مع الإشارة الصادرة عن وحدة التحكم.

في نظام الحلقة المغلقة تتسبب (1000) نبضة كهربائية بتحريك الذراع المنزلقة مقدار $(1in)$، أي أن كل نبضة تتسبب بحركة مقدارها $(0.0001in)$.



الشكل (10–3)

إغلاق دارة نظام التحكم الرقمي التي تظهر المحور (X) فقط

يعتبر نظام الحلقة المغلقة (التغذية الراجعة) عالي الدقة حيث يتم تسجيل إشارات الأوامر كما يتم إصلاح الأخطاء بشكل آلي.

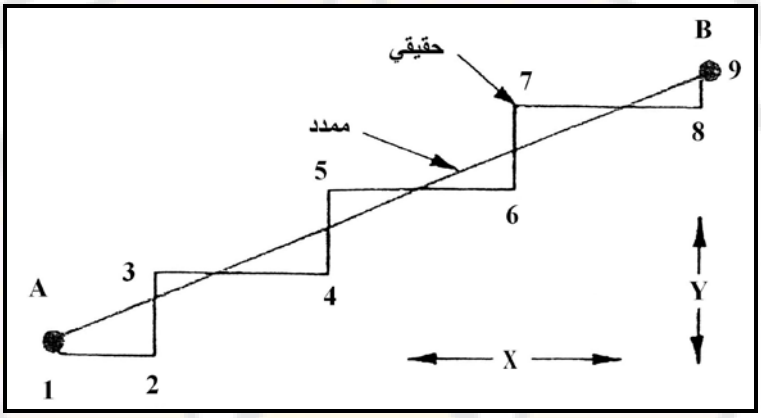
(10–4) أنواع التحكم:

يوجد نوعان من التحكم تحدد وضع أداة القطع والمشغولة أثناء عمل الآلة، ويتم اختيار أحد النوعين تبعاً لنوع العمل الذي تقوم به الآلة.

1- تحديد الموضع نقطة – نقطة:

وفق هذا النظام تكون الذراع المنزلقة مزودة بتعليمات تنقلها من النقطة (A) إلى النقطة (B) والطريق الذي تسلكه الآلة بين هاتين النقطتين ليس بذي أهمية، وتنزلق الآلة بين النقطتين وفق مجموعة من الخطوات الصغيرة، هذه الطريقة متتالية لأعمال الثقب والفتح والطرق.

يبين الشكل (10-4) وجود فرق بين الطريق المقطوعة وبين الطريق المحدد.



الشكل (10-4)

مقارنة بيم التحكم بنقطة والتحكم بخط مستقيم مقطع

2- الطرق المستمرة (التحكم الإلتفافي):

عندما يتم جعل حلقة خط مسار الآلة ممكناً يجب على وحدة التحكم توجيه مسار أداة القطع في كل الأوقات، فإذا كان على الآلة اتباع مسار قطع من النقطة (A) إلى النقطة (B) فمن الواجب إضافة بعض الأدوات للنظام حيث يتم إرسال إشارات أكثر تفصيلاً إلى الذراع المنزلقة بحيث تكون كل خطوة تخطيها بين النقطتين (A) و (B) تأخذ دقيقة، وفق هذه الطريقة يتم اتباع المسار المبين في الشكل (10-4) بمعدل محكم.

(10-5) وسائل إدخال المعلومات:

مع تطور التحكم الرقمي تم استخدام مجموعة متنوعة من وسائل الإدخال لنقل المعلومات إلى الآلة، ومن بين أكثر الوسائل شيوعاً نذكر الشريط الممغنط والبطاقات المثقبة والأشرطة المثقبة.

1- الشريط الممغنط:

يتم عادةً استخدام شريط ممغنط عرضه $(1in = 25.4mm)$ وبطول $(4in = 101.6mm)$ ويتسع لألفي معلومة، لكن من إحدى مساوئ هذه الوسيلة تأثرها بالتحريض الناتج عن المحولات الكهربائية القريبة أو البعيدة والتي سوف تغير بعض معلومات الشريط.

2- البطاقة المثقبة:

تستخدم بعض أنظمة التحكم الرقمي بطاقات تتضمن $(60-90)$ بطاقة مثقبة بشكل شاقولي يمكن أن تتسع لعدد كبير من المعلومات وبإمكان قارئ البطاقات قراءة (120) بطاقة في الدقيقة، ولكن من الممكن لهذه البطاقة أن تنحني وبالتالي يصعب تمريرها عبر القارئ ويجب التعامل مع هذه البطاقة بعناية فائقة وإلا تضررت وفقدت بعض المعلومات وبالتالي سوف تتبدل.

3- الشريط المثقب:

شريط عرضه $(1in)$ يتضمن ثمانية أقنية مثقبة، وقد صمم هذا الشريط بحيث يتغلب على البطاقات المثقبة والشريط الممغنط من حيث قدرة نقل المعلومات وسرعتها.

(10-6) الشريط المثقب القياسي:

سيتم مناقشة هذا الشريط بالتفصيل، عرضه $(1in)$ ويتضمن ثمانية أقنية مثقبة ويستخدم نظام الكود العشري المرمز ثنائياً (BCD).

(10-6-1) نماذج الشريط:

يتم تصنيع الشريط القياسي المتضمن صفوفاً مستمرة من الثقوب من مواد مختلفة:

1- الورق:

تتوفر الأشرطة المصنوعة من الورق بألوان مختلفة، وينصح بالأشرطة المزيتة لأنها تساعد في تزييت الثقوب وهي رخيصة الثمن ولا ينصح بها للاستخدام التجاري لأنها سهلة الخدش وتستخدم عادةً في الأرشفة.

2- المايلر:

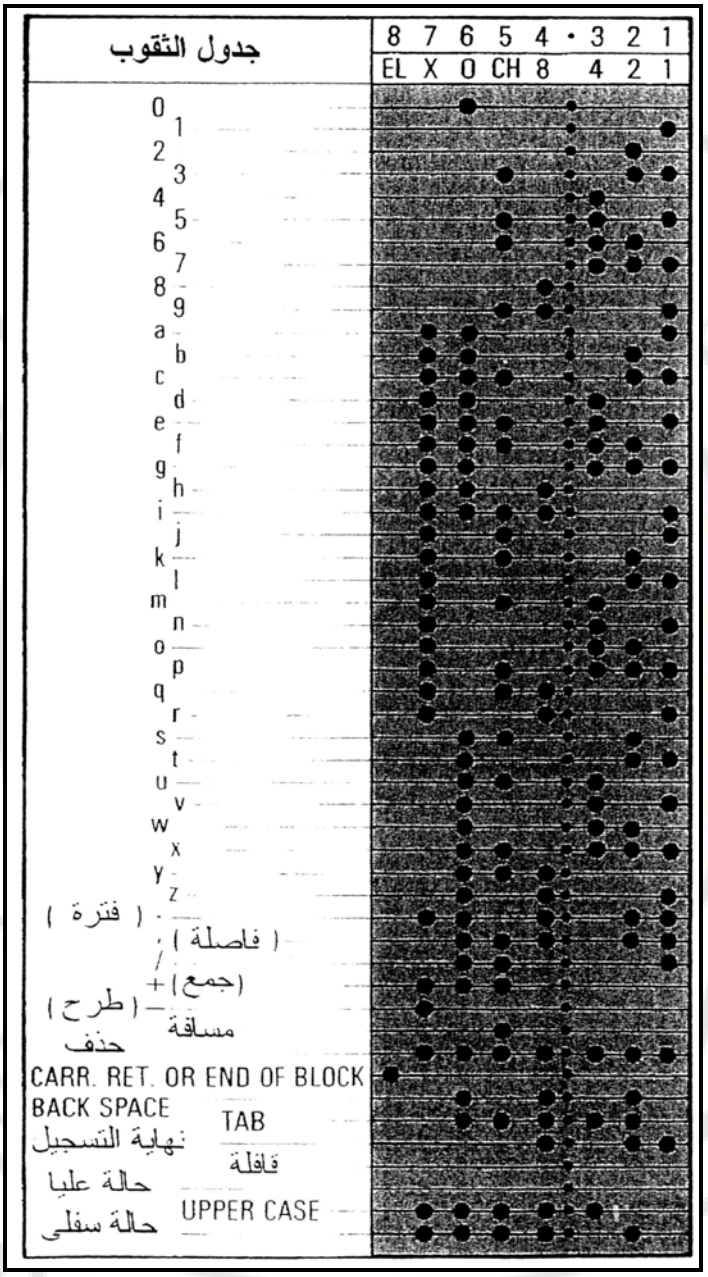
وهو نوع من أنواع اللدائن (البلاستيك) المحصورة بين رقاقتي ورق بحيث يستحيل خدشها أو نزعها، أغلى من الورقية وينصح باستخدامها في المتاجر، ويفضل استخدام أشرطة المايلر المعمة بالألمنيوم في أجهزة القراءة الضوئية لقراءة الأشرطة ذات المخزون الكبير.

3- الفويل (ورق الألمنيوم):

متينة لكن لا ينصح بها بسبب صعوبة ثقبها.

(10-6-2) شيفرة الشريط:

يتم تشفير الشريط وفق (*APE*) حيث تبنى اتحاد الصناعات الإلكترونية نظام التشفير الثنائي بهدف استخدامه كنموذج موحد في الأشرطة المثقبة المستخدمة في التحكم الرقمي ويبين الشكل (10-5) نظام التشفير القياسي المستخدم في شريط بعرض ($1in$) ويتضمن ثمانية أقنية، الأرقام من (*1*) إلى (*8*) الموجودة في الأعلى تشير إلى رقم كل القناة ولا علاقة لها بعدد الثقوب.



الشكل (10–5)

نظام التشفير المستخدم في الشريط المثقب

1 -تستخدم الثقوب المفصلية بين القناتين (3) و (4) لقيادة الشريط وتمريره عبر الآلة وهي مصممة بحيث يستحيل إدخال الشريط وهو مقلوب.

2 -تستخدم الأقنية (1) و (2) و (3) و (4) لأجل البيانات الرقمية مثل الأبعاد والسرعة والتلقيم.

3 -القناة (5) ممثلةً بالرمز (CH) تدعى القناة الفاحصة أو قناة التأكد من التطابق حيث يجب أن يكون هناك عدد محدد من الثقوب في كل صف وإلاّ قامت الآلة بإيقاف الشريط، وإذا تطلب الأمر إحداث ثقوب إضافية في أحد الصفوف بهدف تصحيح المعلومات يجب عندها إحداث ثقب إضافي في القناة رقم (5).

4 -القناة رقم (6) دائماً تمثل الصفر.

5 -القناة (7) تحمل علامة (X) وتستخدم لانتقاء حرف ما للتأكد من مختلف عمليات الآلة وهي لاتستخدم للأبعاد وكل حرف يمثل عملية أو مهمة محددة.

6 -عندما يتم قراءة القناتين (6) و (7) معاً بالتوافق مع (1) و (2) و (3) و (4) يتم انتقاء العمليات من (a) إلى (i).

7 -القناة (8) تحمل علامة (EL) أو (EOB) تمثل نهاية مجموعة من التعليمات ويجب أن تكون موجودة عند بداية الشريط وعند نهاية كتلة المعلومات، كل رسالة من (a) إلى (z) في الجهة اليسرى موجودة بشكل عامود شاقولي تمثل جزءاً آلياً معيناً من العملية كالثقب والتحميل وتوسيع الثقوب.

8 -يستخدم كود (ATP) في الأقنية (2) و (3) و (4) و (5) و (6) للفصل بين العمليات أو بين الأبعاد.

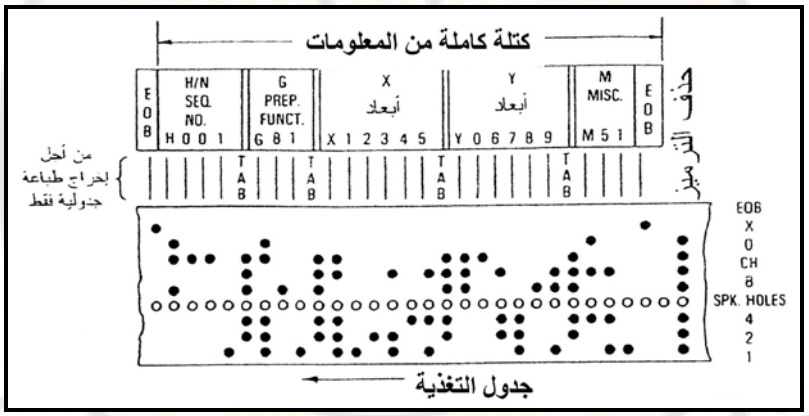
9 -عندما تثقب القناة (7) بشكل متزامن مع القنوات (1) و (2) و (3) و (4) فإن العمليات من (r) إلى (j) سوف يمكن اختيارها.

10 عندما تثقب القناة (6) بشكل متزامن مع القنوات (1) و (2) و (3) و (4) فإن العمليات من (s) إلى (z) سيمكن اختيارها.

(10-6-3) تهيئة الشريط:

يجب أن تحتوي كل كتلة من المعلومات خمسة كلمات ومعلومات كافية، وإذا لم يكن هناك خمس كلمات تامة يعجز القارئ عن التعرف على المعلومات وبالتالي لا يقوم بتشغيل وحدة التحكم.

يبين الشكل (10-6) شريط مثقب يحتوي كتلة معلومات كاملة ومكونة من خمس كلمات تامة.



الشكل (10-6)

كتلة كاملة من المعلومات على شريط مثقب

المعلومات المثبتة على الشريط من اليسار إلى اليمين هي:

1 -ثقب في القناة (8) يمثل نهاية أو بداية كتلة المعلومات.

2 -الكلمة الأولى في الكتلة تمثل عدد العمليات، *Hool* تمثل العملية الأولى.

3 -الحرف (H) مسجل عبر الثقوب في الأقنية (4) و (6) و (7)، رقما الصفر يسجلان في القناة (6) في صفين متتاليين وإشارة ( ) مسجلة في القناة (1)

وتحمل قيمة مقدارها (*1*)، يستخدم كود (*TAB*) للفصل بين الكلمات من كتلة المعلومات.

4 -الكلمة الثانية تمثل نوع العملية الواجب أدؤها، (*G81*) هو حلقة ثقب ضمن نظام التحكم الرقمي *Cinnati Milacron* والحرف (*G*) مسجل في الأقنية (*1*) و (*2*) و (*3*) و (*6*) و (*7*) مسجل في القناة (*4*) التي تحمل قيمة رقمية (*8*).

5 -الكلمة الثالثة تمثل المسافة التي يجب على الذراع المنزلقة اجتيازها من المحور (*X*) والمعلومات المحتواة في الكلمة الثالثة من الشكل هي (*X12345*) وبما أنه شريط قياسي يعتمد نظام الحلقة المغلقة فستقوم الآلة بالتحرك بمقدار $(1.2345in)$ انطلاقاً من المحور (*X*).

6 -الكلمة الرابعة تمثل المسافة التي ستقطعها الذراع المنزلقة من المحور (*Y*)، وفي الشكل المذكور نجد أن الكلمة الرابعة هي (*Y06789*) وتعني حركة بمقدار $(0.6789in)$ عن المحور (*Y*).

7 -الكلمة الخامسة تمثل مهمة متنوعة (*M51*) ستقوم بانتقاء كلمة مناسبة بحيث يتم إحداث ثقب بعمق محدد في القطعة التي يتم العمل عليها.

(10-6-4) إعداد الشريط:

يتم استخدام آلة تثقيب خاصة ذات شريط بيانات شبيهة بالآلة الطابعة بهدف تسجيل المعلومات على شريط التحكم الرقمي، ويقوم المبرمج بمراجعة العمل وتحديد التوافق المطلوب ويسجل تلك المعلومات على الصفيحة المبرمجة، ويقوم المنمذج بنقل المعلومات إلى الشريط باستخدام آلة تثقيب الشريط الخاصة، وبهدف التأكد من عدم حدوث خطأ يقوم شخص آخر بنقل المعلومات إلى شريط آخر ثم تجري مقارنة بين الشريطين وإذا كانا متطابقين فهذا يعني أن البرنامج صحيح.

في بعض أنواع الآلات يتم أخذ الشريط النهائي وإعادته إلى الآلة التي تقوم بنسخ نسخة عنه وتطبع صورة عن البرنامج ويتم عندها المقارنة مع البرنامج الأصلي.

(10-7) عملية التحكم الرقمي:

تحتوي عملية التحكم الرقمي ثلاث خطوات أساسية هي:

1- ***التخطيط:*** معلومات التصميم الهندسي مثل الحسابات الهندسية والرسومات التخطيطية المطلوب تنفيذها.

2- ***البرمجة:*** كتابة البرنامج الذي يحدد حركات الآلة لتنفيذ الرسومات المصممة. يحتوي البرنامج على خطوتين أساسيتين هما:

- تعريف إحداثيات المشغولة.
- تعريف مسار خطوات التنفيذ واتجاهاتها بواسطة العدة.

وينحصر محتوى أي برنامج تشغيلي في الخطوات الآتية:

- تعريف هندسة وشكل المشغولة.
- حركة التشغيل واتجاهاتها بالنسبة لعدة التشغيل.
- التحكم في عملية التشغيل حسب البرنامج المعد.
- تعليمات إضافية كتعريف المشغولة وحجمها.

3- ***التنفيذ:*** فهو العملية التشغيلية للآلة بواسطة البرنامج المعد لها.

وغالباً يتألف نظام التحكم الرقمي من المكونات الأساسية التالية :

1- البرنامج:

وهو مجموعة الأوامر والتوجيهات التي توجه الآلة إلى ما يجب عمله، ويمكن صياغة البرنامج على شكل أرقام أو رموز على وسائط إدخال معينة، قد تكون على شكل شريط مثقب (*Punched tape*) أو بطاقات مثقبة أو شريط مغناطيسي أو أفلام تصوير ويحتوي البرنامج على معلومتين هامتين هما :

- **تعليمات التشغيل** : والتي تقوم بإعطاء الإشارة لبدء تشغيل الآلة حسب الأوامر المطلوبة.
- **تعليمات التصميم** : والتي تقوم بإعطاء الإشارة لمتابعة القياسات وتنفيذها حسب الرسومات المطلوبة.

ويكون إدخال البرنامج إلى وحدة التحكم إما يدوياً ويسمى بالإدخال اليدوي للبيانات (*MDI*) (*Manual Data input*). وهذا مناسب للأعمال البسيطة حيث لا يتم تكرار الأمر.

أو يكون الإدخال بواسطة الربط المباشر مع الحاسوب ويرمز له بـ

(*DNC*) (*Direct Numerical control*) حيث يسمى بالتحكم الرقمي المباشر.

يتم إعداد البرنامج من قبل شخص مختص يعرف بمبرمج الأجزاء

(*Part Programmer*) حيث يقوم بتجهيز مجموعة الخطوات التفصيلية لتعليمات التشغيل وتعليمات التصميم.

2- وحدة التحكم بالآلة:

وتشمل الكيان المادي والالكتروني الذي يقوم بقراءة وتفسير البرنامج وتحويله إلى فعل ميكانيكي للآلة، وتتضمن وحدة التحكم:

أولاً- قارئ الشريط:

وهو جهاز كهروميكانيكي يقوم بلف وقراءة الشريط المثقب الذي يحوي على توجيهات البرنامج.

ثانياً- منطقة البيانات:

يتم فيها قراءة البيانات الموجودة على الشريط، وتخزين المدخلات على شكل كتل منطقية من المعلومات وكتلة المعلومات، تمثل عادة خطوطاً كاملة واحدة في سلسلة عناصر التشغيل، مثلاً: تكون البيانات اللازمة لتحريك طاولة الآلة إلى موقع محدد وتشغيل ثقب في ذلك الموقع هي عبارة عن كتلة معلومات واحدة.

ثالثاً– قنوات إشارات الخرج:

ترتبط بالمحرك الذي يسيطر على آليات الحركة وبقية وحدات التحكم في الآلة يتم إرسال التوجيهات من وحدة التحكم إلى الآلة عبر هذه القنوات .

رابعاً– قنوات التغذية العكسية:

للتأكد من أن التوجيهات المرسلة من وحدة التحكم إلى الآلة قد تم تنفيذها، فإنه يتم إرسال بيانات تغذية عكسية من الآلة إلى وحدة التحكم عبر قنوات التغذية العكسية، إن الوظيفة المهمة لدائرة التغذية العكسية هي التأكد من أن موقع منضدة الآلة والمشغولة صحيح نسبةً إلى أدوات القطع.

خامساً– متحكمات التسلسل:

تقوم بتحكم وسلسلة كامل التعليمات لكل العناصر السابقة.

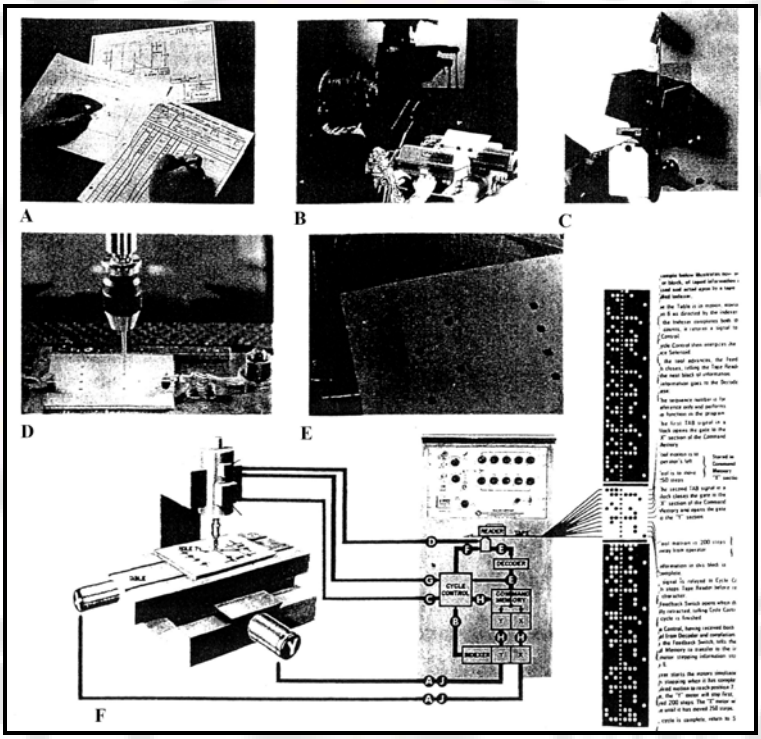
من عناصر التحكم الرقمي والتي قد تكون جزءاً من وحدة التحكم أو جزءاً من الآلة هي لوحة التحكم وهي تحتوي على مجموعة أزرار يتم من خلالها تشغيل النظام.

3– الآلة:

وهي الجزء الذي يقوم بإنجاز عمل مفيد وتتألف بشكل أساسي من المنضدة ومحور الدوران ومحركات ووحدات سيطرة ضرورية لقيادة المكونات، وتتضمن أيضاً عُدد القطع والمثبتات ومعدات مساعدة أخرى ضرورية لعمليات التشغيل.

تختلف عمليات التحكم الرقمي في درجة التعقيد وفي التفاصيل تبعاً للجهة المصنعة ولكنها جميعها لها العناصر نفسها وذلك بأخذ الشريط المستخدم كوسيلة إدخال معلومات بعين الاعتبار.

يتم إعداد آلات التشغيل بالطريقة نفسها وتتم مجموعة من العمليات بدءاً من نقل المعلومات من قبل المبرمج حتى نهاية العملية، كما مبين في الشكل (10-7).



الشكل (10-7)

مراحل عملية التحكم الرقمي

1 -يراجع المبرمج المعلومات من ورقة البرنامج إلى شريط خاص، الشكل (10-7-A).

2 -يقوم المنمذج بنقل المعلومات من ورقة البرنامج إلى شريط خاص كما في الشكل (10-7-B) ويتم عادةً عمل شريطين من قبل منمذجين مختلفين ثم يجري المقارنة بينهما للتأكد.

3 -يتم إعطاء الشريط المثقب من الصفيحة المثقبة يدوياً إلى الآلة بواسطة الشخص القائم على تشغيل الآلة وبعد وضع القطع الواجب تصنيعها يتم إدخال الشريط في القارئ، الشكل (10-7-C).

4 -يبدأ عمل القارئ آلياً.

5 -يقوم القارئ بتفكيك كود كل كتلة معلومات ثم يرسل المعلومات الضرورية إلى حلقة التحكم.

6 -بعد نهاية كل مجموعة عمليات تقوم وحدة التغذية الخلفية (الراجعة) بإعلام دائرة التحكم بأن المعلومات السابقة أصبحت تامة (منجزة).

7 -تراسل دائرة التحكم وحدة الذاكرة الرئيسية لنقل تعليمات الشريط إلى العملية التالية، الشكل (10-7-D).

8 -يقوم المؤشر بتشغيل المحرك المتحكم الذي يجعل الذراع المنزلقة بالقدر المطلوب.

لقد طبقت طريقة التحكم الرقمي على آلات متعددة ولاقت قبولاً في الصناعة وآلات التشغيل كالمخارط والمثاقب وآلات التجليخ وآلات الحفر وغيرها من الآلات، **وفيما يلي بعض من مزايا التحكم الرقمي:**

1 -تتمتع الآلة بمرونة أكبر حيث تستطيع آلة واحدة القيام بمهام متعددة كالثقب والتفريز وغيرها.

2 -تحسين الإنتاج بمقدار $(20\% - 30\%)$.

3 -الدقة التي يعطيها النظام تستبعد الأخطاء المرتكبة بشرياً والمرتبطة بالعمليات اليدوية وبذلك تنقص خسارة القطع.

4 -يتم التخلي عن بعض الأدوات التي تستخدم لتحديد أوضاع الآلة حيث يتم ضبط كل الأوضاع بدقة وبشكل مناسب.

5 -إنقاص الزمن اللازم لإعداد المشغولة.

6 -إنجاز العمليات المعقدة.

7 -إنجاز مهام الإنتاج المفردة بأقل جهد وتكلفة.

8 -تغيير البرنامج بسرعة.

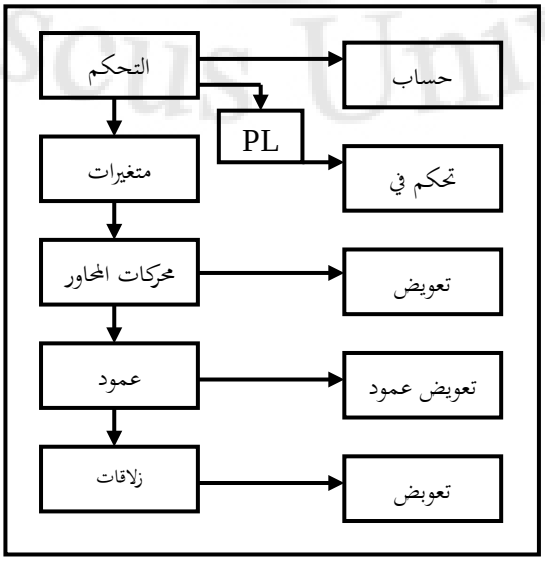
أما مساوئ نظام التحكم الرقمي فيمكن ذكر التالي منها:

1 -كلفة أولية عالية مقارنة مع الآلات التقليدية.

2 -وجوب توفر خبراء في الإلكترونيات.

3 -تدريب العاملين على البرمجة واستثمار النظام.

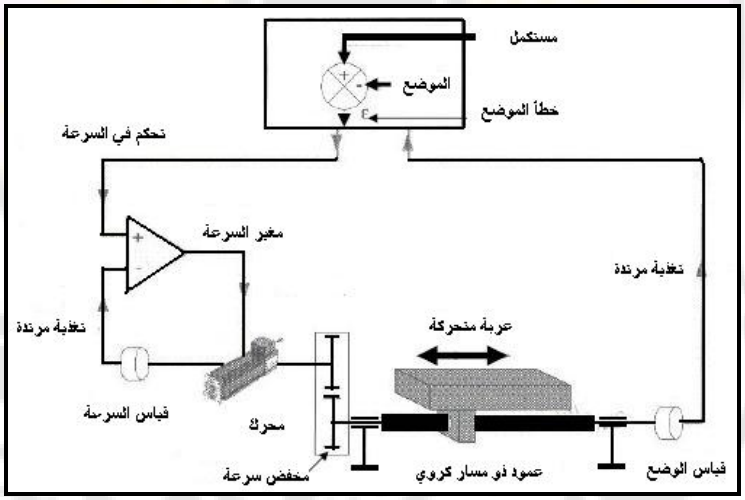
يمكن تمثيل نظام التحكم الرقمي بالمخطط التالي:



الشكل (10–8)

نظام التحكم الرقمي

أما تركيب عمود آلة التحكم الرقمي فيبينها الشكل (10–9).



الشكل (10–9)

تركيب عمود الآلة في ألات التحكم الرقمي

(10–8) الأصناف المختلفة لوحدة التحكم الرقمي:

كما وجدنا أن وحدة التحكم هي جهاز مصنوع بشكل آلة الكترونية مستقلة ترتبط معه كل خطوط شبكة التحكم الآلي بمكنزمات الآلة، ومن الشكل الخارجي فإن ما يميز هذا

الجهاز هو لوحة التحكم، والتي تحدد بدورها نظام التحكم بالبرمجة المتبعة في هذا الجهاز، ونوع نظام التحكم المبرمج المتبع يُحدد صنف الآلة.

