نسخة أولية
DRAFT

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي

# الخراطة والتسوية الآلية

## للصف الثاني الثانوي الصناعي

## النظري


**المؤلفون**

م. نزيه الدراويش
م. يونس الفسفوس
أ. عبد الله حجاوي
م. جلال السلايمة
م. عصام دويكات «مركز المناهج»

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

# ١

# آلات التفريز

# الوحـــدة ١

# آلات التـفـريـز

تستعمل ماكينات التفريز في عملية تشكيل القطع والأجزاء عن طريق إزالة أجزاء من المادة على شكل رايش بواسطة أداة قطع دوارة متعددة الحدود وموزعة على محيط أداة القطع .

تركب أداة القطع على عمود الدوران بينما يثبت الشغل على طاولة الآلة ، وتتم عملية التفريز نتيجة لدوران أداة القطع (سكين القطع ) وتأمين اقتراب قطعة العمل بواسطة طاولة الآلة .

وبشكل عام إن تشغيل هذا النوع من الآلات 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 الآلة عند التشغيل والانتاج .

## ○○○○ الأهداف ○○○○

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن تصبح قادرا على أن :

١. تحدد الفرق بين أنواع آلات التفريز من حيث الشكل والاستعمال .
٢. تقارن بين أجزاء آلات التفريز
٣. تسمي أجزاء كل نوع من أنواع آلات التفريز .
٤. تؤمن الخدمة المناسبة لآلة التفريز .
٥. تقوم بخدمة آلة التفريز على اختلاف نوعها .
٦. تختار نوع معدن السكين المناسب نسبة لنوع معدن الشغلة .
٧. تختار السكين المناسب حسب شغلها .
٨. تقارن بين أنواع أعمدة حمل السكاكين .
٩. تختار طريقة ربط الشغلة المناسب .
١٠. تقارن بين أنواع التفريز من حيث العلاقة بين محور السكين وسطح التفريز .
١١. تقارن بين طرائق التفريز العكسي والمتوافق .
١٢. تتعرف حركات التشغيل التي يجب أن تتوفر لإتمام عملية التفريز .
١٣. تحسب سرعة دوران سكين التفريز وسرعة التغذية .
١٤. تحسب زمن التفريز الفعال .

# التسوية الآلية ( التفريز) The Milling

## آلات التفريز : Milling Machines

تستعمل هذه الآلات بشكل واسع في تشغل القطع المكانيكية وتعتبر شريك أساسي مع آلة المخرطة التي سبق أن درست عنها ، وتتوفر آلات التفريز بأنواع عدة مختلفة عن بعضها البعض بالشكل والأداء .

### ١ أنواع آلات التفريز

يوجد العديد من أنواع آلات التفريز ومن أهمها ما يلي :

### ١ - ١ آلة التفريز الأفقية : Horizontal Milling Machine

هي إحدى آلات التشغيل الهامة التي تستخدم في الورش الصناعية لأعمل الصيانة ، وإنتاج القطع الميكانيكية بكميات وبشكل متجانس في القياسات .

سميت بهذا الاسم لوضع المحور الحامل للأداة القطع ، حيث يكون المحور الحامل للأداة القطع موازيا للمستوى الأفقي ومسطح طاولة الآلة وتتكون آلة التفريز الأفقية من الأجزاء التالية والمبينة في الشكل ( ١ – ١ ) حسب ما هو مرقم عليها في الشكل :

١ القاعدة ( Base )

ترتكز الآلة بأجزائها على القاعدة المصنوعة من حديد الزهر والتي بالعادة تحتوي على وعاء ومضخة التبريد ، وتثبت القاعدة بالأرضية وذلك لضمان عدم اهتزاز الآلة .

٢ القائم ( Column )

يثبت هذا الجزء على القاعدة ويكاد أن يكون منها ويحتوي على صندوق السرعات التي يتحكم بسرعة دوران عمود حمل السكين ، ويحتوي أيضا على المسالك الدليلية التي توجه حركة الركبة إلى أعلى وإلى أسفل .

٣ الركبة ( Knee)

تؤمن الركبة حركة اقتراب الشغلة من أداة القطع حيث تنزلق على القائم بواسطة المسالك ألد ليلية إلى أعلى وإلى أسفل باتجاه المحور (ص – ص) .

تحتوي الركبة على مسالك دليليه عرضية وصندوق التغذية

٤ السرج ( Saddle )

يؤمن السرج الحركة العرضية حيث ينزلق على الركبة بواسطة المسالك الموجودة بها باتجاه المحور (ع

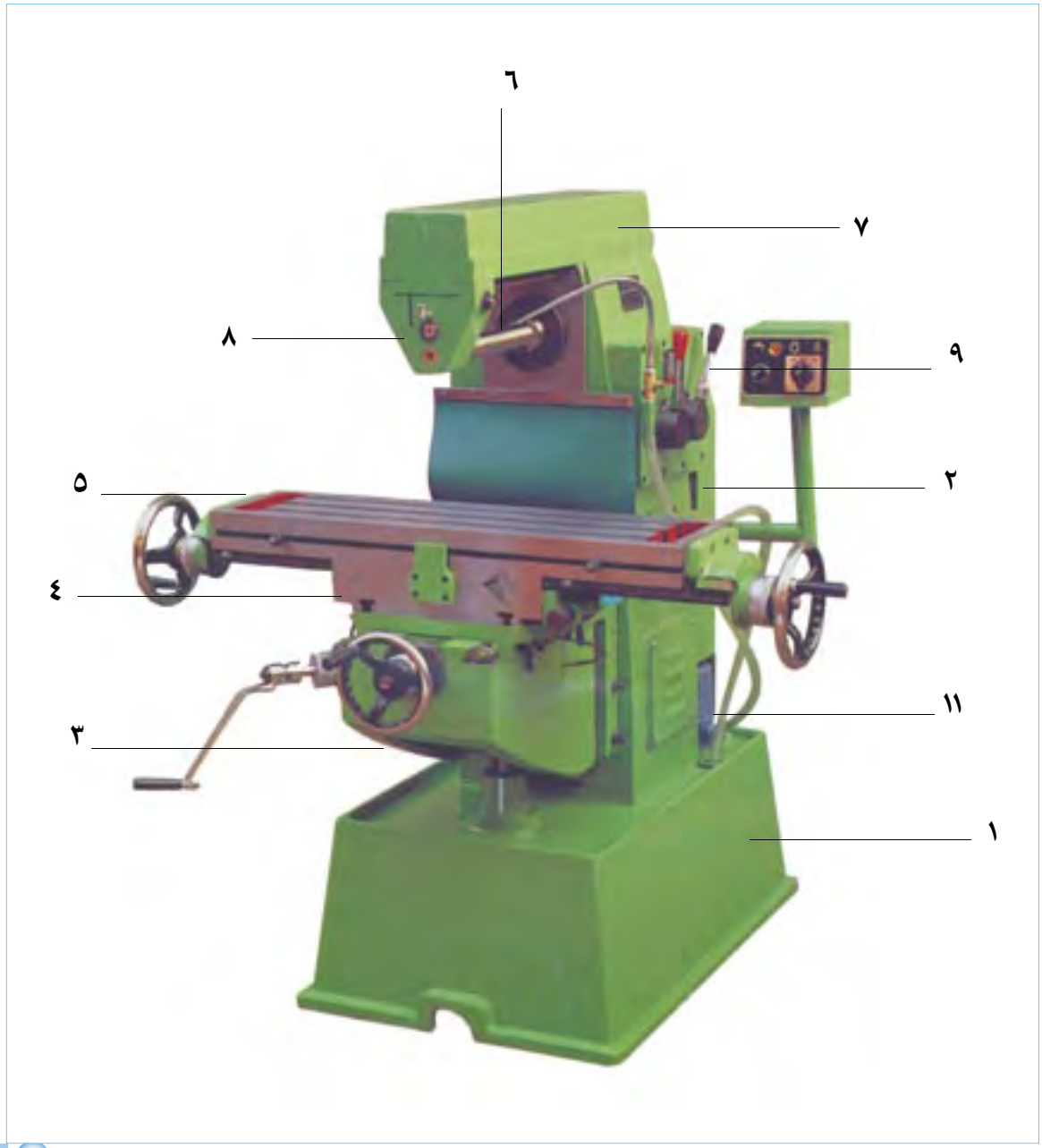
– ع). يضم السرج على سطحه العلوي مسالك دليليه تنزلق عليها الأفقية طاولة الألة وتحدد اتجاه حركتها الطولية.

### ٥ الطاولة ( Table )

تتحرك الطاولة حركة طولية على السرج بواسطة المسالك ألد ليلية العلوية باتجاه المحور (س – س)، ويوجد بها مجاري على شكل حرف T تستخدم لتثبيت المشغولات بطرق الربط المختلفة .

### ٦ عمود حمل أداة القطع ( Arbor )

يستعمل في حمل سكاكين التفريز الدوارة ويركب على محور الدوران الرئيسي ويستمد منه حركته ألدورانية اللازمة لتدوير أداة القطع .

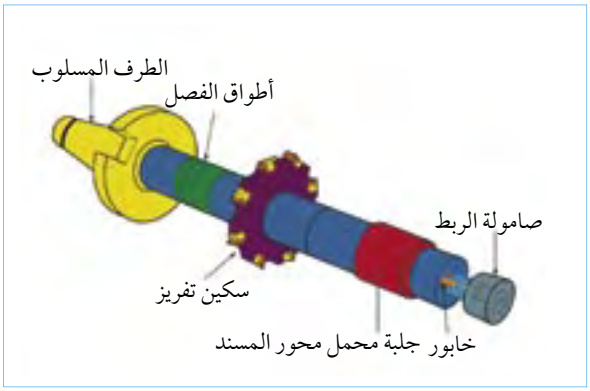



شكل (١-١) آلة التفريز الأفقية

يتكون هذا العمود المبين في الشكل ( ١ –٢ ) من الأجزاء التالية : –

### أ الفلنجة المسلوبة (القاعدة )

هو الجزء الذي يثبت بمحور الدوران الرئيسي المتصل بصندوق السرعات الموجود في القائم ليؤمن الحركة الدورانية لسكين القطع .




شكل(١–٢) عمود حمل السكين

### ب جلب تحديد المسافات ( أطواق الفصل )

هي حلقات من الفولاذ مختلفة السماكات تركب على المحور الرئيسي و تستخدم لتحديد موضع أداة القطع وتثبيتها .

### ج جلبة محمل محور المسند

تركب هذه الجلبة على طرف عمود حمل السكين حيث يرتكز عليه العمود بعد تركيب المسند كما هو مبين في الشكل ( ١ –٢ ) حيث يبين مكان تركيب الجلبة على العمود .

### د صامولة الربط

وظيفتها ربط جلب الفصل وسكين القطع وجلبة المسند ، وتمتاز أن سنها شمالي وذلك لضمان عدم الفك أثناء القطع

### هـ الخابور ( الإسفين )

يستعمل لربط سكين القطع بالعمود

### و محور العمود

يحتوي على مجرى خابور لربط أداة القطع مع المحور، وتركب عليه جلب الفصل أداة القطع والخابور وجلبة المسند وصامولة الربط ، ويؤمن الدوران للأداة القطع .

٧ ذراع الارتكاز الأفقي ( Overarm )

ينزلق فوق القائم ويثبت عليه ويستخدم لتثبين مسند عمود حمل السكين .

٨ مسند عمود حمل أداة القطع ( Arbor Support )

يرتكز الطرف الحر من عمود حمل أداة القطع في المسند وذلك لتفادي انحنائه بتأثير الاجهادات الناتجة عن القطع ، ويثبت على طول الذراع الأفقي إذ يتم ضبط موقعه حسب طول عمود حمل أداة القطع .

٩ صندوق السر عات GEARBOX

يتحكم بسرعة دوران أداة القطع حيث يستمد حركته من المحرك الكهربائي الرئيسي ويقوم بتدوير المحور الرئيسي للآلة من خلال مجموعة من التروس التي يتم ضبط تعشيقها في أوضاع مختلفة بواسطة أذرع تحكم محددة للوصول إلى سرعة القطع المناسبة

١٠ صندوق التغذية Feed Gear Box

يتحكم بسرعة حركة التغذية العرضية والتي يقوم بها السرج ، والتغذية الطولية التي تقوم بها الطاولة والعمودية والتي تقوم بها الركبة .

١١ وحدة التبريد

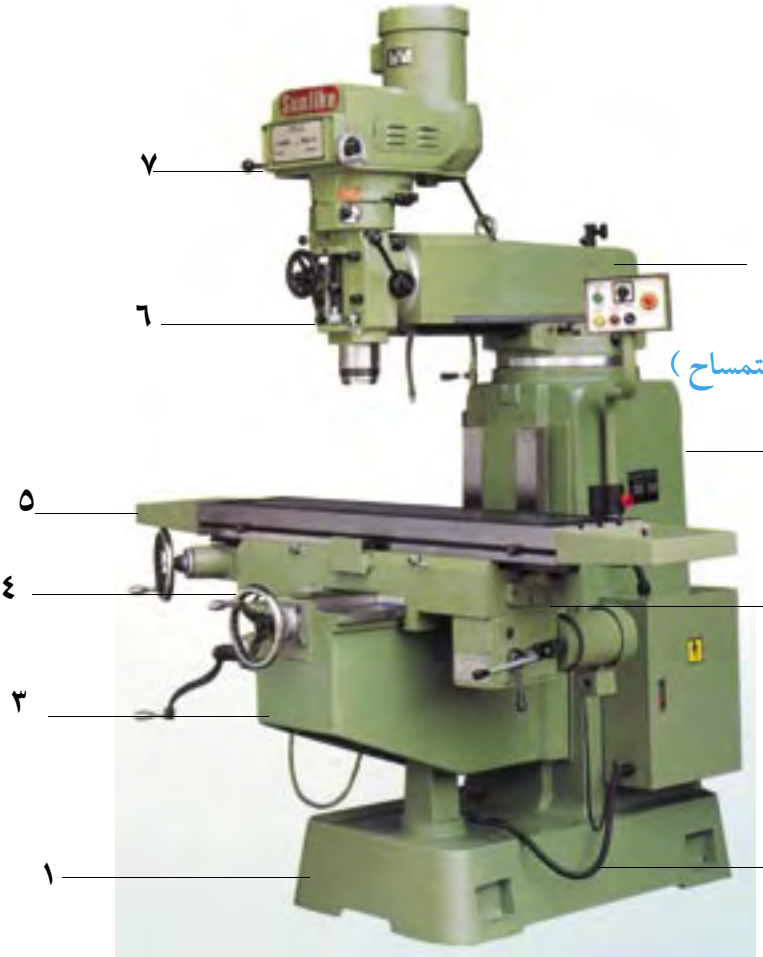
وتتكون من خزان ومضخة وخراطيم التبريد ، وتستخدم في عملية تبريد أداة القطع والمشغولة وتفيد في تنظيف مكان القطع وتزييت أجزاء الآلة والشغل خوفا من الصدأ .

## ١ - ٢ آلة التفريز العمودية أو الرأسية

سميت بهذا الاسم لان عمود محور الدوران الرئيسي الذي يحمل أداة القطع عمودي على طاولة الآلة ، ويبين الشكل ( ١ – ٣) آلة التفريز العمودية

وهي تشبه آلة التفريز الافقية إلا أنها تتميز عنها بمرونة تحريك أداة القطع وكفأتها الاعلى مما جعلها تستخدم بشكل أوسع في الورش الصناعية

# أجزاء آلة التفريز الرأسية




١ القاعدة ( Base )
٢ القائم ( Column )
٣ الركبة ( Knee )
٤ السرج ( Saddle ) الذراع الفوقي ( التمساح )
٥ الطاولة ( Table )
٦ رأس التفريز العمودي .
٧ صندوق السرعات .
٨ صندوق التغذية .
٩ مضخة سائل التبريد

شكل(١-٣) آلة التفريز الرأسية

## توابع آلة التفريز الرأسية

لربط أداة القطع على آلة التفريز الرأسية تستخدم التوبع التالية :

العمود القصير Stub Arbor

يستخدم العمود القصير المبين في الشكل ( ١ - ٤ ) لربط أدوات القطع المحيطية على آلة التفريز الرأسية .

شكل(١-٤)

### ظرف التفريز Milling chuck

شكل(١-٦) ظرف التفريز

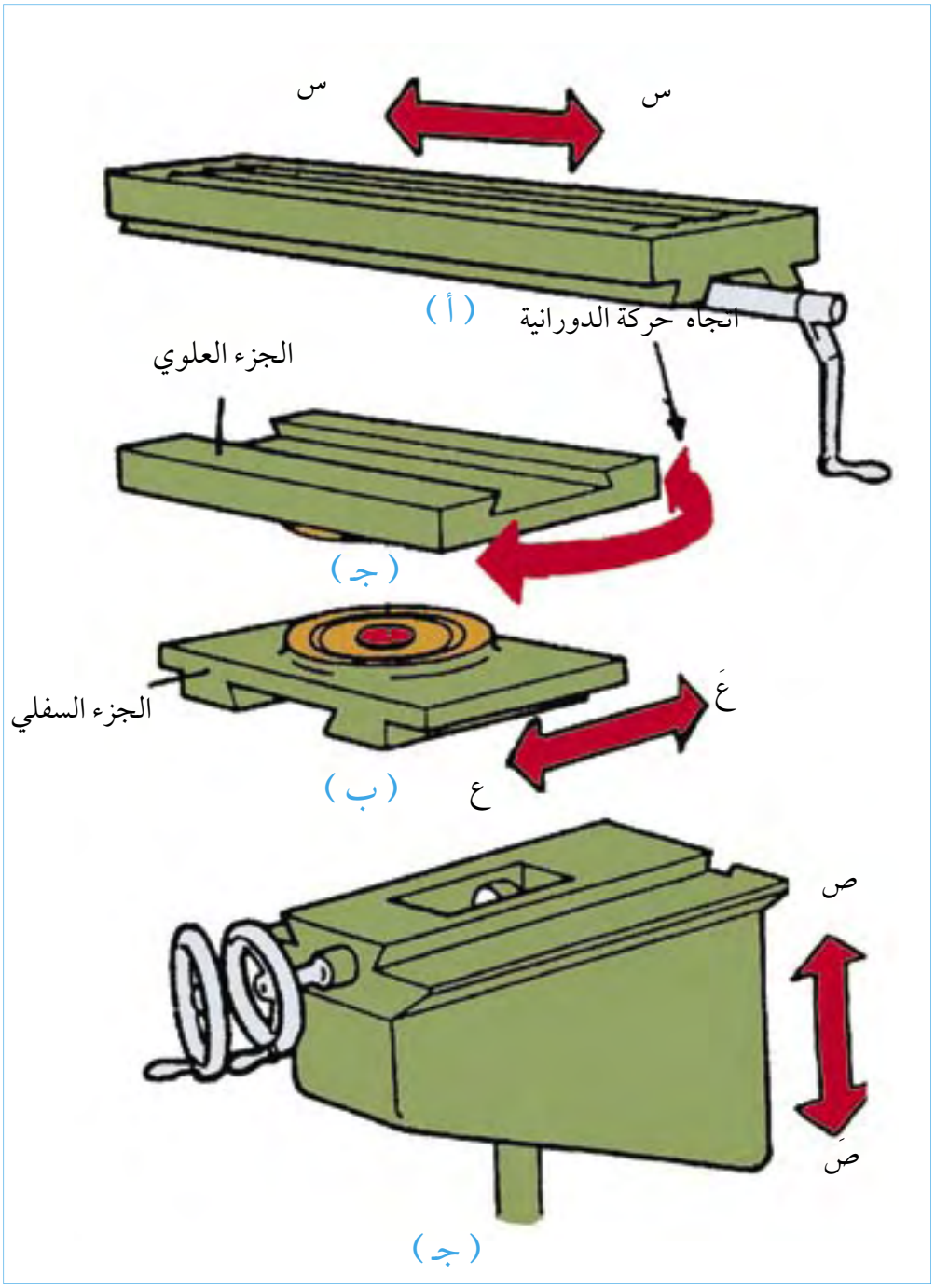
يستخدم لربط السكاكين الجذعية ويبين الشكل ( ١ - ٦ ) الأجزاء التي يتكون منها وهي جلبة الشد وكماشة الشد وجسم الظرف والفلنجة المسلوبة .

