جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ الميكانيك

الثالث

تـأليـف

الدكتور سعد عباس خضر
الدكتور مهند زيـــدان خليفة
المهندس ابراهيم نصيف جاسم

الدكتور حازم حاتم عبد الكاظم
المهندس كاظم تايه غالي
المهندس علي زيـــدان عباس

تنقيح

م.م حيدر جليدان كاظم

المهندسة سجى خميس بلاسم

المهندس عباس سلمان عبدالله

الطبعة السابعة المنقحة

1447هـ - 2025م

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم

إن التطور العلمي والتكنولوجي السريع يستوجب تطوير المناهج والخطط والكتب الدراسية بكافة مراحل التعليم في بلادنا لمواكبة التقدم العلمي وكل ما هو جديد في مجال المعرفة ومحاولة اعتماد الأساليب المتطورة في التكنولوجيا والعلوم الهندسية. وكان من أولويات المديرية العامة للتعليم المهني تطوير مناهج التعليم المهني وان كتاب العلوم للمرحلة الثالثة هو استمرار لهذا النهج وعليه نضع هذا الكتاب بين يدي طلبتنا الأعزاء ادراكا منها بأهمية تحديث وتطوير المناهج الصناعية وجعلها مستوفية للمتطلبات العلمية والفنية ومنسجمة مع مناهج التدريب العملي والتسهيلات التعليمية الحديثة في الأقسام العملية ومنسجمة كذلك مع التوجهات التربوية الحديثة ومتضمنة للأشكال التوضيحية والصور اللازمة. اشتمل الكتاب خمسة فصول، إذ تناول الفصل الأول على التفريز (أنواع ماكينات التفريز، الأجزاء الرئيسية لماكينات التفريز، الحركات الرئيسة في ماكينات التفريز، العناصر الرئيسية لعملية التفريز، طرق التفريز ،سكاكين التفريز، ملحقات ماكينات التفريز، طرق التقسيم)،كما تناول الفصل الثاني عمليات التشغيل في التفريز (عمليات التشغيل على ماكينات التفريز، تشغيل السطوح المائلة، تصنيع التروس) اما الفصل الثالث تناول موضوع ماكينات التفريز المبرمجة (أجزاء الماكينة، أوامر البرمجة اليدوية، أساليب التشغيل ، النقاط المرجعية، خطوات كتابة البرنامج). تناول الفصل الرابع موضوع ماكينات التجليخ (أنواعها وأجزاءها الرئيسية، عمليات التجليخ اليدوية والإلية، أحجار التجليخ، سوائل التبريد في عملية التجليخ). أما الفصل الخامس تناول القطع اللاتقليدي (خصائص التشغيل اللاتقليدي، تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي، التشغيل الكيميائي، التشغيل بقوس البلازما والتشغيل بالليزر). وإدراكا لأهمية المصطلحات العلمية فقد روعي إضافة المصطلح باللغة الانكليزية في المتن، ونأمل أن يكون هذا الكتاب مساهمة متواضعة تحقق فائدتها وذلك عن طريق الزملاء المدرسين الى الطلبة ذوي الاختصاص في المجالين النظري والعملي إننا نقـــدر أي جهد من قبـــل زملائنا يساهم في تصويب وتعديل وتطوير محتويات الكتاب. لذا نأمل مـــن اخواننا المدرسين والمدرسات تزويدنا بملاحظاتهم واقتراحاتهم من أجل تطوير الكتاب حرصا على إتمام الفائدة لطلبتنا الأعزاء.

والله ولي التوفيق

المؤلفون

التسلسل	ألمحـــتويـــات	ألصفحة
	المقدمة	2
	الفصل الأول/ التفريز	5
1-1	التفريز	6
2-1	ماكينات التفريز	7
3-1	ظروف القطع لعملية التفريز	17
4-1	طرائق التفريز	27
5-1	سكاكين التفريز	33
6-1	أنواع سكاكين التفريز المستعملة على ماكينات التفريز	34
7-1	طرائق تثبيت سكاكين التفريزعلى ماكينات التفريز	41
8-1	رأس التقسيم	46
9-1	طرائق التقسيم	50
10-1	أسئلة الفصل الأول	55
	الفصل الثاني/عمليات التشغيل على ماكينات التفريز	57
1-2	عمليات التشغيل على ماكينات التفريز	59
2-2	تسوية السطوح	59
3-2	تشغيل السطوح المائلة	62
4-2	تشغيل الأكتاف على السطوح	63
5-2	تشغيل الأخاديد	66
6-2	تصنيع التروس	78
7-2	نظام الجريدة المسننة والترس	90
8-2	سوائل التزييت والتبريد في عمليات التفريز	95
9-2	التعليمات الوقائية عند العمل على ماكنات التفريز	96
10-2	إدارة وصيانة ماكينات التفريز	97
11-2	أسئلة الفصل الثاني	98
	الفصل الثالث/ ماكينات التفريز المبرمجة	100
1-3	ماكينات التفريز المبرمجة	101
2-3	أوامر برنامج القطعة (برنامج الجزء)	102
3-3	اتجاهات الحركة في نظام الإحداثيات للماكينة	107

4-3	النقاط المرجعية	108
5-3	نقطة صفر قطعة العمل	109
6-3	اعداد البرنامج	113
7-3	وصف الدوال التحضيرية والدوال المساعدة المهمة	115
8-3	أسئلة الفصل الثالث	127
	الفصل الرابع/التجليخ	130
1-4	عملية التجليخ	131
2-4	ماكينات التجليخ	131
3-4	عمليات التجليخ	141
4-4	أحجار التجليخ	151
5-4	سوائل التبريد في عملية التجليخ	161
6-4	حسابات التجليخ	162
7-4	أسئلة الفصل الرابع	170
	الفصل الخامس /عمليات التشغيل اللاتقليدي	173
1-5	خصائص التشغيل اللاتقليدي	174
2-5	تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي	175
3-5	التشغيل الكيميائي	176
4-5	التشغيل بالتفريغ الكهربائي	178
5-5	التشغيل بقوس البلازما	180
6-5	التشغيل بالليزر	182
7-5	التشغيل الكهروكيميائي	185
8-5	التشغيل بالموجات فوق الصوتية	188
9-5	التشغيل بنفاث الماء	190
10-5	التشغيل بنفاث الهواء	191
11-5	أسئلة الفصل الخامس	193
	المصادر	195

الفصل الأول / التفريز Milling

أهداف الفصل

أن يكون الطالب بعد إنهائه دراسة الفصل قادراً على أن: -

1- يميِّز بين أنواع ماكينات التفريز من حيث الشكل والاستعمال.

2- يسمي أجزاء ماكينات التفريز.

3- يفهم الحركات الرئيسة في التفريز.

4- يتعلم طريقة ربط المشغولات.

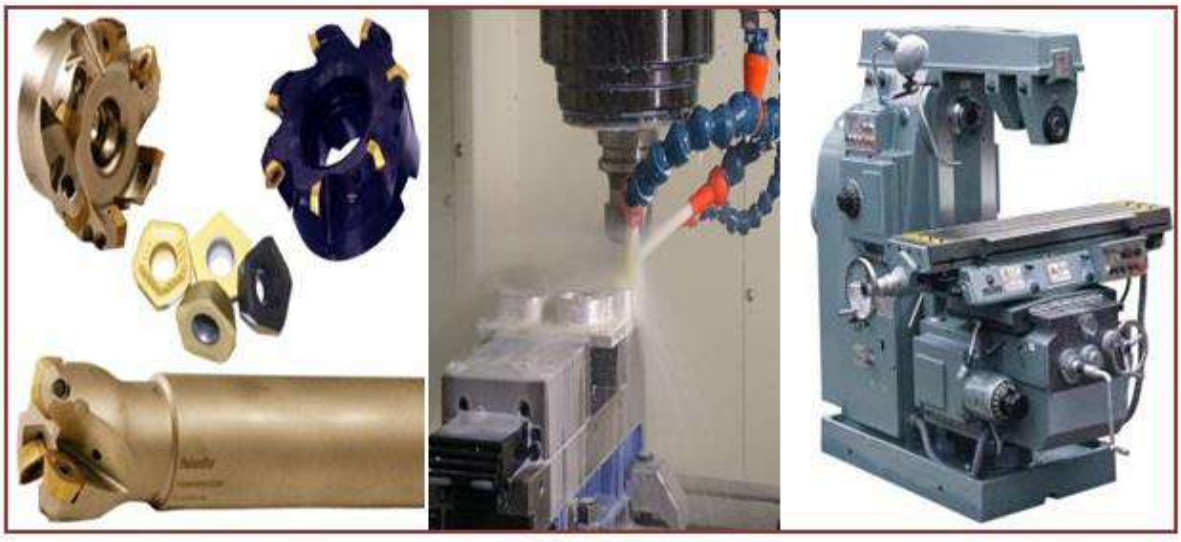
5- يميِّز بين طرائق ربط سكين التفريز على ماكينة التفريز.

6- يقارن بين طرائق التفريز العكسي والمتماثل.

7- يحسب سرعة دوران سكين التفريز وسرعة التغذية.

8- يحسب زمن التفريز.

9- يتعرَّف على أجهزة رؤوس التقسيم.



تمهيد:-

يُعد التفريز من العمليات المهمة في نمو الانتاج الصناعي وأن رفع انتاجية العمل من أهم القضايا الموضوعة أمام الصناعة، وتشكل ماكينات التفريز الأساس من مجمل معدات قطع المعادن والمواد الأخرى، إذ يتم انجاز مجال واسع من الأعمال عن طريق عملية التفريز ويمكن الحصول على أي سطح مهما كان شكله، وتتحسن باستمرار تصاميم ماكينات التفريز وتزداد انتاجيتها ودقتها وضمانة عملها، كما يسهل التحكم بها والقيام بصيانتها.

1-1 التفريز Milling

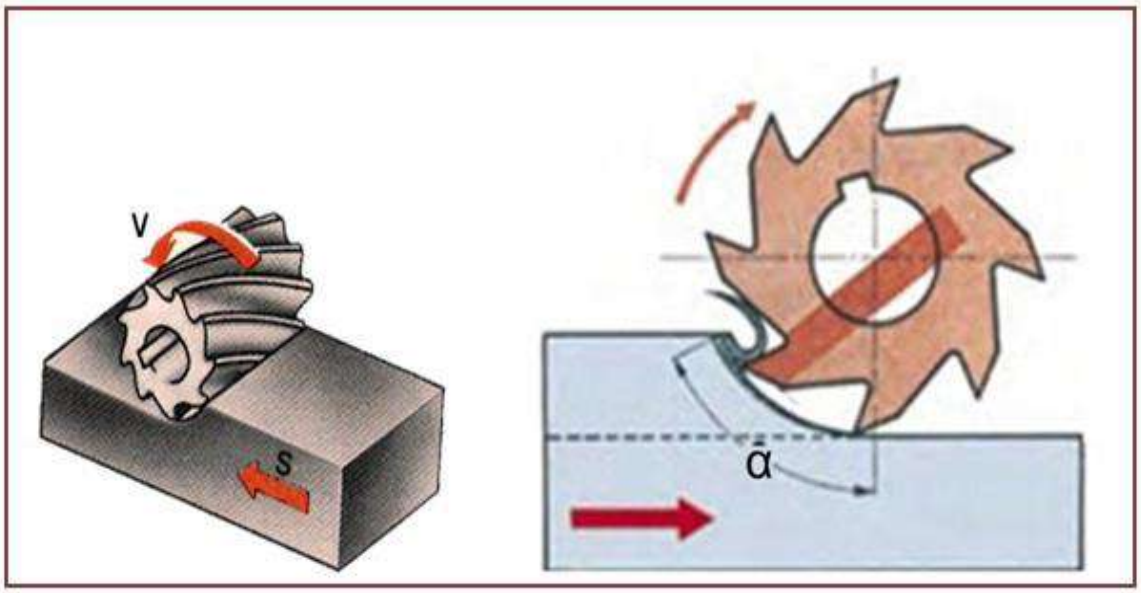
هو إحد عمليات القطع الميكانيكي للمعادن التي يتم فيها إزالة الرايش بوساطة أداة قطع دوّارة متعددة الأسنان تسمى سكين التفريز، وكل سن من هذه الأسنان يمثل أداة قطع بسيطة ذات حد قاطع واحد.

وتتم عملية القطع في التفريز عن طريق حركتين الشكل (1-1): -

حركة رئيسة **(V)**: - وهي الحركة الدورانية لسكينة التفريز وتتحدد سرعة القطع بسرعة الحركة الرئيسة.

حركة التغذية **(S)**: - هي الحركة الانتقالية للمشغولة في الاتجاهات الثلاثة (الطول، العرض، الارتفاع).

ونظرا لتعدد الحدود القاطعة لسكاكين التفريز، يمكن إزالة حجم كبير من الرايش في عملية تفريز واحدة، كما أن السطوح المشغلة تتميز بجودتها، أي نعومة السطح واستوائه. يقوم كل سن بفصل الرايش عن القطعة المشغلة في جزء من دورة السكين، وبعدها يتوقف عن عملية القطع، أي أنه يمر بشوط عاطل بالرغم من استمرار سكين التفريز بالدوران، وهذا يؤدي إلى ما يسمى بالتبريد الذاتي للسكين.



الشكل (1-1) آلية القطع لسكين التفريز.

2-1 ماكينات التفريز Milling Machines

تستعمل ماكينات التفريز في عملية تشغيل المشغولات عن طريق إزالة أجزاء من المادة على شكل رايش بوساطة أداة قطع دوارة. تركب أداة القطع على عمود الدوران بينما تثبّت المشغولة على طاولة الماكينة، وتتم عملية القطع نتيجة لدوران أداة القطع (سكين التفريز) وتأمين اقتراب قطعة العمل بوساطة طاولة الماكينة. وبشكل عام أن تشغيل هذا النوع من الماكينات يحتاج معرفة وخبرة عملية في ربط أداة القطع وربط المشغولات ومعرفة اتجاه قطع السكين واختيار شكل ونوع السكين المناسب لقطعة العمل وفي اختيار السرعة والتغذية وكذلك ضبط هذه الماكينة عند التشغيل والإنتاج بتقليل الخلوص الموجود في الماكينة.

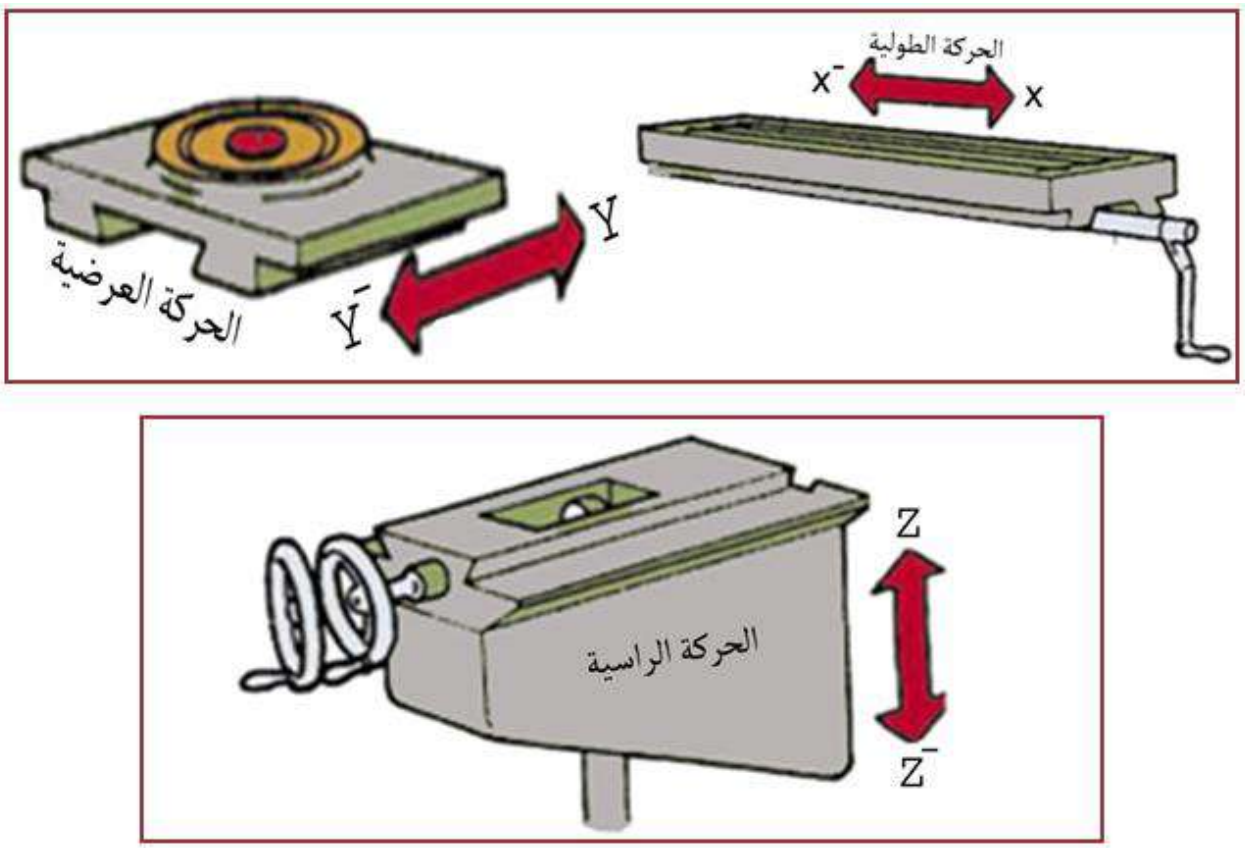
1-2-1 الحركات الرئيسة لماكينات التفريز

يتطلب عملية التشغيل على ماكينة التفريز توفر حركات تغذية رئيسة وهي، الشكل (1-2): -

1- الحركة الطولية: - هي الحركة الناتجة من حركة الطاولة بالاتجاه الطولي.

2- الحركة العرضية: - هي الحركة الناتجة من حركة الطاولة والسرج في آن واحد بالاتجاه العرضي.

3-الحركة الرأسية: -هي الحركة الناتجة من حركة الطاولة والسرج والكابول (الركبة) معاً بالاتجاه العمودي



الشكل (1-2) الحركات الرئيسة لماكينة التفريز.

ويتم التحكم في مقاسات هذه الحركات عن طريق تدوير عجلات ذات تدريجات لقياس مسافة الحركة بأحد الأتجاهات الثلاثة، وكل عجلة مركبة على عمود مسنن يتعشق مع الجزء المطلوب للحركة. وعند تدوير العجلة المدرجة دورة كاملة تتحرك الطاولة بضع مليمترات محسوبة وفقا لوحدات الطول المثبتة على محيط العجلة.

2-2-1 انـواع مـاكينـات التفريز

تُعد ماكينات التفريز من معدات التشغيل الهامة التي تستعمل في ورش التشغيل على نطاق واسع لإنتاج المشغولات المختلفة لما تتميز به من دقة، ومرونة في تنفيذ مختلف المنتوجات. ويمكن تصنيف ماكينات التفريز على وضع واتجاه محور الدوران الحامل لأداة القطع وكما يأتي :-

1- ماكينات التفريز الافقية: (Horizontal Milling Machines)

وهي الماكينات التي يكون فيها عمود الدوران أفقياً وموازياً لطاولة الماكينة.

2- ماكينات التفريز الرأسية: (Vertical Milling Machines)

وهي الماكينات التي يكون فيها عمود الدوران عمودياً على الطاولة .

3- ماكينات التفريز العامة (الجامعة الأغراض): (Universal Milling Machines)

وهي تلك الماكينات التي يمكن استعمالها كماكينة تفريز رأسية أو ماكينة تفريز أفقية.

وتوجد أنواع أخرى من ماكينات التفريز تكون أكثر تخصصاً في عمليات الإنتاج منها:

أ- ماكينات التفريز بالنسخ (Engraving Copy Milling Machines)

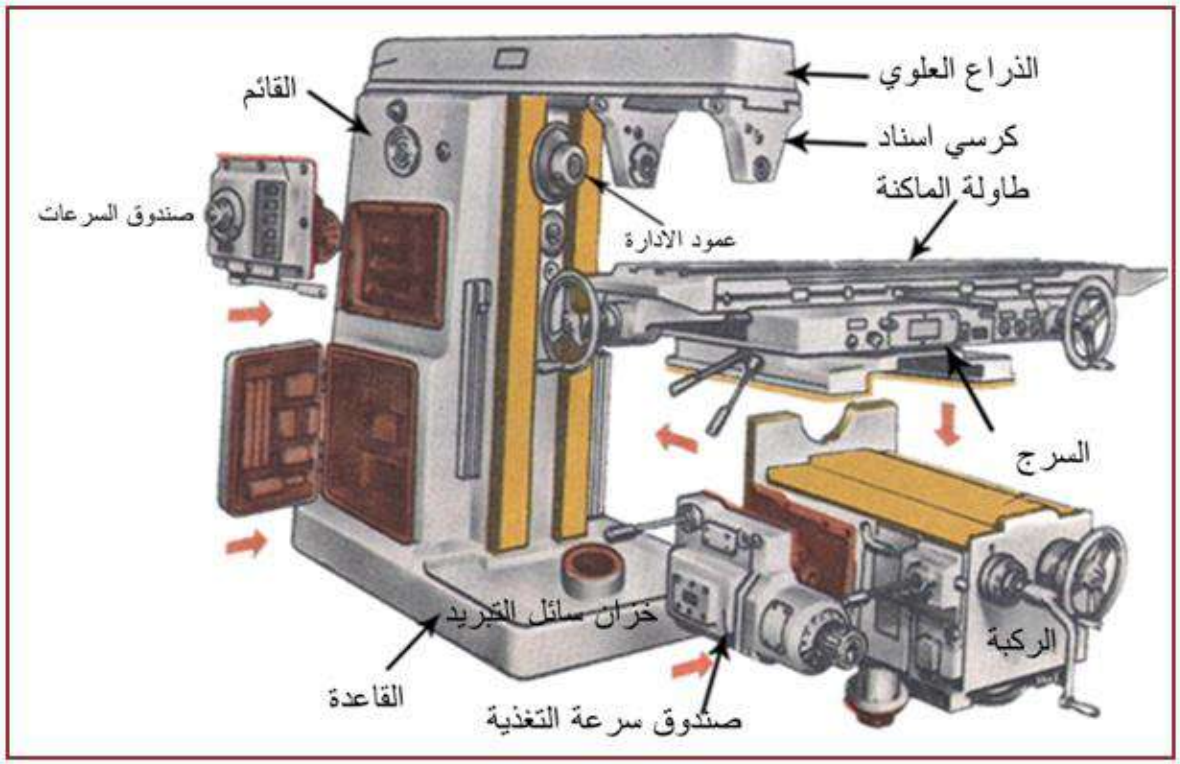
ب- ماكينات التفريز المعانة بالحاسوب (CNC Milling Machines)

أولاً: ماكينات التفريز الأفقية

تمتاز هذه الماكينات بالوضع الأفقي لعمود الدوران فيها، مع وجود ثلاث حركات متعامدة مع بعضها البعض وتقسم ماكينات التفريز الأفقية الى ماكينات بسيطة وماكينات متعددة الأغراض وفيها يمكن إمالة الطاولة بزاوية 45° حول محورها الرأسي في كل من الاتجاهين، ولكي توضع الطاولة بالزاوية المطلوبة بالنسبة لعمود الدوران يوجد بين الموجّهات وطاولة العمل جزء دوّار مزوّد بتدريجات على قسمه الخارجي.

الأجزاء الرئيسة لماكينات التفريز:

تتكوّن ماكينات التفريز عادةً من مجموعة من الأجزاء المشتركة، كما هو موضح في الشكل (1-3). وسيتم في ما يأتي إستعراض هذه الأجزاء وبيان وظائفها.



الشكل (1-3) ماكينة التفريز الأفقية.

1- الهيكل (القائم) Frame: -

وهو الهيكل الرئيسي الذي تركب عليه جميع أجزاء ماكينة التفريز وآليات ماكينة التفريز، ويكون مصنوع من الحديد الصب عالي الجوده ومُشغل بدقة عالية. يوجد على السطح الامامي من الهيكل مجريان شاقوليان تتحرك عليهما الركبة (الكابول) ويتحرك الذراع العلوي على الموجهات العلوية للهيكل، كما يستعمل لارتكاز وحمل طرف عمود الدوران مع سكين التفريز بوساطة كرسي الإسناد الذي يمكن تثبيته، أذ يكون بروزه مختلفاً ويحتوي على لوحة كهربائية. يحتوي الهيكل بداخله آلية نقل الحركة الى عمود الدوران وفي الخلف يثبت المحرك الكهربائي الرئيس للماكينة.

2- الذراع العلوي Upper Limb: -

يكون الذراع العلوي (التمساح) في أعلى بدن الماكينة بوضع أفقي، ويستعمل في تثبيت كراسي الإسناد التي تتحرك على موجّهات الذراع العلوي ثم تثبيتها بصواميل.

ملاحظة:- يجب عدم تبديل كرسي الاسناد من ماكينة تفريز الى أخرى لتقليل الانحراف في عمود الدوران

3- طاولة الماكينة (المنضدة) Working Table :-

هي أحد الأجزاء الأساسية في ماكينات التفريز، وتُستخدم لتثبيت المشغولات عليها أثناء عمليات التشغيل. تُصنع طاولة الماكينة عادةً من حديد الزهر الرمادي (Gray Cast Iron) بسبب قدرته العالية على تحمّل الأحمال وامتصاص الاهتزازات ومقاومة التآكل وسهولة التشغيل والتشكيل.

تجهّز طاولة الماكينة بمجاري على شكل حرف (T) لتثبيت المشغولات ووسائل الربط. وتتحرك الطاولة طوليا على موجهات (مجارٍ) في السطح العُلوي للسرج، مع وجود مجرى في السطح الجانبي للطاولة تستعمل لوضع مصدات لتحديد الطول المطلوب للمشغولة.

4- السرج (المنزلقة المستعرضة) Saddle :-

عبارة عن قطعة وسطية بين الركبة والطاولة، إذ يتحرك السرج والطاولة معا بالاتجاه العرضي على الموجّهات العلوية للركبة.

5- الركبة (الكابول) Knee :-

عبارة عن جزء مصبوب يحتوي على موجّهات أفقية ورأسية، إذ تتصل الركبة مع الهيكل بوساطة الموجهات الرأسية (الشاقولية) لتتحرك عليها الى الاعلى والاسفل يدوياً بواسطة لولب وصامولة أو آلياً طريق عُلبة التغذية. ويوجد على السطح العُلوي للركبة موجهات أُفقية ليتحرك عليها السرج والطاولة معاً عرضياً. كما تحتوي على آلية التغذية لتوزيع الحركة الطولية والعرضية والرأسية.

6- القاعدة Base: -

تصنع القاعدة من حديد الزُّهر (الآهين) ويُشغل سطحها العُلوي والسُفلي بدقة، حيث يستند جسم ماكينة التفريز على السطع العُلوي كما تستند الماكينة بواسطة السطح السفلي على ارض الورشة. وهي ذات متانة عالية قابلة لامتصاص الاهتزازات الناجمة من عمليات القطع وتحتوي على تجويف يستعمل كخزان لسائل التبريد الذي يتم ضخه الى المشغولات بوساطة مضخة كهربائية.

7- صندوق السرعات Gear Box: -

وهو عبارة عن صندوق مجوَف من الداخل ضمن الجسم القائم ويوجد بداخله عدد من المحاور تتحرك عليها مجموعة من المسننات المُعشَقة مع بعضها. وهو مخصص لإعطاء سرعات مختلفة لعمود الدوران حيث يتم ضبط سرعة الدوران بوساطة أذرُع موجودة على جانب القائم وبدلالة جدول خاص كما في الشكل (1-4)، وعند تعشيق السرعة يجب ان تكون الآلة في وضع تَوَقف.

الشكل (1-4) صندوق السرعات

8- عمود الدوران Arbor: -

يتُم بواسطة عمود الدوران إعطاء حركة القطع الدورانية لأداة التفريز، وتعتمد دقة دوران أداة التفريز على دقة صنع عمود الدوران وعلى درجة متانته. يُصنع عمود الدوران من الفولاذ السبائكي، ويحتوي عمود الدوران على تجويف مخروطي داخلي يثبّت به عمود حامل السكين وتصل إليه الحركة الدورانية من صندوق تروس السرعات. يوجد على الطرف الأمامي للعمود خابورِيَن لنقل عزم الدوران، كما توجد أربعة ثقوب مُلَولَبة للتثبيت المباشر لأدوات التفريز الشكل (1-5).

الشكل (1-5) عمود الدوران

9- علبة التغذية Feed Box: -

عبارة عن صندوق مجوَف من الداخل يحتوي على عدد من المحاور تتحرك عليها مجموعة من المسننات المُعشَقة مع بعضها. ويتم ضبط سرعة التغذية بوساطة أذرُع موجودة على جانب القائم وبدلالة جدول خاص، كما في الشكل (1-6). وتأخذ التغذية حركتها إما عن طريق عُلبة السُرعة بوساطة محور توصيل أو عن طريق محرك كهربائي مستقل لغرض الحصول على التغذية التشغيلية وعلى التحركات السريعة لكل من الطاولة والكابول.

الشكل (1-6) علبة التغذية

10-منظومة التبريد Cooling System : - تستعمل لتبريد سكين التفريز وقطعة العمل وتفيد في تنظيف مكان القطع وتتكوّن هذه المنظومة من خزّان ومضخة وأنابيب التبريد.

ثانيا:- ماكينات التفريز الرأسية

وفيها يكون عمود الدوران الحامل لسكين التفريز عموديا على طاولة الماكينة وتشترك بالأجزاء نفسها لماكينة التفريز الأفقية ماعدا الذراع العلوي الذي يستغنى عنه في الماكينة الرأسية، وتمتاز الماكينة العمودية في إمكانية تشغيل المشغولات بمرونة أكبر من الماكينة الأفقية ولهذا يكون استعمالها أوسع، الشكل (1-7).

الشكل (1-7) ماكينات التفريز الرأسية.

الرأس الحامل لعمود سكين التفريز

يقع الرأس العمودي الحامل لعمود الدوران (الذي يُثبّت عليه سكين التفريز) في الواجهة الأمامية للجزء العلوي من ماكينة التفريز الرأسية. ويُعد هذا الرأس من الأجزاء الأساسية والمهمة في ماكينات التفريز الرأسية، كما هو موضح في الشكل **(1-8)**. يتميّز الرأس القابل للتعديل بإمكانية إمالته وضبط زاويته لغاية **(90°)** في كلا الاتجاهين من الوضع العمودي بالنسبة لطاولة الماكينة، مما يوفر مرونة كبيرة في إنجاز عمليات التفريز بزوايا مختلفة. ولضمان الدقة في عملية ضبط زاوية ميل الرأس الحامل لعمود السكين، يُزوّد الرأس بمقياس مدرّج يُستخدم لتحديد زاوية الميل بدقة.

الشكل (1-8) الرأس الحامل عمود سكين التفريز.

ثالثاً:- ماكينات التفريز العامة (الجامعة الاغراض)

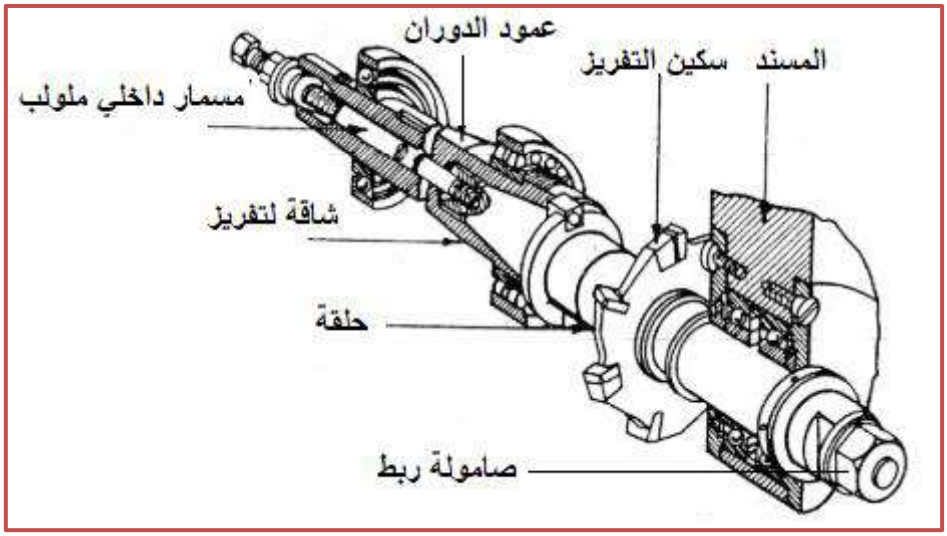
هي احدى انواع ماكينات التفريزالتي تتميز بمرونتها العالية وقدرتها على تنفيذ مجموعة واسعة من عمليات التفريز المتنوعة على أنواع مختلفة من المواد وقطع العمل. ويمكن استخدامها في الوضعين الأفقي والعمودي حسب متطلبات التشغيل، كما هو موضح في الشكل (1-9). تم تطوير هذا النوع من الماكينات لتسهيل التحكم بالحركات الثلاث الأساسية :الطولية والعرضية والرأسية، مما يساهم في تقليل وقت التشغيل وزيادة الكفاءة. وتحتوي على آليات ذات قبضة واحدة تُستخدم لتحديد عدد دورات عمود الدوران أو مقدار التغذية المطلوبة، إضافة إلى التحكم في الحركات الآلية للطاولة. وتتميز هذه القبضات بأن اتجاه تدويرها يتوافق مع اتجاه حركة الطاولة، مما يسهل عملية التشغيل. يتم تشغيل وإيقاف عمود الدوران باستخدام أزرار تحكم كهربائية، كما تتوفر خاصية التحريك السريع للطاولة في الاتجاهات الثلاثة (الطولي، العرضي، والرأسي)، لتسريع عمليات المعايرة والإعداد.

ولضمان السلامة وكفاءة الأداء، تم تأمين عمل المعدات الكهربائية من خلال وضع الأجهزة داخل صندوق معزول، مع ترتيب الأسلاك الكهربائية بشكل منظم وآمن.

الشكل (1-9) ماكينة التفريز الجامعة الأغراض.

أعمدة محامل عدة القطع (الشاقات)

تصنع أعمدة السكاكين (الشاقات) من الصلب النيكلي ويكون أحد طرفيها مخروط الشكل ليتم إدخاله في مخروط عمود الدوران. ويتكون عمود السكين من قرص ذي فتحتين وساق اسطوانية بخابور تنتهي بجزء ملولب، ويزود بحلقات تباعد بأطوال مختلفة وحلقات استناد. تثبت سكين التفريز على الساق الأسطوانية بوساطة الخابور، ويضبط وضعها بالنسبة للمشغولة بمجموعة من الحلقات التي تركب على الساق الاسطوانية، ثم تشد بوساطة صامولة تركب على الجزء الملولب وتستخدم هذه الاعمدة في ماكينات التفريز الأفقية. وتنقل الحركة الدورانية للحامل بوساطة فتحتي القرص التي تعشق مع الخابورين المثبتين على وجه الطرف الأمامي لعمود الدوران. أما الطرف الآخر لعمود السكين فإنه يحمل على كراسي تحميل مثبتة على حوامل برأس ماكينة التفريز لمنع إهتزاز العمود أثناء عملية التفريز الشكل (1-10). وتصنع عادة أعمدة السكاكين بأطوال قياسية مختلفة بحيث تتناسب مع أحجام ماكينات التفريز الأفقية وهي (12, 16, 22, 27, 32, 50) mm.



الشكل (1-10) مقطع لعمود الدوران وعمود السكين (الشاقة)

ويمكن تصنيف أعمدة السكاكين (الشاقات) الى نوعين الشكل (1-11) :-

1-**أعمدة طويلة:** يثبت الطرف المخروطي في عمود الدوران والطرف الآخر على كرسي إسناد.

2-**أعمدة قصيرة (العمود المبتور):** تستعمل لتثبيت السكاكين الوجهية و الغنفارية وسكاكين حرفT.

الشكل (1-11) أنواع الأعمدة.

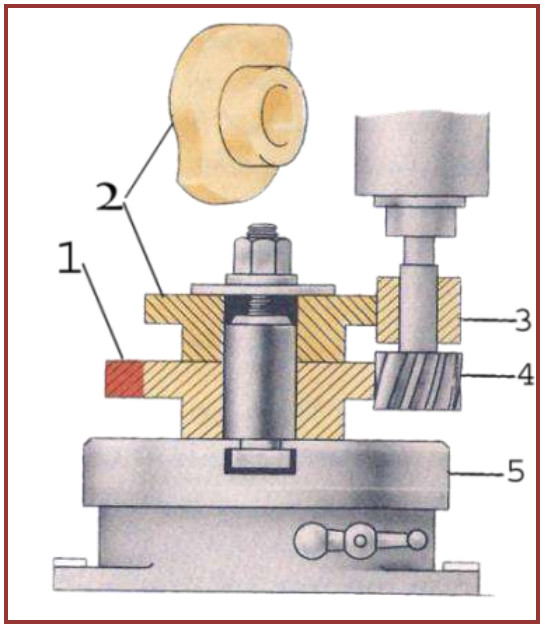
وتوجد أنواع أخرى من ماكينات التفريز تكون أكثر تخصصاً في عمليات الانتاج منها: -

أ- ماكينات التفريز بالنسخ Engraving Copy Milling Machine

يجري تشغيل القطع ذات السطوح المعقدة مثل القوالب وريش التوربينات وغيرها بوساطة ماكينات التفريز بالنسخ وتوجد في ماكينات التفريز الناسخة تجهيزات لتحديد شكل المنتج مثل (طبعة القياس ودليل التشغيل والقطعة المعيارية والمخطط والانموذج) أما التجهيزات الناسخة هي (المحساس والاصبع الناسخ والبكرة الناسخة والخلية الضوئية).

التفريز النسخي بموجب طبعات تطبق على المشغولة

تستعمل هذه الطريقة عند الإنتاج الفردي والمتتالي مثل تشغيل الكامات القرصية حيث يتم التشغيل بوساطة سكين تفريز طرفية تتحرك بمسار محدد، الشكل (1-12)، ويتم التوصل الى الشكل المطلوب للمشغولة بمساعدة الطبعة (2) التي هي عبارة عن حدبة (كامة) قرصية تكون جانبيتها (السطح المعرّض للتشغيل) مشابهة لجانبية المشغولة المراد تشغيلها توضع الطبعة على المشغولة (1) وتثبت بوساطة عمود مسنن وصامولة داخل الثقب المركزي للطاولة الدوّارة (5) وتركّب على ساق سكين التفريز بكرة صلدة (3) قطرها الخارجي يعادل قطر سكين التفريز(4)، وتنجز عملية التفريز مع تدوير الطاولة (5) في آن واحد مع التحكم اليدوي بقبضتي التغذية الطولية والعرضية اللتان يجب تنسيقهما معا بحيث يتأمن التلامس الدائم للبكرة مع الطبعة، فإذا كانت البكرة تتدحرج باستمرار على الطبعة فأن سكين التفريز ستشكل بدقة جانبية الطبعة على السطح المعرض للتشغيل.



الشكل (1-12) استعمال الطبعة في عمل المشغولات.

1- المشغولة 2- الطبعة 3- بكرة صلدة 4- سكين تفريز 5- الطاولة الدوارة

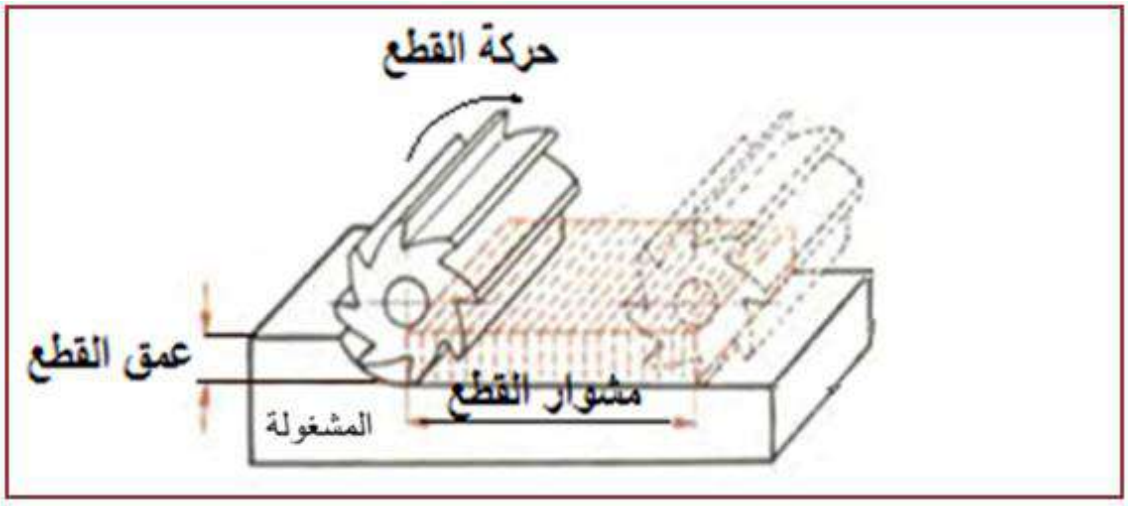
ب- ماكينات التفريز المعانة بالحاسوب (CNC Milling Machines)

ماكينة التفريز المعانة بالحاسوب (CNC) (Computer Numerically Controlled) **هي ماكينة يتم التحكم بها رقمياً بإستخدام الحاسوب، حيث تتم برمجتها بواسطة أوامر رقمية مثل الدوال التحضيرية (G-code)، والدوال المساعدة (M-code) لتوجيه حركة أداة القطع بشكل دقيق عبر محاور الحركة الطولية أو الدورانية.** وكما موضح في الشكل (1-13)، وكما سيرد وصفها في الفصل الثالث بشكل تفصيلي.

الشكل (1- 13) ماكينات التفريز المعانة بالحاسوب.

3-1 ظروف القطع لعملية التفريز Cutting Conditions (parameters)

تتمثل العناصر الرئيسة لعملية التفريز في كل من سرعة القطع ومعدل التغذية وعمق القطع وزمن التشغيل فضلاً عن القدرة اللازمة للقطع، الشكل (1-14).



الشكل (1-14) العناصر الرئيسة لعملية التفريز.

1-3-1 سرعة القطع Cutting speed

المسافة التي يقطعها الحد القاطع لسكين التفريز خلال وحدة الزمن، وتقاس بوحدات المتر لكل دقيقة $(m/\min)$. نرى أن نقطة الحد القاطع الواقعة على دائرة سكين التفريز ذي القطر D تقطع مسافة مساوية لمحيط الدائرة (πD) ومن أجل تحديد طول المسافة التي تقطعها النقطة في الدقيقة يجب ضرب طول المسافة المقطوعة خلال دورة واحدة في عدد دورات آلة القطع أو عمود الدوران.

لحساب سرعة القطع (متر/ دقيقة) يعتمد على القانون الآتي:-

$$V_C = \frac{\pi D n}{1000}$$

ويمكن تحديد عدد الدورات بإستخدام القانون الأتي:-

$$n = \frac{1000\, V_C}{\pi D}$$

إذ أن V_C تمثل سرعة القطع ووحدتها $(m/\min)$، D تمثل قطر سكين التفريز ووحدتها (mm)

n عدد الدورات ووحدتها (rpm)، π النسبة الثابتة وقيمتها 3.14.

وتعتمد سرعة القطع على العوامل الآتية: -

1- نوع معدن المشغولة: تحتاج المعادن ذات الصلادة العالية الى سرعات قطع منخفضة أما المعادن التي تكون صلادتها منخفضة فيمكن قطعها بسرعالية.

2- نوع معدن سكين التفريز: تختلف المواد التي تصنع منها عُدد القطع وهذا الإختلاف أوجد تنوعا واسعا في خواصها الميكانيكية والحرارية والفيزيائية ومن الأمثلة على معادن سكاكين التفريز هي فولاذ السرعات العالية، السيراميك والكاربيد.

3- قطر سكين التفريز ونوعها: سكين تسوية السطوح، منشارية، تشكيلية.... الخ.

4- نوع القطع: اما تخشين (Roughing) او نهائي (Finishing).

5- عمق القطع: كلما قل عمق القطع زادت سرعة القطع وبالعكس.

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

7- سوائل التبريد: تسبب السرعات العالية درجات حرارية عالية لذلك يتم إستخدام سوائل التبريد للتقليل من تأثيرها.

تستعمل جداول خاصة لاختيار سرعات القطع القياسية الموصى بها بناءً على نوع معدن المشغولة، ومعدن السكين، ونوع التشغيل المطلوب. ويبين الجدول (1-1) سرعات القطع القياسية.

الجدول (1-1) يوضح سرعات القطع القياسية

معدن السكين المشغولة القطع	لقم كربيدية (تشغيل تنعيمي)	لقم كربيدية (تشغيل تخشيني)	صلب السرعات العالية High speed steel (HSS)
حديد الصب (اللين) GG-25	120-150	50-60	32
حديد الصب (الصلد) GG-15	75-100	30-60	24
الحديد المطاوع	50-100	30-70	24
الفولاذ (الطري) St	150	50-75	27
الفولاذ (الصلد)	35	25	15
الألمنيوم	300-1200	95-300	150
النحاس الأصفر(اللين)	180	240	60
النحاس الأصفر(الصلد)	300	150	50
البرونز	150-240	75-150	50

مثال1-1 :- أحسب عدد دورات عمود الدوران لسكين تفريز قطرها 100 mm وسرعة قطع 22 m/min.

الحل:

$$n = \frac{1000\,V_C}{\pi D} = \frac{1000\,x\,22}{3.14\,x\,100}$$

$$n = \frac{22000}{314} \approx 70 \text{ rpm}$$

ومن الممكن أن لا يكون هذا الناتج ضمن عدد الدورات التي يمكن الحصول عليها من صندوق السرعات في الماكينة وفى هذه الحالة نختار عدد من الدورات أقرب ما يمكن لهذا الناتج بالقيمة الأقل.

مثال1-2 :- إحسب قطر سكين التفريز اذا كانت سرعة القطع 50 m/min وعدد دورات سكين التفريز 190 rpm.

الحل:

$$V_C = \frac{\pi D n}{1000}$$

$$50 = \frac{3.14 \; x \; D \; x \; 190}{1000}$$

$$5000 = 596.6 \; x \; D$$

$$D = \frac{5000}{596.6}$$

$$D \approx 83 \text{ mm}$$

ملاحظة: - من الممكن اختيار قطر سكين التفريز أقل من القطر المطلوب عند عدم توفر القطر المطلوب.

2-3-1 سرعة التغذية Feed Rate

هي المسافة التي تتقدمها المشغولة باتجاه الحد القاطع خلال زمن مقداره دقيقة واحدة، وهي أما أن تكون في اتجاه محور المنضدة أو عمودي على اتجاه محور المنضدة تتم عملية التغذية في التفريز يدويا أو أليا، وتكون التغذية في الاتجاه الطولي أو العرضي أو الرأسي، أن كل سن من أسنان سكين التفريز يقوم بنزع الرايش على شكل فواصل وأن الرايش التي ينزعها سن واحد تحدد بقوسي التلامس للسنين المجاورين والمسافة الكائنة بين هذين القوسين والمقاسة حسب نصف قطر سكين التفريز تكون متغيرة وأن سمك الطبقة المنزوعة تتغير من الصفر حتى قيمتها العظمى، الشكل (1-15) يبين سمك الرايش المنزوع إذ أن s_o يمثل التغذية خلال دورة واحدة.

أنواع التغذية المستعملة في عملية التفريز :-

أ- التغذية للسن الواحدة (s_z):- مقدار ازاحةَ سكين التفريز خلال دورانها بمقدار سن واحد.

وتقاس التغذية للسن الواحدة $mm/tooth$

ب- التغذية خلال دورة واحدة (s_o) (mm/rev):- مقدار ازاحة الطاولة مع المشغولة، أو سكين التفريز خلال دورة واحدة.

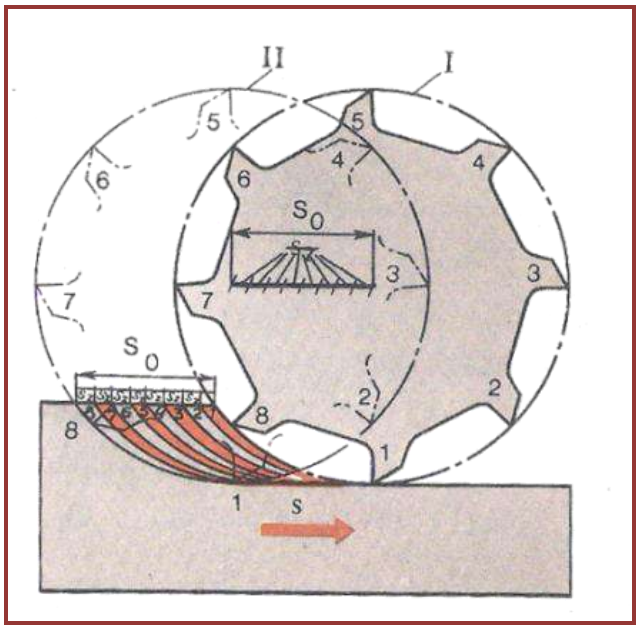
$$s_o = s_z \times z$$

إذ أن z:-عدد أسنان سكين التفريز، وتقاس التغذية خلال دورة واحدة mm/rev

ج- التغذية في الدقيقة الواحدة (s_m) (mm/min): - وتُعرف أيضًا بمعدل التغذية (Feed Rate)، وهي مقدار المسافة التي تتحركها طاولة الماكينة أو قطعة العمل بالنسبة لأداة القطع خلال دقيقة واحدة أثناء عملية التشغيل.

$$s_{\mathrm{m}} = s_o \times n = s_{\mathrm{z}} \times z \times n$$

إذ أن: - (n) عدد دورات سكين التفريز وتقاس التغذية في الدقيقة الواحدة mm/min



الشكل (1- 15) سمك الرايش المنزوع.

وهناك عوامل تلعب دورا مهما في حساب معدل التغذية ومن أهمها:

1- حالة ماكينة التفريز.
2- قوة ربط المشغولة.
3- نوع المراد تشغيله.
4- شكل السكين المطوب إستعمالها وعرض القطع.
5- إستعمال او عدم إستعمال سائل التبريد.

إن قيمة التغذية لكل سن من أسنان سكين التفريز تختلف بإختلاف شكل السكين المستعملة للقطع، ويبين الجدول (**2-1**) قيماً تقريبية للتغذية لكل سن $mm/tooth$ عند اختلاف نوع وشكل السكين.

الجدول (1-2) التغذية لكل سن عند التفريز بأنواع مختلفة من سكاكين التفريز

نوع معدن السكين	شكل السكين	مقدار التغذية $mm/tooth$
صلب السرعات العالية High speed steel (HSS)	سكاكين المجاري الطرفية	0.05-0.2
	سكاكين قطع مجاري حرف **T**	0.05-0.1
	سكاكين قطع مجرى الخابور	0.05-0.1
	السكاكين الجانبية والوجهية	0.07-0.2
	السكاكين الزاوية	0.07-0.2
	سكاكين المجاري الغنفارية	0.05-0.2
صلب كاربيدي	سكاكين المجاري الطرفية	0.03-0.08
	سكاكين قطع مجاري حرف **T**	0.03-0.06
	سكاكين قطع مجرى الخابور	0.03-0.07
	السكاكين الجانبية والوجهية	0.05-015
	السكاكين الزاوية	0.05-015
	سكاكين المجاري الغنفارية	0.03-0.08

مثال 1-3 :-

تم استعمال سكين تفريز بقطر 70 mm وعدد اسنانها 12 سن وسرعة القطع 25 m/min ومقدار التغذية 0.08 mm/tooth، إحسب سرعة التغذية لكل دقيقة، واللازمة لتفريز المشغولة؟

الحل:

$$S_0 = S_z \times z = 0.08x12$$

$$S_0 = 0.96 \text{ mm/rev}$$

$$S_m = S_0 \times n$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 25}{3.14 \times 70} = \frac{25000}{219.8} \approx 114 \text{ rpm}$$

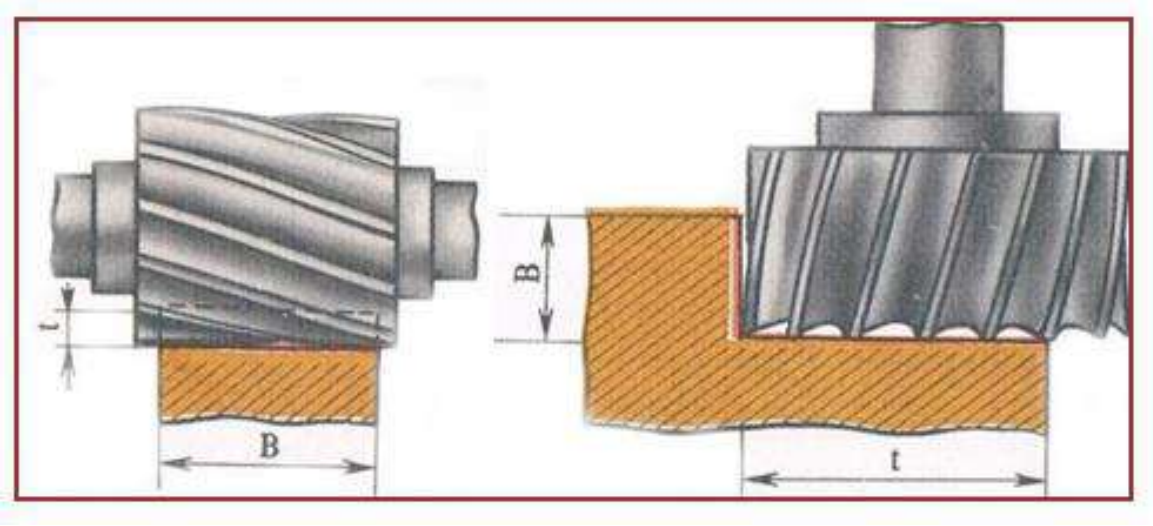
$$S_m = S_0 \times n = 0.96 \times 114$$

$$S_m = 109.44 \ mm/min$$

3-3-1 عمق القطع (t) Depth of cut

المسافة بين السطح المعرض للتشغيل والسطح المشغل. ويتحدد سمك الطبقة التي يتم قطعها بسكين التفريز وحسب نوع القطع، فتكون قيمة قطع التخشين بحدود $2mm$ أما في قطع التنعيم فتتراوح بين $(0.3 - 0.5)\ mm$.

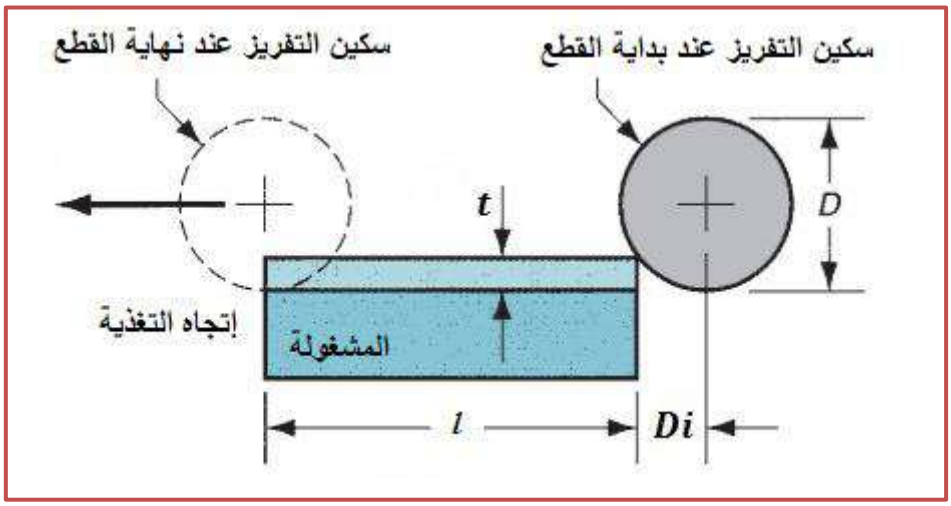
عرض القطع B :- هوعرض السطح المشغل المقطوع خلال شوط واحد، الشكل (1-16).



الشكل (1-16) عمق وعرض القطع .

4-3-1 حساب الزمن الرئيس في التفريز (زمن القطع) Cutting Time

يعتمد زمن القطع في ماكينة التفريز على عدة عوامل، ومن أبرزها طول شوط القطع، إذ تنتقل سكين التفريز فوق المشغولة بمسافة تسمى مسافة الاقتراب D_i الشكل (**1-17**).



الشكل (1-17) مسافة الاقتراب في التفريز المحيطي.

ويمكن حساب مسافة الإقتراب كالآتي: -

$$D_i = \sqrt{t(D-t)}$$

إذ أن : D_i = مسافة الإقتراب (mm) t= عمق القطع (mm) D= قطر سكين التفريز (mm)

ويمكن حساب زمن التشغيل الكلي من المعادلة الآتية :

$$T = \frac{l+2 \times D_i}{S_z \times z \times n} \times i$$

إذ أن : T = زمن التشغيل الكلي (min) z = عددالاسنان l = طول المشغولة (mm)

n = عدد دورات سكين التفريز (rpm) s_z = التغذية لكل سن (mm/tooth) i = عددالأشواط

علما أن:

مسافة التفريز الكلية = $(l + 2\times D_i)$

مثال 1-4 :-

باستعمال ماكينة تفريز افقية مطلوب قطع الوجه العلوي لمشغولة طولها 150 mm وعرضها 80 mm، عن طريق سكين تفريز اسطوانية قطرها 100 mm وعدد اسنانها 12 سن.

أحسب زمن التشغيل الكلي مع فرض ان يتم التشغيل بشوط واحد؟

إذا علمت أن :-

مقدار التغذية لكل سن 0.13 mm/tooth، مقدار عمق القطع 2 mm، مقدار سرعة القطع 20 mm/min.

الحل:

$$D_i = \sqrt{t(D-t)} = \sqrt{2(100-2)}$$

$$D_i = 14\ mm$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3.14 \times 100} = \frac{20000}{314} \approx 64\ \text{rpm}$$

$$T = \frac{l+2 \times D_i}{S_z \times z \times n} \times i = \frac{150+2 \times 14}{0.13 \times 12 \times 64} \times 1$$

$$T = 1.78\ min$$

مثال 1-5 :- **فرزت مشغولة بوساطة سكين تفريز قطرها 70 mm وكان مقدار التغذية لكل سن (0.1 mm/tooth) وعدد أسنان سكين التفريز 10 سن وسرعة القطع (20 m/min). احسب الزمن المستغرق لتفريز مسافة طولها (200 mm)، إذا علمت ان التشغيل يتم بشوط واحد؟**

الحل:

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 20}{3.14 \times 70} = \frac{20000}{219.8} \approx 91 \text{ rpm}$$

$$T = \frac{l + 2 \times D_i}{S_z \times z \times n} \times i = \frac{200}{0.1 \times 10 \times 91} \times 1$$

$$T = 2.19\ min$$

5-3-1 القوى المؤثرة في سكين التفريز والقدرة اللازمة للقطع

عند استعمال سكين التفريز الاسطوانية ذات أسنان قائمة يمكن تحليل القوة المحصلة للقطع R لجميع الأسنان القاطعة في آن واحد إلى المركبات الآتية، الشكل (1-18) :-

1-المركبة المحيطية f_Z .

وهي المركبة المماسية المتجهة بموجب المماس لمسار حركة النقطة الموجودة على شفرة سكين التفريز، مماس الدائرة حتماً يكون عمودياً على نصف القطر. وتؤثر المركبة المحيطية على قوة القطع الفعالة.

2- المركبة القطرية f_y .

وهي المركبة المتجهة حسب اتجاه نصف القطر، وعند التفريز الاسطواني تعمل المركبة القطرية لقوة القطع على: -

أ- ابعاد سكين التفريز عن المشغولة.

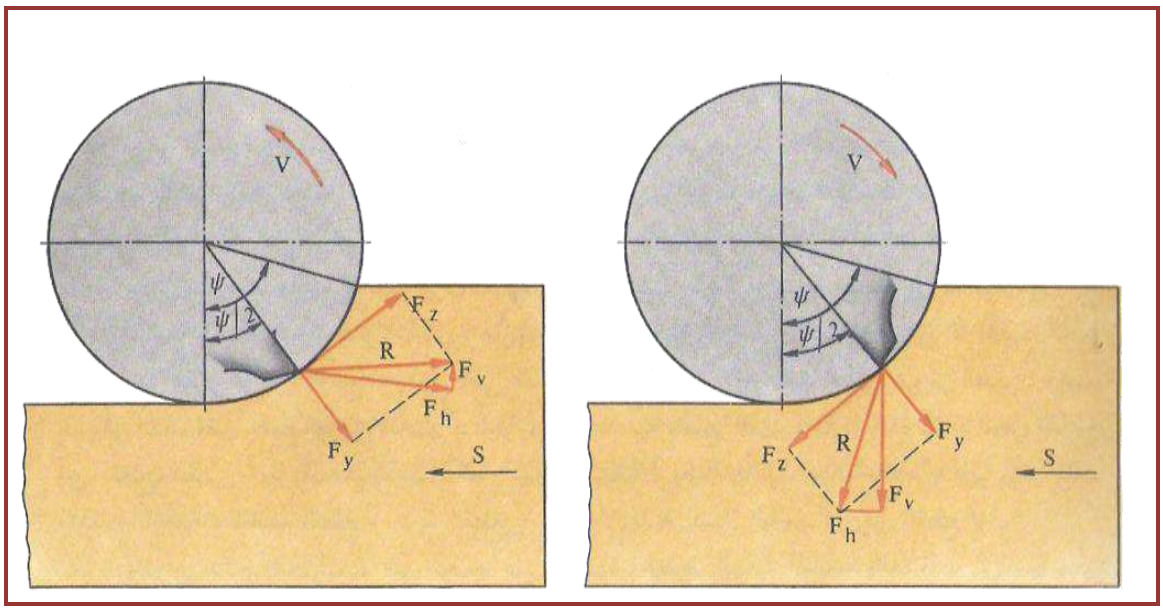
ب- ثني عمود حامل سكين التفريز.

ج- الضغط على محامل عمود الدوران لماكينة التفريز.

ويمكن تحليل المحصلة R الى مركبتين متعامدتين هما: -

المركبة الأفقية f_h :- وهي المركبة التي تؤثر على آلية تغذية الطاولة في ماكينات التفريز وتقوم بدفع سكين التفريز الى داخل المشغولة.

المركبة الرأسية f_v :- وهي المركبة التي تعمل على رفع طاولة ماكينة التفريز عن موجهاتها في حالة التفريز عكس اتجاه التغذية، أما عند التفريز باتجاه التغذية فان المركبة الرأسية تسعى إلى ضغط الطاولة على الموجهات، لاحظ الشكل (1-18).



الشكل (1-18) القوى المؤثرة في سكين التفريز.

العوامل التي تعتمد عليها قدرة القطع: -

1- سرعة القطع.

2- مقدار التغذية في الدقيقة.

3- عمق القطع وعرض القطع.

4- مقدار زوايا الحد القاطع لأسنان سكين التفريز.

5- نوع معدن المشغولة المراد تفريزها.

6- نوع سكين التفريز المستعملة.

قوانين ومسائل

1- لإيجاد القدرة الحصانية اللازمة للقطع

$$p_{hp} = \frac{V_c \times f_z}{75 \times 60}$$

f_z = القوة المحيطية kg.f الحصان الواحد = $75 kg.m/sec$

2-لإيجاد القدرة اللازمة للقطع بالكيلو واط

$$p_{kw} = \frac{V_c \times f_z}{102 \times 60}$$

1 كيلو واط (kw) =$102\ kg.m/sec$ 1 كيلوواط (kw) = 1.36 حصان متري (hp)

الحصان المتري(hp) = 0.736 kw

3- يمكن حساب قدرة المحرك من القانون الآتي: -

$$p = \frac{p_{hp}}{ή}$$

p = قدرة المحرك الكهربائي p_{hp} = القدرة اللازمة للقطع

ή = كفاءة الماكينة وتتراوح قيمتها بين (65% - 85%) لمختلف الماكينات.

مثال1-6 :- احسب قدرة المحرك لماكينة تفريز افقية لغرض انجاز احدى عمليات التفريز عليها عندما يكون قطر سكين التفريز 56mm وتدور بسرعة 104 rpm، علما بان قوة القطع المحيطية هي 250 kg.f أفرض ان كفاءة الماكينة 70%؟

الحل :

$$V_c = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3.14 \times 56 \times 104}{1000} = \frac{18287.36}{1000} = 18.28 \text{ m/min}$$

$$p_{\text{hp}} = \frac{V_c \times f_z}{75 \times 60} = \frac{18.28 \times 250}{75 \times 60}$$

$$p_{\text{hp}} = 1.01 \text{ hp}$$

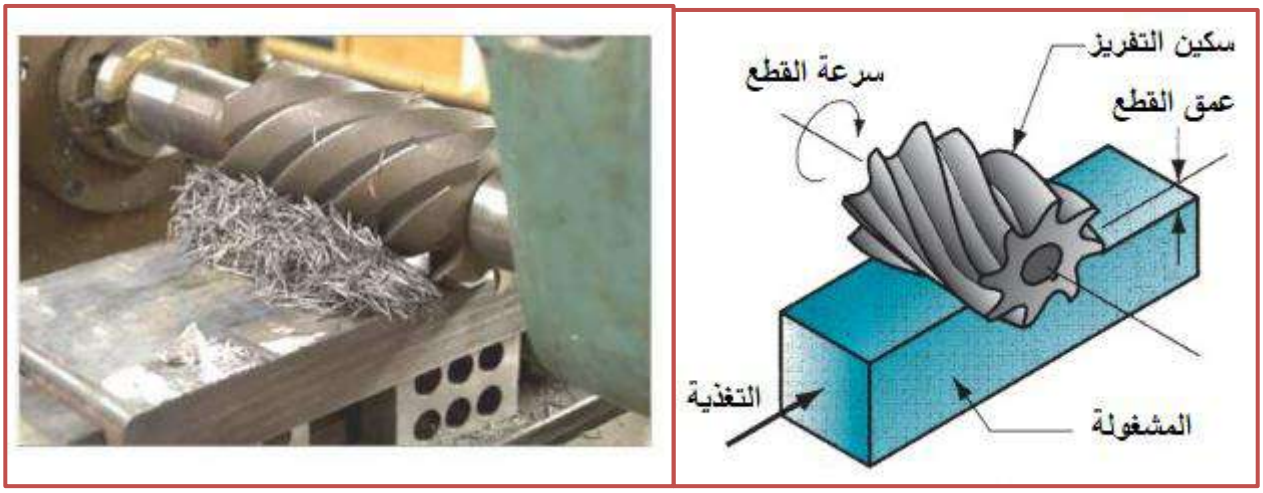
$$p = \frac{p_{hp}}{ή} = \frac{1.01}{0.7} = 1.44 \text{ hp}$$

4-1 طرائق التفريز

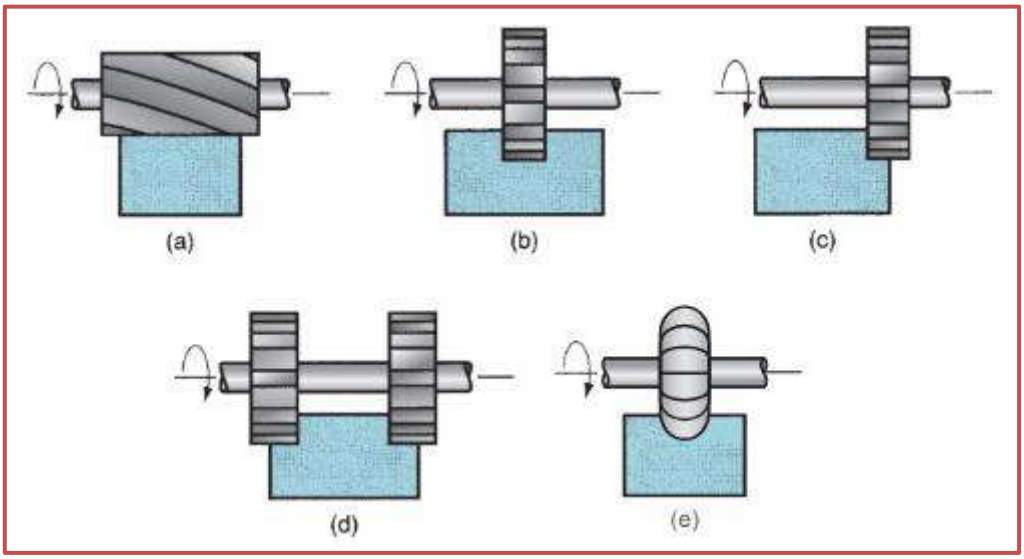
تستعمل عمليات التفريز لتشغيل الأسطح المستوية والمائلة وفتح المجاري المستقيمة والحلزونية والأكتاف وتصنف عمليات التفريز حسب وضع سكين التفريز إلى نوعين رئيسيين هما: -

1-التفريز المحيطي Peripheral milling :-

يكون محور سكين التفريز موازيا لسطح المشغولة ويتم القطع بوساطة الحدود القاطعة الموزعة بانتظام على محيط سكين القطع، تتحرك سكين التفريز حركة دورانية في حين تتحرك المشغولة عن طريق حركة الطاولة حركة التغذية الطولية الشكل (**19-1**)، وينتج عن عملية القطع اهتزازات لأن عملية القطع تتم نتيجة لحركة الحدود القاطعة المتعاقبة. وهناك عمليات تفريز محيطي متنوعة وكما في الشكل (**20-1**).



الشكل (1-19) التفريز المحيطي.