وفقاً للنظام الدولي للتصنيف فإن جميع أجهزة التحكم الرقمي المبرمج تقسم حسب مستوى الإمكانيات التقنية لها إلى الأنواع الأساسية التالية:

- التحكم الرقمي *NC* (*Numerical control*).
- التحكم الرقمي المخزن *SNC* (*Stored numerical control*).
- التحكم الرقمي عن طريق الحاسوب *CNC Computer Numerical Control*
- التحكم الرقمي المباشر *DNC* (*Direct numerical control*).
- التحكم بواسطة مقبض *HNC* (*Handled numerical control*).
- التحكم عن طريق الصوت *VNC* (*Voice numerical control*).

إن عملية تحليل البنية المعلوماتية لهذه الأنظمة عملية معقدة نسبياً،ولكن يعتبر موضوع التصنيف هذا أمراً هاماً بسبب أن تحقيق عمليات التحكم الرقمي المبرمج قد تكون بحيث أن النموذج الحقيقي لنظام التحكم يعتبر بحد ذاته إيجاداً لمجموعة رموز من أنظمة مختلفة الأصناف.

إن أنظمة الأصناف (*NC*) و (*SNC*) هي من أبسط أنواع أنظمة التحكم ذات قنوات المعلومات الرقمية المحدودة حيث لا تظهر ضمن صفوف هذه الأنظمة الحواسب الإلكترونية العملية.

في حين أن أنظمة الأصناف (*CNC*) و (*DNC*) و (*VNC*) تعتمد على استخدام الحواسب الميكروية المبرمجة على القيام بمهمة تنفيذ برنامج التحكم الرقمي.

1- أنظمة الصنف NC :

في هذه الأنظمة درجت العادة على قراءة شري ط يحوي معلومات تفصيلية عن كل منتج على حدا هذه الأنظمة تعمل بالشكل الآتي:

بعد تشغيل البرنامج وجهاز التحكم يتم قراءة أول وثاني تعليمة في البرنامج ، وبمجرد انتهاء قراءتهما تبدأ الآلة بتنفيذ الأولى، وفي هذا الوقت تكون التعليمة الثانية ضمن ذاكرة جهاز التحكم ، وبعد تنفيذ أول تعليمة تبدأ الآلة بتنفيذ التعليمة الثانية التي خرجت لأجل ذلك من ذاكرة الجهاز، وأثناء تنفيذ التعليمة الثانية من قبل الآلة يبدأ النظام بقراءة التعليمة الثالثة للبرنامج والتي تدخل ضمن المجال المفرغ من المعلومات والذي شغلته التعليمة الثانية في الذاكرة .... وهكذا.

العيب الرئيسي لهذا النظام يتلخص ، في أنه يتوجب على الآلة عند تنفيذ كل مشغولة جديدة إعادة قراءة البرنامج من الشريط المثقب ، أو الشريط المسجل الحاوي على البرنامج ، حيث في عملية القراءة كثيراً ما تحدث توقفات بسبب العمل غير المنتظم لأجهزة العدّ في جهاز التحكم بالإضافة إلى وجود عدد كبير من المعلومات على الشريط، حيث أنه للعمل على هذه الآلات يجب أن تكون كل حركة مهما كانت صغيرة للآلة مكتوبة في برنامج، عدا على ذلك يمكن أن يتعرض الشريط إلى الأوساخ والاهتراء ، مما يزيد احتمالات التوقف أثناء قراءة الشريط.

وتحدث التوقفات أيضاً بسبب تلكؤ الآلة ، حيث أن بعض تعليمات البرنامج تتطلب أن تقوم الآلة بحركة سريعة، في حين أن جهاز التحكم لا يستطيع خلال هذه الفترة أن ينجز قراءة التعليمة التي تليها مما يؤدي إلى التوقف.

2- أنظمة الصنف SNC:

هذه الأنظمة تحتفظ بكل خواص أنظمة الصنف (*NC*)، ولكن تختلف عنها في أن حجم ذاكرتها أكبر بكثير من تلك السابقة، والشريط المثقب يقرأ مرة واحدة فقط قبل إنتاج مجموعة مشغولات متشابهة ، مما يقلل اهتراءه وكافة المشغولات تصنع بأوامر قادمة

من الذاكرة مما يقلل بشكل كبير احتمالات الخلل وبالتالي قلة تلف المشغولات وهذه الأنظمة تسمح بعملية إدخال البرنامج لمرة واحدة.

3- أنظمة الصنف VNC:

تسمح بإدخال المعلومات مباشرة عن طريق الصوت والمعلومات المستقلة تحول إلى برنامج تحكم وبعدئذٍ إلى شكل خط بياني ونص يظهر على الشاشة مما يحقق ضبطاً مرئياً للمعطيات المتصلة وتصميمها وتنفيذها. لم تلقَ هذه الأصناف حتى الآن انتشاراً واسعاً في الصناعة.

4- أنظمة الصنف HNC:

تسمح بإدخال البرنامج يدوياً إلى الذاكرة الالكترونية للكومبيوتر الميكروي الذي يتمتع بذاكرة واسعة.

5- أنظمة الصنف CNC:

تتلخص خواص هذا الصنف في إمكانية الاستبدال والتصحيح خلال فترة الاستخدام لبرنامج التحكم في تشغيل المشغولة.

(9-10) التحكم الرقمي بالحاسب:

يستخدم هذا النظام معالجاً صغرياً داخلياً (حاسوب)، وهذا الحاسب يتضمن سجلات ذاكرة تخزّن فيها مختلف البرامج الجزئية القادرة على معالجة التوابع المنطقية، وهذا يعني أن مبرمج المشغولة أو مشغّل الآلة قادر على تعديل البرنامج باستخدام نظام التحكم نفسه مع الحصول على نتائج لحظية، هذه المرونة هي الميزة الأكبر لأنظمة (CNC) وقد تكون هي العنصر الأساسي الذي ساهم في الانتشار الواسع لهذه التقانة في التصنيع الحديث، تخزّن برامج (CNC) والتوابع المنطقية في رقاقات حاسبية خاصة كتعليمات برمجية.

(10-10) ميزات التحكم الرقمي بالحاسب:

1- تقليص زمن الأعداد:

إن زمن الإعداد هو زمن لا إنتاجي لكنه ضروري، وهو جزء من الكلفة الزائدة عند القيام بالأعمال.

في آلات تشغيل (CNC) يتم التثبيت الكتلي والأدوات المعيارية ومحددات المواقع الثابتة وتغيير الأدوات بشكل آلي.

2- تقليص زمن تشغيل القطعة الأولى:

عند إتمام كتابة برنامج المشغولة يصبح جاهزاً للاستخدام في المستقبل بشكل مباشر حتى لو تم تعديل هندسي على المشغولة، وتطلب تعديلاً على البرنامج، فيتم التعديل بسرعة وبذلك يتقلص زمن تشغيل القطعة الأولى.

3- الدقة والتكرارية:

إن الدقة والتكرارية العاليتين للآلات (CNC) تعتبران الميزة الأكبر بالنسبة للعديد من المستخدمين، وذلك يسمح بإنتاج المشغولات عالية الجودة بشكل مستقر خلال الزمن.

4- تشغيل أشكال معقدة:

إن مراكز التشغيل المبرمجة قادرة على تشغيل مختلف الأشكال مهما كانت معقدة والدليل على ذلك هو تطبيقات التشغيل المبرمج في صناعة الطائرات والآلات ذاتية الحركة.

كما يمكن تصنيع الأشكال المعقدة المسبوكة دون الحاجة إلى تصنيع نموذج تجريبي، وبمكن تحقيق التناظر الهندسي من خلال التعليمات البرمجية.

5- تبسيط مسك المشغولات وتبديل الأدوات:

إن التثبيت ومسك المشغولة في التشغيل المبرمج هدفه مسك المشغولة بشكل جاسئ وفي الوضع نفسه من أجل كافة القطع في الدفعة، والمثبتات المصممة للعمل في آلات التشغيل المبرمج لا تتطلب عادةً أية موجهات أو ثقوب دليلة.

6- زمن القطع وزيادة الإنتاجية:

إن زمن القطع في التشغيل المبرمج (زمن الدورة) مستقر دائماً حيث يخضع للتحكم بالحاسب.

(10-11) تطبيقات التحكم الرقمي بالحاسب في آلات التشغيل:

نتيجة تطبيق نظام التحكم الرقمي بالحاسب في آلات التشغيل ظهر جيل جديد من هذه الآلات دعي آلات التشغيل المبرمجة (آلات التشغيل ذات التحكم الرقمي المبرمج)، والتي تتكون من:

1 -وحدة إدخال بيانات التشغيل.

2 -وحدة تحكم الكترونية لتشغيل البيانات.

3 -إدارة رئيسية ذات تحكم الكتروني.

4 -محركات تغذية ذات تحكم الكتروني لكل محور تشغيل.

5 -نظم قياس الكترونية لكل محور.

6 -أعمدة إدارة خاصة للأدلة.

تعمل هذه الآلات وفق الآلية التالية:

يتم إدخال البرنامج الخاص بالمشغولة وتخزينه في ذاكرة الحاسب ويتم تغذية المعلومات الخاصة بكل عملية إلى محركات الإدارة وغيرها عندما يتم التقاط إشارة تنفيذ. يتم في هذه الآلات تنفيذ الدورات الجاهزة أو الحركات المتكررة من خلال جملة واحدة ويعتبر تقليل حجم المعلومات الداخلة من أهم مميزات آلات (CNC)، على سبيل المثال يمكن تشغيل (30) ثقباً موزعاً بالتساوي على دائرة قطرها ($400mm$) باستخدام

خط واحد من المعلومات الداخلة بينما يتم تنفيذ هذه العملية باستخدام (30) خطاً على آلة (NC) كذلك يمكن تخزين عدد من البرامج ويتم استدعاء المطلوب من خلال المشغل، كما يمكن أيضاً تعديل أو تغيير جزء من البرنامج على لوحة التحكم.

تتميز أيضاً آلات (CNC) بإمكانية التعديل اليدوي للتغذية وهذا يكون مهماً لتحريك المشغولة أو الأدوات عند أقصى تغذية بهدف التشغيل الجاف وتعتبر هذه ميزة كبيرة خاصة وإذا كانت المشغولة صعبة التشغيل أكثر مما هو متوقع.

يمكن في بعض آلات (CNC) بعد إدخال البرنامج اختيار الحركات التي سوف تحدث بعد إدخال كل مجموعة عن طريق رسومات بيانية تظهر على الشاشة وعند التأكد من صحة البرنامج يتم تخزينه على شرائط خاصة بذلك، في حال حدوث كسر لأدوات القطع فإنه من الممكن وبعد إحلال عدة جديدة التحرك إلى جزء البرنامج الذي حدث عنده كسر حيث يبدأ تشغيل العمليات التالية وبذلك يمكن تنفيذ المشغولة بدلاً من إعادة العمليات كلها من البداية.

يمكن تلخيص آلية العمل بهذه الخطوات التالية:

1 -يتم تصميم مخطط القطعة المطلوب تشغيلها في قسم التصميم.

2 -يتم تطوير البرنامج المطلوب لتنفيذ القطعة (يدوياً أو حاسوبياً).

3 -يتم تلقيم البرنامج إلى التحكم عن طريق التحكم الرقمي المباشر أو يمكن كتابته بشكل يدوي.

4 -يصبح البرنامج بعد ذلك موجوداً داخل وحدة التحكم بالآلة *MCU* *machine control unit*

5 -تقوم وحدة التحكم بالآلة *MCU* بمعالجة البرنامج وتحويله إلى إشارات وإرسالها إلى آلة *CNC* المرتبطة بها.

لقد هيأ ظهور *CNC* وسيلة لتخفيض تكلفة الإنتاج للصناعات التي تتميز بحجم إنتاج منخفض مثل صناعة القطع المساعدة والطائرات وقطع الدارات الهيدرولكية وصناعات آلات التشغيل إذ من الضروري أن يكون المنتج عالي الجودة ومضموناً عند استعماله.

إن استعمال آلات *CNC* في هذه المجالات يمكن أن يحقق:

1 -تقليل الزمن الضائع بدون قطع فعلي للآلة.

2 -استخدام أجهزة تثبيت أكثر بساطة من المستخدمة في الآلات التقليدية.

3 -تحقيق نظام انتاج أكثر مرونة للتغيرات في جدول الإنتاج.

4 -السهولة في تقبل أي تغيرات في تصميم القطع المنتجة.

5 -زيادة دقة التصنيع.

إن استخدام آلات *CNC* يكون مناسباً لحالات معينة، لكن عمليات التشغيل التي يمكن أن تحقق فيها آلات *CNC* **فوائد اقتصادية لها الصفات التالية:**

1 -القطع التي تصنع مكررة على أشكال دفعات صغيرة أو متوسطة الحجم.

2 -هندسة القطع معقدة من ناحية الشكل.

3 -الإزاحات المطلوبة لتصنيع القطعة قليلة.

4 -تشغيل القطعة يحتاج لعدة عمليات.

5 -كميات المعدن المطلوب إزالته كبيرة.

6 -التغيرات في التصميم متوقعة.

7 -القطع عالية التكلفة.

8 -جودة عالية.

ومن عيوب هذه الآلات:

1 -زيادة الصيانة الكهربائية وتنوعها داخل المصنع.

2 -ارتفاع التكلفة الابتدائية لآلات *CNC*.

3 -ارتفاع تكلفة تشغيل الآلة.

تغطي الأنماط المختلفة لآلات التشغيل المبرمجة طيفاً واسعاً جداً، كما أن أعدادها تتزايد بسرعة كبيرة مع تطور تقانتها، ومن المستحيل حصر تطبيقاتها ومن هذه الآلات:

1 -الفارزات ومراكز التشغيل.

2 -المخارط ومراكز الخراطة.

3 -آلات التثقيب.

4 -فارزات التجويف.

5 -آلات السلك *EDM*.

6 -آلات الضغط والقص.

7 -آلات القطع بالشرارة.

8 -آلات تشغيل المقاطع باستخدام نفث الماء والليزر.

9 -المجالخ الأسطوانية.

10 -آلات اللحام.

11 -آلات الثني واللف والتدوير.

تعرف لغة البرمجة المستخدمة في هذه الآلات بـ *G-Code* المؤلفة من تعليمات عديدة نذكر منها:

الأوامر التحضيرية:

G00 حركة سريعة بدون قطع.

G01 انتقال خطي لأداة القطع بتغذية محددة.

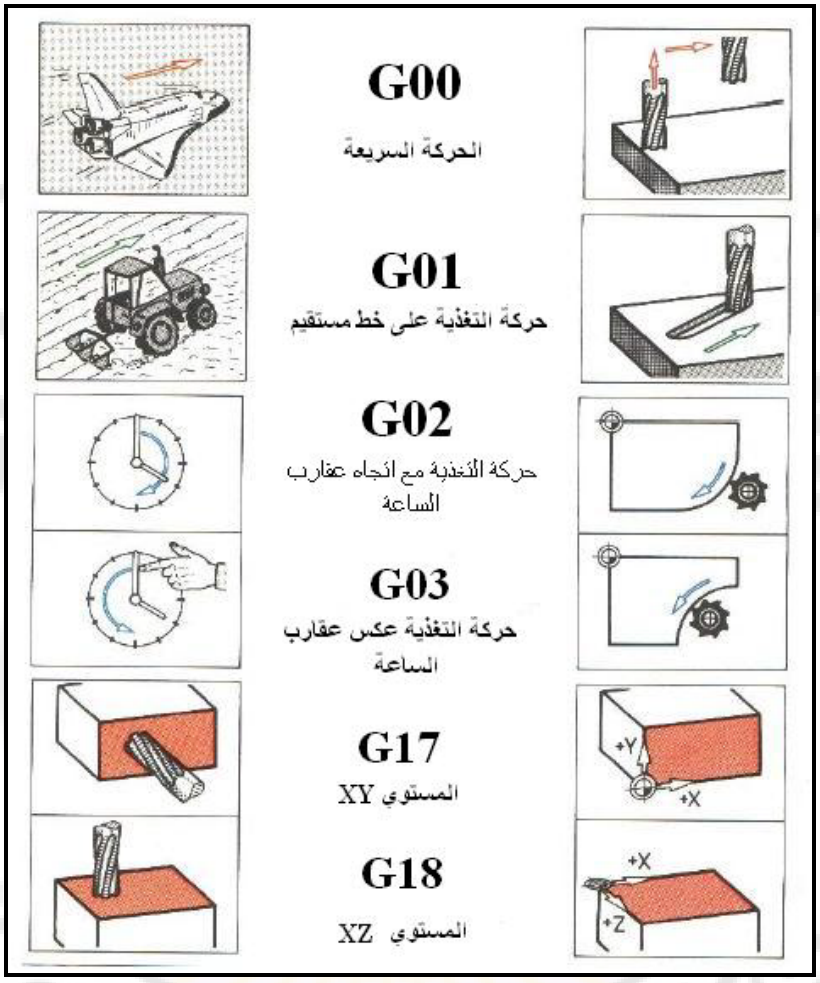
G02 الانتقال بشكل دائري مع عقارب الساعة.

G03 الانتقال بشكل دائري عكس عقارب الساعة.

G14 دالة تكرار لعدد من العمليات.

G17	اختيار المستوي (XY) الأفقي.
G18	اختيار المستوي (XZ) الرأسي.
G19	اختيار المستوي (YZ) الجانبي.
G20	الأبعاد مقدرة بـ $[in]$
G21	الأبعاد مقدرة بـ $[mm]$
G40	إلغاء التعويض.
G41	تعويض يساري.
G42	تعويض يميني.
G54	تحديد نقطة مرجعية.
G79	تحديد نقطة من أجل التثقيب.
G81	دالة تثقيب.
G90	إحداثيات مطلقة.
G91	إحداثيات نسبية.

Damascus University



الشكل (10–10)

الأوامر التحضيرية

الأوامر المساعدة:

M03 دوران أداة القطع نحو اليمين حول محورها.

M04 دوران أداة القطع نحو اليسار حول محورها.

M06 تغيير نوع أداة القطع .

M08 تشغيل وسيط التبريد.

M09 إيقاف وسيط التبريد.

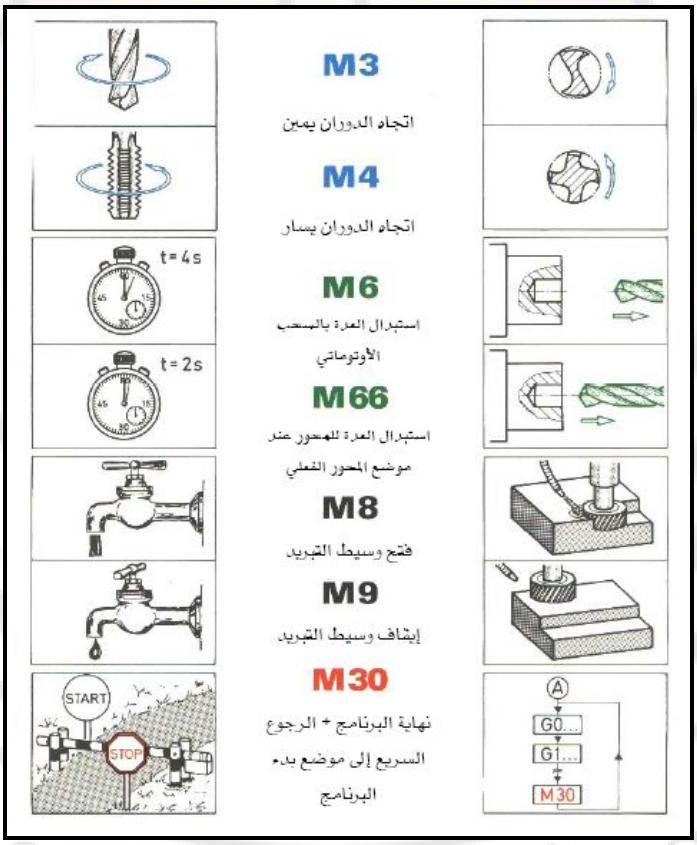
M13 تدوير يميني مع فتح وسيط التبريد.

M14 تدوير يساري مع فتح وسيط التبريد.

M30 إنهاء البرنامج والعودة إلى النقطة البدء.

M02 إنهاء البرنامج مع تحميله من جديد.

M66 تبديل أداة القطع بشكل آلي.



الشكل (10–11)

الأوامر المساعدة

تجتمع هذه المحارف لتشكل كلمة وتجتمع الكلمات لتشكل كتلة وتجتمع الكتل لتشكل البرنامج الذي يلقم للآلة.

يتمثل البرنامج في أربعة أنواع من البيانات:

1 -بيانات تعريف الشكل الهندسي.

2 -بيانات الأدوات والحركية.

3 -بيانات البرنامج المناسب.

4 -بيانات مساعدة.

وينظم البرنامج وفق الخطوات التالية:

1 -المعلومات الأولية / ميزات آلة التشغيل.

2 -تعقيد المشغولة.

3 -البرمجة اليدوية / البرمجة الحاسوبية.

4 -الإجرائية النموذجية للبرنامج.

5 -الرسم الهندسي للقطعة / المعطيات الهندسية.

6 -ورقة الطرائق / مواصفات مادة القطعة.

7 -تسلسل التشغيل.

8 -اختيار أدوات القطع.

9 -إعداد المشغولة.

10 -قرارات تكنولوجية.

11 -المخطط الأولي للعمل وحساباته.

12 -اعتبار الجودة في برمجة الآلات.

ويكون التسلسل العام والمنطقي لتحقيق المهام في برمجة آلات *CNC*:

1 -دراسة المعلومات الأولية.

2 -تحديد المادة الخام.

3 -تحديد مواصفات آلة التشغيل.

4 -تحديد ميزات نظام التحكم.

5 -تحديد تتالي عمليات التشغيل.

6 -تحديد خيارات الأدوات وتنظيم أدوات القطع.

7 -إعداد المشغولة.

8 -تحديد المعطيات التكنولوجية.

9 -تحديد مسار أداة القطع.

10 -تجهيز المخطط الأولي للعمل وحساباته.

11 -كتابة البرنامج وتجهيز نقله إلى الآلة المبرمجة.

12 -ختبار البرنامج وتصحيح أخطائه.

13 -توثيق البرنامج.

أما في البرمجة الحاسوبية قيتم العمل على استثمار هذه الآلات في نظام CAD/CAM.

يعرف التصميم بمساعدة الحاسب *CAD* على أنه استعمال الحاسب في:

1- الإنشاء.

2- التغيير.

3- التحليل.

4- الوصول إلى الأمثل.

تتألف عملية التصميم من:

1- تحديد الحاجة.

2- تعريف المسألة.

3- التركيب.

4-التحليل.

5-الوصول إلى الأمثل.

6-التقييم.

7- العرض.

ويعرف التصنيع باستخدام الحاسب على أنه استعمال لتقنيات الحاسب في:

1-الإدارة.

2-التحكم.

3-عمليات التصنيع.

يتمركز التصنيع بمساعدة الحاسب حول:

1-التحكم العددي.

2-تخطيط العمليات.

3-مناولة المواد.

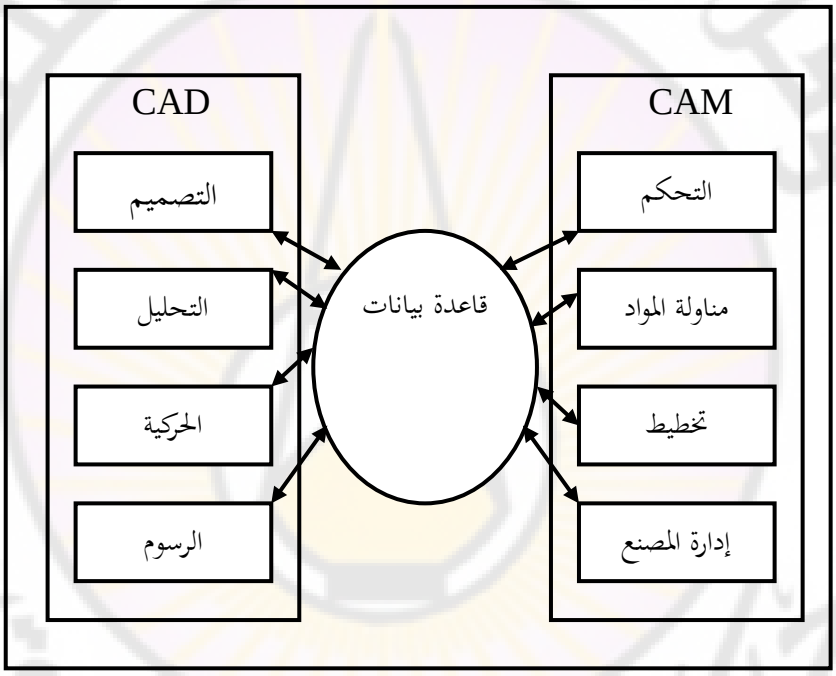
4-إدارة المصنع.

تعبر كلمة *CAD/CAM* عن تكامل التصميم وعمليات الإنتاج لتحسين الإنتاجية، أي أنه يضم إمكانية نظام لتصميم المنتج مع إمكانيات تشغيل لنظام برمجة المشغولة.

إن قاعدة البيانات تحتوي على الوصف الكلي للشكل الهندسي للقطعة، فمن المنطقي أن تستعمل كقاعدة لتوليد الوصف للشكل الهندسي للقطعة المطلوب تقابلها مع متطلبات برمجة التحكم الرقمي.

إن أنظمة *CAD/CAM* قادرة على توليد معلومات مسار العدة من نموذج الرسم الهندسي للقطعة الموجودة في قاعدة بيانات *CAD*، وعليه فإنه في أنظمة *CAD/CAM* تصمم المشغولة باستخدام *CAD* من النظام ثم يخزن كملف رسم.

يستعمل النظام معلومات الشكل الهندسي للقطعة وكذلك معلومات العدد المعرفة لتحديد كيف يتم تشغيل المشغولة، كما أن الحاسب يقرر مسار العدة المطلوبة لإنتاج الشكل المطلوب ويولد برنامج *NC* المناسب، من أهم فوائد هذا النظام هو القدرة على رسم مسار العدة على الشاشة ومن ثم التحقق من عدم وجود أخطاء قبل تشغيل البرنامج على آلة *CNC* .



الشكل (10–12)

نظام CAD/CAM

الفصل الحادي عشر

عمليات التشغيل الدقيقة والخاصة

Exact Machining Processes

وقل رب زدني علما
Damascus University

(11-1) عملية التعامل الآلي الكهربائي:

مع دخول الآلية الواحدة والمواد الأولية في السنوات الأخيرة تبينت ضرورة تطوير طرق جديدة للتعامل مع المعادن.

في السابق كان التعامل مع الكربيدات والمعادن صعبة التشكيل يتم باستخدام طريقة مكلفة تعتمد عجلة شحذ وقطع مدعمة بالماس، لكن تم مؤخراً تطوير طرق جديدة مثل الطرق الكهروكيميائية والتفريغ الكهربائي والشحذ بالتحليل الكهربائي وجميعها تعتمد على قطع أجزاء معدنية باعتماد شكل من أشكال التفريغ الكهربائي.

(11-2) الطريقة الكهروكيميائية:

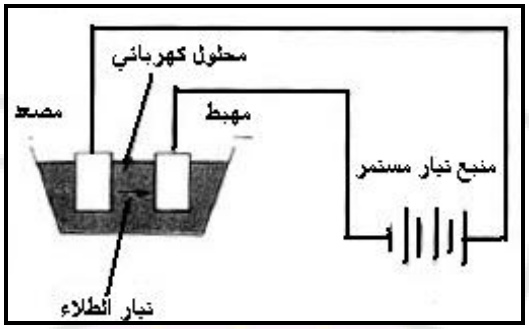
وتسمى اختصاراً (*ECM*) والتي تختلف عن الطرق التقليدية لقطع المعادن لناحية استخدام الطاقة الكهربائية والكيميائية من أجل قطع المعادن حيث تتعامل هذه الطريقة بسهولة مع المعادن بغض النظر عن صعوبة العمل وتمتاز بعملها الذي لا يتقيد بالشكل.

تتمثل أداة القطع هنا في أداة غير دوراة لها شكل التجويف المطلوب، الأمر الذي يستبعد كل الصعوبات الناتجة عن استخدام أداة يدوية، كما أن غلاف أداة القطع لا يتأثر نظراً لكونه لا يدخل في تماس مع المعدن المعالج.

يفضل استخدام هذه الطريقة بهدف قص دوائر ومربعات وفتح حجرات بسيطة ذات جوانب مستقيمة ومتوازية.

تظهر قيمة (*ECM*) بشكل خاص عندما تتجاوز صلابة المعدن مقدار ($42Rockwell$) أي ($400BHN$).

من الصعب تشكيل زوايا حادة ونهايات ذات مقطع مستوي ونصف قطر بهذه الطريقة بسبب الزيادة الطفيفة في القطع الذي يحدث خلال هذه العملية، يبين الشكل (11-1) مبدأ عمل الطريقة الكهروكيميائية.