حيث يثبت في محور الدوران الرئيسي المتصل بصندوق السرعات .

## ١ - ٣ آلة التفريز الشاملة

شكل(١-٧) آلة التفريز الشاملة

يوضح الشكل ( ١ - ٧ ) آلة التفريز الشاملة موضحا عليها أجزائها وتبدو للوهلة الأولى أنها تشبه آلة التفريز الأفقية من حيث كون عمود الدوران أفقيا نسبة إلى طاولة الآلة ، وأيضا تشبه آلة التفريز العمودي في حال استبدال عمود الدوران الافقي برأس التفريز العمودي الاضافي ، وتتميز هذه الآلة عن سابقاتها أن السرج في هذه الآلة يتكون من جزئين ينحرف الجزء العلوي منهما حركة دورا نية بالنسبة للجزء السفلي وتوفر هذه الحركة إمكانية ضبط طاولة الآلة بزاوية ٤٥ درجة في كلا الإتجاهين من موضع الصفر كما هو في الشكل (١- ٨)، وهناك تدريج لقياس زاوية الميل هذه ، مما يمكن طاولة الآلة الانحراف بزاوية لإنتاج التروس الحلزونية والمجاري المائلة ولهذا سميت هذه الآلة آلة التفريز الشاملة أو العامة .



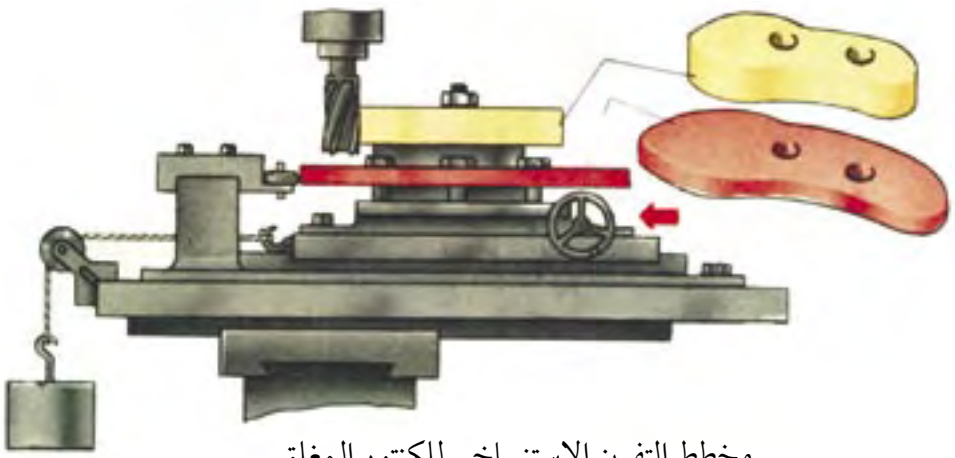

شكل(١-٧)سرج آلة تفريز شاملة

يبين الشكل ( ١ – ٩ ) آلة تفريز ناسخة حيث يستخدم هذا النوع من الآلات في تفريز المشغولات ذات السطوح المعقدة والتي يصعب انتاجها على الآت التقليدية ، وكذالك عند انتاج القطع بأعداد كبيرة ، والمتوفر من هذه الماكنات يعمل بالطرق التالية :

١ آلية التحريك ميكانيكية

٢ آلية التحريك هيدروميكانيكية .

٣ آلية التحريك ميكانيكية كهربائية ( كهروميكانيكية )



مخطط التفريز الاستنساخي للكنتور المغلق

شكل(١-٨) آلة تفريز ناسخة

ان مبدأ التفريز بالنسخ يكون بواسطة التحكم في حركة طاولة الآلة بواسطة مجس يتحرك على ضبعة التشكيل (شبلونة) مثبتة في مكان خاص بها على آلة التفريز ، ويتم تفريز مشغولات متعددة بتطابق تام في الاشكال المنتجة وضبعة التشكيل حيث يتم النسخ في الاتجاهات الثلاث ، وفي هذا النوع من التفريز تحتاج أداة القطع إلى التغذية في الاتجاهات الثلاثة والنظام المتبع في هذا النوع من التفريز بالنسخ هو :

١ النموذج والشغلة يتحركان في خط مستقيم .

٢ النموذج والشغلة يدوران .

**وهناك نوعين من التفريز الناسخ هما :**

التفريز الناسخ المباشر

في هذا النوع ينتقل أي تغير على موضع المجس تلقائيا إلى سكين التفريز لرسم مسار السكين كما في ماكنة فرز المفاتيح ، وفي هذ الحالة يكون شكل وحجم الشغلة مطابق لشكل وحجم النموذج .

آلة التفريز المنساخ

في هذا النوع يتحرك المجس وفق حدود جسم النموذج وتنتقل الحركة إلى سكين القطع بواسطة ذراع ومفصل متحرك يتحكم بحجم الشغل المنتج ويتحرك حركة عكسية لمسار المجس ، أي أنه يكون شكل الناتج صورة سلبية (Negative) لشكل النموذج وحجم الشغل يمكن التحكم به أن يكون أكبر او أصغر أو يساوي حجم النموذج .

## ١ - ٥ آلة التفريز المحوسبة Milling Machin CNC

يمثل الشكل (١ – ٩ ) آلة تفريز محوسبة وهناك أنواع مختلفة من الآلة المحوسبة الشاملة طبقا للتصنيف من خلال النواع عمودي أو أفقي وهي شبيه بآلة التفريز التقليدية، ويتم التحكم بها الرقميا، وتتضمن الآلات المحوسبة على وحدة التحكم الرقمي والتي تقوم بنقل البرنامج والتحكم بأدوات القطع التي تقوم بدورها بقطع المشغولات ، وفيما بعد سوف نتعرض إلى أنواع الآلات المحوسبة بشكل أوسع .

شكل(١-٩)آلة تفريز محوسبة

### ٢ خدمة آلات التفريز

بشكل عام جميع الأت التفريز بحاجة إلى خدمة للمحافظة على دقة انتاجها والطالة في عمرها وعند التشغيل بواسطتها يجب التقيد بالواجبات التالية :

١ التأكد من التزييت التام لجميع المنزلقات والمسالك الدليلية حسب دليل الشركة الصانعة ، وغالبا ما تستخدم الزيوت المعدنية الخفيفة اللزوجة وذلك لتزييت أسطح الآلة، وزيت معدني عيار متوسط اللزوجة وذلك في صندوق التروس للآلة وأن يكون مستوى الزيت في جميع الاماكن

بحدود منتصف مبين الزيت .

٢ التأكد من صلاحية سائل التبريد حيث يجب أن يتصف بخاصية التبريد والتزييت لحماية قطعة العمل واجزاء الآلة من الصدأ .

٣ التأكد من تدفق سائل التبريد بشكل جيد .

٤ تفقد سيور ( قشط ) نقل الحركة في الآلة واستبدالها عند انتهاء عمرها الافتراضي .

**نشاط**

اكتب تقرير عن آلة التفريز الشاملة في الشغل ، وحدد المعلومات الآتية بالرجوع إلى دليل الشركة الصانعة أو بطريقة القياس والاستنتاج :

اسم الشركة الصانعة .

الوزن الاجمالي للماكنة .

مدى الحركة الطولية للطاولة .

مدى الحركة العرضية لسرج الآلة .

مدى حركة الركبة الحركة الرأسية .

أنواع أعمدة حمل السكاكين التابعة إلى الآلة .

أجهزة اضافية اخرى تركب على آلة التفريز الشاملة مع شرح موجز عن كل جهاز

دقة الميكرومترات المزودة بها أذرع تحريك الطاولة والسرج والركبة .

صندوق السرعات وقيمة السرعات التي يمكن ضبط تحريك سكين التفريز .

صندوق التغذية والسرعات التي يمكن ضبط تحريك المشغولة عليها .

صيانة عامة لما تحتاجه آلة التفريز الشاملة مثل ( القشط ، التزييت ، نظام التبريد ) .

## ٣ أدوات القطع على آلات التفريز

تصمم أدوات القطع على آلة التفريز لتوافق ظروف القطع بقصد الحصول على أفضل النتائج ولتحقيق ذلك يجب مراعاة العوامل والعناصر التالية :

### ٣ - ١ معدن سكاكين التفريز

تصنع معظم سكاكين التفريز بحيث يجب أن تتصف بصفات خاصة بها ليمكن أن تؤدي عملها على الوجه الأكمل وهي :

أ الصلادة : أن تكون صلادة أداة القطع أعلى من صلادة الشغلة لتستطيع خدشها ، وأن تحتفظ بهذه الصلادة

المرتفعة في ظروف القطع المختلفة .

ب **المتانة :** أن تكون أداة القطع ذات متانة عالية، مقاومة للكسر أو القصف بالصدمة، وخاصة في عمليات القطع على آلة التفريز . ومن المعروف أن ارتفاع المتانة يرتبط في المعتاد بانخفاض الصلادة وارتفاع اللدونة لذلك يجب اختيار القدر المناسب من كلا الصنفين .

ج **مقاومة الضغط والتآكل :** أن تكون مرتفعة لمقاومة التشكيل أو التشويه في الشكل أو ثلم الحد القاطع في قوى ودرجات حرارة القطع .

**ويمكن على هذا الأساس حصر الأنواع الشائعة الاستخدام من حيث نوع المعدن مايلي :**

١ الصلب الكربوني .

٢ صلب السرعات العالية High speed steels H.S.S

٣ السبائك الصلدة المسبوكة Cast Hard Alloys

**وهي نوعان رئيسيان :**

الأول : سبائك تحتوي على الحديد بنسبة قليلة مع عناصر اخرى غير حديدية .

الثاني : سبائك غير حديدية أي لا تحتوي على حديد اطلاقا .

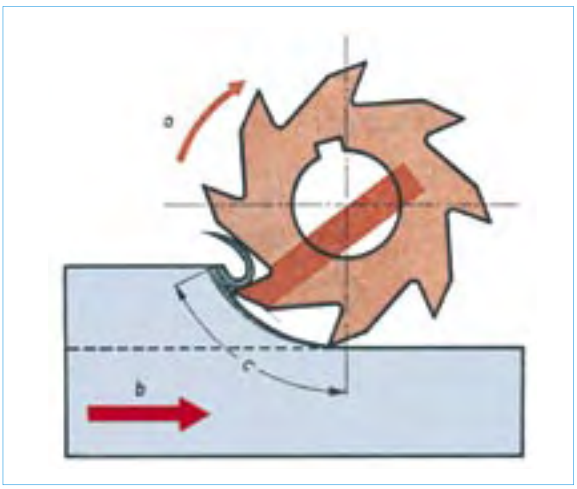
٤ السبائك الصلدة الملبدة Sintered Hard Metals

٥ الاطراف الخزفية Ceramic tools

٦ الأطراف الماسية Diamond edges

## ٣ - ٢ شكل الحد القاطع في سكين التفريز

يتكون سكين التفريز من العديد من الحدود القاطعة التي تشبه تلك المستخدمة في الخراطة والثقب والقشط ويبين الشكل ( ١ - ١٠ ) زوايا الحد القاطع لسكين التفريز وزوايا الحد القاطع لسكين الخراطة، حيث أن في كل منهما زاوية جرف ج وزاوية قطع ق إلا ان زاوية الخلوص في سكين التفريز تتكون من زاويتين هما زاوية الخلوص الامامي وزاوية الخلوص الخلفي في حين توجد زاوية خلوص واحدة في سكين الخراطة .

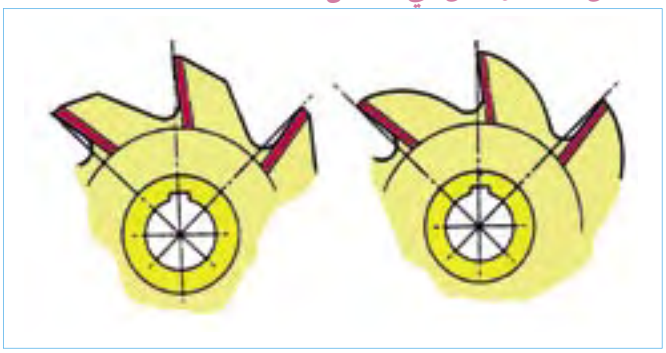



شكل(١-١٠) شكل الحد القاطع في سكين التفريز

وتفيد زاوية الخلوص الخلفي في سكين التفريز عدم احتكاك عقب السن بالسطح المشغل نتيجة لحركة الحد القاطع الحركة الدورانيه .

وتوجد الحدود القاطعة لآلة التفريز على هيئة شكلين كما هو مبين في الشكل (١-١١) هما :

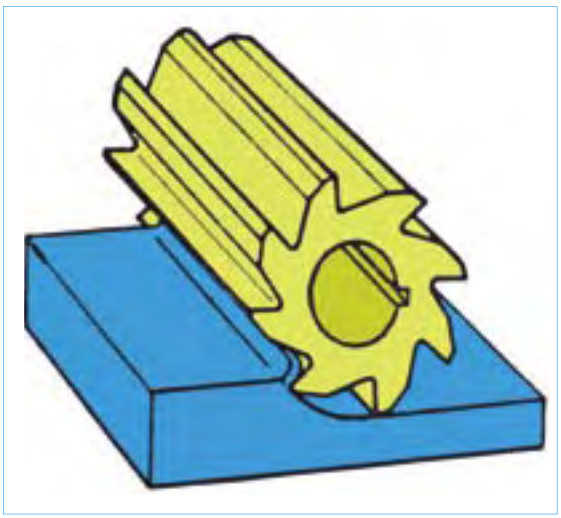
① الحد القاطع الزاوي :



يمتاز هذا النوع من الحدود بأنه سهل التشكيل ولكنه لا يتحمل الاجهادات العالية الناتجة عن عملية القطع .

شكل(١-١١) أشكال أسنان سكاكين التفريز

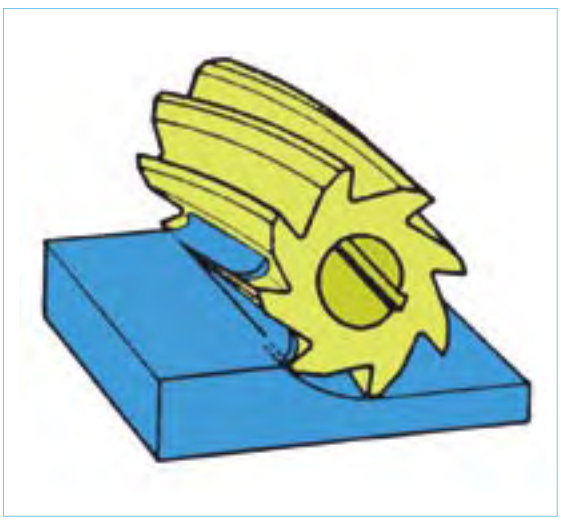
② الحد القاطع المنحني :



تمتاز الاسنان المنحنية بأنها تتحمل ضغوط واجهادات كبيرة ولكنها صعبة الصناعة والتشكيل .

شكل(١-١٢) سكين مستقيمة

## ٣ - ٣ وضع الحد القاطع



أداة القطع على آلة التفريز متعددة الحدود القاطعة ، وهذه الحدود موزعة على محيط السكين بتساوي وبوضعين الأول مستقيم وموازي لمحور سكين القطع كما في الشكل (١ - ١٢ ) والثاني مائل بزاوية كما في الشكل ( - ١٣ ) وتسمى بالحلزونية

شكل(١-١٣) سكين حلزونية

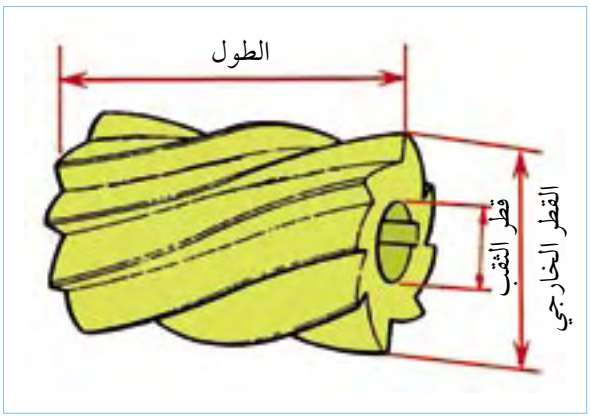
**وأهم المميزات بينهما** أنه بصفة عامة سكين التفريز الحلزوني يتحمل اجهادات أكبر من سكين التفريز المحيطي المستقيم الموازي لمحور السكين وتعمل حدود القطع ذات الشكل الحلزوني بصورة أهدأ ، حيث تمارس عملية القطع بصفة مستمرة وليست متقطعة وصادمة كما هو الحال في الحدود المستقيمة ، اذ أن عملية القطع في الحدود الحلزونية تكون مستمرة أي أنه بينما يستمر الحد القاطع الأول في عملية القطع تبدأ الحدود القاطعة الاخرى في الاشتراك في عملية القطع وقبل أن يبدأ الحد القاطع الأول في الانتهاء من ملامسة الشغلة يكون الحد القاطع الثاني قد وصل إلى منتصف مشواره في القطع ، بل وقد يكون الحد القاطع الثالث قد بدأ في الاشتراك في عملية القطع وهكذا تستمر عملية القطع باسلوب متداخل .

أما السكاكين ذات الحدود المحيطيه المستقيمة الموازية للمحور فإن عملية القطع فيها تكون متقطعة إذ يدخل الحد القاطع بصفة فجائية بطريقة الصدم ويترك الشغلة دون أن يبدأ الحد القاطع الذي يليه في ملامسة الشغلة .

## ٣ - ٤ أنواع سكاكين التفريز واستخداماتها

تصنف أدوات القطع على آلات التفريز تبعا لاستخداماتها وتتوفر في الانواع التالية :

### ① سكين التفريز المحيطية Slab cylindrcaleMill



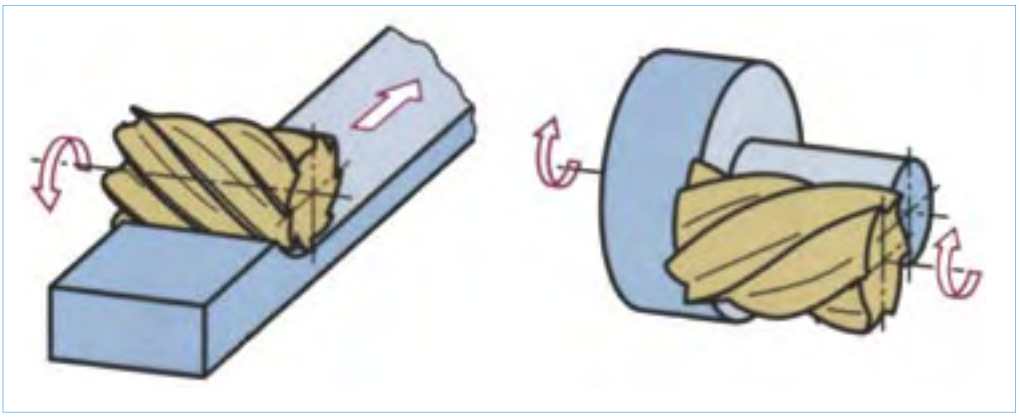

شكل(١-١٤) سكين مدحلي

يوضح الشكل ( ١ - ١٤) أهم أنواع السكاكين المدحلية ذات الاسنان الموازية لمحور الاداة والحلزونية ومن أهم المواصفات للسكين المدحلية هي القطر الخارجي وطول السكين وقطر الثقب ويبين الجدول التالي المقاسات المتعارف عليها دوليا ، ويمكن أن يكون قياس الثقب بالبوصة .

| الطول (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب ( مم) |
|---|---|---|
| ٤٠ | ٤٠ | ١٦ |
| ٦٠ | ٦٠ | ٢٢ |
| ٧٥ | ٧٥ | ٢٧ |
| ١٠٠ | ٨٠ | ٢٧ |

وتستخدم سكاكين التفريز المحيطية بصفة أساسية في تسوية السطوح الكبيرة وتسوية القطع بشكل جماعي

وتفريز الأكتاف كما في الشكل ( ١ – ١٥ ) ، ويتطلب ذلك سرعة تغذية بطيئة أو متوسطة .