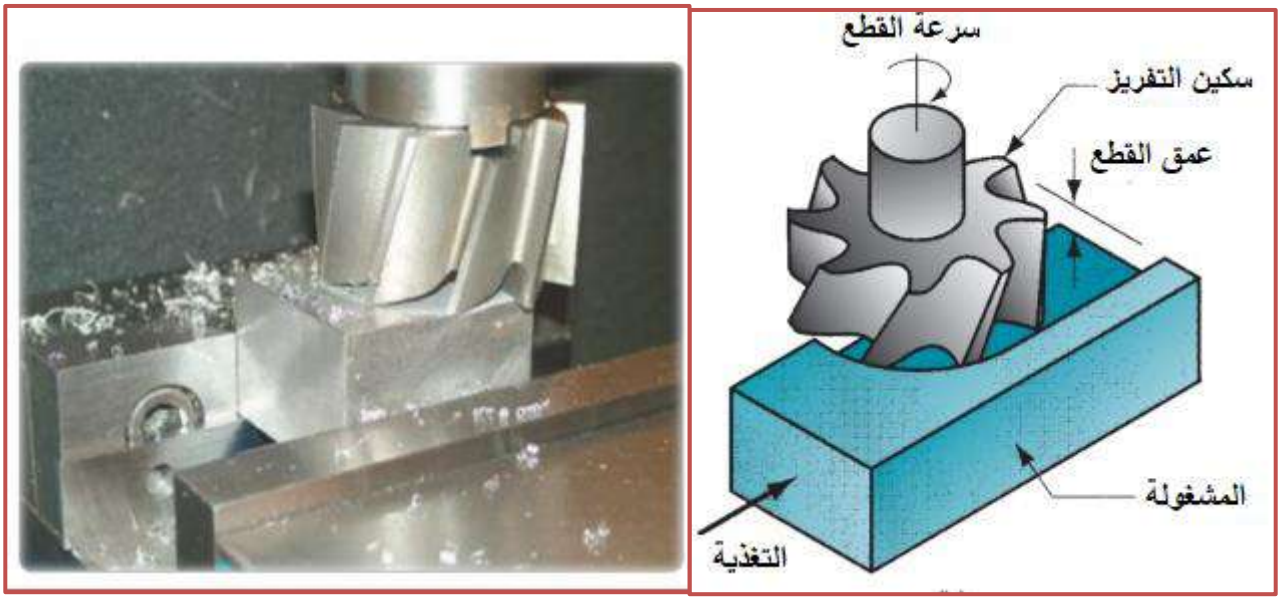
الشكل (1-20) أنواع التفريز المحيطي.

a- التفريز العادي او اللوحي b- تفريز المجاري والشقوق c- تفريز الأسطح الجانبية

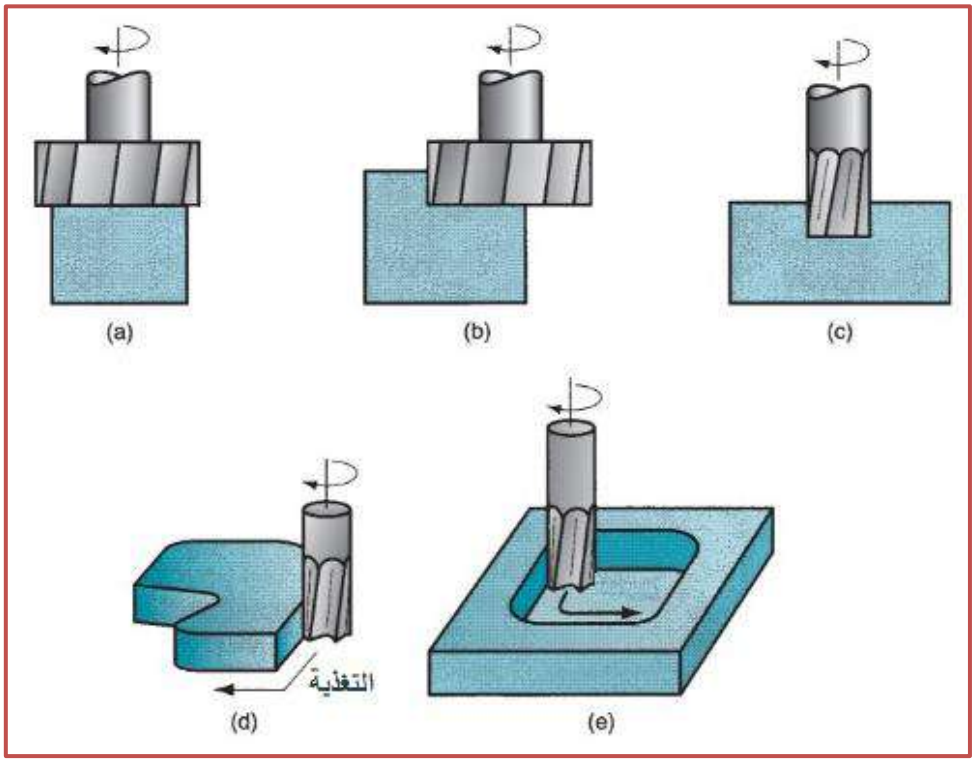
d- التفريز المزدوج e- التفريز التشكيلي

2-التفريز الجبهي Face milling :-

يكون محور سكين التفريز عموديا على سطح المشغولة ويتم القطع بوساطة الحدود القاطعة الواقعة على محيط وجبهة سكين التفريز الشكل **(1-21)**، في التفريز الجبهي (الوجهي) يكون سمك الرايش متساويا ولاتنتج اهتزازات نتيجة التحميل المنتظم، فضلاً عن جودة تسرب الحرارة المتولّدة. وهناك عمليات تفريز وجهي متنوعة وكما موضح في الشكل **(1-22)**.



الشكل (1-21) التفريز الجبهي.



الشكل (1-22) أنواع التفريز الجبهي .

a- التفريز الوجهي b- تفريز وجهي من جانب واحد c- تفريز المجاري والشقوق

d- تفريز أسطح خارجية e- تفريز جيوب سطحية

الجدول (1-3) مقارنة بين التفريز المحيطي والتفريز الجبهي

ت	التفريز المحيطي	التفريز الجبهي (الوجهي)
1	يكون محور سكين التفريز موازياً لسطح المشغولة.	يكون محور سكين التفريز عموديا على سطح المشغولة.
2	يتم القطع بواسطة الحدود القاطعة الواقعة على محيط سكين التفريز.	يتم القطع بواسطة الحدود القاطعة الواقعة على محيط وجبهة السكين.
3	تنتج عن عملية القطع اهتزازات بسبب حركة الحدود القاطعة المتعاقبة.	لاتنتج عن عملية القطع اهتزازات نتيجة التحميل المنتظم.
4	يكون سمك الرايش بشكل نصف هلال.	يكون سمك الرايش متساوياً.

في التفريز المحيطي هناك نوعان من عمليات التفريز والتي حسب اتجاه دوران سكين التفريز واتجاه حركة التغذية وهما:-

أولا- التفريز العكسي (التفريز الصاعد) Up cut Milling: -

إن هذه الطريقة هي الأكثر شيوعا في عمليات التفريز السطحي، وخاصة في التفريز الخشن، وعندما تكون هناك سهولة في عملية تثبيت المشغولة على طاولة الماكينة وتتصف بما يأتي: -

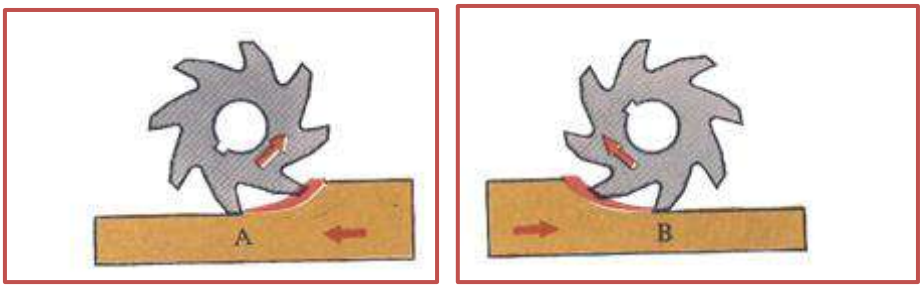
1- يكون اتجاه دوران سكين التفريز عكس اتجاه حركة التغذية للمشغولة.

2- تبدأ سكين التفريز بالقطع من أقل سمك للرايش وتتدرج حتى تصل الى أكثر سمك للرايش لحظة ترك سن سكين التفريز للمشغولة. ويكون الرايش المنفصل على شكل (نصف هلال).

3- تتغير قوة القطع نتيجة تغير سمك الرايش. فتبدأ من الصفر وتأخذ بالازدياد الى أكبر قيمة لها عند خروج سن سكين التفريز من المعدن المشغل.

4 - تمتاز هذه الطريقة بأنها تحقق انتظام حركة التغذية، وذلك لأن قوة القطع تدفع الطاولة والمشغولة المثبتة عليها الى الأمام، وبذلك يمكن الحصول على سطوح ناعمة للمشغولة المراد تفريزها.

ملاحظة: - يمكن تنظيم طريقة العمل إذ تكون حركة الطاولة من اليمين الى اليسار الشكل (1-23-A)
أو من اليسار الى اليمين الشكل (1-23-B) .



الشكل (1-23) التفريز العكسي.

أما عيوب التفريز العكسي فهي: -

a. لا تبدأ سكين التفريز بالقطع مباشرة، فإنها تنزلق أولا على المشغولة ويستمر الانزلاق حتى يصبح سمك المعدن الموجود أمام الحد القاطع للسن أكبر من القدر الذي يسمح بالانزلاق، ومن ثم تبدأ عملية فصل الرايش.

b. إن عملية الانزلاق هذه تسبب احتكاك المشغولة بالحد القاطع لسن سكين التفريز، مما يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي تقلل عمر الحد القاطع لسكين التفريز، ويمكن تخفيف حرارة القطع باستعمال سوائل التبريد.

c. تعمل قوة القطع على رفع المشغولة عن طاولة ماكينة التفريز، وهذا يتطلب التحكم التام في قوة تثبيت المشغولة على الطاولة.

ثانيا- التفريز المتماثل (التفريز الهابط) Down cut Milling:

تتصف هذه الطريقة بما يأتي: -

1- يكون اتجاه دوران سكين التفريز في الاتجاه نفسه لحركة التغذية للمشغولة.

2 - تبدأ سكين التفريز بعملية القطع مبتدئة بأكبر سمك إلى أقل سمك للرايش، في نهاية عملية القطع يكون الرايش المنفصل على شكل نصف هلال.

3- تكون قوة القطع عند البدء كبيرة، ثم تقل قيمتها إلى الصفر عند خروج السكين من معدن المشغولة.

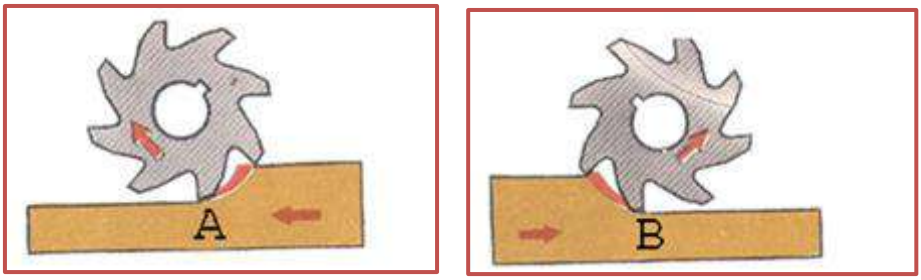
4 - لا يوجد انزلاق لسكين التفريز، وإنما تبدأ بعملية القطع و إزالة الرايش منذ ملامستها لسطح المشغولة.

5 - تكون سكاكين التفريز المستعملة في هذه الطريقة ذات عمر طويل بسبب قلة تآكل الحدود القاطعة.

6- تعمل قوة القطع على ضغط المشغولة إلى الأسفل، وهذا يؤدي إلى تبسيط الاجراءات المستعملة لتثبيت المشغولة على طاولة الماكينة.

7- تستعمل هذه الطريقة في تفريز المشغولات الرقيقة نسبيا، وفي العمليات التي تتطلب أعماق قطع كبيرة وتصلح عند استعمال سرعات قطع عالية.

ملاحظة: - يمكن تنظيم طريقة العمل إذ تكون حركة الطاولة من اليمين الى اليسار الشكل (A-24-1) أو من اليسار الى اليمين الشكل (B-24-1).



الشكل (1-24) التفريز المتماثل.

أما عيوب التفريز المتماثل فهي: -

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

b. **لا تستعمل هذه الطريقة إلا بظروف معينة، ويجب أن تكون المشغولة مثبتة تثبيتا جيداً.**

جدول (1-4) مقارنة بين التفريز العكسي (التفريز الصاعد) والتفريز المتماثل (التفريز الهابط)

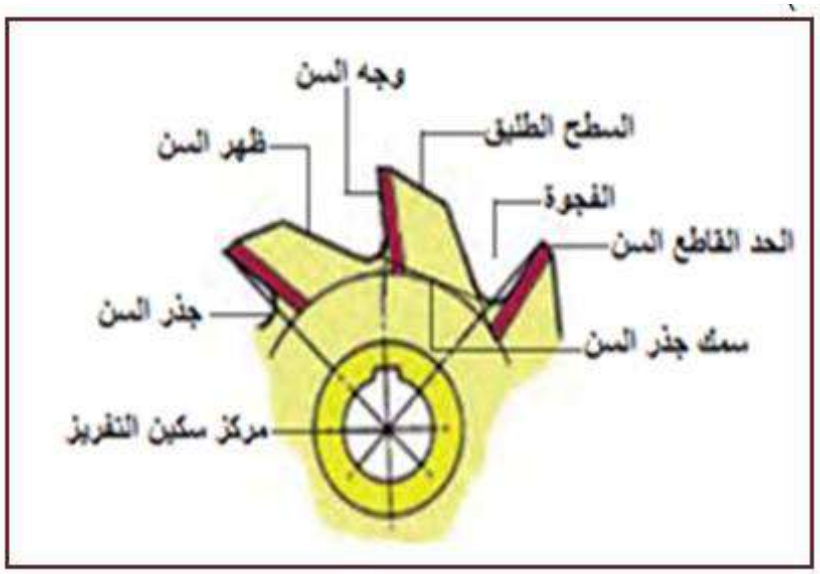
ت	التفريز العكسي (التفريز الصاعد)	التفريز المتماثل (التفريز الهابط)
1	دوران سكين التفريز عكس اتجاه حركة التغذية للمشغولة.	دوران سكين التفريز في نفس اتجاه حركة التغذية للمشغولة.
2	تبدأ السكين بالقطع من أقل سمك للرايش وتتدرج الى اكبر سمك للرايش.	تبدا السكين بالقطع باكبر سمك ثم يقل الى اقل سمك للرايش.
3	تتغير قوة القطع من الصفروتزداد الى اكبر قيمة لها عند ترك السكين معدن المشغولة.	تكون قوة القطع عند البدء كبيرة ثم تقل الى الصفر عند خروج السكين من معدن المشغولة.
4	تعمل قوة القطع على رفع المشغولة عن الطاولة مما يتطلب التحكم التام في قوة تثبيت المشغولة على الطاولة.	تعمل قوة القطع على ضغط المشغولة الى الاسفل مما يؤدي الى تبسيط تثبيت المشغولات على الطاولة.
5	لاتبدا السكين بالقطع مباشرة وانما تنزلق حتى تبدأ السكين بالقطع وفصل الرايش.	لايوجد انزلاق للسكين وانما يبدا القطع وازالة الرايش عند ملامسة السكين لسطح المشغولة.
6	احتكاك المشغولة بالحد القاطع يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة وتقليل عمر الحد القاطع للسكين.	سكاكين التفريز ذات عمر طويل لقلة تآكل الحدود القاطعة.
7	تستعمل في التفريز السطحي وخاصة التفريز الخشن وعندما تكون هناك سهولة في عملية تثبيت المشغولة على الطاولة.	تستعمل في تفريز المشغولات الرقيقة وفي العمليات التي تتطلب اعماق قطع كبيرة وعند استعمال سرعات قطع عالية.

1- 5 سكاكين التفريز Milling Cutters

تصنع سكاكين التفريز بأشكال وأقطار مختلفة لتناسب جميع ماكينات التفريز مما ساعد على انجاز جميع عمليات التشغيل بالتفريز بسهولة.

1-5-1 عناصر سكاكين التفريز

1- وجه السن: - هو السطح الذي يجري عليه الرايش.
2- الفجوة: - هي الفراغ الواقع بين الجانب الخلفي للسن ووجه السن التالي.
3- الحد القاطع: - هو حافة موشور القطع ويمكن أن يكون حاداً، أو يصنع على شكل شريط ضيق عرضه حوالي 0.1 mm وذلك لزيادة قابلية تحمله للصدمات.
4- السطح الطليق للسن: - هو السطح الذي يقع خلف الحد القاطع لتكوين زاوية الخلوص ويتراوح عرض السطح الطليق من 0.75 mm إلى 1.5 mm تبعا لحجم سكين التفريز.
5- جذر السن: - هو الجزء المستدير من قاع السن الذي يصل بين وجه السن وظهر السن الذي يليه.
6- عمق السن: - هو المسافة القطرية بين دائرة الحد القاطع (رأس السن) ودائرة جذر السن.
7- سمك جذر السن: - هو طول الوتر الذي يصل بين وجه وظهر السن مقاسا على دائرة جذر السن
ويبين الشكل (1-25)عناصر سكاكين التفريز.



الشكل (1-25) عناصر سكاكين التفريز.

1-5-2 زوايا أسنان سكين التفريز

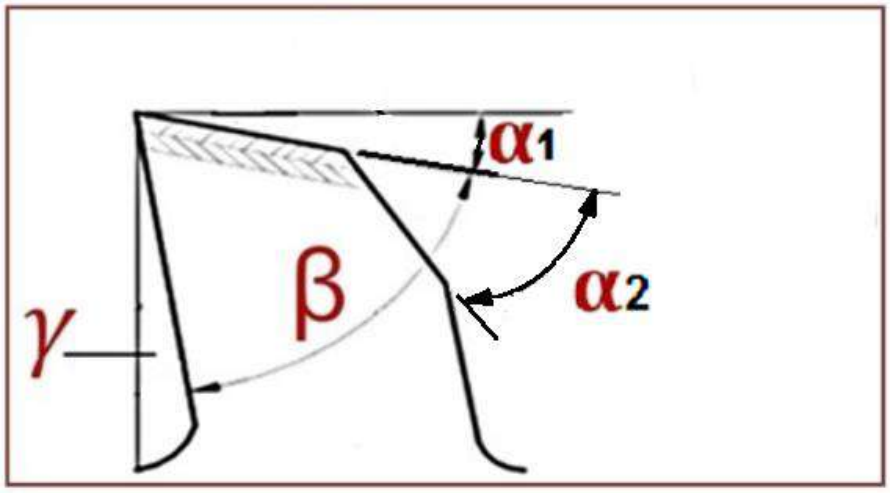
يبين الشكل (1-26) زوايا سن سكين التفريز وكما يأتي: -

زاوية الخلوص الابتدائية (α 1): هي الزاوية المحصورة بين الخط العمودي على المستوى المحوري المار بحد القطع والمماس لحافة السن. وتتراوح قيمتها بين 7° و12°.

زاوية الخلوص الثانوية (α2): هي الزاوية المحصورة بين امتداد السطح الطليق والسطح الخلفي للسن.

زاوية الجرف (γ): هي الزاوية المحصورة بين وجه السن والخط الذي يمر بمركز سكين التفريز، وقد تكون زاوية الجرف موجبة أو سالبة.

زاوية الموشور(β): **هي الزاوية المحصورة بين وجه السن وسطح الخلوص الأمامي، وتعتمد على قيمة زاوية الجرف والخلوص.**



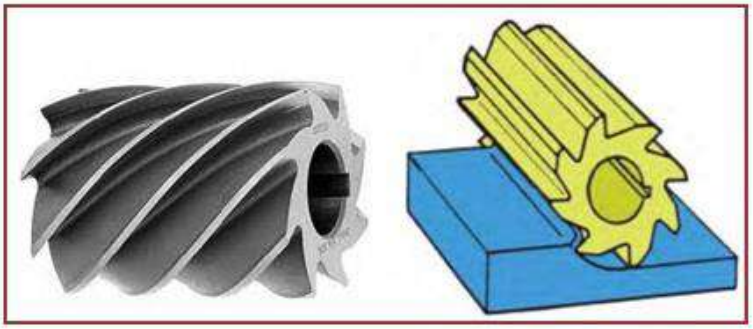
الشكل(1-26) زوايا أسنان سكين التفريز.

1-6 أنواع سكاكين التفريز المستعملة على ماكينات التفريز

سكاكين التفريز عبارة عن أداة قطع متعددة الحدود ويمكن إعتبار كل سِن كحد قاطع قائم بذاته يزيل الرايش خلال مرحلة صغيرة من دورة التفريز ويبرد أثناء الجزء الباقي وبهذا يكون غير معرض للتسخين الشديد أو التثلم. وتقسم سكاكين التفريز تبعا لوضع الأسنان بالنسبة الى سطح المشغولات الى عِدة أنواع وهي:

1- سكاكين التفريز الاسطوانية Cylindrical Cutters

أهم أنواع السكاكين الاسطوانية ذات الأسنان الموازية لمحور الأداة وتكون الأسنان موازية لمحور الدوران (عدلة) أو مائلة عنه (الحلزونية)، ومن أهم المواصفات للسكين الاسطوانية هي القطر الخارجي وطول السكين وقطر الثقب. علما أن قطر الثقب لسكين التفريز ثابت تبعا لقياس قطر عمود حامل السكاكين على ماكينة التفريز بينما القطر الخارجي والطول ممكن أن يتغير حسب التطبيق، وتستعمل سكاكين التفريز المحيطية بصفة رئيسة في تسوية السطوح الكبيرة وتسوية القطع بشكل جماعي وتفريز الأكتاف ويتطلب ذلك سرعة تغذية بطيئة أو متوسطة، الشكل (1-27).



الشكل (1- 27) سكاكين أسطوانية.

2- السكاكين الطرفية المجوفة Hollow Peripheral Cutter

تشبه السكين الاسطوانية إلاَّ أَن أحد أطرافها مجوف، مما يكسبها قدرة على القطع في سطح الجبهة ويمكن استعمالها على آلات التفريز العمودي أيضا، ومن أهم مواصفاتها قياس قطر الثقب الداخلي والقطر الخارجي وطول السكين. وتستعمل لتسوية السطوح الأفقية و العمودية ويمكن استعمالها في تفريز سطحين متعامدين متجاورين في وقت واحد، الشكل (1-28) .

الشكل (1-28) سكين طرفي مجوف.

3- سكاكين التفريز القرصية Disc milling Cutters

تختلف سكاكين التفريز القرصية تبعا لنوعية حدود القطع حيث تتوفر بثلاثة أشكال وهي:-

a- سكاكين الشق Slotting Cutters

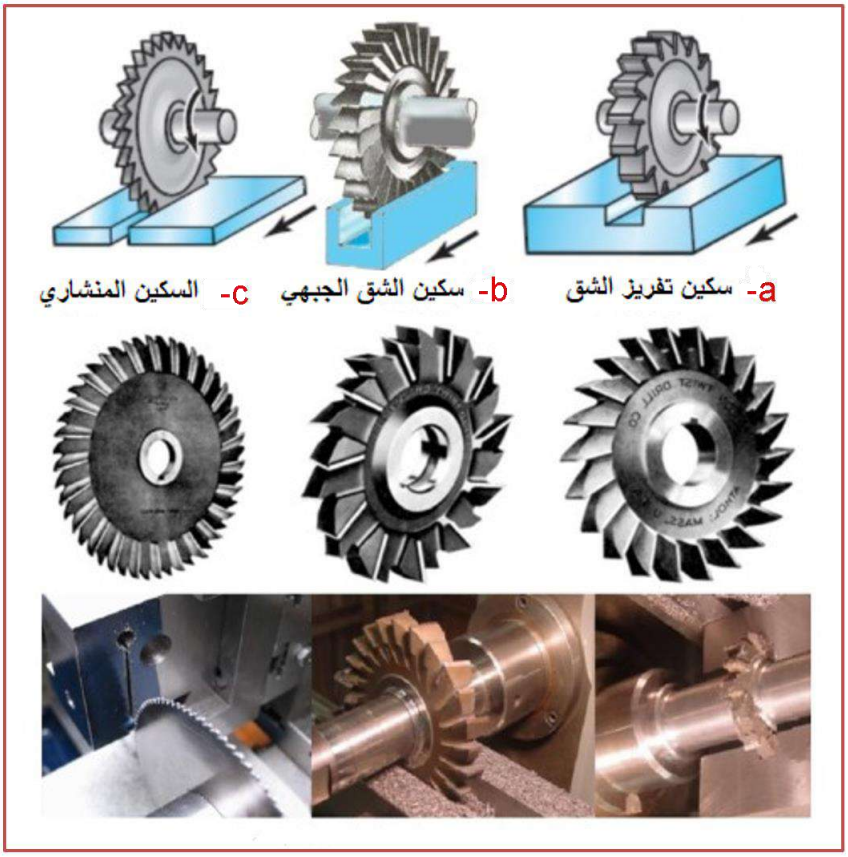
تشبه إلى حد كبير السكين الاسطوانية غير أن سمكها أصغر بكثير وتوصف بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي وسمكها. وتستعمل لفرز الشقوق القائمة على سطوح المشغولات والشقوق العميقة، الشكل (1-29 **a**).

b- سكاكين الشق الجبهي Slotting and Facial Cutter

تشبه سكين الشق إلاَّ أَن أسنانها مفلوجه حيث حدود القطع يمينية ويسارية متناوبة مما يمكنها أن تقطع بوساطة جانب السن وجبهته وتوصف بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي وسمك السكين. وتستعمل في شق المجاري العميقة وقطع الأكتاف المفردة والمزدوجة ولها القدرة على القطع الجانبي، الشكل (1-29 **b**).

c- السكاكين المنشارية Slit Saw Cutters

تشبه في شكلها سكين الشق الجبهي إلاَّ أَن سمكها أقل بكثير وتناوب أسنانها يوفر خلوصا بين جسم السكين وجانبي حز القطع توصف هذه السكين بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك، الشكل (1-29 **c**).



الشكل (1-29) انواع السكاكين القرصية

4- السكاكين الزاوية Angle Cutters

توصف السكاكين الزاوية بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك وزاوية السكين. ويشبه هذا النوع من السكاكين سكين الشق إلاّ أن حدودها القاطعة تميل بزاوية وتتوفر هذه السكاكين بثلاثة أشكال وهي: -

a- مفردة الزاوية Single angle: -

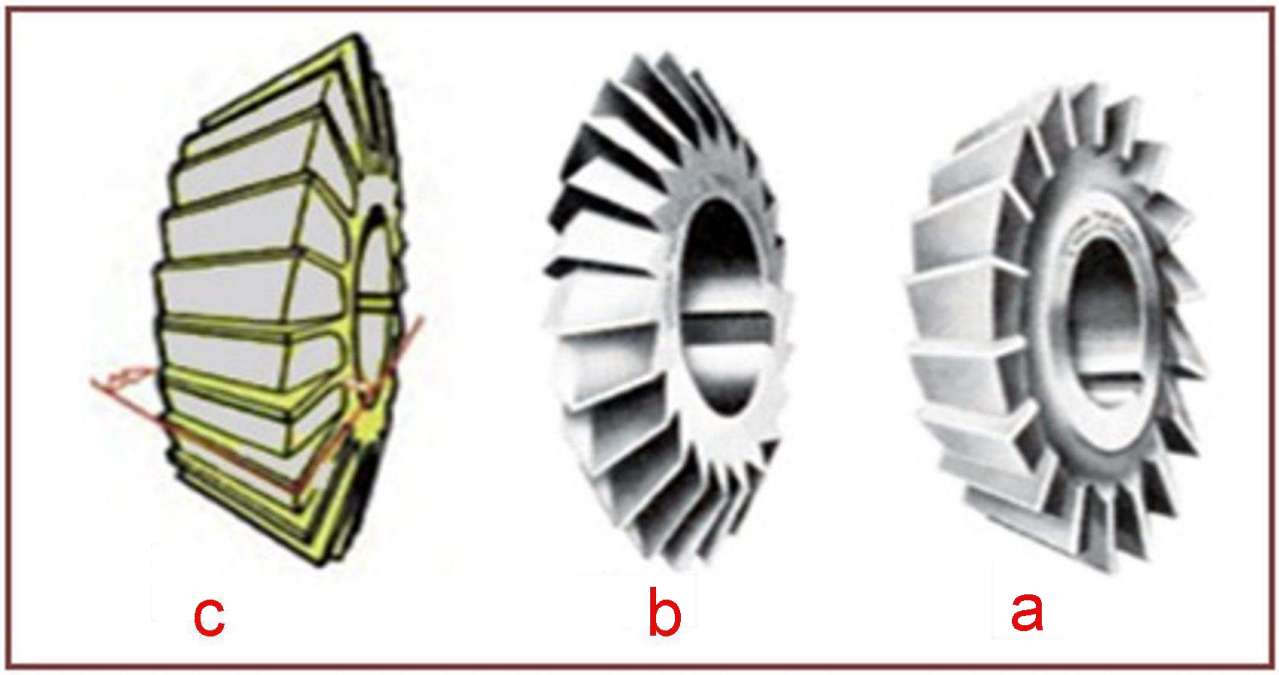
وفيها يميل الحد القاطع بزاوية على محور السكين وتستعمل هذه السكين في فرز الجوانب التي تميل على زاوية واحدة وفتح المجاري الغنفارية وشطف الأركان وعمل المسننات التي تميل على زاوية واحدة، الشكل (1-30 **a**).

b- متماثلة الزاوية Symmetrical angle : -

تشبه سكين مفردة الزاوية إلاَّ أن لها حدين قاطعين كل منها يميل على جانبي السكين بالتساوي وتستعمل لفتح مجاري على شكل حرف **V** وشطف الأركان، الشكل (1-30 **b**).

c- مزدوجة الزاوية Double angle : -

سكين مزدوجة الزاوية وهي تشبه سكين متساوية الزوايا إلاَّ أن الحدين القاطعين كل منهما يميل بزاوية تختلف عن الأخرى على جانبي السكين وتستخدم لفتح مجاري على شكل حرف V غير متماثلة وشطف الأركان، الشكل (1-30 **c**).



الشكل (1- 30) أنواع السكاكين الزاوية.

5- السكاكين القوسية Curved Cutters : -

توصف السكاكين القوسية بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك ونصف قطر القوس التشكيلي لحدها القاطع. يوجد نوعان من هذه السكاكين هما:

a- السكين المحدّب Convex Cutter :-

تشبه سكين الشق إلاَّ أن حدها القاطع قوسي محدّب، وتستعمل في قطع المجاري على شكل مقعر كما في الشكل (1-31-**a**).

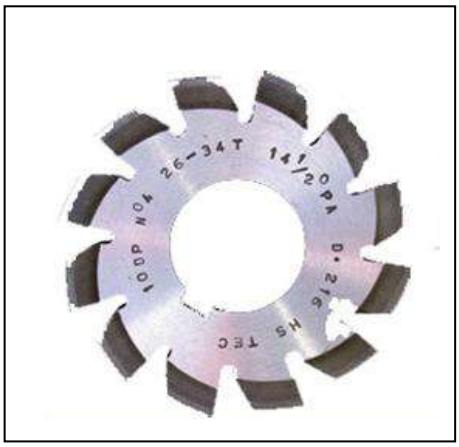
b - السكين المقعّر Concave Cutter:-

تشبه سكين الشق إلاَّ أن حدها القاطع مقعر وتستعمل في قطع الأشكال البارزة المستديرة المحّدبة كما مبين في الشكل (1-31-**b**).

الشكل (1-31) سكين مقعرة ومحدبة.

6- سكين قطع التروس Gear Cutter: -

توصف بدلالة المودول (Module) وقطر الثقب والقطر الخارجي، وتستعمل في قطع التروس بأنواعها باستثناء تروس السلاسل، فيما بعد سنتعرف عليها بالتفصيل في باب قطع التروس، الشكل (1-32).



الشكل (1-32) سكين قطع التروس.

7- سكاكين التفريز ذات الأسنان القابلة للفصل Cutter hands : -

ان تصميم سكاكين التفريز المزوّدة بصفائح (لقم) كاربيدية لها تأثير كبير على عملية القطع في التفريز من الناحية الاقتصادية إذ تساهم في تقليل زمن التشغيل، ويعطي التثبيت الميكانيكي لهذه الصفائح امكانية تدويرها واستبدالها بسهولة حين تآكلها. وتتميز الصفائح الكاربيدية بأنها أكثر صمودا، مع امكانية طلائها بمواد مقاومة للتآكل مثل (كاربيدات التيتانيوم، ونتريد التيتانيوم)، الشكل (1-33).

الشكل (1- 33) سكاكين تفريز ذات لقم كاربيدية

10- السكاكين ذات الساق Shank mills -:

هذا النوع من السكاكين يتم الربط بوساطة ساقه على آلات التفريز العمودي بإحدى الوسائل المستعملة ومنها الربط بوساطة ظرف الفرايز وماسكات الشد أو الربط بوساطة التجويف المخروطي أو الربط بوساطة برغي التثبيت ومنها الأنواع الآتية:

a- السكاكين الطرفية Shank End Mills -:

تشبه السكين الطرفي المجوف ولكن قطرها صغير ولها ساق من أجل ربطها بوساطته، وتوصف بدلالة طول الساق والقطر. وتستعمل في تسوية الأسطح وشق المجاري بأنواعها، الشكل (1-34).

الشكل (1- 34) سكاكين طرفية.

b - سكين شق شكل T T- slot cutter -:

يتوفر بنوعين، الأول يكون ذو أسنان محيطية تسمى سكين قطع الخابور الهلالي وتستعمل لقطع مقعد الخابور الثلاثي، والنوع الثاني ذو أسنان متناوبة وتصنف من السكاكين الجبهية ولذلك تستعمل لقطع اخدود T بعد استعمال السكين الطرفي في شق الاخدود العمودي وتوصف سكين شق مجرى T بدلالة القطر والسمك، الشكل (1-35).

الشكل (1-35) سكينة على شكل حرف T.

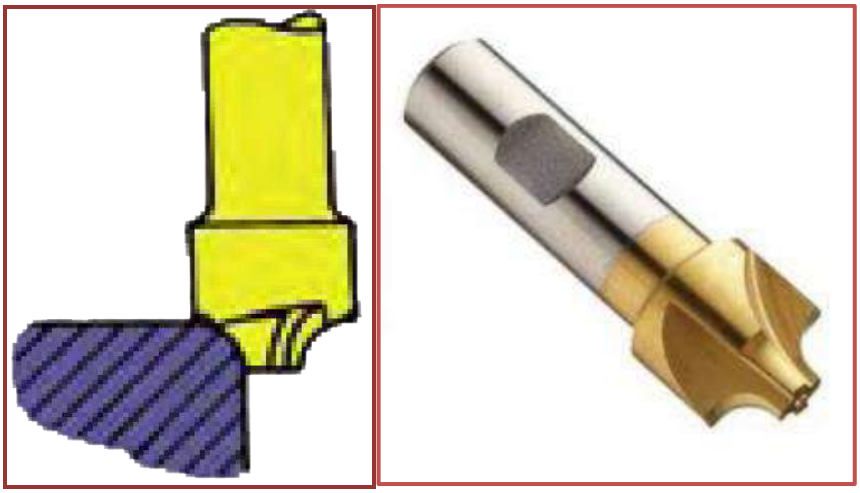
c ـ السكين الغنفارية Dovetail slot cutter :-

تشبه سكين شق مجرى T إلاَّ أنها تختلف عنها في أن الحد القاطع يميل بزاوية عن الوضع العمودي وهي على شكل شبه المنحرف وتستعمل في شق المسالك الزاوية وقطع المسالك الدليلية الغنفارية. وتوصف هذه السكين بالقطر والسمك وزاوية ميل الحد القاطع، الشكل (1-36).

الشكل (1- 36) السكين الغنفاري.

d ـ سكين تدوير الحافات (الأركان) Edges Rounding Cutter : -

سكين تدوير الأركان تشبه في شكلها إلى حد كبير الريشة المركزية إلا أن حدها القاطع يكون على شكل قوس نحو الداخل ولذلك توصف هذه السكين بدلالة طول الساق ونصف قطر التقوس. وتستعمل هذه السكين في تدوير الأركان القائمة وحافات المشغولات بشكل عام، الشكل (1-37).



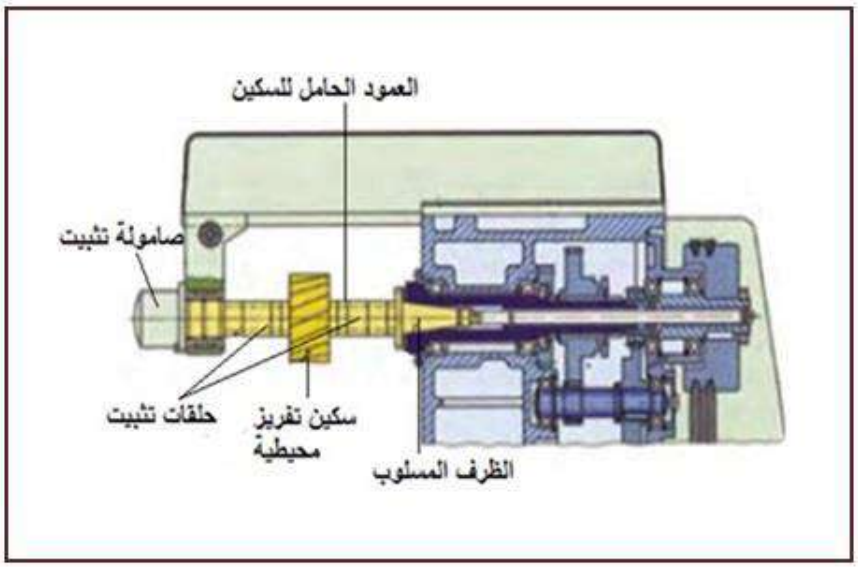
الشكل (1- 37) سكين تدوير الحواف.

7-1 طرائق تثبيت سكاكين التفريز على ماكينات التفريز

يتعرض جزء تثبيت سكين التفريز لعزم الدوران وغالبا ما يكون عزم الدوران كبيرا جدا في حالة القطع بالسكاكين المحيطية كبيرة القطر وسكاكين التفريز القوسية، لذلك تثبت هذه السكاكين تثبيتا جيدا بوساطة خوابير متوازية وتضغط من الجوانب عن طريق حلقات التركيب، أما سكاكين التفريز ذات الساق فتربط بوساطة الفكوك أو الظرف وكماشات الشد أو بوساطة التجويف المخروطي (السلبات)، إذ تربط بطريقة الاحتكاك نتيجة لصغر قطرها مع وجود عزم دوران صغير.

1- التثبيت بأعمدة حمل السكاكين المحيطية: -

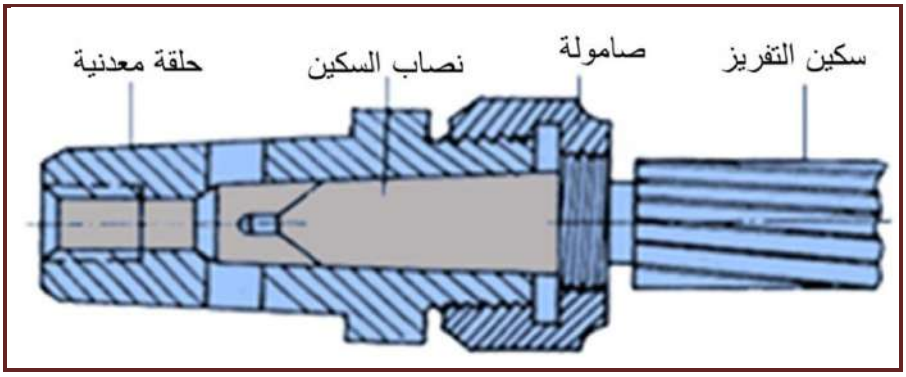
تثبت هذه الأعمدة على ماكينة التفريز بوساطة مسنن داخل مخروط عمود الإدارة الرئيسي، حيث يتم تعشيق العمود باستعمال مجاري على كتف عمود حمل السكين، ويتم تثبيت السكين بوساطة عمود وأطواق الفصل وتوصف بقياس أقطار هذه الأعمدة، ويبين الشكل **(1- 38)** العمود الحامل لسكين تفريز محيطية.



الشكل (1- 38) التثبيت بأعمدة حمل السكاكين المحيطية.

2-التثبيت بواسطة المسنن: -

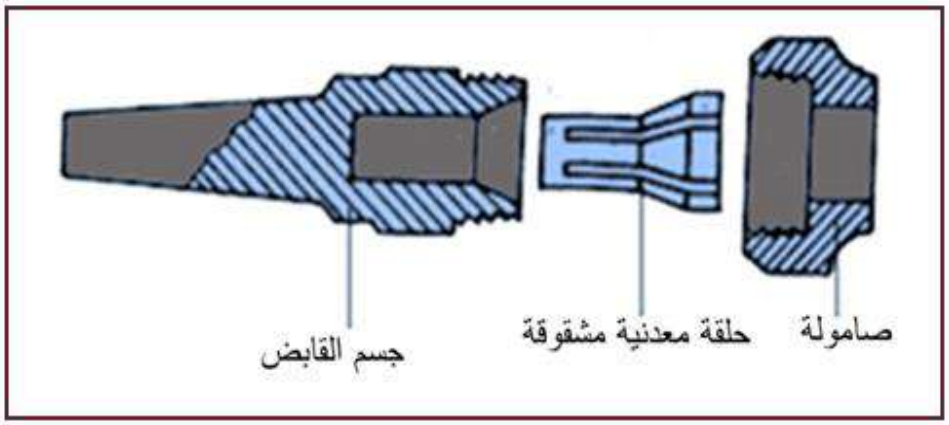
تكون ذات نصاب مسلوب ومسنن خارجي يربط بوساطة صامولة في التجويف المسلوب المُعدّ لذلك لضمان أحكام السكين، ويراعى ان يكون اتجاه السن عكس اتجاه الدوران حفاظا على قوة الربط، الشكل (1-39) .



الشكل(1-39) التثبيت بواسطة المسنن .

3- التثبيت بقابض: -

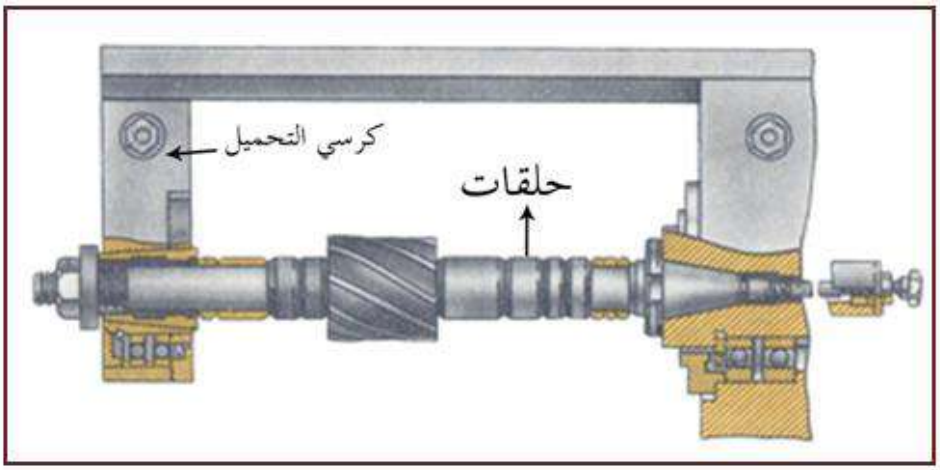
يكون شكل السكين ذو نصاب أسطواني حيث يستعمل قابض مكون من: (صامولة – حلقة مشقوقة – جسم القابض ذو سلبة داخلية). عندما يراد التثبيت توضع الحلقة المشقوقة بجسم القابض ثم ندخل الصامولة بجسم القابض دون رباط محكم ثم يدخل نصاب السكين الاسطواني مع مراعاة ربط الصامولة بإحكام الشكل (1-40) .



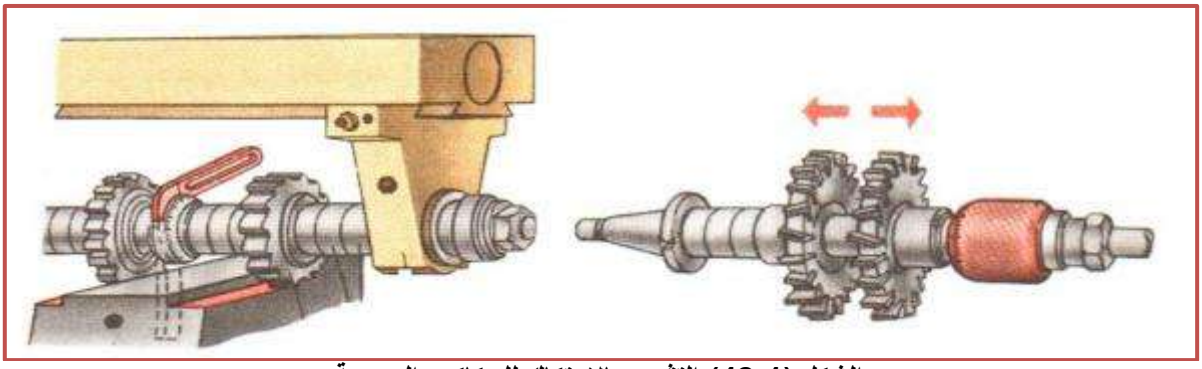
الشكل (1- 40) التثبيت بقابض.

4- التثبيت بالاحتكاك: -

تستعمل هذه الطريقة عندما يكون عمق القطع قليل حيث تكون قوة القطع ليست كبيرة ويكتفي في هذه الطريقة بقوة الاحتكاك الناتجة بين الحلقات. وتتم عملية التثبيت بوضع حلقات على جانبي السكينة داخل حامل السكين (الشاقة) والسكينة بينهم في المكان المناسب بالنسبة للمشغولة. أما حامل السكين فيتم تركيب طرفه المخروطي ليدخل في الطرف الأمامي لعمود دوران الماكينة ويثبت الطرف الآخر في كرسي التحميل وتثبت الحلقة بوساطة صامولة مقلوظة على الطرف الأيمن لعمود حامل السكين، الشكل (1-41). ويمكن تثبيت عدة سكاكين على الشاقة دفعة واحدة أو سكينتين بينهما مسافة الشكل (1-42).



الشكـــل (1- 41) التثبيت بالاحتكاك.



الشكل (1-42) التثبيت بالإحتكاك للسكاكين المجمعة

وهناك بعض الملاحظات الواجب إتباعها عند تثبيت سكاكين التفريز وأعمدة محامل السكين:-

1- التاكد من تمركز دوران سكين التفريز مع عمود السكين باستخدام المبين ذو القرص حتى لاينتج سطوحاً مشغلة بصورة غير مضبوطة لان اسنان السكين ستقطع اعماق مختلفة عند عدم التمركز.

2- يجب إسناد طرف عمود السكين في حالة الاعمدة الطويلة بإستخدام كرسي تثبيت في راس ماكينة التفريز حتى لايحصل إهتزاز في العمود مما يؤدي الى إنتاج سطوحا مشغلة بصورة غير مضبوطة وأيضا تلف أسنان سكين التفريز.

3- ضرورة ان يكون ميل الأسنان في نفس إتجاه دوران سكينة التفريز لانه عند إختلاف الإتجاه فإن السكين سوف لن تقطع وتتلف أسنانها وسطح المشغولة.

4- يجب تنظيف حلقات التباعد قبل وضعها في عمود السكين ويجب ان تبرز حلقة التباعد الأخيرة خارج طرف العمود قليلا (**3 mm** تقريبا).

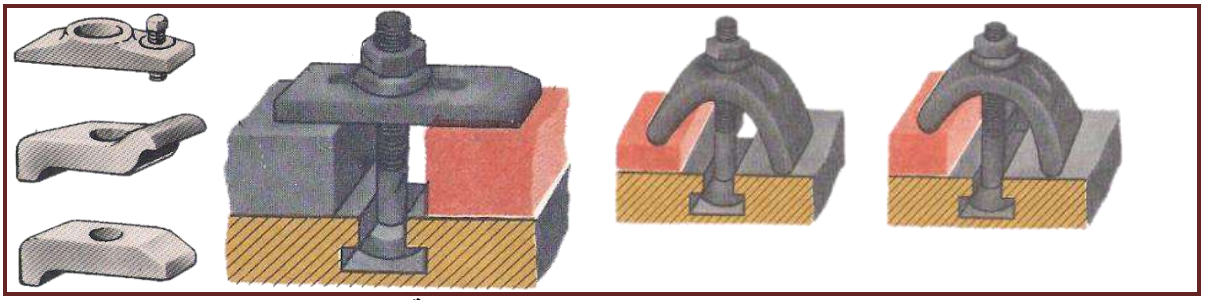
5- يجب ربط صامولة التثبيت باليد أولاً ثم يُحكم الربط بإستعمال مفتاح الربط (يجب عدم ربط أو فك صامولة تثبيت حلقات التباعد وسكين التفريز إلا بعد تثبيت العمود جيداً وتركيب الساند حتى لايتعرض للإنحناء).

طرائق ربط المشغولات على ماكينة التفريز

تم تصنيف طرق ربط المشغولات على ماكينات التفريز الى نوعين: -

1-الربط المباشر: -

يتم فيه تثبيت المشغولات على طاولة ماكينة التفريز بصورة مباشرة باستعمال ماسكات مخصصة، وتستعمل هذه الطريقة للمشغولات الكبيرة والمعقدة والإنتاج المفرد، وتوجد أنواع مختلفة من الماسكات منها اللوحية والشوكية وغيرها وتصنع الماسكات بثقوب بيضاوية لكي تستطيع الماسكة أن تتحرك فيها، كما يمكن استعمال الماسكات النابضية التي تتميز بمقدرة كبيرة للتحكم بها، الشكل (1-43) .



الشكـــل (1- 43) طرق ربط المشغولات بواسطة الماسكات.

2-الربط غير المباشر: -

1- الربط بواسطة الملازم:-

يتم ربط المشغولات باستعمال مثبتات وملازم مخصصة لهذا الغرض ويتم تثبيت وضبط استقامة الملازم لمرة واحدة وتستعمل للإنتاج الواسع.

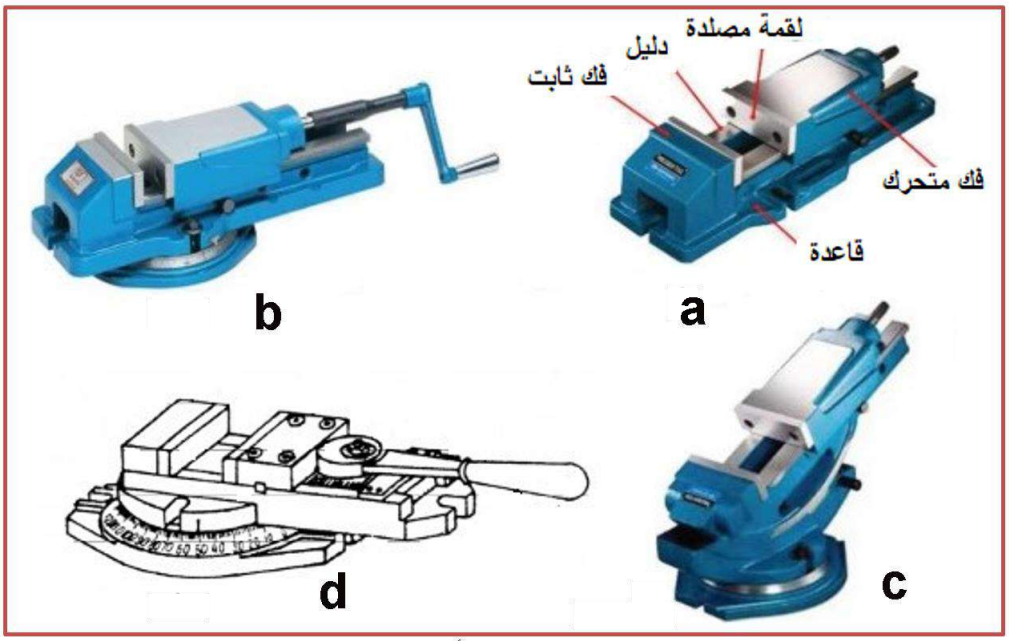
أنواع الملازم: - يبين الشكل (1-44) عدة أنواع من الملازم وكما يأتي :-

a. **الملزمة غير الدوّارة: -** تستعمل لربط المشغولات البسيطة والتي لا تحتاج الى زاوية انحراف.

b. **الملزمة الدوّارة: -** تستعمل لربط المشغولات التي تحتاج الى زاوية انحراف.

c. **الملزمة الجامعة الاغراض (الشاملة):** تستعمل في تفريز السطوح المائلة على طاولة الماكينة بأي زاوية، حيث يمكنها الدوران حول المحور العمودي والمحور الأفقي وتسمى أيضا الملزمة الشاملة.

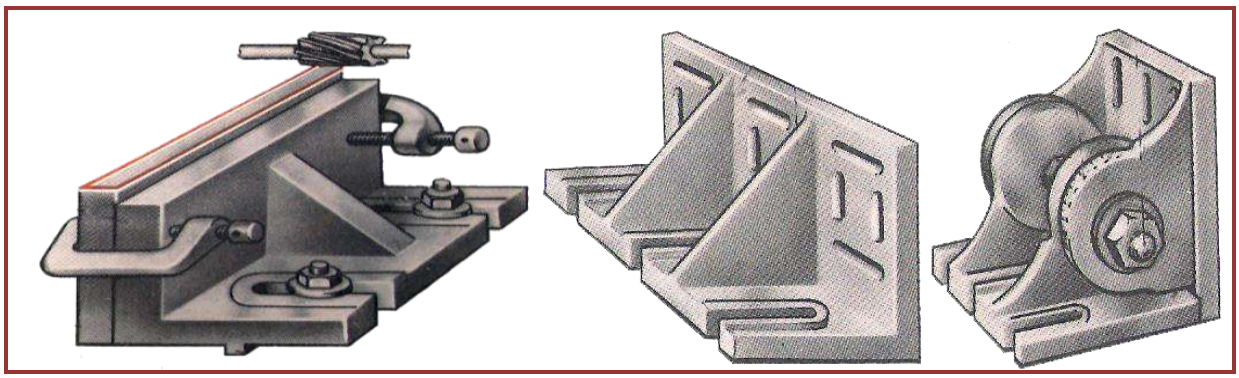
d. **الملزمة المحدبة: -** تستعمل هذه الملزمة في حالة تفريز المشغولات الصغيرة التي سبق تسوية سطوحها والتي تلاصق الفكين.



الشكـــل (1-44) أنواع الملازم.

2- الربط بوساطة الزاوية القائمة: -

تستعمل لربط قطعة العمل، إذ تحتوي على أخاديد وشقوق لغرض ربطها مع طاولة ماكينة التفريز وتربط قطعة العمل عليها بوساطة أدوات خاصة وتصنع الزاوية القائمة من سطحين قائمين ويكون هذان السطحان متساويان أو غير متساويان مع وجود ضلع واحد(عصب) أو ضلعين لضمان ثباتها وتستعمل لتثبيت الصفائح الرقيقة الطولية والعريضة، الشكل (1-45).



الشكل (1-45) زوايا قائمة.

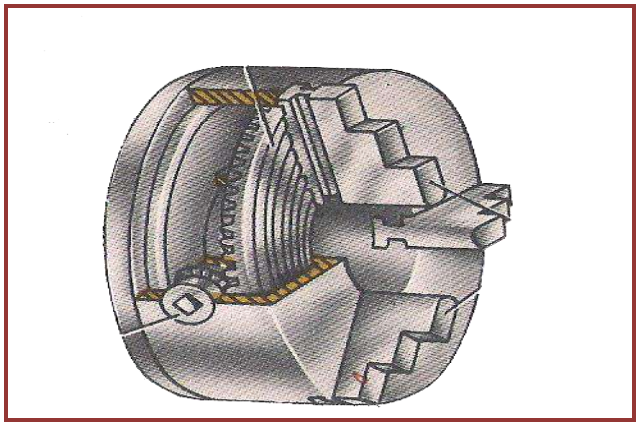
3- الربط بوساطة الطاولة الزاوية المتحركة: -

تستعمل لربط قطعة العمل لتفريز السطوح المائلة وتحتوي على شقوق تستعمل لربطها وتثبيتها على طاولة ماكينة التفريز، الشكل (1-46).

الشكل (1- 46) الطاولة الزاوية القابلة للضبط .

4 - الربط بوساطة قابض رأس التقسيم: -

يستعمل قابض رأس التقسيم لربط قطعة العمل الاسطوانية و الاشكال المنتظمة ويتميز هذا الربط بالسرعة والسهولة وذلك لوجود ثلاثة فكوك متحدة المركز تمكن من ضبط مركزية المشغولة، الشكل (1-47).



الشكل (1 - 47) ظرف تثبيت ذو ثلاثة فكوك .

1-8 رأس التقسيم Indexing Head (Dividing)

يُعد جهاز رأس التقسيم من أهم ملحقات ماكينات التفريز، لأنه يساعد على تصنيع مختلف أدوات القطع والأجزاء للماكينات وتستعمل رؤوس التقسيم للأغراض الآتية: -

1- لضبط محور المشغولة الجاري تشغيله حسب الزاوية المطلوبة بالنسبة لطاولة الماكينة.

2- تدوير المشغولة حول محورها بزاوية معينة والحصول على أجزاء متساوية.

3- الدوران المتواصل للمشغولة عند قطع الأخاديد الحلزونية أو الأسنان الحلزونية وبنسبة تقسيم ثابتة نسبة لمعدل التغذية.

وتستعمل رؤوس التقسيم لإنجاز الأعمال الآتية: -

1- تفريز الأجسام متعددة السطوح.

2- تفريز الأخاديد المستقيمة على السطوح الاسطوانية.

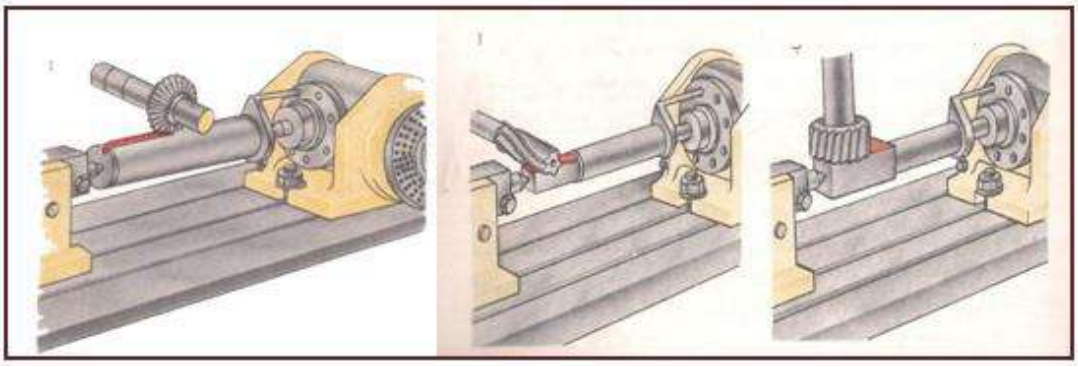
3- تفريز الأخاديد على السطوح الجانبية.

4- تقسيم المشغولة الى أقسام متساوية.

5- تفريز الأسنان المستقيمة للتروس الاسطوانية والمخروطية.

6- تفريز الأخاديد الحلزونية.

7- تفريز أسنان الجريدة المسننة.



الشكل (1-48) بعض الأعمال المنجزة على رأس التقسيم.

1-8-1 أنـواع رؤوس التقسيم

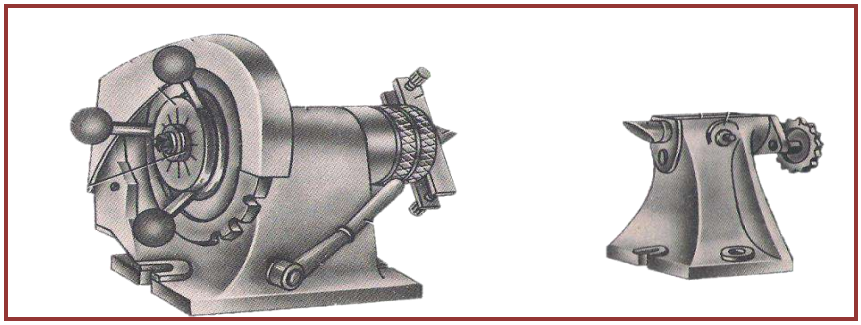
1- ذات أقراص مدرّجة ومنها: -

a. للتقسيم المباشر البسيط
b. للتقسيم غير المباشر البسيط
c. جامعة الأغراض

2- بصرية (وتستعمل للتقسيم الدقيق وعمليات الضبط).

رأس التقسيم المباشر

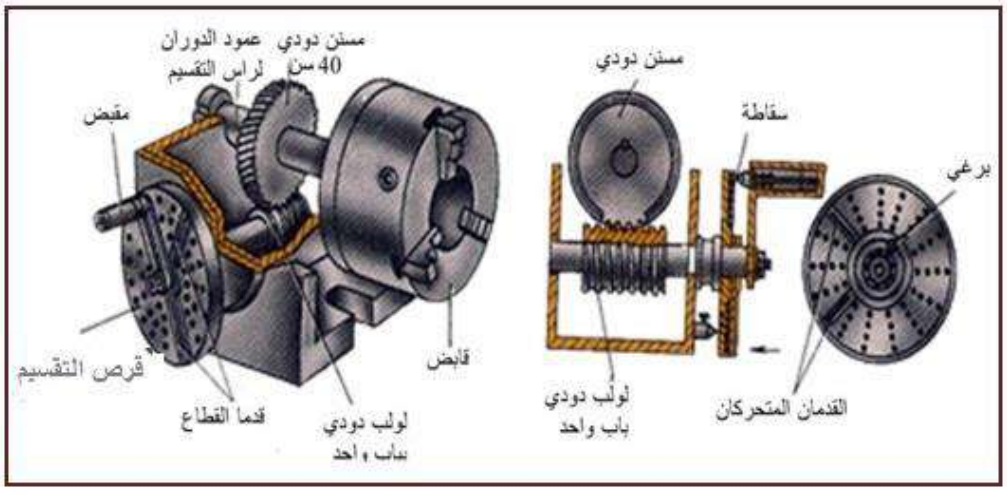
هو الرأس الذي يتم بواسطته تنفيذ التقسيم المباشر فقط، عند القيام بعمليات التفريز بطريقة التقسيم المباشر ويكون أكثر إنتاجية لسهولة العمل به إذ يعد من أبسط طرائق التقسيم. إن قرص التقسيم يحتوي على 12 درجة تسمح بالتقسيم إلى (12,6,4,3,2) قسما متساويا، ويتكون رأس التقسيم من الجسم وقابض مع مركز لتثبيت المشغولات الذي يركب داخل عمود الدوران للرأس مع وجود قرص خلفي حاوي على 12 حزا ويتم تدويره بوساطة قبضات. أما الذراع فيقوم بتحديد الموضع الجديد ويتم حماية رأس التقسيم من الرايش بغطاء، أما إسناد المشغولات فيتم بوساطة الغراب المتحرك الشكل (1-49).



الشكل (1-49) رأس التقسيم المباشر.

رأس التقسيم غير المباشر البسيط

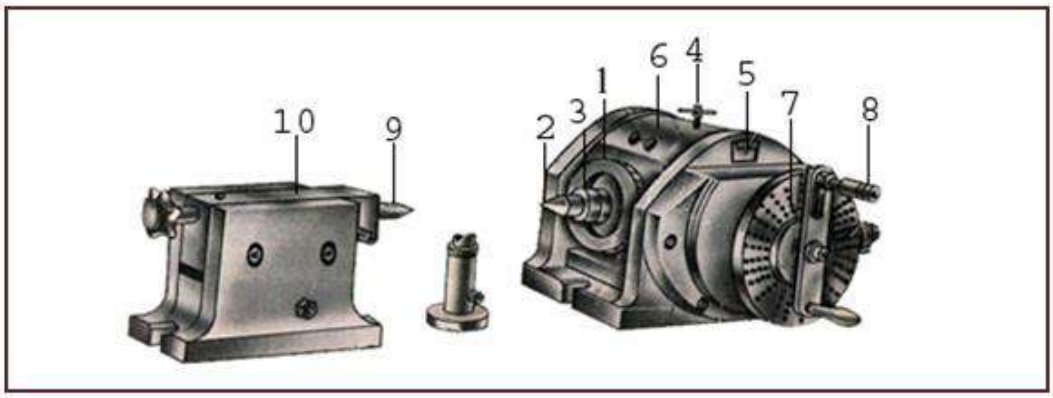
هو ذلك الرأس الذي يجري فيه التقسيم بموجب قرص التقسيم الثابت، يتألف رأس التقسيم من الترس الحلزوني الذي يتكوّن من 40 سن واللولب الحلزوني ذي الباب الواحد، ولكي يدور عمود الدوران دورة واحدة يجب تدوير اللولب الحلزوني بمقدار 40 دورة بوساطة المقبض المرتبط مع عمود الدوران في رأس التقسيم من خلال تعشيقة حلزونية، وللحصول على نصف دورة يجب تدوير القبضة بمقدار 20 دورة، ويتم عمل رأس التقسيم بتعشيق اللولب الحلزوني مع الترس الحلزوني ثم تدوير عمود الدوران بوساطة قبضة يدوية مع المثبت الذي يثبت على القرص الجانبي فعند اجراء الضبط يوضع المثبت مقابل دائرة الثقوب وينتقل دوران القبضة من خلال المسننات الاسطوانية والزوج الحلزوني الى عمود الدوران، الشكل (1-50).



الشكل (1-50) رأس التقسيم البسيط.

رأس التقسيم الجامع الأغراض (الشامل)

هو ذلك الرأس الذي يمكن استعماله للتقسيم المباشر والتقسيم البسيط. يتميز رأس التقسيم بتثبيت المشغولات عليه بصورة رأسية وأفقية أو بزاوية ويتكون رأس التقسيم من الأجزاء الآتية، الشكل (1-51): -



الشكل (1-51) رأس التقسيم الشامل.

1- قرص التقسيم الأمامي.
2- المركز الأمامي لعمود الدوران.
3- حامل المشغولة وعمود الادارة.
4- مسمار التثبيت.
5- تدريجات لتغيير زاوية القطع.
6- جسم رأس التقسيم.
7- قرص التقسيم الجانبي.
8- ذراع التقسيم.
9- مركز الغراب المتحرك.
10- كتلة للغراب المتحرك.

الأجزاء الرئيسة لجهاز رأس التقسيم الجامع الأغراض:

قلب جهاز التقسيم: -

ويقوم بتزويد رأس التقسيم بآلية تتكون من اللولب الحلزوني والترس الحلزوني المعشقان، لنقل الحركة الدورانية الى عمود الدوران الذي ينتهي بحامل المشغولة (قابض ثلاثي الفكوك).

قرص التقسيم الأمامي: -

يثبت على عمود الدوران لإجراء التقسيم المباشر أما عدد الثقوب الموجودة فيه فيعتمد على نوع رأس التقسيم المستعمل.

قرص التقسيم الجانبي: -

ويستعمل للتقسيم البسيط ويحتوي على عدد من الثقوب في وجهه متحدة المركز وتختلف في أحجامها وعدد دوائرها المركزية وعدد ثقوبها حسب نوع رأس التقسيم المستعمل ومنها:

نوع سنسيناتي وباركينسون: وفيه تكون الثقوب على جانبي القرص أن عدد ثقوب كل دائرة من دوائر التقسيم للأقراص كما في الجدول (1-3): -

الجدول (1-3) يوضح عدد الثقوب في أقراص التقسيم نوع سنسيناتي وباركينسون

الدائرة	القرص الأول		القرص الثاني		القرص الثالث	
	الجانب الأول	الجانب الثاني	الجانب الأول	الجانب الثاني	الجانب الأول	الجانب الثاني
الأولى	24	46	34	32	26	28
الثانية	25	47	46	44	42	38
الثالثة	28	49	79	77	73	71
الرابعة	30	51	93	89	87	83
الخامسة	34	53	109	107	103	101
السادسة	37	54	123	121	119	113
السابعة	38	57	139	137	133	131
الثامنة	39	58	153	151	149	143
التاسعة	41	59	167	163	161	159
العاشرة	42	62	181	179	175	173
الحادية عشرة	43	66	197	193	191	187

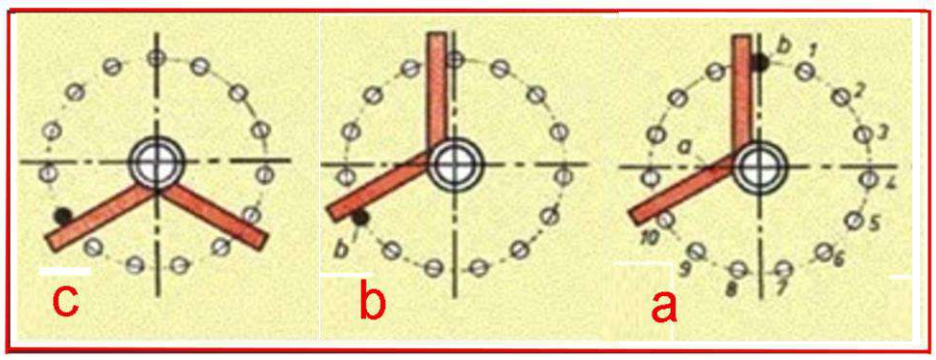
نوع براون وشارب: - له ثلاثة أقراص جانبية فيها ثقوب موزعة على محيط (6) دوائر مركزية وموزعة على وجه واحد من القرص. إن عدد ثقوب كل دائرة من دوائر التقسيم للأقراص كما في الجدول (1-4):-

الجدول (1-4): عدد الثقوب في أقراص التقسيم نوع براون وشارب: -

الدائرة	القرص الأول	القرص الثاني	القرص الثالث
الأولى	15	21	37
الثانية	16	23	39
الثالثة	17	27	41
الرابعة	18	29	43
الخامسة	19	31	47
السادسة	20	33	49

مؤشر التقسيم وطريقة استعماله

لتجنب الأخطاء، وللاقتصاد في الوقت اللازم لإجراء عمليات التقسيم، يستعمل مؤشر التقسيم، حيث يوفر عناء كبيرا في عد الثقوب ويتكون مؤشر التقسيم من الذراعين (Seder arms) (**a** و**b**) ويمكن أبعاد ذراعي مؤشر التقسيم احدهما عن الآخر. ثم تثبيتهما بحيث يحصران فيما بينهما العدد المناسب من الثقوب والشكل (1-52) يوضح طريقة استعمال مؤشر التقسيم، مثلا إذا كان المطلوب تحريك (10) ثقوب من دائرة تحتوي على (15) ثقباً، يتم ضبط عدد الثقوب المحصورة بين ذراعي المؤشر(10+1) هي (11) ثقباً الشكل (**a**) لإنجاز التقسيم الأول ثم تدار ذراعي المؤشر بانفراجهما دون تغيير لينتقل الذراع b الى الثقب رقم (10) لإنجاز التقسيم الثاني الشكل (**b**)، ثم تدار ذراعي المؤشر بانفراجهما دون تغيير لينتقل الذراع b الى الثقب رقم (5) لإنجاز التقسيم الثالث الشكل (**c**) وهكذا لبقية التقسيمات.