الشكل (11–1)

مبدأ عمل الطريقة الكهروكيميائية

(11-2-1) مراحل عملية التشريد الكهربائي:

كان يستخدم سابقاً طريقة التشريد الكهربائي لنقل ذرات من معدن مغموس في سائل إلى معدن آخر (التلبيس بالبلاتين) ونظراً لكون طريقة *(ECM)* هي تطور لطريقة التشريد الكهربائي لذلك لا بد من التعرف على مبادئ طريقة التغطيس.

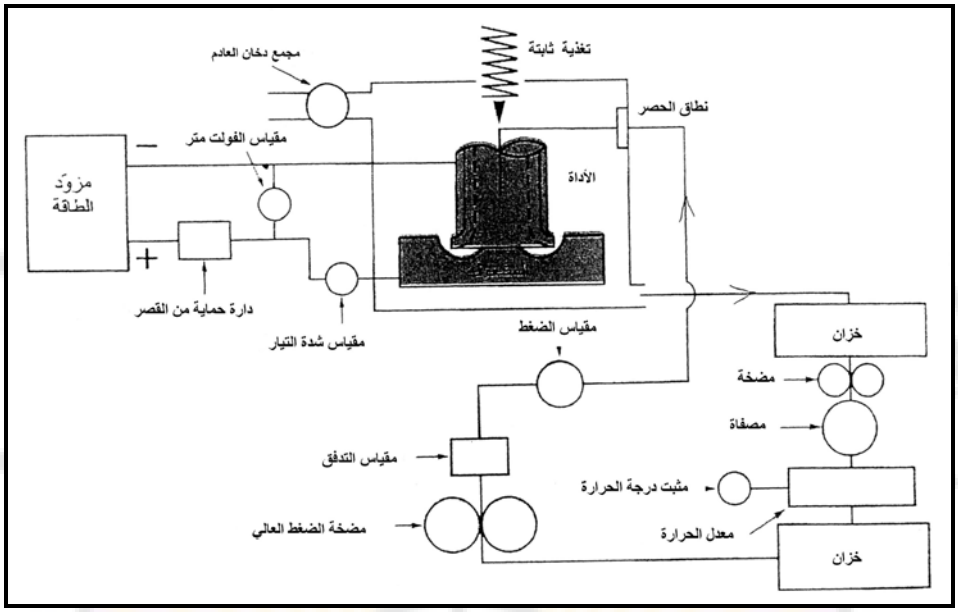
1 -يتم تغطيس قضيبين من معدنين مختلفين في سائل متأين (متشرد).

2 -يربط أحد القضيبين بالقطب السالب للبطارية في حين يربط القضيب الثاني إلى القطب الموجب.

3 -عند إغلاق الدارة يسري تيار كهربائي بين القطبين عبر المحلول المتشرد.

4 -تحت تأثير تفاعل كيميائي ينتقل المعدن من قطب إلى آخر.

ويبين الشكل (11–2) مراحل هذه العملية.



الشكل (2-11)

مراحل عملية التشريد الكهربائي

يكمن الفرق بين الطريقة الكهروكيميائية ***(ECM)*** وطريقة التلبيس بالبلاتين أن الطريقة الكهروكيميائية تؤدي إلى تفاعلات كيميائية تذيب جزءاً من القطعة التي هي موضع العمل ضمن السائل حيث يتم تمرير تيار مستمر عبر السائل بين أداة تلعب دور الكترود (لها شكل التجويف المرغوب فيه) والذي يكون سالب الشحنة وبين القطعة المشغولة موجبة الشحنة، ويتسبب هذا في انتقال المعدن حيث يؤدي التيار الكهربائي المباشر إلى إذابة معدن القطعة المشغولة.

إن الإلكترود المستخدم هنا ليس مجرد قضيب معدني بل أداة معزولة خارجياً تم تشكيلها لتأخذ الشكل والقياس المحدد، تكون المسافة الفاصلة بين الإلكترود والمشغولة $\left[(0.002-0.003in)=(0.05-0.07mm)\right]$ وهما لايتماسان أبداً.

(11-2-2) محلول التشريد:

هو محلول من الماء أضيف إليه أملاح أو حامض معدني أو قلوي بهدف زيادة ناقليته للكهرباء، إن ضعف كمية المحلول يمكن أن تؤدي إلى أثرين سلبيين:

1 -انخفاض معيار انتقال المعدن.

2 -تخريب المحلول بسبب زيادة التسخين.

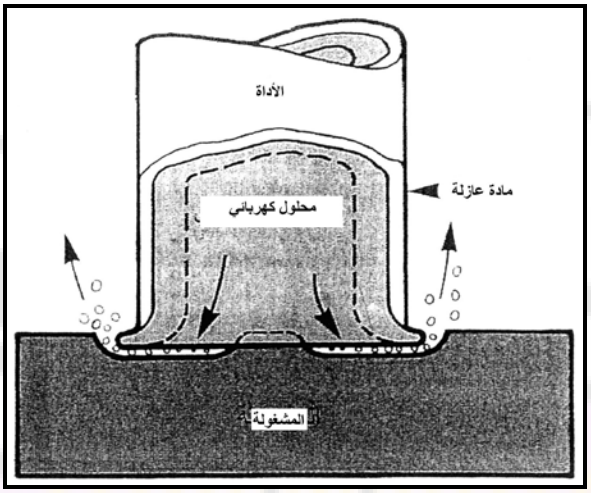
تؤدي الطاقة الكهربائية إلى بدء التفاعلات الكيميائية ضمن المحلول وتؤدي إلى تشكيل غازات بين الأداة والمشغولة وإلى إذابة المعدن في القطعة المشغولة.

ينطلق الغاز في الجو في حين يبقى المعدن ضمن السائل وتتسبب مقاومة التيار والتفاعلات الكيميائية بتوليد حرارة ضمن منطقة العمل، لذلك يتم ضخ المحلول بكميات كبيرة بهدف الحد من ارتفاع درجة الحرارة والتخلص من المعدن المذاب وتقوم أجهزة التصفية بالتخلص من المعدن المذاب في المحلول كما تقوم بتأمين تدفق المحلول من جديد، يتم إدخال المحول عبر الإلكترود ولهذا يتأثر التدفق بطول وشكل وقطر الأداة ومن الأفضل أن يكون التدفق بأكبر قدر ممكن.

في بعض التطبيقات يتم استخدام تدفق مقداره $(757l/\min)$ وتحت ضغط مقداره $(2068.5kpa)$.

(11-2-3) الإلكترود:

إن الإلكترود هو النهاية السالبة في الدارة الكهربائية وهو عبارة عن أداة معزولة لها شكل وأبعاد التجويف وفيها ثقب يتدفق منه المحلول، ونظراً لكونه من الضروري تدفق المحلول بحيث يكون حول الإلكترود فإن أبعاد الأداة تكون أصغر من أبعاد التجويف المراد عمله بمقدار $(0.12mm)$ من كل جانب، ويكون السطح الخارجي للإلكترود معزولاً بحيث نتحاشى سماكة الأداة، الشكل (11-3).



الشكل (11–3)

تدفق المحلول الكهربائي عبر المسرى

ومن أهم وظائف الإلكترود أن ينقل شكله إلى المشغولة، أي أن الإلكترود المربع مثلاً يتسبب بفتحة مربعة الشكل وكذلك الإلكترود الدائري يتسبب بفتحة دائرية الشكل. أي أن شكل التجويف الذي يمكن الحصول عليه بطريقة (*ECM*) يتوقف على الشكل الذي يمكن أن يأخذه الإلكترود، ويجب أن تتمتع المادة المصنوع منها بالصفات التالية:

1 -قابلية التشكيل.

2 -الصلابة.

3 -الناقلية الجيدة للكهرباء.

4 -مقاومة التآكل.

لقد وجد أن النحاس الأحمر والنحاس غير القابل للصدأ من المواد الجيدة لصنع الإلكترود بطريقة (*ECM*)، فالنحاس الأحمر ناقل جيد للكهرباء لكن لا ينصح به في عمليات فتح تجاويف عميقة وذلك بسبب مرونته وقابليته للإنثناء.

يتمتع النحاس الأصفر بناقلية جيدة للكهرباء أقل من النحاس الأحمر لكن يميل استخدامه للحصول على نتائج جيدة، إن متانة النحاس الأصفر وسهولة التعامل معه بواسطة الآلات وانخفاض تكلفته تجعل منه مادة مثالية لصنع الإلكترود.

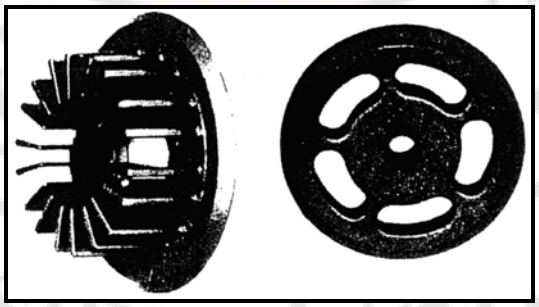
يتم استخدام الفولاذ غير القابل للصدأ عندما يكون من الضروري استخدام تدفق كبير الحجم وضغط عالٍ وهو أقوى من المادتين السابقتين، لكن ارتفاع تكلفته وصعوبة التعامل معه يحدان من استخدامه في هذا المجال.

(11-2-4) انتقال المعدن:

تلعب المسافة الفاصلة بين القطبين دوراً هاماً، وبهدف رفع سوية التوصيل الكهربائي يجب أن يكون القطبان متقاربين بأكثر قدر ممكن لكن دون أن يدخلا في تماس، وتتراوح المسافة الفاصلة بينهما بين $(0.02-0.07mm)$ حيث أن شدة التيار الكهربائي المستخدم يمكن أن تؤدي إلى الإضرار بكلا القطبين في حال حدوث تماس بينهما.

يرتبط انتقال المعدن بشكل مباشر بشدة التيار المار بين القطبين وتكون شدة التيار بحدود $(100A/cm^2)$ كحد أقصى.

إن الفرق بين أبعاد الأداة وبين التجويف الناتج (فرق القطع) مرتبط بالعديد من الشروط المرافقة لعملية القطع ويمكن أن تتراوح بين $(0.2mm)$ و $(0.3mm)$.



الشكل (11-4)

قطع مشغلة بالتشكيل الكهربائي

(11-2-5) مزايا طريقة (ECM):

تعتبر هذه الطريقة واحدة من الطرق التي ساهمت في عملية قطع المعادن والتي تساهم في آلات التشغيل للمعادن وهي تتمتع ببعض المزايا ونذكر منها:

1 -يمكن التعامل مع أي معدن مهما كانت درجة قساوته.

2 -تنافس عمليات استخدام الأدوات الدوارة خصوصاً إذا تجاوزت قساوة المعدن $(42Rockwell)$.

3 -لا يتم إصدار حرارة خلال العملية وبالتالي لا تحدث تشوهات.

4 -يتم التعامل مع المعدن دون استخدام أدوات دوارة.

5 -لا يهم نوعية الغطاء الخارجي للأداة حيث أنها لا تدخل في تماس مباشر مع المعدن.

6 -بما أن الأداة لا تمس المعدن فمن الممكن التعامل مع قطع ذات مقطع هش دون أن ينتج عن ذلك التواء.

7 -تكون المشغولة خالية من الحواف الخشنة.

8 -من الممكن الحصول على أشكال معقدة يصعب التعامل معها بالوسائل الأخرى، الشكل (11-4).

9 -تمكن من الحصول على عدة ثقوب في آن واحد.

10 -يمكن الحصول على إنهاء للسطوح بمعدل $(25\times10^{-6}in)$.

(11-3) التفريغ الكهربائي (EDM):

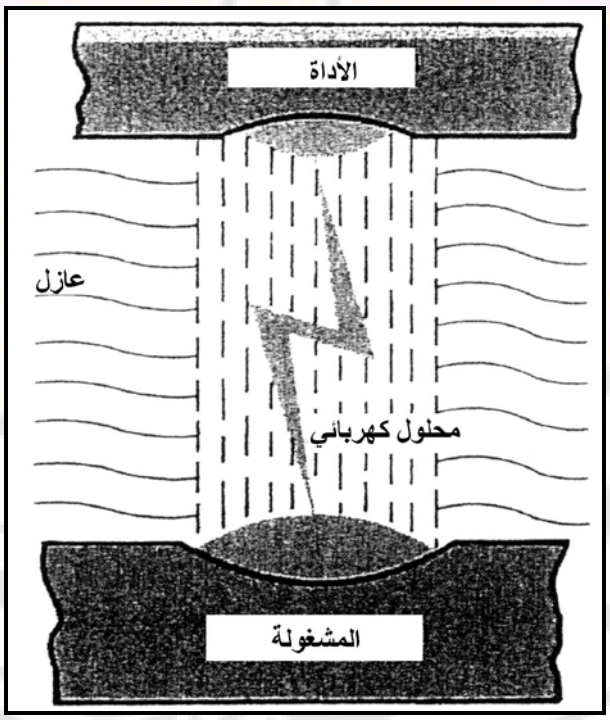
تعتمد هذه الطريقة على قص المعدن باستخدام تيار التفريغ الكهربائي الذي يكون قصير المدة وعالي الشدة بين الأداة وبين المشغولة، وقد عرف مبدأ هذه الطريقة منذ زمن ففي عام 1889م قام باسكين بشرح الظاهرة وحدد صيغة توقع تأثيرها على مختلف المعادن.

من الممكن مقارنة طريقة (*EDM*) مع وميض ضوء شديد ينير سطحاً ما ويتسبب في ارتفاع درجة الحرارة بشكل موضعي يذيب السطح.

أثبتت هذه الطريقة جدواها في التعامل مع المواد الموصلة للكهرباء والتي يصعب التعامل معها بواسطة الطرق التقليدية لكن طريقة (*EDM*) جعلت التعامل معها أمراً سهلاً نسبياً وسهلّت الحصول على أشكال يصعب الحصول عليها بطرق القطع التقليدية.

تعتمد هذه الطريقة المبدأ التالي:

تنزع أجزاء من المعدن عبر تقنية تستخدم صدمة كهربائية لقص المعدن من أجل أن يأخذ شكلاً معاكساً لأداة القطع أو الإلكترود، الشكل (11-5).



الشكل (11-5)

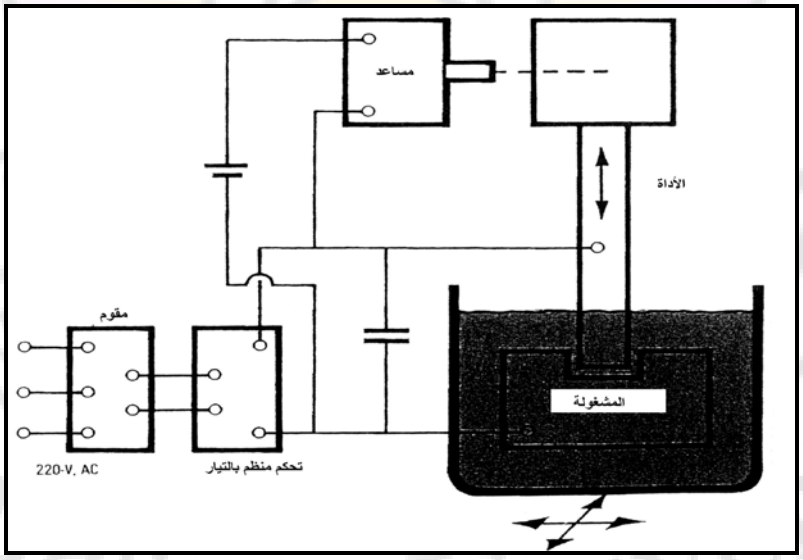
مبدأ عمل طريقة (*EDM*)

يصنع الإلكترود (أداة القطع) من مادة ناقلة للكهرباء عادةً ما تكون الفحم، ويكون شكله على شكل التجويف المطلوب تشكيله ويتم تغطيس الإلكترود والقطعة المعدنية المراد تشكيلها في سائل عازل كهربائياً وغالباً ما يكون الزيت.

يتم الحفاظ على مسافة فاصلة بين الإلكترود والمشغولة بحدود $(0.02mm)$ مع الانتباه إلى عدم حدوث تلامس بينهما على الإطلاق.

يتم تمرير تيار مستمر عالي الشدة بين الإلكترود والمشغولة بتردد مقداره $(20000Hz)$، يتحول التيار إلى ومضة تقطع مسافة العزل الفاصلة بين الإلكترود والمشغولة مروراً بالسائل العازل (الزيت) حيث يحدث تسخين شديد في المنطقة التي يضربها الوميض يؤدي إلى إذابة المعدن، وتنفصل قطع صغيرة من المعدن عن القطعة المعدنية التي يتم تشكيلها، أما السائل العازل فيتم تجديده باستمرار للمساعدة على التخلص من القطع المعدنية وتخفيف شدة الحرارة الناتجة.

ويبين الشكل (11–6) الأجزاء الرئيسية لنظام التفريغ الكهربائي.



الشكل (11–6)

الأجزاء الرئيسية لنظام التفريغ الكهربائي

(11-3-1) أنواع دارات التفريغ الكهربائي:

يتم استخدام العديد من مصادر التفريغ الكهربائي ضمن طريقة (*EDM*) وهناك العديد من الفروقات بين تلك الطرق، ويستخدم كلاً منها لتحقيق الغرض ذاته المتمثل في قطع المعدن باستخدام الوميض الكهربائي الدقيق والاقتصادي، لقد تم استخدام التجهيزات المولدة للطاقة التالية:

1 -تجهيزات المقاومة – مكثف الكهربائية.

2 -تجهيزات تولد نبضات كهربائية.

3 -تجهيزات دورانية مولدة للنبض الكهريائي.

4 -تجهيزات مولدة للنبض الكهربائي الستاتيكي.

ولكن الأكثر شيوعاً هما الطريقتان الأولى والثانية لذلك سنقوم بشرحهما.

1- تجهيزات المقاومة – مكثف الكهربائية:

لقد شاع استخدامها في الآلات الأولى التي اعتمدت طريقة (*EDM*) ولا تزال مستخدمة في العديد من الآلات حتى الآن. في الشكل (11-7) يطبق توتر مستمر على الدارة المؤلفة من مقاومة متغيرة مربوطة على التسلسل مع الدارة التفرعية المؤلفة من مكثف ومن دارة القطعة المراد تشكيلها، يتم شحن المكثف عبر المقاومة المتغيرة وبثابت زمني يتعلق بقيمة المقاومة وبسعة المكثف، وبعد أن يصل فرق الكمون على طرفي المكثف إلى قيمة توتر انهيار العازل بين الإلكترود والمشغولة ويسري تيار في دارة القطعة المراد تشكيلها ويتم تفريغ شحنة المكثف المكتسبة وتتولد ومضة ثم يعاد شحن المكثف ثانية.

الشكل (11–7)

دارة تزويد الطاقة للتفريغ الكهربائي (مكثف–مقاومة)

تتميز هذه التجهيزات بفرق كمون مرتفع نسبياً $(125V)$ وسعة مكثف عالية القيمة $(100\mu F)$ وومیض ذي تردد ضعيف وشدة تيار عالية.

يتم تجديد السائل العازل باستمرار للتخلص من القطع المعدنية المذابة ورفع عازليته من جديد وتخفيف الحرارة التي شكلتها الومضة.

ضمن دارة المقاومة مكثف، يتعلق ارتفاع المعدن الذي يتم التخلص منه بشدة التيار وشدة التكثيف أكثر من ارتباطه بعدد التفريغات في الثانية الواحدة.

يؤدي توفر التردد المنخفض وفرق الكمون العالي والتكثيف العالي وشدة التيار المرتفعة إلى:

1 -سطح إنهاء جيد.

2 -فرق قطع كبير حول الإلكترود (الأداة).

3 -قطع معدنية كبيرة يتم التخلص منها.

وتتمثل أفضليات هذه الطريقة في:

1 -دارة بسيطة وموثوقة.

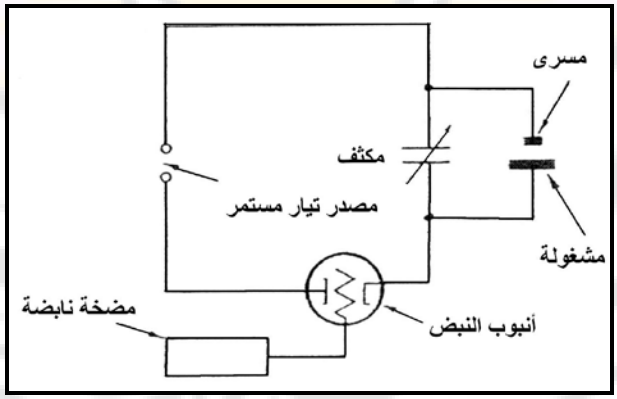
2 -يعمل بشكل جيد بتيار ضعيف الشدة خصوصاً عند استخدام تيار شدته تقدر بالميلي أمبير بهدف الحصول على فتحات يقل قطرها عن $(0.12mm)$.

2- تجهيزات النبضات الكهربائية:

تستخدم تجهيزات النبضات الكهربائية بشكل حصري وتقريبي من قبل الشركات الأمريكية وهو مشابه لدارة المقاومة – مكثف لكن مع استخدام أنابيب تفريغ الهواء أو أدوات صلبة بديلة بهدف الحصول على تأثير النبضات، يتم التحكم بالفواصل بين النبضات أو رفع شدتها عن طريق أدوات تحويل كهربائي حيث يتم التحويل بسرعة هائلة ويكون عدد التفريغات في الثانية أكبر عشر مرات بالمقارنة مع نظام المقاومة – مكثف ذي التردد المنخفض.

يتم عادةً تشغيل هذه الدارة باستخدام فرق كمون منخفض $(70-80V)$ مع تردد عالٍ $(26000Hz)$ وسعة مكثف منخفض $(50\mu F)$ ومستوى طاقة شرارة منخفض.

يبين الشكل (11-8) دارة النبضات الكهربائية.



الشكل (11-8)

دارة تزويد الطاقة للتفريغ الكهربائي (النبضات الكهربائية)

تتميز هذه الدارة بالنقاط التالية:

1 -متعددة الاستخدام ويمكن التحكم بها بدقة بهدف الحصول على حواف قطع ملساء.

2 -يتم الحصول على سطوح إنهاء أفضل حيث يتم التخلص من المعدن عبر ضربات عديدة متلاحقة.

3 -فروق قطع أقل حول الإلكترود.

(11-3-2) الإلكترود (الأداة):

يكون الإلكترود المستخدم على شكل التجويف الذي نرغب في الحصول عليه، وكما هو الحال في الآلات التقليدية هناك بعض المواد التي تفوق في مزاياها في القطع المواد الأخرى ولهذا السبب يجب أن يكون الإلكترود متمتعاً بالمزايا التالية:

1 -توصيل كهربائي وحراري جيد.

2 -سهلة التشكيل بكلفة معقولة.

3 -تنتزع كمية كافية من معدن القطعة التي يتم التعامل معها.

4 -تقاوم التشوه خلال عملية القطع.

5 -معامل تآكل منخفض.

جرت تجارب عديدة لاكتشاف مادة جيدة واقتصادية لصنع الإلكترودات ومن بين تلك المواد نذكر كربيد التنغستن وتنغستن النحاس وتنغستن الفضة والنحاس الأصفر والنحاس الأحمر ومواد مغطاة بالكروم وغرافيت وخلائط التوتياء.

ولا يوجد مادة من بين هذه المواد تستخدم لأغراض عامة حيث أن كل عملية تقتضي انتقاء مادة محددة.

جرى استخدام الإلكترود المصنوع من النحاس الأصفر في الدارات من نوع مولدة النبضات نظراً لسهولة التعامل به ولتوصيله الكهربائي الجيد وكلفته المنخفضة نسبياً، في

حين أن النحاس يعطي نتائج أفضل في دارة المقاومة – مكثف حيث يتم استخدام فروق كمون عالية.

يعتبر فحم الغرانيت عالي الكثافة والنقاء مادة جيدة الاستخدام نسبياً في صنع الإلكترودات وقد أصبحت تلقى قبولاً واسعاً وتتوفر بأشكال وقياسات متنوعة وهي رخيصة نسبياً وسهلة الاستخدام ويمكن أن تكون إلكتروداً ممتازاً حيث تتمتع بمعامل قطع مرتفع للمعادن.

(11-3-3) نظام التحكم بآلة التفريغ:

من الضروري عدم حدوث تماس بين الإلكترود وبين المشغولة التي يتم التعامل معها وإلاّ حدثت أضرار لكلا القطبين. يتم تزويد آلة التفريغ الكهربائي بنظام تحكم يحافظ على مسافة فاصلة بحدود $(0.02mm)$ بشكل آلي بين الإلكترود والقطعة المعدنية التي يتم التعامل معها.

تقوم آلية التحكم بدفع الإلكترود نحو القطعة المعدنية مع تقدم العملية وذلك مع القيام بتصحيح أي تماس عبر تراجع سريع حيث أن التحكم الدقيق بالمسافة الفاصلة هو جوهر نجاح العمل، فإذا كانت المسافة الفاصلة كبيرة لا يتم تشريد السائل وبالتالي لا يتم حدوث الشرارة وإذا كانت المسافة قصيرة فمن الممكن أن يلتحم الإلكترود بالقطعة المعدنية.

بشكل خاص يتم التحكم بالمسافة الفاصلة عبر دارة تقوم بمقارنة فرق الكمون للمسافة الفاصلة مع فروق في الكمون محددة مسبقاً كمرجع، حيث يمثل الفرق بين القيمتين قيمة الإشارة التي تخبر نظام التحكم متى تدفع الأداة باتجاه القطعة المعدنية ومتى تبعدها عنها. عندما ينخفض فرق الكمون ضمن المسافة الفاصلة عن قيمة حرجة تقوم آلية التحكم بسحب الأداة إلى أن يعدّل الوضع، لكن يجب ألاّ يكون نظام التحكم شديد الحساسية وإلاّ أدى ذلك إلى سحب الأداة دائماً.

ومن الممكن استخدام آلية التحكم بهدف التحكم بحركة الأداة في الاتجاه العمودي وفي الاتجاه الأفقي.

تقوم التجهيزات الخاصة بـ (*EDM*) بتوفير التيار الكهربائي المباشر اللازم لعملية التفريغ بين الأداة والقطعة المعدنية.

تتميز دارات النبضات بالخواص التالية:

1 -فرق كمون منخفض ($70V$) ويمكن أن تنخفض إلى ($20V$) بعد أن تتولد الشرارة.

2 -تكثيف منخفض، حيث تكون سعة المكثف حوالي ($50\mu F$).

3 -تردد عالٍ يقع بين ($20000Hz$) و ($30000Hz$).

4 -مستوى طاقة شرارة منخفضة.

(11-3-4) عملية التفريغ الكهربائي:

عند تطبيق طاقة كهربائية كافية بين المصعد والمهبط يتحول السائل غير الناقل إلى غاز مما يسمح بحدوث تفريغ شديد يضرب القطعة المعدنية التي يتم التعامل معها، تقوم طاقة التفريغ بتبخير السائل المحيط بعمود التوصيل الكهربائي وتفكيكه.

مع تقدم عملية التوصيل يتوسع قطر العمود وتشتد قوة التيار وتتولد حرارة تذيب المعدن الذي يضربه وعند توقف التيار (ويكون عادةً لمدة تقدر بأجزاء من الثانية) تتصلب قطع المعدن المذابة ثم يسحبها السائل بعيداً.

يحدد التفريغ وفق تردد مقداره ما بين ($20000Hz$) و ($30000Hz$) بين الإلكترود والقطعة المعدنية التي يتم التعامل معها، وكل عملية تفريغ تؤدي إلى نزع كمية من المعدن وبما أن فرق الكمون خلال التفريغ ثابت يكون حجم المعدن المنتزع متناسباً مع التفريغ بين الإلكترود والمشغولة.

يمكن رفع شدة التيار المستخدم بهدف الإسراع بالعمل ولكن هذا يؤدي إلى حدوث فجوات كبيرة على سطح المعدن ولهذا تستخدم تيارات معتدلة بهدف الحصول على سطوح ملساء.

إذا كان التيار ثابتاً وتم رفع قيمة التردد نحصل على فجوات أصغر وعلى سطوح أفضل، أي أن نعومة السطح متناسبة مع عدد التفريغات في الثانية.

(11-3-5) السائل غير الموصل:

يقوم السائل بالعديد من الوظائف:

1 -يساعد على إطلاق الشرارة بين الإلكترود والمشغولة.

2 -يوصل الشرارة إلى قناة ضيقة.

3 -يلعب دور عازل بين الإلكترود والمشغولة.

4 -يبعد قطع المعدن المقطعة.

جرى استخدام العديد من أنواع السوائل ومعظمها كان قابلاً للتشريد ولنزع التشريد بسرعة وكانت لزوجته منخفضة بما يسمح بضخه عبر مسافات ضيقة.

تنتمي معظم السوائل المستخدمة في طريقة (*EDM*) إلى مشتقات النفط مثل زيوت التشحيم والزيوت المحولة وزيوت ذات أساس من السيليكون والكيروسين وكل هذه السوائل يعمل بصورة جيدة خصوصاً مع الإلكترود المصنوع من الغرافيت كما أن كلفتها معقولة.