شكل(١-١٥) أعمال السكين مدحلي

**ملحوظة**

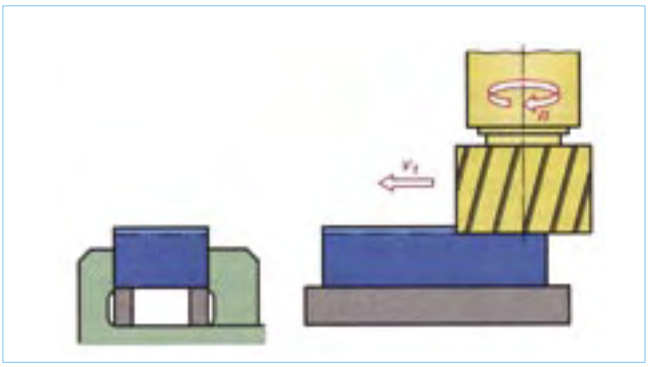
قطر الثقب للسكين ثابت تبعا لقياس قطر عمود حمل السكاكين على آلة التفريز ، بينما القطر الخارجي والطول ممكن أن يتغيران حسب التطبيق

### ٢ سكين الطرفي المجوف Shell end Mill

يبين الشكل ( ١-١٦ ) السكين الطرفي المجوف وهو يشبه السكين المدحلية إلا أن أحد اطرافه مجوف مما يكسبه قدرة على القطع في سطح الجبهة ، ويمكن استخدامه على آلات التفريز العمودي أيضا ، ومن أهم مواصفاته الشرائية مقاس قطر الثقب الداخلي والقطر الخارجي وطول السكين حيث يتوفر بالمقاسات المبينة في الجدول التالي :

شكل(١-١٦) السكين الطرفي المجوف

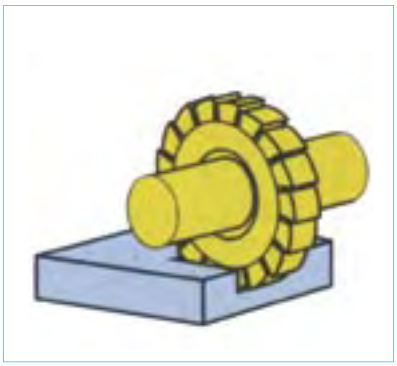
| الطول (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|
| ٣٢ | ٤٠ | ١٦ |
| ٣٦ | ٥٠ | ٢٢ |
| ٤٥ | ٧٥ | ٢٧ |



شكل(١-١٧) أسطح التفريز بواسطة الطرفي المجوف

ويستخدم هذا السكين كما هو مبين في الشكل ( ١ - ١٧) لتسوية السطوح الافقية والأسطح العمودية وتفريز سطحين متعامدين متجاورين في وقت واحد .

### ٣ سكين الشق Slotting Cutter



شكل(١-١٨) سكين شق

يبين الشكل (١- ١٨) سكين الشق وهي تشبه إلى حد كبير السكين المدحلي غير أن سمكها أصغر بكثير من طول السكين المدحلية ، وتوصّف بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي وسمكها كما هو مبين في الجدول .

| السمك (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|
| ١٠ | ٤٠ | ١٦ |
| ١٠ | ٥٠ | ٢٢ |
| ١٢ | ٧٥ | ٢٧ |
| ٢٠ | ٩٠ | ٢٧ |

وتستخدم لفرز الشقوق القائمة في أسطح المشغولات والشقوق العميقة

### ٤ سكين الشق الجبهي Slotting and Face Milling Cutter

شكل(١-١٩) سكين شق جبهي

يبين الشكل ( ١- ١٩) سكين الشق الجبهي وهي تشبه سكين الشق إلا أن أسنانها مفلجة حيث حدود القطع يمينية ويسارية متناوبة مما يمكنها أن تقطع بواسطة جانب السن وجبهته وتوصّف بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي وسمك السكين وتوجد بالغالب بالمقاسات حسب ما هو مبين في الجدول التالي :

| السمك (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|
| ١٠ | ٤٠ | ١٦ |
| ١٠ | ٥٠ | ٢٢ |
| ١٢ | ٧٥ | ٢٧ |

الشكل ( ١ -٢٠ ) أعمال سكين شق جبهي يقطع

وتستخدم في شق المجاري العميقة وقطع الأكتاف المفردة والمزدوجة ولها القدرة على القطع الجانبي كما هو مبين في الشكل ( ١ - ٢٠ )

### ٥ السكاكين الزاوية Angle Milling Cutters

توصف السكاكين الزاوية بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك وزاوية السكين ، وتتوفر بالمقاسات حسب ما هو مبين في الجدول التالي : -

| زاوية السكين(درجة) | السمك (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|---|
| ٣٠ | ٨ | ٤٠ | ١٦ |
| ٤٥ | ١٠ | ٥٠ | ٢٢ |
| ٦٠ | ١٥ | ٧٥ | ٢٧ |
| ٩٠ | ٢٢ | ١٠٠ | ٢٧ |

ويشبه هذا النوع من السكاكين سكين الشق إلا أن حدودها القاطعة تميل بزاوية ، وتتوفر هذه السكاكين على هيئة ثلاثة أشكال هي :

- مفردة الزاوية Single angle

شكل(١-٢١) سكين مفردة الزاوية

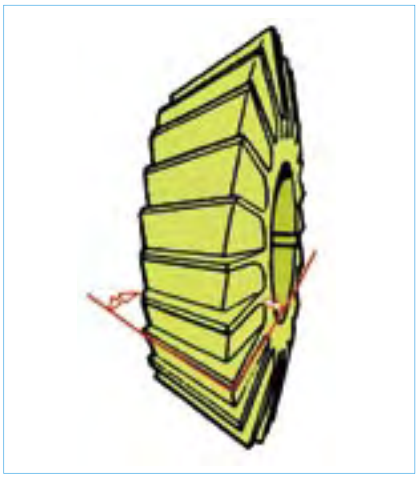
يبين الشكل ( ١ - ٢١ ) سكين مفردة الزاوية حيث يميل الحد القاطع بزاوية على محور السكين ، وتستخدم هذه السكين في فرز الجوانب التي تميل على زاوية واحدة وفتح المجاري الغنفارية وشطف الأركان وعمل المسننات التي تميل على زاوية واحدة .

### متماثلة الزاوية Equal angle

شكل(١-٢٢) سكين متماثلة الزوايا

يبين الشكل ( ١ - ٢٢) سكين متساوية الزوايا وهي تشبه سكين مفردة الزاوية إلا أن لها حدين قاطعين كل منهما يميل على جانبي السكين بتساوي ، وتستخدم لفتح مجاري على شكل حرف V وشطف الأركان .

### مزدوجة الزاوية Double angle



شكل(١-٢٣) سكين مزدوجة الزوايا

يبين الشكل ( ١ - ٢٣) سكين مزدوجة الزاوية وهي تشبه سكين متساوية الزوايا إلا أن الحدين القاطعين كل منهما يميل بزاوية تختلف عن الأخرى على جانبي السكين، وتستخدم لفتح مجاري على شكل حرف V غير متماثلة وشطف الأركان .

## ٦ السكاكين التشكيلية القوسية Curve Cutters

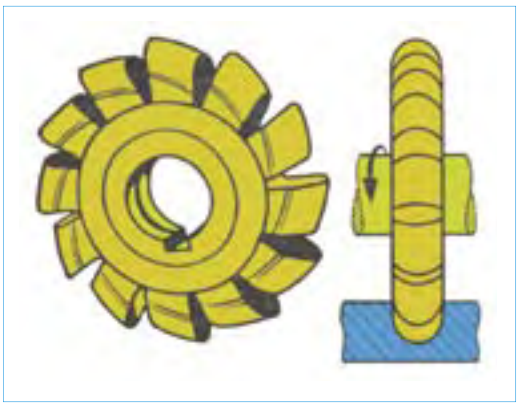
توصّف السكاكين القوسية بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك ونصف قطر القوس التشكيلي لحدها القاطع وتتوفر بالمقاسات المبينة في الجدول التالي :

| نصف قطر القوس (R) مم | السمك (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|---|
| ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨، ٩ | ١٠ | ٤٠ | ١٦ |
| ١٠، ١٢، ١٤، ١٦، ١٨ | ١٢ | ٥٠ | ٢٢ |
| ٢٠، ٢٢، ٢٤، ٢٥ | ٢٠ | ٨٠ | ٢٧ |

وتوجد هذه السكاكين على هيئة شكلين هما :

أ السكين المحدب Convex Cutter

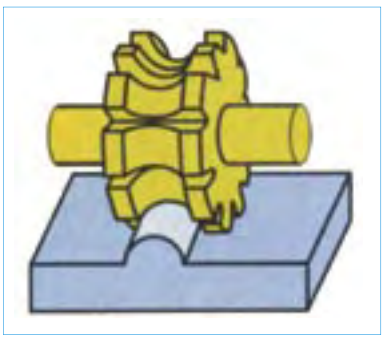
يبين الشكل (١ – ٢٤) السكين المحدب وهي تشبه سكين الشق إلا أن حدها القاطع قوسي محدب ، وتستخدم في قطع المجاري على شكل مقعر .



شكل(١-٢٤) سكين محدب

ب السكين المقعر Concave Cutter

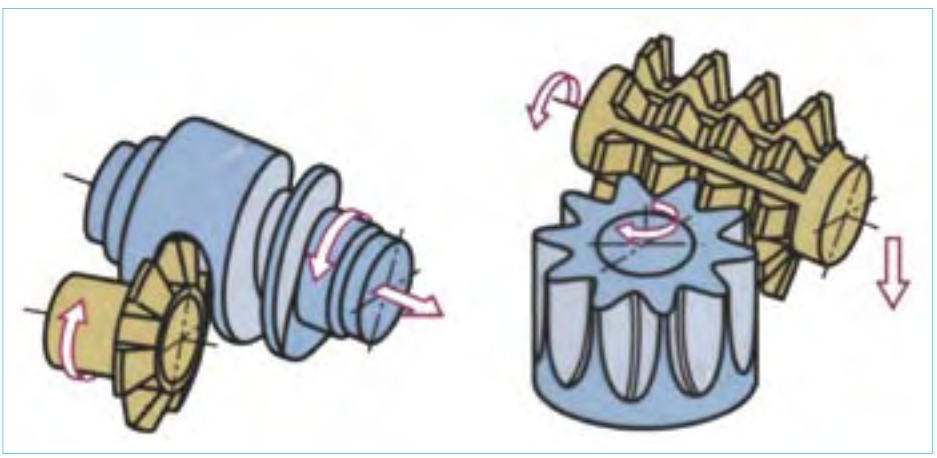
يبين الشكل (١ – ٢٥ ) السكين المقعرة وهي تشبه سكين الشق إلا أن حدها القاطع مقعر وتستخدم في قطع الأشكال البارزة المستديرة المحدبة .



شكل(١-٢٥) سكين مقعر

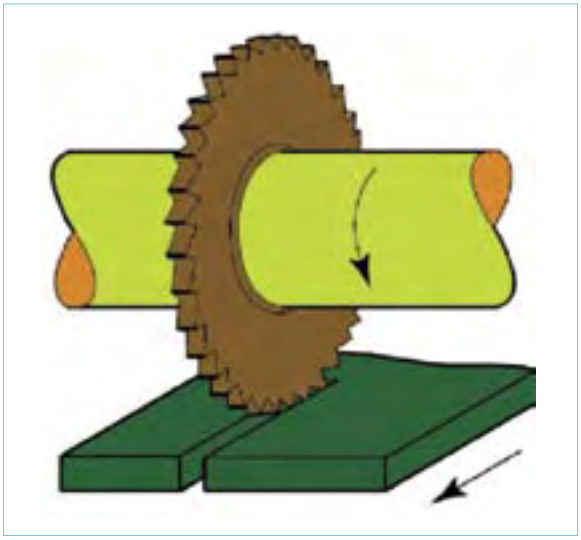
## ٧ سكين قطع التروس Gear Cutter

يبين الشكل (١ -٢٦) سكين قطع التروس حيث توصّف بدلالة الموديول وقطر الثقب والقطر الخارجي، وتستخدم في قطع التروس بأنواعها باستثناء تروس الجنزير ، وفيما بعد سنتعرف عليها بالتفصيل في باب قطع التروس .



شكل(١-٢٦) ترس موديول

## ٨ السكين المنشارية Slitting Saw

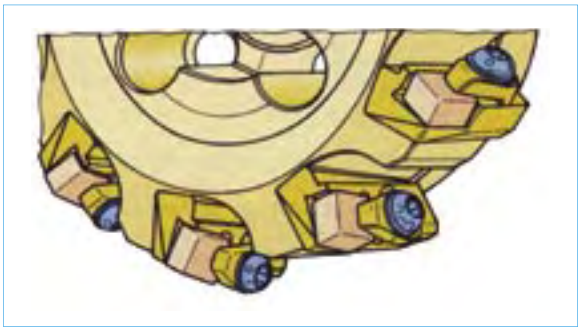


شكل(١-٢٧) سكين منشاري

يبين الشكل ( ١ - ٢٧) سكين منشارية وهي تشبه في شكلها سكين الشق الجبهي إلا أن سمكها أقل بكثير ، وتناوب أسنانها يوفر خلوصا بين جسم السكين وجانبي حز القطع توصّف هذه السكين بدلالة قطر الثقب والقطر الخارجي والسمك ، وتتوفر في الغالب بالمقاسات حسب ما هو مبين في الجدول الآتي :

| السمك (مم) | القطر الخارجي (مم) | قطر الثقب (مم) |
|---|---|---|
| ١ | ٤٠ | ١٦ |
| ١,٥ | ٥٠ | ٢٢ |
| ٢ | ٨٠ | ٢٧ |
| ٢,٥ | ١٠٠ | ٢٧ |

## ٩ سكين ذو الرؤوس المتغيرة Cutter hands



شكل(١-٢٨) سكين ذو الرؤوس المتغيرة

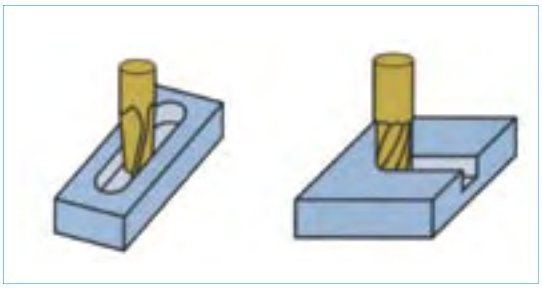
يبين الشكل ( ١ - ٢٨) السكين ذو الرؤوس ذات الحدود القاطعة القابلة للتغيير ويعد استخدام هذا النوع من سكاكين التفريز اقتصاديا وخاصة اذا كان حجمها كبير وذلك لأنه بعد تأكل الاسنان وتلفها لتكرار تجليخها عدة مرات يمكن استبدالها ، وتعد هذه السكاكين من السكاكين الجبهية وتستخدم لتسوية السطوح الكبيرة على آلات التفريز الافقية والعمودية ( الرأسية ) .

## ١٠ السكاكين الجذعية ( ذات الساق ) Shank mills

هذا النوع من السكاكين يتم ربطه بواسطة ساقه على آلات التفريز العمودي بإحدى طرق الربط المستخدمة

عليها ، ومن هذه الطرق الربط بواسطة ظرف الفريزا وكماشات الشد أو الربط بواسطة التجويف المخروطي أو الربط بواسطة المربط الخاص لكل سكين وبرغي الجنب ، **وتتوفر في الأنواع التالية :**

أ السكاكين الطرفية End Mills

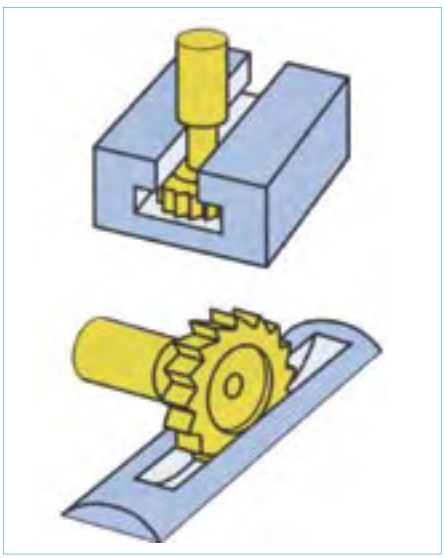


شكل(١-٢٩) السكين الطرفي

يبين الشكل ( ١- ٢٩) السكين الجذعية ( الطرفي ) والتي تشبه سكين الطرفي المجوف ولكن قطرها صغير ولها ساق من أجل ربطها بواسطته وتوصف بدلالة طول الساق والقطر .

وتستخدم في تسوية الأسطح وشق المجاري بأنواعها .

ب سكين شق مجرى شكل –T – T- slot cutter



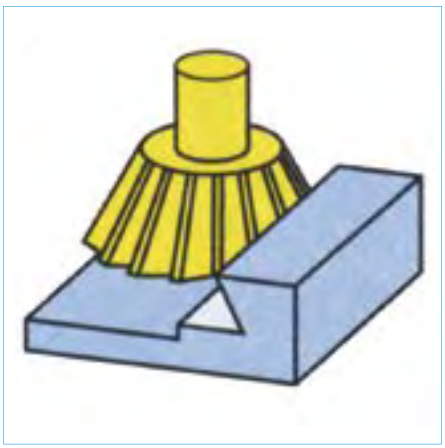
شكل(١-٣٠) سكين شق مجرى T

يبين الشكل ( ١ - ٣٠) سكاكين شق مجرى T حيث يتوفر هذا النوع على هيئة شكلين الأول ذات أسنان محيطية والتي تسمى سكين قطع مقعد الخابور الهلالي وتستخدم لقطع مقعد الخابور الهلالي والثاني ذات الاسنان المتناوبة وتصنف من السكاكين الجبهية ولذلك تستخدم لقطع مجرى T بعد استخدام السكين الطرفي في شق المجرى العمودي وتوصف سكين شق مجرى T بدلالة القطر والسمك كما في الجدول :

| السمك ( مم ) | القطر (مم) |
|---|---|
| ٢ | ٧ |
| ٣ | ١٠ |
| ٦ | ١٢,٥ |
| ٦ | ٢٥ |

| | |
|---|---|
| ٨ | ١٦ |
| ٩ | ١٩ |
| ١٠ | ٢٢ |
| ١١ | ٢٥ |
| ١٤ | ٣٢ |

## السكين الغنفارية Dovetail cutter



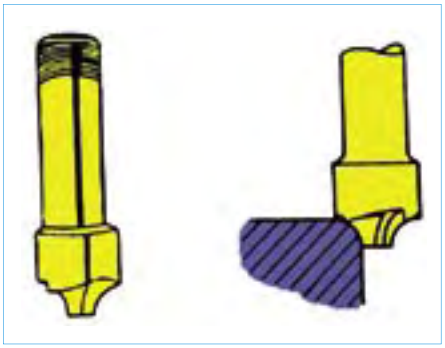
شكل(١-٣١) سكين غنفاري

يبين الشكل ( ١ - ٣١ ) السكين الغنفاري وتشبه سكين شق مجرى T إلا أنها تختلف عنها أن الحد القاطع يميل بزاوية عن الوضع العمودي وهي على شكل شبه المنحرف وتستخدم في شق المسالك الزاوية وقطع المسالك الدليلية الغنفارية .