الشكل 1-52) ضبط مؤشر التقسيم لثلاثة تقسيمات .

ملاحظة: - عدد الثقوب التي يجب حصرها بين ذراعي التقسيم تساوي عدد المسافات +1.

1- 9 طرائق التقسيم Methods of Indexing

أولا: التقسيم المباشر Direct Indexing

يتم أجراء عملية التقسيم المباشر عن طريق الزوايا في استعمال القرص المدرج الى 360° حيث تكون قيمة التدريجة 1° وتتحدد زاوية تدوير عمود الدوران عند التقسيم على عدد معين وبموجب الصيغة الآتية :-

$$\propto = \frac{360}{z}$$

إذ أن: - $\propto$ زاوية تدوير عمود الدوران، z عدد التقسيمات المطلوبة

أما عند استعمال القرص الخاص بالتقسيم المباشر غير المدرج الذي يحتوي على ثلاث دوائر تقسيمية حاوية على (24، 30، 36) ثقباً التي تسمح بالتقسيم الى (2،3،4،5،6،8،10،12،15،18،24،30،36) قسماً والتي تمثل معاملات الأعداد الثلاثة فيتحدد عدد الدورات لعمل التقسيمات بموجب الصيغة الآتية: -

$$n = \frac{a}{z}$$

إذ أن: **n** عدد دورات القبضة **a** عدد الثقوب أو الحزوز على قرص التقسيم **z** عدد التقسيمات المطلوبة

مثال1-7 :- **جد زاوية تدوير عمود الدوران لرأس التقسيم لغرض تقسيم محيط مشغولة الى 8 أقسام.**

الحل:

$$\propto = \frac{360}{z} = \frac{360}{8}$$

$$\propto = 45°$$

مثال 1-8 :- **إحسب عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم محيط مشغولة إلى 10 أقسام متساوية مع العلم ان قرص التقسيم المباشر يتكون من دوائر هي: (24، 30، 36).**

الحل:

$$n = \frac{a}{z}$$

نختار دائرة التقسيم التي تحتوي على عدد من الثقوب عندما يتم تقسيمها على عدد الأقسام المطلوبة سيكون الناتج عدد صحيح بدون باقي. (لذلك نختار لهذا المثال دائرة 30 ثقوب)

$$n = \frac{30}{10}$$

$$n = 3$$

وهذا يعني أن عدد دورات اللازمة لذراع التقسيم تساوي 3 على الدائرة التي عدد ثقوبها 30

ثانياً: التقسيم غير المباشر البسيط (Simple Indirect Indexing)

وسُمي بهذا الإسم لان نقل الحركة من قرص التقسيم الجانبي الى عمود الدوران تتم عن طريق ترس حلزوني معشق مع اللولب الدودي ذي 40 سن، وتتم عملية التقسيم هنا بحركة واحدة لذلك سُمي بالبسيط. وتكون نسبة نقل الحركة ($u = \frac{1}{40}$) وعندها يجب أن يدور عمود الدوران بمقدار ($\frac{1}{z}$) من الدورة لتقسيم الدائرة الى n قسما متساويا، إن عدد دورات القبضة اللازمة لتدوير عمود الدوران دورة واحدة تدعى هو الصفة المميزة لرأس التقسيم ويرمز لها N ويتم ايجاد عدد الدورات لقبضة رأس التقسيم بوساطة الصيغة الآتية : -

$$n = \frac{N}{Z}$$

وبما أن N = 40 لذا فان المعادلة تكون بالصيغة الآتية :-

$$n = \frac{40}{z}$$

إذ أن: z عدد التقسيمات المطلوبة n عدد دورات قبضة رأس التقسيم

ملاحظة: تطبق المعادلة أعلاه في حالة قيمة z اكبر من 40

أما في الحالة التي تكون فيها قيمة z اصغر من 40 فيتم تطبيق الصيغة الآتية:-

$$\text{الناتج+ الباقي/ عدد التقسيمات} = \frac{40}{z}$$

$$\frac{40}{z} = A + \frac{a}{z}$$

$$n = A + \frac{ma}{mz}$$

$$n = \frac{40}{z}$$

$$n = \text{الناتج بعد القسمة} + \frac{\text{الباقي من القسمة}}{\text{عدد التقسيمات المطلوبة}}$$

نضرب حاصل البسط (الباقي من القسمة) والمقام (عدد التقسيمات المطلوبة) في عامل مشترك (m) بحيث يحقق المقام دائرة ثقوب موجودة في مجموعة الثقوب الموضحة بالسؤال وكالاتي:

إذ أن: -

A = الناتج، a= الباقي، m = عامل الضرب المشترك

ma = عدد الثقوب، mz = دائرة الثقوب

مثال 1-9:- جد عدد دورات القبضة اللازمة لإجراء تقسيمات متساوية بعدد 35 قسما، إذا علمت بان قرص التقسيم يحتوي على مجموعة الثقوب الاتية : 46،47،49،51،53،54،57،58،59،62،66؟

الحل:

$$n = \frac{40}{Z} = A + \frac{a}{Z}$$

$$n = 1 + \frac{5}{35}$$

$$n = 1 + \frac{1}{7}$$

نضرب حاصل البسط والمقام في عامل مشترك بحيث يحقق المقام دائرة ثقوب موجودة في مجموعة الثقوب الموضحة بالسؤال وكالاتي:

$$n = 1 + \frac{1}{7} \times \frac{7}{7} = 1 + \frac{7}{49}$$

لذا نقوم عند التقسيم بتدوير القبضة دورة واحدة و (1+7) أي 8 ثقوب من دائرة عدد ثقوبها 49.

مثال 1-10:-

جد عدد دورات قبضة جهاز راس التقسيم لتفريز ترس عدل عدد أسنانه 24 سن، علما أن القرص المتوفر يحتوي على دوائر ثقوبها كالآتي: (13 ، 15 ، 17 ، 19 ، 21 ، 21 ، 23 ، 27).

الحل:

$$n = \frac{40}{Z} = A + \frac{a}{Z}$$

$$n = 1 + \frac{16}{24} = 1 + \frac{2}{3}$$

نضرب حاصل البسط والمقام في عامل مشترك بحيث يحقق المقام دائرة ثقوب موجودة في مجموعة الثقوب الموضحة بالسؤال وكالاتي:

$$n = 1 + \frac{2}{3} \text{ x } \frac{5}{5}$$

$$n = 1 + \frac{10}{15}$$

لذا نقوم عند التقسيم بتدوير القبضة دورة واحدة و (1+10) أي 11 ثقوب من الدائرة التي عدد ثقوبها 15

ملاحظة مهمة: هنالك احتمالات أخرى للحل بحيث انها تحقق عدد ثقوب موجودة في دوائر الثقوب المعطاة في السؤال ومثال ذلك $n = 1 + \frac{14}{21}$ و $n = 1 + \frac{18}{27}$ وعلى الطالب ان يجرب الحل التفصيلي لهذين الاحتمالين.

ثالثا: التقسيم الزاوي (Angular Indexing)

وفيه يتم التقسيم بموجب درجات الزاوية وتستعمل هذه الطريقة عند تشغيل سكاكين التفريز التي تحتاج إلى ايجاد قيم الزوايا بصورة صحيحة، ومبدأ العمل يعتمد على قيمة زاوية الدائرة وهي 360° .

ويمكن أيجاد قيمة الزاوية المكافئة للدورة الواحدة لذراع التقسيم كالآتي: -

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

$$n = \frac{\propto}{9^{\circ}}$$

إذ أن: α الزاوية المراد تقسيمها بالدرجات ، 40 عدد أسنان الترس الدودي.

مثال 1-11 :- جد عدد الدورات اللازمة لذراع التقسيم، لتقسيم جزء من دائرة قيمتها 38° باستعمال رأس التقسيم.
إذا علمت بان قرص التقسيم يحتوي على مجموعة الثقوب الاتية:
؟66،62،59،58،57،54،53،51،49،47،46

الحل:

$$n = \frac{\alpha}{9^{\circ}} = \frac{38}{9} = 4 + \frac{2}{9}$$

نضرب حاصل البسط والمقام في عامل مشترك بحيث يحقق المقام دائرة ثقوب موجودة في مجموعة الثقوب الموضحة بالسؤال وكالاتي:

$$n = 4 + \frac{2}{9} \times \frac{6}{6}$$

$$n = 4 + \frac{12}{54}$$

وهذا يعني ان عدد دورات ذراع التقسيم هو 4 دورات و (12+1) أي 13 ثقب من دائرة عدد ثقوبها 54

أسئلة الفصل الأول

س1) عدد أنواع ماكينات التفريز.

س2) اذكر وظائف ما يأتي:

1- هيكل ماكينة التفريز. 2- المنزلقة المستعرضة 3- عمود الادارة الرئيس (عمود الدوران).

4 – الركبة (الكابول) في ماكينة التفريز

س3) اذكر استعمالات ماكينة التفريز الأفقية العامة.

س4) تتطلب عملية التشغيل على ماكينة التفريز توفر حركات أساسية عددها.

س5) عرف سرعة القطع، وما العوامل التي تتوقف عليها.

س6) إذكر التأثيرات السلبية الناتجة من المركبة القطرية لقوة القطع عند التفريز الإسطواني.

س7) قارن بين التفريز المحيطي والتفريز الجبهي.

س8) عدد أنواع سكاكين التفريز مع ذكر استعمالها.

س9) عرف زوايا القطع موضحا ذلك بالرسم.

س10) فرزت مشغولة بوساطة سكين تفريز قطرها 150 mm وكان مقدار التغذية لكل سن (0.1 mm/tooth) وعدد أسنان سكين التفريز 12 سن وسرعة القطع (40 m/min)، احسب زمن التفريز الأساس لشوط واحد فقط، إذا علمت ان مسافة التفريز الكلية (250 mm).

(الجواب = 2.4 min)

س11) فرزت مشغولة مصنوعة من الصلب الطري بوساطة سكين تفريز اسطوانية قطرها 80 mm وكانت سرعة القطع (30 m/min) والتغذية لكل سن (0.1 mm/tooth) وعدد أسنان سكين التفريز (14 سنا) جد مايأتي:

a. عدد دورات سكين التفريز بالدقيقة. (الجواب= 120 rpm)

b. سرعة التغذية لطاولة الماكينة (mm/min). (الجواب =168 mm/min)

c. الزمن المستغرق لتفريز مسافة طولها (200 mm) إذا علمت أن عمق القطع 2 mm.

(الجواب= 1.2 min)

س12) احسب سرعة القطع في التفريز:

a. إذا علمت ان قطر سكين التفريز (100 mm) وعدد دورات سكين التفريز (80 rpm).

(الجواب = 25.12 m/min)

b. اذا كان قطر سكين التفريز 50 mm وعدد دورات سكين التفريز (200 rpm).

(الجواب = 31.4 m/min)

س13) سكين تفريز تدور 104 rpm وان قطرها 56 mm أوجد القدرة اللازمة للقطع إذا كانت القوة المحيطية (القوة القاطعة الرئيسة) تساوي 48 kg.f.

س14) اشرح مع الرسم طريقة التفريز المتماثل والتفريز العكسي في عمليات التفريز الأفقي مع ذكر عيوب وميزات واستعمالات كل منها.

س15) فرزت مشغولة مصنوعة من النحاس الأصفر فكانت سرعة القطع (44 m/min). وعدد دورات سكين التفريز (140 rpm)، احسب قطر سكين التفريز المستعملة.

س16) أحسب عدد دورات قبضة جهاز التقسيم إذا كان المطلوب: -

a. تقسيم محيط المشغولة إلى 12 قسما متساوياً مع العلم ان قرص التقسيم المباشر يتكون من دوائر هي: (24، 30، 36).

b. تقسيم محيط مشغولة إلى 8 أقسام متساوية مع العلم ان قرص التقسيم المباشر يتكون من دوائر هي: (24، 30، 36).

b. قطع ترس عدد أسنانه 56 سناً مع العلم ان قرص التقسيم يحتوي على مجموعة الثقوب الاتية: (24، 25، 28، 30، 34، 37، 38، 39، 41، 42، 43).

س17) جد عدد دورات ذراع رأس التقسيم اللازم لتفريز ترس عدد اسنانه (30) إذا علمت أن قرص التقسيم يحتوي دوائر ثقوب كالآتي: (21، 23، 27، 29، 31، 33).

الفصل الثاني/عمليات التشغيل على ماكينات التفريز

أهداف الفصل

يكون الطالب بعد إنهائه دراسة هذا الفصل قادراً على أن :-

1- يوضح طريقة تشغيل السطوح باستعمال ماكينات التفريز.

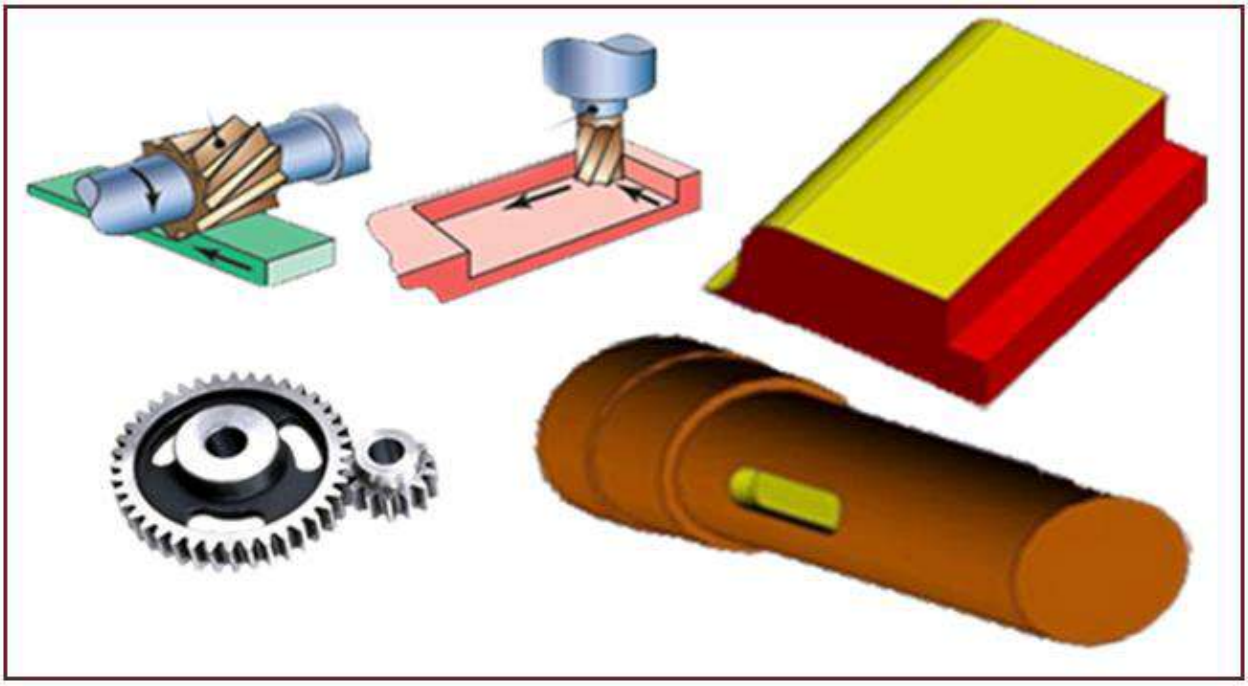
2- يوضح طريقة تشغيل الأخاديد والتجاويف باستعمال ماكينات التفريز.

3- يتعرف على أنواع التروس.

4- يتقن طريقة تفريز التروس الأسطوانية العدلة على ماكينة التفريز.

5-يتعرف على طرائق تثبيت المشغولات.

6- يستعمل قوانين حسابات التروس قبل إنتاجها.



تمهيد

إن العمليات الرئيسة التي تنفذ على ماكينات التفريز عديدة ومتنوعة ، فعند التمعن بأي منتج صناعي سيلاحظ أن طريقة تصنيعه قد أنجزت بعمليات التشغيل على ماكينات التفريز، إن عملية القطع عند التفريز أعقد مما هي عند الخراطة التي فيها تكون عدة القطع بتلامس دائم مع المشغولة، أما في التفريز يكون القطع بشكل متقطع إذ كل سن من أسنان سكين التفريز في تلامس مع المشغولة وينفصل بعد كل دورة تقوم بها سكين التفريز وتعد تلك العمليات من طرائق التصنيع الدقيقة وتحتاج الى مهارات في استعمال الماكينات لإنجاز مختلف العمليات والتي تتضمن ما يأتي، الشكل (2-1) :-

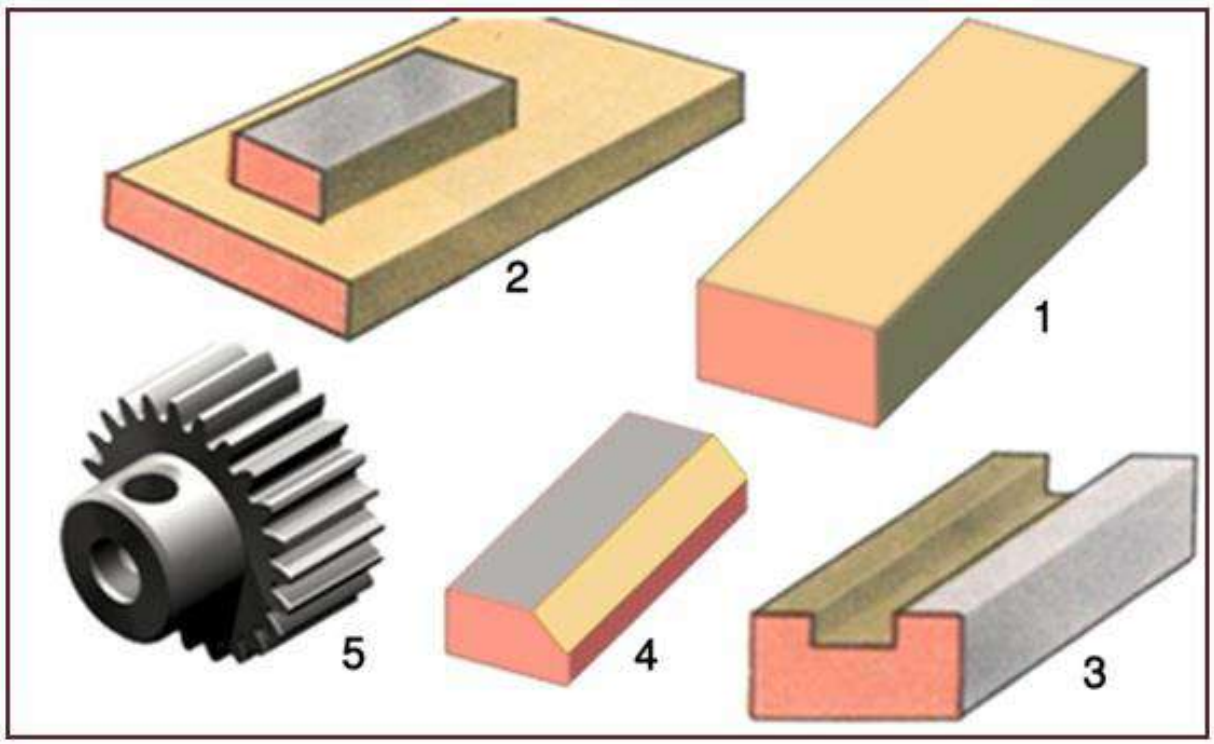
1- تسوية (تعديل) سطوح المشغولات.

2- تشغيل الأكتاف.

3- تشغيل الأخاديد.

4- تشغيل السطوح المائلة.

5- تشغيل التروس.



الشكل (2-1) أنواع عمليات التشغيل.

1-2 عمليات التشغيل على ماكينات التفريز

إن عملية التفريز يمكن القيام بها في حالة تثبيت مشغولة واحدة أوعدة مشغولات على الطاولة، وتم تصنيف المشغولات إلى أصناف تنقسم بدورها إلى أصناف فرعية ومجموعات فرعية، وتم تصنيف المشغولات إلى 15 صنفاً وهي (أعمدة، جلب، أقراص، أجزاء لامركزية، أذرع، ألواح، دعائم، زوايا، لقم، مسننات، كامات، لوالب أعمدة السحب، التروس الحلزونية، مثبتات، ومتصالبات).

ويمكن تصنيف المشغولات المعرضة للتشغيل على ماكينات التفريز حسب الدلائل الرئيسة الآتية :-

1- شكل المشغولات المعرضة للتشغيل (السطوح المكشوفة، السطوح ذات الأخاديد، السطوح ذات الأخاديد الحلزونية).

2- نوع عدة القطع المفضلة للتشغيل (تكون من الأنسب اقتصاديا تشغيلها بعدة أنواع من مقاطع التفريز).

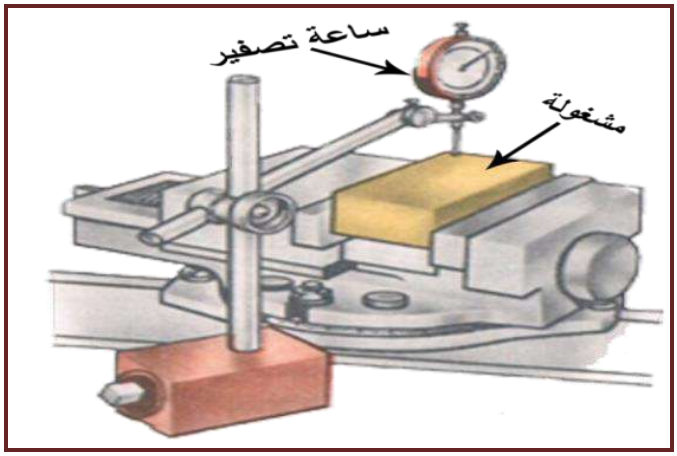
3- أبعاد السطوح المعرضة للتشغيل.

4- دقة السطوح المعرضة للتشغيل (النعومة والشكل).

5- نوع المعدات المستعملة في التشغيل.

2-2 تسوية (تعديل) السطوح

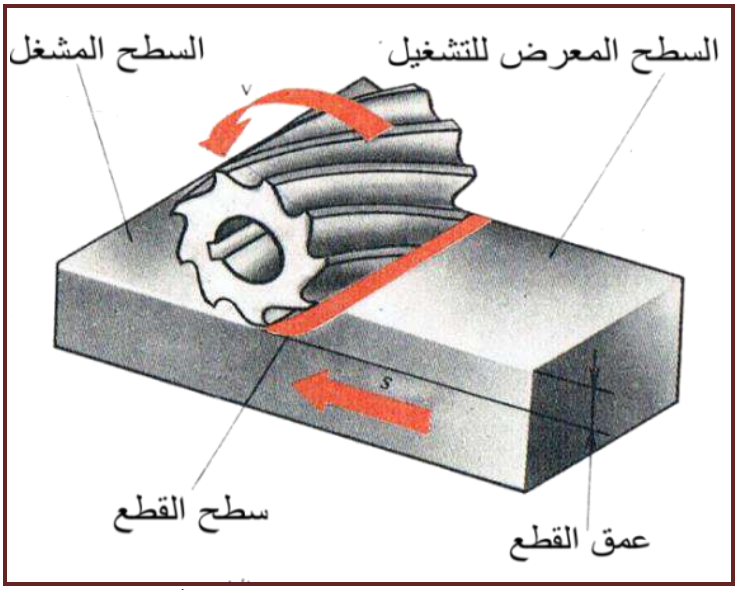
تطلق تسمية مستوي على السطح الذي يمثل مجموعة من النقاط تقع على السطح، فإذا تم توصيل نقطتين ما تقعان على السطح بخط مستقيم فإن جميع نقاط المستقيم تقع على السطح ومن هنا يمكن معرفة دقة السطوح المستوية المشغلة عن طريق تطبيق طرف مسطرة على سطح المشغولة لبيان انفراج المسطرة عن السطح فإذا كان الانفراج أقل كان السطح مشغلا بصورة دقيقة أو استعمال ساعة القياس، الشكل(2 -2).



الشكل(2-2) ضبط استوائية المشغولات.

تُعد عملية تسوية سطوح المشغولات من العمليات الرئيسة والمهمة، إذ تُعد تمهيداً لعمليات التشغيل الأخرى مثل عمل الأكتاف والأخاديد والثقوب ،ففي حالة المشغولات ذات الأجسام المنتظمة يتم تسوية الأوجه الستة للمشغولات بالتعاقب وبحسب الترتيب للسطوح لجعل السطوح المتجاورة متعامدة مع إزالة الرايش الناتج من عملية القطع من حواف السطح المشغل قبل فتح المشغولة لتنفيذ السطح التالي، إن تسوية السطوح تكون لإزالة

أكبر كمية من الرايش عن السطوح لغرض تحضير المشغولة لعملية تشغيل أخرى كالتجليخ الذي لا يمكن إزالة كمية من الرايش أكثر من 0.5 mm كذلك يمكن تشغيل المعادن من الشكل الدائري الى أشكال منتظمة، ويمكن إنجاز تشغيل السطوح المستوية بوساطة سكاكين (مقاطع) التفريزالاسطوانية، الشكل (2-3).



الشكل (2-3) تشغيل السطوح المستوية.

تستعمل سكاكين التفريز الاسطوانية لتشغيل السطوح للمشغولات على ماكينات التفريز الأفقية بصورة شائعة وذلك لتوفر وسائل الربط والتثبيت الخاصة بها، وتصنع عادة سكاكين التفريز الاسطوانية على شكل قطعة واحدة من صلب السرعات العالية (HSS) بأسنان دقيقة و كبيرة وتقسم سكاكين التفريز من حيث اتجاه دورانها الى سكاكين قاطعة من اليمين وأخرى قاطعة من اليسار، وذلك تبعا للجهة التي يتم بها تركيب سكاكين التفريز على عمود الدوران.

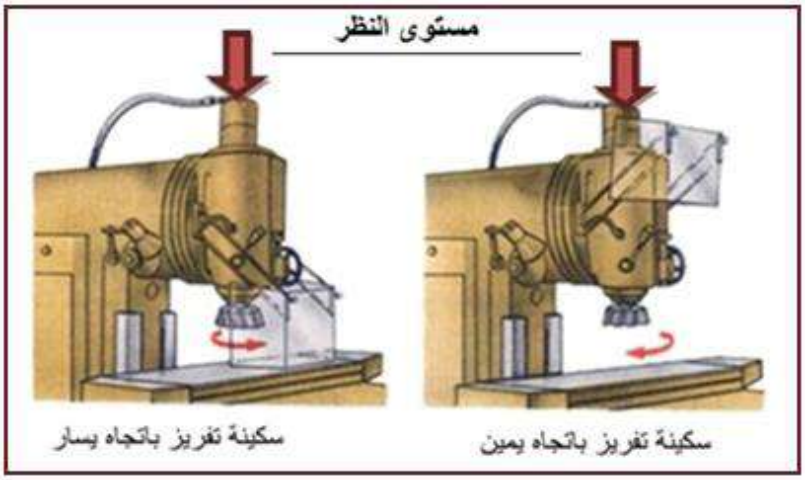
التفريز غير المنتظم :-

خلال عملية التفريز بوساطة سكين تفريز اسطوانية ذي الأسنان القائمة يبدأ سن السكين في التلامس مع سطح المشغولة المعرضة للتشغيل ثم يبتعد بشكل كامل عن السطح ،في بعض الأحيان يكون السن المتقدم قد خرج من التلامس مع سطح المشغولة والسن اللاحق لم يدخل بعد في التلامس وفي هذه الحالة سوف تتغير مساحة القطع من الصفر الى القيمة العظمى مع الهبوط اللاحق حتى الصفر وهكذا فإن قوة القطع ستتغير بصورة غير منتظمة وبالتالي سوف يتغير التحميل الدوري على الماكينة والمشغولة المعرضة للتشغيل بصورة غير منتظمة وتسمى هذه الحالة بالتفريز غير المنتظم، وكلما كان عدد الأسنان العاملة في وقت واحد أكثر في سكاكين التفريز الاسطوانية القائمة كان ازدياد انتظام التفريز، ويمكن الحصول على انتظام التفريز لدرجة كبيرة عند العمل بسكينة تفريز ذات أخاديد حلزونية.

1-2-2 تشغيل السطوح المستوية باستعمال السكاكين الجانبية (الوجهية)

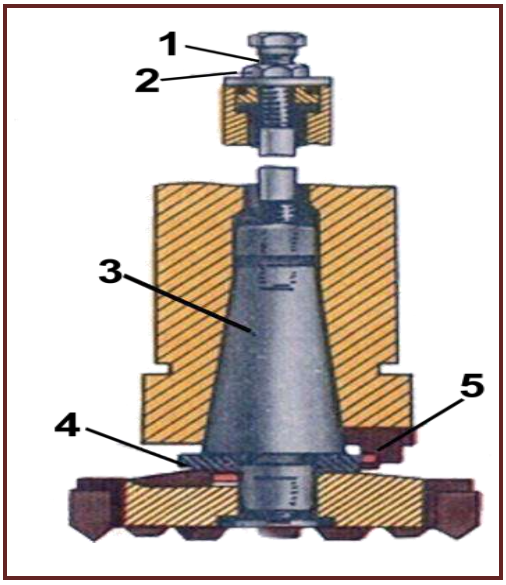
إن استعمال ماكينات التفريز العمودية بصورة شائعة لتسوية السطوح أخذ بالانتشار حيث تستعمل سكاكين التفريز الجانبية التي تعمل على الماكينات الأفقية أيضا وتتميز السكاكين الجانبية عن السكاكين الاسطوانية بعدد من المزايا وأهمها التثبيت الجيد على عمود الدوران وكذلك تكون الأسنان العاملة في آن واحد أكثر سلاسة لأن

القطع يتم بوجه السكين ومحيطها، ويمكن تقسيمها إلى قاطعة من اليمين والتي تدور مع عقارب الساعة وقاطعة من اليسار والتي تدور عكس عقارب الساعة الشكل (2-4).



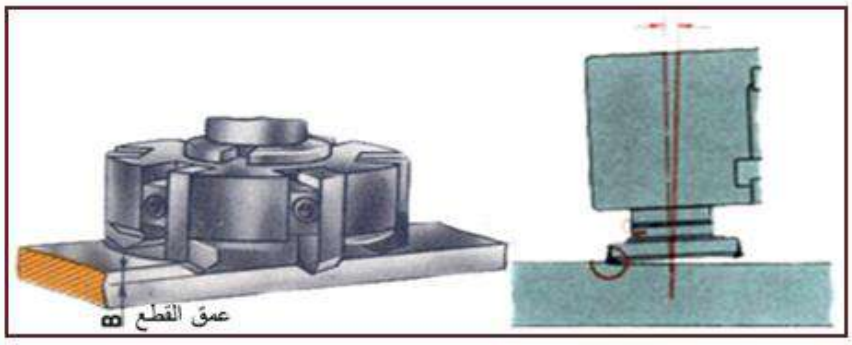
الشكل (2-4) سكاكين التفريز حسب الإتجاه.

وقد انتشرت السكاكين الجانبية المزوّدة بصفائح كاربيدية بأنواع متعددة حيث يتم تثبيتها بعدة طرق، فسكاكين التفريز الجانبية التي تحتوي على ثقب نافذ يركب قسمه المخروطي (رقم 3) في الشكل (2-5)، في تجويف مخروطي يوجد على بدن الماكينة يأخذ (سلبه مورس) ثم يثبت باللولب والصامولة (1، 2). مع وجود أخدود لتثبيت كتف عمود الدوران عليها (4، 5) لنقل عزم الدوران، أما النوع الثاني تركب مباشرة على رأس عمود الدوران ويثبت بأربعة لوالب مع وجود كتفين متقابلين تعشق مع أخاديد موجودة على جسم الماكينة لنقل عزم الدوران من عمود الدوران إلى سكين التفريز، ويمكن أن تكون اللقم الكاربيدية ثابتة على الرأس أو متغيرة يمكن استبدالها عند تآكلها، لقد كان استعمال هذا النوع من السكاكين في الحصول على أسطح عالية الجودة كذلك التقليل من الوقت اللازم بعد زيادة سرعة القطع لإنجاز الأعمال.



الشكل (2-5) طريقة تثبيت سكين القطع الجانبي في عمود الدوران .

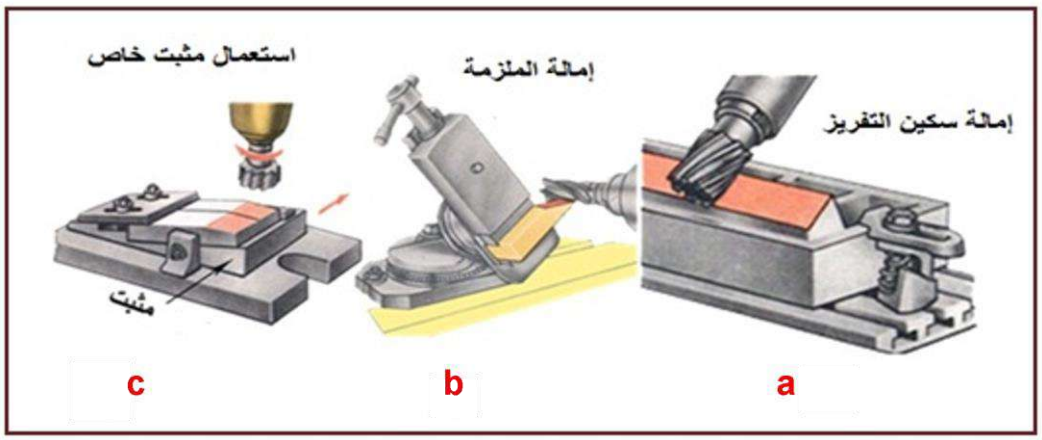
في الواقع العملي يبرز دوما سن واحد لسكين التفريز بمقدار ما بالنسبة للأسنان الأخرى وهذا يعني أن السن سيقوم بدور تنظيف السطح المشغل لكنه سوف يتآكل أسرع من غيرة والذي يمكن استبداله، ومنعا لتلامس اللقم الكاربيدية مع السطح المنجز وخدشه بالرايش المنفصل يمكن إمالة عمود الدوران بزاوية قليلة في المستوى الرأسي باتجاه معاكس لاتجاه التغذية، الشكل (2-6) وفيه B يمثل عمق القطع.



الشكل (2-6) طريقة استعمال سكاكين التفريز الجانبية.

2-3 تشغيل السطوح المائلة

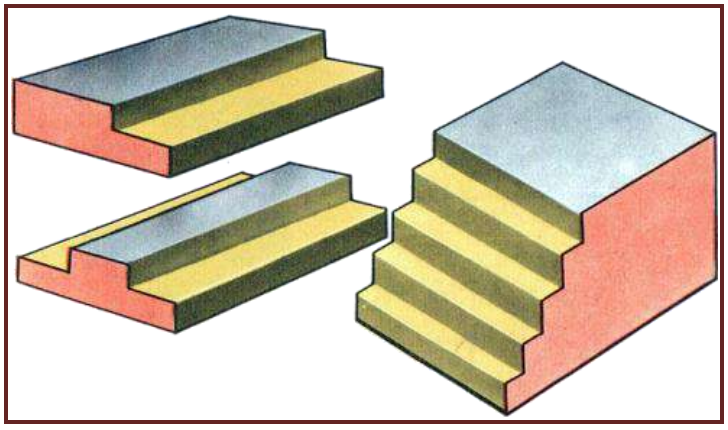
إن مستوى المشغولة الواقع بزاوية ما بالنسبة للمستوى الأفقي يسمى بالمستوى المائل، ويسمى المستوى المائل للمشغولات الصغيرة بكسر الحافة، ويمكن تفريز السطوح المائلة باستعمال سكاكين اسطوانية وطرفية وحسب طريقة التفريز حيث يمكن عمل السطوح المائلة بطرق مختلفة، أما بإمالة رأس عمود الدوران الشكل (2-7-a) أو باستعمال ملازم شاملة الأغراض أو مثبتات خاصة فعند استعمال الملازم الشاملة الأغراض يتم تثبيتها حسب الزاوية المطلوبة بحيث تجعل المشغولة بشكل أفقي أي مواز لمحور سكين التفريز(2-7- b)، أما استعمال مثبتات خاصة فتكون عند الإنتاج الواسع (2-7- c) ولتشغيل السطوح المائلة بسكاكين تفريز جانبية (وجهية) على ماكينات التفريز الرأسية يتم بتركيب المشغولات بالزاوية المطلوبة بوساطة مثبتات خاصة تربط على طاولة الماكينة بوساطة ماسكات مع بقاء سكين التفريز بصورة عمودية على المشغولة أو بإمالة عمود الدوران باتجاهين مختلفين وبزاوية معينة، وهذا يمكن تحقيقه عند استعمال ماكينات التفريز الشاملة ويمكن اتباع الأسس الصحيحة وخطوات العمل المتبعة في تشغيل السطوح المستوية أو الأكتاف.



الشكل (2-7) طرائق تنفيذ السطوح المائلة.

4-2 تشغيل الأكتاف على السطوح

الكتف :- هو الحيز المحصور بين سطحين متعامدين يشكلان بينهما زاوية، ويمكن أن تحتوي المشغولة على كتف واحد أو كتفين أو أكثر، ويمكن انجاز الأكتاف بأنواع مختلفة من سكاكين التفريز، الشكل (2-8).



الشكل (2-8) أنواع الأكتاف.

1-4-2 ضبط المشغولات على الملازم عند عمل الاكتاف

إن تشغيل الأكتاف يحتاج إلى تحضيرات رئيسة ومهمة ومنها تثبيت سكين التفريز القرصية بحركة دائرية منتظمة لا يوجد فيها أي انحراف أو بيضوية في الدوران لضبط العمق والعرض للكتف المشغل، أما لضبط استقامة الكتف فيجب تثبيت الملزمة باستقامة نسبة إلى الطاولة، وتوجد عدة طرائق لتثبيت الملزمة في استقامة وهي: -

الطريقة الأولى :-

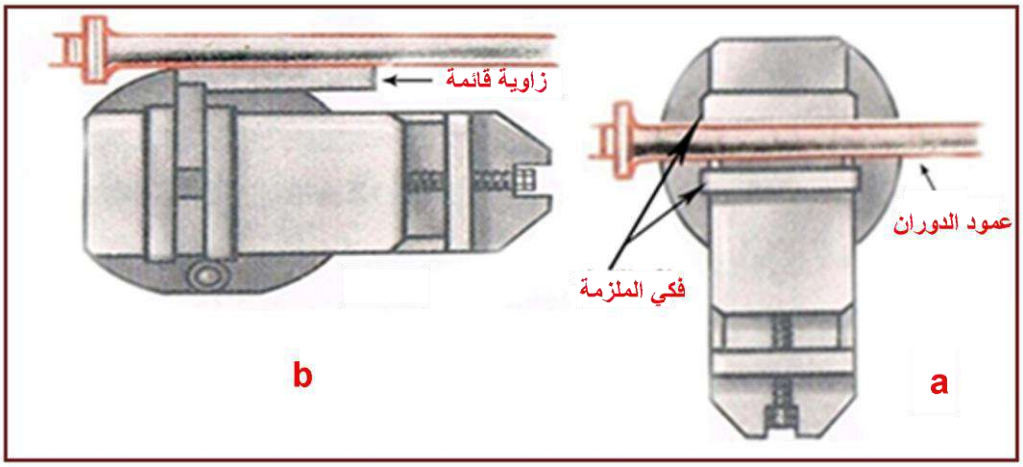
عندما يراد وضع فكي الملزمة بصورة موازية لعمود الدوران، الشكل (2-9- a).

يجري فحص تركيب الملزمة بالنسبة للطاولة بصورة مباشرة باستعمال عمود الدوران لماكينات التفريز الأفقية الذي يكون مرجع لاستقامة الملزمة، حيث يتم وضع فكي الملزمة بشكل موازي لعمود الدوران ثم تقريب عمود الدوران حتى يتلامس مع الفك الثابت الشكل (2-9- a) ومن ثم تشد صواميل البراغي لتثبيت الملزمة للحصول على استقامة سطح الملزمة.

الطريقة الثانية:-

عندما يراد وضع فكي الملزمة بصورة عمودية لعمود الدوران، (2-9- b).

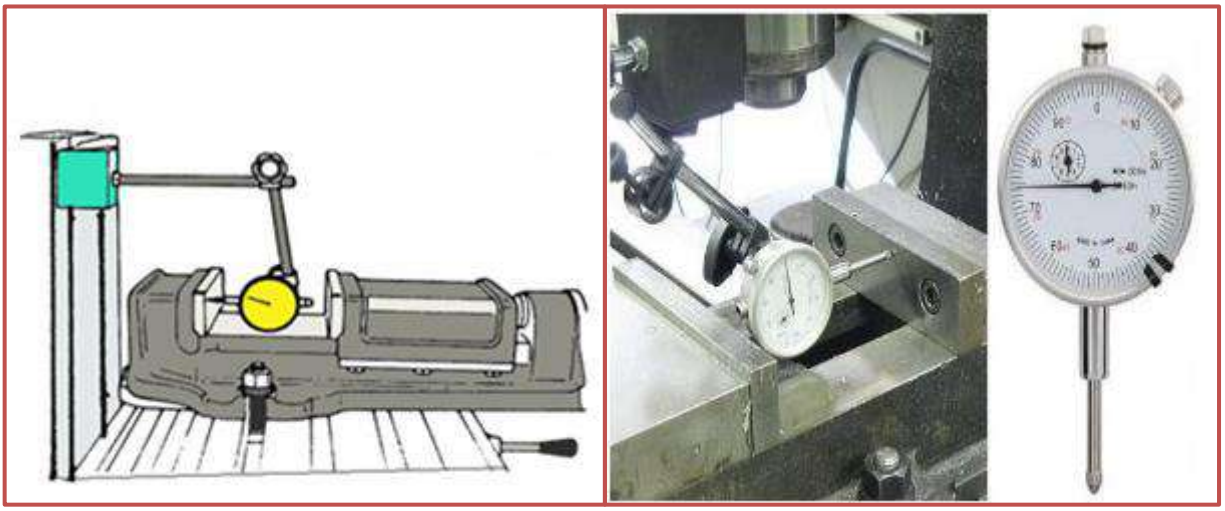
إذ يجري تثبيت الزاوية القائمة بين فكي الملزمة ثم ملامسة الطرف الحر للزاوية القائمة مع سطح عمود الدوران، ومنعاً لتلف عمود الدوران تستعمل قوالب تحسسية لقياس الفراغ، يتم إدخالها بين عمود الدوران والطرف الحر للزاوية وبعد التأكد من صحة استقامة الملزمة تثبت بالبراغي ثم رفع القوالب التحسسية.



الشكل (2-9) طريقة ضبط استقامة الملازم.

الطريقة الثالثة:-

وهي أدق الطرائق للحصول على استقامة لفكي الملزمة وذلك باستعمال مقياس ذي الساعة (مؤشر) (Dial Indicator) الذي يتكون من القاعدة المغناطيسية وعمود التوصيل الذي يثبت عليه المقياس إذ يكون بتدريجات دائرية مع وجود مجس نابضي ينقل الحركة الى المؤشر للتحكم بالتلامس مع أحد فكي الملزمة،الشكل (2-10).

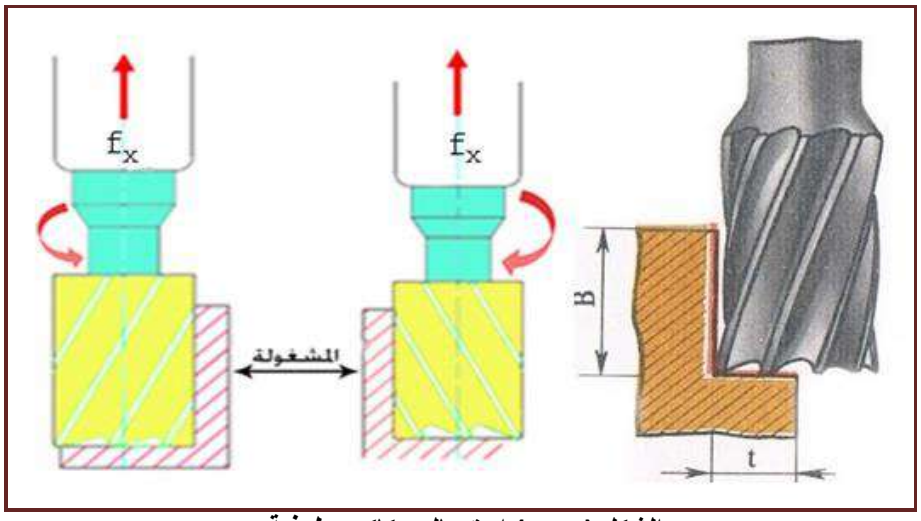


الشكل (2-10) طريقة تصفير الملازم.

2-4-2 تشغيل الأكتاف بوساطة السكاكين الطرفية

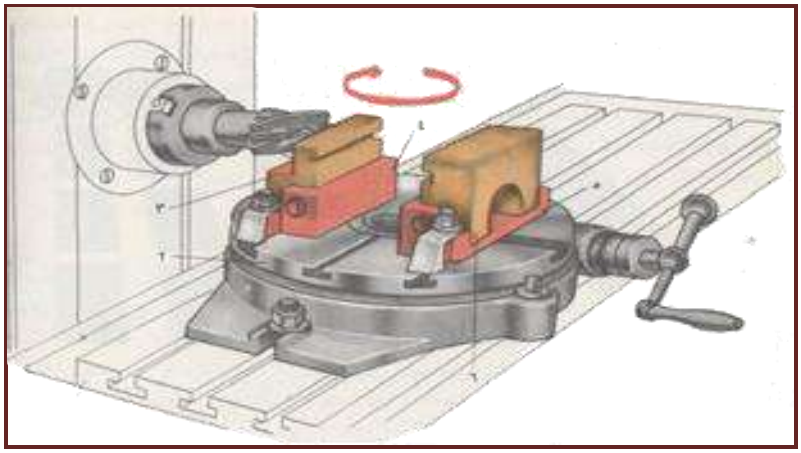
يمكن تشغيل الأكتاف بسكين تفريز طرفية على الماكينات الأفقية ولكن في الأعم يتم استعمال السكاكين الطرفية على ماكينات التفريز العمودية. تخصص سكاكين التفريز الطرفية لتشغيل السطوح والأكتاف والأخاديد وهي تصنع بطرف اسطواني أو مخروطي، وتكون بأسنان عادية وأسنان خشنة إذ تستعمل ذات الأسنان العادية عند التشغيل النهائي، أما السكاكين ذات الأسنان الكبيرة فتستعمل للتشغيل الخشن ولغرض تنفيذ أحد الأكتاف

على مشغولة ما بعد تثبيتها يتم ملامسة السطح العلوي بسكين التفريز وهي تدور بحذر ثم تصفير مقبض التدريجات لتسهيل حساب العمق المطلوب ثم الخروج عن سطح المشغولة ورفع الطاولة بالمقدار المطلوب لتحديد عمق الكتف. أما تحديد عرض الكتف فيتم بملامسة سكين التفريز للسطح الجانبي للمشغولة والذي يمكن إنجازه بشوطين، الأول تخشيني وفيه يتم التأكد من قياس المشغولة لغرض تلافي أي خطأ ناتج أثناء العمل والثاني نهائي لتحقيق القياس النهائي ونعومة الأسطح التي تتحقق بزيادة سرعة دوران سكين التفريز مع تقليل سرعة التغذية. ويتم تثبيت سكين التفريز بحيث يكون اتجاه الأخدود الحلزوني مختلفاً عن اتجاه دوران سكين التفريز لضمان أن تكون المركبة المحورية f_x الى الأعلى فتعمل على زيادة شد عمود الدوران مع سكين التفريزمما يضمن ثباتها في مقر عمود الدوران، الشكل (2-11).



الشكل (2-11) استعمال سكاكين طرفية.

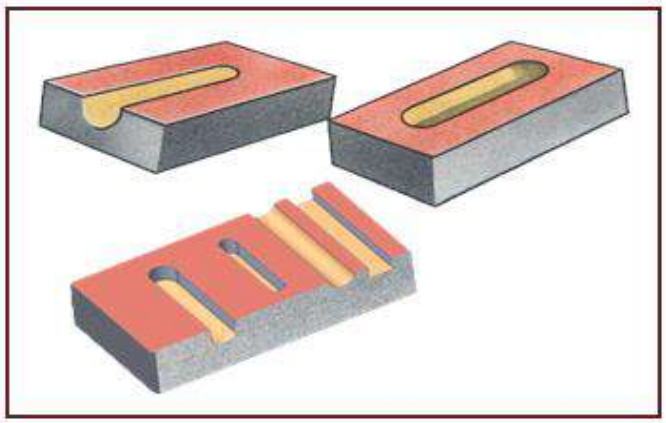
وفي حالة التشغيل الواسع يكون الإنتاج متتالي لذلك يتم استعمال معدات ملحقة بماكينات التفريز كالصينية الدوّارة التي يمكن تثبيت أكثر من مشغولة عليها لزيادة الإنتاج بمساعدة مثبتات خاصة تثبت على الطاولة بوساطة ماسكات، أما المشغولات فتربط على المثبتات بوساطة براغي كما في الشكل (2-12) أما الطاولة فتستعمل لتدوير المشغولة دورة كاملة لغرض تشغيلها.



الشكل(2-12) عمل الأكتاف على ماكينات التفريز الأفقية.

5-2 تشغيل الأخاديد (المجارى) Slotting

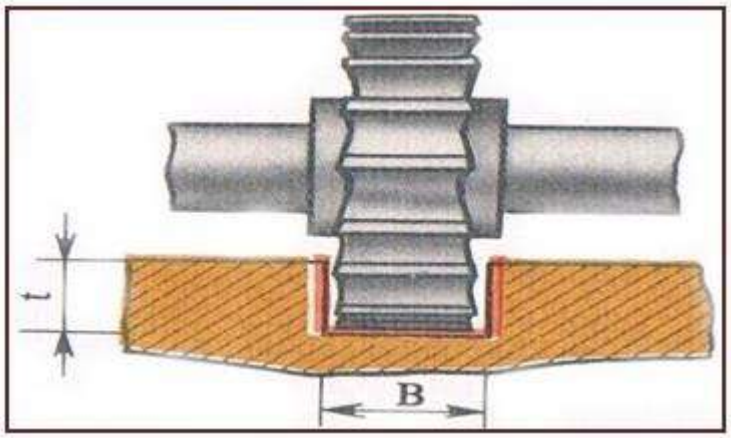
الأخدود: - شق في مشغولة ما محدد بعدة سطوح، وتقسم الأخاديد تبعا لشكل الشق إلى قائمة أو على شكل حرف T أو تشكيلية، ويمكن أن تكون مفتوحة أو مغلقة أو نصف مفتوحة أما سطح المجرى فيأخذ شكل سكين التفريز أما مسطحا أو على شكل قوس يناظر سكين التفريز المستعملة الشكل (2-13).



الشكل (2-13) أنواع مختلفة من الأخاديد.

1-5-2 تشغيل الأخاديد بوساطة السكاكين القرصية

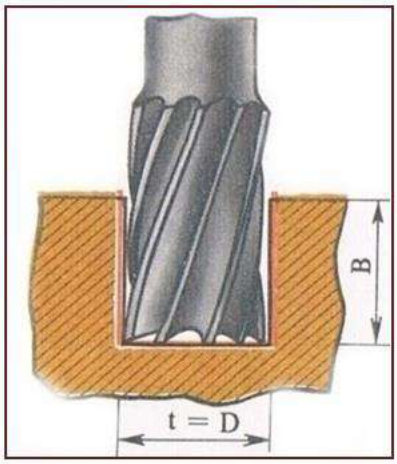
تخصص سكاكين التفريز القرصية الثلاثية الجوانب والتي لها أسنان على سطحها الاسطواني وجوانبها في تشغيل الأخاديد، إذ يتم قطع ثلاث سطوح في آن واحد وهذا النوع يستعمل للمجاري الأكثر عمقاً والتي تحقق نعومة لسطوحها، أما السكاكين التي تمتلك أسنان على سطحها الأسطواني فقط فتستعمل للأخاديد غير العميقة.
أما اختيار سكاكين التفريز فيكون تبعاً لأبعاد السطوح ونوع المعدن المشغل، الشكل (2-14)، إذ ينصح عند تشغيل المواد الصعبة التشغيل وبعمق صغير استعمال سكاكين تفريز ذات أسنان عادية ودقيقة أما عند تشغيل المواد السهلة التشغيل وبعمق كبير ينصح استعمال سكاكين ذات أسنان كبيرة وعادية، ويستحسن اختيار أصغر قطر ممكن لسكين التفريز وذلك لأنه كلما صغر قطره كلما ازداد ثباتاً وصموداً تجاه الاهتزاز.



الشكل (2-14) عمل الأخاديد بسكاكين قرصية.

2-5-2 تشغيل الأخاديد بسكاكين التفريز الطرفية

عند تشغيل الأخاديد بوساطة عدة قياسية مثل سكاكين التفريز الطرفية التي تقطع وتحدد القياس في آن واحد، تكون دقة عرض الأخاديد (t=D) تتعلق بدقة أبعاد سكاكين التفريز المستعملة ودقة ماكينات التفريز واستقرارها ومقدار انحراف سكين التفريز بعد تثبيتها على عمود الدوران، الشكل (2-15).

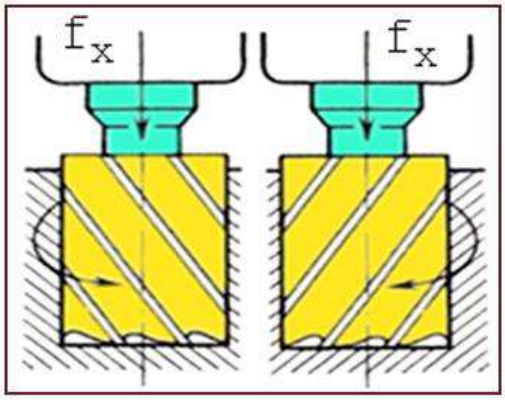


الشكل(2-15) أستعمال السكين الطرفية في فتح الأخاديد.

أما عيب العدة القياسية فهو فقدان أبعادها الأولية نتيجة لتآكلها وإعادة شحذها من جديد وتصبح هذه السكاكين غير صالحة للحصول على أبعاد دقيقة لعرض الأخدود ويمكن الحصول على قياس دقيق لعرض الأخدود بتشغيله على شوطين، (تخشيني ونهائي). وعند تشغيل الأخاديد يفضل استعمال سكاكين التفريز المتكونة من حدين قاطعين لتقليل الرايش داخل الأخدود وحتى لا يتسبب بكسر سكين التفريز، ولغرض إبعاد الرايش عن الأخدود الحلزوني لسكين التفريز حتى لا يحدث عيباً في السطح المشغل وعدم كسر سكين التفريز. يتم اختيار سكين التفريز وفق الشرط الآتي: -

تطابق اتجاه الأخدود الحلزوني مع اتجاه دوران سكين التفريز

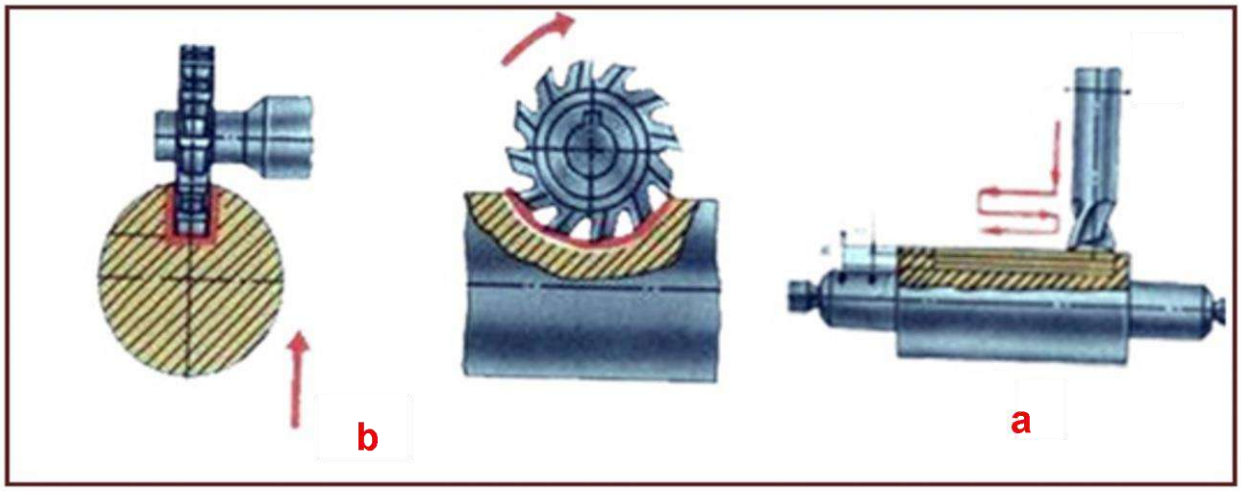
أي يكون اتجاههما واحد ولكن المركبة المحورية لقوة القطع f_x ستكون موجهة الى الأسفل محاولة إخراج سكين التفريز من مقرها في عمود الدوران، الذي يجب أن يثبت بشكل مضمون منعاً لخروجه، وكما موضح في الشكل (2-16).



الشكل (2-16) اختيار السكين الطرفية.

3-5-2 تشغيل الأخاديد على الأعمدة

إن التوصيلات عن طريق الأعمدة تستعمل بشكل واسع في تركيب أجزاء الماكينات، إذ تكون على شكل أخاديد مفتوحة ومغلقة وفيها يمكن استعمال السكاكين القرصية والطرفية كذلك استعمال ماكينات التفريز الأفقية والرأسية، ولغرض الحصول على أخاديد دقيقة الأبعاد يتم استعمال التغذية البندولية الشكل (2-17- a) باستعمال سكاكين تفريز ذات حدّين قاطعين وفي هذه الطريقة يتم تقسيم العمق الكلي (h) الى أشواط متعددة إذ تنغرز سكين التفريز لعمق بمقدار mm (0.2-0.4) ثم تفريز الأخدود بكامل طوله لإنجاز الشوط الأول (t) ثم تغرز سكين التفريز بالعمق نفسه ويجري تفريز الأخدود بكامل طوله وباتجاه معاكس للشوط الأول وهكذا لحين تنفيذ بقية الأشواط ، وتُعد هذه الطريقة هي الأفضل عند تصنيع الأعمدة الحاوية على أخاديد ولكن عيب هذه الطريقة أنها تحتاج الى وقت أطول، أما الأخاديد المغلقة والتي تنفذ بسكاكين تفريز قرصية والتي يكون قطرها ضعف نصف قطر الأخدود وتعطى التغذية الرأسية لتحقيق العمق المطلوب الشكل(2-17- b).



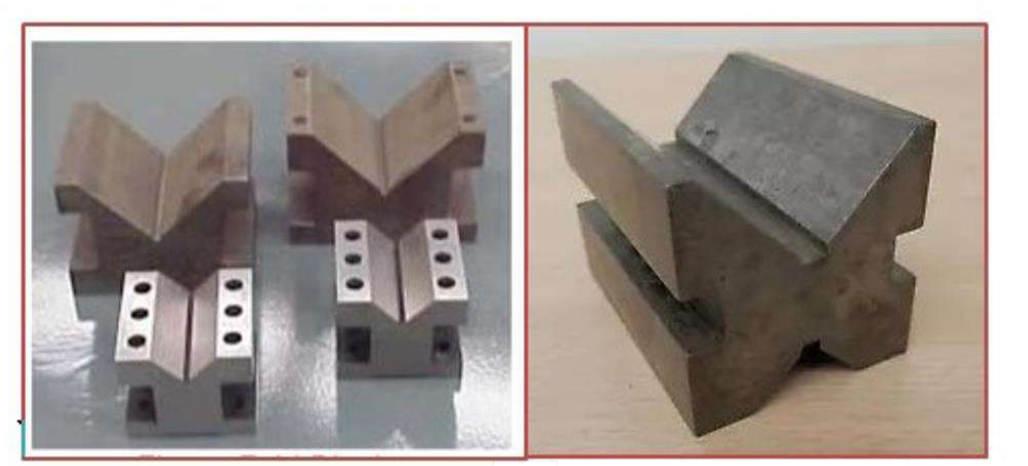
الشكل (2-17) طرائق تنفيذ الأخاديد.

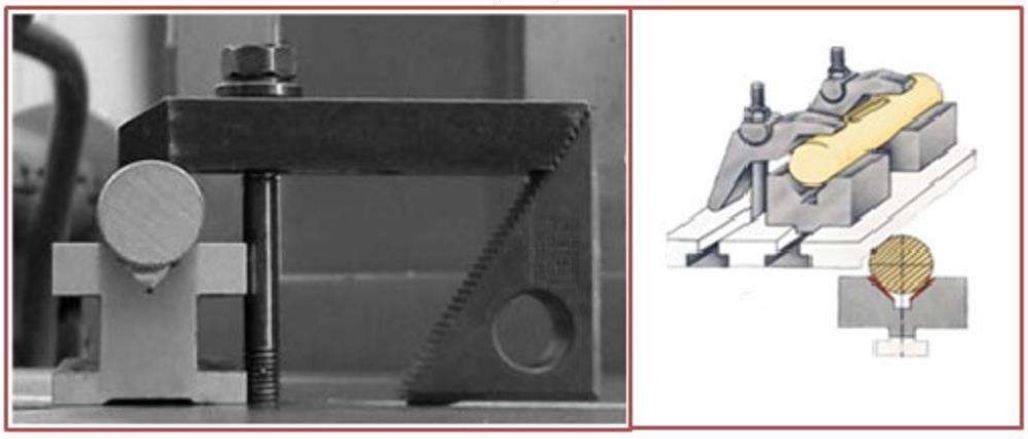
إن تشغيل الأخاديد على الأعمدة يعتمد على طريقة ربط المشغولات ومنها :-

1- استعمال الملازم: - لا يحبذ استعمال الملازم لمسك المشغولات الدائرية لأنها سوف تضغط على نقاط من سطح المشغولة وبالتالي سوف يكون مسك المشغولات حرج لذا توضع صفائح نحاسية مشكلة بنصف قطر دائرة لزيادة المساحة السطحية للمسك.

2- استعمال القابض الثلاثي: - يمكن استعمال القابض الثلاثي ذاتي التمركز الذي يثبت على رأس التقسيم مع استعمال مركز لإسناد المشغولات وهي من الطرق الجيدة وفيها ضمان أكبر لتثبيت الأعمدة.

3- استعمال مساند موشورية : - يفضل استعمال هذا المسند لتثبيت الأعمدة لعمل مجاري عليها ،حيث يمكن استعمال مسند مفرد الشكل (2-18- a) إذا كانت الأعمدة قصيرة، أما في حالة وجود أعمدة طويلة يمكن استعمال موشورين، ولتحقيق صحة وضع المسند على الطاولة يوجد كتف تحت قاعدة المسند والذي يدخل في مجرى الطاولة لغرض تثبيته ويتم مسك الأعمدة المشغلة بوساطة ماسكات خاصة الشكل (2-18- b) ولتفادي انحناء العمود أثناء التثبيت يجب أن تكون الماسكات واقعة فوق المسند مباشرة، ويمكن وضع صفائح نحاسية رقيقة تحت الماسكات لكي لا يتضرر السطح الأسطواني للعمود المشغل.

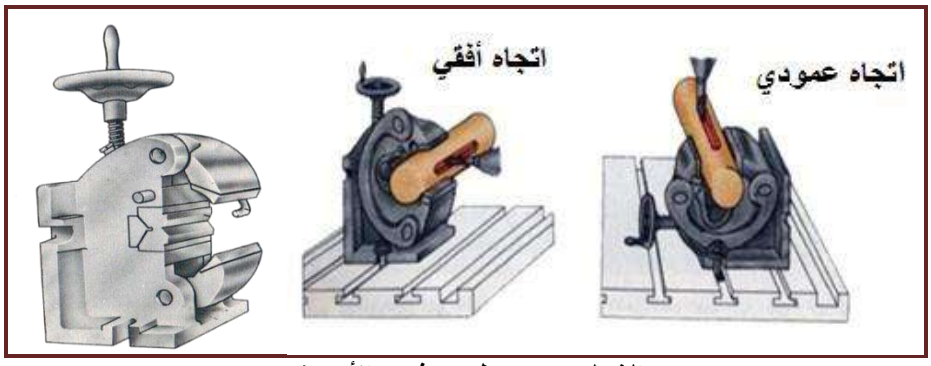




الشكل (2-18) طرائق تثبيت الأعمدة.

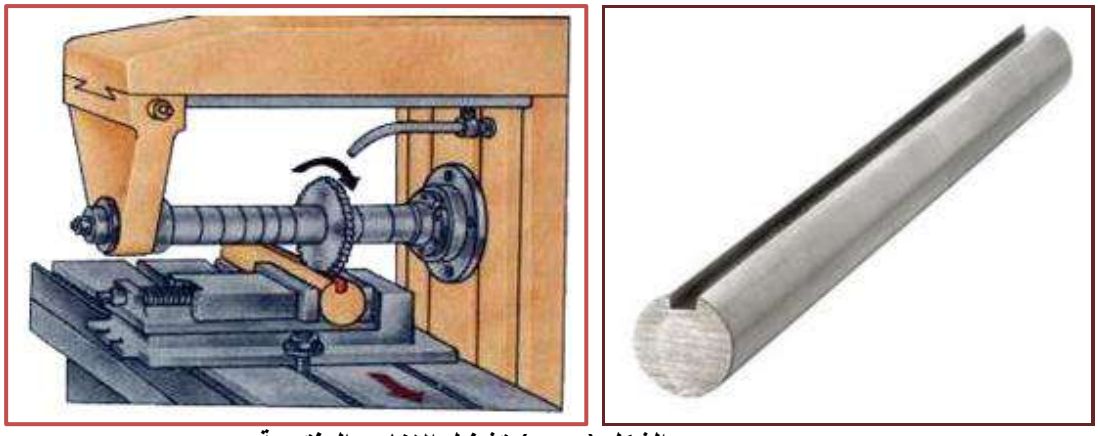
4- استعمال ملازم خاصة: -

يبين الشكل (2-19) ملزمة خاصة لتثبيت الأعمدة ويمكن تثبيت الملـزمة بوضعين بعد تدوير الملزمة بمقدار 90° درجة ولهذا تُعد هذه الملازم صالحة لتثبيت الأعمدة على ماكينات التفريز الأفقية والعمودية، ويوضع العمود المشغل على موشور الملزمة وبتدوير العجلة اليدوية ينضغط العمود بين فكي الملزمة حول اصبعين، كما يمكن تثبيت الموشور على الجانب الآخر لتثبيت الأعمدة ذي الأقطار الكبيرة كما يوجد مسند لتحديد طول العمود.



الشكل(2-19) طرق تثبيت الأعمدة.

ويمكن تشغيل الأخاديد المفتوحة بأطوال غير محددة لكونها تبدأ بطرف وتنتهي في الطرف الآخر الحر الشكل (2-20)، كما يمكن تشغيل الأخاديد النصف مفتوحة بالطريقة نفسها المتبعة للأخاديد المفتوحة، ويتم تثبيت المشغولات بإحدى الطرق الخاصة بمسك المشغولات، الشكل (2-21).



الشكل (2-20) تشغيل الاخاديد المفتوحة

الشكل (2-21) تشغيل الأخاديد النصف مفتوحة.