في بعض الحالات تم استخدام سائل نتراكلوريد الكربون وبعض الغازات المضغوطة، إن انتقاء السائل هو أمر هام في هذه الطريقة لأنه يؤثر على معدل انتزاع المعدن وعلى غطاء الإلكترود.

لقد جرى خلال الأبحاث استخدام سائل أساسه غليكول ثلاثي الأتير والماء واتلين الغليكول أحادي الأتير بهدف الحصول على نتائج أفضل خصوصاً عند استخدام إلكترود معدني.

يتم تحريك السائل ضمن ضغط ثابت مقداره $(34.4kpa)$ ومن الممكن رفعه لحين الوصول إلى عملية قطع مثالية، إن وجود كمية كبيرة من السائل يمكن أن يؤدي إلى دفع القطع قبل أن تساهم في عملية القطع، الأمر الذي يحد من سرعة العمل كما أن انخفاض مستوى الضغط يبطئ عملية التخلص من القطع المعدنية مما يتسبب في حدوث دارات قصر.

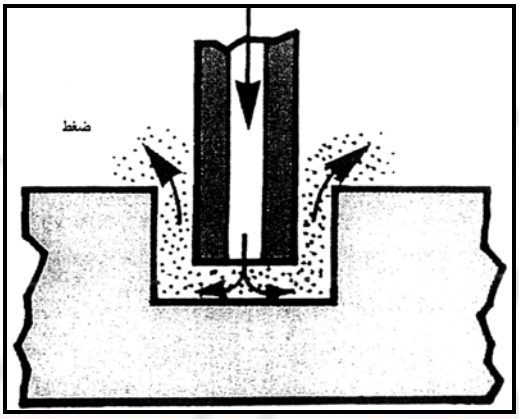
يتم عادةً استخدام أربعة طرق لتحريك السائل وتستعمل كل هذه الطرق مصافي ناعمة بهدف التخلص من شظايا المعدن لمنع رجوعها إلى السائل.

1- طريقة السقوط عبر الإلكترود:

يتم حفر ثقب أو عدة ثقوب في الإلكترود ويتم إجبار السائل على المرور عبر الإلكترود وبينه وبين القطعة التي يتم التعامل معها، يتم وضع مصافٍ ضمن التجاويف ثم يتم التخلص منها بعد انتهاء العمل.

تؤدي هذه الطريقة إلى الإسراع بطرد الجسيمات المعدنية من منطقة العمل.

يبين الشكل (11-9) هذه الطريقة.

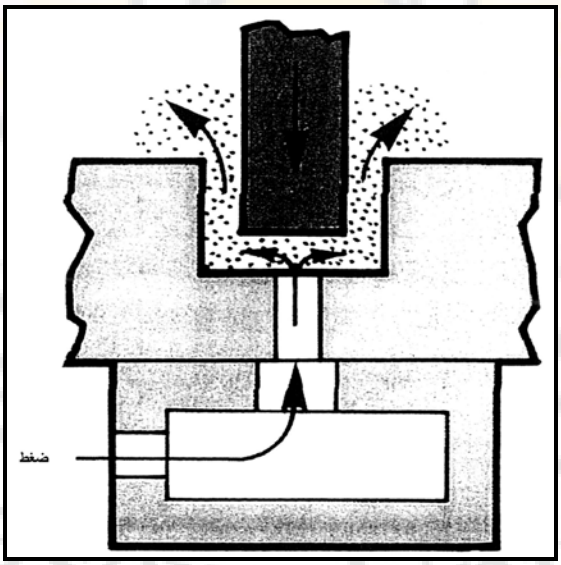


الشكل (11–9)

جريان السائل العازل لأسفل المسرى

2- طريقة الصعود عبر القطعة المعدنية:

وهي طريقة أخرى شائعة تنص على جعل السائل يخترق القطعة المعدنية المشغولة من تحت إلى فوق. هذه الطريقة محدودة الاستخدام ضمن تطبيقات القطع وللتجاويف التي تتضمن وسائل تصفية، كما في الشكل (11–10).



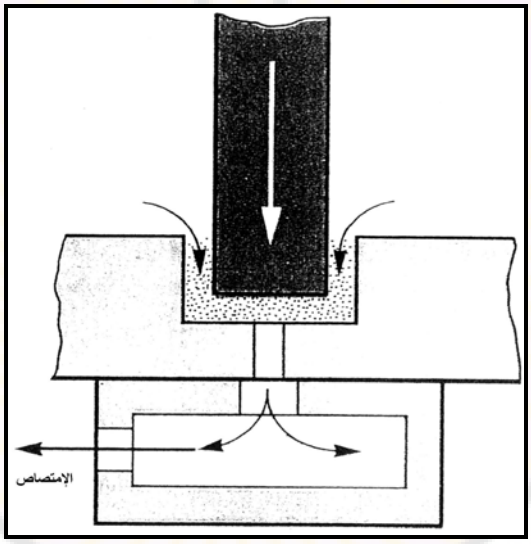
الشكل (11–10)

جريان السائل العازل لأعلى المشغولة

3- طريقة تيار تفريغ الهواء:

يتم إيجاد ضغط سلبي (تفريغ هواء) ضمن المسافة الفاصلة، الأمر الذي يتسبب بجعل السائل عبر المسافة الفاصلة بين الإلكترود والمشغولة والبالغة $(0.02mm)$، يمكن أن يمر السائل صعوداً عبر ثقب في الإلكترود أو نزولاً عبر ثقب في القطعة المعدنية.

يتمتع هذا التيار بالعديد من المزايا بالمقارنة مع الطرق الأخرى من حيث رفعه لكفاءة العملية ومن حيث تخفيفه للدخان والأبخرة كما أنه يفيد في الحد أو التخلص من التناقص التدريجي في القطعة المعدنية المشغولة، كما في الشكل (11-11).

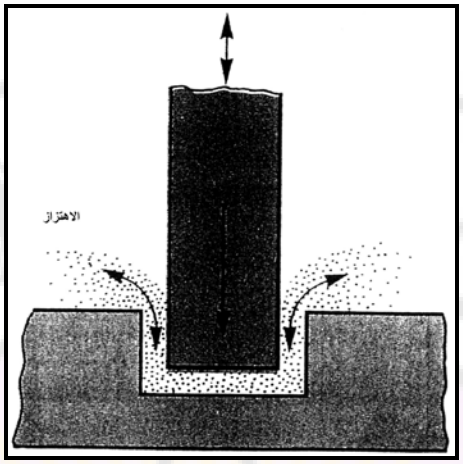


الشكل (11-11)

جريان السائل لأسفل المشغولة بواسطة الامتصاص

4- طريقة الاهتزاز:

يتم استخدام فعل الضخ والامتصاص بهدف التخلص من الشظايا الموجودة في المنطقة الفاصلة، تتصف هذه الطريقة بأنها تصلح بشكل خاص للثقوب الصغيرة والثقوب العميقة والتجاويف المسدودة حيث يكون من غير العملي استخدام الطرق الأخرى.



الشكل (11–12)

جريان السائل العازل بواسطة الاهتزاز

(11-3-6) معدل قص المعدن:

إن قص المعادن بطريقة (EDM) ربما كان أبطأ من الطرق التقليدية حيث يرتبط معدل الكميات التي يتم قطعها بالعومل التالية:

1 -كمية التيار عند كل تفريغ.

2 -تردد التفريغ.

3 -مادة الإلكترود.

4 -مادة القطعة المعدنية المشغولة.

5 -شروط التخلص من الشظايا.

إن معدل القص العادي هو تقريباً هو $\left(1in^3/1hour/20A\right)$ ومع ذلك من الممكن بلوغ معدل $\left(15in^3/1hour/20A\right)$ باستخدام تجهيزات خاصة.

(11-3-7) اهتراء الأداة:

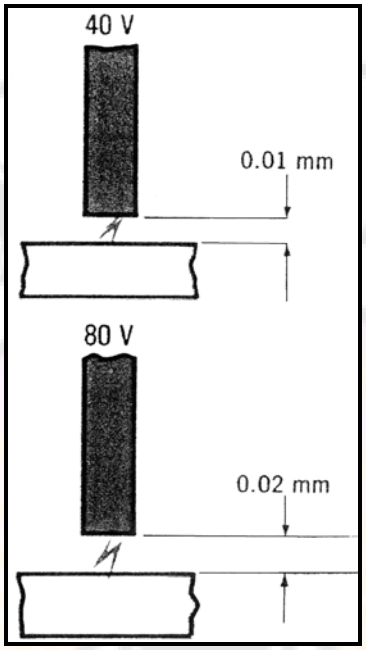
خلال عملية التفريغ يكون الإلكترود مثل القطعة المعدنية عرضةً للتآكل وينتج عن هذا صعوبة الحفاظ على مستوى ثابت للقطع.

يكون معامل اهتراء القطعة المعدنية عادةً بمعدل $\left(\frac{3}{1}\right)$ بالنسبة للإلكترود المعدني المصنوع من النحاس الأحمر أو البرونز أو خلائط التوتياء ولكن استخدام الغرافيت يحسن المعدل ليصل إلى $\left(\frac{10}{1}\right)$.

تجري العديد من الأبحاث بهدف الحد من اهتراء الإلكترود وتبشر طريقة عكس الأقطاب الجديدة في الحد من اهتراء الإلكترود فعند استخدام هذه الطريقة يتم التخلص من الشظايا بسرعة كبيرة وهذه الطريقة تعمل بصورة أفضل في ظل تردد تفريغات أقل وتيار أشد وهي تحسن معدل سرعة القطع وتحد من اهتراء الإلكترود.

(11-3-8) فرق القطع:

يعرّف فرق القطع على أنه فرق الحجم بين التجويف المحدث في القطعة المعدنية وبين الإلكترود المستخدم، الشكل (11-13).



الشكل (11–13)

مثال لإنتاج القطع الزائد بواسطة توترات مختلفة

إن المسافة بين سطح العمل وبين سطح الإلكترود مساوية لطول شرارة التفريغ التي تكون ثابتة في مناطق الإلكترود.

يصل حجم هذا الفرق في طريقة (EDM) إلى $(0.005mm - 0.17mm)$ وكما هو مبين في الشكل (11–13) تتزايد مسافة فرق القطع مع تزايد فرق الكمون في المسافة الفاصلة، وبالتالي يمكن التحكم بفرق القطع ويتغير فرق القطع مع تزايد فرق الكمون في المسافة الفاصلة وبالتالي يمكن التحكم بفرق القطع. يتغير فرق القطع تبعاً لمعدل قطع المعدن وجودة إنهاء السطح.

تقوم الشركات المصنعة لآلات (EDM) بوضع لائحة بفروق القطع بهدف إظهار المسافة التي يمكن الحصول عليها باستخدام تيارات متنوعة، تسمح هذه اللائحة بتحديد أبعاد الإلكترود المطلوب بهدف الحصول على فتحة في حدود $(0.002mm)$.

إن أبعاد الشريحة المقطوعة هو عامل مهم في تحديد فرق القطع بسبب:

1 -الشظايا الموجودة في المسافة الفاصلة بين الإلكترود والقطعة المعدنية تفيد كموضع للتفريغ الكهربائي.

2 -الشرائح الكبيرة الناتجة عن استخدام شدة تيار قوية تتطلب وجود مسافة فاصلة أكبر، وعلى هذا يرتبط فرق القطع بفرق الكمون في المسافة الفاصلة بحجم الشريحة الذي يتغير تبعاً لشدة التيار المستخدم.

(11-3-9) إنهاء السطح:

حدث في السنوات الأخيرة تقدم كبير فيما يتعلق بإنهاء سطوح العمل، فمع معدل قطع منخفض يمكن أن تصل درجة نعومة سطح العمل إلى مستوى $(2-4\mu in)$، وفي ظل معدل قطع مرتفع بحدود $(15in^3/1hour/20A)$ تصل نعومة سطح العمل إلى مستوى $(1000\mu in)$.

يحدد مستوى الإنهاء المطلوب بشدة التيار الواجب استخدامه والمكثف والتردد وفرق الكمون.

(11-3-10) مزايا طريقة (EDM):

تتمتع هذه الطريقة بالعديد من المزايا:

1 -يمكن قطع أي معدن موصل للكهرباء بغض النظر عن صلابته، وهي طريقة قيمة بشكل خاص عند قطع الكربيدات والخلائط الجديدة التي يصعب كثيراً قطعها بالطرق التقليدية.

2 -يمكن تنفيذ العمل في وضع صلابة المادة مما يعني تحاشي التشوهات التي قد تحصل أثناء التصلب.

3 -من الممكن التخلص من قطع المثقب المكسورة بشكل فوري.

4 -لا تؤدي إلى إجهاد المادة التي يتم التعامل معها حيث أن الأداة لا تدخل في تماس مع القطعة.

5 -لا تتولد سطوح خشنة من العملية.

6 -من الممكن التعامل مع مقاطع رقيقة وهشة دون الخوف من تشوهها.

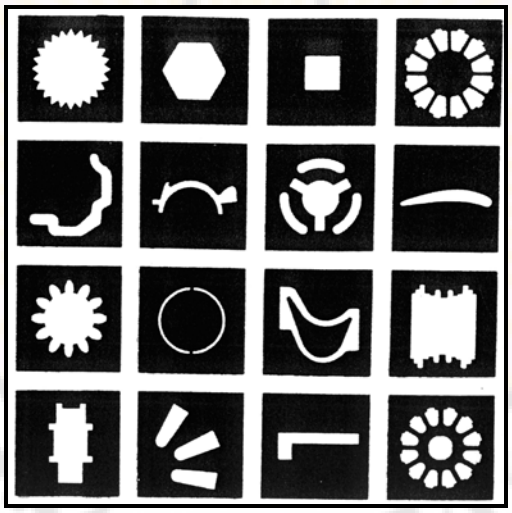
7 -لا حاجة لعملية صقل ثانوية في معظم الأعمال.

8 -الطريقة آلية يتحكم بها نظام تحكم آلي.

9 -بإمكان شخص واحد تشغيل عدة آلات (*EDM*) في الوقت نفسه.

10 -يمكن الحصول على أشكال معقدة يستحيل الحصول عليها بالطرق التقليدية.

11 -من الممكن الحصول على قوالب أفضل بكلفة أقل، الشكل (11-14).



الشكل (11-14)

مشغولات مشكلة بالشرارة

(11-3-11) مجالات طريقة (EDM):

وجدت طريقة التفريغ الكهربائي العديد من التطبيقات في ميدان صناعة الآلات، لكن مع هذا هناك عوامل تحد من استخدامها:

1 -معدل قطع المعادن منخفض.

2 -يجب أن تكون المادة موصلة للكهرباء.

3 -التجاويف التي يتم الحصول عليها تتناقص تدريجياً.

4 -من الممكن أن يحدث اهتراء الإلكترود بسرعة.

5 -الإلكترود الذي يقل قطره عن $(0.07mm)$ غير عملي.

6 -تتضرر سطوح العمل حى عمق $(0.005mm)$.

7 -قد يحدث نوع من التصلب، ولكن يعتبر أحياناً من مزايا الطريقة.

تم استخدام هذه الطريقة في البداية في التطبيقات العملية ثم امتد استخدامها إلى ميدان رفع الجانب الاقتصادي في بعض المهن التي كان من الصعب لا بل من المستحيل تطويرها بالوسائل التقليدية.

(11-4) الشحذ بالتشريد الكهربائي:

تعتبر هذه الطريقة جيدة جداً بالنسبة للتعامل مع المنتجات المعدنية الرقيقة والهشة وكذلك في التعامل مع خلائط عصر الفضاء.

في هذه الطريقة يتم قطع المعدن عبر تظافر أثر فعل كيميائي كهربائي وعجلة الشحذ على سطح القطعة المراد تشكيلها.

يتم التخلص تقريباً بمقدار (90%) من المعدن المشحوذ بواسطة الفعل الكيميائي الكهربائي في حين تقوم العجلة بالتخلص من (10%) منه.

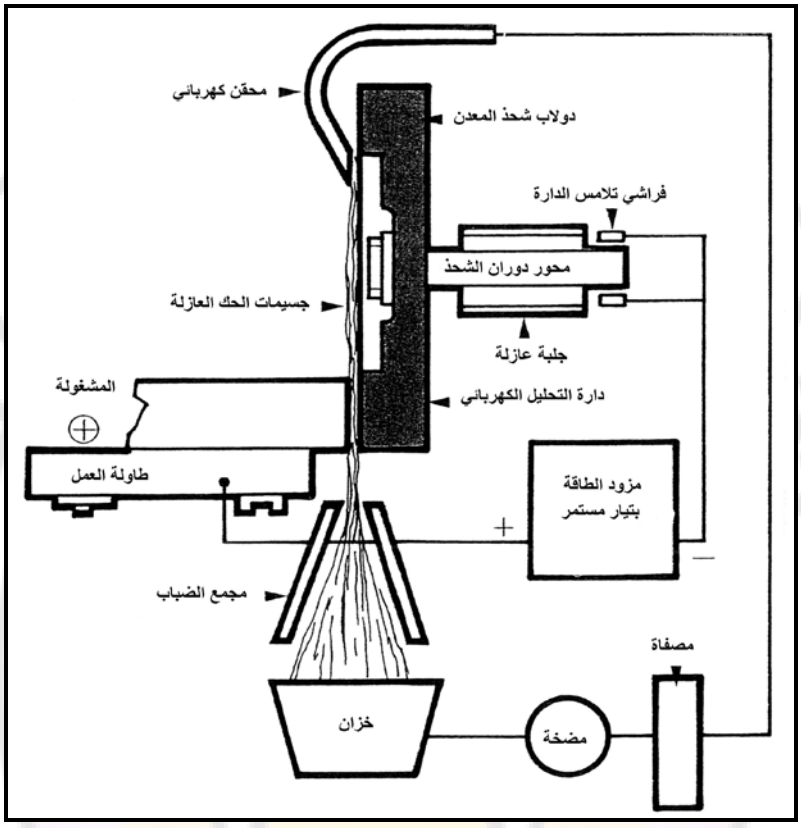
يتم وصل العجلة وقطعة المعدن التي يتم تشكيلها إلى مصدر تيار مستمر ويتم الفصل بينهما بواسطة الحبيبات الطاحنة الموجودة على العجلة، ويتم ضغط سائل قابل للتشرد الكهربائي في المسافة الفاصلة ما بين العجلة والقطعة المعدنية المربوطة إلى الطرف الثاني الموجب للجهد الكهربائي مما يكمل الدارة الكهربائية ويوفر الظروف المناسبة لتوليد الفعل الذي يفكك سطح ساحة العمل.

يتم التخلص من نواتج التفكك بفضل العجلة التي تبعده عن المحلول وخلال كامل العملية لا يحدث تماس إطلاقاً بين العجلة وبين القطعة المعدنية التي يتم تشكيلها.

(11-4-1) عملية الشحذ بالتشريد الكهربائي:

يتم استخدام نوع خاص من عجلات الشحذ في هذه الطريقة وتعتبر العجلات المعدنية الناقلة للكهرباء ضرورية في هذه العملية حيث يمكن استخدام عجلات من النحاس الأصفر ومن البرونز والنحاس المدعم ضمن أشكال متعددة.

تعتبر العجلة بمثابة الإلكترود السالب ضمن الدارة وتتصل بمصدر تيار مستمر عبر تجهيزات وصل معزولة عن باقي الآلة بغطاء عازل كما في الشكل (11-15)، وينصح باستخدام عجلات مدعمة بالماس لشحذ كربيد التنغستن في حين ينصح باستخدام عجلات من أكسيد الألمنيوم للتعامل مع باقي المواد الناقلة للكهرباء.



الشكل (11–15)

مبدأ عمل الشحذ الكهربائي

تقوم العجلة بدور هام في العملية، حيث تقوم الحبيبات الطاحنة بدور هام في المحافظة على المسافة الضرورية بين العجلة والقطعة المشغولة، كما أنها تشكل آلاف الجيوب الصغيرة التي تمتلئ بالمحلول وتكمل الدارة الكهربائية.

من المهم أن تدور عجلة الشحذ بشكل صحيح إلى عمق $(0.01mm)$ بهدف الحفاظ على فاعلية الشحذ وبهدف تأمين مرور القدر الأعظم من المحلول المتشرد وذلك للتخلص من أكبر كمية ممكنة من الشوائب.

من الممكن تدعيم عجلة الشحذ المصنوعة من أكسيد الألمنيوم بحافة من الماس أو بوصلة تسوية ومن الواجب تجهيز العجلات المألمسة بمؤشر رقمي، وبعد كل عملية تسوية يتم

عكس الآلية عن طريق عكس ذراع الطاقة ويؤدي هذا إلى تخليص العجلة من بقايا المعدن.

أما القطعة المعدنية المشغولة فيجب أن تكون مصنوعة من معدن ناقل جيد للكهرباء حيث تمثل القطب الموجب للدارة الكهربائية وهي متصلة بالتوتر الكهربائي بشكل مباشر عبر لوحة الآلة ونستطيع باستخدام هذه الطريقة شحذ أي معدن أو خليط شريطة أن تكون مصنوعة من مادة ناقلة للتيار الكهربائي.

في هذه العملية يتم استخدام تيار مستمر ضعيف التوتر $(4V - 16V)$ وعالي الشدة $(30A - 1000A)$ وترتبط كمية التيار المتدفقة بأبعاد المساحة التي يتم قطعها حيث يصل معدل القطع وفق هذه الطريقة إلى $(0.16cm^3/\min/100A)$. ولكل مادة نقطة إشباع تحد من التيار الذي يمكن قبوله.

أما السائل المتشرد فيكون عادةً محلولاً ملحياً يفيد في:

1 -يلعب دور موصل كهربائي بين القطعة المشغولة والعجلة أثناء التشرد.

2 -يرتبط كيميائياً مع شظايا المعدن الناتجة عن القطع.

عندما يمر التيار من القطعة المشغولة (القطب الموجب) عبر المحلول المتشرد إلى عجلة الشحذ (القطب السالب) حيث تلعب جزيئات المحلول دور عاملاً كيميائياً يفكك سطح ساحة العمل.

يتضافر التيار مع المحلول لتشكيل غشاء من أكسيد ناعم يغطي السطح الخارجي للمشغولة ويمنع مرور التيار، ولكن حركة العجلة الدوارة تساعد في التخلص من هذا الغشاء وتنظيف السطح وبالتالي تسمح بمرور التيار من جديد، إن معدل التفكك مرتبط مباشرةً بكمية التيار الذي يتدفق من القطعة إلى العجلة.

عندما يمتلئ المحلول بشظايا المعدن المقطوع يتم التخلص من تلك الشظايا وذلك بتخزين المحلول الملوث في خزان ثم يمرر عبر مصافٍ لإزالة هذه الشظايا.

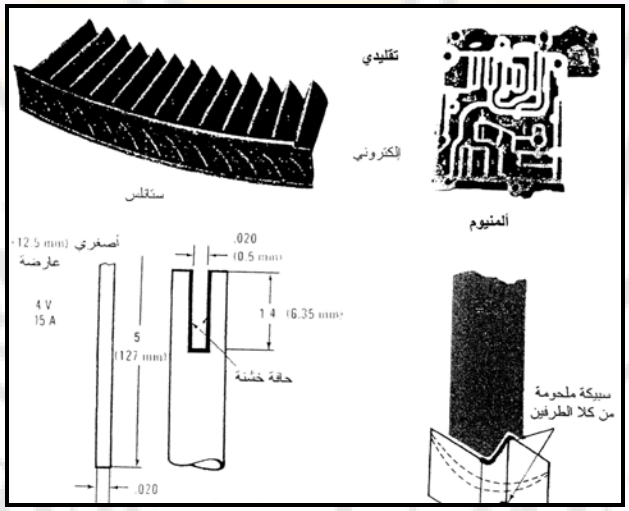
ومن الضروري ضخ محلول جديد خالٍ من الشوائب بهدف الحصول على شحذ فعال وإلاّ تسبب الوضع في اهتراء العجلة الأمر الذي يحد من معدل إنجاز العمل بشكل صحيح.

يجب أن تكون سطوح الآلة التي تظل على تماس مباشر مع المحلول مبطنة بالكروم بهدف تحاشي الفعل المخرش للمحلول.

أما عن إنهاء السطوح فتتراوح نعومة السطوح التي نحصل عليها بهذه الطريقة بين $\left[(8-20)\,\mu in\right]$ عند شحذ الفولاذ وغيره من المعادن.

كلما كان الخليط عالي المستوى كلما كان إنهاء السطوح أفضل فعند القيام بشحذ كربيد التنغستن نحصل على سطوح ناعمة بدرجة $\left[(10-12)\,\mu in\right]$.

يمكن تطبيق طريقة الشحذ بالتشريد الكهربائي على مختلف الأشكال كما يبين الشكل (16-11).



الشكل (16-11)

أمثلة على أنماط الشحذ الإليكتروليتي

عند اللجوء إلى استخدام مختلف الطرق المعتمدة على التشريد الكهربائي يجب أن لا يغيب عن الذهن أن ساحة التماس بين العجلة والقطعة المشغولة يجب أن لا يتجاوز أبداً في الظروف العادية $(0.75in = 19.05mm)$ أما إذا كان هناك من ضرورة لتجاوز هذا الحد فمن الواجب عندها استخدام أسلوب أبطأ أو أن يتم التزود بالمحلول القابل للتشريد عن طريق تجهيزات مساعدة.

(11-4-2) الشحذ الأسطواني:

ينطبق على هذا النوع من العمل كل مزايا استخدام هذه الطريقة باستثناء معدل القطع العالي، ويعود هذا إلى صغر مساحة الاحتكاك بين العجلة والقطعة المشغولة مما لا يسمح بمرور إلاّ قدر قليل من التيار (عند التشرد) وينصح باستخدام طريقة التغطيس للعمل حتى حدود عدة أجزاء من مئة من الميليمتر ثم يتم إنهاء العمل باستخدام طريقة الشحذ الجانبي.

(11-4-3) الشحذ بالتغطيس:

عندما يتم تغطيس ساحة العمل لا تقوم العجلة بحركة باتجاه عرضي بل إن العجلة تعمل بشكل مستقيم مباشرةً على سطح العمل ومن الممكن في هذه الحالة استخدام واجهة أو جوانب العجلة وتفيد هذه الطريقة في التعامل مع أي سطوح منفردة متناسبة مع قياسات العجلة.

ينصح باستخدام التلقيم اليدوي عند التعامل مع قطع مفردة في حين يستخدم التلقيم الآلي عند الإنتاج الكمي.

(11-4-4) شحذ السطوح:

بما أن مساحة التماس تتغير تبعاً لسماكة أداة القطع أو لقطر عجلة الشحذ لذلك ينصح بأن يتم التماس مع كامل سماكة أداة القطع عند كل تمرير للأداة، كما يمكن استخدام أكبر عجلة متناسبة مع قدرة الآلة ولا يتعلق عرض الاختراق بعرض العجلة

بقدر ما يتعلق بتوفر قدر كافٍ من التيار، وعندما تتوفر الإمكانية ينصح باستخدام التلقيم الآلي حيث أن التلقيم البطيء يتسبب في فروق في القطع.

(11-4-5) مزايا طريقة الشحذ بالتشريد الكهربائي:

تتمتع هذه الطريقة بالعديد من المزايا مقارنةً مع الطرق التقليدية:

1 -يحد من تكاليف العجلات خصوصاً في العجلات المدعمة بالماس حيث يتم قطع (10%) فقط من المعدن عن طريق السطح الطاحن.

2 -معدل قطع مرتفع مقارنةً مع مدة اهتراء العجلة.

3 -إمكانية الحصول على معدل إنتاج أعلى بسبب طول الساحة التي يتم تغطيتها عند دوران العجلة.

4 -لا يوجد ارتفاع في الحرارة وبالتالي لا يوجد احتراق أو تشوه.

5 -العملية لا تترك سطوح خشنة.

6 -يمكن التعامل مع قطعة رقيقة وهشة دون التسبب بتشوهها لأن العجلة لا تمس القطعة المشغولة.

7 -يمكن التعامل مع كربيد التنغستن ومع خلائط قاسية بسهولة وبسرعة.

8 -يمكن قطع المعادن الغريبة بغض النظر عن هشاشتها وحساسيتها للحرارة.

9 -يمكن التعامل مع كافة المعادن شرط أن تكون ناقلة للتيار الكهربائي.

10 -يمكن القطع بوقت واحد دون الحاجة إلى عملية إنهاء.

11 -لا تتعرض القطعة المشغولة إلى إجهادات.

12 -لا يوجد مرحلة تصلب خلال هذه العملية.

(11-4-6) سلبيات الشحذ بالتشريد الكهربائي:

لهذه الطريقة بعض السلبيات:

1 -لا يمكن التعامل إلاّ مع المواد الناقلة للكهرباء.

2 -عجلات الشحذ عالية التكلفة وخصوصاً المدعم بالماس.

3 -لا يمكن قطع الزوايا الداخلية بدقة تفوق $(0.25mm - 0.4mm)$.

4 -الدقة في حدود $(0.02mm)$ فقط.

5 -المحلول المتشرد المستخدم هو محلول مخرش ولهذا السبب يتم حماية قطع الآلة التي تدخل في تماس مباشر بالطلي بالكروم.