وتوصف هذه السكين بالقطر والسمك وزاوية ميل الحد القاطع، وغالبا ما تتوفر بالأبعاد كما في الجدول التالي :

| الزاوية (درجة ) | السمك (مم) | القطر (مم) |
|---|---|---|
| ٦٠° | ٤ | ١٣ |
| ٦٠° | ٥,٥ | ١٦ |
| ٦٠° | ٧ | ١٩ |
| ٦٠° | ٩,٥ | ٢٢ |
| ٦٠° | ١٢ | ٢٥ |
| ٤٥° | ٣ | ١٣ |
| ٤٥° | ٤ | ١٦ |

### سكين تدوير الحواف Corner rounding cutter



شكل(١-٣٢) سكين تدوير

يبين الشكل ( ١ – ٣٢) سكين تدوير الأركان وتشبه في شكلها إلى حد كبير الريشة المركزية إلا أن حدها القاطع يكون قوسي منحني إلى الداخل ولذلك توصف هذه السكين بدلالة طول الساق ونصف قطر الاستدارة ويتوفر بالأبعاد التالية ٣، ٤، ٥، ٦، ٨، ١٠مم .

تستخدم هذه السكين في تدوير الأركان القائمة وحواف المشغولات بشكل عام .

## ٣ - ٥ تثبيت أداة القطع على آلة التفريز

يتعرض جزء تثبيت سكين التفريز لعزم الدوران وغالبا ما يكون عزم الدوران كبير جدا في حالة القطع بالسكاكين المحيطية كبيرة القطر وسكاكين التفريز التشكيلية .

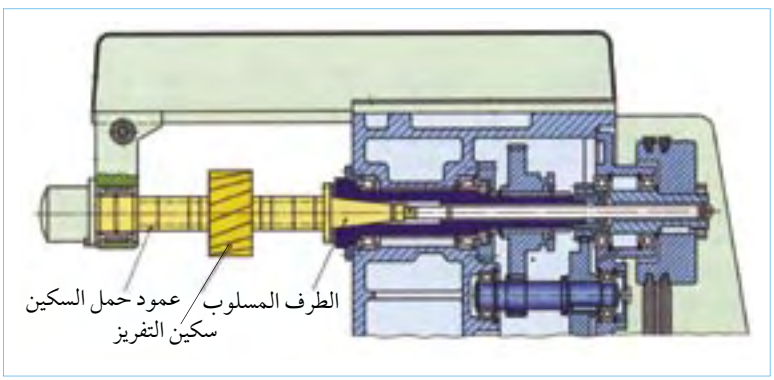
ولذلك تثبت هذه السكاكين تثبيتا إيجابيا بواسطة خوابير متوازية والضغط الجانبي بواسطة أطواق الفصل .

أما سكاكين التفريز ذات الساق تربط بطريقة الاحتكاك ونتيجة لصغر قطرها ، ينتج عن ذلك عزم دوران صغير ويتم بواسطة الفكوك أو الظرف وكماشات الشد أو بواسطة التجويف المخروطي ( السلبات المقننة) .

**وفي ما يلي نتعرض إلى طرق تثبيت السكاكين بأنواعها المختلفة على آلات التفريز بأنواعها :**

١ التثبيت بأعمدة حمل السكاكين المحيطية ( الشياق ) و توصف بقياس أقطارها ، وتثبت هذه الأعمدة على آلة التفريز بواسطة قلاووظ داخل مخروط عمود الإدارة الرئيسي ، حيث يتم تعشيق العمود باستخدام مجاري على كتف عمود حمل السكين ، ويتم تثبيت السكين بواسطة الخابور وأطواق الفصل .

ويبين الشكل ( ١ – ٣٣) عمود حمل السكين مربوط عليه سكين تفريز محيطية .




شكل(١-٣٣) سكين تفريز وعمود حمل السكين

شكل(١-٣٤) ظرف تفريز

٢ التثبيت بواسطة ظرف التفريز : يبين الشكل ( ١ - ٣٤) ظرف تفريز حيث يستخدم لربط سكاكين التفريز الطرفية ذات الساق الأسطواني وهو عبارة عن طقم مكون من حامل ذو ساق مخروطي يثبت في مخروط عمود الإدارة الرئيسية لآلة التفريز ، وطقم شاقات (جلب مرنة ) بمقاسات مختلفة تتناسب مع مقاسات أقطار جذوع سكاكين التفريز الطرفية ، وتثبت الشاقات باستخدام صامولة طوق تشد بواسطة مفتاح هلالي .

٣ التثبيت بواسطة حامل السلبات ( مربط السلبات المقننة ) يثبت في مخروط عمود الإدارة الرئيسية لآلة التفريز من أجل تثبيت سكاكين التفريز الطرفية ذات الجذع المسلوب بحيث تتناسب هندسية الجلبة وجذع سكين التفريز فمنها سلبة مورس بأنواعها أو السلبة المترية أنواعها .

٤ التثبيت بواسطة مربط سكين ذات جذع اسطواني :

يبين الشكل ( ١ - ٣٥) مربط السكاكين الجذعية ويثبت في مخروط عمود الإدارةالرئيسية لآلة التفريز . وذلك لتثبيت سكين التفريز ذات الساق الأسطواني بحيث تتناسب هندسية قطر ثقب المربط وقطر ساق سكين التفريز فمنها ٤مم ، ٥مم ٥و٥ مم ، ٦مم . . . . . الخ .

شكل(١-٣٥) مربط ساق اسطواني

## ٦ - ٣ العناية بسكاكين التفريز

ان سكاكين التفريز ثمينة وتصنع من معادن قاسية السالفة الذكر ولذلك يجب اتباع النقاط التالية للمحافظة عليها :

١ يجب معرفة كيفية استخدام سكين التفريز بصورة صحيحة ، كما يجب معرفة كيفية حمايتها من التلف عند تركيبها على الآلة أو في مكان حفظها .

٢ يجب فحص سكين التفريز بعد الاستعمال وذلك بفحص أسنان القطع بواسطة عدسة مكبرة ويجب تجليخها إذا استوجب ذلك .

٣ عند تخزين السكاكين وحفظها، لا يجوز بأي حال من الأحوال أن توضع فوق بعضها البعض كما لا يجوز ملامستها للقطع المعدنية .

٤ يجب تنظيف أجزاء آلة التفريز والثقب الموجود في السكين قبل القيام بعملية تثبيت السكين على آلة التفريز .

٥ يجب استعمال سوائل التبريد المناسبة لما له أهمية في إطالة عمر السكين .

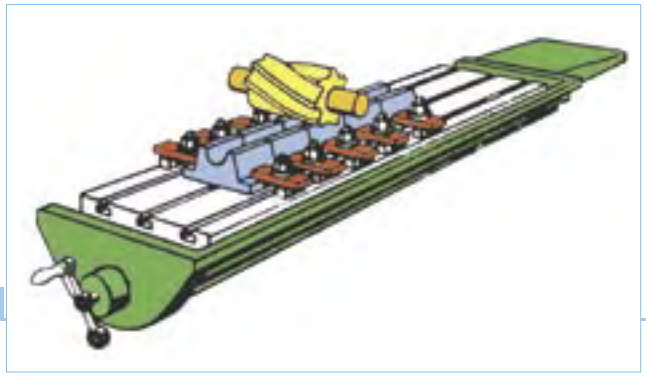
# ٤ عمليات التفريز

عملية التفريز هي إزالة الرايش عن الشغلة بواسطة أداة قطع دوارة متعددة الاسنان مثبتة على محيطها تسمى بسكين التفريز ، ونظراً لتعدد حدود القطع لسكاكين التفريز يمكن إزالة حجم كبير من الرايش في عملية تفريز واحدة ، كما أن السطوح المشغلة تتميز بجودتها من حيث النعومة واسطواء سطحها ، ويقوم كل حد قاطع بفصل جزء من الرايش من دورة السكين . وبعدها يمر بشوط عاطل وسكين التفريز تستمر بالدوران وهذا يؤدي إلى ما يسمى بالتبريد الذاتي لحدود قطع سكين التفريز ولإتمام عملية التفريز يجب مراعاة العوامل التالية :

## ٤ - ١ ربط المشغولات

يتوقف اختيار وسيلة الربط المناسبة لقطعة العمل على قوة القطع المؤثرة في المشغولة ، حيث ينتج عن عملية نزع الرايش من قطعة العمل قوة خلع من مكان الربط وإذا زادت قوة القطع عن قوة الربط تتحرك المشغولة، وهناك نمطين من قوى إعاقة حركة المشغولة وهما :

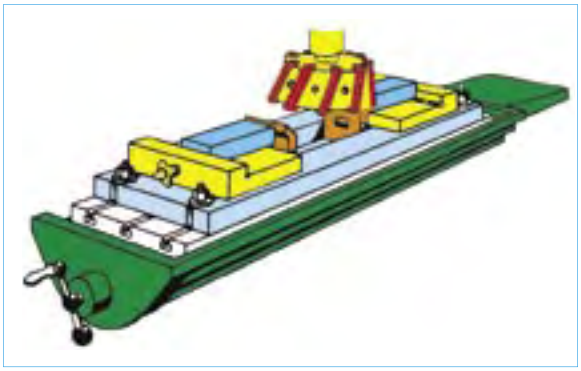
أ إعاقة إحتكاكية تستخدم في عمليات القطع الخفيفة وإذا زادت قوة القطع عن قوة الربط بالاحتكاك تتحرك المشغولة باتجاه حركة السكين ،



شكل (١-٣٦) الربط الاحتكاكي

حيث يكون اتجاه قوة الربط موازي إلى اتجاه حركة القطع كما هو موضح في الشكل ( ١ – ٣٦ ) .

ب إعاقة إيجابية تستخدم عند القطع التي يحتاج قوة ربط كبيرة ، حيث يكون اتجاه قوة الربط معاكس إلى اتجاه قوة القطع كما في الشكل ( ١ – ٣٧ ) .



شكل(١-٣٧) الربط الايجابي

## أنواع الربط

هناك أدوات ربط متعددة وكثيرة نذكر أبرزها وهي :

### ١ الربط بواسطة الملازم

أ الملزمة الآلية الدوارة يبين الشكل ( ١ –٣٨ ) الملزمة الآلية وهي ذات قاعدة مدرجة وتدور ٣٦٠ درجة ، وتثبت في طاولة الآلة بواسطة براغي التثبيت الخاصة وتستخدم لربط المشغولات عند تسوية الأسطح الافقية وعمل المجاري السطحية المائلة بزاوية .

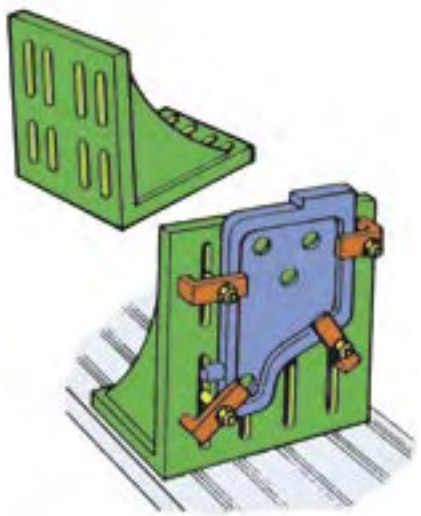
شكل(١-٣٨) الملزمة الآلية

ب الملزمة الشاملة

يبين الشكل ( ١ –٣٩ ) الملزمة الشاملة حيث تمتاز أنها تتحرك بحرية على ثلاث محاور مما يساعد في تشكيل المشغولات ذات الأسطح المائلة المركبة المتعددة .

شكل(١-٤٩) الملزمة الشاملة

٢ **الربط بواسطة الزاوية القائمة :** يوجد بها مجاري وشقوق تستخدم لربطها مع طاولة آلة التفريز ، ومن ثم ربط المشغولات عليها بواسطة مرابط خاصة كما في الشكل ( ١ – ٤٠ )

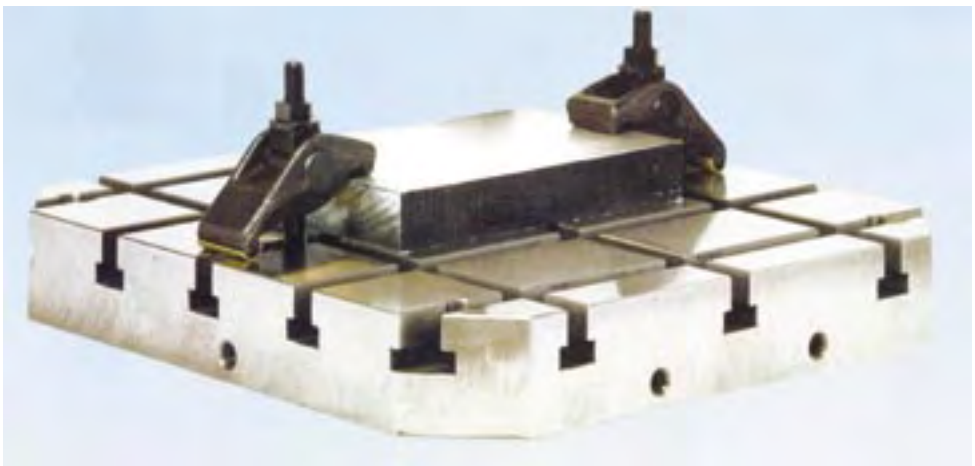


شكل(١–٤٠) الزاوية القائمة

شكل (١–٤١) البلاطة الزاوية

٣ **البلاطة الزاوية المتحركة :** يبين الشكل ( ١ – ٤١ ) البلاطة الزاوية القابلة للضبط ، حيث يوجد بها شقوق تستخدم لربطها على طاولة آلة التفريز وتستخدم البلاطة الزاوية لربط المشغولات لتفريز الأسطح المائلة (الزاوي ) .

٤ **الربط المباشر على طاولة الآلة :** يتم في هذه الطريقة ربط المشغولات مباشرة على طاولة الآلة ، وتستخدم هذه الطريقة لربط المشغولات الرقيقة ولربط المسبوكات الكبيرة ، ويبين الشكل ( ١ –٤٢ ) ذلك .



شكل(١–٤٢) الربط على طاولة الآلة

### ⑤ الربط بواسطة ظرف رأس التقسيم

يبين الشكل ( ١ – ٤٣ ) ربط المشغولات بواسطة ظرف رأس التقسيم .

ويستخدم ظرف رأس التقسيم لربط المشغولات الأسطوانية والاشكال المنتظمة .

شكل(١–٤٣) ظرف رأس التقسيم يربط مشغولة

## ٤ - ٢ أنواع التفريز :

يستخدم التفريز لإنتاج الأشكال الميكانيكية عن طريقة إزالة جزء من المعدن ينتج عنه الأسطح المستوية والمنحنية وفتح المجاري المستقيمة والحلزونية . ويمكن تصنيف عمليات التقرير إلى ثلاثة أنواع هي :

### ① التفريز المحيطي peripheral milling :

يكون محور سكين التفريز موازياً لسطح تفريز المشغولة ، ويتم القطع بواسطة الحدود القاطعة الموزعة بانتظام على محيط سكين القطع ، وتوفر سكين التفريز حركة القطع الدورانية في حين تتحرك المشغولة عن طريق حركة الطاولة ، حركة التغذية الطولية كما هو مبين في الشكل ( ١ – ٤٤ ) .

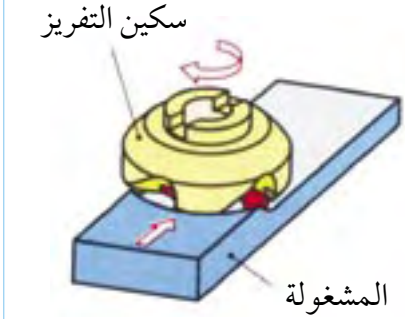
وينتج عن عملية القطع اهتزازات لأن عملية القطع تتم نتيجة لحركة الحدود القاطعة المتعاقبة والمتتالية .

### ② التفريز الجبهي Face milling :

يكون محور سكين التفريز عمودياً على سطح تفريز المشغولة ، ويتم القطع بواسطة الحدود القاطعة الواقعة على محيط وجبهة سكين التفريز ، كما في الشكل ( ١ –٤٥ ) ، ويكون سمك الرايش متساوياً ، فتجري

عملية القطع بهدوء نتيجة التحميل المنتظم .

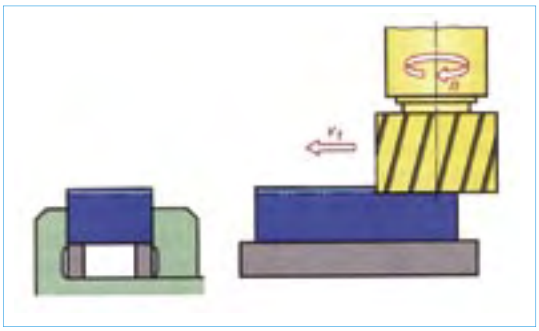
شكل(١-٤٤) التفريز المحيطي




شكل(١-٤٥) التفريز الجبهي

### ٣ التفريز المحيطي الجبهي :

في هذا النوع تكون سكين التفريز تقطع بواسطة الحدود المحيطية ، والحدود الموجودة في جبهتها في آن واحد ، كما هو موضح في الشكل ( ١ - ٤٦ ) .



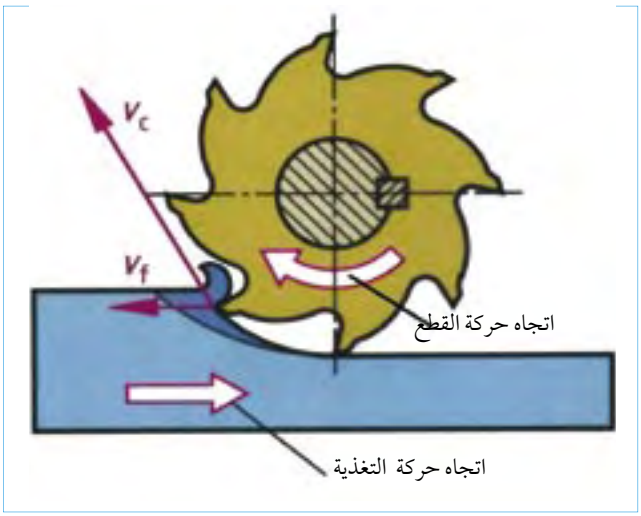
شكل(١-٤٦) التفريز المحيطي

## ٤ - ٣ طرق التفريز :

ينتج عن حركة سكين التفريز اثناء عمليات التفريز المحيطي والتفريز الجبهي طرائق هي :

### ١ التفريز العكسي " التفريز الصاعد " :

تمتاز هذه الطريقة بأن اتجاه حركة الحد القاطع عند ملامسته للشغلة يكون عكس اتجاه حركة تقدم المشغولة " التغذية " ، مما ينتج عنه أن تتمثل عملية القطع بأن سكين القطع تتغلغل تدريجياً في مادة الشغلة ، ويبلغ الرايش أكبر سمك له لدى خروج سن السكين من الشغلة ، أي أن قوة القطع تزداد تدريجياً بزيادة سمك الرايش المزال ، كما هو مبين في الشكل ( ١ - ٤٧ ) .




شكل(١-٤٧) التفريز الصاعد

ومن سيئات هذا النوع بأن سكين القطع أثناء عملية القطع تحاول خلع المشغولة من مكان ربطها مما يتطلب ربط محكم قوي، ولذلك تستخدم هذه الطريقة لتفريز المشغولات من المعادن الصلدة والسميكة .