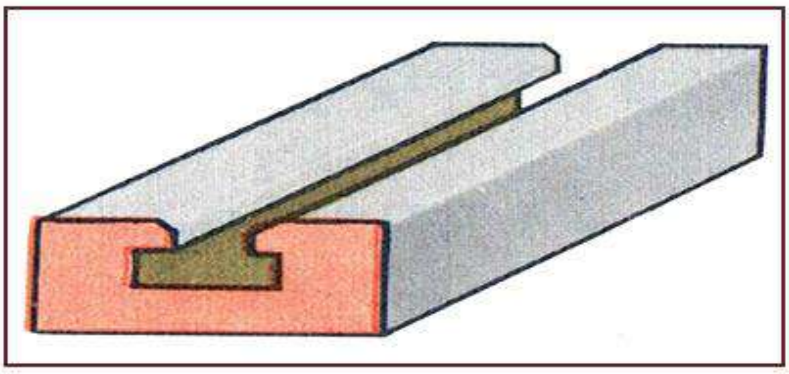
ويمكن تفريز الأخاديد المغلقة على ماكينات التفريز الأفقية والرأسية وفيها يتم استعمال سكاكين التفريز الطرفية حيث يجري تقريب المشغولة إلى سكين التفريز ومن ثم يحديد وضع الطاولة بوساطة القرص المدرج للتغذية العرضية والتغذية العمودية، إن تفريز الأخاديد المغلقة يمكن إنجازه بإحدى الطريقتين: -

الأولى: - وفيها يتم تشغيل العمق على شوطين فتغرز سكين التفريز بتغذية يدوية الى عمق معين ثم تحرك الطاولة بالاتجاه الطولي آلياً، وتغرز سكين التفريز إلى العمق النهائي يدوياً ثم تحرك الطاولة آلياً باتجاه معاكس.

الثانية :- غرز سكين التفريز بتغذية يدوية الى عمق كامل للمجرى وتشغيل التغذية الطولية آلياً وتستعمل هذه الطريقة عند التفريز بوساطة سكاكين يزيد قطرها عن mm (12-14).

4-5-2 تشغيل الأخاديد على شكل حرف T

إن الأخاديد التي تكون على شكل حرف T تنتشر على نطاق واسع في صناعة الماكينات ويمكن ملاحظتها على طاولة ماكينات التفريز بأنواعها، الشكل (2-22). إن تفريز الأخاديد على شكل حرف T يجري عادة في ثلاث مراحل وهي:

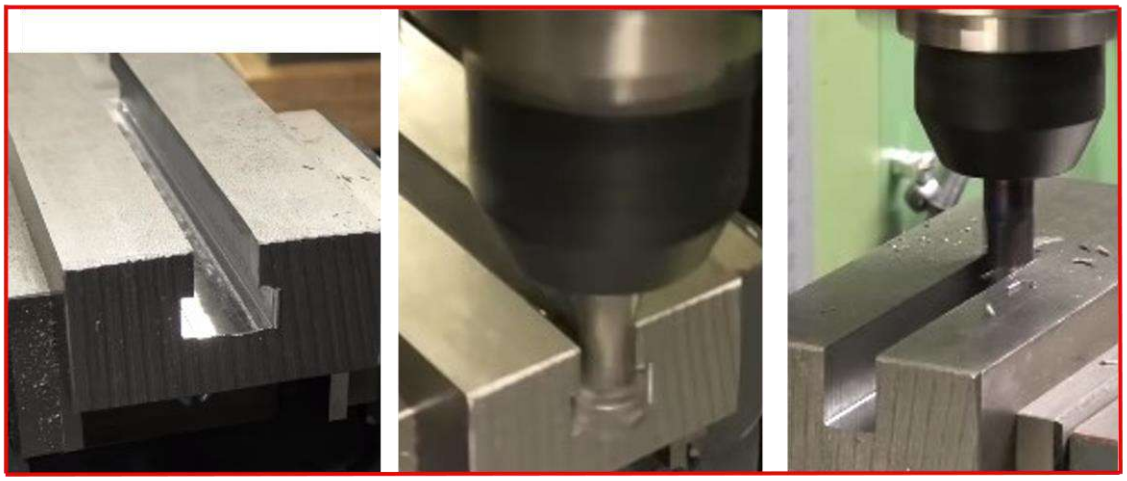


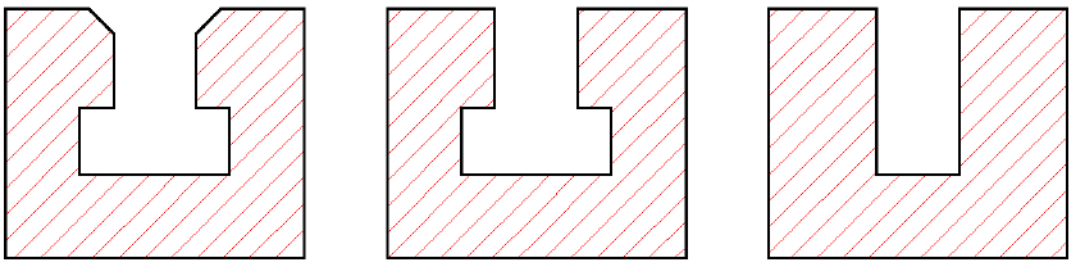
الشكل (2-22) مجرى على شكل حرف T.

المرحلة الأولى: تنفيذ مجرى مستطيل مفتوح ويمكن تنفيذه على ماكينات التفريز الأفقية أو العمودية، وباستعمال سكاكين قرصية أو طرفية مع أتباع الطرق الصحيحة لتنفيذ الأخاديد التي تم ذكرها سابقاً، إذ يتم تقريب المشغولة لتكون تحت سكين التفريز مع الملامسة الخفيفة وضبط السكين لتكون في وسط الأخدود ثم توصيل التغذية الآلية الطولية والبدء بتفريز الأخدود الأول الشكل (2-23- a).

المرحلة الثانية: الشكل(2-23- b) ففيها يتم تفريز الجزء السفلي باستعمال سكين تفريز على شكل حرف T إذ أن دقة تشغيله تعتمد على صحة تشغيل الأخدود المستطيل مع عدم تحريك الطاولة بالاتجاه العرضي للمحافظة على استقامة الأخدود.

المرحلة الثالثة: الشكل (2-23- c) وفيها يتم عمل كسر الحواف لجانبي الأخدود ويتم باستعمال سكين تفريز قرصية مشكلة بزاوية 45° من الجانبين حيث يتم ضبطه باستعمال الزاوية القائمة التي يتم فيها ملامسة المشغولة ثم تحريك الطاولة بمقدار متساو من جانبي سكين التفريز.





a b c

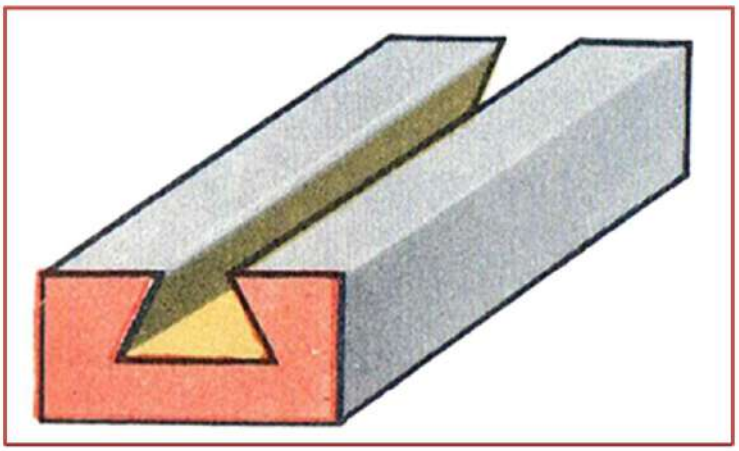
الشكل (2-23) خطوات عمل مجرى على شكل حرف T.

5-5-2 تشغيل الأخاديد الغنفارية (ذيل الحمام)

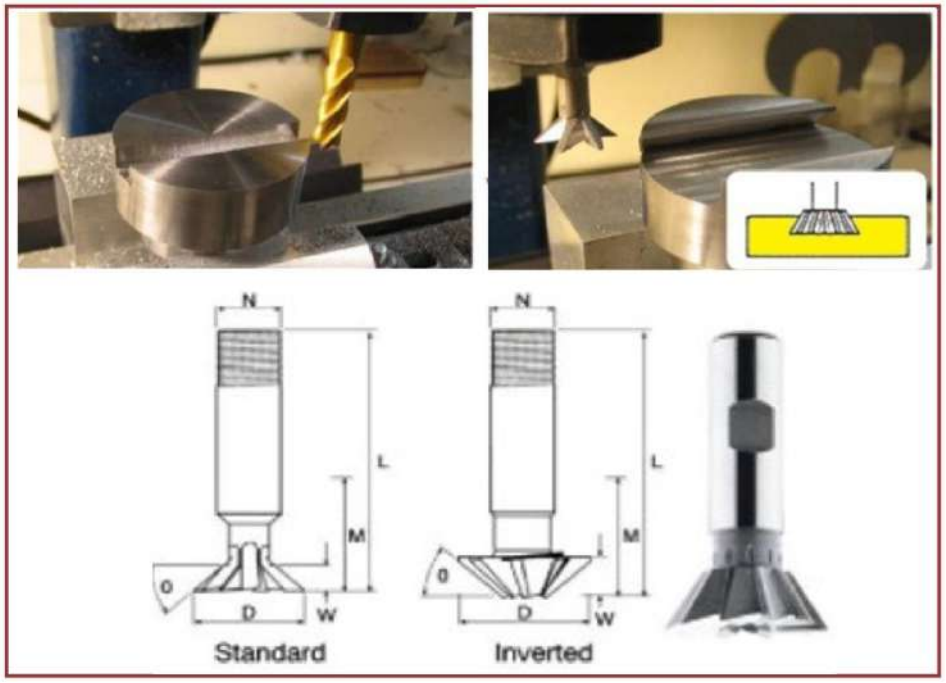
يتم تفريز الأخاديد الغنفارية بإستخدام سكاكين تفريز مجرى غنفاري داخلي وخارجي بإستخدام ماكينة التفريز العمودية. وتستخدم هذه الاخاديد في الصناعة على نطاق واسع وخاصة في صناعة ماكينات الخراطة، المقاشط وماكينات التفريز وذلك لسهولة حركة الأجزاء عليها ومتانتها. يكون انجاز الأخدود الغنفاري الداخلي الشكل (2-24) على مرحلتين:

في الأولى: يتم تشغيل أخدود مستطيل وحسب القياس المطلوب باستعمال سكين تفريز طرفية.

المرحلة الثانية: يجري فيها تفريز السطوح الجانبية المائلة باستعمال سكاكين تفريز طرفية أحادية الزاوية، الشكل (2-25).



الشكل (2-24) الإخدود الغنفاري الداخلي.



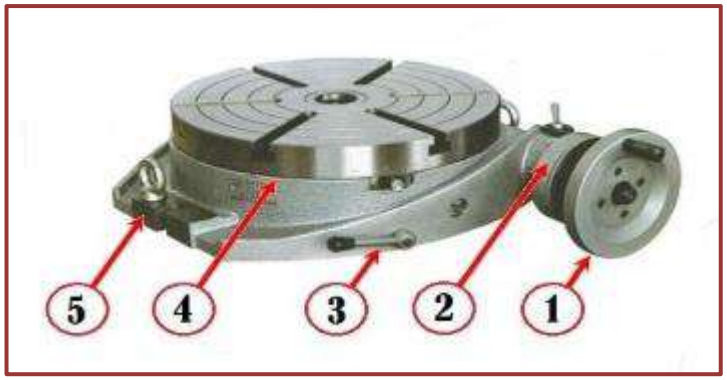
الشكل (2-25) تفريز الإخدود الغنفاري.

6-5-2 تشغيل الأخاديد الدائرية

الصينية الدوارة: وهي من ملحقات ماكينات التفريز الرأسية ويبين الشكل (2-26) الأجزاء الرئيسية للصينية الدوارة. وتجهز الصينية الدوارة بآلية للتدوير اليدوي وآلية للتدوير الميكانيكي، وعادة تصنع الصينية الدوارة ذات التدوير اليدوي بأقطار (160,200,250,350)mm أما ذات التدوير الميكانيكي تصنع بأقطار مضاعفة (320,400,500,630) mm. تستخدم الصينية الدوارة لإجراء العمليات الآتية:

1- قطع المجاري الدائرية 2- قطع (فتح) الثقوب 3- التشكيل القوسي

4- قطع المضلعات (الاشكال السداسية والثمانية)



الشكل (2-26) الصينية الدوارة.
1- يدة التقسيم اليدوية 2- قرص تدريج مدرج 3- ذراع الإقفال
4- التدريج الزاوي المحيط بالدرجات 5- قاعدة الصينية

تحتوي الصينية الدوارة على لولبين حلزونيين أحدهما لتدوير الصينية يدوياً والآخر لتدويرها ميكانيكاً حيث تنتقل الحركة الدورانية إلى الصينية الدوارة عن طريق عمود سحب التغذية الطولية لطاولة الماكينة وتدور الصينية الدوارة حول المحور الرأسي. إن كل نقطة من نقاط المشغولة سوف تتحرك على دائرة نصف قطرها يساوي المسافة الواقعة بين هذه النقطة و مركز الصينية الدوّارة، وأن المسافة بين مركز الصينية ومركز سكين التفريز الطرفي يجب أن تساوي نصف قطر المجرى الدائري.

ويتم تثبيت المشغولات على الصينية الدوّارة بطريقتين:

الأولى: مباشرة بوساطة ماسكات وفي هذه الطريقة يتم ضبط مركز المشغولات مع مركز سكين التفريز عند تشغيل كل قطعة عمل جديدة وهذه تستعمل للإنتاج المفرد.

الطريقة الثانية: وهي غير المباشرة وتستعمل للإنتاج الواسع وفيها يتم استعمال عينات ثلاثية أو مثبتات خاصة يتم ضبط مركزها مع مركز سكين التفريز لمرة واحدة وبالتالي يمكن تشغيل عدة مشغولات دون ضبط مركز الصينية الدوّارة مرة أخرى، عند تشغيل الأخاديد الدائرية.

ضبط الصينية الدوارة:

لضبط الصينية الدوارة المثبتة على طاولة التفريز يجب ضبط مركز الصينية مع مركز محور الدوران ليصبح المركزان على إستقامة واحدة، من المهم جداً اجراء الضبط الصحيح لوضع المشغولة ويمكن التأكد

من ذلك بالتلامس البسيط للمشغولة مع سكين التفريز في نقطة ما ثم الانتقال إلى النقطة المقابلة بتحريك الصينية الدوّارة 180° ويمكن ضبط مركزية الصينية الدوّارة الشكل (2-27) وكما يأتي: -

1- استعمال مقياس ذو مؤشر إذ يتم ربط عمود التوصيل للمؤشر في مقر عمود الدوران بعد رفع القاعدة المغناطيسية عنها ثم ملامسة مجس المؤشر في ثقب مركز الصينية الدوارة وتدوير الصينية يدوياً دورة كاملة بوساطة المقبض مع ملاحظة التغيير في قراءة المؤشر ويتم التحكم بضبط المركزية وبالتجربة عن طريق الحركة الطولية والعرضية ويكون الضبط الصحيح عندما تكون القراءة واحدة لدوران الصينية 360°.

الشكل (2-27) ضبط محور الدوران مع مركز الصينية الدوّارة.

2- يمكن ايجاد مركز ثقب الصينية الدوارة باستعمال أداة تصفير نابضية (Edge Finder) تثبت في عمود الدوران حيث تتكون من جزأين متماثلين كل جزء يتكون من قطرين مختلفين ويربط الجزأين بنابض يساعد على ضبط مركزهما، فعند دورانهما وملامسة سطح ثقب الصينية الدوارة نستمر بالملامسة لحين تطابق دورانية الجزأين فهذا يعني أنها نقطة الصفر ثم تحريك الطاولة بمقدار نصف قطر ثقب الصينية الدوّارة مع طرح نصف قطر أداة التصفير (لأن الملامسة من الداخل) عن طريق التدريجات الموجودة في القرص المدرج للتغذية الطولية والتغذية العرضية.

3- يمكن استعمال عمود سلبة تتطابق فيه درجة السلبة مع درجة سلبة ثقب الصينية الدوّارة، ويتم تثبيت عمود السلبة في ثقب الصينية ثم اختيار سكين تفريز طرفية ذات ثقب مركزي وتثبيتها في عمود الدوران ثم تحريك طاولة الماكينة بجميع الاتجاهات لحين تطابق مركز سكين التفريز مع مركز عمود السلبة وتُعد من الطرق السريعة لضبط مركزية الصينية الدوّارة.

وعموماً يتم تنفيذ الأخاديد الدائرية ذات السطوح المستطيلة أو على شكل حرف T أو ذات سطوح نصف قطرية بالطريقة نفسها لتشغيل الأخاديد التي مر ذكرها، وكما هو في الشكل (2-28)

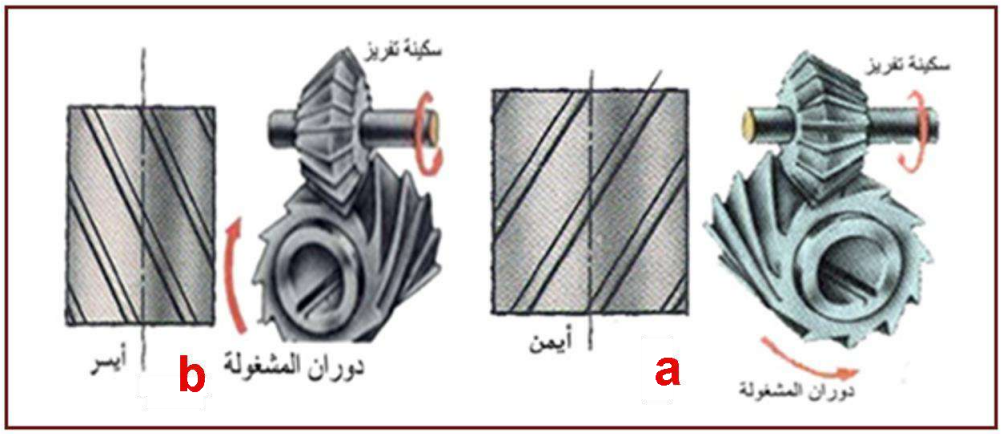
الشكل (2-28) طريقة العمل باستخدام الصينية الدائرية.

2-5- 7 تشغيل الأخاديد الحلزونية

يعد تفريز الأخاديد الحلزونية من أعقد العمليات التي تنجز باستعمال رؤوس التقسيم، ولغرض تشغيل الأخاديد الحلزونية نحتاج إلى ثلاث حركات في آن واحد وهي دوران سكين التفريز ودوران المشغولة حول محورها ببطء مع حركة انتقالية متقدمة ومتوافقة لطاولة ماكينة التفريز ويمكن تقسيم الأخاديد إلى نوعين: -

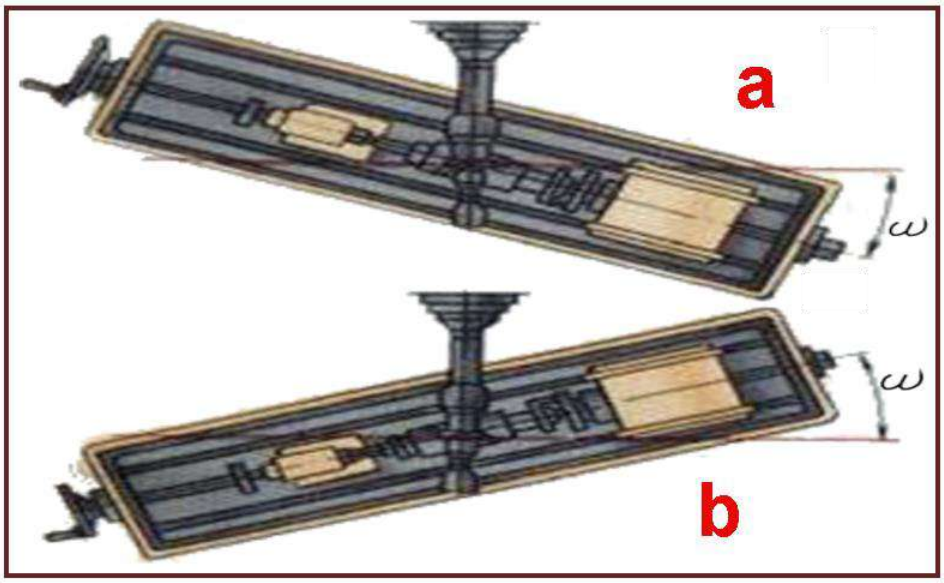
الأخدود الأيمن: - هو الأخدود المتجه بموجب خط لولبي صاعد من اليسار إلى اليمين الشكل (2-29- a).

الأخدود الأيسر:- هو الأخدود المتجه بموجب خط لولبي صاعد من اليمين إلى اليسار الشكل (2-29 - b).



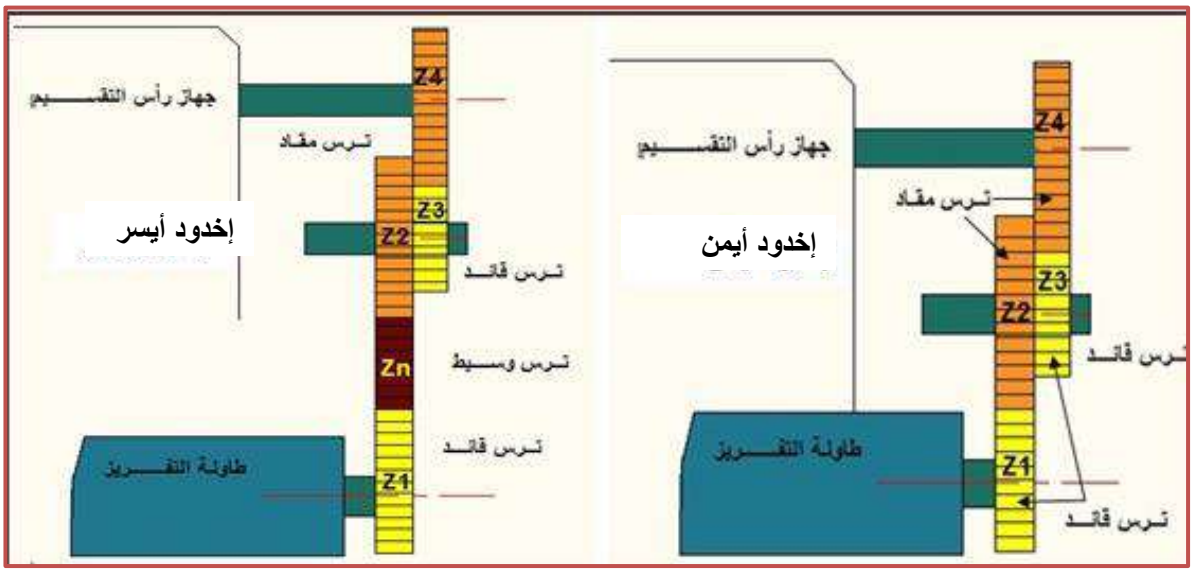
الشكل (2-29) تشغيل الأخاديد الحلزونية.

إن تنفيذ الأخاديد يمكن إنجازها بسكاكين تفريز طرفية وقرصية على ماكينات التفريز الرأسية والأفقية، ولتفريز الأخدود الحلزوني الأيسر يجب تدوير الطاولة باتجاه عقارب الساعة أما لتنفيذ الأخدود الحلزوني الأيمن يجب تدوير الطاولة بعكس اتجاه عقارب الساعة، الشكل (2-30).



الشكل (2-30) تحديد اتجاه حركة الطاولة.

أما عند استعمال سكين تفريز طرفية فتكون طاولة الماكينة في وضعها الطبيعي وعدم تدويرها بزاوية، أن اتجاه دوران المشغولة هو الذي يحدد اتجاه الأخدود الحلزوني ويتم ذلك عن طريق تنظيم التروس القابلة للتبديل وتثبيتها وفق ضوابط وقوانين على طاولة الماكينة بحيث تنتقل الحركة من عمود السحب للطاولة للتروس الفرقية ومنها الى رأس التقسيم ثم الى المشغولة إن تركيب التروس بموجب المخطط يعتمد على نوع الأخدود أيمن أو أيسر إذ يركّب الترس القائد Z_1 على عمود السحب للطاولة، ويركّب الترس المقاد Z_2 والترس القائد الثاني Z_3 على المحور الذي يمكن تغيير مكانه، ويركّب الترس المقاد الثاني Z_4 على عمود رأس التقسيم، ويركّب ترس وسيط Zn بين المسننات Z_1 و Z_2 عند تفريز الأخدود الأيسر، الشكل (2-31).



الشكل (2-31) طريقة تركيب التروس.

6-2 تصنيع التروس Gears manufacture

إذا قطعنا على سطح لأسطوانة دائرية مجاري ذات شكل معين وعلى أبعاد متساوية فإننا نحصل على ترس أسطواني، إذا تم تثبيت ترسين اسطوانيين إذ تتعشق أسنان أحد الترسين في قنوات الترس الآخر، أحد الترسين يسمى الترس القائد الذي سيجذب الترس الآخر إلى الحركة الدورانية والذي يسمى الترس المنقاد وتقوم التروس بنقل الحركة الدورانية من محور إلى آخر، ويتم نقل القدرة بوساطة أسنان على محيط الترس. وفيها لا يحدث انزلاق كالذي يحدث في الإدارة بوساطة الاحتكاك بسبب تداخل أسنان أحد التروس في فجوات الترس المعشق فيه، تستعمل التروس لتحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة كما تتميز التروس بقدرتها على تحمل أحمال أكبر بكثير من أي وسيلة أخرى لنقل القدرة وتستعمل بشكل واسع في بناء الماكينات ولكي يعمل زوج التروس المعشقة عملا طبيعياً يجب أن يكون هذا الشكل محدداً بحيث يبقى الترسان ملتصقين طوال الوقت.

الترس: - عبارة عن جزء أسطواني يوجد على محيطه عدد من الأسنان تفصل بينها فجوات ذات أشكال تأخذ شكل سكين التفريز وتكون المسافة بين الأسنان متساوية.

ويتم الإفادة من التروس في نقل العزوم أو الحركة الدورانية مباشرة من عمود إلى آخر أو تحويلها إلى حركة مستقيمة خلال مسافات قصيرة دون فقد في السرعة.

1-6-2 أنواع التروس

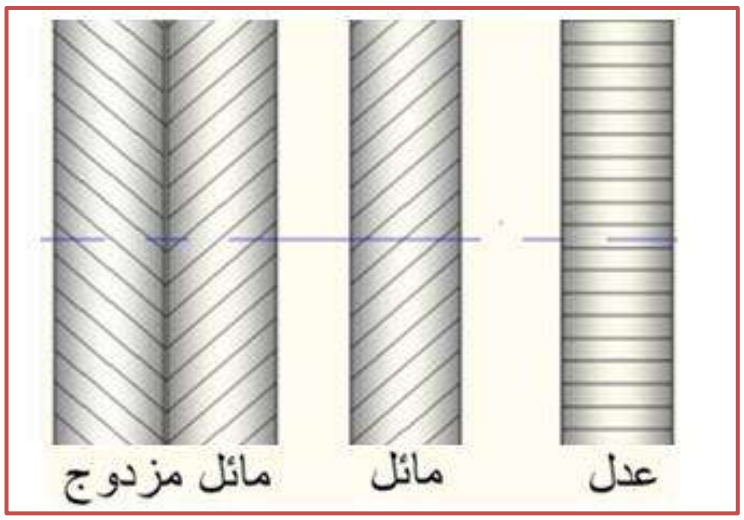
يمكن تقسيم التروس على عدة أنـواع :

1- التروس الاسطوانية:- وهي التي تنقل القدرة بين محورين عمودين متوازيين والتي تقع في مستوى واحد وتقسم بحسب اتجاه الأسنان إلى تروس ذات أسنان مستقيمة وتروس ذات أسنان مائلة، وكما موضح في الشكل (2-32).

a- ترس بأسنان مستقيمة (ترس عدل) (Spur Gear) :- عبارة عن عجلة مسننة ذات أسنان مستقيمة وموازية لمحور العجلة تستعمل لنقل القدرة بين أعمدة الدوران المتوازية عندما تكون هذه الأعمدة قريبة مع بعضها البعض ،وعندما يتطلب الأمر المحافظة على نسبة سرعة ثابتة بين الترسين.

b- ترس بأسنان مائلة (Helical Gear):- ترس مستقيم أسنانه مائلة عن محوره بزاوية مناسبة، يتميز بالمتانة والتعشيق السلس والتشغيل الهادئ ويستعمل للسرعات العالية.

c- ترس مائل مزدوج (Herringbone Gear):- ترس مائل له صفان من الأسنان المائلة في إتجاهين والغرض من ازدواج الميل لإمتصاص الضغط المحوري الواقع على الترس ومنع نقله الى كراسي التحميل.



الشكل(2-32) التروس الاسطوانية بحسب اتجاه الأسنان.

2- التروس المخروطية (Bevel Gear) : - تروس على هيئة مخروط ناقص سطحها مسنن طولياً وتستعمل لنقل الحركة بين عمودين يميلان عن بعضهما البعض بزاوية تعرف بزاوية المخروط والتي تكون عادة 90° بشرط أن يكون محوراهما متقاطعان أو يقعان في مستوى واحد إذا كانت الزاوية 90° يسمى الترس التاجي، وهي شائعة الاستعمال وإذا كانت أكبر من 90° فإنه يسمى الترس المخروطي الداخلي ومجموع زاويتي الخطوة لأي ترسين معشقان يساوي الزاوية بين عموداهما وقد تكون الأسنان مستقيمة أو حلزونية، الشكل (2-33) ومنها : -

أ- ترس هيبودي (Hypid Gear): - وهو من نوع التروس المخروطية يستعمل لنقل الحركة بين عمودين غير متقاطعين ولا يقعان في مستوى واحد.

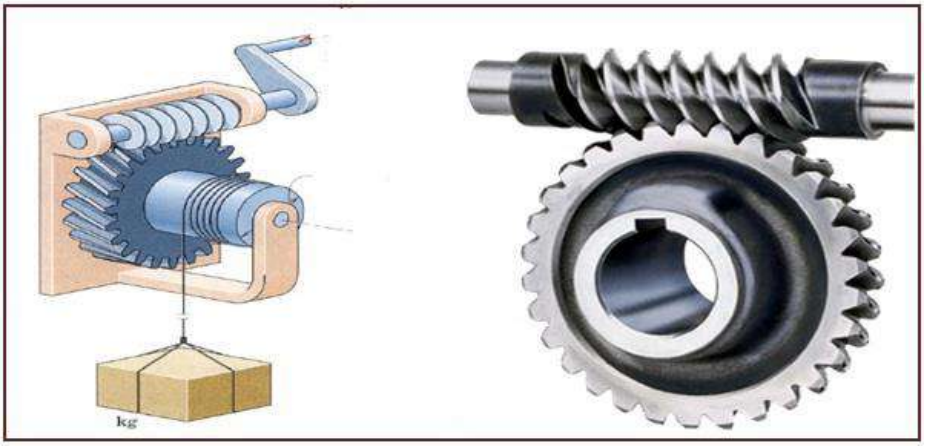
ب- ترس زاوي (Angular Gear): - ترس مخروطي يستعمل لنقل الحركة (القدرة) بين عمودين غير متوازيين ويصنعان مع بعضهما البعض زاوية غير قائمة (أي لا تساوي 90°) .

الشكل (2-33) تروس مخروطية (عدلة وحلزونية).

3- التروس الحلزونية (Spiral Gear): - وتستعمل لربط محاور تقع بزاوية مع بعضها في المستوى نفسه أوفي مستويات مختلفة وتعمل التروس الحلزونية بسلاسة لأنه يوجد دائماً أكثر من سن واحد بتماس ويحصل فقدان لبعض القدرة نظراً للقوة المحورية ويمكن التغلب على هذه الظاهرة باستعمال تروس ثنائية الميل لكي تتعادل القوتين المحوريتين المتولدة من كل منها، الشكل (2-34).

الشكل (2-34) تروس حلزونية.

4- الدودة والدولاب الدودي (Worm and Worm Wheel):- يستعملان لنقل الحركة بين عمودين يصنعان مع بعضهما البعض زاوية 90°، ويتميزان بإمكانية النقل بنسب سرعات عالية في أضيق حيز متاح ويتميزان بالتشغيل الهادئ والسلس، ويتم نقل الحركة والقدرة باتجاه واحد فقط من الدودة الى الدولاب الدودي وأصغر مقدار لنسبة السرعات الموصى باستعمالها هي نسبة 50:1، الشكل (2-35).

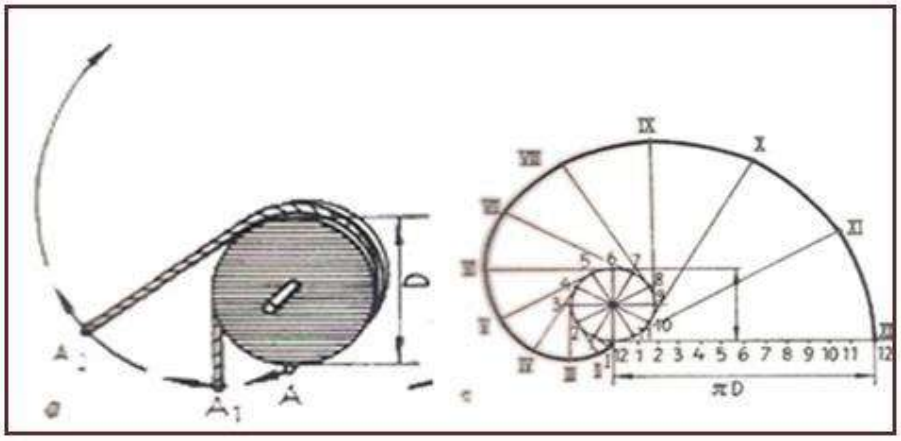


الشكل (2-35) الترس الدودي.

2-6-2 مصطلحات التروس

يعرف نظام الترس بنظام الأنفوليوت لأن تشكيل السن هو أساساً منحنى أنفوليوتي. إن المنحنى الذي يحدد السطح الجانبي للسن يسمى (بروفيل) وتنشأ منحنيات وجوه الأسنان للتروس العاملة والمعشقة معاً مع شرط ثبات نسبة التعشيق لأية لحظة زمنية وأكثر منحنيات وجه السن انتشارا هو المنحى المسمى (الأنفوليوت) (Envolute)، الشكل(2-36).

الأنفوليوت (منحنى فك الدائرة) :- هو المنحي الناشئ من مسار نقطة على خط مستقيم عندما يتحرك المستقيم بشكل مماس حول دائرة الأساس، ولو فرضنا أن خيطاً ملفوفاً حول اسطوانة وربط قلم في نهايته فالمنحنى الذي يرسمه القلم عند حل الخيط هو(أنفوليوت) أما الأسطوانة التي يلتف حولها الخيط تعرف بالدائرة الأساسية.



الشكل (2-36) الأنفليوت.

عناصر الترس الرئيسة:-

1-دائرة قمة السن (القطر الخارجي) d_1 :- وهي الدائرة التي تمر خلال قمة رؤوس الأسنان.

2- دائرة التقسيم (دائرة الخطوة) d :- هي الدائرة الوهمية التي يتم عليها تقسيم أسنان الترس وعندما يتعاشق ترسان فإن دائرتي الخطوة لهما يتماسان.

3- دائرة جذر السن (القطر الداخلي) d_2 :- هي الدائرة الداخلية التي تمر بجذور جميع الأسنان.

4- الخطوة الدائرية P_t :- هي المسافة بين الجانبين نفسهما لسنين متجاورين وتقاس على محيط دائرة التقسيم، أو هي المسافة من بداية أحد الأسنان للترس وحتى بداية السن التالي وتقاس بالمليمتر.

5- ارتفاع السن h : - هي المسافة بين دائرة قمة السن ودائرة جذر السن.

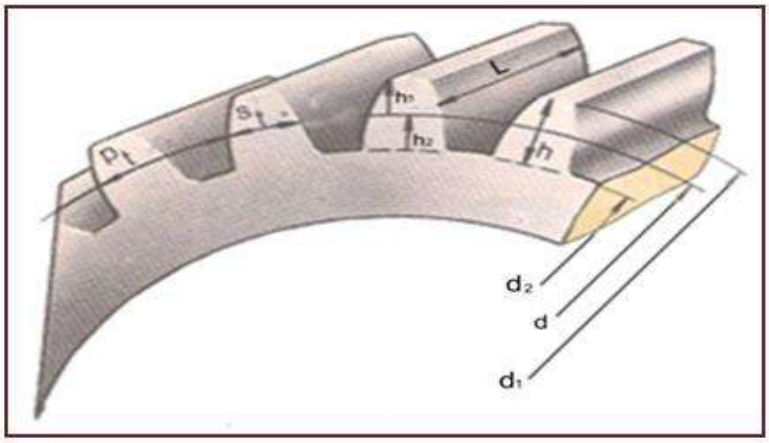
6- ارتفاع رأس السن h_1 :- هي المسافة بين دائرة الخطوة ودائرة قمة السن.

7- ارتفاع جذر السن h_2 :- هي المسافة بين دائرة الخطوة ودائرة جذر السن.

8- طول السن L :- هو العنصر الذي يتحدد في كل حالة وحسب التحميل المؤثر على كل سن .

9- المودول (معامل التعشيق) m :- وهي القيمة الأساسية التي تحدد أبعاد السن وهو قيمة خطية تكون أصغر من خطوة التعشيق بـــ π، ويمكن تعريف المودول بأنه الخطوة الدائرية للترس مقسومة على النسبة الثابتة ويجب أن يكون للتروس المعشقة مع بعضها المودول نفسه لنقل الحركة الدورانية دون انزلاق.

10-سماكة السن S_t :- هي المسافة بين السطحين الجانبين للسن الواحدة مقاسه على محيط دائرة الخطوة.



الشكل(2-37) عناصر الترس العدل.

3-6-2 قوانين حساب التروس العدلة

الاسم	الرمز	المعادلة
القطر الخارجي للترس	d_1	$d_1 = m(z+2)$
قطر دائرة الخطوة	d	$d = m \times z$
القطر الداخلي للترس	d_2	$d_2 = m \times (z-2.4)$
الخطوة الدائرية	p_t	$p_t = m \times \pi$ $p_t = \pi d / z$
أرتفاع السن	h	$h = 2.2 \times m$
المودول (معامل التعشيق)	m	$m = \frac{p_t}{\pi}$ $m = \frac{d}{z}$
طول السن في التروس العدلة	l	$l = w$
سماكة السن	S_t	$S_t = \frac{p_t}{2}$

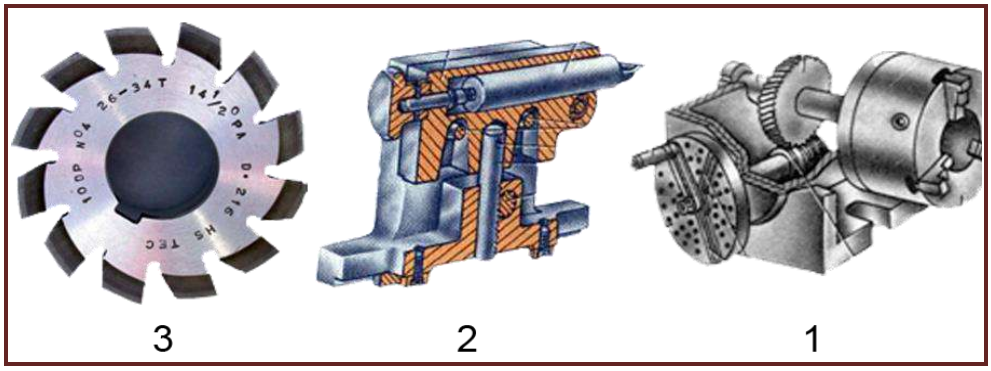
إذ أن W هو عرض السن أما في حالة تصنيع تروس الروافع فإن $l = (6 \text{ الى } 8) \times m$

وفي حالة تصنيع تروس السرعات العالية فإن $l = (8 \text{ الى } 12) \times m$

4-6-2 تشغيل الأسنان الأسطوانية العدلة

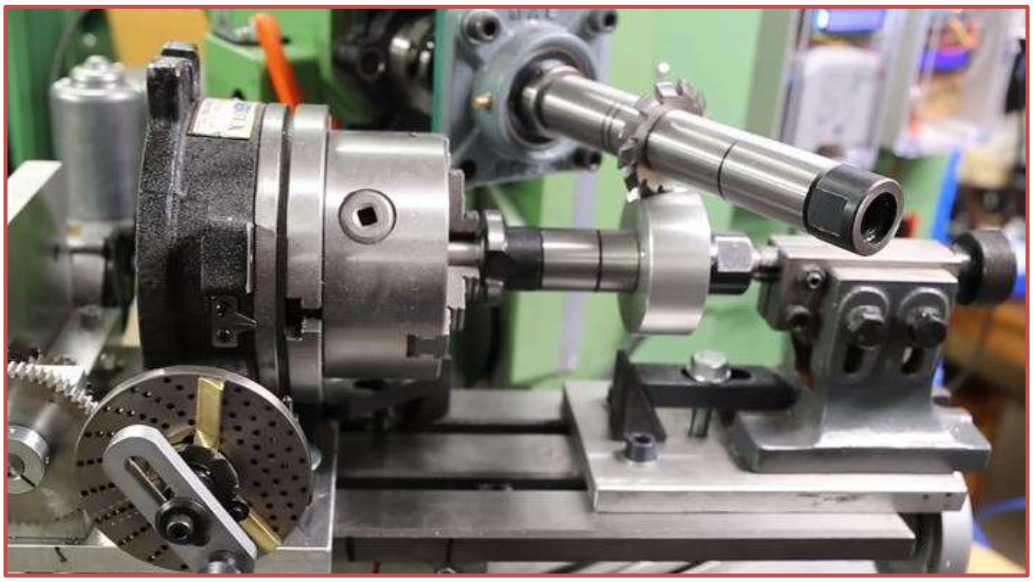
يتطلب تفريز أسنان التروس على ماكينة التفريز العدد والملحقات الآتية الشكل (2-38):-

1- رأس التقسيم.
2- غراب رأس التقسيم المتحرك.
3- سكين تفريز معيارية لفتح الأسنان.



الشكل (2-38) العدد والأجهزة المستعملة لتشغيل التروس.

يمكن تفريز التروس الصغيرة على ماكينة التفريز لافقية، وبعد قطع كل سن تُدار المشغولة بمقدار الخطوة بواسطة جهاز التقسيم وهكذا تستمر هذه العملية حتى يتم فتح الاسنان كلها، كما في الشكل (2-39).



الشكل (2-39) تفريز التروس بوساطة ماكينة التفريز الافقية

تتكون سكاكين عمل التروس من مجموعتين (أطقم) الأولى تتكون من ثمان سكاكين مرقمة أما المجموعة الثانية تتكون من خمس عشرة سكيناً لغرض الحصول على دقة أعلى، ويتم اختيار رقم السكين استنادا إلى الأسنان المطلوب تشغليها ويبين الجدولان (2-1) و(2-2) رقم سكين التفريز بحسب قيم المودول.

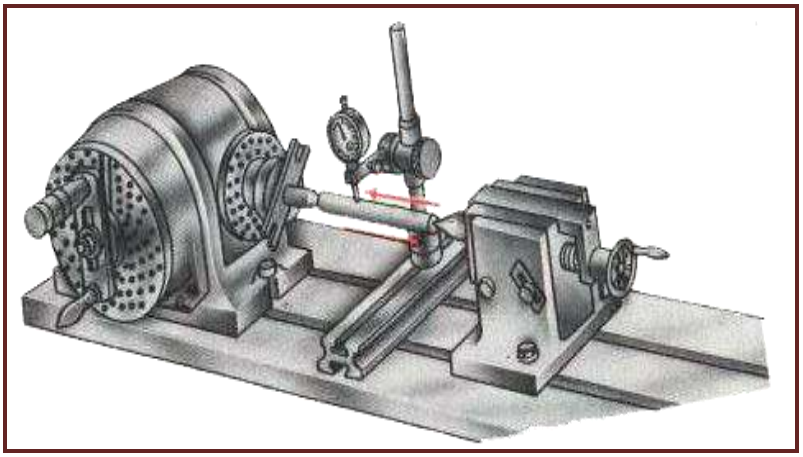
الجدول (2-1) أرقام السكاكين حتى (3mm) مودول

رقم السكين	1	2	3	4	5	6	7	8
عدد الأسنان المطلوبة	12-13	14-16	17-20	21-25	26-34	35-54	55-134	135 للجريدة المسننة

الجدول (2-2) أرقام السكاكين أكبر من (3mm) مودول

رقم السكين	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
عدد الأسنان المطلوبة	12	13	14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-25
رقم السكين	5	5.5	6	6.5	7	7.5	---	8
عدد الأسنان المطلوبة	26-29	30-34	35-41	42-54	55-79	80-134	---	135 للجريدة المسننة

فعند اختيار سكين التفريز وتثبيتها على عمود الدوران يتم تثبيت رأس التقسيم على طاولة الماكينة مع ضبط استقامته (تصفير رأس التقسيم) واستقامة الغراب المتحرك لرأس التقسيم عن طريق تثبيت عمود قياسي بين المركزين و باستعمال ساعة القياس التي يتم تحريكها يدوياً الى اليمين واليسار وهي أدق الطرق كما يمكن استعمال الطرق العملية حيث يمكن ضبطها عن طريق وجود لسان في قاعدة الغراب المتحرك والذي يثبت في مجرى الطاولة ثم بملامسة مركز رأس التقسيم مع مركز الغراب المتحرك يتم تثبيت رأس التقسيم بالبراغي ثم تحريك الغراب المتحرك بمسافة تضمن تركيب المشغولة لاحظ الشكل (2-40).



الشكل (2-40) طريقة تمركز رأس التقسيم.

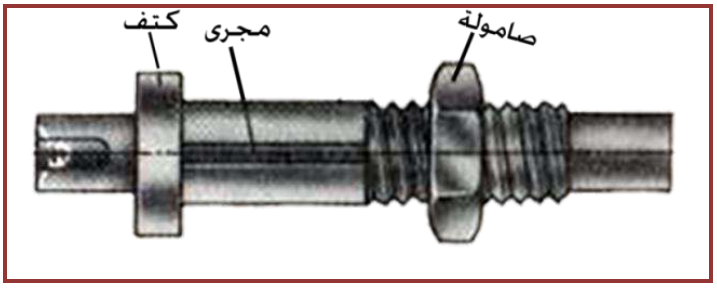
توجد طريقتان لتثبيت المشغولة هما: -

الطريقة الأولى: - باستعمال عمود أسطواني مخصص تثبت عليه المشغولة ويربط بين مركزين.

وفيها يتم استعمال عمود والذي يكون على عدة أنواع ففي الشكل (2-41) عبارة عن عمود أملس يصنع القسم الأوسط منه بميل مخروطي بسيط وفي هذه الحالة يكون تثبيت المشغولات بالاحتكاك، مع وجود ثقوب تمركز تستعمل لتثبيت المشغولات بين مركزي رأس التقسيم والغراب المتحرك كما يجب وضع العمود مع المشغولة بحيث يكون القطر الأكبر لمخروط العمود موجهاً نحو رأس التقسيم لأن قوى القطع تعمل على أضعاف تثبيت المشغولات على العمود في حالة يكون القطر الأصغر للمخروط موجهاً نحو رأس التقسيم.

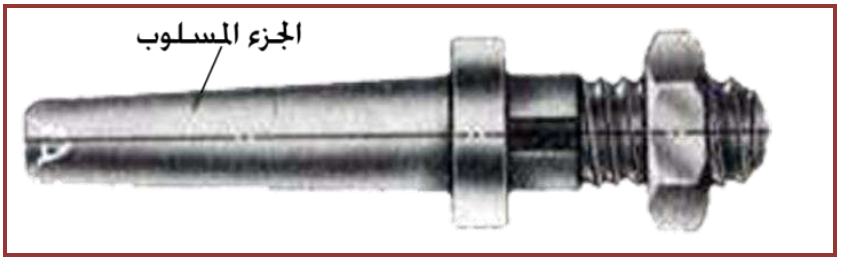
الشكل (2-41) العمود المستعمل لتثبيت المشغولات.

أما العمود المبين في الشكل (2-42) يحتوي على كتف لإسناد المشغولات وأخدود خابوري وتركب المشغولات على الجزء الأملس من العمود وتثبت بالصامولة كما يمكن استعمال الخابور عند القيام بقوى قطع كبيرة لتثبيت المشغولات.



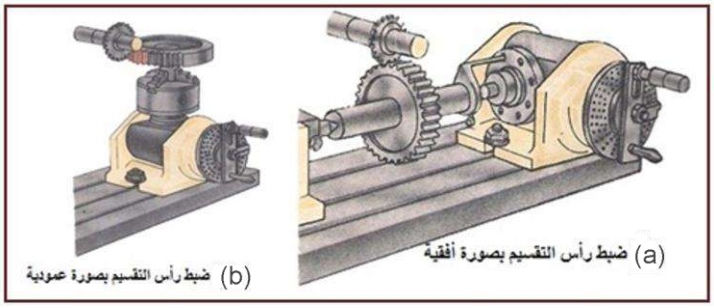
الشكل (2-42) عمود تثبيت المشغولات.

أما العمود في الشكل (2-43) فإنه يصلح لتثبيت المشغولات التي يتم تفريزها دون استعمال المراكز ويتم إدخال العمود من الجزء المخروطي في الثقب المخروطي لعمود رأس التقسيم ثم تثبت المشغولات بوساطة الصامولة.



الشكل (2-43) عمود تثبيت المشغولات.

الطريقة الثانية: - باستعمال قابض ثلاثي الفكوك (عينة) وحسب المشغولات. ويمكن استعمال القابض الثلاثي (عينة ثلاثية) ذاتي التمركز في حالة تعذر تركيب المشغولة بين مركزين وعند ذلك يجب ضبط تركيب المشغولة على الظرف الثلاثي باستعمال مؤشر القياس. كما يمكن استعمال رأس التقسيم بوضعين الأول فيها يكون عمود الدوران لرأس التقسيم أفقي الشكل (2-44 -a)، إذ يتم تركيب المشغولات على عمود والذي يثبت بين مركزي رأس التقسيم، ويركّب على طرف عمود دوران رأس التقسيم الظرف الطوقي الذي يقوم بنقل الحركة الدورانية من عمود رأس التقسيم إلى عمود تثبيت المشغولات ومنها الى المشغولة أما إذا كان تصميم المشغولة لا يسمح بتثبيتها بهذه الطريقة فيمكن استعمال العيّنة الثلاثية الفكوك مع وضع سكين التفريز في المستوى القطري بالنسبة للمشغولة بحيث يكون عمود رأس التقسيم عموديا على عمود سكين التفريز الشكل (2-44- b).



الشكل (2-44) ضبط رأس التقسيم.

2-6-5 التروس البينية (الوسيطة) Idler Gear

الترس الوسيط: -

هو الترس الذي يتعشق مع ترسين آخرين في آن واحد ولا يغير نسبة نقل الحركة بين الترسين.

لو كان لدينا ثلاثة تروس معشقة هي (Z_1،Z_2،Z_3) ومثبتة على ثلاثة أعمدة وفيها الترس Z_1 هو الترس القائد فيمكن تعيين نسبة النقل بين العمود الأول والعمود الثاني من المعادلة الآتية: -

$$u_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$$

وعند الانتقال من العمود الثاني الى العمود الثالث يكون الترس الثاني والترس الثالث معشقان معا وفيها يكون الترس Z_2 القائد والترس Z_3 منقاد ويمكن حساب نسبة النقل بين العمود الثاني والثالث من المعادلة الآتية:-

$$u_2 = \frac{Z_2}{Z_3}$$

ومن المعادلتين يمكن إيجاد النسبة الكلية من المعادلة الآتية:

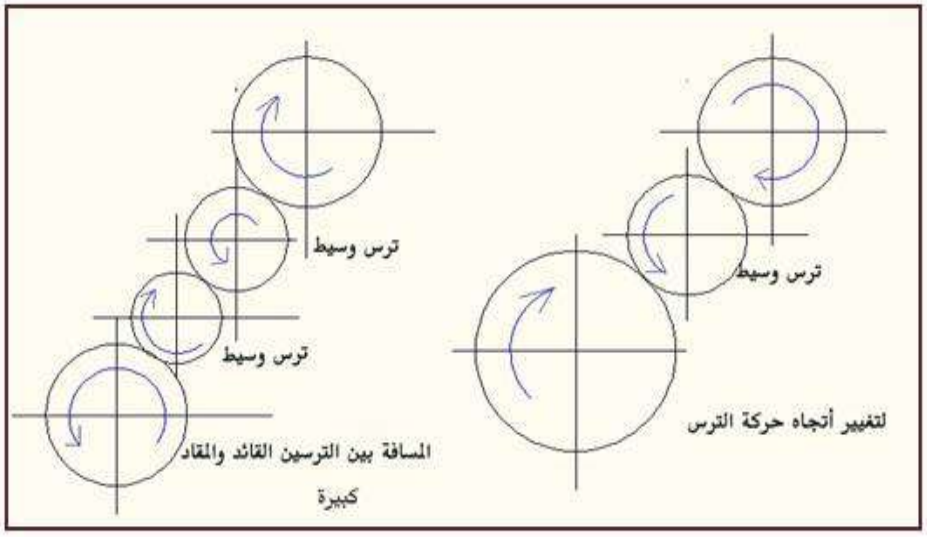
$$u = \frac{Z_1}{Z_2} \text{ X } \frac{Z_2}{Z_3} = \frac{Z_1}{Z_3}$$

ومن الملاحظ إن نسبة نقل الحركة بين العمود الأول والثالث لا يعتمد على عدد الأسنان للترس Z_2 المثبت على العمود الثاني (الوسط) لأنه يمثل الترس الوسيط والذي يُعد في آن واحد قائداً بالنسبة للترس Z_3 ومنقاد بالنسبة الترس Z_1 وهذه هي الصفة المميزة للتروس الوسيطة.

وتستعمل التروس البينية (الوسيطة) في حالتين: -

الحالة الأولى: - عندما تكون المسافة بين محور الترسين المعشقين كبيرة، ويتم إدخال ترس أو عدة تروس دخيلة بين الترسين الرئيسين.

الحالة الثانية: - تستعمل لتغيير اتجاه حركة الترس المنقاد، الشكل (2-45).



الشكل(2-45) طريقة تركيب التروس البينية.

مثال 2-1:- ترس لأسطواني مستقيم الأسنان عدد أسنانه 30 سناً ومعامل التعشيق (المودولل) يساوي 2 mm. المطلوب حساب مايأتي: 1- القطر الخارجي 2- قطر دائرة التقسيم للترس 3- خطوة الترس 4- العمق الكلي للترس.

الحل:

لإيجاد القطر الخارجي $d_1 = m(z+2)$

$d_1 = 2(30+2) =$ **64 mm**

لإيجاد قطر دائرة التقسيم $d = m \text{ x } z = 2 \text{ x } 30 = 60\ mm$

لإيجاد خطوة الترس $p_t = m\ x\ \pi\ = 2\ x\ 3.14 = 6.28\ mm$

لإيجاد عمق السن الكلي h=2.2 x m = 2.2 x 2

h= 4.4 mm

مثال 2-2:- ترس عدل اسطواني قطره الخارجي يساوي 80 mm ومعامل التعشيق (المودول) يساوي 2 mm جد قطر دائرة الخطوة.

الحل: يجب إيجاد عدد أسنان الترس من المعادلة الآتية:-

لإيجاد القطر الخارجي $d_1 = m(z+2)$

$80 = 2(z+2)$

$80 = 2z + 4$

$2z = 80 - 4 = 76$

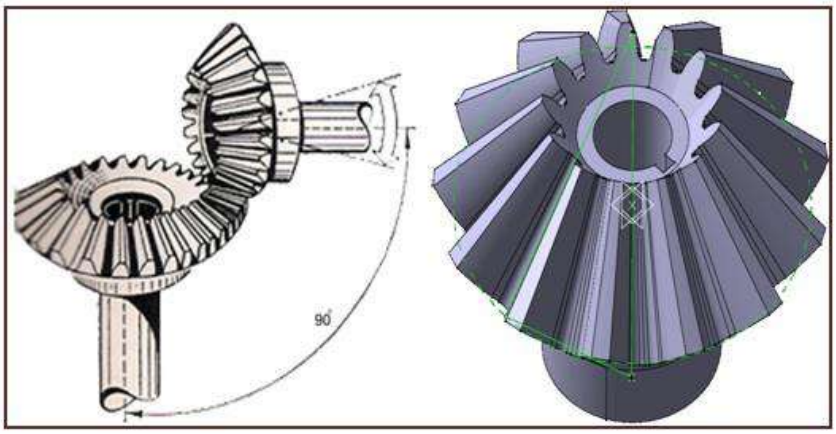
$2z = 76 \longrightarrow z = \frac{76}{2} = 38$

$d = m \times z = 2 \times 38$

$d = 76$ mm

6-6-2 التروس المخروطية

يشكل محورا الترسان المخروطيان المعشقان معاً زاوية نقل الحركة وهي تساوي مجموع نصفي زاويتي المخروط وتكون غالباً 90° وتعرف نصف زاوية المخروط بزاوية الخطوة وفي التروس المخروطية لا يجوز تبديل ترس مكان آخر يختلف عنه في عدد الأسنان لأن تغيير عدد الأسنان يغيّر زاوية الخطوة وعند تساوي عدد الأسنان فإن سرعة الدوران تكون متساوية. ان شكل السن يكون كبيراً عند قاعدة المخروط ويبدأ بالتناقص باتجاه رأس المخروط، الشكل (2-46). وبذلك فأن ارتفاع السن يتناقص تدريجيا.



الشكل (2-46) ترس مخروطي.

7-6-2 التروس الحلزونية

تستعمل التروس الحلزونية لغرض نقل الحركة بين عمودين غير متوازيين وغير متلاقيين ويصنعان مع بعضهما البعض أية زاوية ماعدا الزاوية القائمة وسميت بالتروس الحلزونية لكون أسنانها حلزونية الشكل والتي أكسبتها قدرة على تحمل قوى مؤثرة كبيرة ومزايا التعشيق الجيد بين الأسنان ونعومة الحركة بين التروس. وتستعمل بصورة كبيرة في الآلات والمعدات الصناعية، كما يمكن استعمال ترس حلزوني مقعر الأسنان مع ترس الدودة الحلزوني لنقل الحركة بين محاور متعامدة وعموما تستعمل لنقل الحركة بين الأعمدة المتعامدة مع بعضها والتي لا تقع على مستوى واحد بل على مستويين متعامدين ويستعملان في السرعات العالية، الشكل (47-2).

الشكل (47-2) تروس حلزونية.

قطع التروس الحلزونية

إن قطع أسنان الترس الحلزوني يتضمن تشغيل المنحنى الحلزوني وهذا يتطلب ثلاث حركات رئيسة وهي:

1- **حركة دورانية للمشغولة لعمل المنحنى على محيطها.**
2- **حركة خطية للمشغولة لتحقيق تقدم ثابت للمنحنى .**
3- **حركة دورانية للسكين لإجراء عملية القطع.**

ولتحقيق حركة المشغولة الدورانية والخطية يتم استعمال ترس يثبت على عمود السحب للطاولة والترس الآخر يثبت على عمود الدوران لرأس التقسيم وتركّب تروس وسيطة بين هذين الترسين.

تفريز الأسنان المائلة

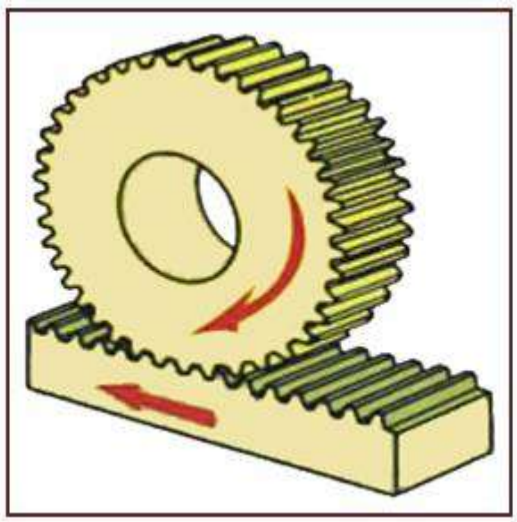
يجري تفريز الأسنان المائلة في التروس الاسطوانية كطريقة تفريز الأخاديد الحلزونية بوساطة سكاكين تفريز قرصية مخصصة، فإذا علم القطر الخارجي للترس وزاوية ميل الأسنان فإنه يمكن تحديد خطوة الميل الحلزوني وتسجل عادة المعلومات على مخطط التروس المسننة ذات الأسنان المائلة مثل المودول (معامل التعشيق) وعدد الأسنان ،زاوية ميل الأسنان β وتحدد خطوة الميل الحلزوني(p) بالقانون الآتي: -

$$p = \pi m z / \sin\beta$$

أما زاوية تدوير الطاولة تكون بزاوية ميل أسنان الترس الاسطواني ويجري ضبط التروس القابلة للتبديل كما في تشغيل الأخاديد الحلزونية.

7-2 نظام الجريدة المسننة والترس Rack and Pinion System

الجريدة المسننة: - ترس عدل له نصف قطر انحناء لانهاية له وخط خطوته مستقيم، الشكل (2-48).



الشكل (2-48) نقل الحركة عن طريق الجريدة المسننة والترس العدل.

نظام الجريدة المسننة والترس: وهي تركيبة تتكون من ترس أسطواني وجريدة مسننة، وتستعمل عادة لتحويل الحركة الدورانية الى حركة مستقيمة (ترددية)، يمكن استعمالها بحالتين: -

الحالة الأولى: - ثبوت الترس الأسطواني وحركة الجريدة المسننة: - مثل تحريك طاولة ماكينة التجليخ الاسطواني والسطحي، في هذه الحالة تتحرك طاولة ماكينة التجليخ السطحي والاسطواني بالاتجاه الطولي إلى اليمين والى اليسار يدويا أو آليا عن طريق تدوير عجلة التدوير المرتبطة مع ترس اسطواني والمعشقة

مع الجريدة المسننة وفيها يكون الترس ثابت والجريدة المسننة تتحرك، وفي هذه الحالة فإن الترس هو الذي يكسب الجريدة المسننة حركتها.

الحالة الثانية: - ثبوت الجريدة المسننة وحركة الترس دورانيا وخطيا :- مثل ماكينة الخراطة والمثقاب، ويمكن ملاحظة تركيبة الجريدة المسننة في ماكينات الخراطة والتي تستعمل لتحريك العربة الحاملة لقلم الخراطة وعن طريقها يتم الحصول على التغذية الطولية حيث يثبت الترس الاسطواني على عمود مثبت في مقدمة حامل القلم ويكتسب الترس الاسطواني حركته الدورانية من تركيبة التغذية حيث يتعشق الترس الاسطواني بالجريدة المسننة والتي تكون مثبتة في فرش المخرطة.

تمثل المسافة بين كل سنين خطوة الجريدة وتقاس بشكل مواز لمحورها وتكون أسنانها مستقيمة أو مائلة فالجريدة المستقيمة الأسنان يعشق معها ترس مستقيم الأسنان وبالمودول نفسه (معامل التعشيق)، أما الجريدة المائلة الأسنان يعشق معها ترس أسطواني مائل الأسنان ويكون له زاوية ميل مساوية لزاوية الجريدة المسننة ولكن باتجاه معاكس وبالمودول نفسه، أما عناصر الجريدة المسننة فهي عناصر الترس العدل نفسها. وعند تشغيل أسنان الجريدة المسننة القصيرة وغير الدقيقة يمكن اجراء الحسابات من خلال تحريك الطاولة بوساطة القرص المدرج للولب التغذية الطولية.

أما للجرائد المسننة الطويلة والدقيقة يتم استعمال رأس التقسيم الشامل الأغراض لحساب تحركات الطاولة، ولغرض تجهيز ماكينة التفريز لتشغيل جريدة مسننة يتم تثبيت المشغولة بوساطة الماسكات بصورة عمودية مع عمود الدوران مع استعمال سكين تفريز قرصية قياسية التي تثبت على رأس دوار خاص وكرسي تحميل وعند الانتقال من تشغيل أحد المجاري إلى تشغيل مجرى آخر واقع بين سنين يجب تحريك الطاولة بمقدار مساويا للخطوة بين السنين. **إذا كانت أسنان الجريدة مائلة فإن مقدار تحرك الطاولة بموجب الخطوة p التي تحسب قيمتها من العلاقة: -**

$$p = m\pi/\cos \propto$$

إذ أن α زاوية ميل أسنان الجريدة المسننة

ويجب إدارة الطاولة بزاوية α مع المستوى الأفقي ومحور الجريدة موازيا لمحور الطاولة، ويتم تركيب رأس التقسيم عند تفريز أسنان الجريدة المسننة حيث يتم وصل عمود الدوران لرأس التقسيم مع لولب السحب (لولب التغذية الطولية) لطاولة الماكينة بوساطة التروس القابلة للتغيير التي تحدد نسبة النقل بموجب العلاقة:

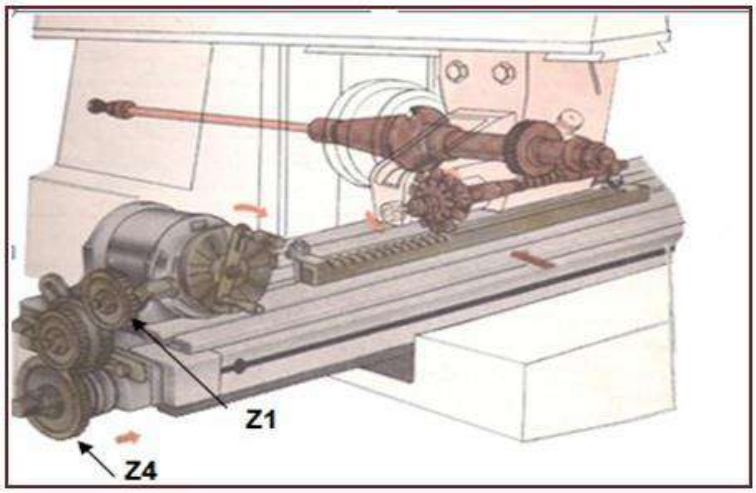
$$u = NP_l/pn \quad \text{أو} \quad u = Nm\pi/p_1$$

إذ أن

u نسبة النقل للتروس، N الصفة المميزة لرأس التقسيم (40)، P_l خطوة أسنان الجريدة،

p_1 خطوة لولب السحب، n عدد دورات رأس التقسيم.

يركّب الترس القائد الأول (Z_1) على عمود الدوران لرأس التقسيم ويركّب الترس المقاد الثاني (Z_4) على لولب عمود السحب للطاولة الشكل (2-49).



الشكل (2-49) تنظيم ماكينة التفريز لعمل جريدة مسننة.

عناصر الجريدة المسننة

إن عناصر الجريدة المسننة هي عناصر الترس الاسطواني العدل نفسها ومنها: -

1- خط الخطوة: - هو خط مستقيم يناظر دائرة التقسيم في الترس الاسطواني العدل.

2- الخطوة الخطية (p_l): - وهي المسافة بين منتصفي سنين متتاليين، والتي تكون مساوية للخطوة الدائرية للترس الاسطواني.

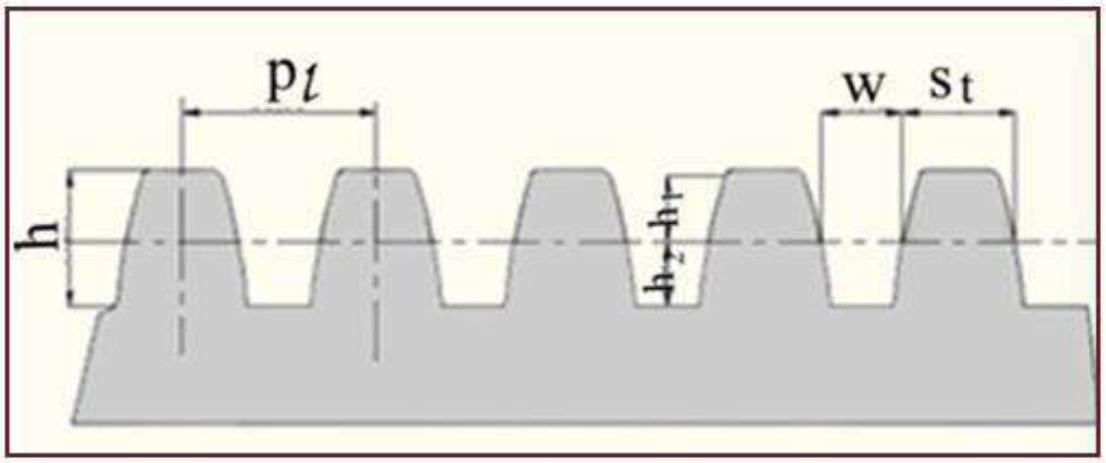
3- طول الجريدة المسننة (l): - هو الطول الناتج من عدد أسنان الجريدة مضروباً في خطوة الجريدة.

4- خلوص السن c: - هو الفراغ المطلوب أثناء تعشيق الجريدة المسننة مع الترس.

5- العمق الكلي لسن الجريدة (h): - هي المسافة العمودية بين قمة السن وقاع السن للجريدة المسننة.

6- سمك السن (s_t): - هي المسافة بين السطحين للسن الواحدة مقاسة على خط الخطوة.

7- عرض الفجوة (w): - هو الفراغ الموجود بين سنين متتالين ويكون بمقدار سمك السن.



الشكل (2-50) عناصر الجريدة المسننة.

قوانين حساب الجريدة المسننة

تطبق قوانين التروس الاسطوانية المستقيمة نفسها:

الاسم	الرمز	القانون
الخطوة الخطية	p_l	$p_l = m \times \pi$
طول الجريدة المسننة	l	$l = p_l \times z$
العمق الكلي للسن	h	$h = 2.2 \times m$
خلوص السن	c	$c = 0.2 \times m$
سمك سن الجريدة المسننة	s_t	$s_t = \frac{p_l}{2}$

مثال 3-2 :-

يراد تصنيع جريدة مسننة عدد أسنانها 140 سناً على ماكينة تفريز لتعشيقها مع ترس أسطواني ذو معامل تعشيق 8mm احسب العناصر الرئيسة لتصنيع الجريدة المسننة.