6 -يجب أن لا تتجاوز ساحة احتكاك العجلة $(0.75in)$.

(11-5) تشكيل المعادن بالانفجار:

أثبتت المتفجرات الكيميائية أنها مصدر رخيص للطاقة، حيث يتطلب الأمر كمية من المتفجرات لتوليد طاقة كبيرة لتشكيل المعدن، فعلى سبيل المثال استخدام $(57gr)$ من المتفجرات الكيميائية ضمن خزان ماء قطره $(1.52m)$ يولد طاقة مماثلة لضغط هيدروليكي مقداره $(1000ton)$.

يمكن تلخيص هذه الطريقة بالخطوات التالية:

1 -يتم تثبيت القطعة المعدنية المراد تشكيلها في القسم العلوي من القالب كما في الشكل (11-17).

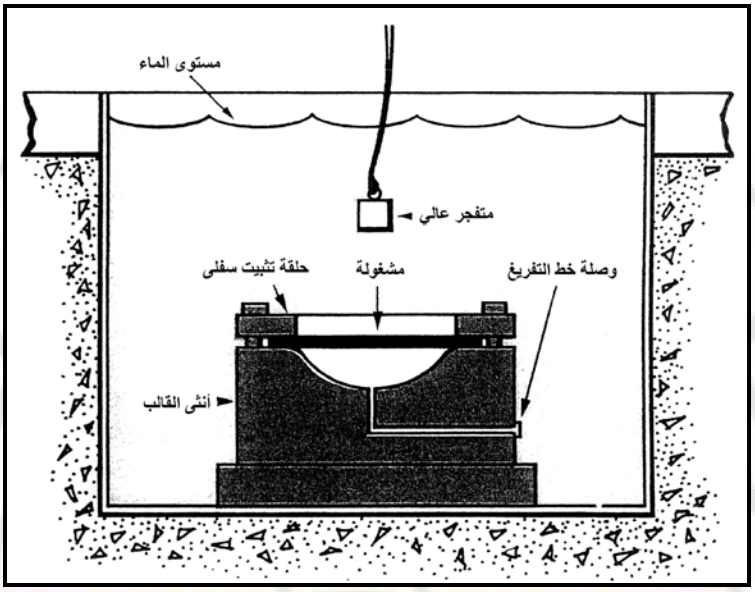
2 -توضع المتفجرات فوق القطعة المعدنية على مسافة محددة من سطحها.

3 -يتم تغطيس الجميع ضمن خزان ماء.

4 -يتم توليد ضغط سلبي ضمن القالب.

5 -يتم التفجير.

6 -تقوم موجة الصدمة بتشكيل المعدن وفق القالب المطلوب.



الشكل (11–17)

مبدأ تشكيل المعادن بالإنفجار

تقوم موجة الصدمة ضمن الماء بالضغط على المعدن وتجبره على الدخول ضمن القالب (يكون تحت المعدن فراغ حسب الشكل المطلوب) وتكون الطاقة هائلة لكن من الممكن التحكم بها بحيث لا تتجاوز كثيراً الطاقة المطلوبة، حيث أن استخدام مقدار كبير من الطاقة يمكن أن يؤدي إلى تصدع المعدن وتحطمه كلياً.

تتمتع هذه الطريقة بالعديد من المزايا:

1 -تكلفة قالب التشكيل منخفضة.

2 -تكلفة التجهيزات منخفضة نسبياً.

3 -يمكن الحصول على أشكال صعبة أو مستحيلة التشكيل بالطرق الأخرى.

4 -الحصول على سطح إنهاء جيد.

5 -الاستغناء عن عملية التحمية.

أما عن مساوئ هذه الطريقة فيمكن ذكر التالي:

1 -يجب أن يكون العمال مدربين بشكل جيد على استخدام المتفجرات.

2 -تكليف الأمن والسلامة المهنية عالية.

3 -يجب أن تتم العملية في مكان بعيد مما يزيد في تكاليف النقل.

(11-6) تشكيل المعادن بالشرارة الكهربائية:

يتم الحصول على موجة صدم مماثلة لتلك الناتجة عن استخدام المتفجرات عن طريق استخدام تفريغ كهربائي عالٍ تحت ماء ذي توتر عالٍ، ويرتبط مقدار الطاقة المطلوبة بالعوامل التالية:

1 -قطر وعمق تجويف القالب.

2 -المسافة الفاصلة بين الشرارة وسطح الماء.

3 -عرض المسافة الفاصلة بين القطبين.

4 -سماكة القطعة المشغولة.

لا يمكن لهذه الطريقة أن تنافس الطرق التقليدية فيما يخص تشكيل قطع بسيطة، وهي تستخدم لتشكيل قطع يصعب عادةً أو يستحيل تشكيلها بالطرق التقليدية كما يمكن لهذه الطريقة تنفيذ أعمال مثل السحب والثقب والتوسيع.

يمكن تلخيص مبدأ الطريقة بالخطوات التالية:

1 -يتم تثبيت القطعة التي يراد تشكيلها بإحكام في القسم العلوي من قالب التشكيل بواسطة طوق التثبيت، الشكل (11-18).

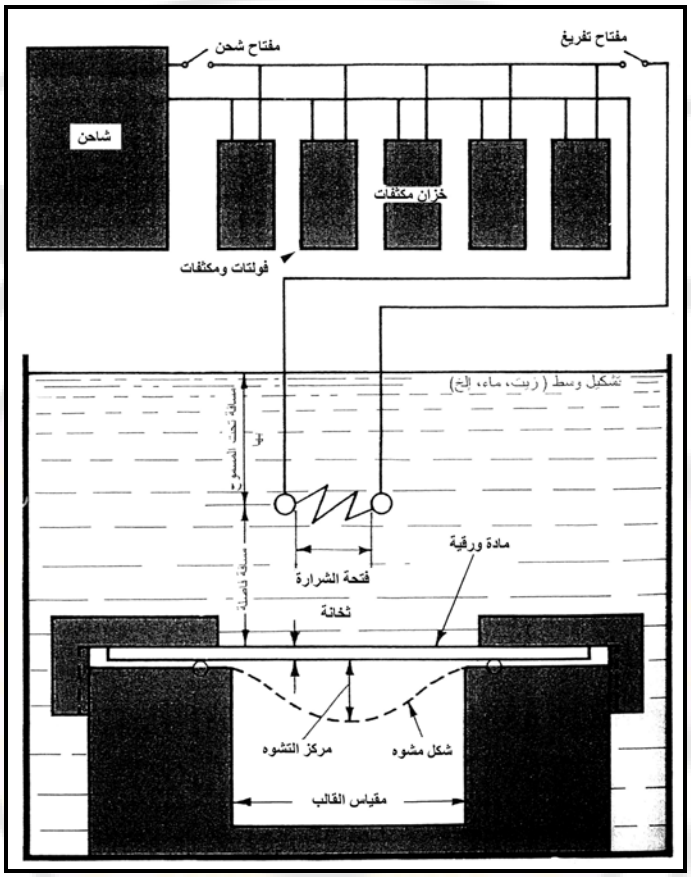
2 -يغطس القالب ضمن الماء.

3 -يتم توليد ضغط سلبي في تجويف القالب تحت المشغولة.

4 -يتم وضع الأقطاب الكهربائية على مسافة معينة فوق سطح القطعة المراد تشكيلها.

5 -يتم تفريغ الشحنة بين القطبين ذات التوتر العالي.

6 -تتولد نتيجة التفريغ موجة صدم تجبر القطعة على التشكل وفق القالب.



الشكل (11–18)

مبدأ عمل التشكيل بالشرارة الكهربائية

إن تحرير الطاقة العالية بين القطبين يؤدي إلى تسخين وتبخير قطاع من الماء ويحوله إلى موجة صدمة، وعندما تصل الموجة إلى القطعة يختل توازن الضغط نتيجة للضغط المنخفض (السالب) السائد ضمن التجويف والضغط العالي (الموجب) الناتج عن التفريغ وتجبر القطعة على التشكل في اتجاه الضغط السالب وبالتالي تأخذ القطعة شكل القالب. يتم عادةً التحكم بقوة عن طريق التحكم بالمسافة الفاصلة بين قطبي التفريغ، وتجدر الإشارة إلى ضرورة تعويض الماء المبخر عند القيام بعملية جيدة.

إن معظم المزايا والمساوئ المتعلقة بطريقة التفجير تنطبق على هذه الطريقة ويكمن **الفرق بين هاتين الطريقتين فيما يلي:**

1 -كلفة معدات توليد التفريغ أعلى نسبياً.

2 -طريقة التفريغ أكثر أماناً ولا ضرورة لإجرائها في مكان خاص بعيد.

3 -معدل إنتاج مرتفع.

4 -من الممكن التحكم بقوة التفريغ بصورة أكثر دقة.

5 -مقدار التفريغ مرتبط بقدرة المولد الكهربائي.

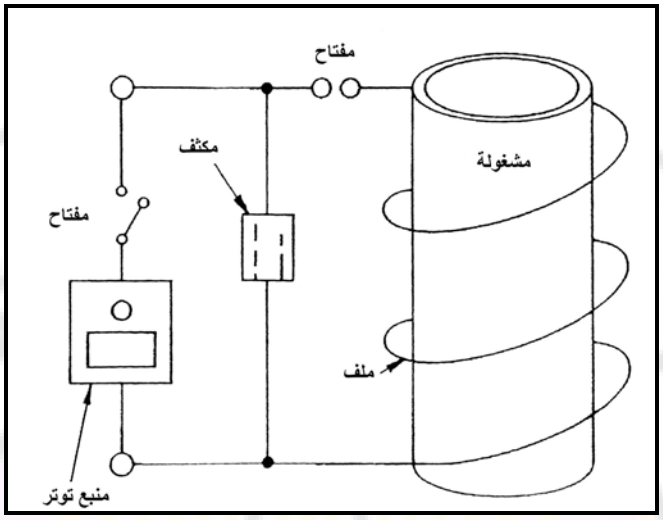
(11-7) تشكيل المعادن بالطريقة الكهرطيسية:

تعد هذه الطريقة من أحدث الطرق المستخدمة في تشكيل المعادن حيث يتم استخدام الحقل المغناطيسي الناتج عن مرور تيار كهربائي شديد ضمن ملف حول القسم الخارجي أو الداخلي من القطعة المراد تشكيلها بهدف الحصول على الشكل المطلوب.

يتم الحصول على أفضل النتائج بواسطة هذه الطريقة عند التعامل مع النحاس والألمنيوم والتي هي نواقل جيدة للكهرباء.

يتم استخدام هذه الطريقة لتوسيع أو تضييق الأشكال الأنبوبية كما يمكن استخدامها للحصول على أشكال متعددة.

يبين الشكل (11-19) مبدأ عمل هذه الطريقة حيث تمر الطاقة الكهربائية عبر مكثف بدلاً من مرورها عبر قطبين كما هو الحال في طريقة التشكيل بالتفريغ الكهربائي.



الشكل (11–19)

مبدأ طريقة التشكيل الكهرطيسي

ينشأ حقل مغناطيسي كبير حول الملف يولد فرق كمون محرّض في القطعة المراد تشكيلها ويؤدي هذا إلى خلق حقل مغناطيسي خاص بالقطعة، يكون الحقلين متعاكسين في الاتجاه ويتدافعان متسببين في تغيير شكل القطعة المعدنية، وإذا كان الملف داخل القطعة المشغولة الأنبوبية الشكل فإن القوة المغناطيسية ستسبب نتوء في تجويف قالب التشكيل. كمية التشوه للمشغولة تزداد تبعاً لكمية الطاقة المخزنة وتتناقص عند ازدياد المسافة بين الملف والمشغولة، ومن الممكن التعامل مع الأجزاء غير الناقلة للتيار الكهربائي عن طريق وضع ورق من مادة ناقلة للكهرباء داخل الأجزاء المراد تشكيلها الأمر الذي يجبر المادة على اتخاذ شكل القالب المطلوب.

إن هذه الطريقة حديثة نسبياً وأثبتت جدارتها في العديد من العمليات التي يصعب أو يستحيل تنفيذها بالطرق الأخرى.

من الواجب الاهتمام بالعوامل التالية حيث أنها تؤثر على كفاءة العمل:

1 - يجب أن تكون كمية الطاقة الكهربائية المستخدمة كافية تماماً لتغيير شكل القطعة.

2 - يجب أن يكون الملف مصمماً بحيث يكون أقوى من القطعة المراد تشكيلها وإلاّ قام الحقل بتشويه الملف أكثر من المشغولة.

3 - إن عدد وقياس أسلاك حلقات الملف هام جداً حيث يحدد قوة الحقل الكهرطيسي المتولد ويجب أن يتم وضع الملف على مسافة معينة من الجزء المراد تشكيله.

4 - مادة المشغولة الناقلة للتيار الكهربائي تكون عاملاً مهماً في تحديد نجاح العمل.

5 - إن سماكة المشغولة يحدد مكان وضع الملف وكذلك الطاقة الكهربائية المتولدة.

الفصل الثاني عشر

خدمة وصيانة التجهيزات الميكانيكية

Machines Service And Maintenance

وقل رب زدني علما
Damascus University

(12-1) مقدمة:

لقد شهدت السنوات الأخيرة تطوراً متزايداً في بنية المنشآت الصناعية الإنتاجية والخدمية، وترافق هذ التطور مع تعقيد متزايد في البنى الهندسية لمحتويات تلك المنشآت من معدات هندسية وتجهيزات. كما رافق ذلك تزايد في التكامل والترابط بين محتوياتها وأصبحت مهمة صيانة تلك المنشآت ومحتوياتها والعناية بها من المهام الصعبة التي استدعت بذل القدر الكبير من الجهود لتطوير نظم متعددة لتتلاءم مع طبيعة وبنية تلك المنشآت.

لذلك برزت أهمية الصيانة في مفهومها الحديث وهو المحافظة على وظائف المعدات والتجهيزات الميكانيكة لخطوط الإنتاج بهدف تقليل الخسائر والمفاقيد وزيادة الأرباح.

(12-2) تعاريف أساسية:

تعرف المواصفة المعيارية الإنكليزية (BS4778) أساسيات الصيانة كما يلي:

الصيانة: هي جميع الجهود المبذولة من قبل الإدارة والكادر الفني لإعادة وسيلة الإنتاج إلى الحالة التي تمكنها من أداء الوظائف الأساسية المطلوبة منها.

العطل: هو انعدام مقدرة العنصر على أداء الوظائف الأساسية المطلوبة منه.

العيب: هو ضعف مقدرة العنصر على أداء الوظائف المطلوبة منه.

زمن العمل : هو الفترة التي تكون فيها وسائل الإنتاج بحالة قادرة على أداء الوظائف المطلوبة منها.

زمن العطل: هو الفترة التي تكون فيها وسيلة الإنتاج بحالة غير قادرة على أداء الوظائف المطلوبة منها.

(12-3) أهداف الصيانة:

يمكن تلخيص أهداف الصيانة في النقاط التالية:

1- تقليل الأعطال الكبيرة.

2- تقليل زمن العطل.

3- تخفيض استهلاك قطع التبديل.

4- تقليل عدد عناصر فريق العمل اللازم للقيام بالصيانة.

(12-4) أهمية نظم الصيانة على المنشآت الهندسية الإنتاجية:

يؤثر نظام الصيانة الفعال على العديد من النواحي الهامة للمنشأة الإنتاجية، حيث أن النظام الفعال هو الذي يؤمن جاهزية المعدات والآلات ويحافظ على قدرتها على تأدية الوظائف المطلوبة منها وفق القيم المعيارية المفترضة وذلك بأقل التكاليف.

يؤثر نظام الصيانة على المنشأة من حيث:

- **إدارة المنشأة:**

إن اختيار نظام الصيانة الأمثل للمنشآة الفنية يؤدي إلى:

1 -تحقيق الفائدة القصوى من رأس المال نتيجة لتفادي خسائر الإنتاج غير المتوقعة بسبب الأعطال الطارئة، وخفض تكاليف الإنتاج بسبب الإدارة الأمثل لمهام الصيانة بأقل التكاليف.

2 -تحقيق التوافق مع متطلبات أنظمة الجودة للمنتج ونظام العمل وبنية المنشأة.

- **الإنتاج:**

1 -تطوير وتنظيم إدارة الإنتاج وتسهيل متابعة تنفيذ الخطط الإنتاجية.

2 -زيادة حجم الإنتاج.

3 -رفع جودة المنتج أو الحفاظ على مستواه نتيجة الحفاظ على المعدات بالحالة الفنية الجيدة.

4 -الالتزام الأدق بمواعيد تسليم دفعات المنتج.

- ***وسائل الإنتاج:***

1 -تسمح بالاستفادة من العمر الأقصى لهذه الوسائل.

2 -ترفع جاهزية وسائل الإنتاج.

3 -تزيد قدرتها على تحقيق الخطط الإنتاجية.

- ***المحيط:***

1 -تساعد في تأمين سلامة المنشأة ومحتوياتها والعاملين فيها.

2 -تساعد في تحقيق توافق المنشأة والمعدات العاملة ضمنها مع متطلبات الحفاظ على البيئة.

(12-5) متطلبات الصيانة:

لتنفيذ عملية الصيانة وتحقيق أهدافها بالشكل المطلوب لابد من توافر فريق فني ذي خبرة ومهارة عالية والأدوات وقطع التبديل والنظام المناسب للصيانة.

(12-5-1) الموارد البشرية:

تعتبر الموارد البشرية بمثابة العمود الفقري في تنظيم الصيانة، وبغض النظر عن كون نظام الصيانة بسيطاً أو متقدماً فإن لم تكن الموارد البشرية قادرة على تشغيله فسيكون في مأزق حقيقي.

يقتضي ذلك اتخاذ إجراءات حاسمة بخصوص الكفاءات المطلوبة والكفاءات المتاحة وبرامج التدريب التي تصقل وتدعم الكفاءة. وأهم خطوة في هذا المجال هي تخطيط برامج تدريب مناسبة لكل مجموعة من الموارد البشرية:

- العمال المهنيون والفنيون.
- رؤساء العمال.
- المهندسون.
- المدراء.

ونظام التدريب يشمل عادةً:

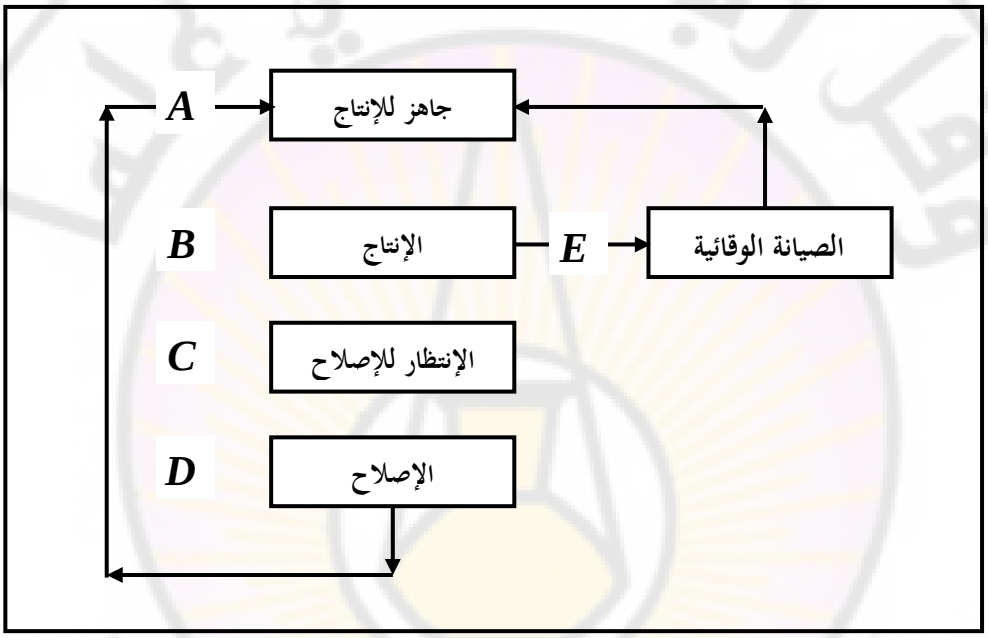
- السلامة.
- إدارة الأفراد.
- عمل الرافعات.
- عمل عربات النقل.
- تخطيط المهمة.
- اللحام.
- الأعمال الإلكترونية.
- الهيدروليك.
- إلخ .....

ومن الضروري أن يكون تدريب الموارد البشرية مبرمجاً على أرض الواقع لكي تحصل الإدارة على كفاءات حقيقية.

في هذا النظام يتعرّف كل عامل على جميع الشروط الخاصة بمهمته وكذلك المشرفين والمهندسين والمدراء.

(12-5-2) الاعتبارات الاقتصادية:

إن تخفيض كلفة الإنتاج هو أحد الأهداف الرئيسية لوظيفة الصيانة، لذلك عند التخطيط للصيانة لابد من دراسة حجم الإنفاق على الصيانة ونسبة الإنجاز المحققة نتيجة هذا الإنفاق.



الشكل (12–1)

حالات معدات الإنتاج

إن تجهيزات الإنتاج ستكون دائماً من الناحية النظرية في حالة من الحالات الموضحة في الشكل، وعليه تكون جاهزية الإنتاج:

$$A_v = \frac{T_o}{T_o + T_a}$$

T_o: الزمن عندما تكون التجهيزات بحالة عمل $T_o = A + B$

T_a: الزمن عندما تكون التجهيزات بحالة توقف $T_a = C + D + E$

إن التأثير الناجم عن عملية الصيانة على اقتصاد المؤسسة يكون إيجابياً بزيادة جاهزية التجهيزات وسلبياً باستهلاك الموارد.

(12-5-3) التخطيط والمتابعة:

يقوم قسم التخطيط بالإشراف على قسم الصيانة وهو الذي يتولى تخطيط أنشطة الصيانة.

يجري التخطيط على أربعة مستويات:

1 -التخطيط الاستراتيجي، ويشمل الصيانة الوقائية والإصلاحية.

2 -التخطيط الشامل، ويعتمدد على التخطيط الاستراتيجي.

3 -التخطيط المفصل.

4 -التخطيط للمهمة.

إن مدة كل مهمة تكون مخططة فيما يتعلق بتخصيص الموارد وعندما يتم ذلك فإن المهمات تدرج على قائمة تخطيطية موضحةً أوقات تنفيذها ويمكن في هذه الحالة أن نحسب لكل شهر الأعمال الأساسية المطلوبة لتنفيذ الصيانة المخططة.

والأهم من هذا كله هو إضافة الموارد المطلوبة لإنجاز المهمات غير المخططة التي ستنفذ في المستقبل القريب ويؤخذ بعين الاعتبار الاستثناءات المتوقع حدوثها نتيجة الغياب بسبب المرض أو ترك العمل.

إن الموارد اللازمة لإنجاز المهمات غير المخططة يمكن تقديرها من خلال الخبرة وبصورة تقريبية، وهكذا يمكن تقدير عبء العمل الساعي الإجمالي لكل شهر والتغيرات في هذا العبء تتكشف على مدار العام.

في التخطيط الشامل يجب الأخذ بالاعتبار استهلاك قطع التبديل والأدوات بحيث تكون القطع الضرورية جاهزة عند الحاجة.

يطبق التخطيط المفصل عندما يمكن تجزئة أي نشاط إلى أنشطة مستقلة منفصلة، ويعتبر تخطيط المهمة روتيناً يومياً ينجز بالتعاون مع قسم الإنتاج.

يمكن أن يكون نظام المتابعة اقتصادياً أو فنياً، والمتابعة الفنية هي تسجيل الأعطال وأسبابها بقصد معرفة نقاط الضعف.

في الوقت الذي يعتبر فيه تسجيل الأعطال أمراً بسيطاً فإن إثبات سبب العطل يكون أحياناً مسألة معقدة ويجب أن توجد دائماً وجهات نظر موضوعية.

إضافة إلى ما سبق فإن أية متابعة حول الوقت يمكن تحقيقها من خلال جاهزية المعمل:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF - MT}$$

$MTBF$: الزمن الوسطي بين الأعطال.

MT : متوسط الزمن الأدنى بين الأعطال وذلك بالنسبة لفترة زمنية معينة، وكذلك فإن متابعة المعلومات المتاحة يمكن أن يستخدم لبناء نسب أداء الصيانة التي تعطي ملخصاً لأنشطة الصيانة وفعاليتها، ومن هذه النسب:

نسبة الوقت الإضافي: نسبة الأعمال الساعية الإضافية إلى الأعمال الساعية الإجمالية.

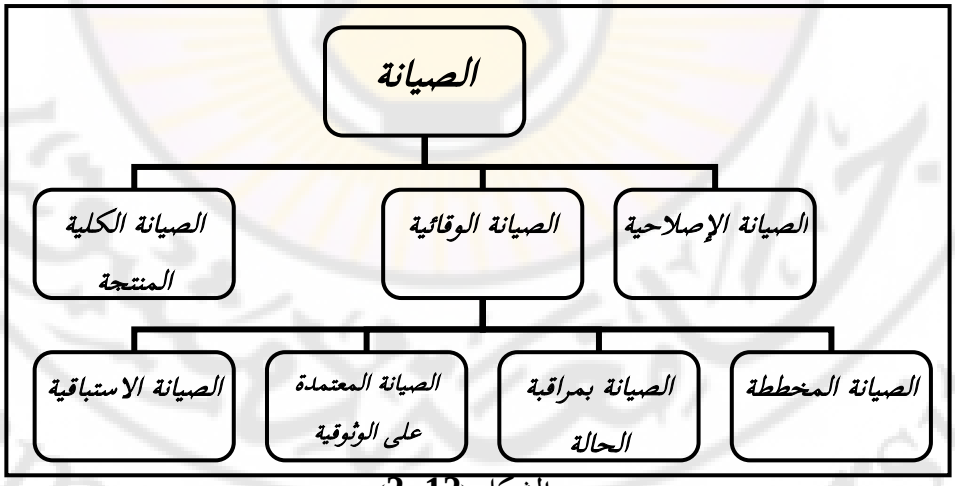
نسبة صيانة الآلة: نسبة الأعمال الساعية لإصلاح عطل آلة إلى جميع الأعمال الساعية الإجمالية.

نسبة انتظام العمل: نسبة الأعمال المنفذة بصورة جدية إلى جملة الأعمال المنفذة.

أما المتابعة الاقتصادية فتقتضي تسجيل جميع التكاليف الفعلية وبصورة مفصلة وتقييمها مقارنةً مع مخصصات الموازنة، وعندما يجري تقييم تكلفة الصيانة بالنسبة لآلة محددة، فإن التقييم يمكن أن يعتبر بمثابة معيار اقتصادي بالنسبة للآلات الأخرى.
إن متابعة تكاليف صيانة آلة ما يوضح لنا الاتجاه العام لحالة هذه الآلة، وهذا الاتجاه العام يمكن أن يستخدم لتقرير الزمن المناسب لإجراء عملية استبدال الآلة المذكورة بآلة جديدة.

(12-6) أساليب الصيانة:

إن الأسلوب الأمثل لصيانة المعدات هو الذي يحقق متطلبات جاهزيتها ومقدرتها على أداء الوظائف المعيارية المطلوبة منها بشكلٍ آمن وبالتكاليف الدنيا.
ونستعرض في الشكل (12-2) أساليب الصيانة الشائعة في المؤسسات الهندسية الإنتاجية.



الشكل (12-2)

أساليب الصيانة

(12-7) الصيانة الإصلاحية:

هي مجموعة إجراءات الإصلاح التي تنفذ على التجهيزات بعد وقوع العطل لإعادة الآلة إلى الحالة التي تمكنها من أداء الوظائف المطلوبة منها نفسها، وهذا النوع غالباً ما يكون طارئاً.

هذا الأسلوب هو الأكثر شيوعاً في بلدان العالم الثالث التي لا تملك منشآت هندسية عالية التطور والأتمتة.

يكون استخدام هذا الأسلوب ناجحاً في المنشآت الصغيرة الحجم (عدد محدود من المعدات) بحيث لا تكون عواقب العطل حرجة وخطيرة وبحيث يمكن تأمين قطع الغيار اللازمة بسهولة وسرعة، ولا يتم ذلك بشكل صحيح إلاّ بوجود كادر صيانة فني خبير بطبيعة المعدات ووظائفها وقادر على تشخيص الأعطال فيها بدقة.

أما مساوئ هذه الطريقة فهي:

1 -مفاجئة ومربكة، حيث تفرض في أوقات قد تكون غير ملائمة.
2 -تسبب خسائر كبيرة في الإنتاج.
3 -تحتاج إلى المرونة العالية في تأمين قطع الغيار في الأوقات غير المتوقعة.
4 -تحتاج إلى كادر صيانة فني ذي مهارات عالية في سرعة تشخيص الأعطال وآلية إصلاحها.
5 -تسبب خللاً في خطط الإنتاج.
6 -تؤثر على جودة المنتج المطلوب من المنشأة.
7 -قد تؤدي إلى أضرار مضاعفة وخطيرة على المنشأة والعاملين والبيئة.