### ② التفريز المتوافق " التفريز الهابط " :

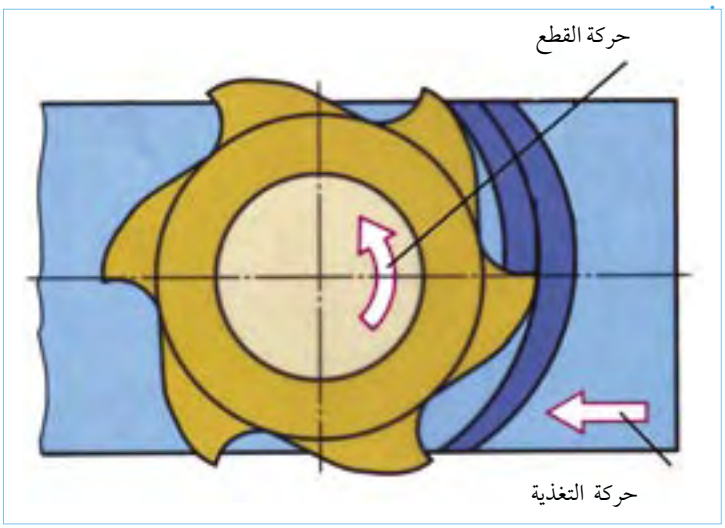
يكون اتجاه حركة سكين القطع عند منطقة القطع موافقاً لاتجاه حركة الشغلة " التغذية " كما هو في الشكل ( – ٤٨ )، فيتغلغل سن السكين في المشغولة فوراً، ولكن الرايش المقطوع يقل سمكه بالتدريج ، أي أن الحد القاطع يتحمل أكبر قوة قطع دفعة واحدة، وتضعف بالتدريج كلما قل سمك الرايش حتى تتلاشى تقريباً لحظة خروج الحد القاطع من المشغولة، مما يؤدي إلى تعرض طاولة الآلة إلى اهتزازات عنيفة بسبب وجود قوة قطع متقطعة وصادمة، الأمر الذي يؤدي إلى تلف أو كسر أسنان سكين التفريز ، كما يؤثر على جودة السطوح المشغلة، ولذلك تستخدم هذه الطريقة في عمليات التفريز التي تحتاج إلى سرعات قطع عالية ومقدار تغذية قليل وأيضا عمق قطع قليل .

وبذلك يكون سطح التشغيل ناعماً وتضغط قوى القطع إلى أسفل مما يزيد في قوة الربط، وبذلك يقل احتمال تذبذب المشغولة في أثناء القطع، وتستخدم هذه الطريقة لتفريز المشغولات قليلة السمك .

الشكل ( ١ – ٤٨ ) التفريز الهابط

### ③ التفريز المزدوج " العكسي والمتوافق " :

يتم التفريز المزدوج في أثناء نوع التفريز الجبهي حيث تدور الحدود القاطعة للسكين عكس اتجاه حركة التغذية في جزء من شوط القطع وفي الجزء الأخر من الشوط نفسه يكون اتجاه التغذية متوافق مع اتجاه حركة أسنان القطع كما هو موضح في الشكل ( ١ – ٤٩ ) حيث يتم اختيار قطر السكين بحيث يساوي ( ٥ و١ ) من عرض المشغولة وينحرف محور السكين عن منتصف عرض الشغلة بحيث يكون القطع الأكبر في مجال القطع المتعاكس .




شكل(١-٤٩) التفريز العكسي المتوافق

وفي هذه الطريقة من القطع ينتج أسطح ناعمة وقطع متوازن هادئ خالي من الاهتزازات ، وذلك لأن أسنان

القطع تكون ملامسة إلى جسم المشغولةطوال عملية القطع .

**نشاط**

لحظ الفرق في فاعلية التبريد والتزييت بين طرائق التفريز الثلاث .

## ٤ - ٤ اختيار سكين التفريز

**عند اختيار سكين التفريز للقيام بعملية قطع على آلة التفريز يجب مراعاة العوامل التالية :**

وسيلة ربط سكين القطع

يختار قطر عمود حمل السكين بما يناسب قطر ثقب السكين مثلا أما ربط السكاكين الجذعية يتم اختيار الطريقة المناسبة لعملية الربط بما يناسب ظروف التشغيل .

نوع معدن الشغلة

تختلف المعادن و المواد من حيث قابليتها للقطع ، لذا منها المشغولة حتى يتم توفير الظروف المناسبة حسب الجدول الخاص بذلك .

نوع معدن السكين

تختلف السكاكين من حيث قدرتها على القطع ، وظروف التشغيل الخاصة بها حيث تجهز الآلة عند قطع المشغولات حسب نوع معدن السكين فمثلا سرعة القطع ٢٠ م / دقيقة المستخدمة عند قطع مشغولة معدنها فولاذ طري بواسطة سكين صلب سرعات عالية أما عند استخدام سكين ذات اللقم الكربيدية تكون سرعة القطع ٦٠ م / دقيقة .

مقاسات سكين التفريز

يتم اختيار سكين التفريز بحيث أن يكون طولها مناسبا لعملية التشغيل كذلك القطر له أثر كبير على جودة عملية القطع وزمن التفريز .

بنية آلة التفريز

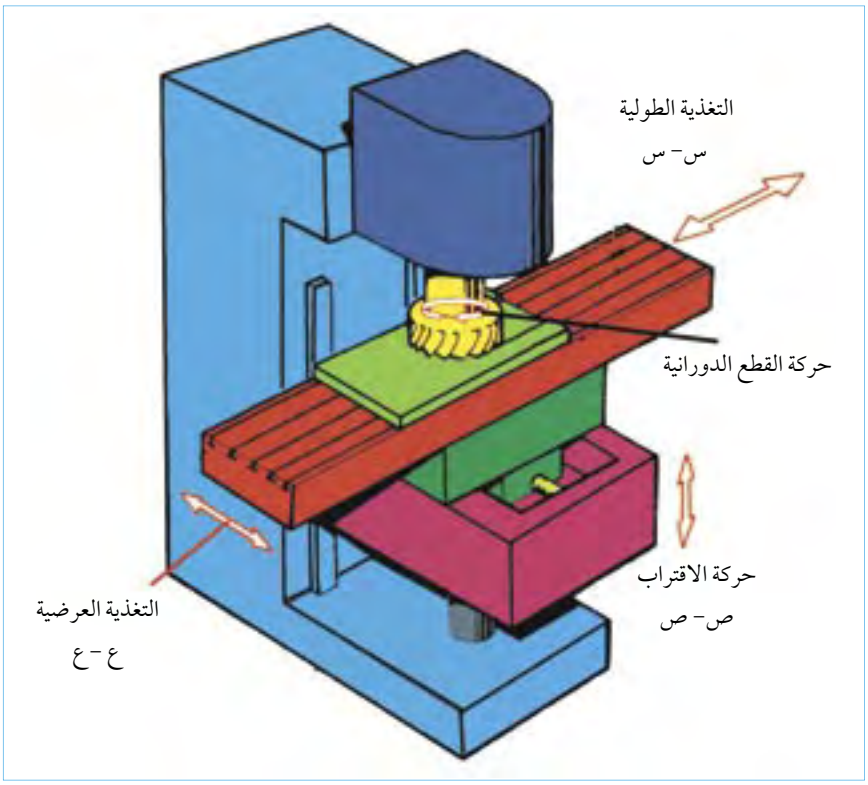
عندما تكون بنية الآلة متينة تستطيع أن تعمل في ظروف تشغيل قاسية وينتج عنها دقة في الأداء .

## ٤ - ٥ حركات عملية التفريز

**يتطلب عملية التشغيل على آلات الفرايز توفر حركات كما هو مبين في الشكل ( ١ - ٥١ ) وهي :**

١ حركة سكين القطع الدورانية والتي تستمدها من صندوق السرعات بوساطة عمود حمل السكين .

٢ حركة التغذية الطولية والتي تتحركها الطاولة باتجاه محور (س – س ) (x–x) وتستمد حركتها من صندوق التغذية الموجود في الركبة أو بواسطة التحريك اليدوي بتدوير العجلة ( القرص ) .




شكل(١–٥٠) المحاور الاحداثية على آلة التفريز

٣ حركة التغذية العرضية والتي تتحركها الطاولة بتجاه محور (ع – ع )(z–z) وتستمد حركتها من صندوق التغذية الموجود في الركبة أيضا أو بواسطة التحريك اليدوي بتدوير العجلة ( القرص ) .

٤ الحركة العمودية ( حركة الاقتراب ) وتؤمنها المشغولة عن طريق حركة الركبة باتجاه محور ( ص – ص) (y–y)وذلك لضبط عمق القطع .

## ٤ - ٦ نظام التبريد

بفعل الاحتكاك بين قطعة العمل والحدود القاطعة في سكين التفريز تتولد حرارة ورايش متراكم في منطقة القطع وهذا يتطلب معالجة هي ضخ سائل التبريد بقوة إلى منطقة القطع من أجل التبريد والتنظيف والتزييت لأجزاء الآلة والمشغولة، وتحتوي كل آلة تفريز على نظام تبريد يتكون من الأجزاء التالية :

١ **الخزان وفيه يتجمع سائل التبريد :** يقع خزان التبريد في الجزء السفلي من الآلة في القاعدة .

٢ **المضخة :** وتعمل بالتيار الكهربائي لضخ سائل القطع من الخزان عبر الأنابيب إلى موضع القطع ويتم تصفية السائل قبل دخولة إلى المضخة بتمريره عبر خانات الخزان والتي يعتمد مبدأ الترسيب من أجل تصفية السائل من الشوائب .

٣ **الخراطيم :** حيث تستخدم ممرا لسائل التبريد وتصنع من البلاستيك أو المطاط المقوى .

٤ **المحبس :** يستخدم للتحكم بقوة ضغط سائل التبريد إلى منطقة القطع .

## ٤ - ٧ تحديد سرعة الدوران وسرعة التغذية

تتأثر سرعة الدوران لسكين التفريز بالسرعة المحيطية المناسبة لها حيث تعتمد السرعة المحيطية للسكين على نوع معدنها ونوع معدن المشغولة ونوع عملية التفريز ، ويعبر عن السرعة المحيطية لسكين التفريز بسرعة القطع .

### السرعة المحيطية ( سرعة القطع )

تعرف سرعة القطع في عملية التفريز على أنها المسافة الخطية التي تقطعها أحد اسنان القطع مقاسة بوحدة المتر في الدقيقة ، ويجب ألا تزيد سرعة القطع الخاصة لسكين تفريز معينة لقطع معدن معلوم عن السرعة المناسبة ، إذ قد تسبب الزيادة أو النقصان عن السرعة المناسبة كسر السكين أو تشويه أداء الآلة .

ولحساب سرعة القطع لأحد الأسنان على محيط السكين في الدورة الواحدة تساوي النسبة التقريبية مضروبة بقطر السكين ( ط × ق ) ، كما هو موضح في الشكل ( ٥١ – ١ ) . أما إذا زادت سرعة السكين ( ن ) عن الدورة الواحدة فذلك يتطلب مضاعفة المحيط بعدد الدورات ، وتكون المعادلة :

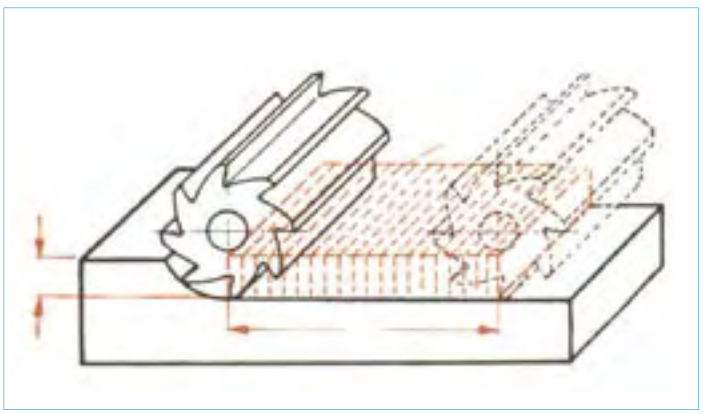
$$س_{ق} = ط \times ق \times ن$$

= مم / دقيقة .

ولتكون وحدة القياس لسرعة القطع : متر في الدقيقة يجب قسمة المعادلة على ( ١٠٠٠ ) وبذلك تصبح :

$$س_{ق} = ط \times ق \times ن$$

= م / دقيقة .



شكل (١-٥١)

حيث :

س ق : سرعة القطع ( م / د )

ق : قطر سكين التفريز ( مم ) .

ن : عدد دورات السكين ( دورة / دقيقة ) .

л : النسبة التقريبية ( ١٤,٣ )

تعتمد سرعة القطع إضافة إلى نوع معدن السكين ومعدن المشغولة ونوع التفريز المستخدم على درجة نعومة السطح المشغل ، ويبين الجدول التالي قيماً توجيهية مناسبة لسرعة القطع لمجموعة من المعادن الشائعة الاستخدام بواسطة سكين تفريز مصنوع من صلب السرعات العالية ( H.S.S ) .

| أنواع التفريز الثلاث | تفريز محيطي و جبهي | | تفريز جبهي | | تفريز |
|---|---|---|---|---|---|
| نوع التشغيل / نوع معدن الشغلة | سق خشن م / دقيقة | سق ناعم م / دقيقة | سق خشن م / دقيقة | سق ناعم م / دقيقة | سق خشن م / دقيقة |
| فولاذ غير سبائكي St٣٤ ، st٣٧ ، st٤٢ | ١٥ – ٢٠ | ٢٠ – ٣٥ | ١٥ – ٢٠ | ٢٠ – ٣٥ | ١٦ – ١٨ |
| فولاذ انشائي (قوالب) | ١٠ – ١٢ | ١٢ – ١٨ | ١٠ – ١٢ | ١٢ – ١٨ | ١٢ – ١٥ |
| سكب رمادي | ١٢ – ١٤ | ١٤ – ١٨ | ١٢ – ١٤ | ١٤ – ١٨ | ١٤ – ١٦ |
| معادن صلبة عالي الكربون | ٣٠ – ٥٠ | ٥٠ – ٨٠ | ٣٠ – ٥٠ | ٥٠ – ٨٠ | ٣٥ – ٦٠ |
| معادن طرية (المنيوم) | ٨٠ – ١٦٠ | ١٦٠ – ٣٠٠ | ٨٠ – ١٦٠ | ١٦٠ – ٣٠٠ | ٩٠ – ١٨٠ |

وبدلالة سرعة القطع " السرعة المحيطية " يتم حساب سرعة الدوران من أجل ضبط صندوق السرعات على آلة التفريز باستخدام المعادلة الآتية :

$$س_{ق} = \frac{ن \times ق \times \pi}{١٠٠}$$

$$س_{ق} \times ١٠٠٠ = \pi \times ق \times ن$$

$$ن = \frac{س_{ق} \times ١٠٠٠}{\pi \times ق} \text{ دورة / دقيقة .}$$

بعد حساب قيمة سرعة الدوران رقميا يتم ضبط صندوق سرعات آلة التفريز لأقرب سرعة دوران محسوبة على لوحة ضبط السرعات .

## مثال

سكين تفريز قطرها ( ٨٠ )مم ويدور بسرعة (١٠٠) دورة / الدقيقة ، أحسب سرعة القطع

**الحل**

$$س_{ق} = \frac{ن \times ق \times \pi}{١٠٠}$$

$$س_{ق} = \frac{١٠٠ \times ٨٠ \times \pi}{١٠٠٠} = ١٢ \text{ و}٢٥ \text{ م / دقيقة}$$

## ملحوظة

يتم ضبط التغذية لأقرب سرعة ممكنة للسرعة المحسوبة حسب تصميم صندوق سرعات آلة

إن سرعة القطع لسكين التفريز يجب أن تتغير تغيراً عكسياً بالنسبة لصلادة مادة المشغولة ، فكلما زادت صلادة المشغولة انخفضت سرعة دوران سكين التفريز ، ويجب أن لا تزيد سرعة القطع عن معدل سرعة القطع المناسبة في الظروف المعينة لأية عملية تفريز وذلك للأسباب التالية :

لتجنب كسر الحدود القاطعة لسكين التفريز .

لتجنب الأضرار الميكانيكية التي قد تلحق بماكنة التفريز :

ج- لتجنب عملية فك قطعة القمل من مكان الربط أو زحزحتها من مكانها أثناء التفريز ، مما يؤدي إلى عدم جودة السطوح المشغلة .

ضبط سرعة دوران السكين :

عند إجراء عملية التفريز يجب تحديد السرعة الدورانية لسكين التفريز ( دورة / دقيقة ) ، ويتم حساب السرعة من قانون سرعة القطع كما يلي :

$$\text{ن} = \frac{\text{س}_{\text{ق}} \times ١٠٠٠}{\text{ق} \times \text{л}} \text{ دورة / دقيقة .}$$

## مثال

قطعة من الفولاذ الطري يراد تسوية سطحها باستخدام سكين تفريز قطرها ٨ مم ، احسب سرعة الدوران للتفريز الخشن وللتفريز الناعم .

### الحل

من الجدول وبالمقارنة مع نوع معدن المشغولة .

سرعة القطع للتفريز الخشن = ١٥ - ٢٠ م / دقيقة .

سرعة القطع للتفريز الناعم = ٢٠ - ٣٥ م / دقيقة .

$$\text{سرعة الدوران (ن)} = \frac{\text{س}_{\text{ق}} \times ١٠٠٠}{\text{ق} \times \text{л}} \text{ دورة / دقيقة .}$$

$$\text{سرعة دوران القطع الخشن (ن}_{\text{خ}}\text{)} = \frac{١٧,٥ \times ١٠٠٠}{٨٠ \times ٣,١٤} = ٦٩,٦٦ \text{ دورة / دقيقة .}$$

سرعة دوران القطع الناعم ( ن$_{ع}$ ) = $\frac{١٠٠٠ \times ٢٧,٥}{٨٠ \times ٣,١٤}$ = ١٠٩,٥ دورة / دقيقة .

## سرعة التغذية

تعرف سرعة التغذية بأنها المسافة التي تتحركها طاولة الآلة حركة خطية باتجاه محور ( س – س ) ( X – X)

أو في الاتجاه العرضي ( ع – ع ) ( y – y ) . مقاسة بوحدة مم / دقيقة .

عند قطع المشغولات على آلة التفريز يجب ضبط صندوق التغذية ، ولحساب سرعة التغذية المناسبة يجب معرفة مقدار التغذية لكل سن من أسنان سكين التفريز حتى يتم معرفة التغذية الكلية لكل دورة لسكين التفريز .

مقدار التغذية للدورة الواحدة للسكين = ت × ع

حيث تمثل ( ت ) = مقدار التغذية لكل سن ( مم )

( ع ) = عدد أسنان السكين .

وعند حساب سرعة التغذية في وحدة الزمن ( دقيقة )، سرعة التغذية تساوي مقدار التغذية الكلية لكل دورة مضروباً بعدد الدورات في الدقيقة .

س$_{ن}$ = ت × ع × ن

حيث تمثل س$_{ن}$ = سرعة التغذية مم / دقيقة .

ت = مقدار التغذية لكل سن مم .

ع = عدد أسنان سكين التفريز .

ن = عدد دورات السكين في الدقيقة .

### مثال

سكين تفريز محيطي عدد أسنانه ١٢ سناً ويدور بسرعة ١٢٠ دورة / الدقيقة ، احسب سرعة التغذية لتفريز قطعة من الفولاذ الطري لكل من القطع الخشن والناعم .

**الجواب**

من الجدول مقدار التغذية لكل سن للقطع الخشن ٢٠ و ٠ مم . مقدار التغذية لكل سن للقطع الناعم ١ و٠ مم .

س$_{ت}$ للقطع الخشن = ٢ و ٠ × ١٢ × ١٢٠ = ٧٢ مم / دقيقة .

س$_{ت}$ للقطع الناعم = ١ و ٠ × ١٢ × ١٢٠ = ١٤٤ مم / دقيقة .

## زمن التشغيل على آلة التفريز

في زمن استخدام التكنولوجيا الحديثة ولمواكبة السرعة في الإنتاج ، لا بد أن يكون زمن التشغيل على آلة التفريز هو من أولويات التي يجب الاهتمام بها حتى تتحقق المنافسة وبذلك يتحقق الربح الذي هو عنصر هام في تطور الورشة الصناعية ، ويقسم زمن التشغيل على آلة التفريزالى قسمين هما :

١- زمن التجهيز

يقتض العمل على آلة التفريز تجهيز الآلة من حيث تثبيت سكين القطع المناسب وضبط سرعة دوران سكين التفريز وضبط سرعة التغذية المناسبة وتثبيت الشغلة على طاولة الآلة وتفقد مستوى الزيت في صندوق السرعات وصندوق التغذية وتفقد نظام التبريد .