1- لإيجاد الخطوة الخطية

$$p_l = m \times \pi$$

$$p_l = 8 \times 3.14$$

$$p_l = 25.12 \ mm$$

2- لإيجاد عمق السن الكلي $h = 2.2 \times m$

$$h = 2.2 \times 8$$

$$h = 17.6 \ mm$$

3- لإيجاد طول الجريدة $l = p_l \times z$

$$l = 25.12 \times 140$$

$$l = 3516.8 \ mm$$

4- سمك سن الجريدة $s_t = \frac{p_l}{2}$

$$s_t = \frac{25.12}{2} = 12.56 \ mm$$

وهي قيمة عرض الفجوة نفسها.

5- خلوص السن $c = 0.2 \times m$

$$c = 0.2 \times 8 = 1.6 \ mm$$

8-2 سوائل التزييت والتبريد في عمليات التفريز

تستخدم سوائل التزييت والتبريد بشكل أساسي لتقليل معامل الإحتكاك بين سكين التفريز والمشغولة والرايش ومن ثم تقليل الحرارة المتولدة بالإحتكاك، الى جانب تبريد سكين التفريز مما يؤدي الى زيادة مقاومة السكين وزيادة عمرها وتحسين السطح المشغل. ولسوائل التزييت والتبريد وظائف ثانوية منها وقاية سكين التفريز من الصدأ، وفي بعض عمليات التشغيل يقوم سائل التبريد بإبعاد الرايش المُزال عن منطقة القَطع وجرفه. يجب أن تناسب كمية سوائل التبريد المستخدمة عملية التشغيل، فكلما زادت سرعة القطع إزدادت الحاجة الى كميات أكبر من سوائل التبريد، ويتوقف نوع سائل التبريد على نوع معدن المشغولة ونوع عملية التفريز. وفي أحيان كثيرة قد لاتحتاج عملية التشغيل الى مواد تزيتية أو تبريدية إذ تمتلك المشغولة على خواص التزييت الذاتي مثل الزهر الرمادي الذي يلعب الجرافيت الموجود به دورا هاماً في التزييت الجاف أثناء عملية القطع. وهناك طريقة أخرى لتبريد أدوات القطع وهي التبريد بالرذاذ، وتزود ماكينات التفريز لهذا الغرض بمستودع أو خزان مملوء بسائل التبريد ويدفع هواء مضغوط حوالي ($5\ kg/cm^2$) فيخرج سائل التبريد على هيئة رذاذ يُوجه الى منطقة الإتصال بين المشغولة وأداة القطع فيعمل على تبريد منطقة القطع.

تركيب سوائل التبريد :

يبين الجدول (2-3) أنواع سوائل التبريد مقارنة بأنواع المعادن المشغلة ونوع عملية التفريز (تفريز خشن – تفريز نهائي)، وهي:

المُستحلب: هو محلول من الصابون في زيوت معدنية مخلوطة جيدا بالماء ولها خواص جيدة للتبريد وبعض خواص التزييت.

الزيوت المركبة: هي زيوت مخلوطة بأحماظ دهنية.

زيوت القطع: وهي تكون إما معدنية أو نباتية أو حيوانية المصدر، أو مزيجاً من هذه الزيوت. وهي غير قابلة للمزج مع بالماء وتأثيرها التزييتي مرتفع.

الزيوت المعدنية: وهي تشمل كافة الزيوت المستخرجة من البترول كالبرافين والكيروسين، وتمزج هذه الزيوت العضوية لتستعمل أثناء عملية التنعيم وتسهيل قطع المعادن غير الحديدية.

عند استعمال المُستحلب يجب مراعاة الآتي:

1- تحريك ومزج المُستحلب من فترة لأُخرى، لانه يميل الى انعزال عناصره عن بعضها.

2- يجب إضافة بعض الزَيت الى المستحلب كلما نقصت نسبته نظراً لإلتصاق الزَيت بالرايش أكثر من الماء.

3- الإنتباه الى عدم إتساخ المُستحلب، ويجب تنقيته من فترة لأخرى من المواد الغريبة وبقايا جزيئات الرايش

4- لايجوز استعمال المُستحلب في غسل الأيدي لانه يؤدي الى تلف المُستحلب وأيضا يسبب امراض جلدية.

الجدول (2-3) أنواع سوائل التبريد

ت	نوع معدن المشغولة	أنواع سوائل التبريد	
		التفريز الخشن	التفريز النهائي
1	صلب كاربوني- صلب إنشاءات – صلب العدة	مستحلب	محلول الصابون في الماء – مستحلب زيوت تحتوي على الكبريت – زيوت مركبة، مستحلب الزيت مع الصودا الكاوية والماء.
2	مسبوكات الصلب	مستحلب – محلول الصودا في الماء	مستحلب – زيوت مركبة
3	مسبوكات الزهر	بدون تبريد غالباً – محلول الصودا في الماء – مستحلب	بدون تبريد غالباً – محلول الصودا في الماء – مستحلب
4	الزهر اللدن	بدون تبريد غالياً – مستحلب	بدون تبريد – زيوت تحتوي على الكبريت
5	البرونز	بدون تبريد – مستحلب	مستحلب – زيوت مركبة
6	النحاس الاصفر	مستحلب	مستحلب – زيوت مركبة
7	الألمنيوم	مستحلب – مخلوط من زيوت القطع والزيوت المعدنية النقية – الكيروسين – زيت التربنتينا	

9-2 التعليمات الوقائية عند العمل على ماكنات التفريز

1- لايجوز تشغيل ماكينة التفريز قبل الاستيعاب التام لتعليمات التشغيل.

2- عدم تغيير سرعة عمود الدوران او سرعات التغذية أثناء دوران الماكينة.

3- عدم تنظيف السكين وهي تدور ولايجوز استعمال الأيدي للقيام بهذا العمل.

4- عند تنظيف السكين يجب إستعمال فرشاة وعند فك السكين يجب لفها بقطعة من القماش حرصا على سلامة اليدين.

5- لاتسمح لاحد أن يدير الماكينة ولاتتركها وأنت بعيد عنها بل يجب ايقاف المحرك.

6- التاكد من وجود الحواجز الواقية منعاً من تطاير الرايش أثناء القطع.

7- عدم إيقاف الماكينة والسكينة داخل المشغولة.

8- يجب إستعمال الرافعة عند رفع المشغولات الثقيلة.

9- لاتبدا القطع قبل ان تتأكد من ربط وتثبيت المشغولة والسكين جيدا.

10-2 إدارة وصيانة ماكينات التفريز

الصيانة الدورية (المخططة):

الغرض من الصيانة الدورية هو المحافظة على الآلات والمعدات في حالة صالحة للإستعمال وعلى درجة من الكفاءة تسمح بإستمرارية الإنتاج على نحو إقتصادي. وتنقسم الصيانة الدورية الى نوعين هما:

أولاً: الصيانة الدورية (الوقائية) اليومية وتشمل:

1- تنظيف ماكينة التفريز بعد إنتهاء العمل عليها ورفع الرايش المتخلف من عمليات التشغيل من على فرش الماكينة، ويتم ذلك أثناء توقف الماكينة.

2- إزالة الشحوم والزيوت المتجمدة بواسطة قطعة قماش مبللة بالكيروسين ثم تجفف الماكينة.

3- أثناء العطلات تمسح الماكينة جيدا بالكيروسين ثم تدهن موجهات الانزلاق والمسالك والقنوات جيدا بالزيت لمنع الصدأ.

4- تزييت اسطح الإنزلاق الأفقية والعمودية، والإنتباه للأصوات الناتجة عن حركة ودوران صندوق السرعات وعلبة التغذية ومحور الدوران الرئيسي.

5- إختبار مستوى الزيت في مبيناته وضرورة تعويض النقص.

ثانياً: الصيانة كل فترة زمنية (الكلية الشاملة) وتشمل:

1- تزييت صندوق التروس الخاص بتغيير السرعات.

2- تزييت صندوق التروس الخاص بالتغذية.

3- تزييت موجهات إنزلاق الركبة والسرج والطاولة.

4- تشحيم كراسي تحميل المحرك.

5- تغيير سائل التبريد مع غسل الخزان وتنظيفه أو حسب تعليمات المصنع.

6- الكشف على موجهات وأدلة الإنزلاق (الطاولة، السرج والركبة).

7- الكشف على كرسي تحميل التروس ومراعاة الشد الصحيح في السيور.

8- التاكد من إتزان الأجزاء الدوارة إتزاناً إستاتيكياً وديناميكياً.

9- الكشف على التوصيلات والأسلاك الكهربائية للتأكد من عدم تعرية عزلها أو تلفهُ.

أسئلة الفصل الثاني

س1) عرف ما يأتي:-

1- المستوى المائل 2- الكتف 3- الأخدود 4- الأخدود الأيمن 5- الترس 6- الجريدة المسننة 7- الأنفليوت 8- دائرة الخطوة في الترس 9- ارتفاع السن 10- المودول 11- الترس الوسيط.

س2) عدد عمليات التشغيل التي يمكن انجازها على ماكينات التفريز.

س3) ما الدلائل الرئيسة لتصنيف المشغولات؟

س4) التفريز بواسطة سكين التفريز الاسطوانية قائمة الاسنان يسمى التفريز غير المنتظم، وضح ذلك.

س5) يمكن تشغيل السطوح المائلة بطرائق مختلفة على ماكينات التفريز، وضح ذلك.

س6) اشرح طريقة ضبط ماكينة التفريز حسب الطول المطلوب.

س7) اشرح طرائق ضبط استقامة الملازم على ماكينات التفريز.

س8) اذكر طرائق تفريز الأخاديد المغلقة.

س9) أذكر مراحل انجاز مجرى على شكل حرف T مع الرسم.

س10) اشرح طرق تثبيت المشغولات على الصينية الدوّارة.

س11) علل ما يأتي: -

1- ان عملية القطع عند التفريز أعقد مما هي عند الخراطة.
2- يتم استعمال سكين تفريز ذات أخاديد حلزونية للحصول على تفريز منتظم.
3- لا يفضل استعمال الملازم لمسك المشغولات الدائرية.
4- لا يحدث انزلاق عند نقل القدرة بوساطة التروس.
5- يفضل استعمال سكاكين التفريز الطرفية المتكونة من حدين عند عمل الاخاديد.

س12) عدد أنواع التروس.

س13) أذكر أنواع التروس الاسطوانية بحسب اتجاه الأسنان مع الرسم التوضيحي.

س14) أذكر أسباب استعمال التروس البينية مع الرسم.

س15) ما أسباب استعمال التروس الحلزونية ؟

س16) ما الحركات الرئيسة لقطع التروس الحلزونية ؟

س17) عدد مع تعريف خمساً من عناصر الجريدة المسننة.

س18) ترس اسطواني ذو أسنان مستقيمة، عدد أسنانه 30 سنا ومودول 2 mm احسب ما يأتي: -

1- قطر دائرة التقسيم (قطر دائرة الخطوة) 2 ـ الخطوة الدائرية 3 ـ ارتفاع السن الكلي

4- القطر الخارجي للترس (قطر رأس السن) 5 ـ القطر الداخلي للترس (قطر جذر السن)

س19) ترس اسطواني عدل قطر دائرة التقسيم تساوي (120 mm) وعدد اسنانه (24 سنا)،احسب: -

1- الخطوة الدائرية 2 ـ ارتفاع السن 3- سمك السن 4- طول السن.

5 ـ قطر دائرة السن (الدائرة الخارجية) 6 ـ قطر جذر السن (الدائرة الداخلية).

س20) احسب العناصر اللازمة لتصنيع جريدة مسننة معامل التعشيق (5 mm) وطولها (80 mm) .

س21) إذكر التعليمات الوقائية عند العمل على ماكينات التفريز.

س22) ما أهمية الصيانة الدورية لماكينة التفريز الأفقية؟ أذكر إجراءات الصيانة الدورية اليومية؟

الفصل الثالث/ماكينات التفريز المبرمجة
Computerized Milling Machines

أهداف الفصل

أن يكون الطالب بعد إنهائه دراسة الفصل قادراً على أن: -

1- يتعرف على ماكينات التفريز المبرمجة وأجزائها.

2- يميز لوحة السيطرة وأهم المفاتيح المستعملة فيها.

3- يتعرف على برنامج القطعة والأوامر المستعملة التي تتضمن الدوال التحضيرية والدوال المساعدة.

4- يتعرف على تعليمات تركيب البرنامج.

5- يتعرف على اتجاهات الحركة في نظام الإحداثيات للماكينة.

6- يحسب نقطة الصفر للجزء المراد تشغيله.

7- يتعرف على طرق قياس ابعاد عدد القطع وكيفية خزنها في ذاكرة العدد.

8- يتعلم كيف يتم إختبار البرنامج وما نوع هذا الاختبار.

9- يفهم كيف يتم إعداد البرنامج.

10-يكتب البرامج الرئيسة الكاملة.

تمهيد

تعد ماكينات التفريز المبرمجة المزودة بحاسوب

(COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL MILLING MACHINES)

إحدى أهم وسائل الإنتاج والتي تتطلبها عمليات التصنيع وتستعمل في الورش الإنتاجية وأنظمة التصنيع المرنة (FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS) وأنظمة التصنيع المتكاملة بالحاسوب (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING SYSTEMS) وفي المصانع المؤتمتة (AUTOMATED FACTORIES) التي تعمل بشكل تلقائي بدون وجود العمال، وتُعد ماكينات التفريز المبرمجة المزوّدة بحاسوب هي تطوير لماكينات التفريز ذات التحكم الرقمي (NUMERICAL CONTROL MILLING MACHINES) وتستعمل في إنتاج الأجزاء التي تتطلب تسوية سطحية وتثقيب وتوسيع وغيرها من العمليات التي تتطلبها مراحل تصنيع الأجزاء الميكانيكية، وتعمل هذه الماكينات عن طريق التحكم بحركة المحاور والفعاليات الأخرى مثل تبديل العدة وفتح وغلق سائل التبريد ودوران عدة القطع، إما باتجاه أو بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة وفعاليات أخرى لامجال لحصرها ويكون التحكم بهذه الفعاليات عن طريق برنامج الجزء أو برنامج القطعة (PART PROGRAM) الذي يشمل الدوال التحضيرية (G-CODE) والدوال المساعدة (M-CODE) فضلاً عن عناوين أخرى مثل العنوان T المتعلق برقم العدة المطلوب تبديلها والعنوان S المتعلق بالسرعة الدورانية لعدة القطع وعناوين أخرى سيتم التطرق لها عند كتابة برنامج الجزء.

1-3 ماكينات التفريز المبرمجة

تُعد ماكينات التفريز المبرمجة إحدى الوسائل المساهمة في اتمتة الإنتاج وتتم السيطرة على حركات محاور الماكينة والملحقات الأخرى بوساطة حاسوب متوسط أو صغير (Mini or micro computer) مرتبط مباشرة مع الماكينة يتم من خلاله إدخال البيانات المتعلقة ببرنامج القطعة (Part program) ومن خلال هذا البرنامج يتم إعطاء أوامر حركة المحاور وعدة القطع وتشغيل أو إيقاف سائل التبريد أو غير ذلك من الأوامر اللازمة لإنتاج قطعة ما على الماكينة، ويكون تدخل مشغل الماكينة قليل مقارنة بمشغلي الماكينات التقليدية إذ تكون الفعاليات مؤتمتة، وتختلف درجة الأتمتة من ماكينة إلى أخرى ويتم تحديد ذلك بالاستناد إلى متطلبات الورشة وإمكانات الشركة المصنعة ففي قسم من الماكينات نجد عملية إخراج الرايش من الماكينة يتم بوساطة حزام ناقل، أو عملية تبديل العدد يتم أليا أما في ماكينات مبرمجة أخرى لانجد هذه الإمكانات لذلك تكون درجة الأتمتة متباينة، وتنجز الإعمال باستعمال ماكينات التفريز بوقت قصير مقارنة بالماكينات التقليدية ويمكن انتاج أجزاء متماثلة في الشكل والقياس وبدقة مسيطر عليها، إلاَّ أن هذه الماكينات تكون مناسبة للدفعات الإنتاجية المتوسطة وتكون

غير مجدية في الإنتاج الواسع حيث يستعاض عنها بالماكينات الأوتوماتيكية (Automatic Machines)، إما في إنتاج الدفعات الصغيرة فهي غير مجدية أيضا حيث إن تكاليف تحضير البرنامج تزيد من كلفة الإنتاج، ومن ناحية أخرى فان تكاليف صيانة هذه الماكينات تكون عالية.

2-3 أوامر برنامج القطعة (برنامج الجزء) Part Program Instructions

يعتمد تنفيذ مختلف المشغولات أو الأجزاء على أوامر تكتب على شكل برنامج يتم إدخاله بوساطة لوحة السيطرة إلى ذاكرة البرامج بالماكينة أما يدويا عن طريق لوحة المفاتيح وتسمى هذه الطريقة بطريقة إدخال البيانات يدويا (Manual Data Input) أوأن يتم إدخال البيانات عن طريق أسلاك توصيل (RS-232) تربط بين وحدة التحكم بالماكينة وحاسوب آخر يتم من خلاله إعداد برنامج القطعة حيث يتضمن هذا الحاسوب نظام التصنيع المعان بالحاسوب (Computer Aided Manufacturing System) ومختصره (CAM) وفي كلتا الحالتين تستعمل الدوال التحضيرية G (G-functions) والدوال المساعدة M (M-functions) لوصف الأوامر المتعلقة بحركة المحاور وتبديل العدد وتشغيل محركات سوق العدة وفتح أوغلق سائل التبريد وغير ذلك من الأوامر الضرورية لتقوم الماكينة بترجمة هذه الرموز الى أوامر قابلة للتنفيذ على شكل حركات.

1-2-3 تعريف الرموز المستعملة في البرمجة

N	رقم الجملة Block Number لتسلسل لخطوات البرنامج.
X، Y، Z	عناوين محاور الحركة لتحديد إحداثيات الانتقال الخطية.
A،B،C	عناوين محاور الحركة لتحديد إحداثيات الانتقال الدورانية في حالة وجود طبلة دوارة أوجهاز تقسيم مبرمج أو رأس العدة القابل للدوران بشكل مبرمج.
I، J، K	ابعاد مراكز الأقواس بالنسبة لنقطة بداية القوس أو بالنسبة لنقطة الأصل.
T	رقم العدة في حافظة العدد (استدعاء).
S	سرعة دوران العمود الرئيسى (سرعة دوران العدة).
F	قيمة التغذية.
M	الأوامر أو الدوال المساعدة.
G	الأوامر أو الدوال التحضيرية (دوال المسار).

%	علامة بداية البرنامج وترقم من 1 الى 9999.
/	علامة تخطي خطوات في البرنامج.
( )	تحجب ما بين القوسين عن نظام التحكم وتستعمل لذكر بعض الملاحظات في البرنامج تفيد مشغل الماكينة لإجراء عمل ما مثل تبديل العدة يدويا أو تغيير مكان التثبيت أو إجراء القياس أو غير ذلك.

2-2-3 عناصر البرنامج

يكتب البرنامج بصيغة عنوان الكلمة (Word Address Format) على شكل جمل تستعمل العناصر الآتية:-

- **رقم البرنامج الرئيسى % 1**

يكتب في بداية البرنامج للدلالة على رقم البرنامج المطلوب استدعاؤه وتنفيذه.

- **رقم الجملة (Number Block)**

مثل N1 أو N5 أو N10 مما يتيح ادخال جمل بينية في حالة الحاجة الى التعديل، وتشير إلى تسلسل الجمل المطلوب تنفيذها وتتكون الجملة من مجموعة من الكلمات المتتابعة مثل: N50 G00 X155.250 Y 100 تستعمل هذه العناصر في كتابة البرنامج ويتم إدخاله مباشرة بطريقة يدوية (MANUAL DATA INPUT) ومختصرها (MDI) من خلال لوحة المفاتيح إلى الحاسوب.

- **العنوان: Address**

يرمز له بحرف مثل X, Y, Z, G, T, M تتبعه المعلومات العددية لهذا العنوان.

- **الكلمة Word**

تتكون من العنوان متبوعا بالمعلومات العددية الخاصة به مثلا X155.250 تعني حركة عدة القطع مسافة مقدارها 155.250 mm في الاتجاه الموجب لمحور X.

3-2- 3 وصف عام للدوال التحضيرية

الدالة	الوصف	الصيغة
G00	الحركة الخطية السريعة	G00 X.. Y.. Z..
G01	حركة القطع الخطية	G01 X.. Y.. Z..
G02	حركة القطع الدائرية باتجاه حركة عقرب الساعة	G02 X.. Y.. Z.. P G02 X.. Y.. Z.. I.. J.. K..
G03	حركة القطع الدائرية بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة	G03 X.. Y.. Z.. P G03 X.. Y.. Z.. I.. J.. K..
G04	زمن التوقف بالثانية	G04 X..
G17	اختيار مستوى التشغيل XY	G17
G18	اختيار مستوى التشغيل XZ	G18
G19	اختيار مستوى التشغيل YZ	G19
G33	دالة التسنين بثبوت الخطوة	
G40	الغاء تعويض نصف قطر العدة	G40
G41	تعويض نصف قطر العدة عندما تكون العدة على يسار قطعة العمل	G41X.. Y… Z…
G42	تعويض نصف قطر العدة عندما تكون العدة على يمين قطعة العمل	G42 X.. Y… Z…
G43	تعويض طول العدة بالقيمة الموجبة	G43
G44	تعويض طول العدة بالقيمة السالبة	G44
G53	إزالة تأثير نقاط صفر قطعة العمل والعودة الى صفر الماكينة G54, G55, G56, G57	G53
G54-G57	نقاط صفر قطعة العمل المخزنة في الذاكرة	G54/G55/G56/G57
G58-G59	نقاط صفر قطعة العمل المبرمجة يلغى تأثيرها في نهاية البرنامج باستعمال M02 أو M30 أو عند الخروج من البرنامج أو عند تصفير الإحداثيات مع الدالة نفسها	G58 X… Y… Z… G59 X… Y… Z… G58 X0 Y0 Z0 G59 X0 Y0 Z0
G70	تحديد النظام الانجي وتكون الأبعاد بالانج (inch)	G70

G71	تحديد النظام المتري حيث تكون الأبعاد بالمليمتر (mm)	G71
G81-G89	دوال دورات التفريغ	
G90	استعمال النظام المطلق نسبة الى نقطة صفر قطعة العمل	G90
G91	استعمال النظام التزايدي تكون كل نقطة منسوبة الى النقطة التي تسبقها	G91
G94	التغذية لكل دقيقة mm/min او inch/min يحدد بالدالتين G70/G71	G94 F..
G95	التغذية لكل دورة mm/rev او inch/rev يحدد بالدالتين G70/G71	G95 F..

4-2-3 الدوال المساعدة

الأمر	الوصف
M00	توقف البرنامج ويستمر تنفيذ البرنامج بالضغط على مفتاح CYCLE START في لوحة السيطرة
M02	نهاية البرنامج وغالبا ما تكون هذه الدالة في أخر جملة من البرنامج، ولايتم الرجوع إلى بداية البرنامج
M03	تشغيل عمود الدوران باتجاه حركة عقرب الساعة
M04	تشغيل عمود الدوران بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة
M05	إيقاف دوران عمود الدوران
M06	تبديل العدة أوتوماتيكيا عند توفر طبلة العدد
M08	فتح سائل التبريد
M09	غلق سائل التبريد
M98	إستدعاء البرنامج الفرعي
M99	نهاية البرنامج الفرعي SUBROUTINE PROGRAM وتبرمج هذه الدالة مع البرنامج الفرعي وتشير إلى إنهاء البرنامج الفرعي والرجوع الى البرنامج الرئيسى الذي تم فيه استدعاء البرنامج الفرعي
M30	إنهاء البرنامج الرئيس وهي مشابهه للدالة M02

3-2- 5 تركيب البرنامج

يعتمد إعداد أي برنامج لماكينات التحكم الرقمي على ثلاث مجموعات مختلفة من التعليمات: -

1-مجموعة تعليمات بداية البرنامج: - تشمل عنوان البرنامج ورقمه والتعريف بنقطة الأصل للمشغولة.

رقم البرنامج الرئيسى	%15
تحديد نقطة صفر قطعة العمل	N10 G54

2-مجموعة تعليمات شروط التشغيل: -

تشمل اختيار العدة وقيم التغذية وسرعة الدوران وإدارة العمود الرئيس وسائل التبريد وتحريك العدة إلى المواضع المطلوبة خلال التشغيل.

استدعاء العدة	N20 T01D01
تحديد السرعة والتغذية واتجاه دوران عمود الدوران	N30 S2000 F200 M03
فتح سائل التبريد	N40 M08
حركة خطية سريعة لمسافة 50mm باتجاه محور X ومسافة 2mm باتجاه محور Z	N50 G00 X50 Z2
حركة قطع خطية بالمحور Z لمسافة -50mm	N60 G01 Z-50

3-مجموعة تعليمات نهاية البرنامج: - تشمل تحريك العدة بعيدا عن المشغولة وإيقاف عمود الدوران وإنهاء البرنامج.

تحريك العدة بعيدا عن المشغولة باتجاه المحور X	N100 G00 X60
تحريك العدة بعيدا عن المشغولة باتجاه المحور Z مع إيقاف عمود الدوران عن الدوران	N110 Z20 M5
إنهاء البرنامج الرئيس	N130 M30

بعد إتمام كتابة البرنامج يجب مراجعته بدقة قبل الشروع في تنفيذه إذ أن بعض الأخطاء قد تؤدى إلى حدوث إتلاف أجزاء من الماكينة أو العدة القاطعة أو المشغولة أو المثبت الخاص بها مما يستلزم مراجعة البرنامج للتأكد مما يأتي: -

1- مسار الحركة السريعة: - يجب ألا تتصادم العدة مع المشغولة أو المثبتات المستعملة بل يجب أن تبعد عنها بمسافات آمنة كافية.

2- صحة كتابة المعلومات العددية على الشاشة.

3- تطابق البرنامج مع رسم المشغولة وهذا يعنى مطابقة المشغولة المصنعة للرسم.

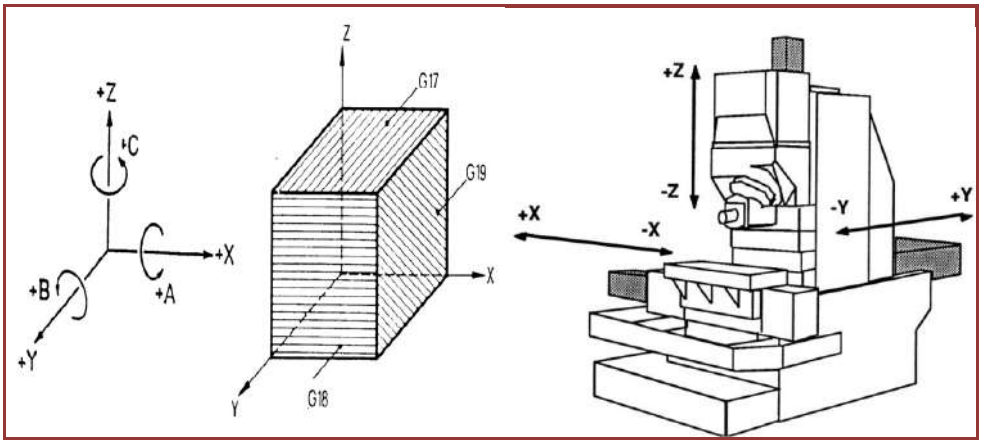
4- الاختيار الصحيح لقيم السرعات والتغذيات وعمق القطع بما يناسب المادة المشغلة والعدة المستعملة وطاقة الماكينة.

5- أن تتم أي تعديلات على البرنامج بوساطة معد البرنامج دون غيره.

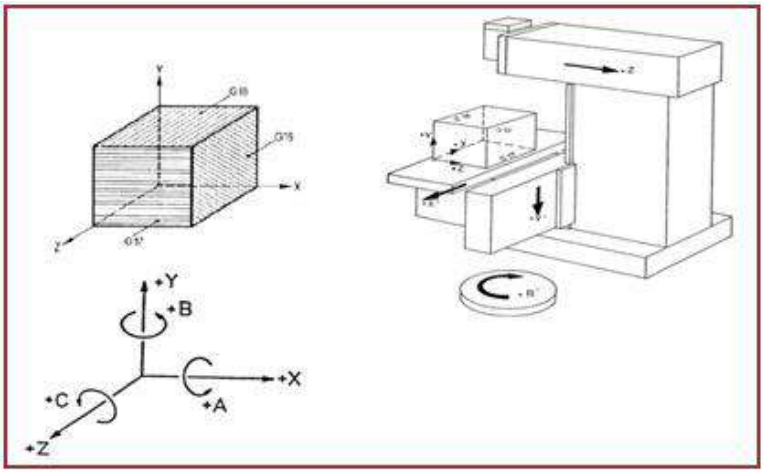
وهنالك عدة صيغ للاختبارات من الممكن إجراؤها للتأكد من صحة البرنامج ومن أهمها المحاكاة (Simulation) حيث يظهر مسار العدة وشكل القطعة الناتج عند تنفيذ البرنامج على شكل مجموعة حركات للعدة على الشاشة ومراحل إزالة الأجزاء المقطوعة من الخامة أثناء إختبار البرنامج، إلاَّ أن الإختبار لا يعني صحة البرنامج من الأخطاء إذ أن هنالك أمور أخرى من الصعب اكتشافها أثناء الإختبار مثل تعارض عدة القطع مع المثبت أواحتمال اصطدام العدة بقطعة العمل نتيجة عدم إعطاء معلومات صحيحة عن ابعاد العدد أو خطا في حساب نقطة صفر قطعة العمل أو أخطاء غير محسوسة في البرنامج وينبغي تنفيذ البرنامج خطوة خطوة مع رفع العدة إلى مسافة أمان معينة والتحكم بقيمة التغذية باستعمال تغذية واطئة عن طريق تخفيض مقدارها بوساطة مفتاح تغييرمقدار التغذية (Override) لحين التأكد من نجاح البرنامج بصورة كاملة بعدها يتم التنفيذ الفعلي.

3-3 اتجاهات الحركة في نظام الإحداثيات للماكينه

إن نظام المحاور الموضح في الشكل (3-1) هو النظام الذي سيتم اعتماده في هذا الكتاب ومنفذ في معظم الماكينات المبرمجة التي تعمل بنظام سيمنس ويكون فيه المحور Z بالاتجاه العمودي وهناك نظام آخر يكون فيه المحور Y هو المحور العمودي وكما موضح في الشكل (3-2) وهذا النظام لم يتم اعتماده في الكتاب علما بان إعداد برامج القطعة لا يتأثر بتغيير أي من هذين النظامين باستثناء اختيار مستوي التشغيل وطريقة التثبيت. وعند نقل اتجاه الحركة من الماكينة إلى قطعة العمل نلاحظ أن محور Z بالاتجاه نفسه للماكينة والقطعة بينما في حالة محوري X، Y فإننا نلاحظ إن اتجاه المحاور في قطعة العمل يكون بالاتجاه المعاكس لما يتم تمثيله في الماكينة ويعزى ذلك إلى أن منفذ البرنامج يفرض أن العدة هي التي تتحرك بالإحداثيات الثلاثة وبما أن محوري X، Y يكونان منسوبين إلى الفرش لذلك فإن العدة تتحرك بالإتجاه المعاكس. إن اتجاه المحاور في قطعة العمل والمعتمدة في تحديد مسار العدة وكتابة البرنامج يكون معتمد على قاعدة اليد اليمنى وهو موضح في الشكل (3-1) ونلاحظ اتجاهات المحاور X، Y، Z للحركة الخطية والمحاور A، B، C للمحاور الدوّارة.



الشكل(3-1) اتجاهات الحركة للماكينه والعدة ومستويات التشغيل (ويكون المحور Z عموديا).



الشكل (3-2) يوضح اتجاهات الحركة للماكينه والعدة ومستويات التشغيل (ويكون المحور Yعموديا).

4-3 النقاط المرجعية: Reference Points

من الضروري التعرّف على النقاط المرجعية والتي لها علاقة بإعداد برنامج القطعة وتثبيت القطعة وتحديد أبعاد العدد وسيتم التطرق إلى النقاط المرجعية المهمة وكما مبين فيما يأتي:-

اسم النقطة	رمـزها
نقطة صفر الماكينة (Machine Zero Point):- وتمثل الحدود الدنيا لحركة المحاوروتكون معّرفة من قبل المصنع ولايمكن تغييرها وتكون نقاط صفر المشغولة منسوبة إليها.	M
نقطة صفر المشغولة (Work Zero Point):- وتسمى أيضا نقطة صفر البرنامج وهي نقطة الأصل لنظام الإحداثيات في قطعة العمل ويراعى تحديدها في موقع ما على الرسم بحيث يمكن أن تكون جميع الأبعاد اللازمة لتنفيذ التشغيل ممكن تحديدها	W

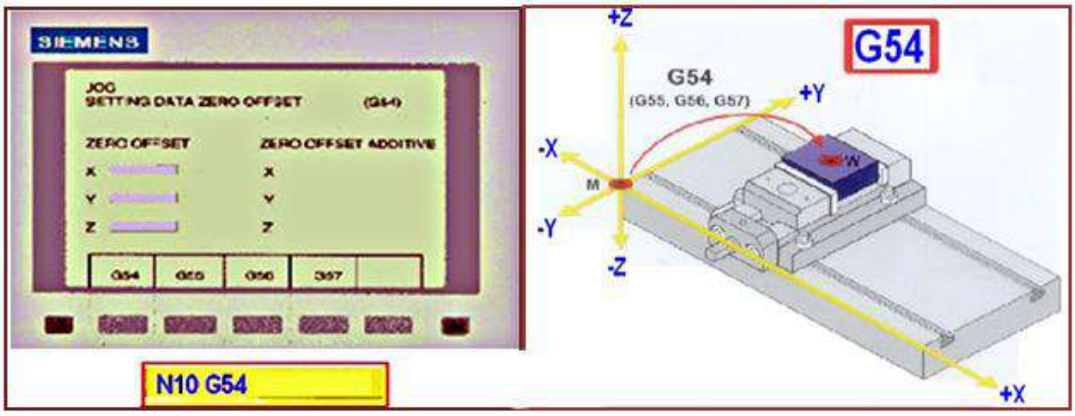
وقياسها.	
النقطة المرجعية للماكينة (Machine Reference Point):- وهي تمثل نقطة محددة من قبل المصنع يتم الوصول إليها عند بداية تشغيل الماكينة لتحديد نظام القياس في الماكينة حيث أنه في معظم الحالات لا يمكن الوصول إلى نقطة صفر الماكينة لذلك فإن نظام التحكم (Control System) سوف يجد موقع النقطة المرجعية لنظام قياس الموقع (Position Measuring System).	R
النقطة المرجعية لمثبت العدة (Tool holder Reference Point):- وهي النقطة المرجعية لحامل العدة N وتكون مهمة في تحديد طول ونصف قطر العدد حيث أن طول ونصف قطر العدة يتم خزنهما في ذاكرة العدد في نظام التحكم.	N

5-3 نقطة صفر المشغولة Work zero point

تقع نقطة صفر الماكينة (M) في موقع على الماكينة يكون من الصعب أن تنسب إليها إحداثيات النقاط في البرنامج المراد إعداده والتي تشكّل المسارات المختلفة للمنتج المراد الحصول عليه لوقوعها على الحافة الأمامية اليسرى لمنضدة الماكينة، وهذا الموقع غير مناسب كنقطة بداية لقياس الأبعاد لذا ينبغي اختيار نقطة بديلة تقع على القطعة وتنسب أبعادها إلى نقطة M ولكن في مكان يسهل على المبرمج أن ينسب نقاطه إليها وهذا يمكن أن يتم بإحدى الطرق التي سيتم توضيحها فيما يأتي :-

الطريقة الأولى:-

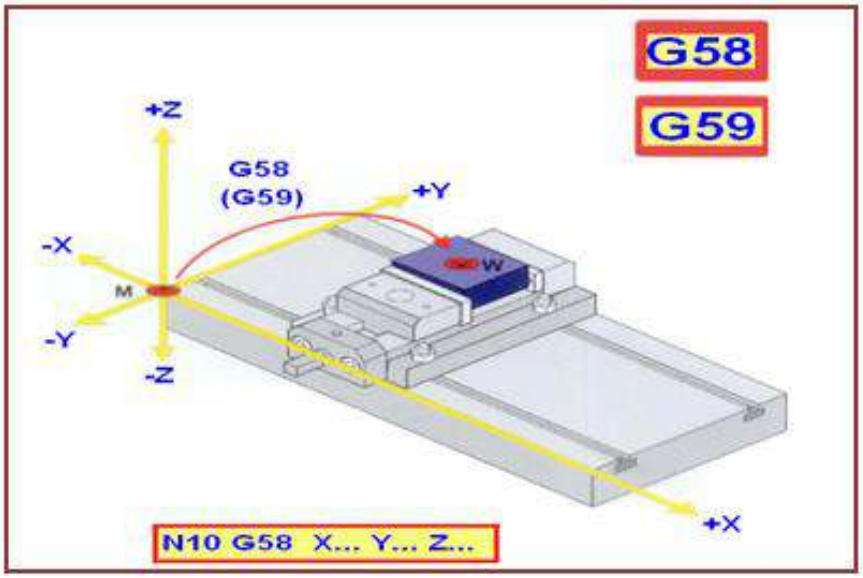
يتم الانتقال من نقطة صفر الماكينة إلى نقطة صفر المشغولة باستعمال إحدى الدوال الآتية:- (G54، G55، G56، G57)، وكما موضح في الشكل (3-3). وفي هذه الطريقة يتم ترحيل الصفر، (Zero Offset) بطريقة مباشرة باستعمال إحدى الدوال G54 أو G55 أو G56 أو G57 وفي هذه الحالة يجب معرفة إحداثيات نقطة W بالنسبة إلى نقطة M أي بعد نقطة W عن نقطة M في اتجاهات X، Y، Z ثم تسجل في ذاكرة خزن نقاط الصفر.



الشكل (3-3) نقطة صفر الماكينة M ونقطة صفرالمشغولة W ويتم الانتقال بوساطة إحدى الدوال G54-G57.

الطريقة الثانية:-

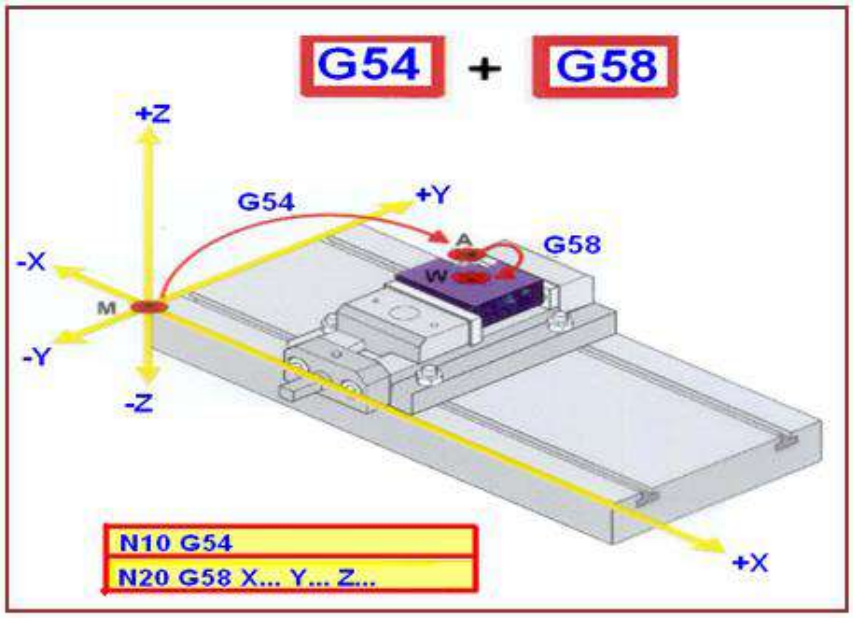
في هذه الطريقة يتم ترحيل الصفر مباشرة بإحدى الدالتين G58 أو G59 وتسمى ترحيل الصفر المبرمج (Programmable zero offset) وفي هذه الحالة تكتب إحداثيات نقطة صفر المشغوله W في البرنامج نفسه مع إحدى الدالتين أعلاه ولاتكتب في ذاكرة خزن نقاط الصفر ويوضح الشكل (3-4)هذه الطريقة.



الشكل (3-4) الإنتقال إلى نقطة صفر المشغولة W بوساطة إحدى الدالتين G58-G59.

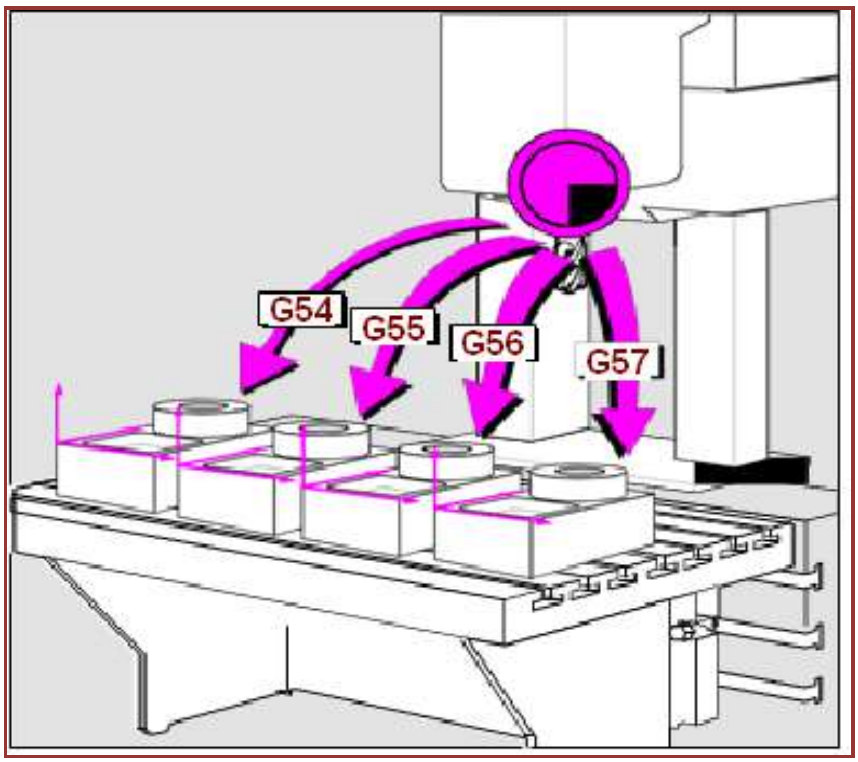
الطريقة الثالثة:-

وفى هذه الطريقة لايتم ترحيل الصفر مباشرة بدالة واحدة كما في الطريقتين الأولى والثانية بل يتم على مرحلتين الأولى باستعمال إحدى الدالتين G54 أوG57 ويتم من خلالها ترحيل نقطة M إلى نقطة A لإجراء تنفيذ جزء من البرنامج منسوب إلى النقطة A وهي نقطة الصفرالأولى، ثم يتم الانتقال بمرحلة ثانية من نقطة A إلى نقطة W وهي نقطة الصفر الثانية باستعمال إحدى الدالتين G58 أو G59 لتنفيذ ما تبقى من البرنامج ويمكن استعمال هذه الطريقة لأكثر من نقطتي صفر وقد تكون ثلاثة أو أربعة وحسب متطلبات إعداد برنامج القطعة وكما موضح في الشكل (3-5).



الشكل (3-5) الانتقال من نقطة الصفر الأولى A إلى نقطة الصفر الثانية W للمشغولة نفسها.

وهناك حالات تتطلب استعمال مجموعة الدوال G54، G55، G56،G57 في البرنامج نفسه عند وجود عدد من القطع مثبتة في آن واحد وكما موضح في الشكل (3-6).



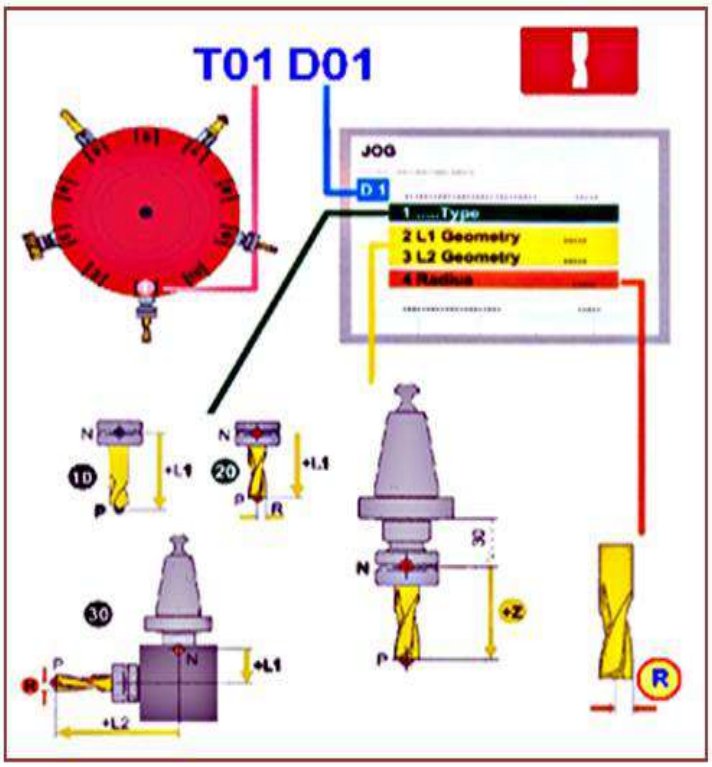
الشكل (3-6) استعمال مجموعة الدوال G54-G57 في آن واحد بالبرنامج نفسه.

3-5-1 قياس العدد (ترحيل صفر العدد)

إن قياس العدد مهم جدا عند العمل على ماكينات التفريز المبرمجة وتخزن إبعاد العدد المستعملة في البرنامج في ذاكرة خاصة تسمى ذاكرة العدد (Tool memory)، والفائدة منها هو تعويض هذه الأبعاد في مختلف الحركات التي تتحركها الماكينة،ويتضمن ذلك تعويض نصف قطر العدة وطولها وبالاعتماد على دوال تعويض نصف القطر والطول، وهناك طرق عديدة لقياس العدد وكما موضح فيما يأتي :-

1- بوساطة مبين القياس (Dial gauge).
2- بوساطة مبين ضوئي (Photo gauge).
3- بالتلامس الحذر المباشر لعدة القطع مع فرش الفريزة .
4- متحسسات التلامس.

والغرض من قياس العدد هو أن تتم عملية القطع بالحد القاطع للعدة فالمعرف لدى الماكينة فقط نقطة T المبينة بالشكل(3-7)، لذلك فالمسافة التي يتم قياسها هي بين نقطة N ونقطة P وتثبت في ذاكرة العدد تحت العنوان L1 وفي بعض الحالات يكون هناك طولين L1 و L2 إما قيمة نصف القطر فتخزن في العنوان R وقيم L1 و L2 و R يتم تخزينها في العنوان D الذي يشير إلى أبعاد العدة أما العنوان T فيشير إلى رقم العدة أو موقعها في طبلة العدد وتدورطبلة العدد إلى الموقع الذي يتم استدعاؤه في البرنامج ويشير الشكل (3-7) إلى إن العدة T01 هي التي تم استدعاؤها في البرنامج وهي جاهزة لتنفيذ أوامر التشغيل بالابعاد المخزونة في ذاكرة العدد في العنوان D01.



الشكل (3-7) موقع العدد في طبلة العدد والاوضاع التي يتم بها قياس أبعاد العدد نسبة الى النقطة N.

2-5-3 أختبار البرنامج

ويتم الاختبار بعدة طرق منها الاختبار بدون حركة للعدة أو الإختبار مع حركة العدة أوإختبار المحاكاة (Simulation) الذي تظهر به صور متحركة لعدة القطع والمشغولة على الشاشة بالأبعاد الثلاثة وتظهر جميع خطوات التنفيذ والشكل النهائي للمشغولة ومن خلال هذه الاختبارات يتم التأكد من عدم وجود أخطاء في البرنامج وان وجدت يتم تصحيحها إلاَّ أن الاختبار لايعني خلو البرنامج من أخطاء غير منظورة حيث إن مثل هذه الأخطاء يتم كشفها بعد التنفيذ الفعلي للقطعة.

3-5-3 التنفيذ الفعلي للبرنامج

1- يتم التنفيذ لأول مرة جملة بعد أخرى وبمقدار تغذية قليلة لمسار العدة وكذلك ترفع العدة فوق مستوى المشغولة بمسافة أمان لحين التأكد من أن البرنامج صحيح من حيث الحركات واستدعاء العدد المطلوبة واستعمال سائل التبريد وغيرها، وفي حالة ظهور أخطاء في تسلسل مراحل التشغيل أو تعارض مع المثبتات أو أخطاء في استدعاء العدد أو غير ذلك يتم تعديل البرنامج وفقا لذلك.

2- التنفيذ الفعلي للبرنامج بالنزول إلى أعماق القطع المطلوبة ويتم تنفيذ القطعة الأولى كاملة ثم تقاس الأبعاد التي تم الحصول عليها من تشغيل القطعة والتأكد من مطابقتها لما مثبت في المخطط من حيث القيمة والسماحات وكذلك تحقق درجة الخشونة المطلوبة (درجة نعومة السطح) ثم يتم الإنتاج لبقية الدفعة الانتاجية استنادا إلى صحة ونجاح الاختبار والتشغيل للقطعة الأولى.

6-3 إعداد البرنامج

من الضروري للمبرمج أن تكون له معرفة بتفاصيل البرنامج وكيفية كتابته وماهو وصف الجمل التي يحتويها وكيفية ترتيبها بما يتناسب وخطوات التشغيل والرموز المستعملة في البرنامج ومدى توفر عدد القطع اللازمة لتنفيذ البرنامج ونوع التثبيت المستعمل لتثبيت القطعة وأسلوب البرمجة اللازم لتلافي تعارض مسار العدة مع المثبت وهل أن مساحة العمل في الماكينة تتناسب مع حجم القطعة المراد تنفيذها وغير ذلك من المعلومات المطلوب توفرها، وفيما يأتي وصف للأوامر التي يتضمنها برنامج ما لتكون دليلاً يمكن الإفادة منه في كتابة برنامج القطعة لمختلف الأجزاء أو المشغولات المراد تنفيذها على ماكينات التفريز المبرمجة.

البرنامج	الوصف
%1	يشير إلى رقم البرنامج الرئيس.
N10 G18 G54 G71 G90	تحديد مستوي التشغيل XZ بالدالة G18 ودالة نقطة صفر القطعة G54 والنظام المتري G71 والإحداثيات المطلقة G90.
N20 T03 D03 M06(End mill 25 mm-roughing)	استدعاء عدة القطع للتشغيل الأولي أي ترك سماحات للتشغيل النهائي وتحديد موقعها في حامل العدد ويتم وضع سماحات التشغيل من خلال تغيير أبعاد العدة واستعمال دوال تعويض نصف القطر وطول العدة.
N30 S1000 G94 F400 M03 M08	تحديد سرعة دوران العدة (دورة/دقيقة) والتغذية (ملم/دقيقة) واتجاه دوران العدة وفتح سائل التبريد.
N40 G00 X0 Z108	حركة سريعة لعدة القطع إلى الإحداثيات X0 و Z108.
N50 Y5	حركة سريعة باتجاه المحور Y إلى مسافة 5 عن نقطة صفر قطعة العمل، وهنا يبقى تأثير الدالة G00 حتى إذا لم تكتب.
N60 G01 Y-5	النزول بحركة قطع مستقيم إلى عمق القطع المطلوب.
N70 G42 G01 X-20	تفعيل تعويض نصف قطر العدة مع الحركة بحركة قطع مستقيم باتجاه المحور X.
N80 Z82	حركة قطع مستقيم باتجاه المحور Z، وهنا يستمر تأثير الدالة G01 حتى إذا لم تكتب إلاَّ إذا تم اعتماد دالة قطع أخرى.
N90 G02 X0 Z63 P20	حركة قطع دائري باتجاه حركة عقرب الساعة لإحداث قوس وهمي، الغرض منه عدم ترك أثر على القطعة عند بداية التماس بين العدة والقطعة.
N100 G01 X82	إعادة تأثير دالة القطع المستقيم لإلغاء تأثير دالة القطع الدائري.
N110 G03 X87 Z58 P5	حركة قطع دائري بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة.
N120 G01 Z-58	حركة قطع مستقيم.
N130 G03 X82 Z-63 P5	حركة قطع دائري بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة.
N140 G01 X-82	حركة قطع مستقيم.
N210 G40 X0 M09	الغاء تأثير دالة تعويض نصف قطر العدة وغلق سائل التبريد مع حركة العدة بحركة قطع مستقيمة.
N220 G00 Y200 M30	حركة سريعة للعدة إلى مسافة أمان بعيدا عن القطعة وإنهاء البرنامج.

ملاحظة

هناك مرتبتان تستعملان بعد الدوال أو الأوامر G، T،M، D مما يدل على أن اكبر رقم لهذه الأوامر هو 99، وهذه القاعدة يمكن أن تكون مختلفة في بعض الأنظمة المستندة إلى أنظمة أخرى ضمن نظام البرمجة SIEMENS حيث يمكن ملاحظة الدوال G أو M بثلاث مراتب إلاَّ أننا في هذا الكتاب نستند إلى مرتبتين فقط، ومثال ذلك إن كتابة الأوامر G0 أو G1 أو G2 أو G3 بهذه الصيغة يكون خطأ وتكون الصيغة الصحيحة G00 أو G01 أو G02 أو G03 حسب الترتيب وأمثلة أخرى على الصيغ الصحيحة لبقية الأوامر مبينة كالآتي: M03 و T01 و D05.

7-3 وصف الدوال التحضيرية والدوال المساعدة المهمة

1-7-3 اختيار مستوى التشغيل G17/G18/G19 Plane Selection

يتم اختيار مستوى التشغيل الذي يتم فيه تأثير تعويض طول ونصف قطر العدة، ويكون تعويض طول العدة في الاتجاه العمودي على هذا المستوى راجع الشكل(3-1).

G17 هو مستوى التشغيل X-Y وهو المستوى الطبيعي للتشغيل على الماكينة وهو المستعمل غالبا.

G18 هو مستوى التشغيل X-Z.

G19 هو مستوى التشغيل Y-Z.

2-7-3 نظام القياس المتري أو الانكليزي G71 او G70

تستعمل الدالة (G71) عندما يراد إدخال البيانات بالمليمتر وهوالنظام المتري، بينما تستعمل الدالة (G70) عندما يراد إدخال البيانات بالانج وهو النظام الانكليزي، وفي بعض الحالات يتم استعمال كلا النظامين في تنفيذ بعض الأجزاء.

3-7-3 نظام البرمجة المطلق (Absolute Programming System) G90

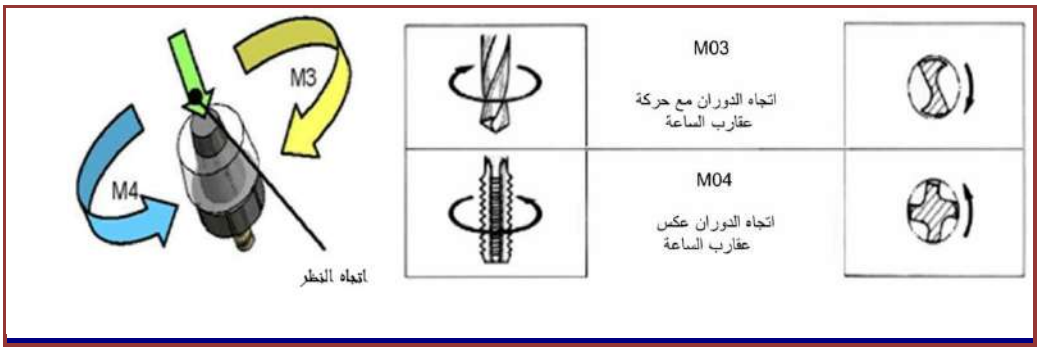
إن نظام البرمجة المطلق (G90) يتم فيه حساب جميع نقاط مسار الحركة إلى نقطة صفر القطعة أو صفر البرنامج بالقيمة والاتجاه.

4-7-3 نظام البرمجة التزايدي (Incremental Programming System) G91

في نظام البرمجة التزايدي (G91) يتم اعتبار النقطه السابقة هي المرجع للنقطة الجديدة وكل نقطة جديدة يتم الإنتقال إليها تنسب إلى النقطة التي سبقتها مع الأخذ بنظر الإعتبار إتجاه الحركة في تحديد إشارتها فإما أن تكون موجبة أو تكون سالبة.

5-7-3 تحديد اتجاه دوران عمود الدوران (العدة) M04 ، M03

تستعمل الدالة M03 لتدوير العدة باتجاه حركة عقرب الساعة، أما الدالة M04 فيتم استدعاؤها في حالة الحاجة لتدوير العدة بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة كما في حالة إخراج القلاووظ بعد تشغيل السن، حيث يتطلب إخراج العدة من القطعة عكس اتجاه الدوران ليكون بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة في حين إن تشغيل السن كان يصاحبه دوران العدة باتجاه حركة عقرب الساعة وهذا ينطبق على تشغيل السن الأيمن أما في حالة السن الأيسر فينعكس الدوران لكلتا الحالتين (النزول والصعود)، يوضح الشكل (3-8) إتجاه دوران العدة.



الشكل (3-8) إتجاه الدوران لعدة القطع.

6-7-3 إنهاء البرنامج (Program End) M02 أو M30

لإنهاء البرنامج بطريقة صحيحة وآمنة يجب إتباع الآتي:

1- يجب سحب العدة إلى مستوى الأمان مستعملاً الدالة (G00) في اتجاه بعيد عن القطعة وغالبا ما يكون محور (z).

2- يجب إيقاف سائل التبريد مستعملاً الدالة (M09).

3- يجب إيقاف عمود الدوران مستخدما الدالة (M05).

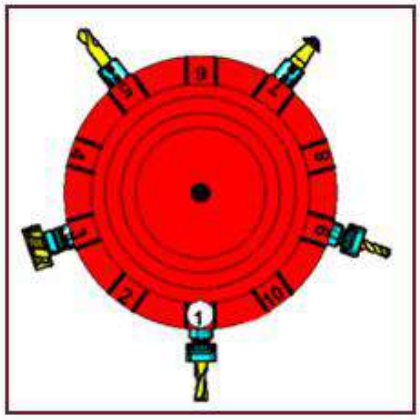
4- في النهاية يجب إيقاف البرنامج نفسه مستعملاً إما الدالة (M02) أو الدالة (M30).

والفرق بينهما هو أن الدالة (M02) تنهي البرنامج ويتوقف عند نهايته، بينما الدالة (M30) تنهي البرنامج وتعيده إلى بدايته لينتظر التشغيل مرة أخرى.

7-7-3 تغييرالعدة آليا Automatic Tool Change M06

تستعمل هذه الدالة (M06) عندما يكون مطلوب تغيير العدة أوتوماتيكيا بشرط أن تكون الماكينة مجهزة بطبلة العدد ويوضح الشكل (3-9) طبلة العدد ومركب عليها خمس عدد فعند استدعاء العدة رقم 1 تكون الطبلة بالوضع المبين في الشكل (3-9)، أما في حالة طلب عدة أخرى في البرنامج مثل العدة رقم 7 لتنفيذ مرحلة تشغيل أخرى فإن طبلة العدد تستدير ويكون موضع العدة 7 بموضع العدة نفسه رقم 1 وهناك آليات

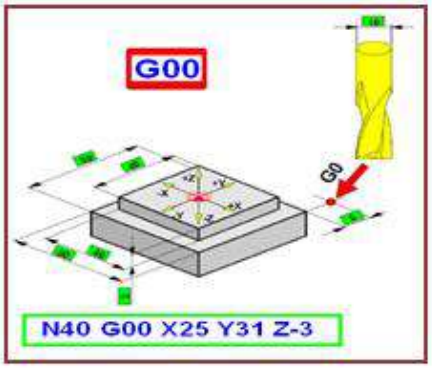
أخرى تستعمل لتركيب العدد عليها مثل مستودع العدد (Tool magazine)، وهناك ماكينات لا تتوفر فيها هذه التقنية فيتم استبدال العدد يدويا من قبل مشغل الماكينة.



الشكل رقم (3-9) طبلة العدد ومركب عليها 5 عدد قطع.

3-7-8 الأنتقال السريع باستعمال الدالة G00
Rapid Traverse Using G00 Function

تستعمل هذه الدالة للانتقال السريع من موقع إلى آخر وتختلف أقصى قيمة لها من شركة مصنّعة إلى أخرى، ففي بعض الماكينات تكون 3 m/min أو 8 m/min أو 12 m/min وقد تصل إلى أعلى من ذلك بكثير حسب مواصفات وإمكانيات كل ماكينة. تستعمل هذه الدالة لتوفير الوقت أثناء تنفيذ البرنامج للانتقال في الفراغ باقصى سرعة وحيث أن الإنتقال في الفراغ بدون قطع يمثل الوقت الضائع لذلك فإن اختصاره هو توفير للوقت وتقليل كلفة الإنتاج، ومن الأمثلة على استعمالها هو الانتقال من الوضع الذي يتم من خلاله استبدال العدة إلى مسافة الأمان لتنفيذ عملية تشغيل معّينة أو الانتقال من تنفيذ ثقب إلى تنفيذ ثقب آخر أو الابتعاد عن القطعة بعد الإنتهاء من التشغيل أو غير ذلك، وتكون هذه الدالة كما في الشكل (3-10).



الشكل(3-10) كيفية الانتقال السريع باستعمال الدالة G00.

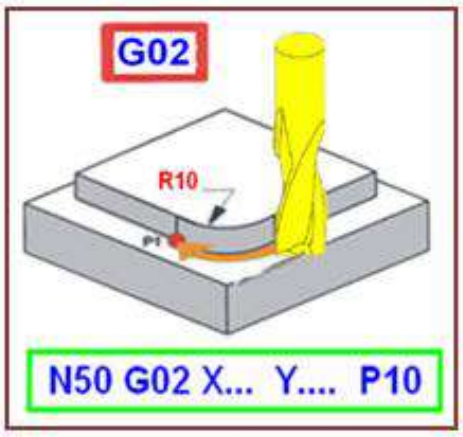
3-7-9 دالة حركة القطع الخطية Linear Interpolation (G01) Function

باستعمال هذه الدالة تتحرك العدة حركة قطع خطية بتغذية محددة مسبقا في البرنامج بمحور واحد أو محورين أو ثلاثة محاور في آن واحد وكما في الشكل(3- 11).

الشكل (3-11) كيفية الانتقال بحركة قطع خطية باستعمال الدالة G01.

3-7- 10 دالة حركة القطع الدائرية في اتجاه عقارب الساعة G02 Circular Interpolation Clock Wise

تستعمل هذه الدالة عندما يراد تشغيل أي قوس دائري، ويكون اتجاه الحركة باتجاه حركة عقارب الساعة ويتحدد مستوى التشغيل قبل البدء في استعمال هذه الدالة عن طريق الدوال (G17-G18-G19) ويجب ملاحظة أن المستوى (X-Y) المتمثل بالدالة (G17) هوالمستوى الأكثراستعمال للتشغيل ويعبّرعن نصف القطر إما بالرمز(P) أوعن طريق إحداثي مركز الدوران التزايدي I، J، K والشكل (3-12) يبين استعمال الدالة.



الشكل(3-12) استعمال الدالة G02.

11-7-3 حركة القطع الدائرية عكس اتجاه حركة عقارب الساعة G03
Circular Interpolation Counter Clock Wise

تستعمل هذه الدالة عندما يراد تشغيل إي قوس دائري، ويكون اتجاه الحركة بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة وتراعى نفس الملاحظات المحددة مع الدالة G02 مع هذه الدالة، يوضح الشكل (3-13) أستعمال هذه الدالة.

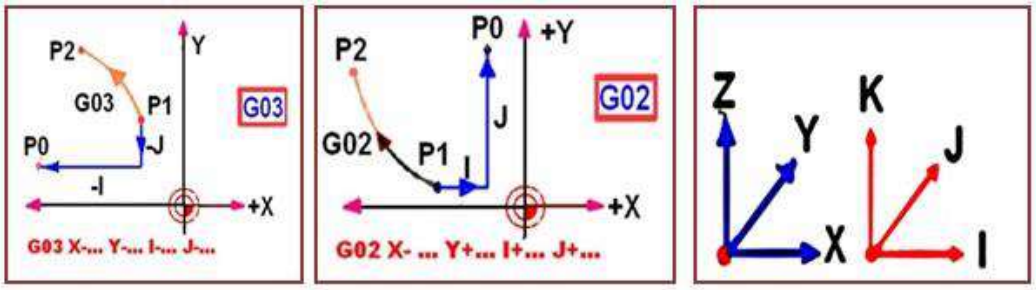
الشكل(3-13) إستعمال الدالة G03.

12-7-3 برمجة الدوال (G02 ، G03) باستعمال مركز الدوران التزايدي I، J، K

تكون صيغة برمجة الدوال G02 أوG03 بالصيغة التي تستعمل إحداثيات مركز الدوران التزايدي I، J، K بدلاً من العنوان P وهذه الصيغة تكون حاكمة في حالة كون قوس الدائرة بزاوية أكبر من 180° حيث في هذه الحالة لايمكن برمجة القوس باستعمال العنوان P، كما أن صيغة البرمجة باستعمال إحداثي نقطة بداية القوس نسبة إلى مركز الدائرة يمكن استعمالها حتى في حالة الأقواس بزوايا أقل أو مساوية إلى 180° وتعرف القيم كما مبين كالآتي:-

I	المسافة بين نقطتي بداية القوس (P1)	ومركز القوس (P0) باتجاه محور X
J	المسافة بين نقطتي بداية القوس (P1)	ومركز القوس (P0) باتجاه محورY
K	المسافة بين نقطتي بداية القوس (P1)	ومركز القوس (P0) باتجاه محور Z

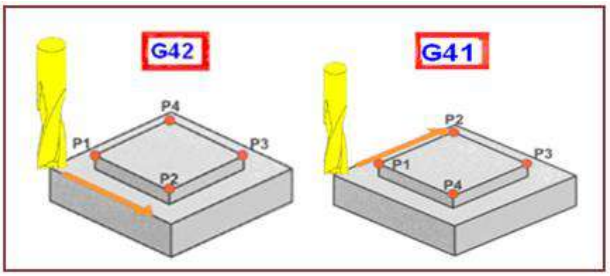
ويتم تحديد الإشارة استنادا إلى الحركة من نقطة البداية (P1) إلى نقطة المركز(P0) في اتجاه المحاور X، Y، Z ويوضح الشكل رقم (3-14) طريقة حساب إحداثيات مركز الدوران التزايدية وطريقة تمثيل الأبعاد الموجبة والسالبة تبعاً للدوال G02، G03.



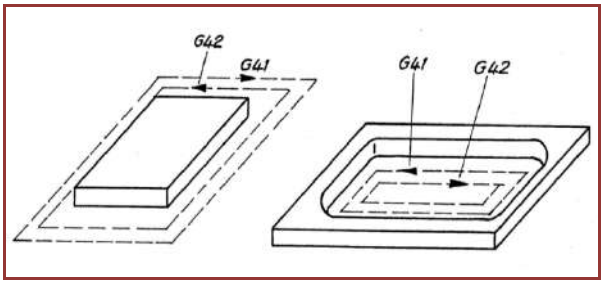
الشكل (3-14) تحديد قيم إحداثيات مركز الدوران التزايدية I، J، K المستعملة مع الدالتين G02 و G03

13 -7-3 دوال تعويض نصف قطر العدة Tool Radius Compensation

إن دوال تعويض نصف قطر العدة لها أهمية كبيرة في اختصار الحسابات اللازمة لبيانات مسار العدة وفي حالة عدم استعمالها فإن نصف قطر العدة تتم إضافته إلى الحسابات، وبذلك لايمكن التعامل بشكل مباشر مع الأبعاد المبينة على المخطط، بل يضاف أو يطرح نصف قطر العدة عند مناطق الإنتقال من خط إلى آخر أو عند مناطق التقاطع أو في حالة الأقواس مما يجعل إجراءات حساب مسار العدة معقدة وتحتاج إلى وقت أكبر. عند استعمال هذه الدوال يمكن المبرمج من اعتماد الأبعاد الحقيقية المثبتة على المخطط ،وهي تقوم بإجراء الحسابات المتعلقة بتعويض نصف قطر العدة، وتستعمل الدالة G41 في حالة مسار العدة متجها من اليسارالى يمين قطعة العمل في حين تستعمل الدالة G42 في حالة مسار العدة متجها من اليمين إلى يسار قطعة العمل. في الشكل (3-15) طريقة استعمال هاتين الدالتين، ويوضح الشكل (3-16) كيفية استعمال الدالتين في تعويض نصف قطر العدة ويتم إلغاء تأثير إي منهما باستعمال الدالة G40.



الشكل (3- 15) مبدأ عمل الدالة (G42, G41).