(12-8) الصيانة الكلية المنتجة:

وفيها تكون مسؤولية صياغة وإدارة مهام الصيانة موزعة على جميع العاملين في المنشأة، بدءاً من مستوى الإدارة العليا ووصولاً إلى مستوى العمال المباشرين المشغلين والمستثمرين المباشرين للمعدات والآلات التابعة لتلك المنشأة.

يعتبر هذ النهج الأكثر حداثة وشيوعاً في الدول الصناعية الكبرى وخاصةً اليابان.

(12-9) الصيانة الوقائية:

هي مجموعة إجراءات الإصلاح التي تنفذ قبل وقوع العطل لمنع وقوعه أو الإقلال من احتمال وقوعه أو لمنع تدهور حالة أداء وسيلة الإنتاج.

تنطلق خطط هذا النوع من الصيانة من معلومات مسبقة معتمدة على:

1 -توصيات وتوجيهات الشركات المجهزة للمعدات وذلك من خلال كراسات التجهيزات.

2 -المعلومات المقدمة من قسم المتابعة والتشخيص من خلال أجهزة الفحص الدوري للمعدات باستخدام أساليب آلية تكنولوجية حديثة معتمدة أساساً على مبدأ الاهتزاز والتي يمكن تسجيلها يومياً وتغذيتها إلى أجهزة حاسوب محمولة يمكن متابعتها بشكل دوري وتحديد المستوى المقبول من هذه القرارات.

3 -الملاحظات المقدمة من قسم الإنتاج عن المعدات والتي تتم بشكل يومي من خلال بطاقة التبليغ عن العطل وتخص الأعمال التي يتطلب إنجازها توقف الآلة.

4 -مخطط الإنتاج الشهري.

تطور مفهوم وأسلوب هذا النوع من إصلاح المعدات والتجهيزات الهندسية مع تطور بنية المنشآت الهندسية وتطور المعدات فيها من حيث ارتقاء المستوى التقني لهذه التجهيزات والتعقيد المتزايد في بنيتها وتكامل مهامها.

انبثق عن هذا النوع من الصيانة عدة أشكال بسبب اختلاف مستوى الأداء المطلوب من المنشآت الهندسية وتجهيزاتها.

(12-9-1) الصيانة المخططة الدورية:

في هذا النوع تنفذ عمليات صيانة دورية بناءً على انقضاء فترات زمنية دورية مخططة مسبقاً (عدد ساعات التشغيل، عدد الدوات، فترات زمنية معينة، ....).

من مزايا هذا النوع:

1 -التخفيض من احتمال وقوع الأعطال الطارئة المربكة.

2 -ضمان الحالة الفنية لوسائل الإنتاج وبالتالي جودة المنتج.

ومن مساوئ هذا الأسلوب:

1 -تخزين كمية كبيرة من قطع الغيار المحتملة للاستخدام والتي تشكل جزءاً راكداً من رأس المال.

2 -تسبب خللاً في الأنظمة المستقرة.

3 -تؤدي لبعض الهدر الناتج عن استبدال بعض الأجزاء التي لم تستهلك تماماً.

يستخدم هذا الأسلوب في المنشآت ذات المعدات الهندسية الكبيرة والكثيرة والتي تبدي أنماطاً ثابتة من الأعطال والتي يعتمد منتجها على التكامل في عمل هذه المعدات، وتستخدم أيضاً عندما تكون تكاليف الأعطال الطارئة التي تصيب بعض خطوط الإنتاج عالية، أو أن عواقب الأعطال الطارئة ذات تأثيرات خطيرة.

(12-9-2) الصيانة بمراقبة الحالة (الصيانة التفتيشية):

في هذا النوع من تنفذ الصيانة اللازمة على الآلة بناءً على معطيات وسائل التحسس والمراقبة لمعاملات محددة (حرارة، ضجيج، تلوث، اهتزازات، .....)، حيث تسمح مراقبة تلك المعاملات بملاحظة بداية نشوء العطل في تلك المواضع ومراقبة تطوره مع الزمن وبالتالي تمكن من اتخاذ قرار الإصلاح في الوقت الأنسب.

من أهم مزايا هذه الطريقة:

1 -استثمار العمر الأقصى لقطع الغيار المستهلكة بشكل دوري.

2 -تعطي مهلة زمنية لاتخاذ قرار الإصلاح في أنسب الأوقات بالنسبة لمستثمر الآلة.

3 -تساعد في خفض مخزون قطع الغيار.

ومن مساوئ هذه الطريقة:

1 -التكاليف الإضافية الناتجة عن إضافة وسائل التحسس والمراقبة.

2 -ضرورة وجود كادر فني عالي المستوى في تحليل بيانات أجهزة التحسس والمراقبة واتخاذ الإجراء المناسب.

يمكن استخدام هذ النظام من الصيانة في المنشآت الفنية الهندسية كنظام صيانة وقائية للمعدات التي تكون عواقب تعطلها حرجة وخطيرة.

إن معظم وسائل الإنتاج في الدول الحديثة مزودة ضمن بنيتها بأنظمة مراقبة لاهتراء وتعطل الأجزاء الحساسة بحيث تعطي مؤشرات تحذيرية عن بداية نشوء العطل في الموضع قيد المراقبة، الأمر الذي يستدعي تقييم مسؤولي الصيانة والإنتاج وتحديد موعد إيقاف الآلة وتنفيذ الإصلاح.

(12-9-3) الصيانة المعتمدة على تحاليل الوثوقية:

تتم صياغة مهام الصيانة الوقائية في هذا النوع انطلاقاً من المعطيات الإحصائية حول أعطال المعدات والتجهيزات الموثقة في الأرشيف الفني لأعطال المعدات.

من أهم ميزات هذه الطريقة أنها تمكن من صياغة مهام الصيانة الدورية بشكل علمي، إضافة إلى أن تحليل الأعطال من وجهة نظر الوثوقية يؤدي حتماً إلى رفع المحافظة على وثوقية تلك المعدات وبالتالي إلى رفع جاهزيتها.

(12-9-4) الصيانة الاستباقية:

بما أن تكاليف الصيانة تشكل شريحة كبيرة وهامة من تكاليف الإنتاج فقد أصبحت الجهود المعاصرة لخفض تكاليف الصيانة تتجه نحو البرامج التي تستهدف الأسباب الجذرية لاهتراء المعدات وتعطلها.

بينت الدراسات إمكانية خفض هذه التكاليف بشكل حاد من خلال إنشاء خط دفاع استباقي، حيث أظهرت التجارب أن الملوثات المحمولة في السوائل هي العامل الأكبر

المسبب لأعطال الاهتراء في المعدات بما في ذلك الجزيئات الميكروسكوبية التي يمكن أن تجهد الآلة حتى التوقف.

إن الطرق الشائعة الاستخدام لمجابهة أضرار الآلة تركز على ظواهر الأعطال بالاعتماد على:

1 -كشف الإشارات التحذيرية لبدء تكوّن العطل.

2 -الصيانة الدورية وفق خطط مسبقة.

من ميزات هذا الأسلوب:

1 -خفض تكاليف الصيانة.

2 -إطالة عمر الآلات الميكانيكية.

3 -تحويل الأعطال إلى أنماط روتينية عادية.

4 -تحقق حماية من الأعطال الموصفة في كل من الصيانة بمراقبة الحالة والدورية.

ومن مساوئها أنها قد تتطلب أجهزة قياس ذات تقنية عالية مما يؤدي إلى تجميد رأس مال كبير لاحتوائها واحتواء العناصر البشرية المناسبة.

(12-10) إدارة الصيانة:

تتفاوت الاجتهادات في المجالين النظري والعملي لتكوين إدارة الصيانة في المنشآت وذلك تبعاً لنظرة كل شركة إلى الصيانة وأهميتها، ولكن يمكن اعتماد الصيغة التالية بشكل نموذجي:

الصيانة الدورية
الزيوت
الصيانة المبرمجة
الصيانة الميكانيكية
أوعية الضغط العالي
مكتب الصيانة
الفحص الهندسي
مديرية الصيانة
قسم الدراسات
صيانة الأجهزة
قسم المتابعة والتشخيص
صيانة المباني
المكتب الهندسى
سجلات الآلة
الصيانة الكهربائية
الأرشيف
الإلكترون
المعدات
معدات الضغط

الشكل (12–3)

هيكلية إدارة الصيانة

(12-11) تخطيط الصيانة:

إن فعالية تخطيط الصيانة تتم قبل فترة من تاريخ بدء الصيانة وتشمل هذه الفعالية النقاط التالية:

1 -مسح شامل للأعمال المطلوب تنفيذها خلال فترة الصيانة.

2 -جرد للكوادر الفنية المنفذة لأعمال هذه الصيانة من الصيانة والإنتاج.

3 -قوائم قطع الغيار المطلوبة والمتوقع استهلاكها خلال فترة الصيانة ويتم التأكد من توافرها وتصنيع القطع غير المتوفرة مع شراء اللازم منها قبل بدء الصيانة.

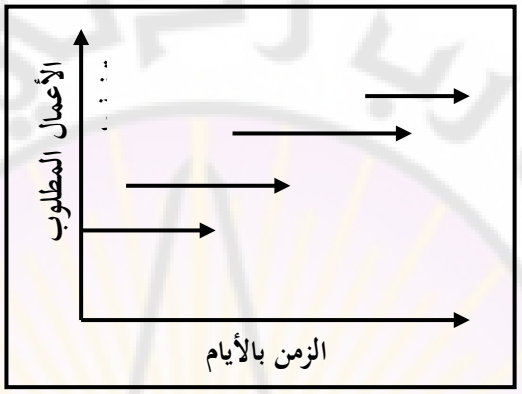
4 -التأكد من صلاحية آلات ومعدات الورش الميكانيكية والكهربائية، والتأكد من توافر العدد واللوازم الخاصة بأعمال الصيانة من روافع وعدد يدوية ...

5 -التأكد من توافر معدات ووسائل السلامة الصناعية في المعمل.

6 -التأكد من صلاحية أجهزة الفحص والقياسات المستخدمة في فترة الصيانة.

7 -التأكد من وجود كوادر المشتريات ووسائط النقل.

بعد إنجاز هذه الخطوات يتم إصدار قوائم تفصيلية موضحاً فيها كليات العمل مؤشراً فيها أعمال كل مجموعة مع إصدار جدول بياني يوضح توزيع الأعمال وتحديد الأوقات اللازمة لتنفيذها وهو ما يسمى البرنامج الزمني.



الشكل (12–4)

مخطط البرنامج الزمني

تتم متابعة العمل بشكل دقيق من خلال اجتماع يومي لكوادر العمل الرئيسية من الصيانة والإنتاج لتجاوز المعوقات التي قد تظهر مع دراسة وتشخيص الأسباب التي أدت إلى تأخير بعض الفعاليات بغية تجاوزها.

إن الدليل الملموس بشكل مباشر لنجاح فعالية الصيانة يكون واضحاً في نوعية المنتج واستمرار الآلة في العمل بشكل صحيح وبدون توقف، وبالتالي زيادة الطاقة الإنتاجية وانعكاسها على تقليل كلفة الإنتاج.

يتحدد مدى نجاح عملية التخطيط للصيانة بالنقاط:

1 -تحديد مدى تدهور حالة الآلة من خلال مقارنة حالتها قبل وبعد الصيانة.

2 -تحديد مدى التطور والزيادة في الطاقة الإنتاجية لحالة ما بعد الصيانة حيث أن دور التخطيط يكون صحيحاً في حالة تقويم مسار حالة الخط الإنتاجي بتحديد نقاط الاختناق وإجراء الصيانة الضرورية لها.

3 -التحسن الملموس في جودة المنتج والذي يتحدد بمدى التخطيط الصحيح لأعمال الصيانة والتي يتم فيها وضع الأسس الجيدة لإعادة حالة المعدات لوضعها الطبيعي والذي حددته الشركة الصانعة.

4 -قلة استهلاك الطاقة الكهربائية، حيث أنها مؤشر جيد لتحديد مدى دقة العمل ونجاح التخطيط المسبق للصيانة.

5 -قلة التوقفات الفجائية وفي بعض الأحيان انعدامها كلياً.

6 -زيادة عمر المواد التشغيلية.

ويتم التأكد من نجاح عملية التخطيط الصحيح للصيانة من خلال:

1 -**الاستمرارية** ، وهي التي تتمثل في استمرارية الآلة على العمل بالشكل الصحيح من أداء واسترجاع القدرة على الإنتاج.

2 -**التحسن في الأداء** ، وبه يتم الارتقاء في مردودية العمل وتتمثل فيما يسمى العطاء وهي الأساس في تثبيت المعايير للصيانة.

3 -**التعديل**، لما يحقق التغييرات في مواصفات المنتوج والمتطلبات الإنتاجية.

4 -**انخفاض كلفة الإنتاج**، وذلك من خلال تقليل الهدر في المواد الأولية والطاقة واليد العاملة.

(12-12) مؤشرات التخطيط للصيانة:

إن عملية التخطيط للصيانة تسبقها حالة كشف للمعدات من خلال متابعة فعالة لظروف عمل هذه المعدات وتسجيل الظروف التشغيلية لها وتثبيت نقاط الاختناق فيها من ضغوط ودرجة حرارة ومستوى الاهتزاز إضافة إلى مستوى التيار الكهربائي من خلال استخدام معدات متطورة كأجهزة الحاسوب التي يتم تغذيتها بالمعلومات لفترة ما قبل إعداد برنامج الصيانة ومقارنتها مع ما هو مدرج من حدود لهذه الضوابط ضمن ملفات

وتعليمات الشركة الصانعة مما يحدد إمكانية تبديل قطع الغيار لهذه المعدات معتمدة على أساسين هما الفترة الزمنية للتشغيل وتغير ظروف التشغيل، بعدها تحدد الأعمال التي سيتم تنفيذها خلال فترة التوقف وممكن توزيعها على البنود الرئيسية التالية:

1 -المعدات التي يتم صيانتها بموجب حالة الآلة قبل التوقف.

2 -التحويرات اللازم تنفيذها خلال فترة الصيانة.

3 -المعدات الجديدة التي لا يمكن إدخالها ضمن الخط الإنتاجي إلاّ بتوقف هذا الخط.

4 -أعمال التزييت.

إن أهم مؤشرات التخطيط للصيانة تنحصر في:

1 -تحديد كفاءة الكوادر الفنية المتواجدة في الشركة.

2 -حصر العمالة المتواجدة في الشركة ومدى ملائمتها لمتطلبات العمل من حيث العدد اللازم للتتنفيذ.

3 -تحديد المعدات والأدوات اللازمة لإنجاز العمل بفترة أقل وبكفاءة عالية.

4 -تقليل فترة التوقف لإنجاز الأعمال المطلوبة باستغلال الوقت والطاقة المتاحة.

5 -تقويم مسارات المعدات والمكائن لرفع طاقتها الإنتاجية.

6 -زيادة وقت الكوادر الفنية للتفرغ لأعمال أخرى وذلك من خلال عمل الخط الإنتاجي بدون توقف.

7 -تقليل الهدر في المواد التشغيلية من خلال عمل المعدات بموجب توجيهات الشركة الصانعة.

8 -السيطرة التامة في التخطيط لتنفيذ المخطط الإنتاجي الشهري.

9 -تقليل كلفة الصيانة بشكل رئيسي من خلال إيجاد البدائل من قطع الغيار.

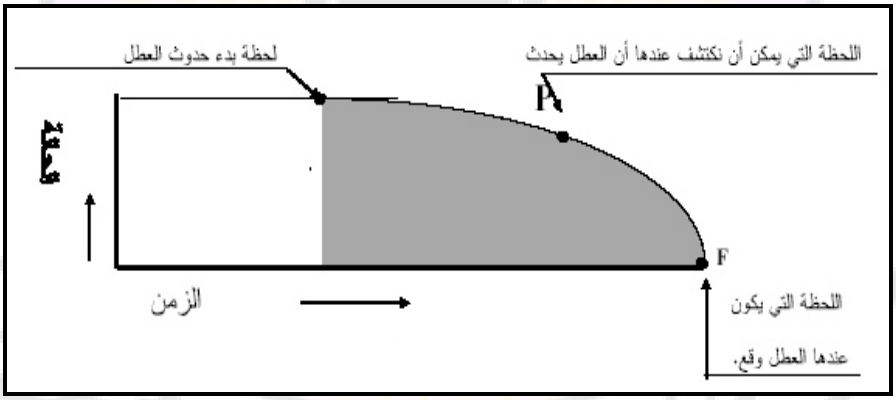
10 -زيادة نسبة الأمان في عمل اللآلات والمعدات ضمن الخط الإنتاجي.

11 -تقييم الكوادر الفنية العاملة على إعداد برامج الصيانة والتخطيط لها من خلال المكتب الهندسي أو مركز إدارة العمل.

(12-13) دورية مهام الصيانة:

يجب أن تعتمد دورية مهام الصيانة (المعتمدة على مراقبة الحالة) على فترة تطور العمل (*Failure Development Period*) أو فترة الـ (*P-F*).

ليس لتواتر مهام الصيانة المعتمدة على مراقبة الحالة علاقة بتواتر وقوع العطل ولا بحرجية العنصر، حيث أن تواتر أي شكل من مهام الصيانة المعتمدة على مراقبة الحالة يعتمد على حقيقة أن معظم الأعطال لا تحدث فوراً وغالباً يكون من الممكن كشف حقيقة أن العطل قيد الحدوث خلال المراحل الأخيرة من التدهور.

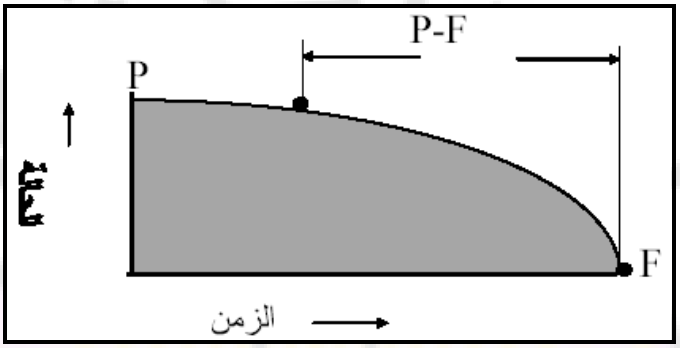


الشكل (12-5)

المنحني (*P-F*)

يبين الشكل كيف يبدأ العطل بالحدوث ويتدهور إلى النقطة التي يمكن عندها كشفه (النقطة P) وإذا لم يكتشف العطل في جوار هذه اللحظة واتخذت الإجراءات المناسبة لتفاديه فإنه يستمر في التدهور بمعدل أعلى حتى يصل إلى نقطة العطل الوظيفي الكامل (النقطة F).

يعرف الزمن أو عدد دورات الإجهاد بين النقطة P والنقطة F بـ *P-F interval* ، كما هو مبين في الشكل (12–6).



الشكل (12–6)

المنحني *(P-F)*

تتحكم فترة *(P-F)* بالتردد الذي يجب أن تنفذ به مهام الصيانة المعتمدة على مراقبة الحالة، وإذا أردنا كشف العطل الكامن فإن فترة التفتيش يجب أن تكون أصغر بكثير من فترة *(P-F)* وقبل أن يكتمل العطل إلى مرحلة العطل الوظيفي.

تقاس الفترة *(P-F)* وفقاً لشكل الإجهاد المؤثر بعدة وحدات قياس ولكن غالباً تقاس بمصطلح الزمن المنقضي، وتتفاوت هذه الفترة حسب نمط العطل بين أجزاء من الثانية وفترات زمنية طويلة.

(12–14) العطل:

لقد تم تعريف العطل على أنه عدم مقدرة العنصر على أداء المهام المطلوبة منه.

نظراً لأن الصيانة تهتم بإزالة العطل فالتحديد الدقيق لسبب العطل سوف يحدد بدقة أعمال الإصلاح المطلوبة ويعطي المعلومات المفيدة صياغة خطط الصيانة الوقائية الصحيحة، لذلك لابد من التطرق لأسباب العطل. يمكن تقسيم الأعطال إلى نوعين:

أ- العطل المعنوي:

وهو نتيجة قدم المعدات والتجهيزات، ويكون استخدام هذه المعدات لاحقاً غير مناسب نتيجة وجود معدات مماثلة الهدف ولكنها أكثر تطوراً من الناحية الاقتصادية والفنية.
العطل المعنوي عبارة عن ظاهرة طبيعية مشترطة بتطور العلم والتقدم التكنولوجي المستمر، غير أن استخدام التجهيزات المعطلة معنوياً قد يكون ذا فائدة من الناحية الاقتصادية أثناء الإصلاح.

ب- العطل الفني:

ويحدث نتيجة أحد الأسباب المحتملة التالية:

1 -سوء تصميم العنصر.

2 -عيب إنتاج.

3 -جودة متدنية.

4 -خطأ تشغيل من المستثمر.

- استخدام غير ملائم.
- عدم التقيد بتعليمات التشغيل.
- عدم التقيد بتعليمات الأمان.

5 -إجهاد زائد عن حدود التحميل.

- تحميل وظيفي زائد.
- شروط محيطية متطرفة.

6 -سوء صيانة.

- عدم تنفيذ الصيانة الدورية.
- خطأ تخطيط الصيانة الدورية.
- خطأ في تنفيذ مهام الصيانة.

- استخدام قطع تبديل غير ملائمة.
- تعطل وسائل مراقبة الحالة.

7 -أسباب طارئة.

- حادث.
- حريق.
- فيضان.
- خلل كهرباء.

8 -سوء تخزين.

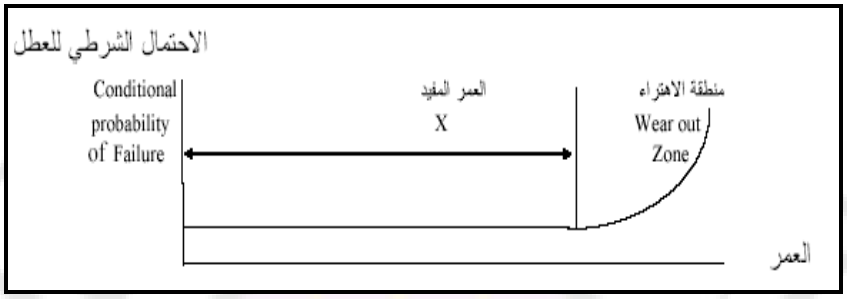
9 -أسباب أخرى.

إن إجراء تحليل مفصّل لقطاع صناعي متوسط قد يؤدي إلى تمييز (1000-5000) نمط عطل ممكن وكل من هذه الأعطال يؤثر على القطاع بطريقة ما، ولكن في كل حالة يكون التأثير مختلفاً، ويجب أن يحدد المدى الذي يجب أن يُذهب إليه لمنع حدوث عطل ما على ضوء العواقب الناتجة عن وقوعه، فإذا كان العطل من الأنماط ذات العواقب الخطيرة فيجب عندها بذل جهود كبيرة لمنع حدوثه، أما إذا كانت عواقبه مهملة أو معدومة تؤجل الصيانة له.

يمكن القول إن عواقب العطل أكثر أهمية من خصائص العطل الفنية ذاتها، لذلك يجب أن تهتم الصيانة بتجنب عواقب العطل أو تخفيضها أو الحد منها.

(12-15) احتمال حدوث العطل:

من السائد أن أفضل طريقة للحصول على الأداء الأمثل للموجودات الفيزيائية هي التفتيش أو الاستبدال على فترات ثابتة، ويعتمد هذا على منطق وجود علاقة مباشرة بين كمية الزمن التي تصرفها الآلة في الخدمة، وتوزع احتمال تعطلها، والمنحني الشائع الذي يربط بين توزع الاحتمال الشرطي للآلة والعمر مبين في الشكل (12-7).



الشكل (12–7)

علاقة احتمال العطل مع العمر

وقد أدى ذلك إلى القناعة بإمكانية تحديد الفترة (X) من السجل التاريخي لأعطال الآلة والذي يمكّن المستخدم من اتخاذ إجراء وقائي خلال فترة قصيرة قبل أن يحين آوان العطل.

إن هذه العلاقة الممكن توقّعها بين عمر الآلة وأعطالها هي في الواقع صحيحة لبعض أنماط الأعطال، ويكثر تواجدها حين تكون الآلة على تماس مباشر مع منتجها وتقترن الأعطال المتعلقة بالعمر غالباً بخاصيتي التعب والتآكل.

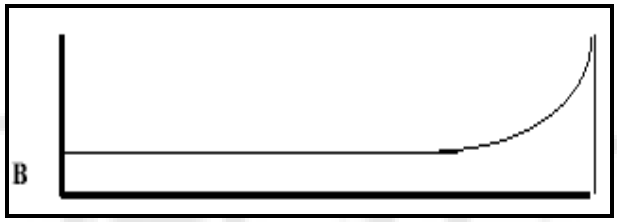
لكن هذه العلاقة ليست صحيحة دائماً وهذا ما سنبينه في المنحنيات التالية:

النمط (A) يبين العلاقة بين الاحتمال الشرطي لحدوث العطل وزمن التشغيل.

الشكل (12–8)

النمط (A)

النمط (B) وهو تقريباً مشابه للنمط (A).



الشكل (12–9)

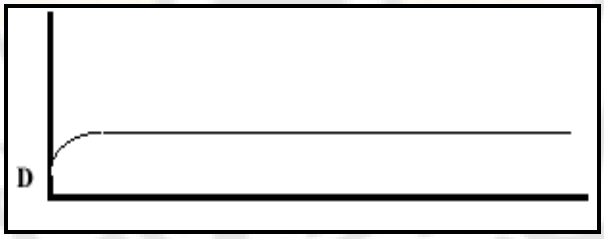
النمط (B)

النمط (C) يظهر ازدياد بطيء في احتمال حدوث العطل بدون اهتراء محدد.

الشكل (12–10)

النمط (C)

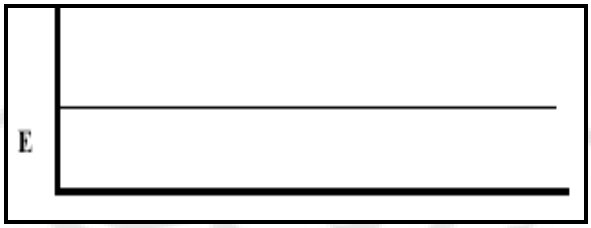
النمط (D) يظهر انخفاض احتمال حدوث عطل عند البدء ثم زيادة سريعة حتى يصل لمعدل ثابت.



الشكل (12–11)

النمط (D)

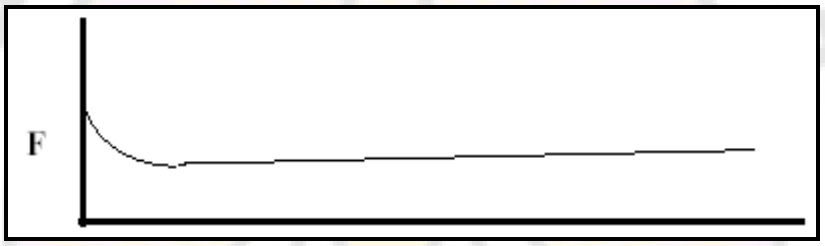
النمط (E) يظهر احتمال ثابت لحدوث العطل.



الشكل (12–12)

النمط (E)

النمط (F) يبدأ بمعدل أعطال عالٍ ثم يهبط إلى معدل ثابت أو متزايد ببطء شديد.



الشكل (12–13)

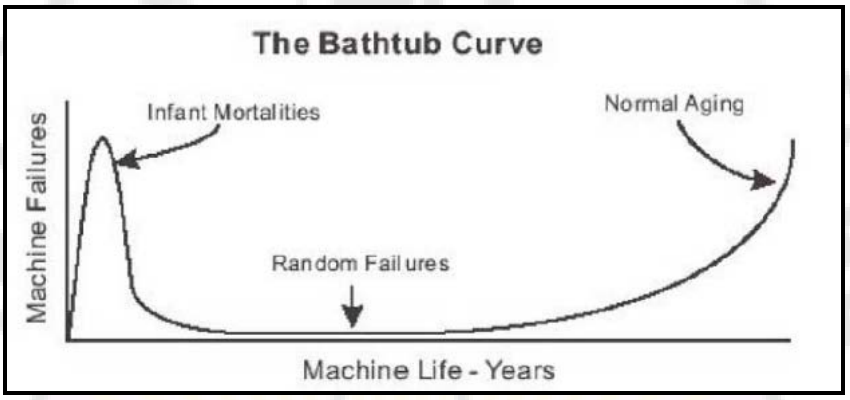
النمط (F)

(12–16) الأعطال المنشئية في الآلات:

تبين للباحثين في وثوقية المعدات أنه ضمن مجموعة من الآلات هناك نمط محدد لدورة الحياة، وعملياً يفصح هذا النمط عن نفسه عندما تتعرض هذه المجموعة من المعدات إلى تشغيل قياسي.

الشكل (12–14) يبين دورة الحياة النموذجية لبعض الأنواع، في بداية حياة الآلة نلاحظ أعطالاً متزايدة بسبب الأعطال المنشئية، ومعظم المعدات التي تصمد خلال هذه

الفترة وتتجاوزها سوف تقوم بأدائها لسنوات بمعدل أعطال تنخفض مع الزمن حتى دخول مرحلة التقادم والهرم.