## زمن القطع ( زمن التفريز )

يتوقف زمن القطع على آلة التفريزعلى عدة عوامل ومن أبرزها طول شوط القطع ، حيث يتكون طول مشوار القطع من طول قطعة العمل مضافا له نصف قطر سكين القطع في بداية السير والنصف الثاني في نهاية الشوط ، حيث تكون المعادلات على النحو التالي :

طول الشوط الكلي = طول قطعة العمل + ٢نق سكين القطع

ل = ل١ + ق

حيث ل = طول شوط القطع

ل١ = طول قطعة العمل

ق = قطر سكين القطع

زمن التفريز الكلي = زمن الشوط الواحد × عدد مرات القطع

$$\text{زمن التفريز للشوط الواحد} = \frac{\text{طول الشوط الكلي}}{\text{سرعة التغذية}} \times \frac{\text{سمك المعدن قبل التشغيل - سمك المعدن بعد التشغيلي}}{\text{عمق القطع}}$$

أما الزمن الكلي والذي يعتمد على زمن الشوط الواحد مضروبا بعدد مرات القطع كما هو موضح في المعادلة التالية :

$$\text{زمن التفريز الكلي} = \frac{\text{ل}_{1} + \text{ق}}{\text{س}_{\text{ت}}} \times \frac{\text{س} + \text{س}_{1}}{\text{ع}_{\text{ق}}}$$

## مثال

قطعة مستطيلة من صلب عالي الكربون طولها (٧٠٠) مم وعرضها (١٠٠) وسمكها (٣٠٠) مم يراد تصفية السمك ليصبح (٢٧٨) مم فإذا علمت أن عمق القطع الخشن المسموح به (٣) مم وعمق القطع الناعم (١)مم وكان قطر سكين التفريز المستخدم (١٠٠) مم وطوله (١٢٠) مم وعدد أسنانه (١٢) سناً احسب زمن التفريز .

### الحل

سمك المعدن المراد قشطة = ٣٠٠ – ٢٧٨ = ٢٢ مم

(عمق القطع الناعم ١ مم) فيبقى للقطع الخشن = ٢٢ – ١ = ٢١مم

$$\text{عدد مرات القطع الخشن} = \frac{٢١}{٣} = ٧ \text{ مرات}$$

طول الشوط = طول المشغولة + قطر السكين

= ٧٠٠ + ١٠٠

مقدار التغذية الخشنة لكل سن من جدول التغذية = ٢ و٠ مم/ سن

مقدار التغذية الناعمة لكل سن من جدول التغذية = ١ و٠ مم/ سن

سرعة التغذية = مقدار التغذية لكل سن × عدد الأسنان × سرعة دوران السكين

$$\text{س}_{\text{ت}} = \text{ت} \times \text{ع} \times \text{ن}$$

سرعة التغذية الخشن = ٢ و٠ × ١٢ × ن = مم / دقيقة

سرعة التغذية الناعم = ١ و٠ × ١٢ × ن = مم / دقيقة

لحساب عدد الدورات بدلالة سرعة القطع من الجدول نجد أن سرعة القطع تتراوح بين (٣٠ – ٥٠ ) م/ دقيقة خشن و (٥٠ – ٨٠ ) م / دقيقة ناعم

$$\text{سرعة القطع الخشن (سق خشن)} = \frac{٥٠+٣٠}{٢} = ٤٠ \text{ م / دقيقة}$$

$$\text{سرعة القطع الناعم (سق ناعم)} = \frac{٨٠+٥٠}{٢} = ٦٥ \text{ م / دقيقة}$$

سرعة الدوران ( ن ) = $\frac{\text{س}_{\text{ق}} \times ١٠٠٠}{\text{ق} \times \pi}$ دورة / دقيقة

سرعة دوران القطع الخشن ( ن$_{\text{خ}}$ ) = $\frac{٤٠ \times ١٠٠٠}{١٠٠ \times ٣,١٤}$ = ١٢٧,٣٨٨ دورة / دقيقة .

سرعة دوران القطع الناعم ( ن$_{\text{ع}}$ ) = $\frac{٦٥ \times ١٠٠٠}{١٠٠ \times ٣,١٤}$ = ٢٠٧ دورة / دقيقة .

زمن التفريز للشوط الواحد = $\frac{\text{طول الشوط الكلي}}{\text{سرعة التغذية}}$

طول الشوط الكلي = طول قطعة العمل + ٢نق سكين القطع

طول الشوط الكلي = ٧٠٠ + ١٠٠ = ٨٠٠ مم

سرعة التغذية الخشن = ٢ ٥ و ٠ × ١٢ × ١٢٧,٣٨٨ = ٣٨٧,١٦٤ مم / دقيقة

سرعة التغذية الناعم = ١ و ٠ × ١٢ × ٢٠٧ = ٢٤٨,٤ مم / دقيقة

زمن التفريز الخشن = $\frac{٨٠٠}{٣٨٧,١٦٤}$ × ٧ = ١٤,٤٦ دقيقة

زمن التفريز الناعم = $\frac{٨٠٠}{٢٨٤,٤}$ × ١ = ٣,٢٢ دقيقة

زمن التفريز الكلي = زمن التفريز الخشن × زمن التفريز الناعم

زمن التفريز الكلي = ١٤,٤٦ × ٣,٢٢

= ١٧,٦٨ دقيقة

## الأسئلة العامة للوحدة

١ **اذكر الاجزاء الرئيسية لآلة التفريز العمودية وحدد وظيفة كل منها.**

٢ **ما الفرق بين آلة التفريز الأفقية وآلة التفريز الشاملة ؟**

٣ **ما المقصود بالتفريز ؟ بين ذلك بالرسم.**

٤ **عدد الطرق التي يمكن بواسطتها التحكم بالحركة الطولية لطاولة آلة التفريز.**

٥ **في آلة التفريز يمكن التحكم بالحركة الطولية لطاولة الآلة بثلاث طرائق، اذكرها.**

٦ **ما هي الصفات التي يجب أن تتصف بها سكاكين التفريز من حيث معدنها؟**

٧ **اذكر أنواع سكاكين التفريز من حيث معدنها؟**

٨ **اذكر الأنواع التي تتوفر فيها السكاكين الجذعية ، مبيناً استخدامات كل نوع .**

٩ **اذكر الاشكال التي يتوفر فيها السكين الزاوي .**

١٠ **توجد الحدود القاطعة لآلة التفريز على هيئة شكلين ، اذكر الفرق بينهما موضحا ذلك بالرسم ؟**

١١ **اذكر أنواع سكاكين التفريز مع ذكر استخدامات كل نوع ؟**

١٢ **ما أثر قطر السكين في طول الشوط ؟ وضح إجابتك بالرسم .**

١٣ **قارن بين التفريز المحيطي والتفريز الجبهي من حيث:**

أ- موضع القطع في السكين . ب- العلاقة بين محور السكين وسطح التفريز .

١٤ **اشرح موضحاً بالرسم ، كيف تتم عملية التفريز العكسي ؟ وبين إيجابيتها وسلبياتها .**

١٥ **قارن بين التفريز العكسي والتفريز المتوافق من حيث:**

أ-العلاقة بين اتجاه حركة القطع وحركة التغذية .

ب-قوة القطع .

ج- فاعلية نظام التبريد والتزييت .

١٦ بين مستعيناً بالرسم الفرق بين الإعاقة الاحتكاكية والإعاقة الإيجابية في ربط المشغولات .

١٧ اذكر العوامل التي تعتمد عليها عند اختيار سكين التفريز ؟

١٨ بين مستعيناً بالرسم حركات التشغيل المستخدمة في التفريز .

١٩ ما هي وظيفة أطواق الفصل المستخدمة في عمود حمل السكين المعياري ؟

٢٠ عرف ما يلي:

سرعة التغذية في التفريز .

سرعة القطع في التفريز .

٢١ ما العوامل التي يعتمد عليها حجم الرايش المقطوع في وحدة الزمن في التفريز ؟

٢٢ اذكر مع الشرح وظائف سوائل القطع في التفريز .

٢٣ قارن بين كل من التغذية لكل دورة والتغذية لكل سن في عمليات التفريز من حيث : المفهوم ووحدة كل منهما .

٢٤ عرف سرعة القطع في التفريز " السرعة المحيطية ". واكتب معادلة حسابها موضحاً عناصر هذه المعادلة.

٢٥ اذكر العوامل التي يعتمد عليها زمن التفريز ، موضحاً المعادلة الحسابية التي تربطها .

٢٦ يراد تفريز قطعة طولها ١٥٠ ملم ، فإذا علمت أن سرعة التغذية ٤٠ ملم / دقيقة ، وطول كل من المسير الابتدائي والنهائي ٥ ملم ، وقطر سكين التفريز ٨٠ ملم ، احسب زمن القطع لشوط واحد فقط .

٢٧ ما العومل المؤثرة في زمن التفريز؟

٢٨ ما العوامل المؤثرة في تحديد سرعة دوران سكين التفريز؟

٢٩ قطعة من الفولاذ الطري طولها ( ٨٠٠ ) ملم ، وعرضها ( ٨٠ ) ملم ، وسمكها ( ١٩٦ ) ملم ، يراد تصفية سمكها ليصبح ( ١٨٦ ) ملم ، باستخدام سكين تفريز مدحلية قطرها ( ١٠٠ ) م وطولها ( ١٠٠ ) ملم، وعدد أسنانها ( ١٦ ) سناً ن فإذا كان عمق القطع الخشن ( ٣ ) ملم ، وعمق القطع الناعم ( ١ ) ملم، واحسب زمن التفريز بالرجوع إلى الجداول ( سرعة القطع ) ، (مقدار التغذية لكل سن) .

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

# ٢

# التقسيم

# الوحـــدة ٢ التقسيم Indexing

درست في عمليات تشكيل القطع الميكانيكية استخدام خطوط العلام لتحديد مواضع القطع وخاصة عند تقسيم محيط المشغولات الأسطوانية إلى عدد متساوي من الأقسام ، ويستعاض عن عملية التخطيط استخدام آليات التقسيم ، ويلزم استخدام جهاز التقسيم ، كما أريد تفريز تجاويف بأي شكل من الأشكال وموزعة بزوايا مختلفة على محيط المشغولات ، وتعتبر عملية التقسيم من العمليات الأساسية لتشكيل المشغولات بدقة عالية ودون الحاجة إلى وضع العلامات على محيط المشغولات ولأشكال عدة أذكر منها : عمل شكل سداسي أو في قطع التروس بالاستعانة بسكاكين تشكيل خاصة ، ويزود رأس التقسيم بظرف لربط الشغلات به ، وتوجد عدة أنواع من هذا الاجهزه وستتعرف في هذه الوحدة . ما أنواع أجهزة التقسيم ؟ وما أجزاؤها ووظائف كل منها ؟ وما طرائق استخدامها ؟

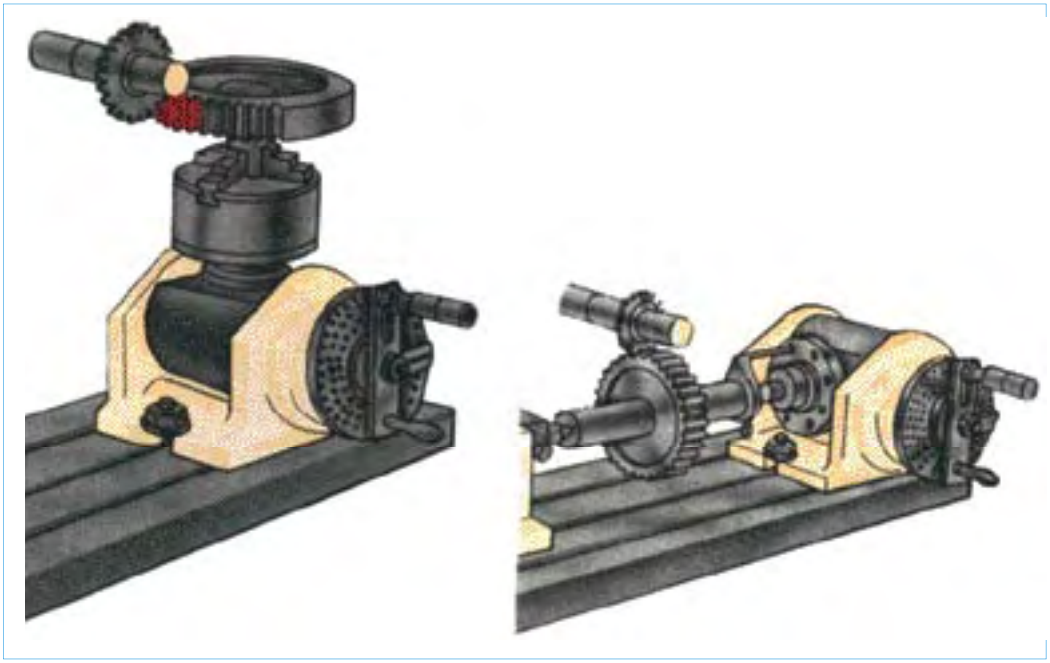
## ○○○○ الأهداف ○○○○

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن تكون قادرا على أن :

١. تقارن بين أجهزة التقسيم من حيث الاستخدام .
٢. تسمي أجزاء أجهزة التقسيم ووظائفها .
٣. تختار طريقة التقسيم المناسبة للأداء .
٤. تطبق حسابات طرق التقسيم المباشر والبسيط والمركب الفارقي .

## أجهزة التقسيم:

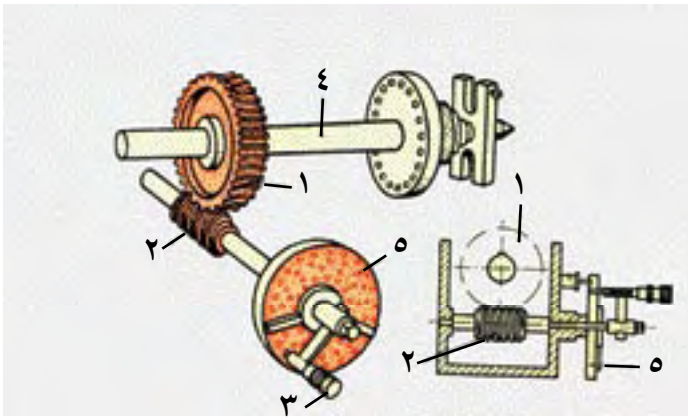
تعتبر أجهزة التقسيم من الملحقات الأساسية لماكينات التفريز وتثبت على طاولة آلة التفريز كما في الشكل (٢ - ١) ليمتد نطاق عملها إلى إمكان إنتاج المسننات أو تفريز تجاويف بأي شكل من الأشكال وموزعة بزوايا مختلفة على محيط شغلة إسطوانية أو أسطح مستوية متعددة بعدد محدد على المشغولات الأسطوانية ( قطاعات مربعة أو مخمسة أو مسدسة . . الخ ) ، هذا ما ستتعرفه في هذه الوحدة .



شكل(٢-١) آلة تقسيم على طاولة التفريز

## ١ أنواع أجهزة التقسيم:

الشكل ( ٢ - ٢ ) يوضح تخطيطاً لمعظم أنواع هذه الأجهزة والتي تتركب أساساً ترس حلزوني ( ١ ) به ٤٠ سناً ( وفي النادر ما تكون ٢٠ سناً )، ويقود هذا المسنن بريمة أو حلزونة ( ٢ ) بنسبة تعشيق ١ : ٤٠ أي أنه بدوران البريمة دورة واحدة كاملة ، فإن المسنن الحلزوني يدور بمقدار $\frac{١}{٤٠}$ من الدورة أي بزاوية قدرها $\frac{٣٦٠}{٤٠}$ = ٩ درجات . ويمكن إدارة البريمة بواسطة يد المرفق (٣) فإذا فرضنا أن دارت يد المرفق دورة واحدة ، يدور المسنن الحلزوني بمقدار $\frac{١}{٤٠}$ من محيطه وكذلك الظرف المثبت عليه الشغلة يدور $\frac{١}{٤٠}$ لأنه مثبت على محور الترس مباشرتا . فبعد قطع المجرى الأول يتم تكرار إدارة يد المرفق من أجل تقسيم محيط الشغلة إلى ٤٠ قسما ، وتتنوع تصميمات أجهزة التقسيم تبعا إلى الغرض منها حيث يمكن تقسيم المحيط وأيضا يقسم المسطح الأفقي للمشغولة .



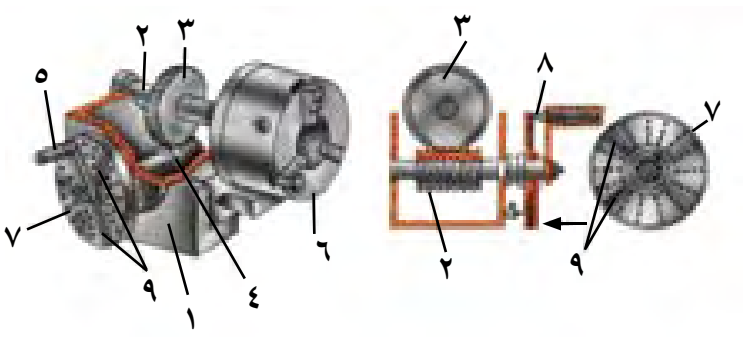

١ ترس حلزوني
٢ البريمة الحلزونية
٣ يد المرفق
٤ عمود دوران رأس التقسيم
٥ صينية التقسيم

شكل(٢-٢) مخطط عام لجهاز التقسيم

**ولهذا يمكن تصنيف أجهزة التقسيم إلى الأنواع التالية :**

## ١ - ١ رأس التقسيم الشامل

يثبت هذا الجهاز على طاولة آلة التفريز بواسطة براغي شكل T ، ويبين الشكل ( ٢ - ٣ ) الأجزاء الرئيسة لرأس التقسيم الشامل الذي يوجد داخلة محولة تروس حلزونية تتكون من دودة وترس دودي، ونسبة النقل بينهما ١ : ٤٠ فإذا دارة الدودة ٤٠ دورة دار الترس الدودي دورة واحدة ، حيث يثبت ترس الدودي على محور التقسيم الذي يحرك الشغلة مقدار حركة الترس الدودي نفسه .




١ جسم رأس التقسيم
٢ محور التقسيم
٣ ترس الدودي
٤ الدودة
٥ يد المرفق
٦ ظرف ثلاثي
٧ صينية التقسيم البسيط
٨ مسمار تثبيت الصينية
٩ مقص التقسيم

شكل(٢-٣) رأس التقسيم الشامل

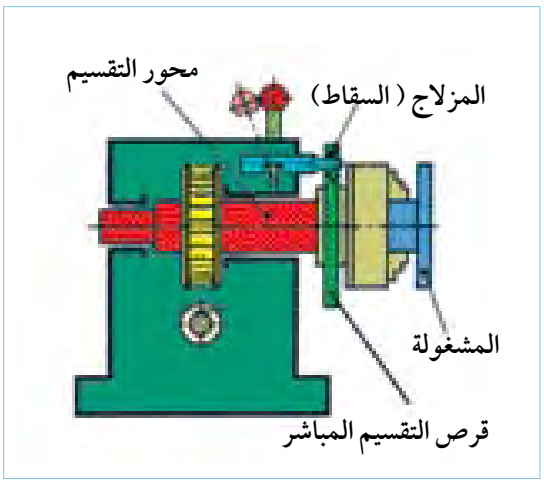
## ١ - ١ - ١ استخدامات رأس التقسيم الشامل

كلما اريد تفريز أي شكل من الأشكال وموزع بزوايا مختلفة على محيط شغلة إسطوانية ، يعتبر رأس التقسيم الشامل أكثر أجهزة التقسيم إستخداما حيث يمكن تقسيم محيط المشغولات إلى أقسام متساوية مهما كان عددها ولذلك يتطلب اتباع طرق متنوعة لكل فئة من الأقسام .