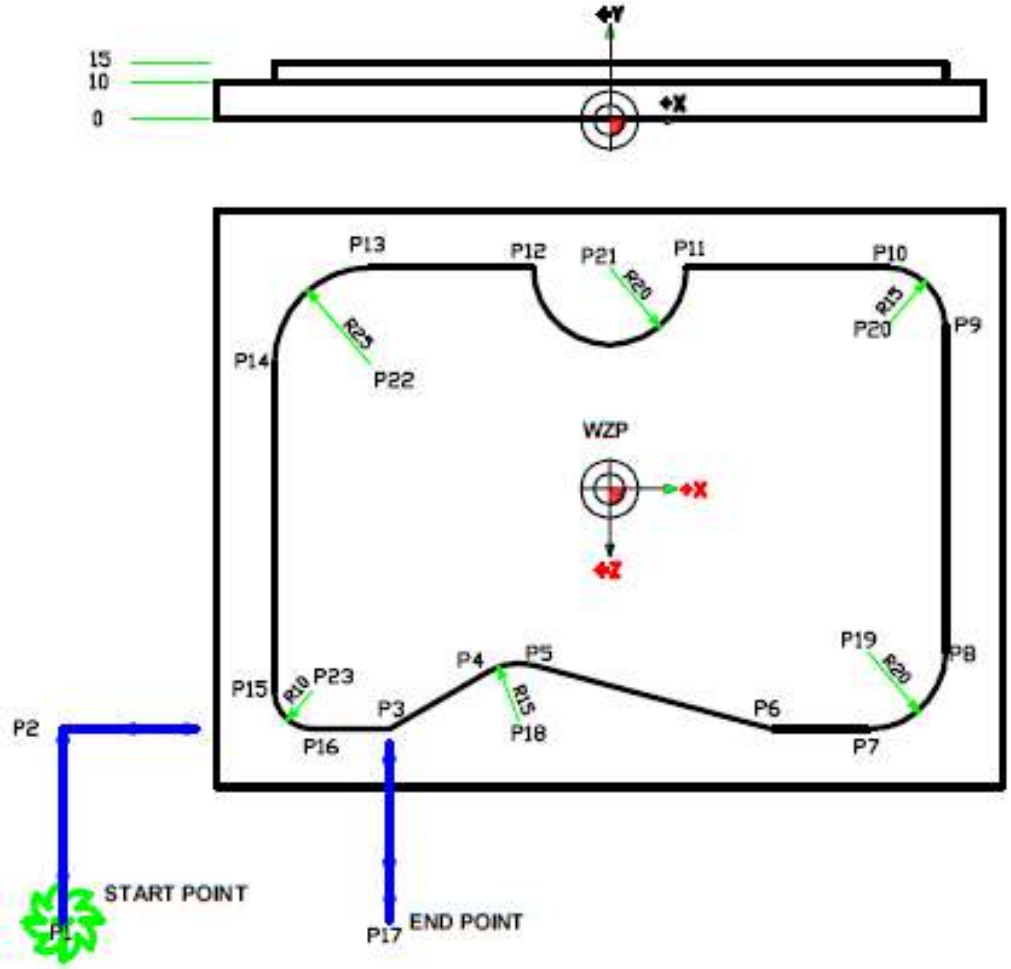
الشكل (3-16) كيفية تطبيق الدالتين G41 و G42 للتشغيلين الداخلي والخارجي.

مثال 3-1:-

اكتب برنامج القطعة (Part program) للجزء الموضح في الشكل (3- 17) مع مراعا ما يأتي:

1- معدن المشغولة: سبيكة الألمنيوم - المغنيسيوم.
2- مستوي التشغيل: X Z
3- التشغيل يكون أولي (تخشين) باستعمال سكين تفريز طرفية (End mill cutter) قطرها 25mm .
4- ظروف القطع: سرعة الدوران 1000 rpm والتغذية 400 mm/min.
5- استعمال النظام المتري والنظام المطلق.
6- استعمال دوال تعويض نصف قطرالعدة.
7- استعمال العنوان P في تحديد إنصاف أقطار التقوسات بدلا من I، J، K.
8- استعمال مسار العدة المحدد في الرسم من النقطة P1 إلى النقطة P17 ويكون الالتزام بإحداثيات نقطة بداية التشغيل ونقطة نهاية التشغيل.
9- إحداثيات نقاط مسار العدة موضحة أدناه:

Z	X	point	Z	X	point
-57.5	-62.5	P13	112.5	-142.5	P1
-32.5	-87.5	P14	62.5	-142.5	P2
52.5	-87.5	P15	62.5	-57.5	P3
62.5	-77.5	P16	47.305	-31.182	P4
112.5	-57.5	P17	45.807	-19.8	P5
60.296	-23.682	P18	62.5	42.5	P6
42.5	67.5	P19	62.5	67.5	P7
-42.5	72.5	P20	42.5	87.5	P8
-57.5	0	P21	-42.5	87.5	P9
-32.5	-62.5	P22	-57.5	72.5	P10
52.5	-77.5	P23	-57.5	20	P11
			-57.5	-20	P12



الشكل (3-17) يوضح مسار عدة القطع للمشغولة المراد تشغيلها وحساب النقاط التي تمر من خلالها العدة.

الحل:

تتم كتابة برنامج القطعة بالاستناد إلى نظام سيمنس ويوضح البرنامج (3-1) كافة الإجراءات المطلوبة لتنفيذ القطعة مع توضيح لكافة الجمل المدرجة في البرنامج، وحيث أن التشغيل أولي (غير نهائي) فإن المبرمج يترك سماحات للتشغيل النهائي ويتم ذلك بتغيير نصف قطر العدة في ذاكرة العدد وكذلك الطول، حيث يكتب نصف القطر اكبر من نصف القطر الحقيقي بمقدار معين وعلى سبيل المثال 0.3 mm وكذلك زيادة على الطول بمقدار 0.3 mm، ويكون لهذا الإجراء تأثير عند استعمال دوال تعويض نصف القطر G41 أو G42 ويؤثر أيضاً عند استدعاء أبعاد العدة T03 فتكون هناك سماحات بمقدار 0.3 mm في الأبعاد وفي عمق القطع ولكن هذا الإجراء يكون غير واضح في البرنامج إذ أن هذه الإجراءات يتم اتخاذها في ذاكرة العدد.

أما إذا كان المطلوب إجراء تشغيل آخر نهائي فيتم استدعاء عدة قطع أخرى مع تغيير ظروف القطع واستعمال نفس البرنامج السابق ولكن تكتب في هذه الحالة الأبعاد الحقيقية للعدة والمتضمنة نصف القطر والطول وهذه الإجراءات المتعلقة بعدة القطع يتم تنفيذها في ذاكرة العدد.

البرنامج (3-1)

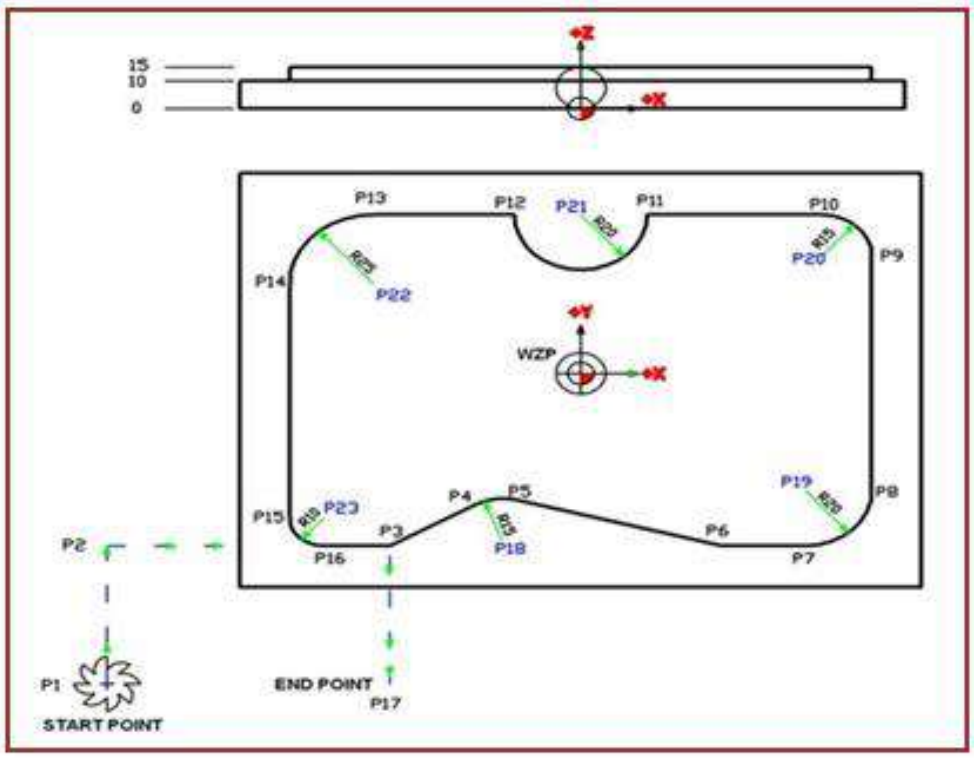
الوصف	البرنامج
يشير إلى رقم البرنامج الرئيسى	% 100
تحديد مستوي التشغيل XZ ودالة نقطة صفر القطعة والنظام المتري والإحداثيات المطلقة	N10 G18 G54 G71 G90
استدعاء عدة القطع للتشغيل الأولي أي ترك سماحات للتشغيل النهائي وتحديد موقعها في حامل العدد	N20 T03 D03 M06 (End mill 25mm-roughing)
تحديد سرعة دوران العدة(rpm) والتغذية (mm/min) واتجاه دوران العدة وفتح سائل التبريد	N30 S1000 G94 F400 M03 M08
حركة سريعة إلى نقطة البداية (start point)	N40 G00 X-142.5 Y50 Z112.5
حركة سريعة إلى مسافة أمان فوق قطعة العمل مسافة 3mm وهنا يبقى تأثير الدالة G00 حتى إذا لم تكتب	N50 Y18
النزول بحركة قطع مستقيم إلى عمق القطع المطلوب	N60 G01 Y10
تفعيل تعويض نصف قطر العدة بالدالة G42 وهي تستعمل في حالة كون العدة على يمين القطعة مع الحركة بحركة قطع مستقيم باتجاه المحور Z .	N70 G42 G01 Z62.5
حركة قطع مستقيم باتجاه المحور X	N80 X-57.5
حركة قطع مستقيم بمحورين	N90 X-31.182 Z47.305
حركة قطع دائري بإتجاه حركة عقرب الساعة	N95 G02 X-19.8 Z45.807 P15
حركة قطع مستقيم بمحورين	N100 G01 X42.5 Z62.5
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N110 G01 X67.5
حركة قطع دائري بعكس إتجاه حركة عقرب الساعة	N120 G03 X87.5 Z42.5 P20
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N130 G01 Z-42.5
حركة قطع دائري بعكس إتجاه حركة عقرب الساعة	N140 G03 X72.5 Z-57.5 P15
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N150 G01 X20
حركة قطع دائري باتجاه حركة عقرب الساعة	N160 G02 X-20 Z-57.5 P20
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N170 G01 X-62.5
حركة قطع دائري بعكس إتجاه حركة عقرب الساعة	N180 G03 X-87.5 Z-32.5 P25
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N190 G01 Z52.5
حركة قطع دائري بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة	N200 G03 X-77.5 Z62.5 P10
حركة قطع مستقيم بمحور واحد	N210 G01 X-57.5
إلغاء تأثير دالة تعويض نصف قطر العدة وغلق سائل التبريد مع حركة العدة بحركة قطع مستقيمة	N220 G40 Z112.5 M09
حركة سريعة إلى مسافة أمان فوق قطعة العمل وإنهاء البرنامج	N230 G00 Y200 M30

مثال 3-2 :

اكتب برنامج القطعة للجزء الموضح في الشكل (3- 18) مع مراعاة مايأتي:-

1- معدن القطعة: سبيكة الألمنيوم- المغنيسيوم.
2- مستوى التشغيل: X Y.
3- التشغيل يكون نهائي باستعمال سكين تفريز طرفية قطرها 25 mm.
4- ظروف القطع: سرعة الدوران 1250 rpm والتغذية 400 mm/min.
5- استعمال النظام المتري و النظام المطلق.
6- استعمل دوال تعويض نصف قطر العدة.
7- استعمل العنوان P في تحديد أنصاف أقطار التقوسات ولاتستعمل I، J، K.
8- استعمل مسار العدة المحدد في الرسم من النقطة P1 إلى النقطة P17 ويكون الالتزام بإحداثيات نقطة بداية التشغيل ونقطة نهاية التشغيل.
9- إحداثيات نقاط مسار العدة موضحة أدناه:-

Y	X	point	Y	X	point
57.5	-62.5	P13	-112.5	-142.5	P1
32.5	-87.5	P14	-62.5	-142.5	P2
-52.5	-87.5	P15	-62.5	-57.5	P3
-62.5	-77.5	P16	-47.305	-31.182	P4
-112.5	-57.5	P17	-45.807	-19.8	P5
-60.296	-23.682	P18	-62.5	42.5	P6
-42.5	67.5	P19	-62.5	67.5	P7
42.5	72.5	P20	-42.5	87.5	P8
57.5	0	P21	42.5	87.5	P9
32.5	-62.5	P22	57.5	72.5	P10
-52.5	-77.5	P23	57.5	20	P11
			57.5	-20	P12



الشكل (3-18) يوضح مسار العدة من نقطة بداية التشغيل الى نهايته مع تحديد مستوي التشغيل XY.

تتم كتابة البرنامج بالاستناد إلى نظام سيمنس ويوضح البرنامج (3-2) كافة الإجراءات المطلوبة لتنفيذ القطعة مع توضيح لقسم من الجمل المدرجة في البرنامج، في هذه الحالة لا تترك سماحات للتشغيل حيث إن التشغيل نهائي ويتم ذلك بإعطاء القيم الفعلية لنصف قطر العدة وكذلك الطول في ذاكرة العدد.

البرنامج (3-2)

البرنامج	الوصف
%011	يشير الى رقم البرنامج الرئيس
N10 G17 G54 G71 G90	تحديد مستوى التشغيل XY ودالة نقطة صفر قطعة العمل والنظام المتري والاحداثيات المطلقة
N20 T05 D05 M06 (End mill 25 mm-finishing)	إستدعاء عدة القطع للتشغيل النهائي
N30 S1250 G94 F400 M03 M08	تحديد سرعة دوران العدة ومقدار التغذية وتحديد إتجاه دوران عدة القطع وفتح سائل التبريد ملاحظة: ظروف القطع تتعلق بالتشغيل النهائي ويلاحظ زيادة سرعة دوران عدة القطع
N40 G00 X-142.5 Y-112.5 Z50	
N50 Z18	
N60 G01 Z10	

N70 G42 G01 Y-62.5	تفعيل تعويض نصف قطر العدة بالدالة G42 وهي تستعمل في حالة كون العدة على يمين القطعة مع الحركة بحركة قطع مستقيم باتجاه المحور Y
N80 X-57.5	
N90 X-31.182 Y-47.305	
N95 G02 X-19.8 Y-45.807 P15	
N100 G01 X42.5 Y-62.5	
N110 G01 X67.5	
N120 G03 X87.5 Y-42.5 P20	
N130 G01 Y42.5	
N140 G03 X72.5 Y57.5 P15	
N150 G01 X20	
N160 G02 X-20 Y57.5 P20	
N170 G01 X-62.5	
N180 G03 X-87.5 Y32.5 P25	
N190 G01 Y-52.5	
N200 G03 X-77.5 Y-62.5 P10	
N210 G01 X-57.5	
N220 G40 Y-112.5 M09	
N230 G00 Z200 M30	

أسئلة الفصل الثالث

س1) املأ الفراغات الآتية:-

1- تكون ماكينات التفريز المبرمجة ملائمة ---------.

2- طريقة الإدخال اليدوي لبرنامج القطعة في ماكينات التفريز المبرمجة يتم باستعمال ----------.

3- الرمز % يعني ---------- .

4- الدالة G00 تعني --------- .

5- الدالة G01 تعني ---------- .

6- الدالة G03 تعني ---------- .

7- الدالة G17 تعني ---------- .

8- الدالة G18 تعني---------- .

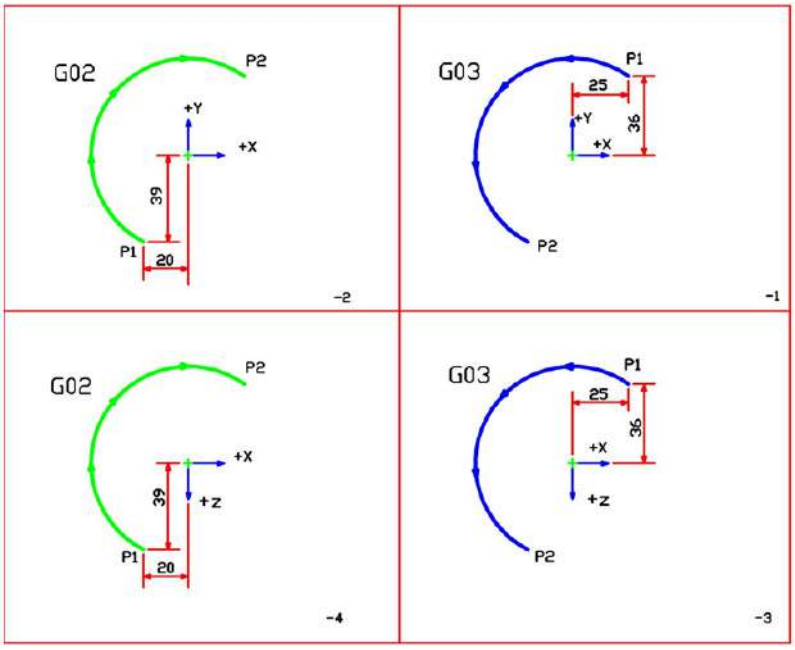
9- الدالة G90 تستعمل في----------.

10 - تستعمل الدالة G94 في تحديد----------.

س2) صحح ماتحته خط في العبارات الآتية: -

1. تنفيذ حركة دائرية بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالة G02.
2. لتنفيذ حركة دائرية باتجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالة M03.
3. لتدوير عمود الدوران بعكس اتجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالة G03.
4. عند الحاجة لتنفيذ توسيع مستطيل بعمق20 mm نستعمل سكين تفريز ذات أربعة حدود قطع.
5. الدالة G54 تشير إلى النظام المتزايد.
6. الدالة G55 تمثل النقطة المرجعية للماكينة.
7. الدالة G58 تمثل نقطة صفر القطعة التي تخزن إحداثياتها في ذاكرة نقاط صفر قطعة العمل.
8. تخزن أبعاد العدد مع العنوان T مثلا T01 في ذاكرة العدد.
9. يشير العنوان %50 إلى رقم البرنامج الفرعي.
10. تستعمل الدالة G70 لتحديد النظام المطلق.
11. تستعمل الدالة G71 لتحديد النظام المتزايد.
12. تستعمل الدالة G40 لتعويض نصف قطر العدة .

س3) احسب قيم I، J، K في الامثلة الآتية بالاستناد الى اتجاه القطع ومستويات التشغيل مع وضع الاشارات سواء كانت موجبة او سالبة: ملاحظه: P1 تعني بداية التشغيل و P2 تعني نهاية التشغيل.



س4) صف الجمل الآتية التي تمثل مقاطع من برامج بالاستناد الى الوصف الموضّح في بداية البرنامج:-

الوصف	البرنامج
يشير الى رقم البرنامج الرئيس	%100
تحديد مستوى التشغيل XZ ودالة نقطة صفر القطعة والنظام المتري والإحداثيات المطلقة.	N10 G18 G54 G71 G90
	N20 T03 D03 M06
	N30 S1000 G94 F400 M03 M08
	N40 G00 X-142.5 Y50 Z112.5
	N50 Y18
	N60 G01 Y10
	N70 G42 Z62.5
	N80 X-57.5
	N120 G03 X87.5 Z42.5 P20
	N130 G01 Z-42.5
	N160 G02 X-20 Z-57.5 P20
	N220 G40 G01 Z112.5 M09

البرنامج	الوصف
%160	
N10 G18 G54 G71 G90	اختيار مستوى التشغيل وتحديد دالة نقطة صفر البرنامج واختيار النظام المتري والنظام المطلق
N30 S1250 G94 F400 M03 M08	
N40 G59 X75 Z75	
N50 G00 X0 Y5 Z0	
N60 R01 25 R02 25 R03 15 R04 20 R05 8 R06 11 R07 20	
N70 L1205	
N80 G59 X0 Z0	
N90 G00 Y100 M30	

س5) سؤال حول برنامج القطعة (Part Program):-

أعد كتابة البرنامج الموضّح في المثال (3-1) باستعمال مستوى التشغيل G19، المستوى Y-Z.

الفصل الرابع/التجليخ

أهداف الفصل

أن يكون الطالب بعد إنهائه دراسة الفصل قادراً على أن: -

1 – يُعرّف عملية التجليخ.

2 – يصف الأجزاء الرئيسة لأهم أنواع ماكينات التجليخ.

3 – يحدد استعمالات الأنواع المختلفة لماكينات التجليخ.

4 – يميزّ بين عمليات التجليخ المتنوعة.

5 – يُعدد أنواع المواد التي تصنع منها الحبيبات القاطعة والمادة الرابطة لأحجار التجليخ.

6 – يعلل أسباب بلي حجر التجليخ.

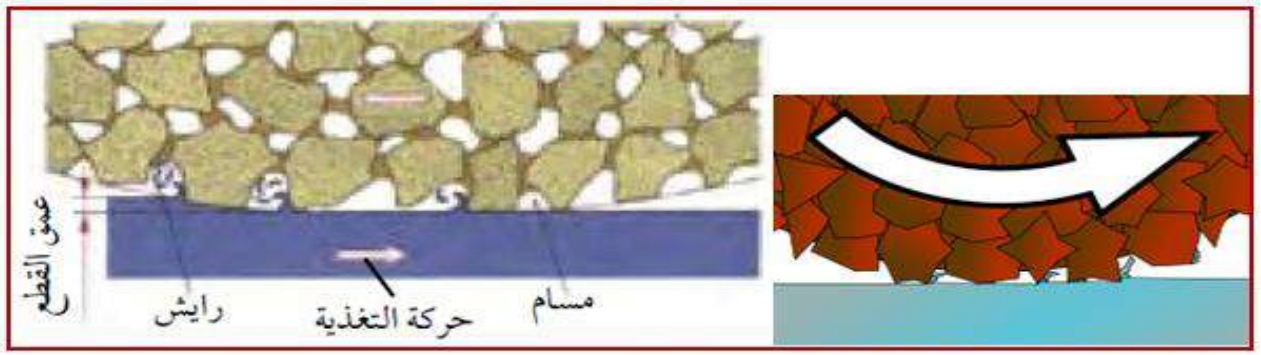
7 – يحسب زمن التجليخ الرئيس لعمليات التجليخ المختلفة.

تمهيد

يُعد التجليخ أحد الطرائق في تشغيل المعادن، وتكمن أهميته في طبيعة الإجراء الذي يتم فيه إزالة أجزاء صغيرة جداً ينتج عنها أسطح ناعمة وتتميز العملية باستعمال عمق قطع قليل وسرعة قطع عالية مع تغذية بطيئة لتحقيق دقة ابعاد عالية ويمكن في هذه العملية تدويرقطعة العمل مع ثبات حجر التجليخ أوبالعكس.

4-1 عملية التجليخ Grinding

التجليخ هو عملية تشغيل نهائي تستخدم لإزالة طبقة رقيقة جدًا من سطح المعدن باستخدام عجلة تجليخ دوّارة (Grinding Wheel) مغطاة بحبيبات صلبة، وعند ملامسة الحبيبات لقطعة العمل تتصرف كأدوات قطع، كل منها يزيل جزء صغير من المشغولة. وتُستخدم هذه العملية للحصول على أسطح ناعمة ودقيقة الأبعاد. ومن الخطأ الشائع أعتبارعملية التجليخ بأنها تجري بفعل الإحتكاك، لكنها في الحقيقة عملية قطع كما في عمليات التثقيب والخراطة والتفريز. الحبيبات القاطعة يمكن أن تكون على شكل أحجار مترابطة، (حبيبات قاطعة + مادة رابطة) أوالأحزمة المطلية، وتتم عملية إزالة الرايش بطريقة تغذية المشغولة إلى حجر التجليخ الدائر، أو بطريقة ضغط حجر التجليخ **الدوّار** إلى المشغولة، الشكل (4-1).



الشكل (4 - 1) طريقة التجليخ عن طريق الحبيبات القاطعة.

4- 2 ماكينات التجليخ Grinding Machines

هي تلك الماكينات المستعملة في قطع المعادن عن طريق أحجار التجليخ الدوّارة، وتتم تغذية حجر التجليخ في ماكينات التجليخ أما بصورة موازية أوعمودية على محور دوران حجر التجليخ، أما حركة المشغولة فتكون دورانية أو خطية مستقيمة.

وتستعمل ماكينات التجليخ للأغراض الآتية: -

1 – عمليات إنهاء السطوح الاسطوانية أو المستوية التي تتطلب دقة عالية في الأبعاد.

2 – تجليخ المشغولات المعقدة كأسنان اللوالب وأسنان التروس والحدبات (Cams).

3 – حد (شحذ) عدد القطع المختلفة كأقلام الخراطة والقشط والمثاقب وسكاكين التفريز وغيرها.

4 – تجليخ القطع المعدنية الخام مباشرة دون الحاجة إلى عمليات خراطة أو تفريز أو أي تشغيل أولي على ماكينات أخرى.

أنواع ماكينات التجليخ

1 – ماكينات التجليخ اليدوي والمنضدية.
2 – ماكينات تجليخ السطوح المستوية.
3 – ماكينات التجليخ الاسطواني (الخارجي والداخلي).
4 – ماكينات التجليخ اللامركزي.
5 – ماكينات التجليخ الخاصة.

1-2-4 ماكينات التجليخ اليدوية

تستعمل ماكينات التجليخ اليدوية في عمليات التجليخ التقريبية حيث يكون سماح التشغيل فيها كبير(التجليخ الخشن) كالتخلص من الزوائد في المسبوكات وتجليخ مواقع اللحام وحد عدد القطع المختلفة وكذلك قص قطع العمل المصلدة وغير المصلدة من انواع الفولاذ والزهر والألمنيوم، ويمكن تقسيمها إلى ثابتة ومتنقلة.

ماكينات التجليخ الثابتة: -

تكون هذه الماكينات مثبتة على طاولة العمل أوعلى قاعدة معدنية تثبت في أرضية الورشة. ويدار حجر التجليخ فيها بوساطة محرك كهربائي. وتستعمل بصفة رئيسة في شحذ أدوات القطع. وتكون هذه الماكينات مزوّدة بمساند خاصة لحمل المشغولة المراد تجليخها ويجب ان يكون المسند أقرب ما يمكن من حجر التجليخ وذلك لمنع إحتمال انزلاق المشغولة أوحشرها بين حجر التجليخ والمسند مما يؤدي إلى كسر الحجر وتلف المشغولة. وعند إجراء عمليات التجليخ يجب عدم ضغط المشغولة بشدة على حجر التجليخ الدائر فضلاً عن تحريك المشغولة يدويا على وجه الحجر من جانب إلى آخر بحركة ترددية، وذلك لتجنب إحتراق حجر التجليخ، وكذلك لجعل تآكل حجر التجليخ متساويا ومنتظما. وتوجد ماكينات تجليخ يدوية متنقلة تستعمل في تشذيب الحافات وقطع المعادن في موقع العمل، وفي كلا النوعين لايستعمل سائل التبريد.

2-2-4 ماكينات تجليخ السطوح المستوية

يستعمل التجليخ السطحي في تشغيل السطوح المستوية والتي يمكن تثبيت قطعة العمل ميكانيكاً أو مغناطيسياً عن طريق ماكينات متخصصة.

ويمكن أن تقسم هذه الماكينات تبعاً لوضع عمود الدوران الى نوعين هما: -

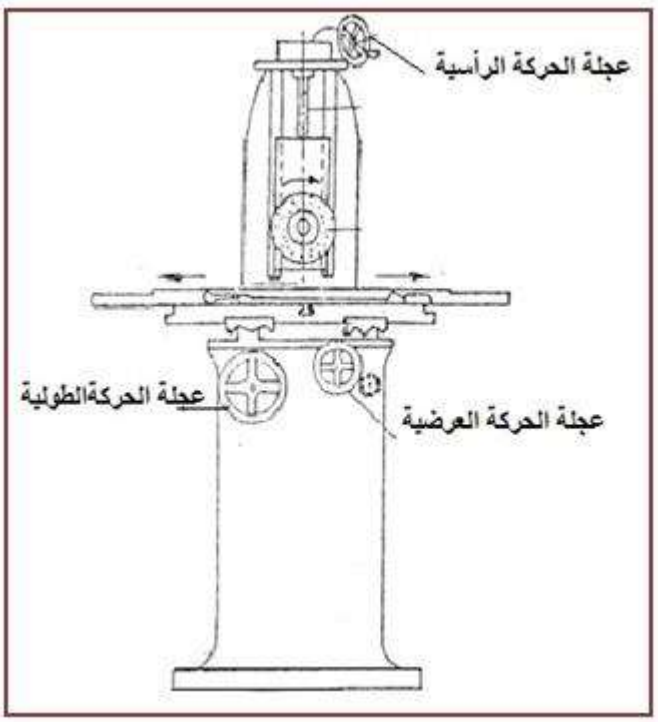
- **ماكينات التجليخ السطحي الافقية وماكينات التجليخ السطحي العمودي، الشكل (4-2).**

الشكل (4 - 2) ماكينات التجليخ السطحي الأفقية والعمودية.

وتكون الطاولة التي تحمل المشغولة في هذين النوعين إما من نوع ذي العربة (الترددية) وتتحرك طوليا ذهابا وإيابا، أو تكون مستديرة وتتحرك دائريا (رحويا). ويقاس حجم ماكينات التجليخ السطحي بابعاد طاولتها ذات العربة أو بقطر طاولتها المستديرة.

أولا: ماكينات التجليخ السطحي الأفقية

تستعمل هذه الماكينات في عمليات التجليخ النهائية(Finishing) لإنتاج وصقل سطوح مستوية عالية الدقة. ويكون عمود الدوران الحامل لحجر التجليخ فيها أفقيا. والشكل (4- 3) يوضح مخطط ماكينة التجليخ السطحي الأفقية.



الشكل (4 - 3) مخطط ماكينة التجليخ السطحي الأفقية.

وتتكون الماكينة من الأجزاء الآتية: -

1 – القاعدة (الهيكل): يجب أن يكون ذا متانة عالية ويتحمل السرعات العالية دون اهتزاز.

2 – القاعدة: لحمل الطاولة.

3– الطاولة: لتثبيت المشغولات.

4– الراسمة: وتتحرك إلى أعلى وأسفل حاملة عمود حجر التجليخ.

5– عمود الدوران: ويكون بوضع أفقي ووظيفته حمل حجر التجليخ وإعطائه الحركة الدورانية.

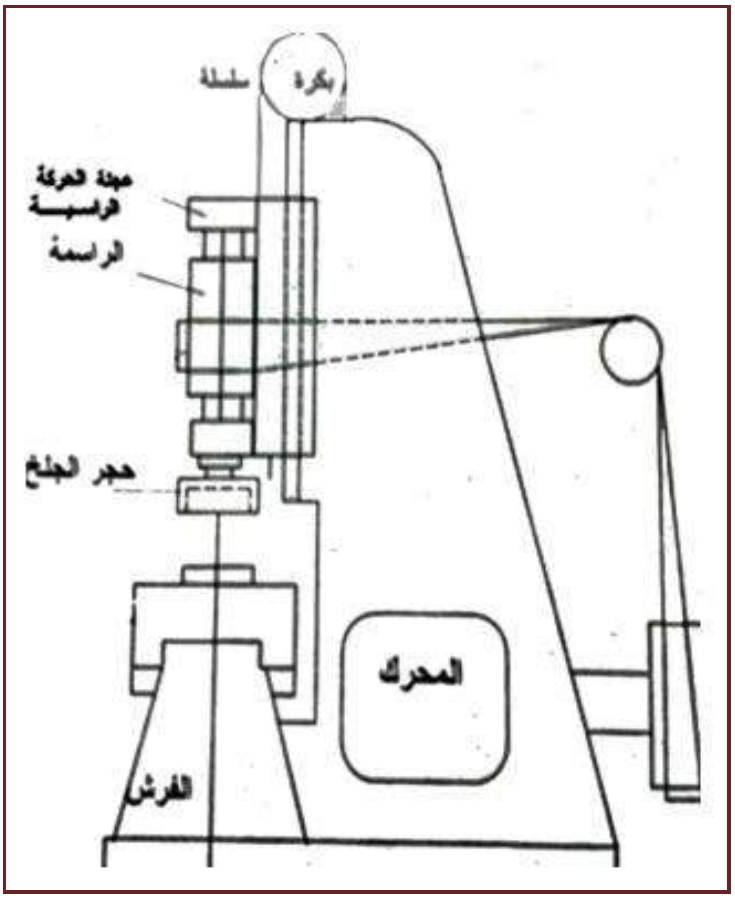
6– عجلة الحركة الطولية للطاولة.

7– عجلة الحركة العرضية.

8 – عجلة الحركة الراسية لحجر التجليخ: التي تدير العمود المقلووظ والذي يدور براسمة حجر التجليخ.

ثانياً: - ماكينة التجليخ السطحي العمودية

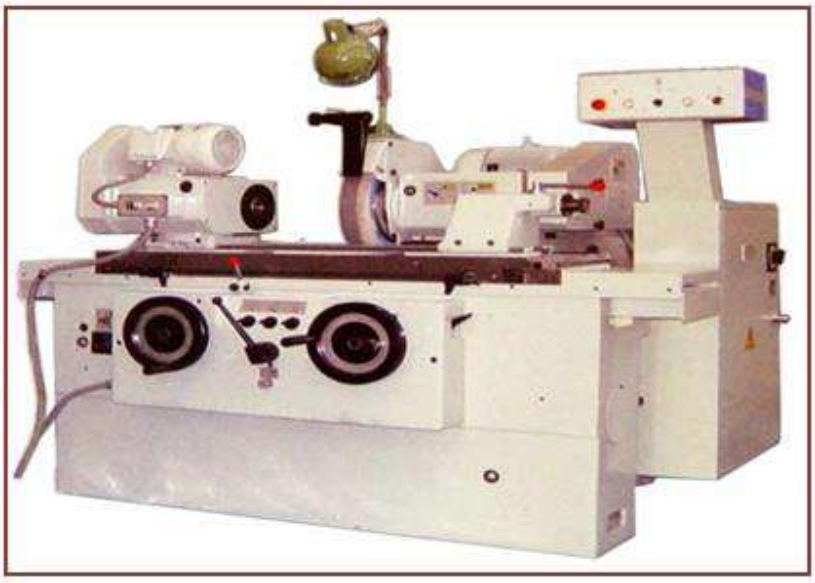
تستعمل هذه الماكينات في عمليات التجليخ الثقيلة (إزالة كمية كبيرة من الرايش في وقت قليل). يكون عمود الدوران الحامل لحجر التجليخ فيها عموديا على طاولة العمل الشكل (4-4).



الشكل (4 - 4) مخطط ماكينة التجليخ السطحي العمودية.

3-2-4 ماكينات التجليخ الاسطواني Cylindrical Grinding Machines

تستعمل هذه الماكينات لتجليخ السطوح الخارجية للأجزاء الاسطوانية، ويمكن أن تكون هذه السطوح مستقيمة، مستدقة (مخروطية) أومنشورية. وهذه الماكينات مشابهة لماكينة الخراطة، لكن يتم استبدال المخرطة بماكينة التجليخ الاسطواني عندما تكون المشغولة صلدة أو عندما تكون هناك حاجة لدقة عالية في الشكل والأبعاد وجودة إنهاء سطحي فائق. ويقاس حجم ماكينة التجليخ الاسطواني بأكبر قطر وطول المشغولة التي يتم انجازها على الماكينة، الشكل (4-5).

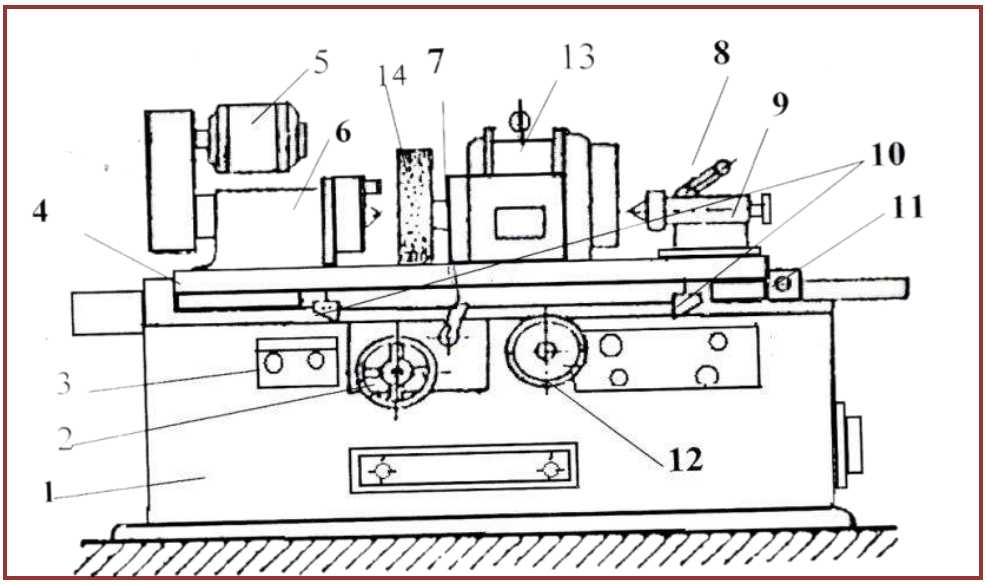


الشكل (4 – 5) ماكينة التجليخ الاسطواني.

هنالك عدة طرائق رئيسة لتشغيل وادارة الماكينات وهي: -

التحكم اليدوي (Manual Manipnlation) والتحكم الرقمي (Numerical Control)

البرمجة اليدوية تتم من خلال لوحة تغذية أو بطاقات مثقبة وهي طريقة قديمة، أو أدارة الماكينة عن طريق حاسوب منفصل للتواصل معها ويبين الشكل (4-6) أجزاء ماكينة التجليخ الأسطواني ذات التشغيل اليدوي.



الشكل (4 - 6) أجزاء ماكينة التجليخ الاسطواني.

1 -القاعدة . 2 - عجلة لتحريك العربة يدويا. 3 - مفتاح الإدارة. 4 - العربة (الطاولة). 5 - محرك كهربائي لإدارة غراب الرأس. 6 - غراب الرأس. 7 - ذراع التحكم في مشوار العربة. 8 - ذراع تثبيت غراب الذيل في مكانه. 9 - غراب الذيل. 10 – مصدان. 11 - مسمار قلاووظ. 12 - عجلة لتحريك الحجر إلى الإمام والخلف. 13 - محرك كهربائي لإدارة حجر التجليخ. 14 - حجر التجليخ.

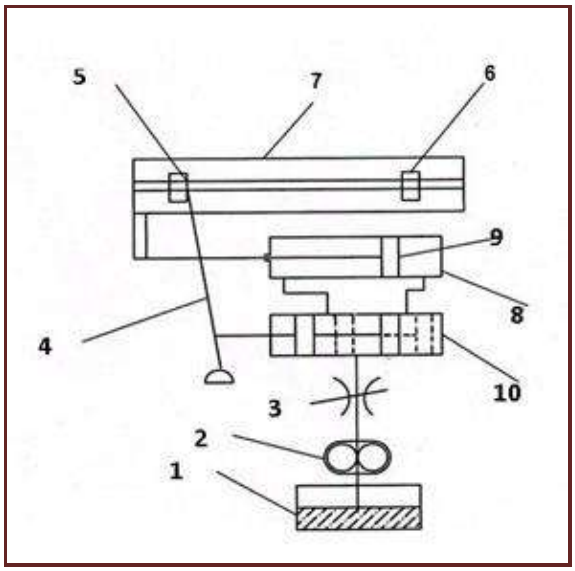
ويمكن تلخيص الاجزاء الرئيسية لماكينة التجليخ الاسطواني كما يلي: -

1 – القاعدة: وهي التي تحتوي على جميع مكوّنات الماكينة ووسائل تشغيلها. وتقوم القاعدة بحمل الطاولة والرأس الحامل لحجر التجليخ. إذ يوجد أعلى القاعدة أخاديد طويلة تستعمل كدليل تتحرك عليه الطاولة. وعلى الجانب الأمامي له توجد عجلات التشغيل اليدوية والأوتوماتيكية ويوجد في داخله آلية الحركة الهيدروليكية للطاولة.

2 – الطاولة (العربة): وتتكون من: -

أ – الطاولة السفلى: تؤدي هذه الطاولة الحركة الترددية الأفقية بوساطة نظام هيدروليكي. ويمكن تحريكها أيضا بوساطة عجلة يدوية عن طريق مجموعة من التروس. ويتم ضبط طول الشوط وعكس حركة الطاولة في نهاية كل شوط بوساطة مصدين مثبتين في مجاري طولية خاصة بها على جانب هذه الطاولة.

ويبين الرسم التخطيطي في الشكل (4-7) الأجزاء المكوّنة للنظام الهيدروليكي.



الشكل (4 – 7) أجزاء النظام الهيدروليكي لحركة الطاولة السفلى.

1 – خزان الزيت. 2– مضخة الزيت ذات التروس.3 – صمام خانق. 4 – ذراع عكس الحركة لعكس اتجاه دخول الزيت. 5، 6 – مصدات. 7– الطاولة السفلى. 8 – اسطوانة ذات مكبس واحد. 9 – مكبس. 10 – اسطوانة ذات مكبسين (صمام اتجاهي).

يندفع الزيت من خزان الزيت بفعل مضخة الزيت ذات التروس والتي تأخذ حركتها من محرك كهربائي إلى الصمام الخانق المتغيّرومنه إلى الاسطوانة ذات المكبسين ليسمح بدخول الزيت من الجهة اليسرى إلى الاسطوانة ذات المكبس الواحد فيتحرك المكبس في هذه الاسطوانة إلى جهة اليمين ساحبا الطاولة في اتجاهها نفسه، وعند اصطدام المصد في الجهة اليسرى بذراع عكس الحركة فأنه يعمل على تغيير وضع المكبسين في الصمام الاتجاهي مما يسمح بدخول الزيت إلى الجهة اليمنى من الاسطوانة ذات المكبس الواحد فيتحرك المكبس إلى

جهة اليسار ساحبا معه الطاولة في اتجاهه حتى يصطدم المصد في جهة اليمين بذراع عكس الحركة وهكذا يتم تحريك الطاولة يميناً ويساراً، وتتميز طريقة إدارة الطاولة هيدروليكياً بما يأتي :-

1 – إمكانية الحصول على سرعات مختلفة تبعا لفروق الضغط بين جهتي المكبس.

2 – سهولة أستعمالها من قبل مشغل الماكينة.

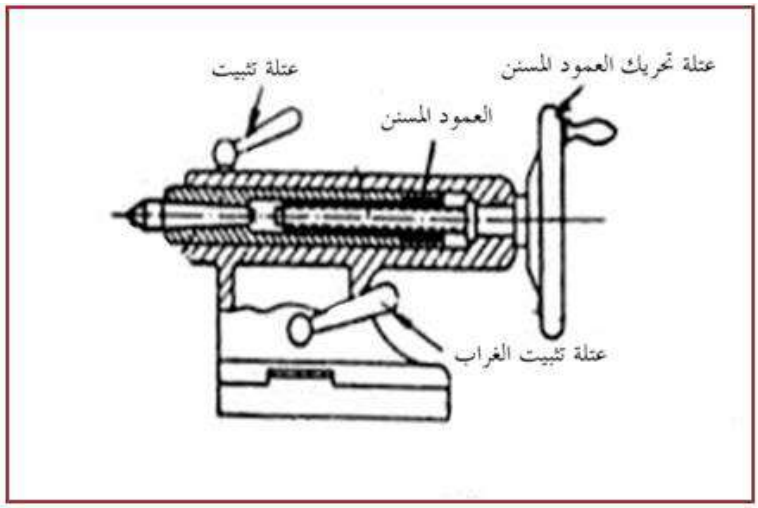
3 – عدم حدوث ضوضاء عند تغير اتجاه حركة الطاولة.

4 – عدم حدوث اهتزازات عند حركة الطاولة وبالتالي إمكانية الحصول على جودة إنهاء عالية.

ب –الطاولة العليا: تكون مثبتة فوق الطاولة السفلى وهي مزودة بأخاديد على شكل حرف (T) لتثبيت غراب الرأس وغراب الذيل عليها. ويمكن تدوير الطاولة العليا بزاوية أقصاها (15°)عند تجليخ السلبات صغيرة الميل، اما السلبات كبيرة الميل فيتم تجليخها بوساطة إمالة الرأس الحامل لحجر التجليخ.

3 – غراب الرأس (الغراب الثابت): يستعمل غراب الرأس في تثبيت المشغولة وإعطائها الحركة الدورانية. ويستمد عمود دوران غراب الرأس حركته الدورانية من محرك كهربائي مستقل موجود في أعلى غراب الرأس.

4 – غراب الذيل (الغراب المتحرك): يستعمل غراب الذيل (مثل الغراب المتحرك في المخرطة) في إسناد نهاية المشغولة الاسطوانية الطويلة المربوطة بين مركز غراب الرأس ومركز غراب الذيل بوساطة الذنبة والشكل (4 - 8) يوضح مقطع لغراب الذيل إذ يحتوي على نابض خاص في داخله يسمح بتمدد المشغولة نتيجة زيادة الحرارة أثناء التشغيل.

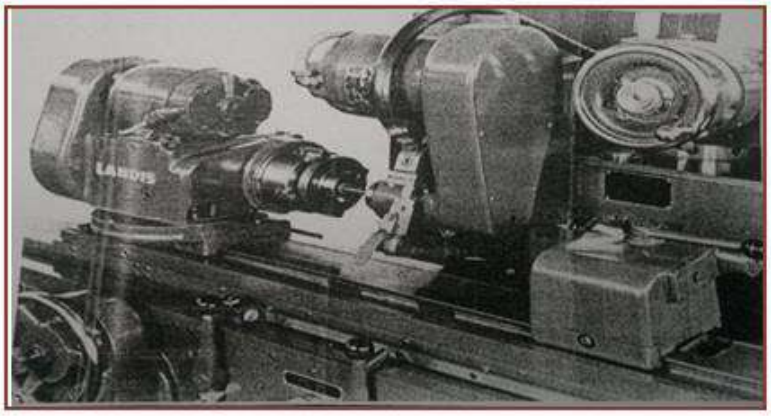


الشكل (4 - 8) غراب الذيل.

5 – الراس الحامل لحجر التجليخ (غراب حجر التجليخ): يقوم هذا الرأس بحمل عمود دوران حجر التجليخ الذي يستمد حركته الدورانية عن طريق محرك كهربائي موجود في أعلى الرأس وأحزمة نقل الحركة. ويمكن تحريك الرأس الحامل لحجر التجليخ في مسالك عرضية بطريقة يدوية أو هيدروليكية ميكانيكية وفي الاتجاه العمودي لحركة الطاولة الطولية للحصول على حركة عمق القطع. ويمكن تدوير هذا الرأس بزاوية عند تجليخ السلبات الكبيرة الإنحدار.

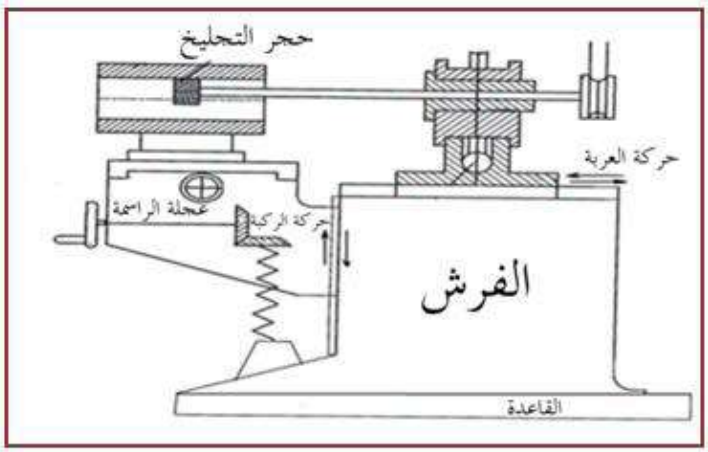
4-2-4 ماكينات التجليخ الداخلي : Internal Grinding Machines

تستعمل هذه الماكينات في تجليخ الثقوب المستقيمة، المستدقة (المخروطية)، والمشكلة (Formed). كما تستعمل أيضا في تجليخ الأوجه الجانبية لهذه المشغولات. ولا يجوز أن يتجاوز قطر حجر التجليخ ثلثا القطر الداخلي للثقب المطلوب تجليخه. وذلك حتى لا تزداد مساحة التلامس بين حجر التجليخ والمشغولة أكثر من اللازم مما قد يؤدي إلى تسخين شديد للسطح المشغل وصعوبة في عملية إزالة الرايش. يبين الشكل (4-9) ماكينة التجليخ الداخلي.



الشكل (4- 9) ماكينة التجليخ الداخلي.

الشكل (4-10) يوضح مخطط لماكينة التجليخ الداخلي مؤشرعليه الأجزاء .



الشكل (4 -10) مخطط ماكينة التجليخ الداخلي.

يمكن تلخيص الأجزاء الرئيسة لماكينة التجليخ الداخلي كما يأتي:-

1 –قاعدة الماكينة.

2 – قاعدة العربة: تحتوي على دليل جانبي لتحريك الركبة ودليل في أعلاه لتحريك العربة حركة ترددية أفقية.

3 – العربة: وتقوم بحمل الرأس الحامل لحجر التجليخ.

4 – الرأس الحامل لحجر التجليخ.

5 – الركبة: وتتحرك إلى الاعلى والاسفل.

6 – الراسمة: وتكون محمولة على الركبة وتتحرك إلى الداخل والخارج.

ويوجد نوعان من هذه الماكينات هما:

1 – ماكينات التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران: تستعمل هذه الماكينات في تجليخ المشغولات الصغيرة الحجم نسبيا لإمكانية تدويرها، والتي يمكن ربطها بالقابض الثلاثي الفكوك أو القابض ذي اللقم المستقلة، كما في تجليخ السطوح الداخلية للحلقات.

2 – ماكينات التجليخ الداخلي للمشغولات التي لايمكنها الدوران: تستعمل هذه الماكينات في تجليخ المشغولات الكبيرة الحجم والثقيلة نسبيا والتي يصعب تدويرها. ويتم تثبيتها على طاولة الماكينة باستعمال مثبتات الربط. كما في تجليخ السطوح الداخلية لاسطوانات محركات الاحتراق الداخلي وغيرها من المشغولات الأخرى وتسمى بماكينات التجليخ الكوكبي.

5-2-4 ماكينات التجليخ اللامركزي Centerless Grinding Machines

تستعمل هذه الماكينات لتجليخ المشغولات الاسطوانية (السطوح الخارجية والداخلية) والتي لاتثبت بين المركزين أو بأي وسيلة ربط اخرى، وإنما يتم إسنادها بوساطة مساند خاصة، الشكل (4-11). ويتميّز التجليخ اللامركزي بما يأتي: -

1 – يحتاج إلى مهارة أقل لتشغيل الماكينة.

2 – عدم الحاجة لتثبيت المشغولة في القابض أو الماسكات أو وسائل التثبيت الأخرى.

3 – عدم الحاجة إلى استعمال التجاويف المركزية للمشغولة لغرض تثبيتها.

4 – تكون المشغولة مستندة بثبات ، فلا يوجد اصطكاك أو انحناء في المشغولة.

5 – سريعة وتلائم بصورة خاصة العمل الإنتاجي.

6 – يمكن السيطرة على مقاس المشغولة بسهولة.

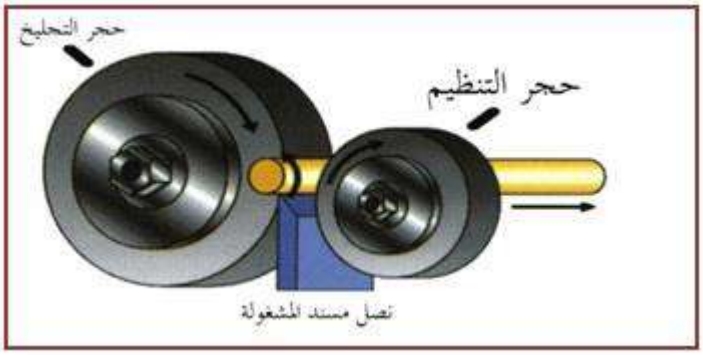
الشكل (4 - 11) ماكينة التجليخ اللامركزي

وتنجز عملية التشغيل بالتجليخ اللامركزي عن طريق آلية تتكون مما يأتي، الشكل (4-12)

1 – حجر التجليخ الرئيس Grinding Wheel

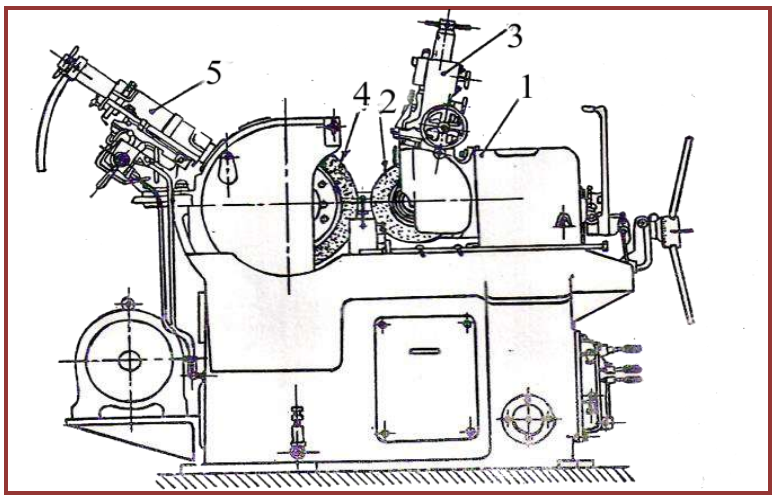
2 – حجر التنظيم (قرص التغذية) Regulating Wheel

3– نصل مسند المشغولة Work Rest Blade



الشكل (4 - 12) الأجزاء الرئيسة لآلية التجليخ اللامركزي.

يكون قطر حجر التنظيم أصغر من قطر حجر التجليخ الرئيس ويثبت بطريقة تمكن من تسليط ضغط جانبي على قطعة العمل ومكوّن من حبيبات مع مادة رابطة مطاطية لإحكام حصر قطعة العمل ويدور باتجاه الدوران نفسه لحجر التجليخ الرئيس. أما اتجاه دوران المشغولة فيكون بعكس الاتجاه. وتكون سرعة حجر التنظيم أقل بكثير من سرعة حجر التجليخ الرئيس. وتتم الحركة الدورانية للمشغولة والتغذية الطولية لها عن طريق حجر التنظيم. الشكل (4 - 13) يوضح مخطط لماكينة التجليخ اللامركزي ومؤشرعليه الأجزاء.



الشكل (4 - 13) مخطط لأجزاء ماكينة التجليخ اللامركزي .

1 – الرأس الحامل لحجر التنظيم 2 – حجر التنظيم 3 – آلية تسوية حجر التنظيم 4– حجر التجليخ الرئيس

5 – آلية تسوية حجر التجليخ الرئيس.

4- 3 عمليات التجليخ Grinding Operations

4-3-1 عمليات التجليخ اليدوية

أولا: شحذ أقلام الخراطة: -

يتم شحذ أدوات أقلام الخراطة حسب مقادير الزوايا المناسبة لتشغيل المعادن المختلفة، ويستعمل لشحذ أقلام الخراطة المصنوعة من فولاذ السرعات العالية أحجار تجليخ من الكوراندم، ولشحذ أقلام الخراطة ذات اللقم الكاربيدية يستعمل أحجار لينة (طرية) مصنوعة من كاربيد السيليكون. ويستعمل للشحذ الابتدائي أحجار تجليخ خشنة الحبيبات وللشحذ النهائي أحجار دقيقة الحبيبات، ويكون شكل أحجارالتجليخ طبقيا ويستعمل للتجليخ الابتدائي، أواسطوانيا مجوفا ويستعمل للتجليخ النهائي، كما في الشكل (4-14).

الشكل (4 - 14) أحجار التجليخ المستعملة لشحذ أقلام الخراطة.

إن عملية التجليخ تحتاج الى مهارة في تقدير قيم الزوايا المطلوبة، لذلك تزوّد ماكينات التجليخ اليدوي بملحقات خاصة لتسهيل عملية شحذ أقلام الخراطة حسب المواصفات والزوايا المطلوبة بسهولة.

ومن هذه الملحقات: -

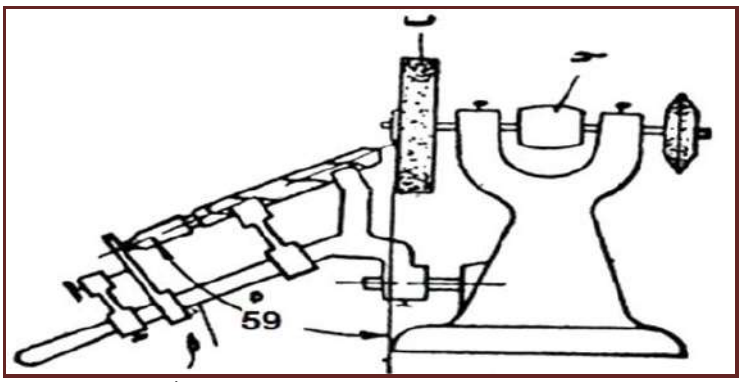
1 – الطاولة القلابة: - وهي طاولة قابلة للضغط ، ترتكز عليها أداة القطع ويتم إمالة الطاولة وتثبيتها على الزاوية المطلوبة بوساطة مقبض التثبيت.

2 – الطاولة المتذبذبة: - وهي طاولة قابلة للضغط ، ترتكز عليها صفيحتين من الفولاذ المرن تسمحان لها بحركة طولية متذبذبة عند دفعها باليد، ويحتوي السطح العلوي للطاولة على أخاديد على شكل حرف (T) لتثبيت ملحقات التجليخ المختلفة، ويتم تثبيت أداة القطع على الطاولة بوساطة منقلة الربط بالاتجاه المناسب في مواجهة حجر التجليخ، كما يمكن إمالة سطح الطاولة كما في الطاولة القلّابة ويبين الشكل (4 - 15) الطاولة المتذبذبة.

الشكل (4 - 15) الطاولة المتذبذبة

ثانيا: شحذ المثاقب الملتوية:

يتم شحذ المثاقب الملتوية بتجليخ أسطح الخلوص خلف حدي القطع الرئيسين، بحيث يشكلان زاوية مقدارها (118°) في حالة مثاقب الصلب (الفولاذ). وينشأ عن خط اتصال سطحي الخلوص عند قمة المثقب حد قطع مستعرض يسمى الدليل ويشكل زاوية مقدارها (55°)، ولهذه الزاوية أهمية كبرى في عملية الشحذ والثقب . ويجب استعمال أحجار تجليخ ليّنة (طرية) عند عملية الشحذ حفاظا على الحدود القاطعة للمثقب من الخدش ولمنع توهجها، ويجب استعمال سائل تبريد بوفرة. يوضح الشكل (4-16) عملية التجليخ للمثقاب الحلزوني.



الشكل (4 - 16) شحذ المثاقب الحلزونية.

2-3-4 عمليات التجليخ الإلية (الميكانيكية)

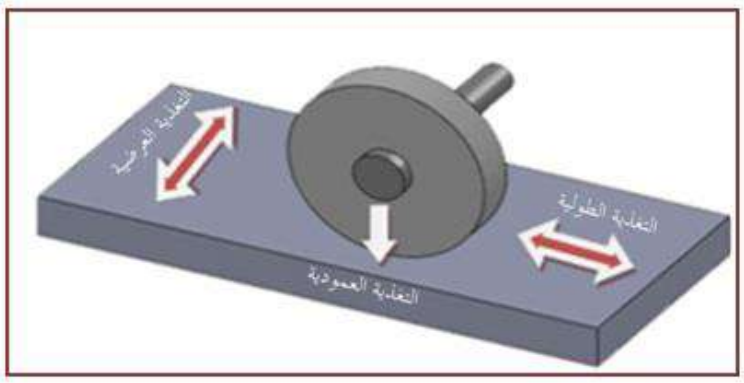
أولاً: - عمليات التجليخ السطحي

تتم عملية التجليخ السطحي في ماكينات التجليخ السطحي الأفقية بوساطة المحيط الخارجي لحجر التجليخ وتسمى هذه الطريقة بالتجليخ المحيطي، ويستعمل لهذا الغرض أحجار تجليخ قرصية. إما في ماكينات التجليخ السطحي العمودية فتتم بوساطة السطح الطرفي (الجبهي) لحجر التجليخ وتسمى هذه الطريقة بالتجليخ الجبهي، ويستعمل لهذا الغرض أحجار تجليخ فنجانية أو حلقية.

لذلك يمكن تصنيف عمليات التجليخ السطحي إلى أربعة أنواع وهي: -

1 – عمود الدوران الأفقي / الطاولة الترددية: (تجليخ محيطي):

وهذا النوع من التجليخ هو الأكثر شيوعا في الصناعة، الشكل (4 - 17) وفيه تتحرك المشغولة المثبتة على الطاولة حركة طولية ترددية مستقيمة تحت حجر التجليخ. يجري تحريك الطاولة طوليا بوساطة نظام هيدروليكي، ويتم ضبط طول الشوط وعكس الحركة بوساطة مصدين على جانبها، ويمكن تحريكها بطريقة يدوية أيضا. حجر التجليخ مثبت على عمود دوران أفقي ويدور حول محوره عن طريق محرك كهربائي ومحيطه يعمل على القطع عندما يلامس المشغولة. حركة التغذية العرضية تكون باتجاه محور حجر التجليخ وتكون بطريقة آلية أو يدوية. الرأس الحامل لحجر التجليخ يتحرك عموديا للتحكم بحركة عمق القطع.



الشكل (4 - 17) التجليخ المحيطي بطاولة ترددية.

2 – عمود الدوران الأفقي / الطاولة الدوارة (التجليخ المحيطي): -

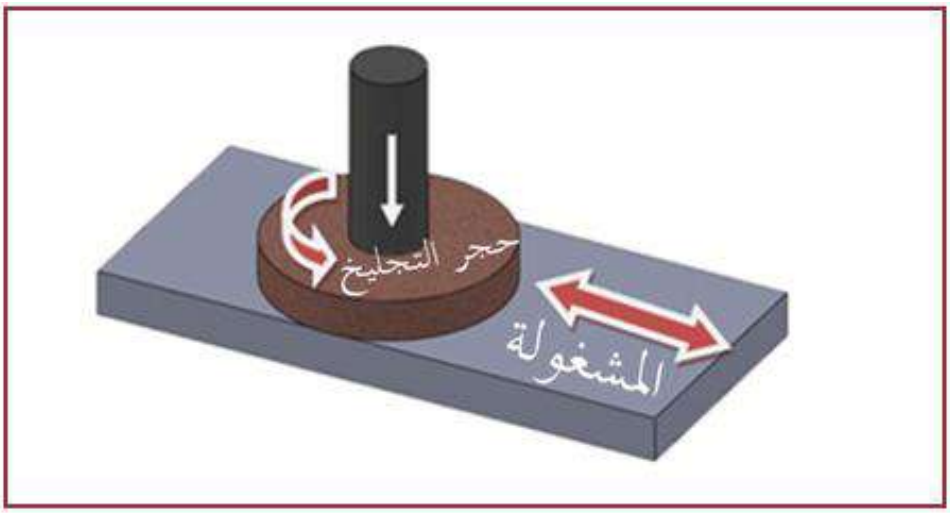
محيط حجر التجليخ في هذا النوع من التجليخ هو المسؤول عن عملية القطع، الشكل (4-18) إذ تثبت فيه المشغولة على الطاولة المستديرة التي تدور حول محورها الراسي عن طريق محرك كهربائي، حجر التجليخ يدور كذلك حول محوره الأفقي عن طريق محرك كهربائي، الرأس الحامل لحجر التجليخ يتحرك عبرالمشغولة ليعطي حركة التغذية العرضية الضرورية. تتم السيطرة على معدل إزالة المعدن (عمق القطع) بوساطة مقدار

نزول الرأس الحامل لحجر التجليخ. ويستعمل هذا النوع من التجليخ في تجليخ المشغولات الدائرية والحلقية كحلقات المكابس وغيرها.

الشكل (4 - 18) التجليخ المحيطي بالطاولة الدوارة.

3 – عمود الدوران العمودي / الطاولة الترددية: (التجليخ الجبهي):

يتم إزالة المعدن في هذا النوع من التجليخ بوساطة طرف (جبهة) حجر التجليخ، المشغولة مثبتة على الطاولة التي تتحرك حركة ترددية مستقيمة، حجر التجليخ يدور حول محوره الراسي، حركة التغذية العرضية تكون بالاتجاه العمودي على محور حجر التجليخ. يتحرك الرأس الحامل لحجر التجليخ عموديا للسيطرة على عمق القطع والذي يكون بالإتجاه نفسه لمحور حجر التجليخ وكما موضح في الشكل (4 - 19). يستعمل هذا النوع من التجليخ في تجليخ المسبوكات الطويلة والضيقة مثل سكك الفرش (الدلائل) في ماكينة الخراطة.



الشكل (4 - 19) التجليخ الجبهي بطاولة ترددية .

4 – عمود الدوران العمودي / الطاولة الدوارة (التجليخ الجبهي): -

تثبيت المشغولة في هذا النوع من التجليخ على الطاولة المستديرة، وتتحرك هذه الطاولة حركة دورانية حول محورها الراسي، ويدور حجر التجليخ حول محوره الراسي أيضا، يتحرك الرأس الحامل لحجر التجليخ حركة عمودية (رأسية) إلى الأسفل لإعطاء عمق القطع المطلوب، الرأس الحامل لحجر التجليخ يتحرك عبر المشغولة ليعطي حركة التغذية العرضية، كما موضح في الشكل (4 - 20). يستعمل هذا النوع من التجليخ لانجاز قطوعات عنيفة ومعدلات إزالة معدن عالية كما في تجليخ المسبوكات الكبيرة والمطروقات والأجزاء الملحومة.

الشكل (4 – 20) التجليخ الجبهي بالطاولة الدوارة.

ربط المشغولات على ماكينات التجليخ السطحي

إن طرق ربط المشغولات على ماكينات التجليخ السطحي هي الطرائق نفسها في ربط المشغولات على ماكينات التفريز أو الثقب تقريبا، وعبر وسائل الربط الآتية: -

1 – طاولة الماكينة (بصورة مباشرة).

2 – ربط المشغولات في ملزمة الماكينة.

3 – ربط المشغولات باستعمال المثبتات الخاصة.

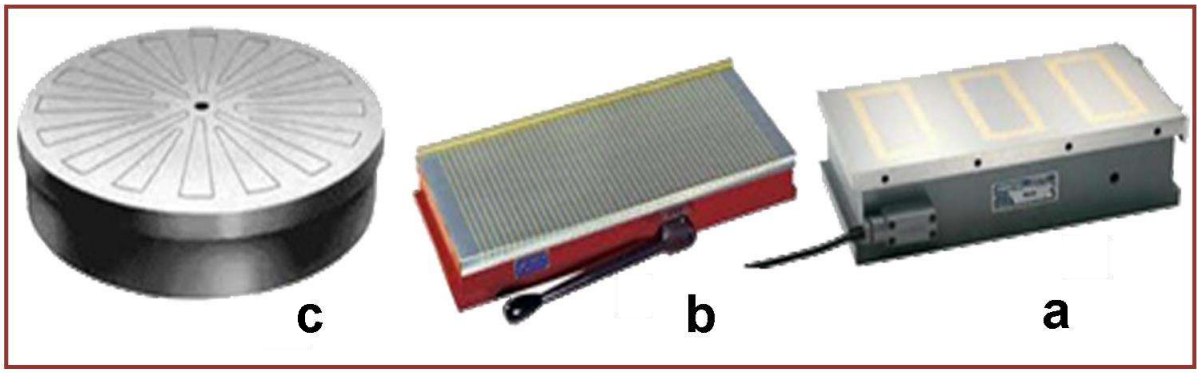
4 – القابض المغناطيسي (الطاولة المغناطيسية) (Magnetic Chuck Table).

ويُعد من أكثرالمثبتات شيوعاً إذ تعمل الظروف المغناطيسية على مسك المشغولة بوساطة قوى الجذب المغناطيسي، لذلك المعادن المغناطيسية (المعادن الحديدية) يمكن إن توضع مباشرة على القابض. يمكن حمل عدد كبير من المشغولات الصغيرة عليه في وقت واحد، ويمكن كذلك حمل الملزمة أو المثبتات الأخرى على الظرف بفعل القوة المغناطيسية.