الشكل (12-14)

دورة حياة الآلة

(12-17) الأرشفة والتوثيق:

وهي المراحل المهمة لما بعد الصيانة، وتتم بتوثيق أعمدة الصيانة في سجلات أعدت خصيصاً لهذا الغرض وتحتوي:

1 -سرد كامل لكل فعالية من فعاليات الصيانة التي نفذت.

2 -تسجيل الأيدي العاملة والوقت المستغرق لكل فعالية.

3 -قطع الغيار التي تم سحبها من المستودعات.

4 -التحاليل الهندسية التي تمت على المعدات.

5 -تقرير مفصل عن التغييرات والتحويلات التي نفذت ومبرراتها.

6 -الأعمال التي نفذت في الورش وأوقات عمل الآلة.

7 -تقارير الفحص الهندسي للمعدات بعد إجراء الصيانة عليها.

8 -العدد المستخدمة في أعمال الصيانة.

9 -حسابات أداء العمل للآلة والمعدات قبل الصيانة وبعدها.

10 -التوصيات اللازمة من أجل تغيير معايير الخزن في المستودعات المتمثلة في الحد الأعلى والأدنى ومستوى إعادة الطلب.

11 -المواد التي تم شراؤها من الأسواق المحلية.

يتكفل المكتب الهندسي بهذه المعلومات من أجل إدراجها ضمن ملف تاريخ الآلة للرجوع إليها عند الحاجة لتقييم فعالية ومردود المعدات لتثبيت مدى استمرارها في العمل واعتمادها أو تغيير نوعيتها.

(12-18) أتمتة مهام الصيانة:

نتيجة لازدياد درجة التعقيد والتكامل في بنية المنشآت الهندسية المعاصرة وبسبب النمو والتشعب الكبيرين في حجم وبنية العديد من الفعاليات الهندسية أصبح من غير الممكن الاستمرار بنظم الصيانة الإصلاحية عند وقوع العطل كما أصبح من الصعب الإحاطة بمهام الصيانة الوقائية لمعدات تلك الفعاليات بالأساليب التقليدية القديمة ودون استخدام الوسائل والأدوات الحديثة لإدارة المعطيات المتعلقة بها كافة ، وبرزت الحاجة الماسة لإعداد وصياغة تلك المهام بشكل مبرمج ومؤتمت يسهل إدارتها ومتابعة تنفيذها وتوثيق نتائجها وقد ساعد في ذلك التطور الكبير في إمكانيات النظم الحاسوبية المعاصرة.

يمكن إبراز النقاط التالية كأهم المبررات الداعية إلى إتمام مهام الصيانة وإدارتها بواسطة نظام حاسوبي والفوائد المتسبة:

1 -التمكن من إدارة مهام الصيانة في المنشآت الكبيرة والمنشآت المعقدة البنية.

2 -الحد من التعطلات الطارئة وتفادي خسائر الإنتاج.

3 -تسهيل إعداد ومتابعة تنفيذ أوامر الإصلاح وتحليلها.

4 -بناء وتوثيق الأرشيف الفني للمعدات والتجهيزات.

5 -إدارة الموارد البشرية المعنية بالصيانة وتوزيع أعمالها بشكل فعال.

6 -ضبط إدارة مستودعات قطع الغيار ومراقبة المخزون منها بسهولة.

7 -ضبط مصادر تأمين وشراء وتوريد واستلام قطع الغيار.

8 -خفض تكاليف الإصلاح والصيانة.

9 -تسهيل حسابات تكاليف أعمال الإصلاح والصيانة.

10 -رفع مردود وجاهزية المعدات والتجهيزات.

11 -الالتزام الأدق بمواعيد تسليم المنتج.

12 -رفع جودة المنتج.

13 -تأمين سلامة المنشأة والعاملين فيها.

14 -التوافق الملائم مع متطلبات حماية البيئة.

الفصل الثالث عشر

مبادئ الأمن الصناعي

principles Of Industrial Safety

وقل رب زدني علما
Damascus University

(13-1) أهمية الأمن الصناعي:

إن ***الأمن الصناعي بالتعريف*** هو فرع من فروع المعرفة يهتم بتحقيق مجموعة من التدابير والإجراءات الوقائية التي تتخذ لحماية العمال والعاملين في محيط المنشأة الصناعية من الإصابة غير المتوقعة التي تحدث بصورة مباشرة أثناء تأدية العمل أو بسبب مواد العمل أو أدواته أو بسبب جهل العامل، فالأمن الصناعي يأخذ على عاتقه مهمة إزالة الخطر أو تقليله إلى الحد الأدنى إذا لم يكن ممكناً إزالته أو القضاء عليه.

إن المهندس الذي يبدو من واجبه القيام بنشاط مادي ذي نتائج مفيدة وفعالية جيدة، عليه أيضاً أن يعرف كيف يقي نفسه والعاملين معه من خطر العمل وخطر الظروف المحيطة غير العادية، ومن أجل ذلك عليه أن يعمل في الدراسة والبحث والتحليل ومن ثم التصميم والتنفيذ والمتابعة وذلك بالنسبة لإجراءات الوقاية المفيدة والفعالة التي يجب الحرص على وضعها موضع التطبيق الفعلي.

إن العناية بصحة العمال هي من أهم ما يجب أن يعنى به المجتمع باعتبار أنهم عماد الحياة الاقتصادية والاجتماعية للوطن ولهذا فالمحافظة عليهم تعني العناية بالقطاع العريض في المجتمع لأن العمال يعتبرون خط الدفاع الأول في أي أمة، فالجيوش العسكرية لا تستطيع القيام بدورها دون التموين والدعم الداخلي الذي يقوم به العمال.

إن العناية بالعمال في العالم تعتبر الطريق الأساسي لتدعيم الاقتصاد القومي والاستقلال السياسي، من أجل هذا ظهرت علوم الصحة الصناعية والهندسة الصناعية وعلم النفس الصناعي وعلم الصحة النفسية.

لذلك فكانت مهمة رجال الأمن الصناعي نشر الوعي الوقائي بين العمال وتبصيرهم أخطار العمل وتدريبهم على استعمال الأجهزة الواقية من خطر الإصابات وطرق العمل الصحيحة وغير ذلك مما يؤمن سلامة العمال وبالتالي رفع الكفاءة الإنتاجية.

إن درجة زيادة الكفاءة الإنتاجية تتحقق بدرجة انسجام العامل الإنساني مع عوامل الإنتاج الأخرى (الفنية والاقتصادية والإدارية والتنظيمية) ذلك أن القدرة الإنسانية على الإنتاج هي في الواقع أحد عوامل الإنتاج الرئيسية، ولهذا فالعناية بصحة العاملين وضمان سلامتهم هو خير طريق لتحقيق أهداف المنشأة ومن ثم تحقيق أهداف المجتمع وتنميته اقتصادياً واجتماعياً.

(13-2) أهداف الأمن الصناعي:

يمكن القول بشكل عام إن هدف الأمن الصناعي هو السعي إلى تحقيق السلامة الصناعية والسلامة المهنية وسلامة العمال أو هو الصحة الصناعية والصحة المهنية والصحة العالمية.

بصورة عامة تهدف تلك التدابير أو الإجراءات التي يفرضها الأمن الصناعي والصحة المهنية (تعاليم) أو يوحي بها (إرشادات) إلى تحقيق ما يلي:

1 -التعرف بطرق الوقاية من الحوادث والإصابات وذلك عن طريق دراسة أسبابها واتخاذ الوسائل والإجراءات اللازمة لهذه الوقاية.

2 -الحصر الجيد للعمليات الانتاجية الضارة والخطرة واتخاذ الإجراءات المناسبة لدرء خطرها.

3 -تحسين شروط وظروف العمل الفيزيائية والفيزيولوجية والنفسية.

4 -الإشراف على صحة العمال وحمايتهم من الحوادث والإصابات المرضية أو المميتة أو التي تحدث عاهات وإعاقة دائمة.

5 -تنظيم العمل ومكان العمل بالعلاقة مع حركة مواد العمل وموقع أدوات العمل وتسلسل مراحل انتاج السلعة بغية الوصول إلى أقل حد ممكن من إصابات العمل والحوادث .

6 -تحديد مدى ملاءمة العمل للعامل، وهذا إجراء وقائي الغرض منه معرفة مدى تطابق متطلبات العمل وظروفه مع اللياقة البدنية والفيزيولوجية والحالة النفسية للعامل.

(13-3) مجالات الأمن الصناعي:

إن الأخطار التي يتعرض لها العمال في المنشآت الصناعية تتمثل بالأخطار الميكانيكية والكهربائية والصحية والبيولوجية والنفسية والكيميائية والفيزيائية والإشعاعية، ولهذا فإن الأمن الصناعي يدرس طرق الوقاية والحد من الحوادث والإصابات في العمل في مجالات عديدة يمكن تصنيفها في:

1 -الأمن الميكانيكي، ويبحث في الأخطار الميكانيكية والفيزيائية الطبيعية ومدى تلاؤم العمل مع العامل.

2 -الأمن الكهربائي، ويدرس الأخطار الكهربائية وطرق الوقاية منها.

3 -الأمن الكيميائي، ويبحث في الأخطار الكيميائية والإشعاعية وأخطار الحرائق والانفجارات وطرق الوقاية منها.

4 -الأمن الإنشائي، ويبحث في الأخطار الناجمة عن أعمال البناء والإنشاء وطرق الوقاية منها.

5 -الصحة المهنية، وتبحث في الأخطار الصحية والبيولوجية والنفسية وطرق الوقاية منها.

6 -تنظيم شؤون الأمن الصناعي في المنشأة، ويبحث في تقييم مستوى الأمن الصناعي في المنشأة ودور لجان الأمن الصناعي والإدارة والنقابات في تحقيق وتنفيذ الإجراءات المتعلقة بصحة العاملين في المنشأة وسلامتهم مهنياً.

(13-4) حوادث وإصابات العمل:

يعرف الحادث بأنه فعل غير متوقع يحدث للعامل أو المجموعة من العمال أثناء العمل أو بسببه أي نتيجة العمل أو وضع غير سليم أو الإثنين معاً، وينتج عن الحادث أضرار مختلفة وتسمى الإصابة الناتجة عن الحادث إصابة مباشرة أو طارئة.

إن الأسباب الرئيسية للحوادث هي التعرض المباشر لإحدى مواد العمل بشكل غير طبيعي أو بسبب أدوات العمل أو بسبب الحوادث العامة كالانفجارات والحرائق والهدم أو التنفيذ الخاطئ للعمل وينتج عن ذلك إصابات ظاهرة في جسم العامل مختلفة التأثير والنتائج.

تحدث الإصابة المباشرة نتيجة لحادثة تحصل أثناء تأدية العمل أو بسببه، وتعتبر إصابة عمل إذا ما نتج عن ذلك توقف العامل عن العمل لمدة تزيد عن يوم واحد.

يمكن تقسم الإصابات إلى الأنواع التالية:

1 -إصابة مميتة، وهي الكارثة التي تحدث بسبب الإصابة في العمل وتحدث بغض النظر عن الوقت الذي يمر بين وقوع الإصابة وحدوث الوفاة.

2 -إصابة بعجز كلي دائم (عاهة دائمة)، وهي الإصابة التي تفقد العامل المقدرة على العمل نهائياً.

3 -إصابة بعجز جزئي دائم (عاهة جزئية)، وتحدث لدى فقد عضو أو إصابة عضو وعدم القدرة على استخدامه بدون النظر إلى وجود عجز سابق في العضو المصاب.

4 -إصابة بسيطة (توقف عن أداء العمل)، وينتج عنها توقف المصاب عن العمل لفترة زمنية.

تتحدد خصائص الإصابات في العمل بما يلي:

1 -درجة التأثير، بسيطة أو خطيرة.

2 -مدة التأثير، مؤقتة أو دائمة.

3 -درجة التكرار، مرة واحدة أو متكررة.

4 -درجة الانتشار، فردية أو جماعية.

وهناك إصابات غير مباشرة تسببها ظروف العمل المحيطة ولا يتعرض العامل لمثيلها خارج إطار عمله كالتسمم بأحد الغازات أو أبخرة المواد وغيرها.

(13-5) العوامل المؤثرة على حوادث وإصابات العمل:

1 -الذكاء، هناك ارتباط وثيق بين الذكاء ونسبة الحوادث في الميدان الصناعي فكلما انخفض ذكاء الفرد كانت الفرصة أكبر لإصابته أثناء العمل.

2 -الاضطرابات النفسية والعقلية، كالثقة الزائدة في النفس والسرحان والشعور بالإجهاد نتيجة التوتر النفسي والإغراق بالسهر والتأزم النفسي لأتفه الأسباب وانخفاض الروح المعنوية والقلق النفسي والنوبات المزاجية من فرح وحزن وعقدة الذنب والغربة بعقاب الذات.

3 -الخبرة، كلما زادت الخبرة قل عدد الحوادث وقد بينت إحدى الدراسات أنه كلما ازددات مدة الخدمة اعتباراً من السنة الأولى حتى عشر سنوات ثم تأخذ بالهبوط بعد هذه الفترة.

4 -سرعة الإدراك وسرعة الأداء، كلما ارتفعت نسبة الإدراك وسرعة الأداء قلّت نسبة الحوادث.

5 -السن، يقل معدل الإصابة بزيادة السن وذلك بسبب زيادة الخبرة.

6 -علاقة العمال مع الإدارة، هناك ارتباط وثيق بين عدد الحوادث في المنشأة وبين اتجاه العمال نحوها ولوائحها وأسلوب إدارتها ونظم الأمن الصناعي فيها فكلما كانت الاتجاهات السلوكية للعمال سلبية أو غير مناسبة كلما ازددات الحوادث أثناء العمل.

7 -درجة تحمل التعب، يمكن الحصول على إنتاج أكبر بالمثابرة على العمل فترة قصيرة تتلوها راحة وذلك بخلاف ما يمكن الحصول عليه من الإنتاج إذا ثابر العامل على الاستمرار في العمل دون الحصول على أي قسط من الراحة وإضافةً إلى ذلك تقل نسة الحوادث في المنشأة.

8 -القدرة على تحمل الظروف.

(13-6) أسباب حدوث إصابات العمل:

تصنف العوامل والأسباب التي تؤدي إلى حدوث إصابات أثناء العمل إلى:

أ- أسباب مباشرة تتعلق بعوامل شخصية وعوامل غير شخصية.

ب- أسباب غير مباشرة تتعلق ببيئة العمل.

أ- الأسباب المباشرة:

1 -قلة الخبرة لدى العامل.

2 -الحالة الصحية والنفسية للعامل.

3 -عدم استعمال وسائل الوقاية الفردية.

4 -السلوك الشخصي للعامل أثناء العمل.

5 -مواد العمل والتي تعتبر مصدر خطر عندما تكون غير مطابقة للمواصفات المحددة أو أثناء عملية النقل والمناولة أو أثناء مراحل التشغيل وتطاير الرايش أو أثناء التخزين.

6 -وسائل العمل، وتكون عاملاً لحدوث الإصابة نتيجة وجود أخطاء فنية في تصميم العدد والأدوات والآلات أو نتيجة استعمال أدوات غير مناسبة أو نتيجة عدم تغطية الأجزاء الخطرة في الآلة أو نتيجة زيادة سرعة وتحميل الآلة.

7 -ظروف مكان العمل وإنشاءات المصنع.

8 -الطاقة بأنواعها، الحرارية والكهربائية وطاقة الضغط.

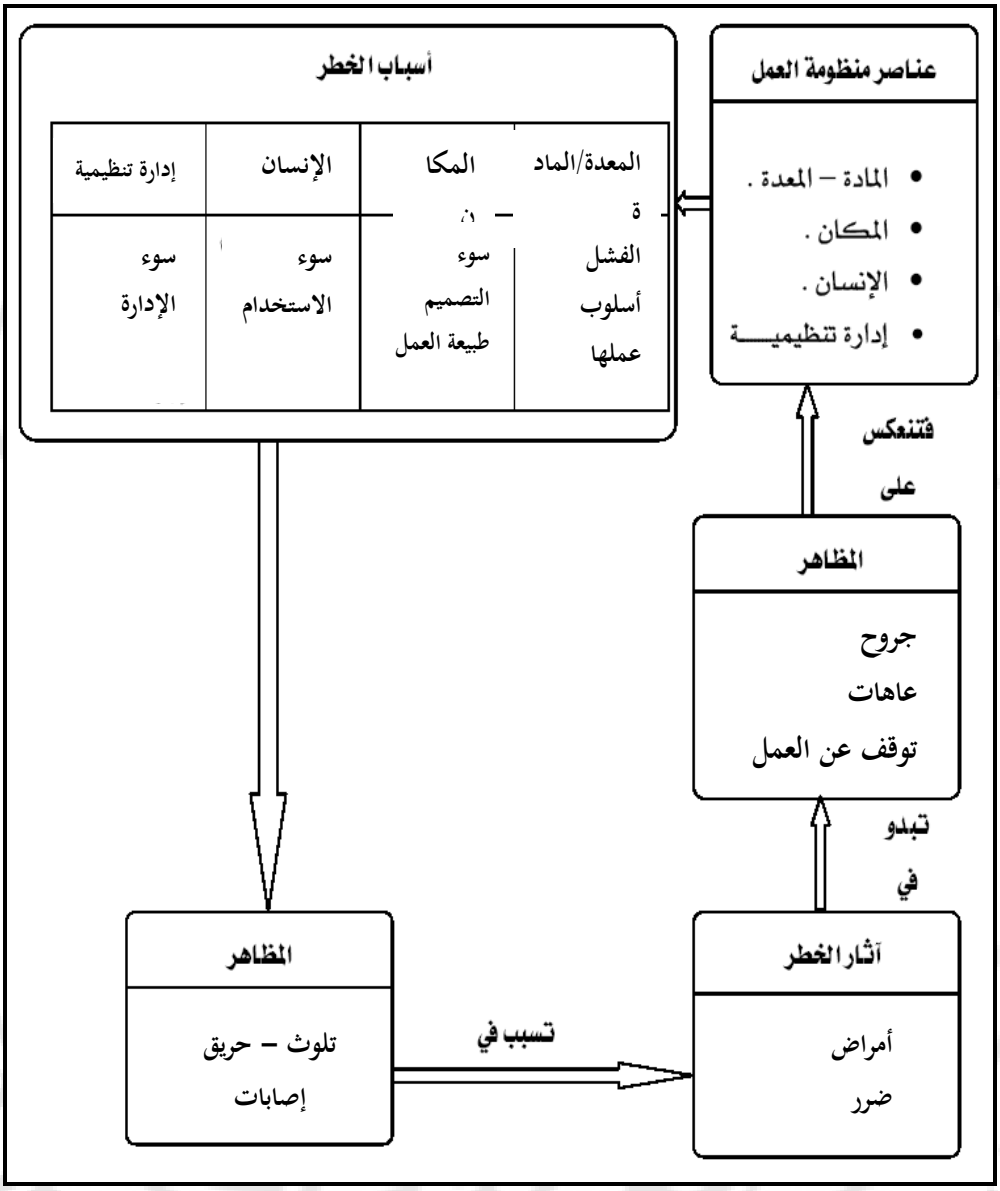
9 -الحرائق والانفجارات.

ب- الأسباب غير المباشرة:

1 -عوامل طبيعية.

2 -عوامل صحية ونفسية.

ويمكن تمثيل أسباب إصابات العمل بالشكل (13-1):

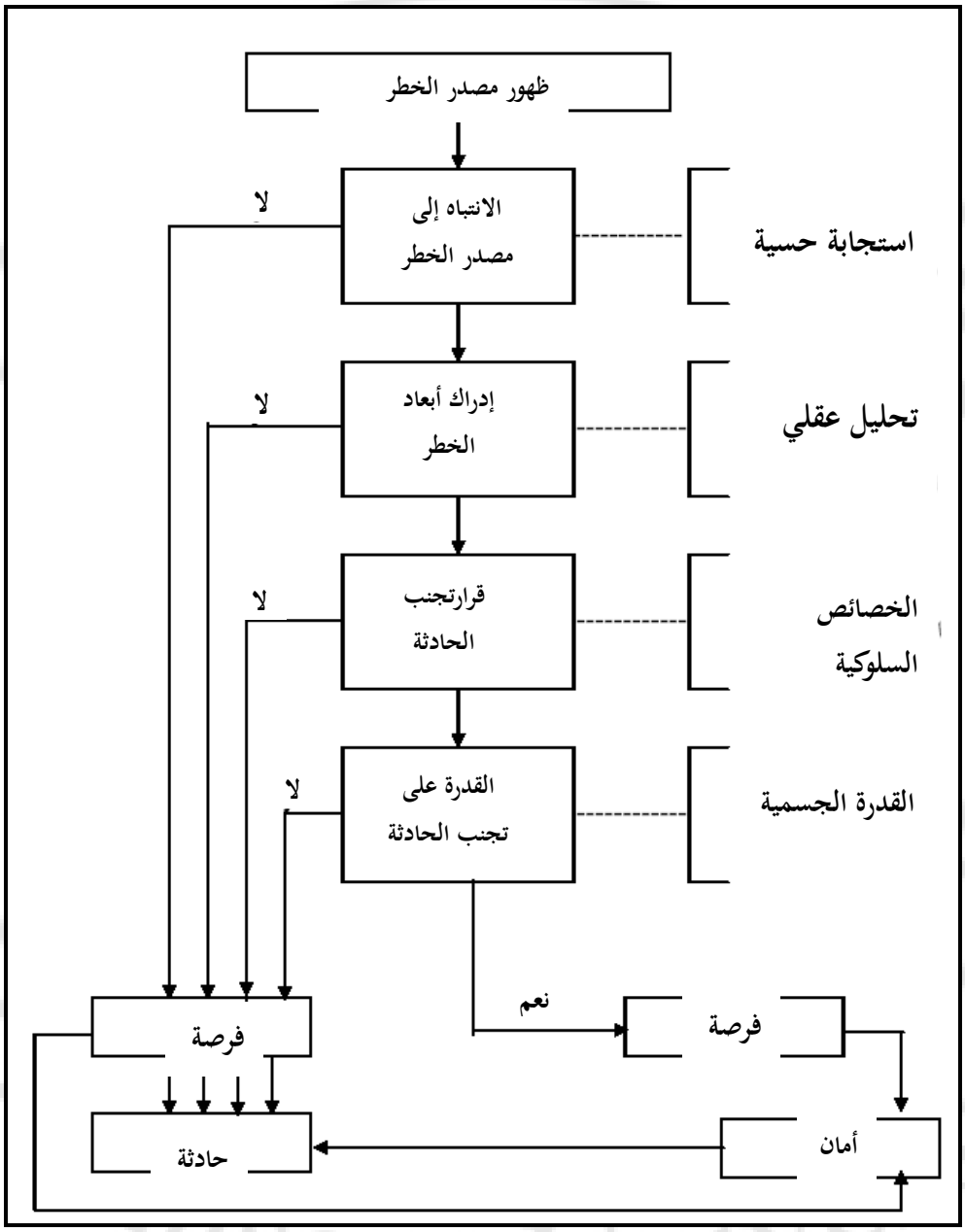


الشكل (13–1)

الخطر في نظام العمل

(13–7) حادثة العمل:

يمكن تلخيص تسلسل حدوث حادثة اثناء العمل بالمخطط الصندوقي التالي:



الشكل (13–2)

تسلسل حادثة العمل

(13-8) إدارة الأمن الصناعي:

تعتمد السلامة المهنية المبادئ التالية لتحقيق أهدافها:

1 - من سمات الإدارة الضعيفة كثرة وقوع الحوادث والتعرض للمواقف الخطرة. هناك عوامل عديدة تسهم في حدوث الحوادث وقد جرت العادة أن تختار إحدى هذه العوامل السبب الأكثر التصاقاً بالحادثة فتكون إما فعلاً خطراً أو حدثاً خطراً ثم تزال ويبحث في العوامل المساهمة.

2 - إمكانية التنبؤ بوجود مجموعة أفعال أو مواقف ربما تؤدي إلى إصابات وذلك للتحكم والسيطرة عليها قبل حدوثها.

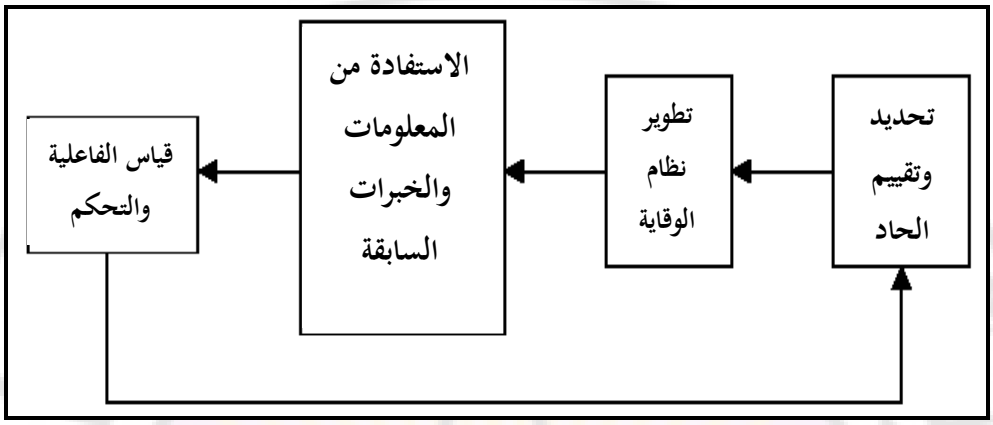
3 - يجب التخطيط للسلامة بعناية مماثلة للأعمال الأخرى بالشركة وذلك بوضع أهداف واضحة للسلامة والقيام بالتخطيط والتنظيم والمتابعة والرقابة على إنجازها.

4 - تنظيم الهيكل الإداري للسلامة لتحديد وظائفها ومسؤولياتها.

5 - تحديد وتعريف الأخطاء العملية التي أدت إلى حدوث الحادثة وذلك عن طريق:

- معرفة أسباب وقوع الحادثة.
- معرفة الأسباب المتعددة للتحكم والمتابعة ومقدار فعاليتها.

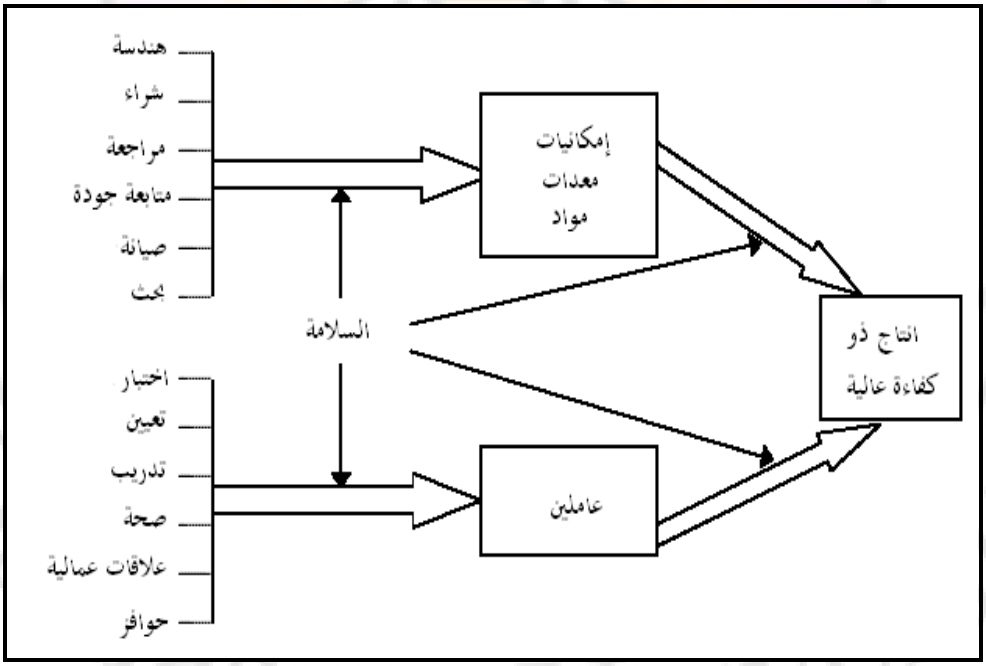
ويمكن توضيح دور العاملين مع السلامة بالشكل (13-3).



الشكل (13–3)

دور العاملين مع السلامة

وتمثل دورة السلامة بالمخطط التالي:



الشكل (13–4)

دورة السلامة

(13-9) المواصفات في الأمن الصناعي:

نظراً لأهمية الأمن الصناعي استلزم وجود معايير قياسية للرجوع إليها عند التعرف على المخاطر ومراجعتها وكذلك وجود معايير للاستخدام الأمثل للتحكم والحماية.

في معظم دول العالم قامت هيئات فنية متخصصة لتحقيق أهداف الأمن الصناعي من خلال:

1 -وضع قواعد وقوانين التعويض والتأمين والمسؤولية القانونية.

2 -وضع قواعد وإجراءات الأمن الصناعي.

3 -وضع برامج السلامة وطرق قياسها ومتابعتها.

4 -وضع برامج التدريب والتأهيل والتوعية عن السلامة ومواصفاتها.

5 -وضع برامج البحث والتطوير في دراسات السلامة ومسببات المخاطر وأنواعها.