سميه هذا الجهاز بجهاز التقسيم الشامل لأنه يستخدم في أنواع التقسيم الثلاث وهي :

### ١ التقسيم المباشر ( Direct indexing )

يستخدم هذا الجهاز في عمليات التقسيم المباشره حيث يقسم محيط الدائرة إلى مجموعة من الأقسام إذ يركب على محور التقسيم قرص التقسيم الذي يضم ثقوبا أو حزوزا عددها ٢٤ ، وبذلك يمكن تقسيم محيط المشغولة إلى ( ٢٤ ، ١٢ ، ٨ ، ٦ ، ٤ ، ٣ ، ٢ ) قسما .




شكل(٢-٤) نظام التقسيم المباشر

يبين الشكل ( ٢ - ٤ ) نظام التقسيم المباشر ، ويتكون من الغراب المتحرك ومحور التقسيم وسقاطة الضبط ( مسمار ربط الصينية ) وصينية التقسيم المباشر ، حيث يكون مبدأ العمل بتدوير المحور الرئيسي عدد من الثقوب أو الحزوز ويحسب عددها بقسمة الرقم ٢٤ على عدد أقسام المشغولة .

$$\text{عدد ثقوب التدوير لقرص التقسيم المباشر} = \frac{\text{عدد ثقوب القرص}}{\text{عدد أقسام المشغولة}}$$

**مثال**

قطعة من الفولاذ المبروم قطرها ٣٠ مم يراد تحويل شكلها إلى شكل مثمن ، احسب عدد ثقوب تدوير قرص التقسيم المباشر . ( علما أنه عدد ثقوب قرص التقسيم المباشر = ٢٤ ثقبا

$$\text{عدد ثقوب تدوير قرص التقسيم المباشر} = \frac{\text{عدد ثقوب قرص التقسيم المباشر}}{\text{عدد أقسام المشغولة}}$$

$$= \frac{٢٤}{٨} = ٣ \text{ ثقوب}$$

٣ ثقوب

تثبت قطعة العمل الذي قطرها ٣٠ مم في ظرف رأس التقسيم ويتم فرز السطح الأول، وبعدها يتم تحريك قرص التقسيم المباشر بواسطة ذراع المرفق ثلاث ثقوب ويقطع السطح الثاني ، وهاكذا حتى يتم تشكيل المحيط الدائري إلى شكل ثماني منتظم .

### ② التقسيم البسيط ( المركب ) ( Simple Indexing )

يتم التقسيم البسيط باستخدام جهاز التقسيم الشامل ومن المعلوم أن تحريك يد التقسيم دورة واحدة تحرك المحور الرئيسي ( الشغلة ) $\frac{١}{٤٠}$ من الدورة . فإذا أردنا تقسيم محيط قطعة عمل إلى خمسة أقسام فعلينا أن نحرك يد المرفق $\frac{٤٠}{٥}$ =٨ دورات من يد المرفق (يد التقسيم ) وفي هذه الحالة تكون القاعدة كما يلي :

عدد لفات يد المرفق = $\frac{٢٤}{\text{عدد الأقسام}}$ .

$$ع = \frac{٤٠}{ن} \quad \text{أو} \quad ن = \frac{٤٠}{ع}$$

حيث ع = عدد دورات المرفق .

ن = عدد الأقسام المطلوبة .

لكن ليس في كل الحالات نحصل على عدد صحيح من الدورات الكاملة لذراع التقسيم ، ولذلك يزود جهاز التقسيم الشامل بثلاثة أقراص تقسيم **بدوائر تحتوي على الأعداد التالية من الثقوب :**

**القرص الأول ( الصينية ١ ) :** تحتوي دوائر الثقوب به على (١٥ ، ١٦ ، ١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ) ثقباً، على الترتيب .

**القرص الثاني ( الصينية ٢ ) :** تحتوي دوائر الثقوب به على (٢١ ، ٢٣ ، ٢٧ ، ٢٩ ، ٣١ ، ٣٣ ) ثقباً، على الترتيب .

**القرص الثالث ( الصينية ٣ ) :** تحتوي دوائر الثقوب به على (٣٧ ، ٣٩ ، ٤١ ، ٤٣ ، ٤٧ ، ٤٩ ) ثقباً، على الترتيب .

فلو أريد تقسيم محيط مشغولة إلى ( ١٤ ) قسماً ، فإن عدد دورات يد المرفق ستكون ع = $\frac{٤٠}{١٤}$

$= ٢\frac{٦}{٧}$

أي يجب إدارة المرفق دورتين كاملتين بالإضافة إلى $\frac{٦}{٧}$ دورة ، وللحصول على هذا الكسر أو الجزء من دائرة

بمقدار $\frac{٦}{٧}$ ، يمكن اختيار دائرة ثقوب بقرص التقسيم تحتوي على عدد من الثقوب بمضاعفات العدد ٧ وبالتالي يسهل

قياس الكسر $\frac{٦}{٧}$ مثلاً باختيار القرص الثالث والدائرة السادسة المحتوية على ٤٩ ثقباً واختيار ٤٢ ثقباً

فتصبح النسبة $\frac{٤٢}{٤٩}$ = $\frac{٦}{٧}$ فيضبط فكي المقص ليحتوي ٤٢ خطوة ( مسافة بين ثقبين أو ٤٣ ثقباً )

وكذلك يمكن اختيار القرص الثاني الدائرة الأولى ٢١ ثقب واختيار عدد ١٨ ثقب $\frac{٦}{٧} = \frac{١٨}{٢١}$ وهكذا

## مثال

يراد قطع مسنن يحتوي على ٣٢ سناً .

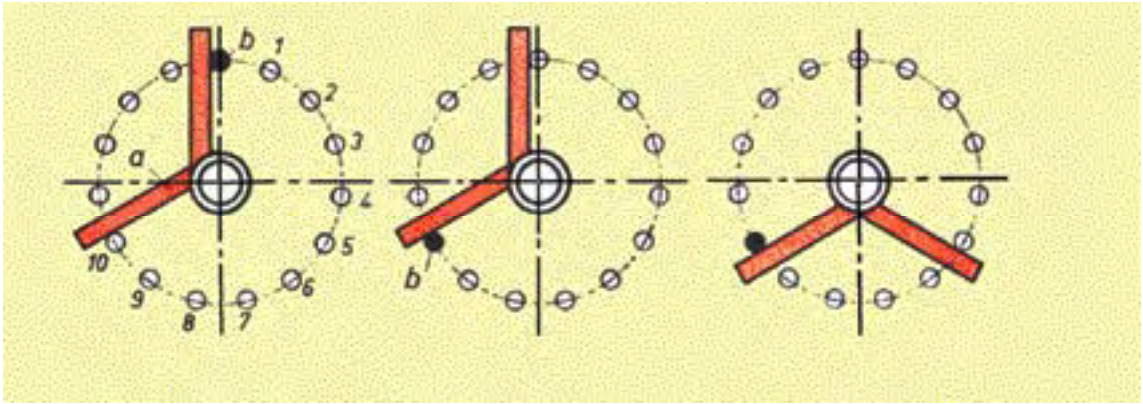
ع = $\frac{٤٠}{ن}$

$= \frac{٤٢}{٣٢} = ١\frac{١}{٤}$

أي يجب إدارة المرفق دورة واحدة وربع دورة كل مرة ، أي بين قطع كل سنة والسنة التي تليها . وعلى هذا الأساس يمكن اختيار القرص الأول ، والدائرة الثانية ( ١٦ ثقبا ) ، واختيار ٤ ثقوب ( $\frac{٤}{١٦}$ من دائرة ١٦ ثقباً

أو القرص الأول والدائرة السادسة ، ونختار ٥ ثقوب ( $\frac{٥}{٢٠} = \frac{١}{٤}$ ) وفي الحالة الأولى يضبط فكي المقص ليحتوي على ٤ مسافات بين الثقوب أو خمسة ثقوب كما في الشكل ( ٢ – ٥ ) فيدار المرفق أولاً دورة كاملة ثم يدار بنز المرفق من الثقب ( صفر ) إلى الثقب رقم ٤ كما في الشكل

( ٢ – ٥ ) أ ، ب . ثم يدار فكي المقص معاً ( بانفراجهما دون تغييره ) إلى الموضع الموضح في الشكل المقابل ، فيصبح الثقب رقم ٤ السابق هو رقم ( صفر ) في المرة القادمة . وبعد قطع السن يدار المرفق دورته الكاملة الأولى ثم يدار من الثقب ( صفر الجديد الذي كان رقم ٤ سابقاً ) إلى الثقب رقم الذي كان سابقاً رقم ( ٨ ) وهكذا .




شكل(٢-٥) طريق تحريك التقسيم على الصينية

### ٣ التقسيم الفارقي المركب ( التفاضلي ) (Differential Indexing )

يمكن تقسيم محيط قطقة العمل إلى عدد من الأقسام التي لا يمكن تقسيمها بطرق التقسيم السابقة ، وفي هذا النوع من التقسيم توجد حركة نسبية بين يد التقسيم ( أ ) وصينية التقسيم ( ب ) أي أنه أثناء ادارة يد التقسيم تدور صينية التقسيم في الوقت نفسه في اتجاه حركة اليد أو عكس ذلك ، وللحصول على الحركة النسبية يتم التوصيل بين المحور الرئيسي لجهاز التقسيم ومحور الجر الواصل بمحور صينية التقسيم( ج ) بواسطة مجموعة من تروس الجر كما في الشكل ( ٢ - ٦ ) ، حيث يزود جهاز التقسيم الشامل بمجموعة من التروس تشكل طقم تروس الجر التابعة له ، وهي من ترسين عدد أسنانهما ٢٤ سناً وترس واحد من التروس التي عدد أسنانهم ( ٢٨ ) ، ( ٣٢ ) ، ( ٣٦ ) ، ( ٤٠ ) ، ( ٤٤ ) ، ( ٤٨ ) ، ( ٥٦ ) ، ( ٦٤ ) ، ( ٧٢ ) ، ( ٨٦ ) ، ( ١٠٠ ) سناً .

**مثال**

المطلوب تقسيم محيط قطعة عمل ( ٣١٩ ) قسماً . جد مقدار حركة يد التقسيم وعدد أسنان تروس الجر .

**الحل**

حركة يد التقسيم = $\frac{٤٠}{٣١٩}$ ، فلو أضفنا ( ١ ) إلى المقام يصبح ٣٢٠ . ويسمى بالعدد الفرضي .

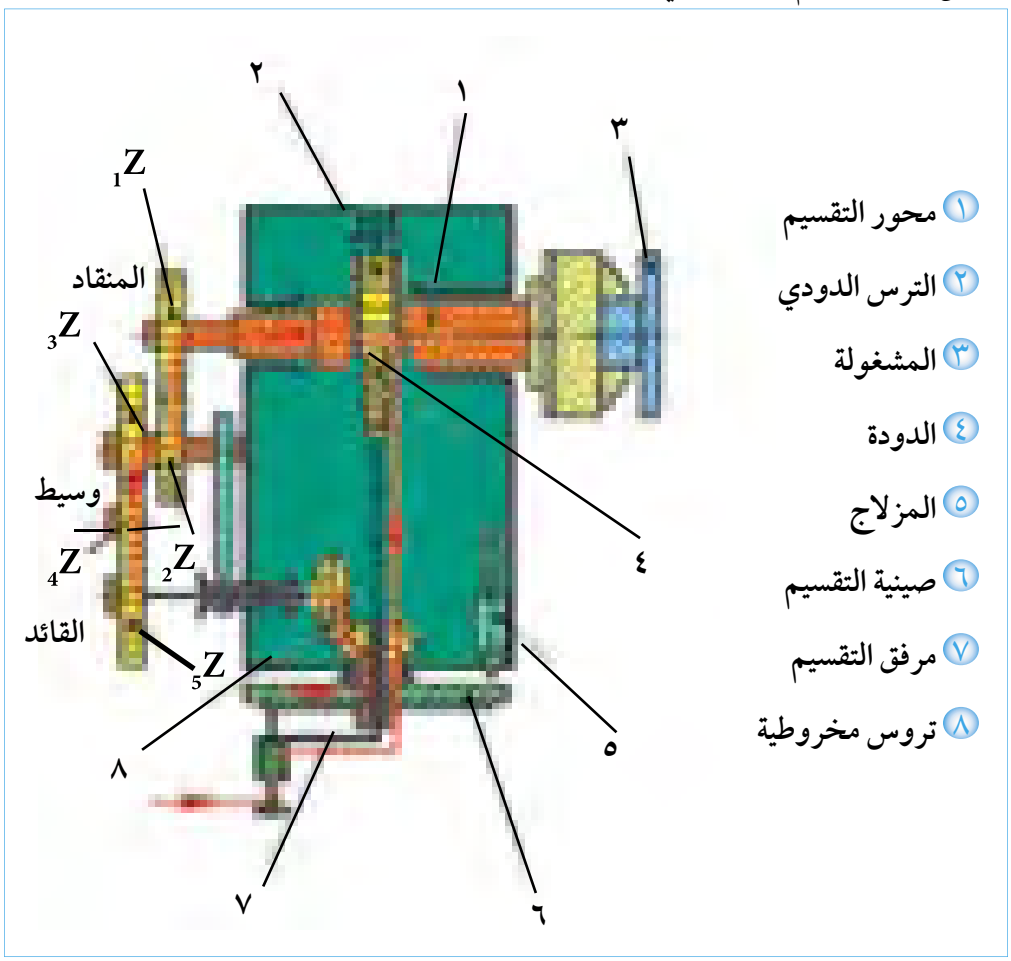
حركة التقسيم = $\frac{٤٠}{٣٢٠}$ = $\frac{١}{٨}$ لفة ، أي مسافتين من المسافات بين ثقوب الدائرة ( ١٦ ) . فللحصول على ٣١٩ قسماً ، تكون عدد الدورات ٣١٩ × $\frac{١}{٨}$ = ٣٩ $\frac{٧}{٨}$ دورة ، وبما اننا افترضنا أن عدد الأقسام ٣٢٠ قسماً . . يكون عدد الدورات = ٣٢٠ × $\frac{١}{٨}$ = ٤٠ دورة .

عدد الدورات الحقيقية ( ٣٩ $\frac{٧}{٨}$ ) - عدد الدورات المفروضة ( ٤٠ ) = $\frac{-١}{٨}$ دورة

يمكن اهمال إشارة السالب إذ تدل فقط على ضرورة استخدام ترس وسيط لعكس اتجاه دوران حركة صينية التقسيم لأن عدد الأقسام المفروضة أكبر من عدد الأسنان المطلوبة .

يجب أن نزيد عدد دورات يد التقسيم $\frac{١}{٨}$ دورة لنحصل على ٣١٩ قسماً .

ويمكن الوصول إلى ذلك بإيجاد حركة نسبية بين اليد وصينية التقسيم حيث تدور الصينية في اتجاه حركة اليد ، وتتحرك الصينية $\frac{١}{٨}$ حركة اليد فتزيد بذلك المسافة التي تتحركها اليد بمقدار ألـ $\frac{١}{٨}$ باستمرار . بذلك نحصل على الأقسام الحقيقية أي ٣١٩ قسماً .




شكل(٢-٦) وصل تروس الجر واستعمال ترس وسيط

يتم تركيب تروس الجر بين المحور الرئيسي لجهاز التقسيم ومحور تحريك الصينية كما في الشكل ( ٢ - ٦)

**مثال**

يراد تقسيم محيط اسطوانة إلى ٧١ قسما بواسطة جهاز تقسيم شامل ، احسب حركة يد المرفق وتروس الجر اللازمة .

$$\text{حركة يد المرفق} = \frac{٤٠}{\text{عدد أقسام المشغولة}}$$

$$= \frac{٤٠}{٧١}$$

نلاحظ أن مقام المعادلة مقداره خارج نطاق صواني التقسيم

نفترض عدد الأقسام ٧٠ قسما

$$\text{حركة يد المرفق} = \frac{٤٠}{٧٠} = \frac{٤}{٧}$$

$$\frac{\text{عدد أسنان القائد}}{\text{عدد أسنان المنقاد}} = \frac{\text{عدد الأقسام المطلوب إنتاجها} - \text{عدد الأقسام المفوضة}}{\text{عدد أقسام المفروضة}} \times \text{نسبة النقل}$$

$$\frac{ع_١}{ع_٢} = \frac{ن - ن_١}{ن_١} \times ٤٠$$

$$= ٤٠ \times \frac{٧٠ - ٧١}{٧٠} =$$

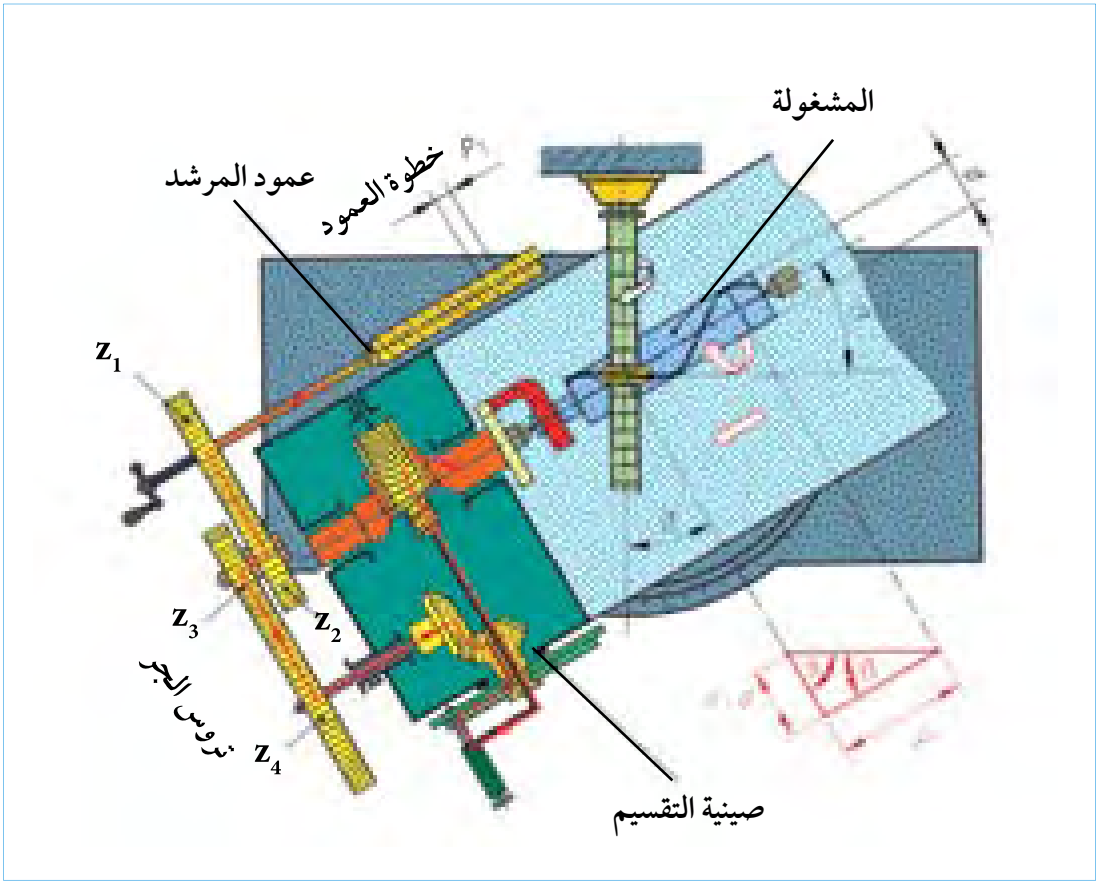
$$= \frac{٤}{٧} = \frac{٣٢}{٥٦} = \frac{٨ \times ٤}{٨ \times ٧}$$

يركب الترس القائد على المحور الرئيسي ويكون في هذه الحالة عدد أسنانه ٣٢ سنا ، ويركب الترس المنقاد على المحور المتصل بالصينية ويكون عدد أسنانه ٥٦ سنا .