وهناك نوعان من القابضات المغناطيسية تستعمل على ماكينات التجليخ السطحي، الشكل (4-21) وهي: -

1– القابضات دائمة التمغنط: Permanent Magnetic Chucks

2– القابضات الكهرومغناطيسية: Electromagnetic Chucks



الشكل (4 - 21) انواع الظروف المغناطيسية (المناضد).

a – الكهرومغناطيسي b – دائم التمغنط c – الكهرومغناطيسي الدوّار

في حالة القابضات دائمة التمغنط تأتي قدرة التثبيت من المغانط الدائمة، إذ توضع في داخل القابض وتتحرك عتلة يدوية لتنشيط أو فتح المغانط، وهذه القابضات لا تحتاج إلى تيار كهربائي، فهي تعمل بمغناطيسية ذاتية. أما القابضات الكهرومغناطيسية فهي تشغل عند فولتية $(110\ V - 220\ V)$ وتوصل بالطاقة بوساطة مفتاح كهربائي، ولها ميزتان هما:-

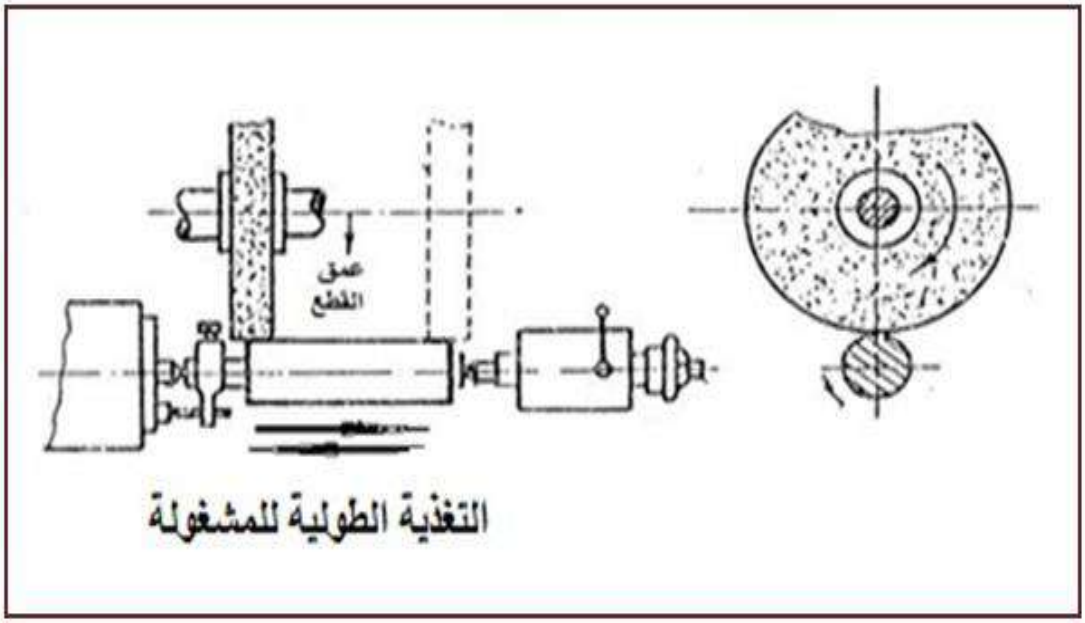
1 – قدرة التثبيت يمكن أن تعدل لتلائم مساحة اتصال المشغولة ، إذ تستعمل مقادير صغيرة من التيار للأجزاء الصغيرة ومقادير كبيرة للأجزاء الواسعة.

2 – وجود مفتاح مزيل التمغنط الذي يعكس جريان التيار الكهربائي بشكل لحظي ويعادل التمغنط المتبقي من القابض و المشغولة، وبذلك يمكن رفع المشغولات من القابض وبدون صعوبة.

ثانياً: - عمليات التجليخ الاسطواني الخارجي

(أ): التجليخ الاسطواني بين المركزين :-

تثبت المشغولة بين مركز غراب الرأس ومركز غراب الذيل، الشكل (4 - 22) عندما تدور المشغولة يدور حجر التجليخ أسرع بكثير منها، ويكون اتجاه دوران المشغولة مماثلا لاتجاه دوران حجر التجليخ. ولايشترط خروج الحجر من المشغولة في نهاية شوط التجليخ، بل يكتفي بخروج ثلث عرض الحجر فقط.



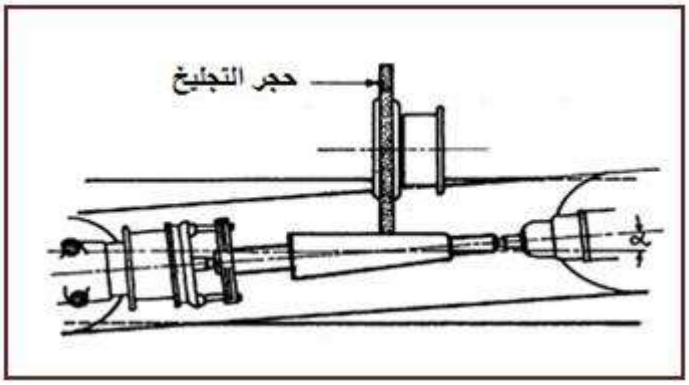
الشكل (4 - 22) التجليخ الاسطواني بين المركزين (الخارجي).

ويمكن تلخيص الحركات الرئيسة في التجليخ الاسطواني كما يأتي :-

1 – الحركة الدورانية السريعة لحجر التجليخ.
2 – الحركة الدورانية البطيئة للمشغولة مقابل حجر التجليخ.
3 – الحركة الطولية الترددية للمشغولة أمام وجه الحجر (حركة التغذية الطولية)، لكي يتم تجليخ سطح المشغولة الطويلة بأكملها .
4 – حركة حجر التجليخ نحو المشغولة (حركة التغذية العرضية) وينتج منها عمق القطع.

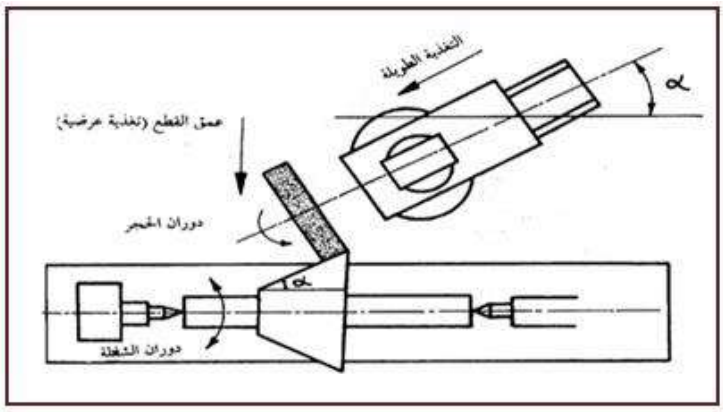
(ب): تجليخ السلبات: -

1 – تجليخ السلبات ذات الانحدار الصغير: - تربط المشغولة بين المركزين، ثم يتم ضبط وضع الطاولة العليا للماكينة على الزاوية (α) التي تساوي زاوية السلبة المراد تجليخها، وتكون الطاولة العليا مزوّدة بتدريجة لهذا الغرض، وتتم عملية التجليخ تماما مثل التجليخ الاسطواني بين المركزين، الشكل (4-23).



الشكل (4 - 23) تجليخ السلبات ذات الانحدار الصغير.

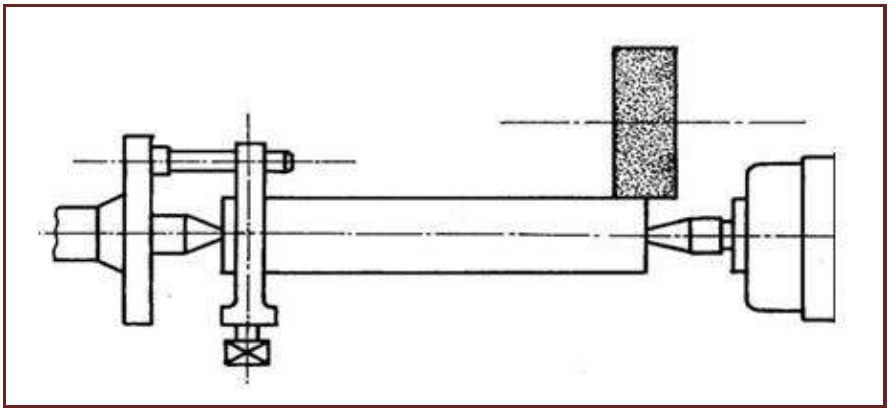
2 – تجليخ السلبات ذات الانحدار الكبير: - تربط المشغولة بين المركزين، ثم يتم إمالة الرأس الحامل لحجر التجليخ وضبطه على زاوية السلب (α) المطلوب تجليخها، وتكون حركة التغذية الطولية عن طريق الحركة المحورية لحجر التجليخ وكما موضح في الشكل (4-24).



الشكل (4 – 24) تجليخ السلبات ذات الانحدار الكبير(الخارجي).

ربط المشغولات على ماكينات التجليخ الأسطواني

إن طرق ربط المشغولات على ماكينات التجليخ الاسطواني مشابهة لتلك المستعملة على ماكينات الخراطة والطريقة الرئيسة لتثبيت المشغولة هي بين المركزين، مركز غراب الرأس ومركزغراب الذيل، الشكل (4-25).



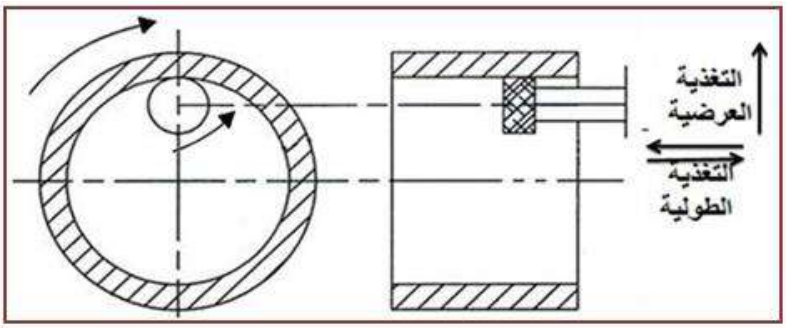
الشكل (4 - 25) ربط المشغولة بين المركزين.

إن الرؤوس على هذه المراكز يمكن أن تكون من فولاذ القطع السريع أو كاربيد التنكستن، تستعمل سوائل التزييت مع إي نوع وتوضع بين رأس المركز والتجويف المركزي في المشغولة. وتستعمل المخانق الثابتة والمتحركة في إسناد المشغولات الاسطوانية وخاصة الطويلة منها لمنع الاهتزازات لغرض الحصول على الدقة المطلوبة.

ثالثاً: عمليات التجليخ الداخلي

(أ) : التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران :-

في هذا النوع من التجليخ يدورحجرالتجليخ والمشغولة في اتجاهين متعاكسين، ويجب أن تكون أحجار التجليخ المستعملة طرية نسبياً، وذلك لتجنب الضغط الناتج بين سطح حجر التجليخ وسطح المشغولة. الشكل (4 -26) يوضح عملية التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران.



الشكل (4 - 26) التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران.

ويمكن تلخيص الحركات الرئيسة في التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران كما يأتي: -

1 – الحركة الدورانية السريعة لحجر التجليخ.

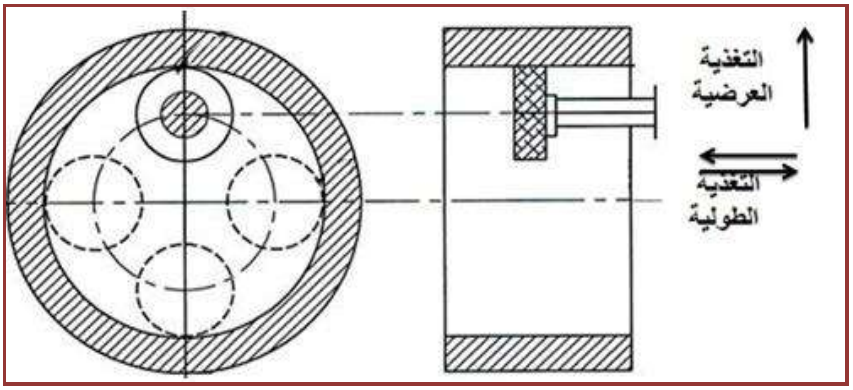
2 – الحركة الدورانية البطيئة للمشغولة.

3 – الحركة الطولية الترددية (حركة التغذية الطولية) وتكون موازية لمحور الثقب المراد تجليخه وتتم عن طريق حجر التجليخ في حالة الثقوب القصيرة ،أو عن طريق المشغولة في حالة الثقوب الطويلة.

4 – حركة التغذية العرضية لحجر التجليخ وينتج عنها عمق القطع وتكون بالاتجاه القطري للثقب.

(ب): التجليخ الداخلي للمشغولات التي لا يمكنها الدوران (التجليخ الكوكبي): -

في هذا النوع من التجليخ تكون المشغولة مستقرة وثابتة، في حين أن حجر التجليخ يدور ليس فقط حول محوره، وإنما حول محور الثقب المراد تجليخه، لذلك يسمى هذا النوع من التجليخ بالتجليخ الكوكبي، الشكل (4-27) يوضح عملية التجليخ الداخلي للمشغولات التي لا يمكنها الدوران.



الشكل (4 - 27) التجليخ الداخلي للمشغولات التي لا يمكنها الدوران .

ويمكن تلخيص الحركات الرئيسة في التجليخ الداخلي للمشغولات التي لا يمكنها الدوران كما يأتي: -

1 – الحركة الدورانية السريعة لحجر التجليخ حول محوره.

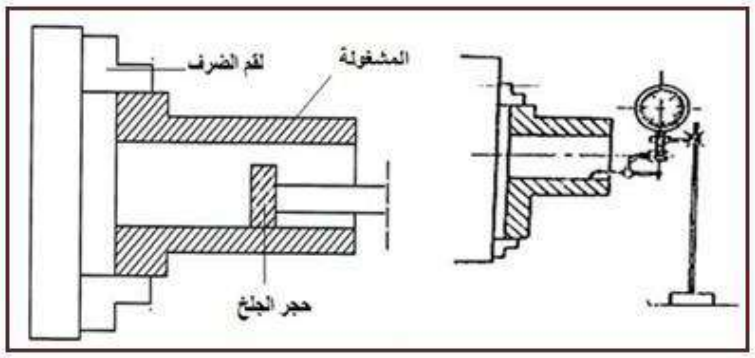
2 – الحركة الدورانية البطيئة لحجر التجليخ حول محور الثقب المراد تجليخه.

3 – الحركة الطولية الترددية (حركة التغذية الطولية) لحجرالتجليخ وتكون موازية لمحور الثقب المراد تجليخه.

4 – حركة التغذية العرضية لحجر التجليخ وينتج منها عمق القطع وتكون بالاتجاه القطري للثقب.

ربط المشغولات على ماكينات التجليخ الداخلي

تربط المشغولات التي يمكنها الدوران في قابض غراب الرأس (الغراب الثابت) لماكينة التجليخ الداخلي، ويكون هذا القابض من نوع ثلاثي الفكوك أو القابض ذو اللقم المستقلة الشكل (4 - 28) الذي يستعمل لربط المشغولات ذات الأسطح غير المحورية مع السطح المراد تجليخه.



الشكل (4 - 28) استعمال القابض الثلاثي الفكوك في ربط المشغولات.

أما في حالة المشغولات التي لا يمكنها الدوران (التجليخ الكوكبي) فيتم تثبيت المشغولة على طاولة الماكينة مباشرة باستعمال مثبتات الربط المعروفة.

رابعاً: عمليات التجليخ اللامركزي

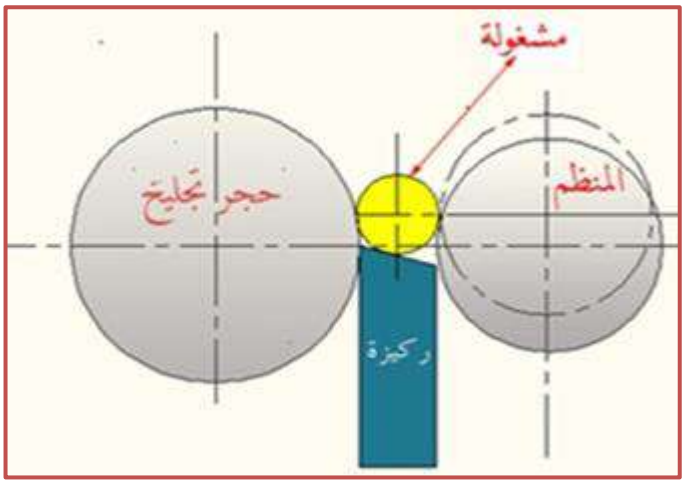
توضع المشغولة على نصل مسند المشغولة وتدعم بوساطة حجر التنظيم. إن دوران حجر التجليخ يعمل على دفع المشغولة للأسفل على نصل مسند المشغولة ويقوم بعملية القطع. وللحصول على التغذية الطولية للمشغولات الاسطوانية المستقيمة يجب إمالة محور حجر التنظيم بزاوية (α) بالنسبة لمحور حجر التجليخ الرئيس، ويتراوح مقدار هذه الزاوية من °(5 – 1). أما في حالة المشغولات الاسطوانية التي لها أكتاف كالصمامات والأعمدة المدرجة والتي لا يمكنها المرورمحوريا بين حجر التجليخ الرئيس وحجر التنظيم، فإن محور حجر التنظيم يكون موازيا لمحور حجر التجليخ الرئيس، ولا توجد تغذية طولية في هذه الحالة.

ويتم السيطرة على قطر المشغولة بوساطة عاملين هما: -

1 – تغير المسافة بين حجر التجليخ الرئيس وحجر التنظيم.

2 – تغير ارتفاع نصل مسند المشغولة.

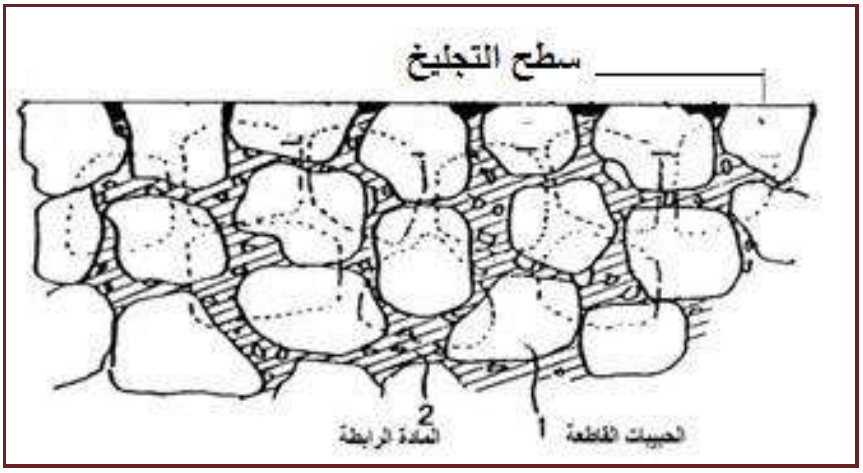
لاحظ الشكل (4 – 29) الذي يوضح رسم تخطيطي لعملية التجليخ اللآمركزي.



الشكل (4 - 29) عملية التجليخ اللامركزي.

4 - 4 أحجار التجليخ : The Grinding Wheels

حجر التجليخ هو أداة قطع يحتوي على الكثير من الحبيبات القاطعة الصغيرة ذات صلادة عالية ومقاومة حرارية عالية، وتربط مع بعضها بوساطة المادة الرابطة. وكل حبيبة قاطعة تُعد حافة قطع. عندما تمر الحبيبة القاطعة فوق المشغولة فإنها تقطع رايش صغير، مخلفة سطح ناعم ودقيق. وعندما تصبح الحبيبة مثلومة أوكليلة (بالية) تستبعد من المادة الرابطة بفعل قوى التشغيل وتكشف حبيبات جديدة وحادة، والشكل (4- 30) يوضح مقطعاً مكبراً لحجر التجليخ. إن كفاءة حجر التجليخ للقطع تعتمد على نوع الحبيبات القاطعة، إما درجة الصلادة فإنها تعتمد على نوع المادة الرابطة المستعملة ومادة الحبيبات القاطعة.



الشكل (4 - 30) مقطع مكبر لحجر التجليخ.

4 -4 -1 المواد الحاكة Abrasives

تكون بشكل حبيبات صلدة تستطيع حك بقية المواد، ويوجد نوعان من المواد التي تصنع منه المواد الحاكة (الحبيبات القاطعة) لأحجار التجليخ وهما:

1– المواد الطبيعية للحبيبات القاطعة Natural Abrasives

2 – المواد المصنعة للحبيبات القاطعة Manufactured Abrasives

باستثناء الماس، فان المواد المصنعة للحبيبات القاطعة حلت بشكل كلي تقريبا محل المواد الطبيعية كالحجر الرملي (الكوارتز) والآمري (الصنفرة) ومسحوق الكوراندم وذلك بسبب احتوائها على الشوائب ومقاومتها الواطئة للحرارة المتولدة خلال عمليات التجليخ. وحتى الماس الطبيعي استبدل في بعض التطبيقات بالماس الصناعي.

ومن أكثر المواد المصنعة للحبيبات القاطعة لأحجار التجليخ شيوعا هي :-

1– اوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) :Aluminum Oxide و تصل صلادته الى 2100 kg/mm^2

هناك نوعان من أحجار اوكسيد الالمنيوم هما: -

أ –أحجار اوكسيد الالمنيوم البنية: -

وتكون درجة نقاوتها (95%) وهي شائعة الاستعمال وعامة الأغراض وتستعمل لتجليخ معظم أنواع الفولاذ والسبائك الحديدية الأخرى.

ب – أحجار اوكسيد الألمنيوم البيضاء: -

نقية تقريباً وقابلة للتفتت بشكل كبير (قابلة للكسر من المادة الرابطة بسهولة). وتستعمل لتجليخ أنواع الفولاذ ذات المقاومة العالية للحرارة.

2– كاربيد السليكون (SiC): - Silicon Carbide وتصل صلادته الى 2400 kg /mm^2

هناك نوعان أساسيان من أحجار التجليخ المصنعة من كاربيد السليكون هما: -

أ – أحجار كاربيد السليكون السوداء: -

تستعمل لتجليخ أنواع حديد الزهر، المعادن اللاحديدية مثل النحاس، البراص، الألمنيوم، المغنيسيوم، والمواد اللامعدنية، مثل المواد السيراميكية والأحجار الكريمة.

ب – أحجار كاربيد السليكون الخضراء: -

تكون قابلة للتفتت بشكل كبير، وتستعمل في تجليخ عدد القطع الكاربيدية.

3– نتريد البورون المكعب Cubic Boron Nitride: (CBN):- وتصل صلادته الى $4700\ kg/mm^2$

نتريد البورون المكعب صلد للغاية وحاد ويُعد حبيبة قاطعة معتدلة القطع. ويُعد من أحدث الحبيبات القاطعة المصنعة، أصلد من اوكسيد الألمنيوم بمقدار (2.5) مرة. ويستطيع مقاومة درجات الحرارة الأكثر من $(1400\ °C)$. ويستعمل نتريد البورون المكعب لتجليخ أنواع من الفولاذ وهي: -

- فولاذ السرعات العالية خارق الصلادة.
- فولاذ العدد والقوالب وأنواع الفولاذ المقاوم للصدأ.

هناك نوعان من أحجار نتريد البورون المكعب المستعملة في الصناعة هما: -

أ – الحبيبات القاطعة المطلية: - لتعزيز الربط الالتصاقي الجيد وتستعمل في أغراض التجليخ العامة.

ب – الحبيبات القاطعة غير المطلية: - تستعمل للمعدن المطلي كهربائيا وأنظمة الربط المزججة.

4- الماس Diamond :- وتصل صلادته الى $7000\ kg/mm^2$

يعد الماس مادة رئيسة في إنتاج أحجار التجليخ وهوعلى نوعين هما: -

أ – الماس الطبيعي: -

هو شكل متبلورللكاربون وباهض الكلفة، ويستعمل لتجليخ المواد الصلدة جدا مثل الكاربيد المسمنت، الكرافيت، الرخام، والحجر.

ب – الماس الصناعي: -

إن التطورات الحديثة في إنتاج الماس الصناعي قللت من كلفته ووسعت استعماله في تطبيقات التجليخ. يستعمل الماس الصناعي لتجليخ أنواع الفولاذ المتينة والصلدة جداً، مثل الكاربيد المسمنت وعدد قطع اوكسيد الألمنيوم.

4- 4 - 2 انواع المواد الرابطة Types of Binders

تمسك الحبيبات القاطعة سوية في حجر التجليخ بوساطة المادة الرابطة. إن المادة الرابطة لا تقوم بعملية القطع أثناء التجليخ ووظيفتها الرئيسة هي مسك الحبيبات القاطعة وبدرجات مقاومة مختلفة، فإذا كانت المادة الرابطة صلدة فإنها تجعل تماسك الحبيبات القاطعة قوياً، وبذلك يصعب تطايرها تحت تأثير قوى القطع، أما إذا كانت المادة الرابطة طرية فإنها تجعل تماسك الحبيبات القاطعة ضعيفاً، وبذلك يسهل تطايرها تحت تأثير قوى القطع.

ومن أهم أنواع المواد الرابطة المستعملة في صناعة أحجار التجليخ هي: -

1 – المواد الرابطة المزججة Vitrified Binders :- تستعمل المواد الرابطة المزججة في صناعة أكثر من 75% من أحجار التجليخ الكلية وتتضمن المواد الرابطة المزججة مواد طينية ناعمة ونقية، تخلط معها الحبيبات القاطعة بشكل جيد وتكبس في قوالب حسب الشكل المطلوب، وبعدها توضع في الفرن ويتم تسخينه إلى $(1350\ °C)$ لصهر المواد، وأحجار التجليخ المزجج تمتاز بقوتها وتحافظ على مقاومتها في درجات الحرارة العالية وعمليا لا تتأثر بالماء والزيوت والأحماض، وأحد عيوبها إن مقاومتها للصدمات تكون ضعيفة. سرعة القطع باستعمال هذه الأحجار تتراوح بين $(1800 - 3000)\ m/min$.

2 – المواد الرابطة الراتنجية Resinoid Binders :- أحجار التجليخ ذات المادة الرابطة الراتنجية في المرتبة الثانية من حيث شيوع استعمالها بعد أحجار التجليخ المزججة. يخلط راتنج الفينول المسحوق أوالسائل مع الحبيبات القاطعة وتكبس العجينة فوق قوالب حسب الشكل المطلوب ثم تسخن في فرن إلى درجة حرارة $(250°C)$. تستعمل أحجار التجليخ الراتنجية لسرعات تجليخ تتراوح بين $\boldsymbol{(30 - 50)\ m/sec}$. الاستعمال الرئيس لهذه الأحجارهو في التجليخ الخشن، كإزالة الزوائد من المصبوبات وعمليات القطع (فصل المعادن) وشحذ أدوات القطع، ويجب توخي الحذر من الأحجار الراتنجية لأنها سوف تتلين إذا تعرضت للماء لفترات طويلة.

3 – المواد الرابطة السليكاتية Silicate Binders :- تستعمل المواد الرابطة السليكاتية عندما تكون هنالك حاجة لبقاء الحرارة المتولدة بوساطة التجليخ اقل ما يمكن ،لذلك تستعمل في حد الشفرات وسكاكين المائدة. مادة الربط السليكاتية تعمل على تحرير الحبيبات القاطعة بسهولة أكبر من بقية أنواع المواد الرابطة الأخرى. وسرعات القطع تكون محددة لأقل من (4500) rpm.

4 – رابط الشيلاك Sheilac Binders :- الشيلاك هو مادة رابطة عضوية ذات مرونة عالية نسبيا، تستعمل لأحجار التجليخ التي تنتج انهاءات ناعمة جدا على الأجزاء، مثل الدرافيل وأعمدة الحدبات وأعمدة المرفق والصمامات، ولا تستعمل بشكل عام في عمليات التجليخ الثقيلة.

5 – المواد الرابطة المطاطية Rubber Binders:- أحجار التجليخ ذات المادة الرابطة المطاطية تكون قوية ومتينة بشكل كبي. وتستعمل بشكل رئيس في أحجار القطع النحيف وأحجار الإدارة (أحجار التنظيم) في ماكينات التجليخ اللامركزية. كذلك تستعمل لانجاز الانهاءات الناعمة جداً المطلوبة على سطوح المحامل.

6 – الروابط المعدنية Metal Binders :- تستعمل الروابط المعدنية بشكل أولي كعوامل ربط حبيبات الماس القاطعة، وكذلك تستعمل في التجليخ الالكتروني، إذ يجب إن تكون المادة الرابطة موصلة للكهرباء.

4-4 -3 تصنيع أحجار التجليخ Manufacturing of Grinding Wheel

يمكن إتباع الخطوات التالية في تصنيع أحجار التجليخ:

1- يتم طحن المواد الحاكة التي يُراد تصنيع الحجر منها في مطاحن خاصة للحصول على الحبيبات بحجم حبيبي متدرج.

2- تُعرض الحبيبات الحاكة المطحونة في الخطوة الأولى لمجال مغناطيسي من أجل عزل المركبات الحديدة منها.

3- تُغسل الحبيبات القاطعة بعد ذلك بالماء والمحاليل الخاصة لإزالة الاتربة والمواد الغريبة منها.

4- تُخلط الحبيبات القاطعة بعد تجفيفها مع المادة الرابطة المناسبة ومن ثم صب الخليط الناتج في قوالب خاصة لها نفس حجم حجر التجليخ المطلوب، وتُعرض الى درجات حرارية مختلفة وحسب نوع المادة الرابطة من أجل تلبيدها وإكسابها المتانة المطلوبة.

5- يتم تسوية سطح الأحجار وإختبارها لمعرفة خواصها الميكانيكية والفيزيائية وأي من عمليات التشغيل تناسبها.

4-4 -4 أنواع أحجار التجليخ Types of Grinding Wheel

إن نوع حجر التجليخ يتم تحديده على اساس شكله وحجمه واللذان يُعتبران من العوامل المهمة التي تُحدد إختيار حجر التجليخ المناسب لكل عملية تشغيل. وعلى العموم يجب أن يوفر حجم وشكل الحجر الإتصال المناسب بينه وبين السطح المُشغل. وهناك ثمانية أشكال قياسية لأحجار التجليخ موضحة في الشكل (4-31) وهي كالآتي:

1- اسطواني عدل (Straight): ويستخدم لتجليخ السطوح المستوية والسطوح الاسطوانية الداخلية والخارجية.

2- اسطواني مجوف من جانب واحد (Recessed One Side): واستخدامه أيضا مثل الحجر المستوي ويمكن تثبيته أما على محيطه أو على جانبيه.

3- اسطواني مجوف من جانبين (Recessed Two Side): وهو يشبه الحجر المجوف من طرف واحد وله نفس الاستخداماته.

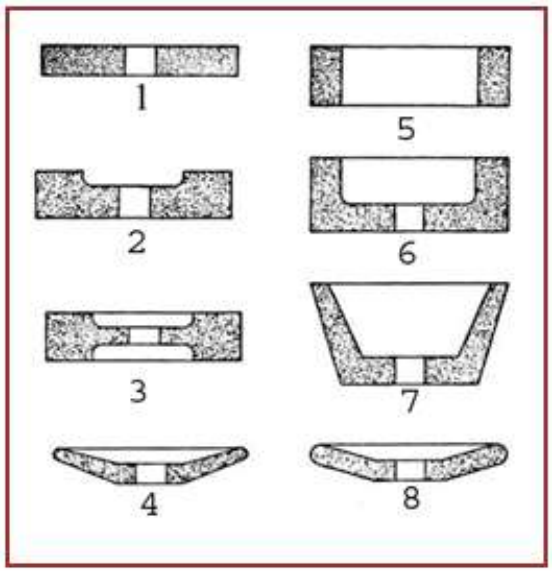
4- اسطواني مستدق من جانب واحد (Tapered): وتستعمل في التجليخ الخشن وإزالة النتوءات.

5- إسطواني حلقي (Cylinder): ويستخدم لتجليخ السطوح المستوية.

6- فنجاني عدل (Straight Cup): ويستخدم ايضا لتجليخ السطوح المستوية.

7- فنجاني مخروطي (Flaring Cup): ويستخدم لتجليخ العدد.

8- الطبقي (Dish): ويستخدم لتجليخ العُدد والمناشير.



الشكل (4 – 31) أشكال حجر التجليخ الثمانية القياسية.

1-اسطواني عدل 2-اسطواني مجوف من جانب واحد 3-اسطواني مجوف من الجانبين
4-اسطواني مسلوب من جهة 5-اسطواني حلقي 6-فنجاني عدل 7-فنجان مخروطي 8-طبقي.

4- 4- 5 نظام ترقيم أحجار التجليخ Marking System

تمتلك احجار التجليخ ترقيم خاص بها يعتمد على عدد من المتغيرات والتي من خلالها يتم تصنيف نوع حجر التجليخ، وهذه المتغيرات هي:

1 – نوع المادة الحاكة (الحبيبات القاطعة) : - يرمز بالحرف (A) لاوكسيد الالمنيوم, وبالحرف (C) لكاربيد السليكون.

2 – الحجم الحبيبي للحبيبات القاطعة: - أما أن يكون خشناً ، متوسطاً ،ناعماً ، ناعماً جداً ولكل مجموعة أرقامها الخاصة بها، كما في الجدول (4-1).

3 – صلادة حجر التجليخ (المرتبة) : - تكون لينة (طرية) ، متوسطة أو صلدة ولكل مجموعة حروفها الخاصة وكما في الجدول (4-2).

4 – التركيب الهيكلي للحجر: - الرقم الواطئ يمثل تركيباً مكتظاً بشكل أكبر ولغاية الرقم (10) وما بعدها من الأرقام فإنها تمثل تركيب حجر مفتوح أكثر.

5 – نوع المادة الرابطة: يدل الحرف (B) على المواد الراتنجية (Resinoid) والرمز (BF) يدل على الراتنج المقوى (Resinoid Reinforced)، والحرف (E) يدل على الشيلاك (Sheilac)، والحرف (O) يدل على كلوريد الاوكسجين (Oxychloride)، والحرف (R) يدل على المطاط (Rubber)، والرمز

(RF) يدل على المطاط المقوى (Rubber Reinforced)، والحرف (S) يدل على السليكات (Silicate)، والحرف (V) يدل على المواد المزججة (Vitrified).

6 – شكل وحجم حجر التجليخ: يكون انتاج وتصنيع احجار التجليخ ضمن مواصفات قياسية معتمدة.

7- رمز المصنع للحجر: - يكون هذا الرمز خاص بالمصنع.

وهذه المتغيرات توضع على حجر التجليخ بالترتيب ومن جهة اليسار.

ونظام الترقيم الذي يضم كل هذه المتغيرات تم إقراره من قبل المعهد الوطني الأمريكي للقياسات (ANSI)، ويضم نظامين أساسيين هما:

1– أحجار أوكسيد الألمنيوم وكاربيد السليكون: -

هذا النظام موضح كما المثال التالي:

حجر التجليخ مدوّن عليه المواصفات القياسية الآتية: (51- A – 36 – L – 5- V- 23)

فيكون تحليل الرموز المدوّنة كالأتي:

1. **الرقم (51) يدل على رمز المصنع للحجر.**
2. **الحرف (A) يدل على أن نوع الحبيبات القاطعة (المادة الحاكة) ، هي (أوكسيد الألمنيوم).**
3. **الرقم (36) يدل على أن الحجم الحبيبي للحبيبات القاطعة هو (متوسط).**
4. **الحرف (L) يدل على مقياس صلادة الحجر (رتبة حجر التجليخ) في هذه الحالة هو (متوسط الصلادة).**
5. **الرقم (5) يدل على التركيب الهيكلي للحجر في هذه الحالة (متوسط).**
6. **الحرف (V) يدل على نوع المادة الرابطة المزججة.**
7. **الرقم (23) الرمز التعريفي للحجر المصنع (المواصفات القياسية لانتاج الحجر)**

الجدول (4-1) الحجم الحبيبي للحبيبات القاطعة

الاحجام الحبيبية	الرقم
خشنة	6 – 24
وسط	30 – 60
ناعمة	70 – 180
ناعمة جدا	220 – 1000

الجدول (4 –2) : مرتبة حجر التجليخ

متناهي الطراوة (اللين)	A	B	C	D
طري (لين)جداً	E	F	G	_
طري (لين)	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	_

2– نظام ترقيم نتريد البورون المكعب والماس:

هذا النظام موضح كما المثال التالي:

حجر التجليخ مدوّن عليه المواصفات القياسية الآتية: (M – D – 100 – P – 100 – B – 1/8)

فيكون تحليل الرموز المدوّنة كالأتي:

1- (M) رمز المصنع

2- (D) نوع الحبيبات القاطعة وهي (الماس)

3- (100) الحجم الحبيبي للحبيبات القاطعة وهو (ناعم)

4- (P) مرتبة صلادة الحجر وهي (صلد)

5- (100) تركيز الماس (عالي) ، (25 واطيء – 100 عالي)

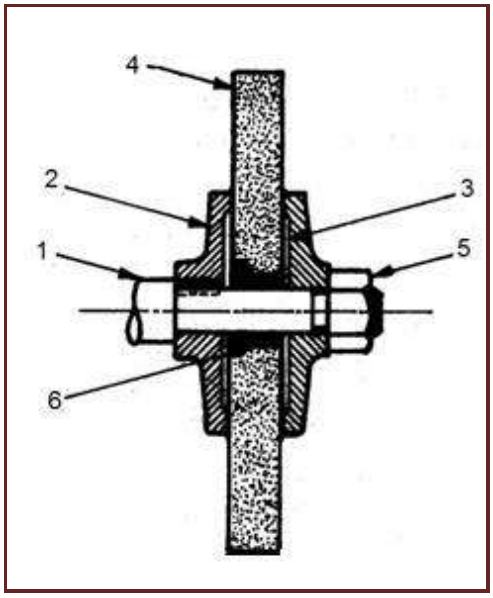
6- (B) نوع المادة الرابطة وهي (الراتنج)

7- (1/8)عمق الماس (بالإنج)

6-4-4 تركيب حجر التجليخ على عمود الدوران:

جميع أحجار التجليخ عرضة للكسر وبعضها يكون هش للغاية، لذلك يجب توخي الحذر عند ربط أحجار التجليخ. إن الأحجار الجديدة يجب أن تفحص عن قرب بشكل فوري بعد استلامها للتأكد بأنها لم تتعرض للضرر أثناء النقل. كذلك يجب أن تفحص أحجار التجليخ مسبقا قبل ربطها على عمود الدوران للماكينة، الغرض من هذا الاختبار هو التأكد من خلو حجر التجليخ من العيوب وبصفة خاصة التشققات التي تتطور فيما بعد إلى كسور أثناء التشغيل. ويتم الاختبار بتعليق الحجر بالأصبع ونقر الجانب بلطف بوساطة مقبض مفك لوالب للأحجار الصغيرة أو مطرقة خشبية للأحجار الكبيرة، لذلك سوف يصدر صوت رنين صافي من

الحجر غير المتضرر، أما الحجر المتضرر فسوف لن يرن. الشكل (4 – 32) يوضح كيفية تثبيت حجر التجليخ على عمود الدوران.



الشكل (4 – 32) ربط حجر التجليخ على عمود دورانه .

1 –عمود الدوران 2 –قرص الربط 3 –حلقة قابلة للانضغاط (حلقة مطاطية) 4 –حجر التجليخ

5 –صامولة ربط 6–اسطوانة (حلقة) مصنوعة من الرصاص

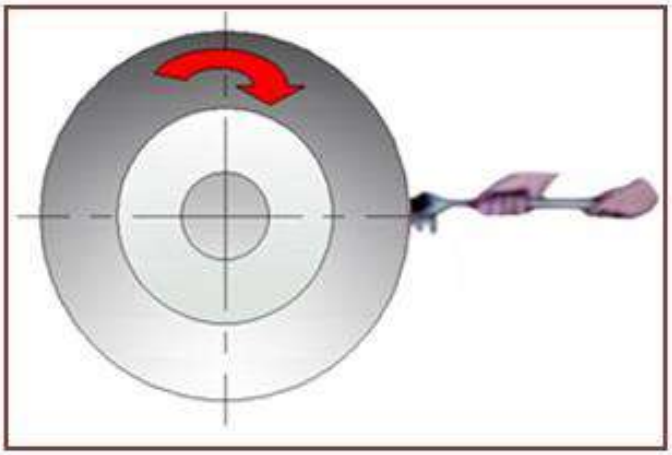
4 - 4 - 7 التسوية والتقويم Dressing and Truing

التسوية هي عملية تستعمل لتنظيف وتجديد السطح القاطع لحجر التجليخ، حيث يتم إزالة الحبيبات القاطعة المثلومة والمادة الرابطة الزائدة وكذلك إزالة الرايش العالق في الحجر. أما **التقويم** فهي عملية تستعمل لإزالة المادة من وجه الحجر. ويجب إجراء عملية التقويم على أحجار التجليخ الجديدة قبل عملية التجليخ وكذلك عندما يراد إعادة ربطها على ماكينات التجليخ.

وهناك ثلاثة أنواع من العدد المستعملة لتسوية أحجار التجليخ وهي: -

1 – عدد التسوية الميكانيكية: Mechanical Dressing Tools

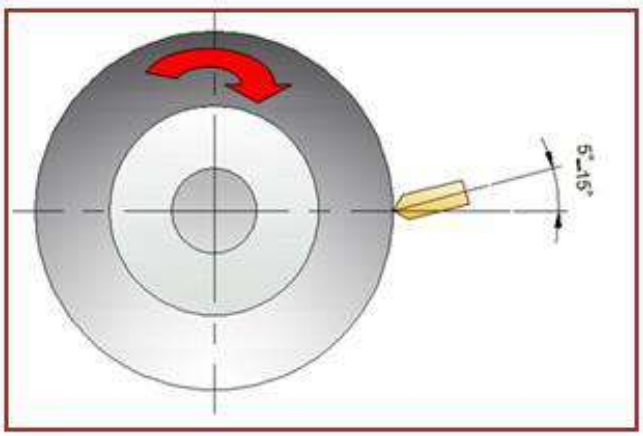
تسمى بشكل عام بعدد التسوية النجمية، حيث تثبت باتجاه معاكس لحجر التجليخ بينما هو يدور. وتقوم بإزالة الحبيبات المثلومة والمواد الرابطة الزائدة وبقايا الرايش العالقة بسطح حجر التجليخ. تستعمل هذه العدد لتسوية الأحجار الاعتيادية ذات الحبيبات القاطعة الخشنة عندما لا تكون دقة التجليخ عاملا رئيسا والشكل (4 – 33) يوضح عملية التسوية باستعمال عدد التسوية الميكانيكية.



الشكل (4 – 33) عملية التسوية بعدد التسوية الميكانيكية

2 – قضبان التسوية Dressing Sticks: -

وتستعمل للأحجار التقليدية الصغيرة وخاصة الأشكال الفنجانية والطبقية. تصنع بعض هذه القضبان من مادة كاربيد البورون الصلدة جداً، حيث يثبّت قضيب كاربيد البورون باتجاه معاكس لوجه حجر التجليخ. وتقوم بإزالة الحبيبات القاطعة المثلومة أو البالية والمواد الرابطة الزائدة وبقايا الرايش العالقة بسطح حجر التجليخ. وقضبان التسوية الأخرى تصنع من حبيبات قاطعة تسمى كرستالون (crystolon)، أو الوندوم (Alundum) الخشنة مع مواد رابطة زجاجية صلدة. الشكل (4–34) يوضح عملية التسوية باستعمال قضبان (ماسة) التسوية.



الشكل (4 – 34) عملية التسوية بقضبان التسوية .

3 – عدد التسوية الماسية Diamond Dressing Tools: -

تستعمل هذه العدد لإنتظام وجه حجر التجليخ وتمتاز بصلادتها العالية، وتكون هذه العدد أما مفردة الرأس أو متعددة الرؤوس (تحتوي على عدد من الماسات الصغيرة)، عند الاستعمال تثبت عدة التسوية بإحكام في ماسك العدة وباتجاه معاكس لوجه حجر التجليخ، وعندما يبدأ الماس على سطح العدة بالبلي تنكشف رؤوس ماسية جديدة لتعطي عمر أطول للعدة واستعمال أوسع، هذه العدد تنتج وجه حجر متناسق جداً.

4 - 5 سوائل التبريد في عملية التجليخ

لاتشترك الحبيبات القاطعة على نحو متساو في عملية التجليخ لأن قسماً منها يقوم بقطع المادة المراد تجليخها في حين أن القسم الآخر يقوم بالاحتكاك أو الخدش، لذلك فضلاً عن الرايش الدقيق نحصل أيضا على غبار معدني يتلبد عند درجات الحرارة العالية الناشئة من احتكاك حجر التجليخ مع سطح المشغولة. يزداد ارتفاع درجة حرارة التجليخ مع ازدياد التآكل في الحبيبات القاطعة وهذا قد يؤدي إلى تشوه المشغولة واحتراقها وحدوث تغيرات في بنيتها وتتشكل تشققات في السطح المجلخ. لهذه الأسباب يستعمل تيار وافر من سائل التبريد.

وهناك أنواع عدة من سوائل التبريد المستعملة في التجليخ منها: -

1 – السوائل الكيميائية المذابة في الماء: - تكون هذه السوائل شفافة وتضم إضافات لمنع الصدأ ولإزالة عسر الماء ومواد تنظيف لتحسين قابليتها للتنظيف.

2 – محاليل الزيوت المائية: - تتكون هذه المحاليل من مزج بعض أنواع الزيوت في الماء لتحقيق وظيفتي التبريد والتزييت ويشبه لونها لون الحليب وتسمى المستحلبات، وهي أرخص من السوائل الكيميائية. ومن أساليب التبريد المتبعة في التجليخ، أسلوب التبريد بالتذرية، ويكون بضغط سائل التبريد من خلال هواء مضغوط، فيعمل هذا الهواء المضغوط على تحويل سائل التبريد إلى رذاذ. يوجه هذا التيار من الرذاذ إلى منطقة القطع فيعمل على التقليل من الإحتكاك بين حجر التجليخ والمشغولة، ويقوم بامتصاص حرارة القطع، ومن مميزات هذا الأسلوب أيضا انه يعطي سطوح عالية الجودة وكذلك يزيد من عمر حجر التجليخ ويمكن من زيادة سرعة القطع والتغذية.

وهناك بعض الملاحظات الواجب إتباعها عند استعمال سوائل التبريد: -

1 – يجب أن توجه سوائل التبريد بقوة إلى مكان القطع لأنه في هذه المنطقة تتولد أكبر كمية من الحرارة وكذلك لإبعاد الرايش في الوقت نفسه.

2 – بعد الإنتهاء من عملية التجليخ، يجب إبقاء حجر التجليخ دائراً لمدة قصيرة مع إيقاف تدفق سوائل التبريد وذلك ليتخلص حجر التجليخ من بقايا سوائل التبريد.

3 – لا يجوز مطلقا التجليخ بشكل جاف ثم التبريد بصورة فجائية لأن ذلك يؤدي إلى تولّد الشقوق في المشغولة والى تلف حجر التجليخ.

6-4 حسابات التجليخ

1 – سرعة القطع (Vc): Cutting Speed

هي السرعة المحيطيةالتي يدوربها حجرالتجليخ. وتقاس بوحدة (m/min) أوعادة بوحدة (m/sec) لأنها كبيرة نسبيا. وتعتمد سرعة القطع على نوع حجر التجليخ ونوع عملية التجليخ وعلى نوع معدن المشغولة المراد تجليخها. يجب تشغيل حجر التجليخ لأقرب ما يمكن إلى سرعة القطع المعطاة من قبل المصانع المنتجة لأن السرعة الواطئة تؤدي إلى إتلاف الحبيبات القاطعة وبدون مقابل من الشغل المفيد. والسرعة العالية تؤدي إلى حرق سطح المشغولة المراد تجليخها أو كسر حجر التجليخ وحدوث الأضرار.

ولإيجاد سرعة القطع نطبق العلاقة الآتية: -

$$V_C = \frac{D \times \pi \times n}{1000}$$

وحدة قياس سرعة القطع m/min

وعند قياس سرعة القطع m /sec **تكون الصيغة الرياضية كالآتي: -**

$$V_C = \frac{D \times \pi \times n}{1000 \times 60}$$

إذ أن: -

V_C **= سرعة القطع لحجر التجليخ** m/min **او** m/sec **D= قطر حجر التجليخ** mm

π = النسبة الثابتة . n **= عدد دورات حجر التجليخ (rpm)**

ولإيجاد عدد الدورات بالدقيقة، وعندما تكون سرعة القطع ب m/min **نستعمل العلاقة الاتية:**

$$n = \frac{V_C \times 1000}{D \times \pi}$$

اما اذا كانت سرعة القطع ب m/sec نستعمل العلاقة الاتية:

$$n = \frac{V_C \times 1000 \times 60}{D \times \pi}$$

مثال 4-1: حجر تجليخ قطره $(300\ mm)$ وعدد دوراته $(1500\ rpm)$.
جد سرعة القطع بوحدة: 1- متر/دقيقة (m/min)، 2- متر/ثانية (m/sec).

-1

$$V_C = \frac{D\times\pi\times n}{1000} = \frac{300\times3.14\times1500}{1000}$$

$$V_C = 1413\ m/min$$

-2

$$V_C = \frac{D\times\pi\times n}{1000\times60} = \frac{300\times3.14\times1500}{1000\times60}$$

$$V_C = 23.5\ m/sec$$

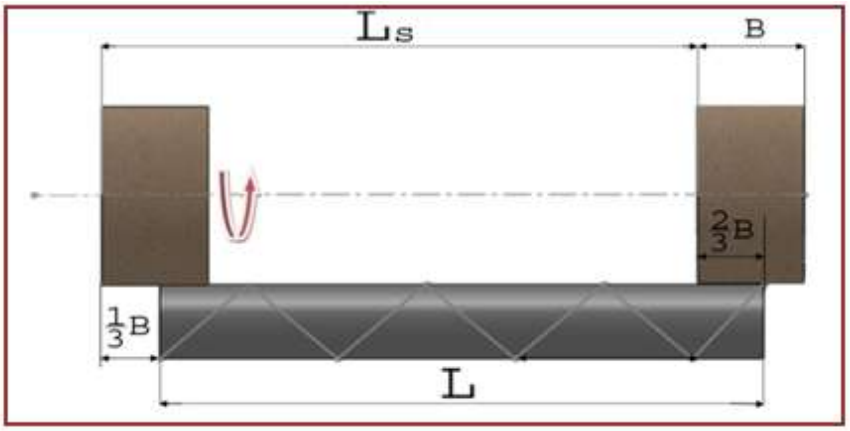
مثال 4-2: حجر تجليخ قطره $(200\ mm)$. وسرعة القطع مقدارها $(25\ m/s)$. جد عدد الدورات بالدقيقة (rpm) لعمود دوران حجر التجليخ.

$$n = \frac{V_C\times1000\times60}{D\times\pi}$$

$$n = \frac{25\times1000\times60}{200\times3.14} \approx 2388\ rpm$$

2– زمن القطع (T) -: Cutting Time

أ – الزمن الرئيس في التجليخ الاسطواني: - لاحظ الشكل (4- 35).



الشكل (4 - 35) التجليخ الاسطواني.

عندما تكون تغذية عمق القطع في نهاية كل شوط ولحساب زمن التجليخ نطبق العلاقة الآتية: -

$$T = \frac{L_S \; x \; i}{S \times n_w}$$

وعندما تكون تغذية عمق القطع في نهاية كل شوط مزدوج تطبق العلاقة الآتية: -

$$T = \frac{2L_S \; x \; i}{S \times n_w}$$

ويتوقف حساب طول الشوط على مقدار خلوص النهاية الخاص بحجر التجليخ المستخدم والذي يقدر عادة بثلث عرض حجر التجليخ (B)، أي أن خلوص النهاية يساوي $(\frac{1}{3}B)$ وعلى هذا الاساس يحسب طول الشوط بالعلاقة $(L_S = L - \frac{1}{3}B)$ و(L) هو طول المشغولة .

T= زمن التجليخ الرئيس (min). L_s = طول شوط التجليخ (mm) . i عدد مرات القطع

S= التغذية الطولية mm/rpm n_w = عدد دورات المشغولة بالدقيقة.

n_w= عدد دورات المشغولة بالدقيقة، ويمكن حسابها من العلاقة الآتية: -

$$n_w = \frac{V_w x 1000}{D_w \times \pi}$$

(V_w) هي السرعة المحيطية للمشغولة و (D_w) هو قطر المشغولة.

ملاحظة: في حالة التجليخ الداخلي ولحساب عدد مرات القطع (i) نطبق العلاقة الآتية: -

$$i = \frac{D_a - d_a}{2a}$$

إذ أن :- D_a= القطر الداخلي للمشغولة بعد التجليخ

d_a = القطر الداخلي للمشغولة قبل التجليخ

a = عمق القطع في الشوط الواحد (mm).

مثال 4-3: مشغولة أسطوانية قطرها (50.3 mm) يراد تجليخها اسطوانيا الى قطر (50 mm) وبعمق قطع لكل شوط مقداره (0.010 mm)، جد عدد مرات القطع .

$$i = \frac{D_a - d_a}{2a}$$

$$= \frac{50.3-50}{2\times 0.010}$$

عدد مرات القطع $i = 15$

مثال4-4 : عمود اسطواني من الصلب طوله $(400\ mm)$، ويدور بمعدل $(100\ rpm)$ وبتغذية طولية مقدارها $(20mm/rpm)$. أوجد زمن التجليخ الرئيس إذا علمت أن عرض حجر التجليخ يساوي $(45mm)$، وان عدد مرات القطع تساوي (10)، وان تغذية عمق القطع تتم في نهاية كل شوط مزدوج.

الحل:

$$L_S = L - \frac{1}{3}B$$

$$L_S = 400 - \frac{1}{3}\times 45 = 385mm$$

$$T = \frac{2L_S\times i}{S\times n_w}$$

$$T = \frac{2\times 385\times 10}{20\times 100} = 3.85\ min$$

$$T = 3.85\ min$$

مثال4-5:

أنجزت اسطوانة مجوفة على ماكينة الخراطة بقطر داخلي مقداره $(149.5mm)$، يراد تجليخها داخليا إلى قطر $(150\ mm)$ وبعمق قطع لكل شوط مقداره $(0.010\ mm)$ وباستعمال حجر تجليخ قطره $(100\ mm)$ ويدوربمعدل $(2000\ rpm)$ فإذا كانت السرعة المحيطية للمشغولة (الاسطوانة المجوفة) تساوي $(20\ m/min)$ احسب: -

1 – عدد مرات القطع. 2 – سرعة القطع لحجر التجليخ. 3 – عدد دورات المشغولة بالدقيقة.

1-ايجاد عدد مرات القطع

$$i = \frac{D_a - d_a}{2a}$$

$$= \frac{150 - 149.5}{2\ x\ 0.01}$$

$$i = 25 \text{ (عدد مرات القطع)}$$

2-ايجاد سرعة القطع

$$V_C = \frac{D \times \pi \times n}{1000 \times 60} = \frac{100 \times 3.14 \times 2000}{60000}$$

$$V_C = 10.4\ m/sec$$

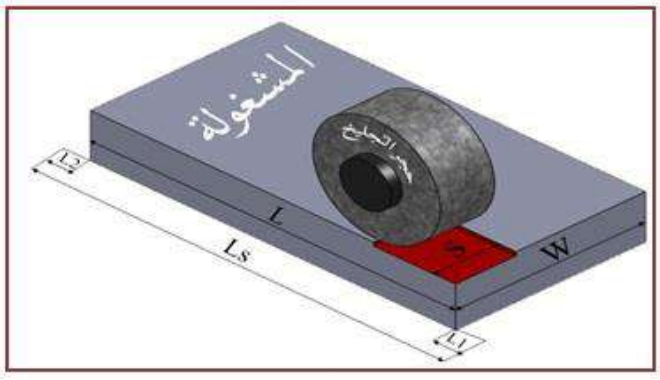
3- ايجاد عدد دورات المشغولة

$$n_w = \frac{V_w\ x\ 1000}{D_w \times \pi} = \frac{20\ x\ 1000}{150 \times 3.14}$$

عدد دورات المشغولة

$$n_w \approx 42.4\ rpm$$

ب – الزمن الرئيس في التجليخ السطحي المحيطي: لاحظ الشكل (4 – 36).



الشكل (4 – 36) التجليخ السطحي المحيطي.

عندما تكون التغذية العرضية في نهاية كل شوط للعربة (الطاولة)، نطبق العلاقة الآتية: -

$$T = \frac{Ls}{1000 \times V_G} \times \frac{Ws}{S} \times i$$

وعندما تكون التغذية العرضية في نهاية كل شوط مزدوج للعربة، نطبق العلاقة الآتية: -

$$T = \frac{2L_S}{1000 \times V_G} \times \frac{Ws}{S} \times i$$

V_G= سرعة العربة (m/min). S = التغذية العرضية في الشوط (mm).

L_S= طول التجليخ (mm). w_s= عرض التجليخ (mm). i= عدد مرات القطع.

ويحسب طول الشوط بالعلاقة الآتية: -

$$L_S = L + L_1 + L_2$$

(L_1) خلوص البداية. (L) طول المشغولة. (L_2) خلوص النهاية.

ويحسب عرض التجليخ بالعلاقة الآتية: -

$$W_S = W + W_1 + W_2$$

(w) هو عرض المشغولة. (W_1) خلوص عرض البداية. (W_2) خلوص عرض النهاية.

وتحسب عدد مرات القطع من العلاقة الآتية: -

$$i = \frac{z}{a}$$

إذ أن: - (z)عمق القطع الكلي (mm) (a) عمق القطع في الشوط الواحد (mm) .

مثال 4-6:

احسب الزمن اللازم لتجليخ سطح مستطيل طوله (280 mm) وعرضه (200 mm) تجليخاً محيطياً إذا كانت سرعة العربة (الطاولة) تساوي (15 m/min) والتغذية العرضية (10 mm/i) وعدد مرات القطع (4)، وخلوص البداية للطول (12 mm)، والنهاية (8 mm).

الحل :-

$$L_S = L + L_1 + L_2 = 280 + 12 + 8$$

طول الشوط

$$L_S = 300\ mm$$

$$T = \frac{L_S}{1000 \times V_G} \times \frac{W_S}{S} \times i = \frac{300}{1000 \times 15} \times \frac{200}{10} \times 4$$

زمن التجليخ الأساسي

$$T = 1.6\ min$$

مثال 4-7:

احسب الزمن اللازم لتجليخ مشغولة معدنية تجليخاً محيطياً إذا علمت أن طول شوط التجليخ (400 mm) وعرض التجليخ (120 mm)، وعمق القطع الكلي يساوي (0.6 mm)، وعمق القطع في الشوط الواحد (0.06 mm)، وعرض حجر التجليخ يساوي (20 mm)، والتغذية العرضية تساوي ($\frac{2}{5}$ × عرض حجر التجليخ)، وسرعة العربة (5 m/min)، مع العلم أن التغذية العرضية تتم في نهاية كل شوط مزدوج.

الحل :-

$$i = \frac{z}{a} = \frac{0.6}{0.06} = 10$$ **عدد مرات القطع**

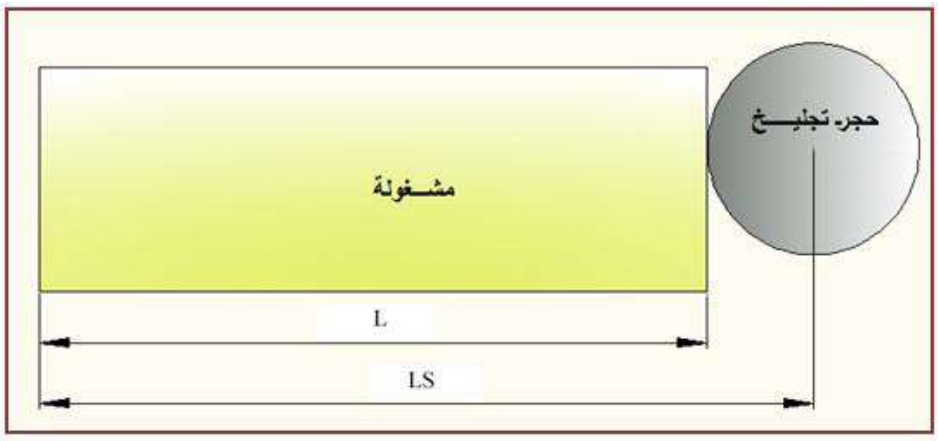
$$S = \frac{2}{5}\ x\ B$$

$$S = \frac{2}{5}\ x\ 20 = 8\ mm/\ i$$

$$T = \frac{2L_S}{1000 \times V_G} \times \frac{W_S}{S} \times i = \frac{2 \times 400}{1000 \times 5} \times \frac{120}{8} \times 10$$

$$T = 24\ min$$

جـ - الزمن الرئيس في التجليخ السطحي الجبهي، لاحظ الشكل (4 -37).



الشكل (4 - 37) التجليخ السطحي الجبهي.

يكون محور حجر التجليخ عموديا على السطح المراد تجليخه. وتتم حركة عمق القطع (التغذية الرأسية) في نهاية كل شوط مزدوج للعربة. ولحساب الزمن الرئيس للتجليخ السطحي الجبهي نطبق العلاقة الآتية: -

$$T = \frac{2L_S \times i}{1000 \times V_G}$$

V_G= سرعة العربة (m/min).

ويحسب طول الشوط بالعلاقة الآتية: - $L_S = L + D$

مثال 4-8:

المطلوب حساب الزمن اللازم للتجيخ السطحي الجبهي إذا علمت أن طول المشغولة (500 mm) وقطر حجر التجليخ يساوي (100 mm)، وان سرعة العربة (2 m/min) وعدد مرات القطع (5).

الحل:

$L_S = L + D =$ 500+100

$L_S = 600\ mm$

$$T = \frac{2L_S \times i}{1000 \times V_G} = \frac{2\ x\ 600 \times 5}{1000 \times 2}$$

$T =$ 3 min

أسئلة الفصل الرابع

س1) عرف ما يأتي: -

1 التجليخ 2– ماكينات التجليخ 3– أحجار التجليخ 4– نتريد البورون المكعب 5– رابط الشيلاك

س2) اذكر ميزات كل مما يأتي: -

1– عملية التجليخ 2– ماكينات التجليخ اللامركزي 3– القوابض الكهرومغناطيسية.

4 – الطريقة الهيدروليكية المستعملة في تشغيل الطاولة السفلى لماكينة التجليخ الاسطواني.

5– المواد الرابطة المزججة.

س3) علل ما يأتي: -

1– عملية التجليخ تعطي انهاءً ناعما جداً وملائما لسطوح التلامس وسطوح المحامل.

2– عند إجراء عمليات التجليخ على ماكينات التجليخ الثابتة، يجب عدم ضغط المشغولة بشدة على حجر التجليخ الدائر، تحريك المشغولة يدوياً على وجه الحجر من جانب إلى آخر بحركة ترددية.

3– وجود مصدات على جانب الطاولة السفلى لماكينة التجليخ الاسطواني.

4– عدم تجاوز قطر حجرالتجليخ ثلثا القطر الداخلي للثقب المطلوب تجليخه على ماكينة التجليخ الداخلي.

5– يجب استعمال أحجار تجليخ طرية عند عملية شحذ المثاقب الملتوية.

6– المواد المصنّعة للحبيبات القاطعة حلت بشكل كلي تقريبا محل المواد الطبيعية.

7– استعمال المخانق الثابتة والمتحركة في إسناد المشغولات الاسطوانية الطويلة.

س4) ما استعمالات ووظائف كل مما يأتي ؟

1– ماكينات التجليخ. 2 – ماكينات التجليخ اليدوية 3 – ماكينات التجليخ السطحي الأفقية.

4 – ماكينات التجليخ السطحي العمودية 5 – فرش ماكينة التجليخ الاسطواني.

6 – غراب الذيل في ماكينة التجليخ الاسطواني 7 – ماكينات التجليخ اللامركزي.

س5) عدد أنواع كل مما يأتي:

1- ماكينات التجليخ 2- ماكينات التجليخ السطحي 3– عمليات التجليخ السطحي 4– المواد الرابطة

5- القوابض المغناطيسية 6– العدد المستعملة لتسوية أحجار التجليخ 7– المواد المصنعة للحبيبات القاطعة لأحجارالتجليخ المستعملة في صناعة أحجار التجليخ

س6) أجب بكلمة (صح) أو (خطأ) أمام العبارات الآتية وصحح الخطأ إن وجد: -

1 – يكون اتجاه دوران حجر التنظيم في ماكينة التجليخ اللامركزي مماثلاً لاتجاه دوران حجر التجليخ الرئيس ومماثلا لاتجاه دوران المشغولة.

2 – يتم تجليخ السلبات الصغيرة الانحدار بإمالة الطاولة العليا لماكينة التجليخ الاسطواني.

3 – يستعمل للشحذ الابتدائي لأقلام الخراطة أحجار تجليخ دقيقة الحبيبات.

4 – تتم عملية التجليخ السطحي الأفقية بوساطة السطح الطرفي لحجر التجليخ.

5 – إن كفاءة حجر التجليخ للقطع تعتمد على نوع المادة الرابطة المستعملة.

س7) ما أجزاء كل من ماكينات التجليخ الآتية ؟ عددها.

1 – الثابتة 2- السطحية الأفقية 3- الأسطوانية 4- اللامركزية.

س8) كيف يقاس حجم ماكينات التجليخ السطحي, وماكينات التجليخ الاسطواني.

س9) أذكر الحركات الرئيسة في: (معززا إجابتك بالرسم) لكل من: -

1 – التجليخ الاسطواني. 2– التجليخ الداخلي للمشغولات التي يمكنها الدوران.

س10) اشرح النظام الهيدروليكي المستعمل لحركة الطاولة السفلى لماكينة التجليخ الاسطواني موضحا إجابتك بالرسم.

س11) عدد طرائق ربط المشغولات على ماكينات التجليخ السطحي.

س12) احسب سرعة القطع لحجر التجليخ بوحدة (m/s) لعمليتي التجليخ (a، b) وفقا للشروط الآتية:

	قطر حجر التجليخ (mm)	عدد دورات الحجر بالدقيقة (rpm)
a	400	955
b	280	2370

س13) يراد تجليخ مشغولة اسطوانية طولها (500 mm)، تجليخا أسطوانيا بوساطة حجر تجليخ عرضه (30mm) حيث يتعين أن تكون عدد مرات القطع (12) والتغذية الطولية (20 mm/rev) وعدد دورات المشغولة (80 rpm). أوجد زمن التجليخ الرئيس، علماً بأن تغذية عمق القطع تتم نهاية كل شوط.

س14) مشغولة اسطوانية طولها (200 mm) وقطرها (50 mm) وسرعتها المحيطية (20 m/min). يراد تجليخها اسطوانيا بوساطة حجر تجليخ عرضه (45 mm) وبتغذية طولية مقدارها (16 mm/rev). عمق القطع الكلي يساوي (0.48 mm) وعمق القطع في الشوط الواحد يساوي (0.06 mm).

أحسب مايأتي: -

1– طول شوط التجليخ. 2 -عدد مرات القطع. 3- عدد دورات المشغولة بالدقيقة. 4- زمن التجليخ اللازم.

س15) مشغولة مستطيلة طولها (430 mm) وعرضها (130 mm) ومجموع خلوص البداية والنهاية للطول (20 mm)، يراد تجليخها محيطيا بتغذية عرضية مقدارها (8 mm). أوجد الزمن الرئيس للتجليخ، أذا علمت أن عدد مرات القطع يساوي (6)، وأن سرعة العربة تساوي (9 m/min).

س16) احسب الزمن اللازم للتجليخ الجبهي إذا كان طول شوط التجليخ (600 mm) وسرعة العربة (3 m/min) وعمق القطع الكلي يساوي (0.6 mm) وعمق القطع بعد كل شوط مزدوج (0.05 mm).

الفصل الخامس /عمليات التشغيل اللاتقليدي
Nontraditional Machining Processes

أهداف الفصل

أن يكون الطالب بعد إنهائه دراسة الفصل قادراً على أن :-

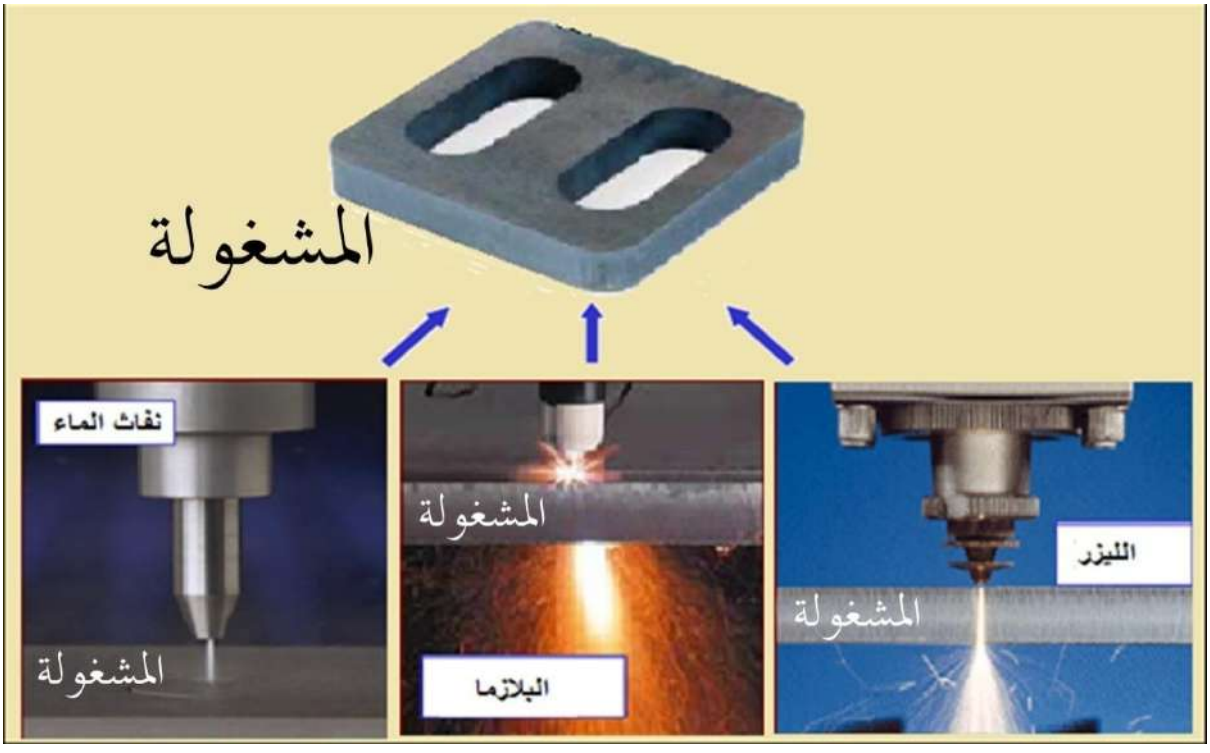
1- يتعرّف على خصائص وأهمية التشغيل اللاتقليدي.