6 -توفير المعلومات والمعايير القياسية في السلامة الصناعية.

7 -تطوير تجهيزات وأنظمة الحماية والوقاية للأفراد والمعدات والمواد والمكان.

(13-10) مخاطر ورشة السباكة:

يجري إعداد الجزء الأكبر من المسبوكات في قوالب رملية، ومن هنا فإن التعامل مع رمل المسابك وخاصةً الأنواع الناعمة منه يمثل تهديداً مستمراً وذلك لسهولة انتشارها وتكوينها لطبقة رقيقة من الغبار تتجدد دائماً سواءً عند نقل أو خروج أو تقليب رمل المسبك إلاّ أن المصدر الأكبر للخطر ينجم عن استعمال رمال ناعمة جداً لرش سطح التطابق في قالب الصب والتي تسبب غباراً دائماً في سطح الجو وتسبب آثار سيئة على الجهاز التنفسي تتدرج ما بين التهابات بسيطة أو حادة إلى سرطان الجهاز التنفسي.

كما يمثل فرن الدست خطراً من خلال غاز أول أكسيد الكربون الذي يبعثه الفرن مع نواتج الاحتراق.

إن التعرض الدائم للحرارة في المسابك ما لم يكن هناك تهوية كافية والعمل في مستوى ضوضاء مرتفع كما هو شائع في المسابك العامة يترتب عليه آثار سيئة على المدى الطويل.

(13-11) مخاطر ورشة الحدادة:

تمثل عملية الحدادة التقليدية مصدراً مستمراً يهدد صحة العاملين ما لم يراع ذلك في القوالب وعملية التشكيل نفسها.

إن الأفران التي يستخدم فيها الوقود الغازي أو السائل تنتج كميات كبيرة من غاز أول أكسيد الكربون مع نواتج الاشتعال وينتشر في الورشة ما لم تكن المدخنة مصممة ومنفذة بطريقة صحيحة.

إن المزيتات المستخدمة في قوالب الحدادة يضاف إليها مركبات من الألمنيوم والمولبيديوم والرصاص لذلك فإن قطعة من المعدن المسخن إلى درجة حرارة عالية داخل قالب جرى تزييت سطحه الداخلي تؤدي إلى تكوين سحابة من الزيت المختلط بآثار معدنية طفيفة ومركبات هيدروكربونية.

يظهر بوضوح في ورش الحدادة الإجهاد الناتج عن التعرض لدرجات الحرارة العالية لفترات طويلة، ومن هنا فإن خفض درجات حرارة الجسم يجعل ظروف العمل أكثر راحة للعاملين، كذلك فإن الضوضاء الناتجة عن عمليات الحدادة والتي تصدر عن تشغيل المطارق تعد أعلى بكثير من أي حد مقبول والحماية من آثارها لا تكون إلا باستخدام كاتم للصوت على الآذان وعزل ورشة الحدادة بدرجة كافية حتى لاتصل آثار الصدمات المختلفة من ضوضاء واهتزازات إلى الأقسام المجاورة.

إن المراقبة المتكررة للأجزاء المعدنية المسخنة إلى درجة حرارة عالية داخل فرن التسخين وعند إخراجها تؤدي إلى مشكلات تتراوح ما بين فقد جزئي أو كلي للبصر نتيجة الإشعاع الحراري المنبعث على المدى الطويل.

(13-12) مخاطر ورشة تشغيل المعادن:

تعد سوائل التبريد المستخدمة في عمليات التشغيل المتنوعة مصدراً أساسياً للمخاطر الصحية للعاملين في الورش، تلك السوائل التي تلامس جلد العاملين مع آلات الإنتاج بشكل أو آخر وتنتشر جزيئاتها في الهواء المحيط وتصل إلى الجهاز التنفسي مع هواء الشهيق لذلك من الشائع انتشار الأمراض الجلدية بأنواعها، كما أن هذه السوائل تحمل آثاراً طفيفة من المعدن الجاري تشغيله ومن أداة القطع التي قد تحتوي على الكروم أو النيكل أو الكوبالت مما يؤدي على المدى الطويل إلى الإصابة بسرطان جلدي.
كما أن أبخرة سائل التبريد التي تنشأ عن ملامسة السائل لأجزاء ساخنة تتحرك بسرعات عالية في مختلف عمليات التشغيل تسبب التهابات مختلفة في أجزاء الجهاز التنفسي وقد تمتد آثارها إلى الجهاز الهضمي.

(13-13) مخاطر ورشة اللحام:

تنشأ الأخطار الصحية في عمليات اللحام الكهربائي من الإلكترود المستخدم في عمليات اللحام سواء القلب المعدني أم الطبقة الخارجية فكلاهما يؤدي إلى تلوث الهواء في مكان العمل بطبقة من الأبخرة.

تؤدي عملية اللحام بالقوس الكهربائي إلى تلوث هواء الورشة ببخار يتكون من آثار ضئيلة من أكاسيد مكونات القطب المعدني مثل أكسيد السيليكون وأكسيد التيتانيوم وأكسيد المنغنيز، كذلك فإن الطبقة الخارجية العازلة ينتج عنها تكون أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والأوزون بنسب مقبولة في الأعمال الخارجية وبتركيز عالٍ في الورش.

أما فيما يتعلق بالإشعاع المنبعث عن القوس الكهربائي الذي يقع في مجال الأشعة فوق البنفسجية فإنه شديد الإيذاء للعين لأنه يمتص في القرنية ويؤدي إلى ألم وتلف العين عند التعرض المباشر لذلك فإن استعمال النظارة الواقية والقفازات الخاصة وواقي الجسم من البديهيات في هذا الصدد.

فيما يتعلق بالأخطار الناجمة عن استعمال لحام الغاز فإنها أقل من نظيرتها في لحام الكهرباء حيث تنبعث كميات ضيئلة جداً من ثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون واللذين لا يظهر تأثيرهما إلاّ إذا كان حيز العمل مغلقاً تماماً.

(13-14) مبادئ الوقاية من خطر وسائل ومعدات نقل الحركة:

1 -ضرورة إحاطة الحيز الذي تتحرك فيه أجزاء الآلة بحاجز واقٍ فعال.

2 -التأكد من عدم إمكان تشغيل الجزء الناقل للحركة المتوقف بسبب الصيانة.

3 -تركيب السيور على البكرات التي تكون لها حواف مرتفعة لمنع الانزلاق.

4 -عدم تركيب السيور باليد.

(13-15) مبادئ التشغيل الآمن للآلات:

1 -إيقاف الآلة تماماً عند انتهاء العمل فيها.

2 -عدم ارتداء الملابس الفضفاضة.

3 -يجب وقاية العيون عند العمل على جميع آلات الورش.

(13-16) مبادئ وقاية الآلات:

1 -تنظيم مكان العمل بحيث تكون هناك مساحات واسعة بين الآلات.

2 -تزويد الآلات بالحواجز الواقية بحيث تغطى كلّ الأجزاء المتحركة للآلات في حال إمكان وصول العمال إليها.

3 -ضرورة استخدام وسائل الأمان الحديثة في الآلات بقدر الإمكان.

(13-17) قواعد السلامة الشخصية أثناء استخدام الآلات:

1 -ضرورة استخدام العامل لعقله باستمرار أثناء العمل.

2 -السؤال في حال حدوث الشك أثناء العمل.

3 -ارتداء أجهزة الوقاية المتعددة.

4 -ارتداء لباس العمل المناسب.

5 -التأكد من وجود الحواجز الواقية للآلة في مكانها قبل العمل.

6 -التأكد من سلامة أجزاء الآلة قبل التشغيل.

7 -التأكد من نظافة مكان العمل وخلوه من مسببات الانزلاق.

8 -التأكد من عدم وجود أدوات على الأجزاء المتحركة للآلة.

9 -الامتناع عن العمل على الآلة قبل الإلمام الكامل بخواصها كاملة.

10 -الحرص على صيانة الآلة.

11 -الامتناع عن تجاوز السرعة القانونية للعمل على الآلة.

12 -تجنب الاتكاء على الآلة أثناء العمل.

13 -فصل الآلة بواسطة القاطع الرئيسي بعد الانتهاء من العمل.

(13-18) مبادئ السلامة العامة في استعمال العدد اليدوية:

1 -اختيار العدد المناسبة للعمل المراد تنفيذه.

2 –عدم استعمال العدد التالفة أو غير الصالحة للاستعمال.

3 –حفظ العدد بحالة جيدة باستمرار وتنظيفها من الشحوم والأوساخ.

4 –إجادة استعمال العدد اليدوية والتدريب عليها لاستعمالها بشكل صحيح.

5 –حمل العدد بواسطة علب أو أكياس أو أحزمة خاصة.

6 –عدم رمي العدد من شخص لآخر.

7 –التفتيش عليها بصورة دورية وصيانتها.

(13-19) معدات الوقاية الشخصية:

تستخدم هذه المعدات عند تعذر عمليات إزالة المسبب، وأهم الاحتياطات الوقائية هي:

1 –استعمال قناع كامل للوجه إذا كان ذلك ضرورياً.

2 –استعمال كفوف واقية من الحرارة.

3 –ارتداء القناع الواقي للتنفس عندما يكون العمل بالمهيجات.

4 –ارتداء رداء العمل دائماً، ويجب ارتداء الصدرية البلاستيكية عند التعامل المواد النشيطة.

5 –تجنب ارتداء الملابس الفضفاضة.

6 –ضرورة تغطية الشعر.

7 –عدم وضع اليدين في الفم أو الأنف أو الأذنين.

8 –وضع أسماء المواد الكيميائية عليها.

9 –تنظيف وتجفيف كل الزجاجات لمنع الاحتراق بواسطة الحموض.

10 عزل المحاليل عن المواد الفعالة.

11 –عدم نقل السوائل القابلة للاشتعال عبر الممرات في أوعية زجاجية.

وأهم معدات الوقاية الشخصية هي:

1 -ملابس العمل المناسبة.

2 -أجهزة وقاية الجسم، مثل الواقية من الحرارة والملابس المكيفة.

3 -أجهزة وقاية الجهاز التنفسي.

(13-20) إجراءات الأمن الصناعي عند عملية الخراطة:

إن عملية الخراطة إحدى أهم عمليات قطع المعادن التي ينتج عنها رايش معدني يتطاير بسرعة وشدة مختلفتين، وينجم عن ذلك نتائج خطيرة وأحياناً تؤذي العاملين إن لم تتخذ الإجراءات الوقائية المناسبة وإن لم يرتدِ معدات الوقاية الشخصية.

إن الخراطة تتم على آلات سريعة الدوران ولهذا فلا بد من الحيطة من هذه السرعات العالية، وأخطر جزء في المخرطة هو الظرف.

عند تشغيل القطع والأجزاء الضخمة وغير الدائرية يجب تغطية المساحات الخطيرة من تلك الأماكن البارزة ووقايتها.

وعند ضرورة إجراء تشغيل يدوي يجب مراعاة الاحتياطات الضرورية في مثل هذه الظروف وينبغي تحديد مثل تلك الإجراءات من قبل المهندسين المختصين.

وأهم مبادئ الوقاية من آلات الخراطة ومن عملية الخراطة هي:

1 -معرفة استعمال لوحة السرع والتغذية في الآلة.

2 -تلافي وضع السرعة المطلوبة أثناء دوران الآلة.

3 -اختيار طرق التثبيت المناسبة لقطع التشغيل وخاصة الطويلة منها.

4 -عدم استخدام عدد القياس اليدوية عندما يكون عمود التشغيل في حالة الدوران.

5 -عدم ترك مفاتيح الربط اليدوية وما شابهها من العدد على المخرطة.

6 -التثبيت الجيد للقطع المراد تشغيلها وعدم اللجوء إلى التثبيت بواسطة اليدين.

7 -استعمال فرشاة لإزالة الرايش الناتج عن التشغيل.

8 -ضرورة استخدام وسائل الأمان الحديثة في الآلات بقدر الإمكان مثل جهاز الأمان الضوئي.

9 -عدم البدء بعمل جديد دون الحصول على التعليمات والإرشادات اللازمة.

10 -عدم ترك الآلة أثناء العمل دون مراقبة.

11 -مراعاة النظافة وترتيب مكان العمل.

12 -إشعار الملاحظ عند حدوث أي خلل.

(13-21) إجراءات الأمن الصناعي عند عملية اللحام:

يمنع إجراء عمليات اللحام إلاّ من قبل العمال المدربين عليها وعلى استعمال أجهزة الإطفاء العائدة لها تدريباً جيداً، ويجب اتخاذ الإجراءات الوقائية المناسبة في الأماكن التي يجري فيها اللحام مع ضرورة حماية تجهيزات وأدوات اللحام باتباع ما يلي:

1 -إبعاد المواد القابلة للاشتعال أو تغطيتها بصورة جيدة.

2 -فحص الأماكن التي يجري فيها اللحام للتأكد من عدم وجود غازات أو أبخرة قابلة للاحتراق.

3 -التأكد من وجود أجهزة الإطفاء الكافية بالقرب من أماكن اللحام.

4 -التأكد من سلامة التجهيزات والأدوات المستعملة في اللحام.

5 -ارتداء الألبسة الواقية.

6 -يمنع تعليق الأنابيب المطاطية على الكتف.

7 -يمنع استعمال لهب المشاعل في إشعال السجائر أو المواد الأخرى.

8 -يمنع استعمال الأسلاك المعدنية في وصل أو تثبيت الأنابيب المطاطية.

9 -يمنع مرور الأفراد أو العربات فوق الأنابيب المطاطية.

10 -سحب نواتج اللحام بأجهزة خاصة.

11 -التأكد من إغلاق صمامات الأسطوانات ومفاتيح المشاعل بعد الانتهاء من عملية اللحام.

12 -التأكد من عدم وجود آثار للغاز والحرارة في أماكن اللحام بعد إتمام عملية اللحام.

13 -يجب أن يكون ماسك الالكترود معزولاً عزلاً تاماً.

14 -المحافظة على سلامة ونظافة التجهيزات المستعملة في اللحام.

(13-22) الأمن الكهربائي:

هو جملة من الإجراءات والتدابير الوقائية التي تتخذ بقصد الوقاية من الأخطار الناجمة عن الكهرباء عند التوليد أو التحويل أو الاستثمار.

والغاية من الأمن الكهربائي درء خطر التيار الكهربائي عن الإنسان، وتظهر هذه الأخطار عند حدوث تماس بين جسم الإنسان وأجزاء غير معزولة يمر بها تيار كهربائي. ومن هذه الأخطار، الصدمة الكهربائية والحروق والانفجارات، **ومن أسباب هذه الأخطار**:

1 -عدم قطع التيار الكهربائي عند أعمال التصليح أو الانتهاء من استثمارها.

2 -وجود أعطال تصميمية أو فنية في المعدات والأجهزة.

3 -عدم حماية لوحات التوزيع والقواطع الكهربائية وغيرها.

4 -عدم الوصل الأرضي للأجهزة والأدوات الكهربائية.

5 -تنفيذ الأعمال الكهربائية من أشخاص غير مدربين.

6 -الاستهتار والشرود والتسرع.

ونستطيع اتخاذ الإجراءات الوقائية التالية:

1 -عزل الآلة عن الإنسان وعزل الإنسان عن الأرض.

2 -استعمال توتر ضعيف.

3 -تأريض المعدات الكهربائية.

4 -فصل الآلات غلفانياً عن الشبكة بواسطة محولة.

5 -استعمال مآخذ وقوابس لا تتأثر بالرطوبة وإحكام تثبيتها.

6 -عدم استعمال معدات عليها قطرات مياه.

7 -عزل الآلات والكابلات.

8 -عدم استعمال الكابلات دون قوابس.

9 -تعليق الكابلات الممتدة على حوامل بارتفاع مناسب وبعيدة عن حركة المشتغلين.

10 - عزل لوحات التوزيع.

11 - تغطية جميع شبكات المقاومة والأجهزة المكشوفة بأغطية من مادة عازلة.

وبقدر ما نستثمرها بشكل صحيح بقدر ما يتعزز استقلالنا الاقتصادي وتتقلص في الوقت نفسه تبعيتنا للدول الصناعية الأخرى.

من هذا المنطلق فقد رأيت أن أضع هذا الكتاب بين أيدي أخواتنا وأخوتنا الطلاب في كلياتنا الهندسية وفي كل المعاهد والمدارس المعنية بدراسة هذا الاختصاص حتى أن عمالنا الفنيين في المصانع الإنتاجية سيجدون في هذا الكتاب عوناً لهم ومرجعاً علمياً مفيداً يعودون إليه عند الحاجة.

لقد اعتمدت في إخراج هذا الكتاب على الإيضاح بمبدأ الصورة قبل الكلمة تيسيراً للقارئ لاستيعاب مواد المقرر بقدر كافٍ يساعد القائمين على التدريس على أداء مهمتهم.

وإذا كانت مسافة الألف ميل تبدأ بالخطوة الأولى فإنني أعتقد أن الوصول إلى الهدف المرجو يبدو ممكناً، وكذلك فإنني أرى أن يداً واحدة لا تصفق، وبهذا أشير إلى دعوة مخلصة لكل الزملاء والمختصين من أجل أن تتضافر جهودهم لوضع منهجية عملية متكاملة تمثل موسوعة هندسية بلغتنا العربية يشارك في إعدادها كل الزملاء المختصين أعضاء الهيئة التدريسية في جامعاتنا والباحثين في جميع مؤسساتنا الإنتاجية والصناعية والذين لهم علاقة مباشرة بهذا الاختصاص تنسجم مع الأهداف المستقبلية لطموحات البناء الواسعة في بلدنا.

وأخيراً إذ آمل أن يحتل هذا الكتاب المكانة اللائقة به في مكتبتنا العربية فإنني أرجو أن أكون قد وفقت في إعداد مواده مساهماً بشكلٍ أو بآخر في دعم مسيرة التحديث والتطوير التي اعتمدتها السياسة السورية في عهد السيد الرئيس الدكتور بشار الأسد.

دمشق حزيران 2007

المؤلف

الفهرس

الفهرس		5
المقدمة		7
الفصل الأول	نظام القياس	9
الفصل الثاني	آلات التشغيل	63
الفصل الثالث	مواد أداوت القطع	93
الفصل الرابع	عمليات التشغيل بالخراطة	119
الفصل الخامس	عمليات التشغيل بالتفريز	247
الفصل السادس	عمليات التشغيل بالقشط	313
الفصل السابع	عمليات التشغيل بالتثقيب	357
الفصل الثامن	عمليات التشغيل بالتجليخ	339
الفصل التاسع	عمليات التشغيل بالتخليق	425
الفصل العاشر	عمليات التشغيل التلقائي	437
الفصل الحادي عشر	عمليات التشغيل الدقيقة والخاصة	473
الفصل الثاني عشر	خدمة وصيانة التجهيزات الميكانيكية	513
الفصل الثالث عشر	مبادئ الأمن الصناعي	543
المصطلحات العلمية		567
المراجع العلمية		577

وقل رب زدني علما
Damascus University

المراجـع العلمية

أولاً: المراجع العربية

1- هندسة الإنتاج الصناعي -1-

د.م. غسان حداد

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – 1991

2- آلات التشغيل

د.م. محمد غانم ، د.م. محمد بسام الخباز

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – 2006

3- القياسات وأجهزة القياس الميكانيكية

د.م. عبد المعين الخضور

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق – 1997

4- فن الخراطة

بروشتين، ديمتيف ، ترجمة: م. عبد الرحمن عوني

دار مير للطباعة والنشر – موسكو – 1981

5- فن التفريز

فيودور باراباشوف ، ترجمة: م. عيسى الزيدي

دار مير للطباعة والنشر – موسكو – 1985

6- تكنولوجيا المعادن

أ. ماليشيف ، ج.نيكولاييف ، ي.شوفالوف ، ترجمة: د. أنور الطويل

دار مير للطباعة والنشر – موسكو – 1981

7- تكنولوجيا هندسة الإنتاج

الجزء الأول: تكنولوجيا التصنيع والهندسة الصناعية

د. محمد نصير الدين دمير

دار الرتب الجامعية – بيروت – 1987

8- تكنولوجيا هندسة الإنتاج

الجزء الثاني: التطبيقات العملية

د. محمد نصر الدين دمير

دار الراتب الجامعية – بيروت – 1987

9- تكنولوجيا صناعة القوالب

م. سليمان خليفة

دار شعاع – حلب – 1998

10- أساسيات تقنية الورش وهندسة الإنتاج

د.م. أبو القاسم مسعود الشيخ

دار الكتب الجديدة المتحدة – بيروت – 2000

11- حسابات آلات الورش

د.م. محمود فوزي حمد

جامعة الملك سعود – الرياض – 1982

12- أمثلة تطبيقية على برمجة المخارط والفارزات المبرمجة CNC

م. رجب شناق

دار شعاع – حلب – 2006

13– الجداول الفنية للمعادن

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – المملكة العربية السعودية – 1985

14– معلومات موجزة عن الأمن الصناعي

م. ياسر اسماعيل – دمشق - 2004

15– تكنولوجيا ميكانيكا الآلات

المؤسسة العامة للتعليم الني والتدريب المهني – المملكة العربية السعودية – 1989.

16– التكنولوجيا لمهن تشكيل المعادن

المؤسسة العامة للتعليم الني والتدريب المهني – المملكة العربية السعودية – 1989.

ثانياً: المراجع الإنكليزية

1- Lectures in Metals Cutting

Dr. W.R.Tyfour
Matah University – 2006

2- Lectures in Manufacturing

Prof. David Dow
Massucheset Technology – 2006

3- Handbook of Manufacturing Engineering

Jack M.Walker
New York – 1996

4- Metals Machining: Theory And Applications
T.Childs , K.Maekawa , T.Obikawa , Y.Yamane
London – 2000

5- Manufacturing Engineer's Reference Book
Dr. Dalbir Koshal With Specialist Contributors
Oxford Press – 1995

6- Machinery's Handbook
Industrial Press – 26th Edition – New York – 2000

7- Production Engineering Sciences
P.C.Pandey , C.K.Singh
Standard Publishers Distributors – Delhi – 1992

8- Engineering Handbook
Richard C.Drof
Second Edition – New York – 2000

9- Mark's Standards Handbook For Mechanical Engineers
10th Edition – New York – 1997

10- Machine Tools
N.Chernov , Translated By Felix Palkin
Mir Publishers – Moscow – 1984

11- Programming Of CNC Machines
John Poly
New York – 2001

ثالثاً: مواقع الإنترنت

1- www.wikipedia.org
2- www.arab-eng.org
3- www.tkne.net
4- www.mechanicalengineeringmagazine.com

وقل رب زدني علما
Damascus University

المدقق اللغوي

الدكتورة هدى صحناوي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات

المصطلحات العلمية

وقل رب زدني علما
Damascus University

-A-

automatic locking	إحكام ذاتي
additional	إضافي
abrasive-belt grinding machine	آلة التجليخ البساطي
automatic machine tool	آلة تشغيل آلية
austenite	الأوستنيت
abrasive material	بساط حاك
actual size	البعد الحقيقي
air cooling	تبريد بالهواء
allowance for machining	تسامح التشغيل
adhesion	التصاق
aging	التعتيق

action	فعل
auxiliary	مساعد
adjustable straight guide	مسند متحرك
apron	وقاء

-B-

back tension	شد خلفي
bed	فرش الآلة
belt	سير
belt drive	إدارة بالسير
bench	منضدة
bench work	أعمال التسوية
bending	الثني
bulging	توسيع
burnisher	أداة التلميع
burnishing	التلميع
burr	رايش

-C-

center hole	ثقب التمركز
center to center distance	البعد بين المراكز
centreless grinding	التجليخ اللامركزي
chip cross section	المقطع العرضي للرايش
chisel edge	قمة ريشة الثقب

conical gear-drive	إدارة بالتروس المخروطية
crack	كسر
cropping	قص ، قطع
cylindrical grinding	التجليخ الاسطواني
cylindrical grinding machine	آلة التجليخ الاسطواني
cylindrical mandrel	حامل اسطواني

-D-

design department	قسم التصميم
detachable joint	وصلة قابلة للفك
deviation	الانحراف
differential indexing	التقسيم التفاضلي
diffusion	انتشار
dimension	البعد
dimensions of thread	أبعاد اللوالب
disk-type wheel	قرص التجليخ
dry friction	احتكاك جاف
ductility	الميطلية
durability	عمر الاستخدام

-E-

eccentric	لامركزي
electrolyte	محلول كهربائي (متشرد)
electrophysical machinery	التشغيل الكهروفيزيائي

embodiment of a measure	أداة تمثيل البعد
end milling	تفريز نهائي
extrusion fit	ازدواج بالتمدد

-F-

face	الوجه الأمامي
feed motion	سرعة التغذية
feed per minute	التغذية في الدقيقة
feed per revalution	التغذية في الدورة
free cutting	القطع الحر
friction	احتكاك
friction locking	إحكام احتكاكي
friction wheel drive	إدارة بعجلات احتكاك
fusion welding	اللحام بالصهر

-G-

gear shaping	تشكيل مسننات بالقشط
gear shaving	التفريز الدقيق للمسننات
generating	التوليد
groove	أخدود
groove type chip breaker	كاسر الرايش الأخدودي
guide	موجه

-H-

hand loading	التركيب اليدوي
hexagonal bar	قضيب مسدس

high speed steel	فولاذ السرج العالية

-I-

index crank	مرفق تقسيم
index pin	مسمار تقسيم
index plate	قرص تقسيم
interference	التداخل
intermittent feed	التغذية المتقطعة
internal grinding	التجليخ الداخلي

-J-

jaw	فك
jet electrochemical machining	التشغيل الكهروكيميائي النفاث
jig base	قاعدة الدليل

-K-

kinematics chain	مخطط حركة
kinematics diagram	سلسلة حركية

-L-

land	الحيز خلف الحد القاطع
lapping	الدلك بالحضن
lock pin	مسمار قفل
longitudinal rolling	الدرفلة الطولية
longitudinal table	الطاولة الطولانية
low carbon steel	فولاذ قليل الفحم

-M-

machine	الآلة
machine pulse generator	مولد النبضات
machine tool	آلة تشغيل
main tool slide	المنزلق الرئيسي
multi-step gear box	إدارة ذات سرعات تدريجية

-N-

neck	رقبة
nut	صامولة
nut tap	أداة لولبة الصواميل

-O-

offset tool	قلم خراطة جانبية
open structure	البنية المفتوحة
organization structure	الهيكل التنظيمي

-P-

part	جزء
planer	مقشطة
planer type milling machine	فارزة طولانية
punched tape	شريط مثقب
punching	تخريم

-Q-

quality	جودة
quantity of motion	كمية الحركة
quarter of cycle	ربع الدورة

-R-

rack and pinion drive	*إدارة بالجريدة المسننة والترس*
radiation	إشعاع
range	مجال
ratio	نسبة
rotary table milling machine	فارزة ذات طاولة دوارة
rotating center	مركز دوار

-S-

saddle	سرج المخرطة
screw	برغي
shear stress	إجهاد قص
sheet	صفيحة
shrink fit	ازدواج بالانكماش
step	خطوة
step drill	ريشة ثقب متدرجة
step type chip breaker	كاسر خراطة متدرج
swiveling table	طاولة دوارة

-T-

tail stock	غراب الذيل
tail stock offset	إزاحة غراب الذيل
tang	لسين دقيق
tangential component of cutting force	المركبة المماسية لقوة القطع

tank	خزان
tap	أداة اللولبة الداخلية
thread	لولب
twist drill	ريشة ثقب حلزونية

-U-

ultrasonic machining	التشغيل بالأمواج فوق الصوتية
underformed chip thickness	سماكة الرايش
underformed chip width	عرض الرايش
unification	التوحيد
universal machine tool	آلة تشغيل عامة

-V-

variation	تغير
V-belt drive	إدارة بسير مخروطي
velocity ratio	نسبة السرع
vertical slide	المنزلق العمودي
vertical tool head	العربة العمودية
vice	ملزمة

-W-

water cooling	تبريد بالماء
wedge	إسفين
wedge angle	زاوية الرأس
weldability	قابلية اللحام
welding	اللحام

work rest blade	شفرة الاستناد
work support arm	ذراع حامل
work surface	سطح التشغيل
workshop	ورشة

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفهرس

الفهرس		5
المقدمة		7
الفصل الأول	نظام القياس	9
الفصل الثاني	آلات التشغيل	63
الفصل الثالث	مواد أداوت القطع	93
الفصل الرابع	عمليات التشغيل بالخراطة	119
الفصل الخامس	عمليات التشغيل بالتفريز	247
الفصل السادس	عمليات التشغيل بالقشط	313
الفصل السابع	عمليات التشغيل بالتثقيب	357
الفصل الثامن	عمليات التشغيل بالتجليخ	339
الفصل التاسع	عمليات التشغيل بالتخليق	425
الفصل العاشر	عمليات التشغيل التلقائي	437
الفصل الحادي عشر	عمليات التشغيل الدقيقة والخاصة	473
الفصل الثاني عشر	خدمة وصيانة التجهيزات الميكانيكية	513
الفصل الثالث عشر	مبادئ الأمن الصناعي	543
المصطلحات العلمية		567
المراجع العلمية		577

وقل رب زدني علما
Damascus University