2- يتعرّف على تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي وطرقه الشائعة.

3-يتعرّف على مبدأ عمل كل عملية تشغيل لاتقليدي.

4- يفرّق بين كل عملية من هذه العمليات.

5- يحدد نوع المادة الذي يمكن تشغيلها بأي واحدة من هذه العمليات.



تمهيد

تعرف عملية تشغيل المعادن بأنها تغير شكل كتلة معدنية أولية عبر إزالة جزء منها على هيئة قطع صغيرة تسمى الرايش بوساطة أداة قاطعة وذلك للحصول على منتج بمواصفات معينة من حيث الأبعاد والدقة، ومع النمو المتسارع للصناعة أصبحت طرائق التشغيل التقليدية (كالخراطة والتفريز والثقب والتجليخ والقشط) لا تلبي جميع متطلبات العمل من ناحية السرعة والدقة المطلوبة، لهذا تم اللجوء إلى ابتكار عمليات تشغيل حديثة تعتمد طبيعة عملها بشكل رئيس على استعمال المحاليل الكيميائية والطاقة الكهربائية أو الجمع بين الاثنين لتشغيل المواد التي يصعب معاملتها بالطرق الأُخرى، وتسمى هذه العمليات بعمليات التشغيل اللاتقليدي .

5 -1 خصائص التشغيل اللاتقليدي (Nontraditional Machining Characteristics)

هنالك مجموعة من خصائص التشغيل اللاتقليدي للمشغولات المختلفة المواد والأحجام وهي كما يأتي.

1- اختزال عِدة عمليات تشغيل في عملية واحدة، فمثلاً عند تشغيل مادة معينة بطريقة الخراطة فإنها تحتاج إلى معاملة حرارية لتحسين خواصها بعد التشغيل وربما تحتاج إلى عملية إنهاء سطحي، أما عملية التشغيل اللاتقليدي فإنها تقوم بكل هذه العمليات مره واحدة.

2- الجودة العالية في الإنهاء السطحي الذي يُغني عن استعمال أية عملية إضافية .

3- الدقة العالية في أبعاد المنتج النهائي.

4- كلفة التشغيل المنخفضة نسبياً مقارنة مع الطرق الميكانيكية الأُخرى لإختزال عدد من عمليات التشغيل.

5- عدم تكوين الرايش مما يقلل من نفقات ازالته ويحد من مخاطره .

6- تعمل على تشغيل معادن عالية الصلادة التي يصعب تشغيلها بالطرق التقليدية وبكفاءة عالية.

7- لاتشكل خطورة في أغلب الأحيان على المتعامل معها لأن عدة التشغيل و المشغولة تكونان بعيدتين عن العامل بعكس الطُرق التقليدية التي يكون العامل فيها بتماس مباشر مع الماكينة و المشغولة .

8- انتاج قطع معقدة الشكل بالأخص القوالب المعدنية.

9- استعمال الحاسبة الالكترونية (Computer) في السيطرة على عمليات هذا التشغيل.

10- العاملين بهذه العمليات يجب أن يتمتعا بكفاءة عمل عالية.

11- استعمال أنظمة التهوية و التبريد المتطورة أثناء إجراء هذه العمليات.

12- المشغولة مرنة جدا لاتقاوم قوى القطع أو لايمكن تثبيتها.

13- تجنب درجات الحرارة والإجهادات الناتجة عن عمليات القطع التقليدية غير المرغوب فيها.

2-5 تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي
Nontraditional Machining Classification

تُصنف عمليات التشغيل اللاتقليدي إلى أربعة مجاميع رئيسة حسب طبيعة الوسط الذي تعمل فيه وهذه العمليات هي ،الشكل (5-1):-

1- عمليات التشغيل الكيميائي (Chemical Machining Processes) . وتعتمد في عملها على التفاعل الكيميائي، وفي بعض الأحيان يُعزز التفاعل الكيميائي باستعمال الطاقة الكهربائية أو الطاقة الحرارية.

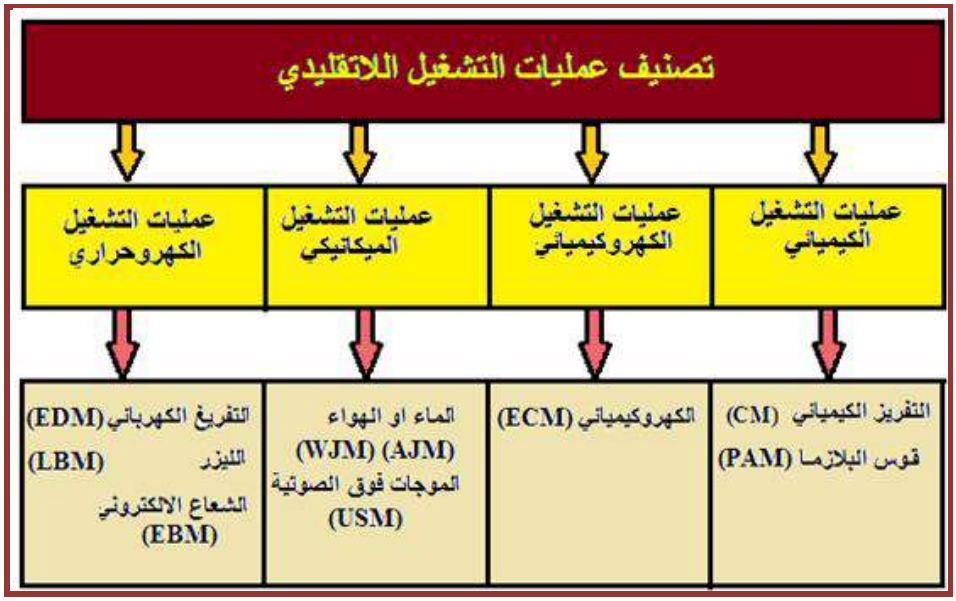
2- عمليات التشغيل الكهروكيميائي (Electrochemical Machining Processes) . وتعتمد على الإذابة الألكتروليتية في عملية تشغيل المواد الهندسية.

3- عمليات التشغيل الميكانيكي (Mechanical Machining Processes) . تستعمل هذه العمليات في القطع متعدد الاتصال (استعمال أداة قطع) أو التعرية في إزالة المعدن.

4- عمليات التشغيل الحراري (Thermal Machining Processes) . إن إزالة المعدن تنتج من تركيز درجات الحرارة العالية بشدة في منطقة محددة لإذابة المادة وتبخيرها.

وتقسم المجاميع الأربعة المذكورة أعلاه إلى عدة عمليات ، ويعتمد استعمال إي عملية على نوع مادة المشغولة وكذلك حسب طبيعة الوسط الذي تعمل فيه المشغولة وهذه العمليات هي :

- ❑ التشغيل الكيميائي — Chemical Machining (CHM)
- ❑ التشغيل بالتفريغ الكهربائي — Electro Discharge Machining (EDM)
- ❑ التشغيل بقوس البلازما — Plasma Arc Machining (PAM)
- ❑ التشغيل بالليزر — Laser Beam Machining (LBM)
- ❑ التشغيل بالكهروكيميائي — Electrochemical Machining (ECM)
- ❑ التشغيل بنفاث الماء — Water Jet Machining (WJM)
- ❑ التشغيل بنفاث الهواء — Air Jet Machining (AJM)
- ❑ التشغيل بالشعاع الالكتروني — Electron Beam Machining (EBM)
- ❑ التشغيل بالأمواج فوق الصوتية — Ultrasonic Machining (USM)
- ❑ التشغيل بالنتروجين السائل — Liquid Nitrogen Machining
- ❑ التشغيل بتدفق الحبيبات القاطعة — Abrasive Flow Machining (AFM)



الشكل (5-1) مخطط تصنيف عمليات التشغيل اللاتقليدي.

3-5 التشغيل الكيميائي

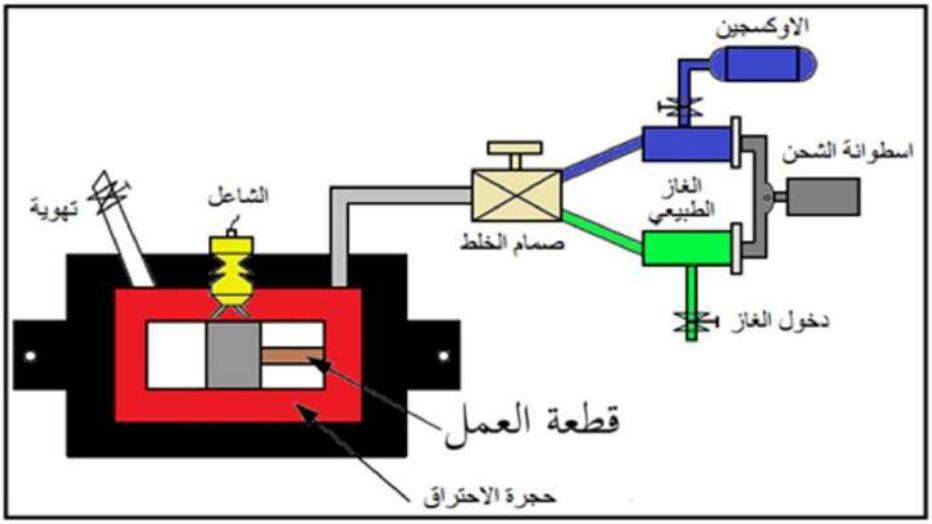
تعد عمليات التشغيل الكيميائي من أقدم وابسط عمليات التشغيل الخالية من تكون الرايش، حيث يتم استعمالها منذ سنوات عديدة لإنتاج الألواح المنقوشة المستعملة في الطباعة وفي عمل لوحات الهوية الصغيرة وكذلك لتشغيل مدى واسع من المواد من الدوائر الإلكترونية بالغة الصغر مروراً بالأجزاء الكبيرة التي قد يتجاوز طولها (3m). يتم إزالة المادة بهذه العملية من مساحات مختارة بغمرها في محلول كيميائي (Chemical Solution) ، إذ تبدأ المادة بالزوال بفعل الخلية الكهروكيميائية مثلما يحصل في عملية التآكل أو الإذابة الكيميائية لمعدن ما بدون وجود دائرة كهربائية خارجية. إن الإذابة الكيميائية المسيطر عليها تعمل على حفر السطوح المكشوفة للمادة آنياً وبمعدل اختراق (0.063 mm/min - 0.076 mm/min).

هنالك أنواع عديدة من عمليات التشغيل الكيميائي وكما يأتي :-

1-3-5 التشغيل الثرموكيميائي Thermo Chemical Machining (TCM)

تم تطوير هذا النوع من التشغيل لإزالة الزوائد والزعانف عن طريق تعريض المشغولة لغازات تآكل ساخنة لدورة زمنية قصيرة وكما موضح في الشكل (5-2) مكون من غرفة احتراق غازات التآكل عند خلطها مع غاز الأوكسجين بوجود الشاعل تتولّد الحرارة المطلوبة. تبقى المشغولة غير متأثرة وباردة نسبياً بسبب قلة نسبة السطح للكتلة، فضلاً عن قصر زمن التعرض للغازات. تُزيل عملية التشغيل الثرموكيميائي الزوائد

والزعانف من مدى واسع من المواد إلا أنها تكون فعالّة عملياً بشكل أكثر للمواد ذات الموصّلية الحرارية الواطئة. يمكن أن تُزال الزوائد الناعمة بسرعة بوساطة تعريض الأجزاء لرذاذ كيميائي.



الشكل (5-2) التشغيل الثرموكيميائي.

فوائد التشغيل الكيميائي

فوائد التشغيل الكيميائي يمكن ان تُدرج كمايأتي:

1- كلفة التشغيل الكيميائي منخفضة.

2- يمكن إجراء عمليات تشغيل متعددة على المشغولة في الوقت نفسه.

3- عدم استعمال أي قوة على المشغولة .

4- بالامكان تشغيل المواد ذات الصلادة العالية (Hard Materials) والمواد الهشة (Brittle Materials).

مساوئ التشغيل الكيميائي

1- عملية التشغيل الكيميائي بطيئة.

2- سُمك صغير من المشغولة يمكِن أَنْ يزال أثناء التشغيل.

3- لا يمكن تهيئة زوايا حادّة بهذه الطريقة.

4- يحتاج الى مشغلين ماهرين للإنجاز.

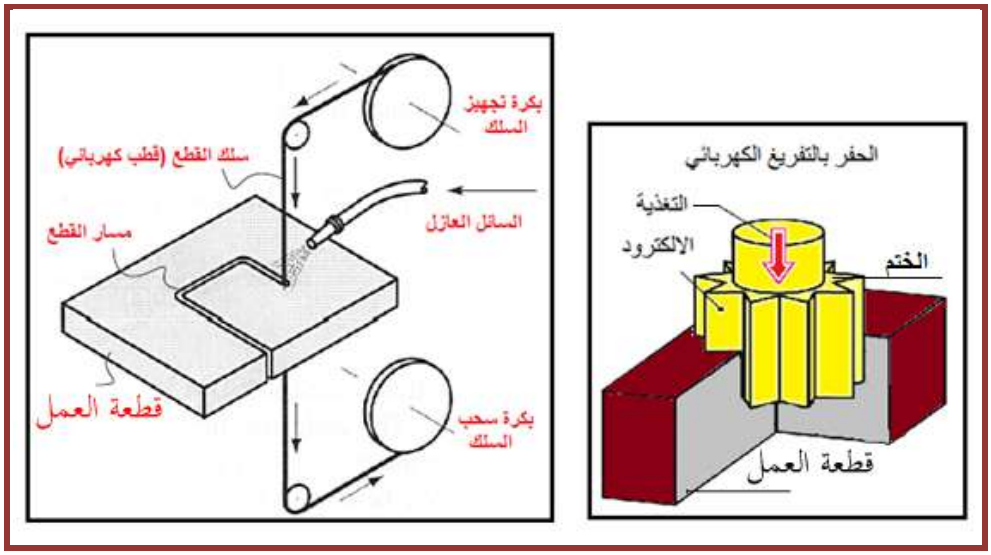
4-5 التشغيل بالتفريغ الكهربائي

تُعد من أهم الطرق وأكثرها انتشاراً في الصناعة بل إنها حققت تقدماً في مجال تصنيع القوالب والعدد بشكل أصبح من المتيسر صناعة قالب ما في زمن قياسي وتستعمل لتشغيل مواد عالية الصلادة وإنتاج أشكال معقدة مثلما في حفر القوالب المعدنية وأشكال ذات حواف كثيرة الانحناءات.

الشكل (5-3) يوضح نوعين رئيسين لهذه الطريقة.

(a) طريقة الحفر المستعملة في إنتاج القوالب المعدنية و الكتابة.

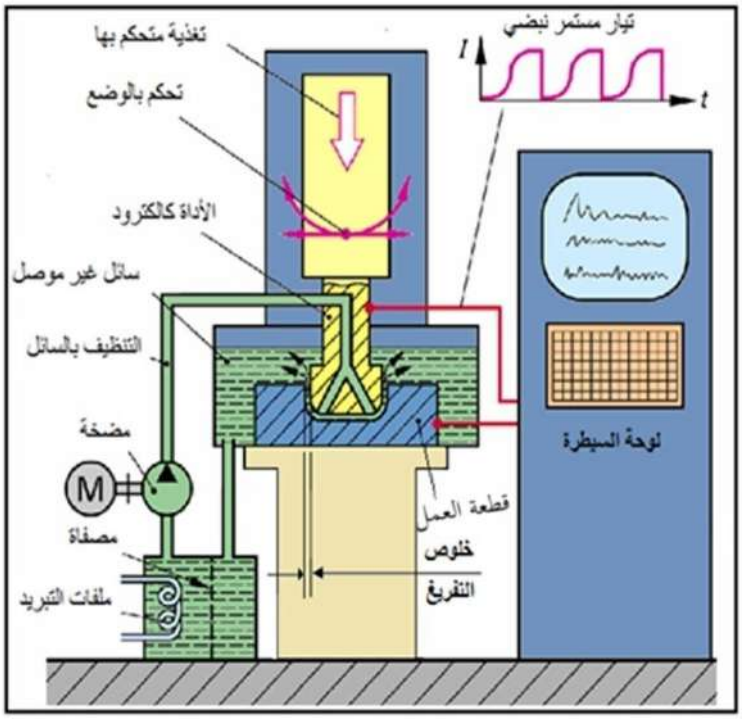
(b) طريقة القطع بالسلك على حواف منحنية و مستقيمة.



(b) القطع بالسلك (a) القطع بالحفر

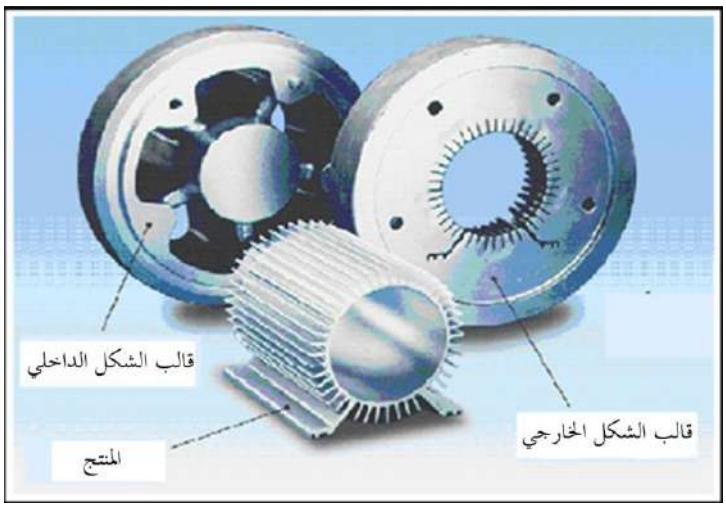
الشكل (5-3) التشغيل بالتفريغ الكهربائي.

يتم الحفر عبر ختم يماثل شكله الحفر المطلوب إنتاجه، و يصنع الختم من الجرافيت أو النحاس أو سبائك النحاس مع التنجستن أو النحاس مع الزنك بينما في حالة القطع يستعمل من سبيكة نحاس و زنك. الشكل (5-4) يوضح طريقة الحفر والمعدات المستعملة بها، يعمل الختم ككاثود وقطعة العمل كأنود، يرسل التيار الكهربائي العالي نبضات متكررة بتردد مابين (200-500000 Hz)، مما يؤدي الى حدوث التفريغ الكهربائي عبرالمسافة الصغيرة بين الختم و قطعة العمل والتي تبلغ (0.03-0.1 mm) يقوم السائل غير الموصل كهربائياً (زيت معدني) والذي يغمر قطعة العمل بإزالة نواتج الحفر. يتم تحريك الختم للأسفل بمعدل يتناسب مع معدل الحفر لكي تظل المسافة بينه وبين قطعة العمل ثابتة.



الشكل (5-4) معدات طريقة الحفربالتفريغ الكهربائي.

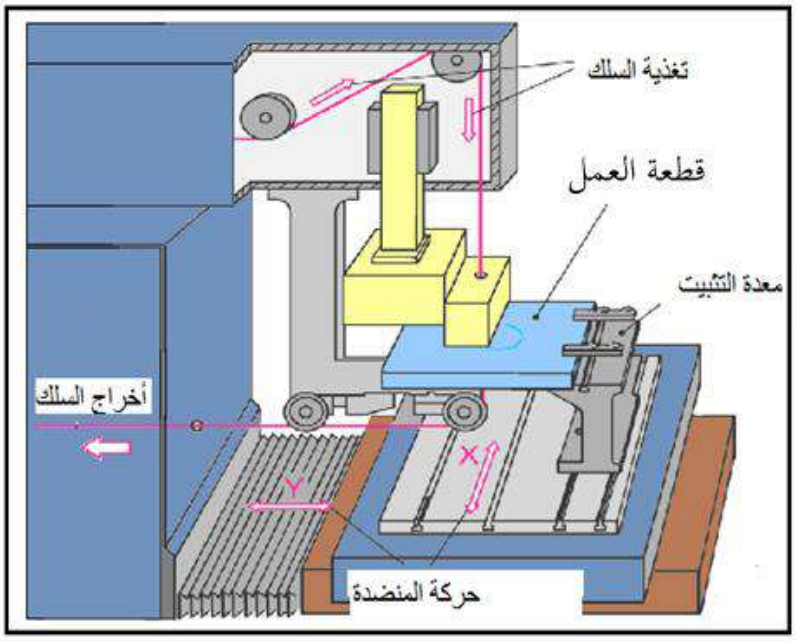
يبدأ إنبعاث الكترونات وأيونات من الكاثود تتجمع في السائل ثم يحدث تفريغ كهربائي(مرور التيار).بتجمع المزيد من الايونات يستمرالتفريغ الكهربائي وتبلغ درجة الحرارة الناتجة من اصطدام الالكترونات بقطعة العمل 12000 °C تؤدي الى تبخر المعدن ويزيل السائل نواتج الحفر. الشكل (5-5) يوضح مثالا لمنتج يمثل قالب بثق منتج عبر عملية التفريغ الكهربائي وتلاحظ الجودة العالية لعملية التشغيل.



الشكل (5-5) قالب بثق منتج بالتفريغ الكهربائي.

عند استعمال طريقة القطع بالسلك والمستخدمة في انتاج قوالب البثق مثلا يستعمل سلك من سبيكة النحاس والزنك بقطر mm (0.3 - 0.1) يتم القطع داخل ماء ثم إتزال الأملاح منه ليصبح غير موصّل. تستعمل هذه

الطريقة من قطع الصلب السبائكي عالي الصلادة و تنتج حواف عالية الدقة وذات نعومة سطح $0.7\mu m$. يتم استعمال ماكينات التحكم الرقمي للتحكم بسرعة حركة السلك و تغذية قطعة العمل و شدة التيار و الجهد. الشكل (5-6) يوضح طريقة القطع بالسلك.



الشكل (5-6) طريقة القطع بالسلك.

5- 5 التشغيل بقوس البلازما

تعرف البلازما بأنها غاز متأين أو خليط يحتوي على جسيمات مشحونة فضلاً عن إلكترونات وجسيمات متعادلة جميعها حرة الحركة، بحيث تسلك سلوكاً مميزاً لها يختلف عن حالات المادة الثلاث الأخرى (الصلبة والسائلة والغازية). وتوجد هذه الحالة عادة مع درجات الحرارة العالية جداً، حيث يمكن أن تتأين ذرات الغاز مكونة أيونات موجبة (كاتيونات) عن طريق فقدان الكترون أو أكثر لكل ذرة. بحيث تكون المحصلة النهائية خليطاً من الأيونات الموجبة والالكترونات حرة الحركة، يوضح الشكل (5-7) عملية قطع المعادن بالبلازما، إذ يتم استعمال مجرى فائق التسخين لغاز متأين كهربائياً لإذابة وإزالة المادة. تتولد البلازما ذات درجة الحرارة العالية ^{o}C (30000 – 12000) داخل فوهة مبردة بالماء بوساطة التأين الكهربائي لغاز مناسب مثل النتروجين، الهيدروجين، الآركون أو خليط من هذه الغازات وهذه العملية يمكن أن تُجرى على معظم المعادن الموصّلة. تستعمل هذه الطريقة في قطع الصلب السبائكي والمعادن غير الحديدية والمواد غيرالمعدنية.

مزايا القطع بالبلازما

1- يصل السُمك الذي يمكن قطعه حتى 100 mm وتبلغ سرعة القطع 6 mm/min ولمساحات كبيرة مرتبطة طبعا بمساحة طاولة السند.

2- سرعة القطع عالية مقارنة مع الليزر.

3- قلة الكلفة المادية الناتجة عن الطاقة.

4- قطع المعادن غير القابلة للتأكسد.

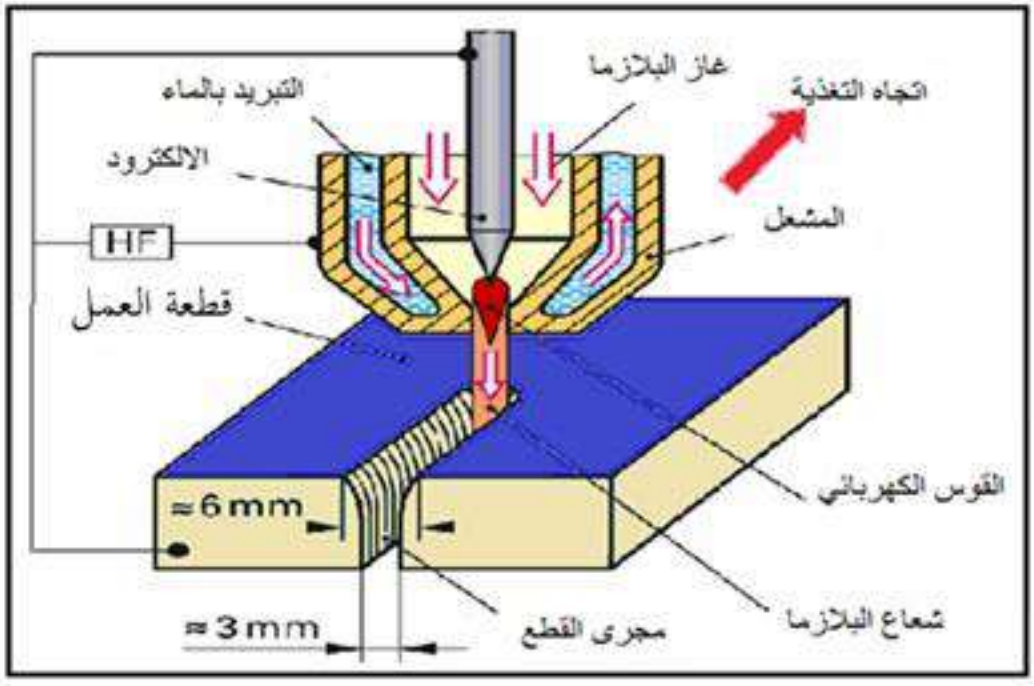
5- توجد آليات متنقلة للقطع بالبلازما على عكس بعض الطرائق الأخرى.

مساوئ القطع بالبلازما

1- عدم انضباط عمودية سطح القطع، وإنما يكون السطح المقطوع مقعرا نتيجة التصلب بعد الانصهار وتتم عملية القطع بتيار غازي متأين ينتج عنه تطاير رذاذ الانصهار في جميع أنحاء القطعة مما يلزم تنظيفها فضلاً عن تنظيف الطاولة.

2- عدم قطع المشغولات التي يقل سمكها عن 10 mm نتيجة لفقدان سماحية أبعاد المشغولة.

3- وجود بعض المخاطر كالأشعة فوق البنفسجية والضجيج الناتج عن استعمال بعض الماكينات مما يستوجب اعتماد تعليمات السلامة المهنية.



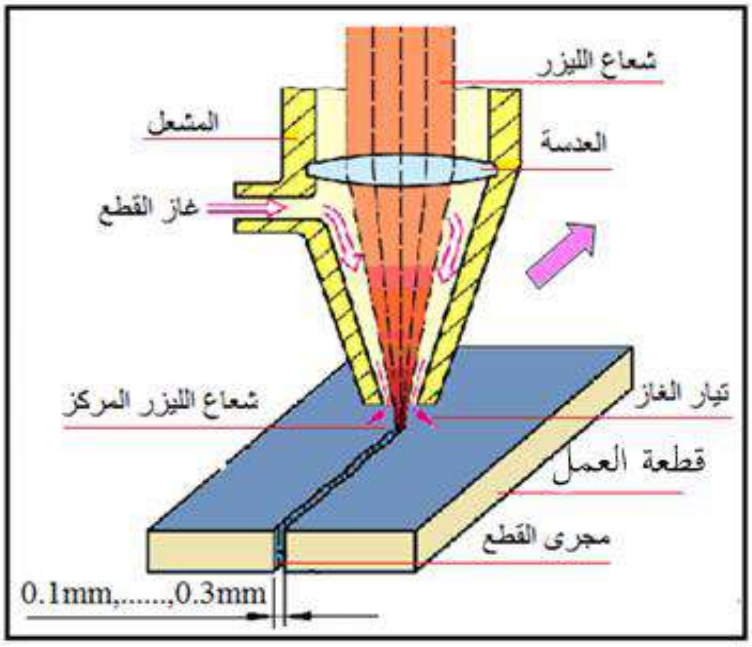
الشكل (5-7) قطع المعادن بالبلازما.

6-5 التشغيل بالليزر

الليزر هو مصدر لتوليد الضوء المرئي وغير المرئي والذي يتميز بمواصفات مميزة لا توجد في الضوء الذي تصدره بقية مصادر الضوء الطبيعية والصناعية .وكلمة ليزر(LASER) هي اختصار للأحرف الأولى لكلمات الجملة الإنجليزية :-

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) والتي تعني (تضخيم الضوء بالانبعاث المستحث للإشعاع).

يقوم الليزر بتوليد نوع مميز من الضوء يختلف في خصائصه عن الضوء الطبيعي الصادر عن الشمس والنجوم والضوء الاصطناعي الصادرعن مختلف أنواع المصابيح الكهربائية. أستعملت أشعة الليزر في كل المجالات الصناعية والطبية والبيئية، ومن الطبيعي أن أحد طرق القطع غيرالتقليدية تشمل القطع بالليزر من خلال أشعة ضوئية عالية الدقة تنتج في معدات خاصة عبر خلق رنين ضوئي أما في غاز أو في بلورات صلبة يتم تسليط حزمة من أشعة ليزرعلى سطح المشغولة مسببة في رفع درجة الحرارة لدرجات عالية جداً مما يؤدي الى تبخر أو انصهار منطقة القطع. ويمكن توجيه هذه الأشعة بوساطة عدسات ضوئية وتركيزها على منطقة صغيرة جداً. يمكن قطع أي معدن كان. ومنها السيراميك حيث إن الحرارة مركزة جداً في منطقة صغيرة فلا تسبب هذه الحرارة في انهيار المواد السيراميكية بل قطعها بالشكل المطلوب، وكما موضح في الشكل (5-8). يتم إزالة نواتج القطع عبر تدفق الغاز الخامل المرافق (الارجون أو النتروجين) للشعاع. يستعمل الليزر في قطع وحفر كل أنواع حديد الصلب وسبائك الألمنيوم والبلاستك والخزفيات.



الشكل (5-8) القطع بالليزر.

أهم مكونات القواطع الليزرية داخل الماكينة

أولا: الاسطوانات

تقوم هذه الاسطوانات بتزويد الماكينة القطع الليزرية بالغاز اللازم لعمليه توليد شعاع الليزر، وتعد من أهم المكونات، موضح ذلك في الشكل (5-9) وهي عادة تكون مدمجة داخل آلة التشغيل.

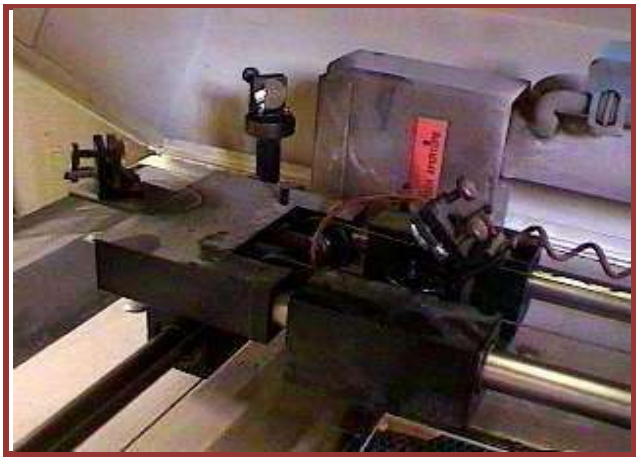
الشكل (5-9) اسطوانات الغاز .

ثانيا:الحاسوب:

نظرا للتطور التكنولوجي الحاصل في عملية القطع تم استعمال الحاسوب لبرمجة عمل القاطع الليزري للعمل بكفاءة متناهية الدقة والجودة، يمكننا الآن إضافة حوالي مجموعة من الروبوتات (الإنسان الآلي) للعمل مرة واحدة بالوقت نفسه وهو ما أشبه بالأذرع التي بإمكانها قطع ستة أماكن لمشغولة بالوقت نفسه.

ثالثا: العدسات والمرايا:

يوضح الشكل (5-10) عدسات ومرايا تستعمل لتوجيه شعاع الليزر الى المكان المطلوب قطعه بدقة، ولكن هذه العدسات تكون ذات كلفة عالية جداً كونها تتمتع بمواصفات خاصة.



الشكل (5-10) عدسات ومرايا تستعمل لتوجيه شعاع الليزر.

تطبيقات عملية التشغيل بالليزر

ماكينة القطع بالليزر تستطيع عمل الثقوب في المعادن القاسية وفي السيراميك والمواد الدقيقة جداً بدون تشويه قطعة العمل. يستطيع الليزر أن ينقش ويحفر ويؤشر ويقطع المواد الرقيقة والسيراميك، يشذب المقاومات، ويعالج البلاستيك، السيليكون، الماس، الجرانيت بسماح مقداره $1\ \mu m$، العرض الأصغر للقطع يتراوح بين (0.025-0.5) mm.

الشروط الواجب توافرها في عملية القطع بالليزر

1- أن يصل تركيز الطاقة داخل الجزء المراد قطعة إلى حدود عالية تكفي لتذويب وتبخير المادة فمثلا يمكن الحصول على أقصى إشعاع (200 W) بفترة زمنية قليلة جداً.

2- امتصاص السطح لجميع أطوال الموجة المنطلقة من مصدر الليزر فعندما يكون شفافا سيتم عبور الطاقة محدثة ارتفاعاً حرارياً فقط كما أن السطح يجب أن لا يكون عاكسا عند أطوال موجية معينة.

3- الموصّلية الحرارية للمادة، لكي يتحقق الصهر أو القص يجب أن يكون معدل التبدد الحراري أقل بكثير من معدل الحرارة الداخلة إلى نقطة العمل.

4- من الضروري الحفاظ على الأداة المولّدة لليزر، ولضبط درجة حرارة التشغيل يتم الاعتماد على التبريد بالماء، إذ يُضخ الماء حول الجزء المسخَّن لامتصاص الحرارة، ثم يُصرف الماء الساخن ويُعاد استخدامه لأغراض أخرى.

مميزات القطع بالليزر

1- ليس هناك تقييد لمسار القطع، فنقطة الليزر يمكن أن تتحرك في أي اتجاه على سطح المشغولة عكس الطرق الأخرى تكون محددة.

2- هذه التقنية مناسبة لصناعة وتركيب الأجزاء ذات الدقة العالية وخاصة المواد المرنة،بحيث يبقى الشكل الأصلي للجزء محافظا على نفسه من البداية للنهاية وكذلك تحافظ على المشغولات الرقيقة أو السهلة الكسر المصنوعة من مواد هشة.

3- شعاع الليزر حاد حيث يمكن قطع المواد الصلدة و المواد القاسية.

4- المواد الصمغية التي تلصق على نصل المنشار أو السكين ليست عقبة بالنسبة لليزر.

5- القطع بالليزر عملية فعّالة جداً ومكلفة مع تكاليف تشغيل وصيانة منخفضة ومرونة عالية.

6- العمل يتم بسرعة الليزر يقطع بسرعات عالية جدا، يمكن أن تحدد سرعة الليزر في عمليات قطع المواد بوساطة الطاقة المتوفرة لليزر.

7- أتباع تعليمات السلامة أمر هام جداً أبتداءً من أستعمال القناع الواقي الى ارتداء القفازات.

7-5 التشغيل الكهروكيميائي

في عمليات الطلاء الكهربائي هناك قطب يتآكل (القطب الموجب) وقطب تحصل عليه عملية الطلاء (القطب السالب) تحصل هذه العملية داخل محلول كيميائي ويسري تيار عبر القطبين، ما يهمنا في هذه الطريقة تآكل القطب الموجب أي حصلت عملية قطع للقطب، وتم الإفادة من هذه الخاصية في قطع المواد إذ يمثل القطب الموجب للمشغولة الذي يراد منه عملية القطع إلا أنه يوجد تيار للسائل (محلول اليكتروليتي) في منطقة القطع يسبب هذا في عدم حصول عملية الطلاء في القطب السالب. ويشترط أن يكون المعدن موصلاً للتيار الكهربائي، هذه الطريقة لا تسبب في تغيرات الطبيعة التركيبة لسطح المشغولة.تستعمل هذه الطريقة أيضا طاقة الالكترون لازالة المادة، تنشأ الخلية الاليكتروتيكية في وسط منحل كهربائي مع العدة التي تكون عبارة عن كاثود (قطب سالب) (Cathode) وقطعة العمل كقطب موجب (Anode). يستعمل تيار عالي الشدة ومنخفض الجهد ليذيب المعدن ويزيله من قطعة العمل. إن الطريقة الكهروكيميائية ECM مناسبة للمشغولات القاسية والأجزاء المعقدة.

مزايا القطع الكهروكيميائي

1- لا توجد أي إجهادات ميكانيكية أو حرارية .

2- ليس هناك اهتراء أو حك للأداة (القطب السالب) خلال إجراء العملية.

3- يمكن إجراء العملية بسهولة على قطع العمل المفتوحة أو غير المتصلبة إذا لم يكن هناك تماس بين العدة و المشغولة.

4- إجراء العملية عدة مرات للأشكال الهندسية المعقدة وبدقة كافية .

5- اختصار للزمن مقارنة بالطرق التقليدية.

6- أثناء الثقب يمكن إجراء ثقوب عميقة أو عدة ثقوب في الوقت نفسه.

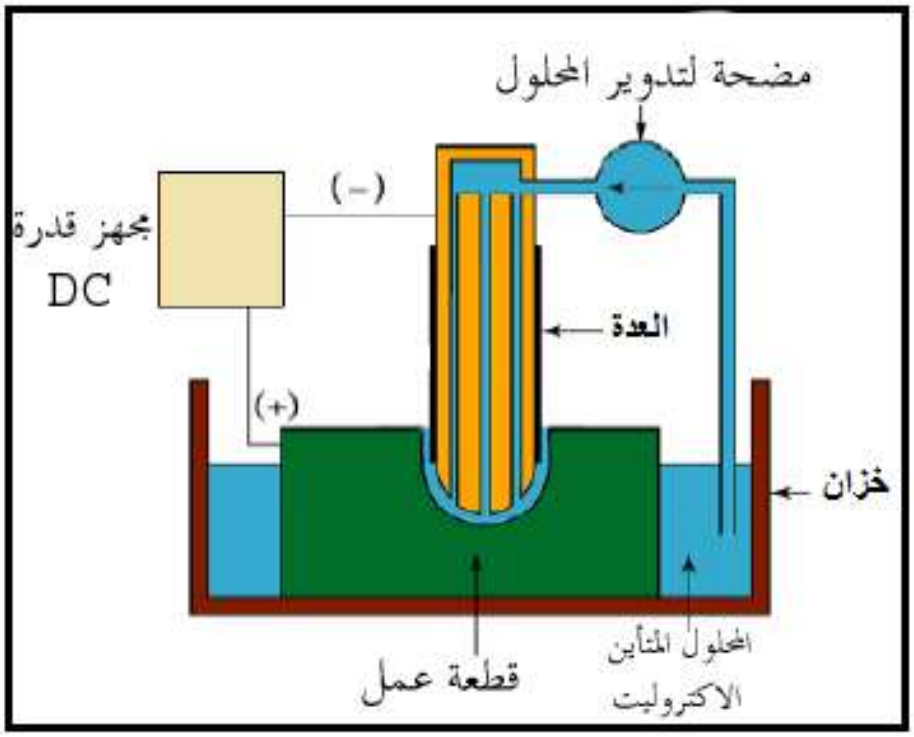
7- سهولة قطع الأجزاء سهلة الكسر التي لاتتحمل أحمال كبيرة وأيضا المواد الهشة التي يظهر بها شقوق عند تشغيلها.

8- إنهاء السطوح يكون عالي الجودة.

تتشابه هذه الطريقة مع طريقة التفريغ الكهربائي في أغلب مكوناتها ما عدا أن السائل المستعمل هنا يُعد موصّلا للتيار ويوضح الشكل (5-11) طريقة التشغيل بالكهروكيميائي. يجب أن يتصف المحلول الالكتروليتي بما يأتي:

1. **ألا يسبب التآكل .**
2. **رخيص الثمن.**
3. **غير سام .**
4. **موصل جيد للتيار .**

يستعمل في حالة تشغيل الصلب الكربوني والسبائكي محلول كلوريد الصوديوم بتركيز gm/L (240-60) في حالة تشغيل النحاس وتشغيل التنجستن والملبدينيوم يستعمل محلول نترات الصوديوم. تضاف للمحلول مواد تحسن من قابلية التصاقه و مواد تقلل تآكل المعدن بفعل المحلول.



الشكل (5-11) مخطط لآلية إجراء عملية التشغيل الكهروكيميائي.

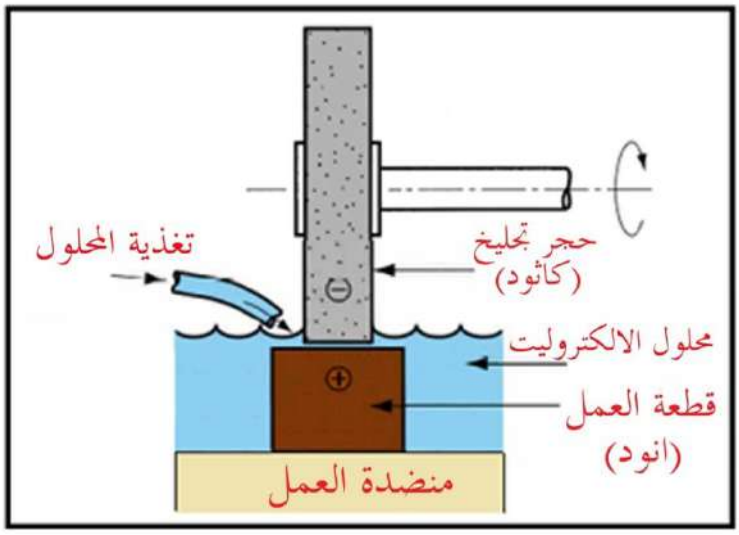
الشكل (5-12) يبين نماذج تم تشغيلها بطريقة التشغيل الكهروكيميائي تظهرعليها الدقة العالية والإنهاء السطحي عالي الجودة.

الشكل (5-12) نماذج تم تشغيلها بطريقة التشغيل الكهروكيميائي.

هنالك أنواع عديدة من طرائق التشغيل الكهروكيميائي ومنها:-

5-7-1 التجليخ الكهروكيمياوي Electro Chemical Grinding (ECG)

التجليخ الكهروكيميائي يكون قطب العُدة (الكاثود) دوّار، ومتكوّن من دقائق ماسية مربوطة بمادة معدنية. الشكل (5-13) يوضح تركيب العُدة الدوارة والدائرة الكهربائية لعملية التجليخ الكهروكيميائي.عندما يسري التيار بين المشغولة و حجر التجليخ خلال المحلول الالكتروليتي يتغير سطح المعدن إلى أُوكسيد المعدن والذي يُجلخ بعيداً بوساطة المواد الحاكة . عندما يتم إزالة طبقة الأُوكسيد فإن سطحاً جديداً تحته سوف يؤكسد ويُزال وهكذا حتى إكمال العملية. إن عملية التجليخ الكهروكيميائي هي عملية واطئة الجهد عالية التيار. إن الأحجار المستعملة في التجليخ الكهروكيميائي يجب أن تكون موصلة كهربائياً لذلك يتم استعمال الرابط المعدني للحجر ويُعد هو الكاثود أما قطب الآنود فتمثله المشغولة. تكون الأقطاب معزولة بمسافة مقدارها (0.012-0.05) mm.



الشكل (5-13) التجليخ الكهروكيميائي .

5-7-2 الصقل الكهروكيميائي Electro Chemical Polishing (ECP)

هي طريقة تشغيل كهروكيميائي مُعدلة إذ أن كثافة التيار تكون منخفضة ومعدل انسياب المحلول الألكتروليتي أبطأ مما يختزل بشكل كبير معدل إزالة المعدن بحيث يصبح السطح ناعماً جداً.

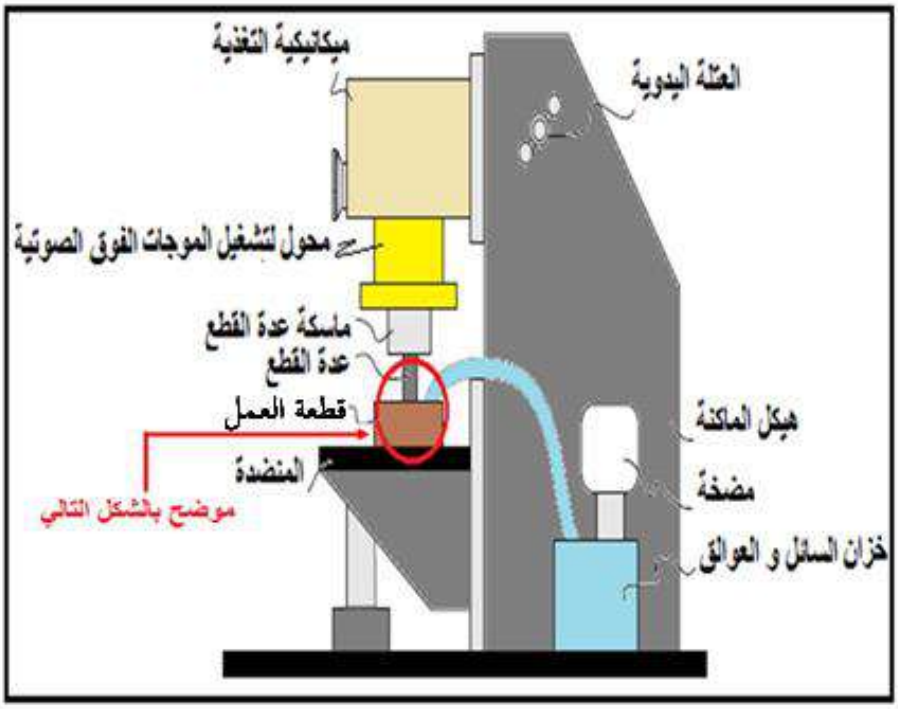
5-7-3 إزالة الزوائد الكهروكيميائية Electro Chemical Deburring (ECD)

هذه العملية محدودة التطبيق، حيث تستعمل بشكل رئيس لإزالة الزوائد والزعانف من الأجزاء المشغلة. يتم وضع المشغولة داخل اسطوانة دوارة معزولة كهربائياً تحوي على قطبي حمل التيار ومعزولين عن الاسطوانة. تضاف كرات من الكرافيت صغيرة إلى المحلول الاكتروليتي إذ تقوم باستلام شحنة حثية من

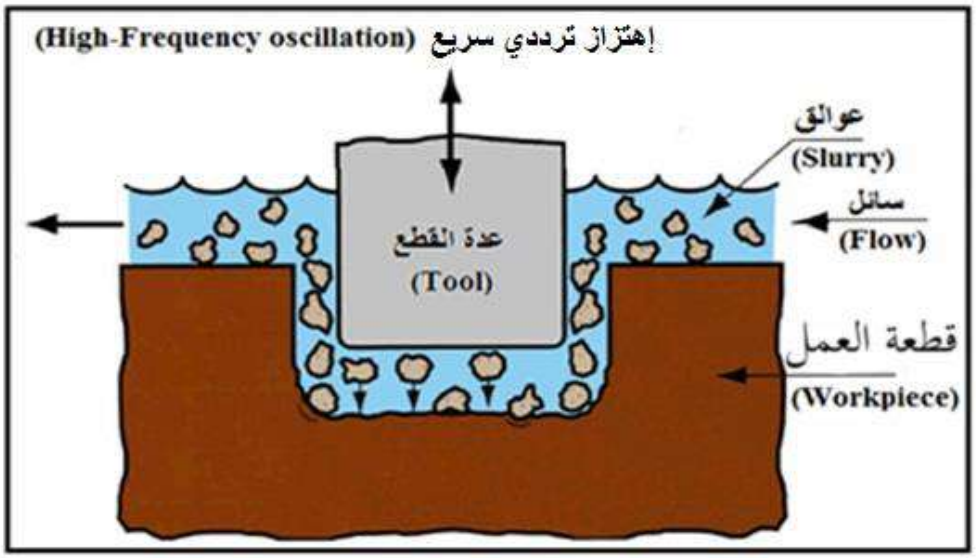
الأقطاب. إن انحدار الجهد عِبرالمسافة بين الكرة و المشغولة هو كاف ليسبب تشغيل كهروكيميائي والسماح له بالحدوث عندما تتحرك كرات الكرافيت عشوائياً فوق المشغولة. وبسبب كون كثافة التيار أعلى عند نتوءات الزوائد عما هو عليه في المساحات الناعمة على المشغولة، فإنها تُزال بشكل تفاضلي. وكما هو الحال في إزالة الرايش الكيميائية، سوف يكون هنالك تغييرا طفيفا في الأبعاد عِبر المشغولة ناتج من فعل التشغيل الكهروكيميائي العام والصفة الحاكة الطبيعية لكرات الكرافيت.

8-5 التشغيل بالموجات فوق الصوتية

تعد هذه الطريقة من عمليات التشغيل الميكانيكي (Mechanical Processes) ويُطلق عليها في بعض الأحيان بتجليخ الصدمة (Impact Grinding). يُستعمل في مثل هذا النوع من التشغيل عُدة اهتزاز بالموجات فوق الصوتية لدفع المادة الحاكة الموجودة في سائل ذي عالق صلب (Slurry) ضد المشغولة. تقوم العُدة بعمل صورة معاكسة في المشغولة (Negative of the workpiece) عندما تبدأ المادة الحاكة الموجودة في العالق بتشغيل السطح. يُعد كاربيد البورون و أُوكسيد الألمنيوم وكاربيد السليكون من أكثر الحبيبات الحاكة شيوعاً في الاستعمال. تستطيع عملية التشغيل بالموجات فوق الصوتية قطع أي مادة ولكنها تكون أكثر تأثيراً على المواد ذات الصلادة أكبر من (RC40). الشكل (a-14-5) يوضح مخططاً لماكينة التشغيل مبينا كل الأجزاء الضرورية لإنجاز هذه العملية، الشكل (b-14-5) يوضح عملية التشغيل ما بين المشغولة-عدة القطع-السائل بالموجات فوق الصوتية.

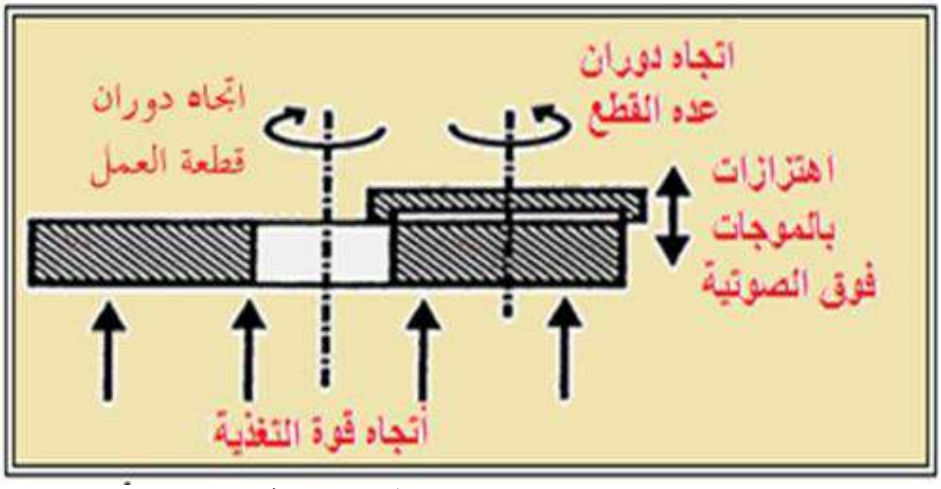


الشكل (a-14-5) مخطط لماكينة التشغيل بالموجات فوق الصوتية .



الشكل (5-14-b) توضيح عملية التشغيل ما بين قطعة العمل-عدة القطع-السائل بالموجات فوق الصوتية.

يتم استعمال محول (*Transducer*) في التشغيل بالموجات فوق الصوتية لإعطاء إهتزازات عالية التردد لماسك العُدة. إن الجسيمات الحاكة في المحلول يتم تعجيلها لسرعة عالية بوساطة العُدة المهتزة لإنجاز عملية القطع . تُصنع العُدة من البراص، الكاربيد ، الفولاذ الطري أو فولاذ العُدد، لذلك سوف يعتمد معدل البلى لهذه العُدد على صلادتها . تتراوح نسب البلى الممكنة من 1:1 الى 100:1 (إزالة المادة مقابل خسارة العُدة للبلى)، ويجب أن تكون العُدة قوية بشكل كاف لمقاومة فشل الكلال. هنالك شكل آخر للتشغيل بالموجات فوق الصوتية ألا وهو التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوّار (*Rotary Ultrasonic Machining*) حيث يتم فيه استعمال عُدة دوّارة مصنوعة من الماس تهتز بمعدل (20 kHz) أثناء الدوران من أجل الثقب أوالتسنين أو التجليخ أو التفريز القاسي للمواد الهشة، وهذه الطريقة لا يستعمل فيها أي عالق حاك لاحظ الشكل (5-15).



الشكل (5-15) التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوار.

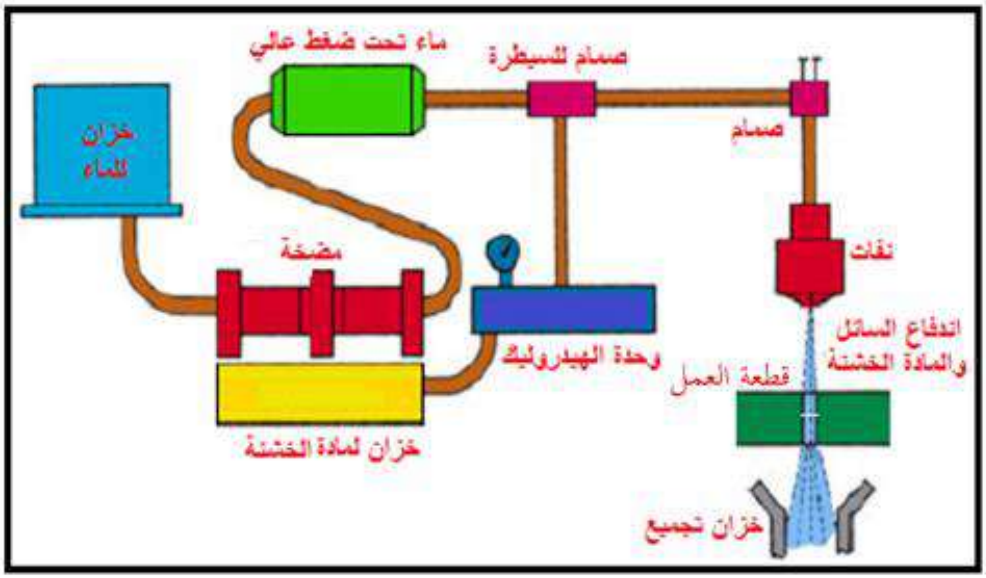
5-9 التشغيل بنفاث الماء

يستعمل نفاث ماء بقطر (0.1-0.5) mm بضغط عال يصل الى 4000 N/m^2 في قطع كل المعادن مضافا اليه مادة خشنة (حاكّة). وتكون أما من الكرانيت أو السليكا ، أو أُوكسيد الألمنيوم، وتستعمل في قطع المواد غير المعدنية مثل البلاستيك والمنسوجات وغيرها بسمك (1-100) mm إذ تضاف المادة (الحاكّة) إلى الماء النفاث لجعل النفاث متماسكاً (ولكنه لا يخرج مع الرذاذ عندما تستعمل هذه الطريقة لقطع المواد اللامعدنية الطرية مثل اللدائن والإسبست (من دون غبار) وألياف الزجاج والمطاط والجلد والمواد العازلة للصوت). يخرج الماء النفاث متماسكا من الفوهة وتبلغ سرعة القطع 0.4 mm/min عند قطع الصلب و 0.8 mm/min عند قطع الالومنيوم. تمتاز طريقة التشغيل بشعاع الماء بإمكانية قطع كل المعادن وبعدم وجود تأثيرحراري أو إجهادات ميكانيكية باقية على حواف القطع مما يعني عدم إمكانية حدوث تشوهات بقطعة العمل.

تستعمل معدات متحكم فيها رقميا بالحاسوب لتنفيذ القطع بالماء للأسباب الآتية:

- **التحكم في سرعة القطع.**
- **السيطرة على مسافة الفوهة عن سطح القطعة (المشغولة).**
- **السيطرة على ضغط الماء و حركة تغذية القطعة (المشغولة).**

الشكل (5-16) يوضح طريقة التشغيل بشعاع الماء إذ ترفع المضخة ضغط الماء إلى الضغط المحدد ويندفع إلى خزان تحت ضغط عالي ويختلط مع المادة الحاكة من خلال صمام مسيطر يتم فيه خلط الماء المضغوط مع المادة الحاكة بنسب محددة ثم يندفع إلى النفاث المسلط على سطح المشغولة وأخيرا يتم تجميع الماء والمادة الحاكة وإعادتهما مرة أخرى للعمل.



الشكل (5-16) منظومة القطع المائي .

مزايا جهاز القطع بنفاث الماء

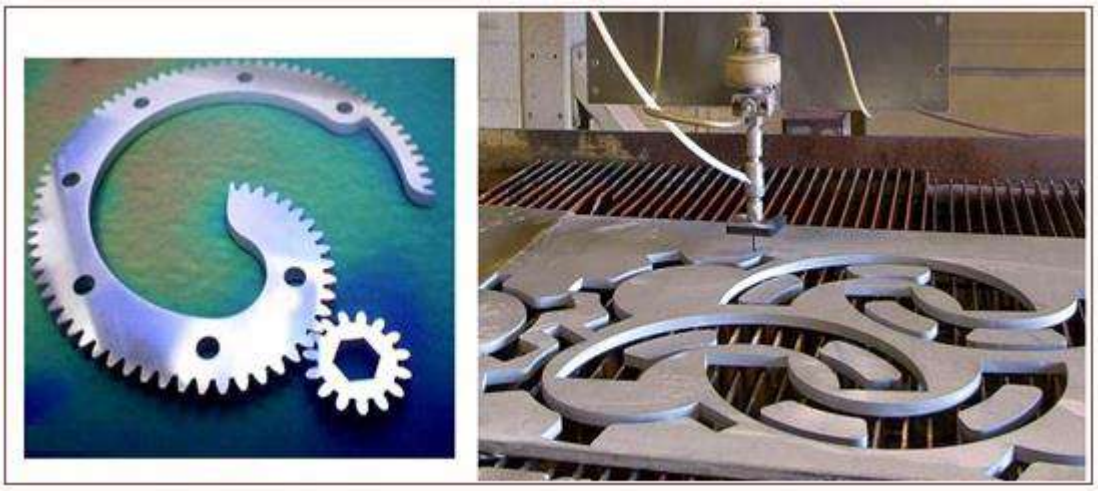
1- يمكن لأجهزه القطع المائي النفاث قطع سبائك حتى سمك يصل إلى 250 mm.

2- هذا التشغيل صديق للبيئة فالمياه يمكن إعادة تصفيتها واستعمالها للغرض نفسه مره أخرى.

3- لاينتج عن العملية غبار أو حرارة عند القطع.

4- سرعه القطع عالية.

الشكل (5-17) يوضح نماذج من المشغولات تم تشغيلها بالقطع المائي يظهر الدقة العالية بقطع و إنهاء السطوح بشكل نظيف جدا ومن دون زوائد أو حافات.

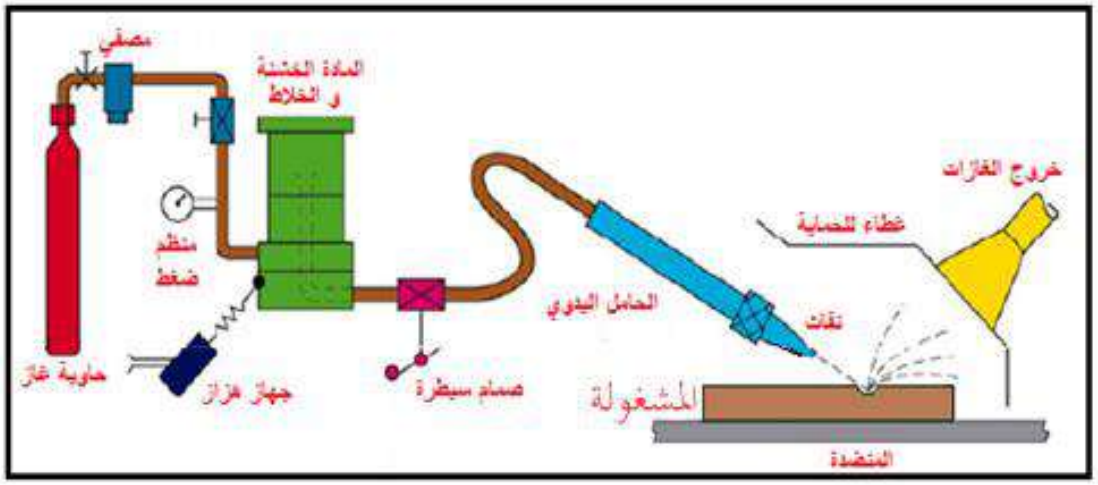


الشكل (5-17) نماذج تم تشغيلها بالقطع المائي.

10-5 التشغيل بنفاث الهواء (Air Jet Machining - AJM)

هو إحدى عمليات التشغيل غير التقليدية، ويعتمد على استخدام تيار قوي من الهواء المضغوط المحمّل بجزيئات دقيقة (عادةً من مواد حاكة مثل أوكسيد الألمنيوم أو السيليكا) لتآكل المادة المستهدفة وإزالة جزء منها بطريقة دقيقة دون حدوث تماس مباشر بين الأداة وسطح المشغولة، أي أنها من طرائق التجليخ ولكن في هذه الحالة تكون المادة الحاكة عبارة عن مسحوق (دقائق) وباستعمال طريقة في نفث هذه الدقائق بالهواء المضغوط وبسرعة عالية جداً، وتكوين حزمة صغيرة تصبح قادرة على قطع المواد الصلبة جداً. ولا تسبب هذه الطريقة رفع درجة الحرارة ولاتسبب تأثيرات كيميائية على سطح المشغولة، وتتميز هذه الطريقة بالكلفة البسيطة للقطع. يوضح الشكل (5-18) أجزاء منظومة متكاملة للقطع الهوائي. حاوية الغاز المضغوط يمكن أن يكون هواء أو أي غاز ذي مواصفات معينة، يندفع الهواء ويختلط مع المادة الحاكة وهي موضوعة في

حاوية مرتبطة بجهاز هزاز يساعد في خلط الهواء مع المادة الحاكة ومن ثم يندفع من خلال صمام مسيطر إلى الحامل اليدوي الموجه إلى سطح المشغولة.



الشكل (5-18) منظومة القطع الهوائي.

أسئلة الفصل الخامس

س1) أذكر خصائص التشغيل اللاتقليدي.

س2) اشرح تصنيف التشغيل اللاتقليدي.

س3) ما مبدأ التجليخ الكهروكيميائي؟

س4) إختر العبارة الصحيحة من العبارات لكل مما يأتي:

1) قوس البلازما هو خليط من :-

أ- غاز متأين أو خليط يحتوي على جسيمات مشحونة فضلاً عن إلكترونات وجسيمات متعادلة.

ب- غاز غير متأين يحتوي الإلكترونات الحرة ذات أيونات مشحونة بشحنة موجبة و ذرات غير متعادلة .

ج- الحزم الضوئية شديدة الطاقة .

د- الشرارة عالية الطاقة .

2) تصنع المادة الحاكة الموجودة في سائل ذي عالق صلب في عملية التشغيل بالموجات فوق الصوتية من :-

أ- الماس. ب- الحديد. ج- كاربيد البورون. د- أُوكسيد الألمنيوم.

3) في التشغيل بالموجات فوق الصوتية الدوّار تصنع العُدة الدوّارة من :-

أ- الكرانيت. ب- الكاربون الصلد. ج- الماس. د- الفولاذ الطري.

4) يتم قطع مادة الإسبست بوساطة :-

أ- التشغيل بنفاث الماء. ب- التشغيل بنفاث الماء مع مادة حاكة. ج- التشغيل بانسياب المادة الحاكة.

د- القطع بقوس البلازما.

5) يُعد ليزر ثاني أكسيد الكربون الأفضل من بين جميع أنواع الليزر في قطع المعادن ويرجع ذلك إلى أن :-

أ- الحزم الضوئية شديدة الطاقة.

ب- الحرارة المتولّدة قليلة جداً بسبب التبريد بالماء.

ج- معدل القطع باستعماله يتم بمعدل سريع.

د- الشرارة عالية الطاقة.

س5) ما مبدأ التشغيل بالموجات فوق الصوتية العادي والدوار؟

س6) ما فوائد و مساوئ التشغيل الكيميائي ؟

س7) لماذا لا تشكل عمليات التشغيل اللاتقليدي خطراً على العاملين؟

س8) ما هو مبدأ التشغيل بالتفريغ الكهربائي ؟

س9) تستعمل معدات متحكم فيها رقميا بالحاسوب لتنفيذ القطع بالماء علل ذلك.

س10) وضح بالرسم عمل المنظومات الآتية:-

1- التشغيل بنفاث الهواء.

2- التشغيل بنفاث الماء.

3- التشغيل بالتجليخ الكهروكيميائي .

4- القطع بالليزر.

المصـــــــــادر

أولا:الكـــــتب

1- أبراهيم توفيق الرشيدي، محمد عبد الرحمن عناني، (حسابات قطع المعادن)، دار الجيل للطباعة، 1999.

2- بي اج امستير- مايرون ال بيكمان، (العمليات الصناعية تشغيل وفحص الانتاج ترجمة: الدكتورعبد المنعم حمودة - الدكتورعبد الفتاح قدوري، جامعة بغداد 2003.

3- جورج شنايدر، (تطبيقات عدد القطع)، ترجمة الدكتور عليوي الجبوري- جامعة القادسية –علي ابراهيم الموسوي، المعهد التقني – بابل ،2008.

4- رودلف جينسكي، (عمليات قطع المعادن)، ترجمة:- المهندس محمد علوي الجزار.

5- فيودور باباشوف، (فن التفريز)، ترجمة:- المهندس عيسى الزيدي – دار مير للطباعة.

6- الدكتور قحطان خلف الخزرجي، جامعة بغداد، الدكتور عادل محمود حسن، جامعة بغداد، (مبادئ عمليات الانتاج)، مطبعة التعليم العالي، 1987.

7- محمد جواد التورنجي، مؤيد ياسين العزاوي، حكمت سعيد صالح، العلوم الصناعية (ميكانيك). مطبعة عبد الصمد، بغداد، 2005.

8- الدكتور علي ابراهيم الموسوي (عملية تصنيع المعادن)، الطبعة الاولى، مؤسسة دار الرضوان للنشر والتوزيع، 2013.

9- B. Kishore, "Tool And Die Maker- Deepak printing service at Kang printers", Delhi.

10- Bruce J. Black, "Workshop Processes, Practices, and Materials- Fourth edition", 2010.

11- Harold Hall, "Tool And Cutter Sharpening", First Published by Special Interest Model Books Ltd, 2006.

12- Robert H. Smith, "Advanced Machine Work", Industrial Education Book Company, Boston, U.S.A, 7th Edition, 2007.

13- Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid, "Manufacturing Engineering and Technology", Printice Hall, 2006.

14- U.K. Singh and Manish Dwivedi, "Manufacturing Processes", Second Edition, New Age International Ltd., Publishers, 2009.

15- Mikell P. Groover, " Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems", Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2014.

ثانيا: الدورات و البرمجيات

1- تشغيل وبرمجة الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC (مخارط وفرايز) وزارة التجارة والصناعة، مصلحة الكفاية الإنتاجية، معهد تدريب الكوادر، والتدريب المهني، القاهره، مصر.

2- برنامج تحديث التعليم والتدريب المهني، برمجة وانتاج العناصر على الات التفريز المبرمجة الCNC (الجزء الثاني Siemens)، سوريا.

3- التحكم الرقمي بالحاسب CNC – فرايز-الصف الثالث، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية، 2005.

4- وزارة التعليم العالي والبحث العالي، هيئة التعليم التقني، وحدة تدريبية، علي إبراهيم الموسوي.

5-Siemens, Sinumerik 3M, programming instructions catalogue, Germany.

6-Siemens, Sinumerik 8M / 8MC/Sprint 8M, programming instructions catalogue, Germany .

7-SCHAUBLIN 32, 33, 34 CNC , numerically controlled high-precision milling machine catalogue, volume 5 operation, control Siemens 3M.

8-MAHO CNC 432 programming instruction part 2 advance Germany 1988.

9-MAHO CNC 432 programming course, Germany, 1984.

10-SinuTrain, Beginner's Manual, Milling and Turning, Sinumerik 810D / 840D / 840Di, Training Documentation, Germany, 2003.

11-Siemens, Sinumerik 840D /840Di, SINUMERIK 810D / FM-NC, short guide programming, Germany, 2000.

12-Siemens, Sinumerik 840D / 840Di / 810D, shop mill, operation / programming, Germany, 2004.