### ٥ التقسيم الطولي بالاستعانة بجهاز التقسيم الشامل

تستخدم آلات التفريز المزودة بجهاز تقسيم شامل بالإضافة لتقسيم المشغولات الدائرية في تقسيم الأسطح المستوية إلى أجزاء دقيقة ومتساوية وذلك عن طريق استخدام سكين القطع العمودي ونقل حركة نسبية بين العمود الرئيسي لجهاز التقسيم وعمود المرشد لطاولة آلة التفريز بواسطة مجموعة من تروس الجر لتحول التقسيم الدائري إلى حركة تقسيم طولي خطي كمافي الشكل (٢ – ٦) أي أن حركة يد المرفق الدائرية على صينية التقسيم تنتقل إلى العمود الرئيسي لجهاز التقسيم منه إلى مجموعة تروس الجر التي تنقل الحركة بدورها إلى عمود المرشد في آلة التفريز ، وتكون النسبة ثابتة بين العمود الرئيسي لجهاز التقسيم وعمود المرشد للتقسيم الخطي ( الطولي )

على آلة تفريز خطوة عمود المرشد بها ٦مم وبإستخدام جهاز تقسيم نسبة الحركة فيه ١\٤٠ فإن العمود الرئيسي في جهاز التقسيم يتحرك ١\٤٠ من الدورة الكاملة عند تحريك يد المرفق دورة كاملة ، ويجب أن تكون نسبة نقل الحركة لتروس الجر ١ : ١ .




شكل(٢-٧) وصل تروس الجر بين جهاز التقسيم وعمود المرشد

وفي هذه الحالة تتحرك الطاولة حركة طولية بمقدار = $\frac{١}{٤٠} \times ٦$ = ١٥و. مم

ويفترض أن المطلوب عمل تقسيم طولي والخطوة الطولية ( المسافة بين كل حز والذي يليه ) ٧٥و . مم

فتكون حركة يد التقسيم اللازمة لتحريك الطاولة كما يلي :

$$\text{حركة يد التقسيم} = \frac{\text{الخطوة الطولية لأقسام المشغولة}}{\text{نسبة حركة جهاز التقسيم X خطوة عمود المرشد X نسبة تروس الجر}}$$

$$= \frac{٠,٧٥}{٠,١٥}$$

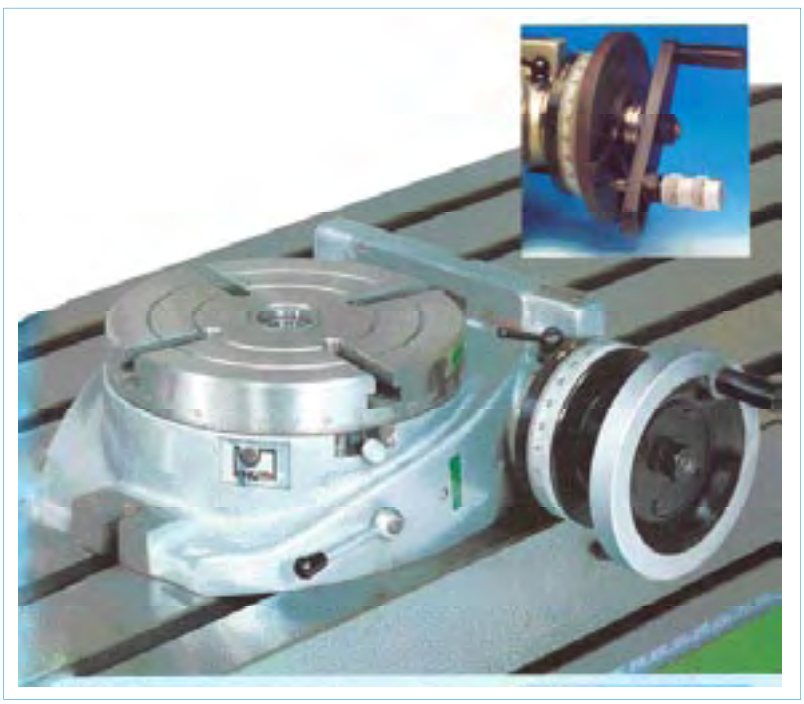
= ٥ لفات من يد المرفق

## ١ - ٢ جهاز التقسيم الأفقي (طبلية التقسيم الدائرية)

تستخدم طبلية التقسيم في حمل المشغولات الثقيلة وذات الأقطار الكبيرة المراد تقسيمها والمشغولات الغير منتظمة والمراد تقسيمها على آلة التفريز بواسطة رأس التقسيم الأفقي وهناك عدة أنواع من جهاز التقسيم الافقي منها :

### ١ - ٢ - ١ جهاز التقسيم الافقي المدرج الدائري

تركب المشغولات على منضدة جهاز التقسيم التي تحرك بواسطة يد المرفق ، ويتم تقسيم الشغل عن طريق تدريج على محيط المنضدة كما في الشكل ( ٢ - ٧ ) ويمكن الحصول على قراءة نهائية بدقة ٥ ثواني من الدرجات المحيطية ٣٦٠ ° ، حيث تضبط المنضدة على موضع الصفر عند نقطة الابتداء وتحسب مقدار الإزاحة الدائرية بالدرجات بتقسيم ٣٦٠° على عدد أقسام الشغلة وبذلك نحصل على عدد درجات الانحراف لعمل كل قسم .



شكل(٢-٨) جهاز التقسيم االمدرج

**مثال**

يراد تفريز شقوق شعاعية لقطعة من العمل إلى ١٨ قسما . احسب عدد درجات الإزاحة الدائرية لكل قسم عند إنتاجها بواسطة جهاز التقسيم المدرج الدائري .

$$\text{عدد درجات الانحراف الدائري لكل قسم} = \frac{٣٦٠^{o}}{\text{عدد أقسام الشغلة}}$$

$$= \frac{٣٦٠^{o}}{١٨} = ٢٠^{o}$$

يتم ضبط المنضدة على نقطة الصفر عند عمل الفرز الأول ومن ثم تحرك المنضدة ازاحة دائرية بمقدار ٢٠° لكل قسم

## ١ - ٢ - ٢ جهاز التقسيم الافقي الشامل

يبين الشكل ( ٢ –٩) جهاز التقسيم الافقي الشامل وفي هذا النوع إضافة إلى جهاز التقسيم الدائري المدرج يكون مزود بطقم من ثلاث صواني كما سبق ذكره في رأس القسيم الشامل ويتم استخدامه في التقسيم المباشر والتقسيم البسيط والتقسيم الفارقي ( الفرضي ) بنفس طريق حساب مقدار حركة يد المرفق في جهاز رأس التقسيم الشامل .

شكل(٢–٩) جهاز التقسيم الأفقي الشامل

# أسئلة الوحدة

١ بين مستعيناً بالرسم الأجزاء الرئيسية لجهاز التقسيم بشكل عام .

٢ يراد تقسيم محيط قطعة إلى ٢٥ قسماً . جد عدد دورات يد التقسيم .

٣ يراد تقسيم محيط قطعة عمل ٧٩ قسماً . جد مقدار حركة يد التقسيم ، وعدد أسنان تروس الجر الواجب استعمالها .

٤ يراد تقسيم محيط قطعة عمل ٦١ قسماً . جد مقدار حركة يد التقسيم وعدد أسنان تروس الجر الواجب استخدامها .

٥ يراد تقسيم محيط قطعة العمل خمسة أقسام . جد مقدار حركة يد التقسيم .

المطلوب تقسيم محيط قطعة عمل ١٢٣ قسما . جد مقدار حركة يد التقسيم وعدد أسنان تروس الجر .

٦ يراد عمل جريدة مسننة المسافة بين حزوز أسنانها ( الخطوة الطولية ) ٩مم . جد مقدار حركة يد التقسيم موضحا طريقة نقل الحركة بين جهاز التقسيم وعمود المرشد ، علما أن نسبة نقل الحركة بين جهاز التقسيم وعمود المرشد ١ : ١ .

٧ عدد أنواع أجهزة التقسيم وبين استخدام كل منها .

٨ جد مقدار حركة يد التقسيم عند تقسيم محيط قطع الاسطوانية التالية :

( ٦ ، ٨ ، ٢٣ ، ٤٨ ، ٧٢ ، ٨١ ، ١١١ ، ٢٢٣ ) قسما .

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

# ٣

# قطع التروس

# الوحـــدة ٣

# قطع التروس

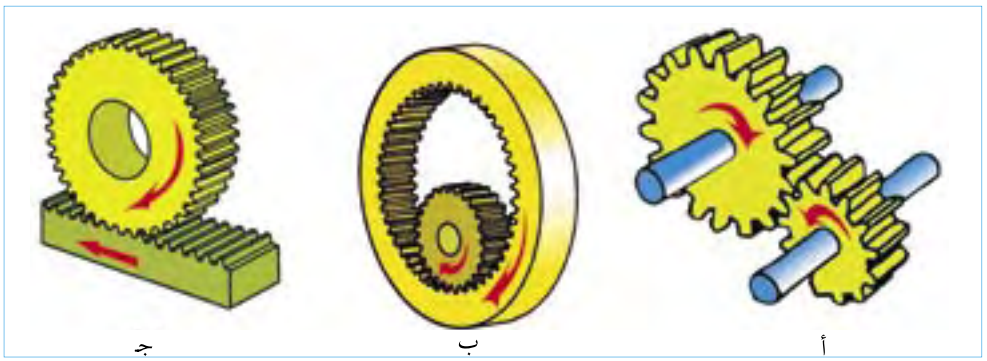
عند دوران احدى اسطوانتين متلامستين فان الاسطوانة الاخرى تدور نتيجة الاحتكاك بالعكس الا انه لا يمكن تحميل الاسطوانة الثانية باحمال كبيرة بسبب الانزلاق وللتغلب على مشكلة الانزلاق يتم قطع اسنان على هذين السطحين لانتاج ما يسمى بالترس ويتم تشكيل هذه الاسنان بعدة طرق منها القطع بالتفريز .

**بعد دراستك هذه الوحده يتوقع ان تصبح قادرا على :**

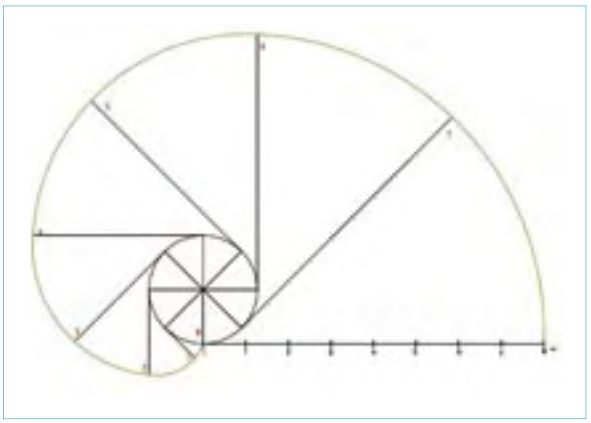
١. تعرف مفهوم التروس .
٢. حساب نقل السرعات في التروس .
٣. تمييز التروس المستقيمة .
٤. تعرف عناصر الترس المستقيم وحساب ابعاده .
٥. تمييز الجريدة المسننة وحساب ابعادها .
٦. تمييز التروس المخروطية .
٧. تعرف عناصر الترس المخروطي وحساب ابعاده .
٨. تمييز التروس الحلزونية .
٩. تعرف عناصر الترس الحلزوني وحساب ابعاده .
١٠. اجراء حسابات عملية التقسيم اللازمة لقطع التروس .
١١. اختيار السكين المناسب لقطع التروس .

التروس هي عبارة عن اقراص اسطوانية او مخروطية تستخدم لنقل الحركة الدورانية من محور لاخر بنسبة ثابتة نتيجة تعشيق اسنان احد التروس مع اسنان الترس الاخر وقد يكون التسنين خارجي كما في الشكل (٣-١(أ)) أو تسنين داخلي كما في الشكل (٣-١(ب)).

كما يمكن تحويل الحركة الدوارنية الى حركة مستقيمة بتعشيق الترس مع جريدة مسننة كما في الشكل (٣-١(جـ)).




شكل(٣-١) استخدامات التروس



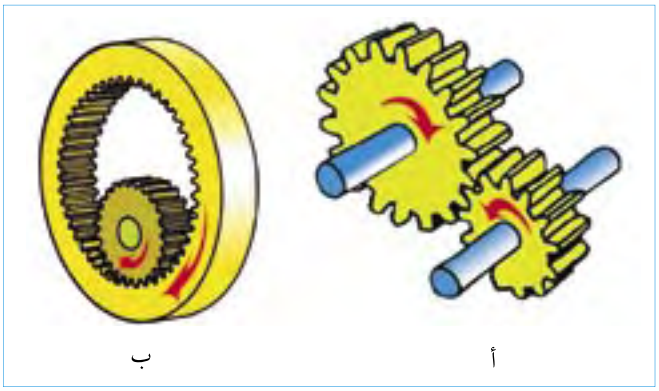
شكل(٣-٢) تشكيل المنحنى الإنفليوتي

اما بالنسبة لشكل السن فانه يأخذ شكل المنحنى الانفليوتي والذي يضمن تدحرج الاسنان على بعضها دون احتكاك. ويمكن الحصول على المنحنى الانفليوتي من مسار نقطة موجودة على طرف خيط يتم حله (فكه) عن محيط دائرة بحيث يبقى الخيط مشدودا كما يوضح الشكل (٣.٢).

وتوجد التروس بانواع واشكال مختلفة وسنتطرق لكل نوع وكيفية تشكيل الأسنان على آلة التفريز.

## ١ التروس المستقيمة

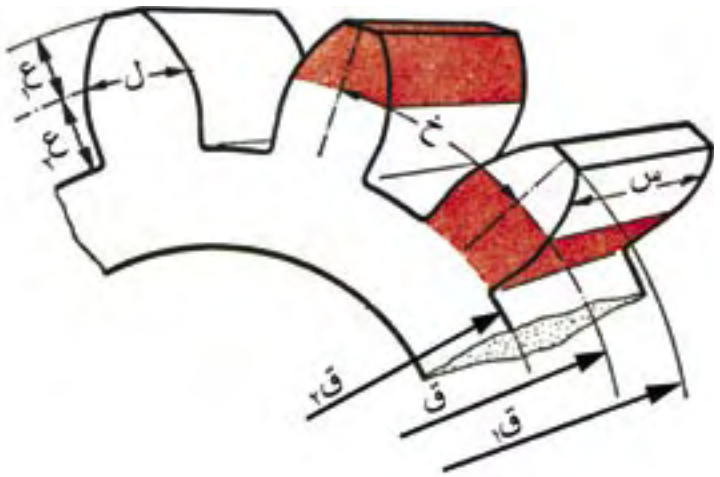
وهي عباره عن اقراص اسطوانية تستخدم لنقل الحركة الدورانية بين المحاور المتوازية وتكون الاسنان موازية للمحور وقد يكون التعشيق داخليا او خارجيا كما في الشكل (٣-٣).




شكل(٣-٣)

## ١ - ١ عناصر الترس وابعاد التروس المخروطية:

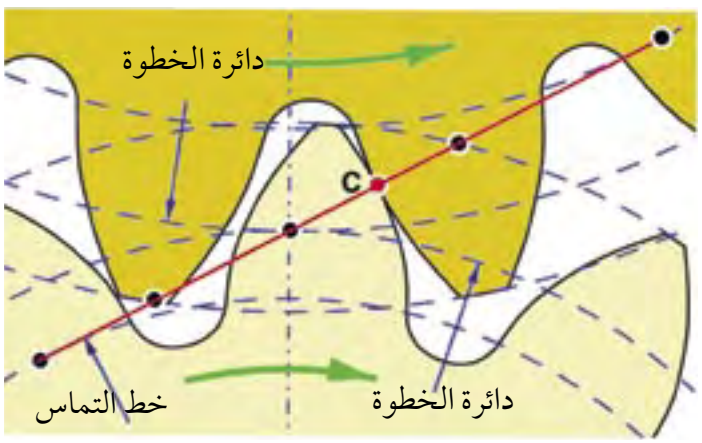
الشكل (٣-٤) يبين مقطع من ترس مستقيم موضحا عليها عناصر الترس والاسنان والتى يتم على اساسها حساب الابعاد اللازمه لحسابات السرعات ولعملية القطع .




ق١ : القطر الخارجي للترس .
ق : قطر دائرة الخطوة .
ق٢ : قطر دائرة الجذر .
س : سمك الترس .
خ : الخطوة الدائرية .
ل : عرض السن .
ع١ : ارتفاع رأس السن .
ع٢ : ارتفاع جذر السن .

شكل(٣-٤) عناصر الترس والأسنان

وهي كما يلي :




شكل(٣-٥) تماس دائرتي الخطوة

١ دائرة الخطوة : وهي دائرة وهمية تمر خلال اسنان الترس وتمثل سطح الاسطوانة التي تحرك الترس الاخر . وتكون دائرتي الخطوة للترسين المعشقين متماستان كما في الشكل ٣-٥) . ويعرف الترس عادة بقطر دائرة الخطوة (ق) ويقسم محيط دائرة الخطوة الى عدد صحيح من الاقسام مساويا عدد الاسنان للترس (ن) .

٢ الخطوة الدائرية (خ) : وهي طول القوس بين نقطتين متماثلتين على سنين متتاليين مقاسة على دائرة الخطوة كما تظهرفي الشكل (٣-٤) .

ويمكن حساب مقدار الخطوة الدائرية بقسمة محيط دائرة الخطوة على عدد الاسنان

$$\text{خ} = \frac{\text{ق} \times \pi}{\text{ن}}$$

٣ **المودیول (م)** : وهو من اهم عناصر حسابات الترس وهو يمثل حصة كل سن من قطر دائرة الخطوة ويمكن حساب المودیول $م = \frac{ق}{ن} = \frac{خ}{\pi}$ وبالتالي يكون قطر دائرة الخطوة

$$ق = \frac{خ \times ن}{\pi}$$

ويستخدم المودیول لحساب معظم ابعاد الترس الاخرى .

**ولايمكن ان يتم تعشيق ترسين معا الا اذا تساوى المودیول لهما .**

٤ **القطر الخارجي للترس ($ق_١$)** : وهو قطر الدائرة التي تحيط برؤوس اسنان الترس كما في الشكل (٣-٤) ويكون في الاصل قطر الخامة التي يتم قطع الترس منها .

٥ **القطر الداخلي للترس ($ق_٢$)** : وهو قطر الدائرة التي تمربقاع اسنان الترس كما في الشكل (٣-٤) .

شكل(٣-٦) الخلوص

٦ **الخلوص** : وهو مسافة يتم قطها في قاع الفراغ بين سنين على الترس لمنع الاحتكاك مع رؤوس سن الترس الاخر المعشق معه كما في الشكل رقم (٣-٦)) .

والخلوص عادة يكون مساويا $\frac{١}{٦}$ المودیول .

٧ **ارتفاع رأس السن ($ع_١$)** : وهو المسافة بين محيط دائرة الخطوة ومحيط دائرة القطر الخارجي للسن كما في الشكل (٣-٤) . وعادة يكون ارتفاع رأس السن $ع_١$ مساويا رقميا للمودیول $ع_١ = م$ . اي ان :

$ق_١ = م \times ن + ٢ \times م = م \times (ن + ٢)$

٨ **ارتفاع جذرالسن ($ع_٢$)** : وهو المسافة بين محيط دائرة الخطوة ومحيط دائرة القطر الداخلي للسن وعادة يكون ارتفاع جذر السن $ع_٢$ مساويا رقميا للمودیول+ $\frac{١}{٦}$ المودیول ( الخلوص)

$ع_٢ = م + \frac{١}{٦} م$ حيث $\frac{١}{٦} م$ تمثل الخلوص . اي ان

$ق_٢ = م \times ن - \frac{١}{٣} ٢م = م (ن - ٢,٣٣)$ .

٩ **عمق السن (ع)** : وهو مجموع ارتفاع رأس السن وارتفاع جذر السن اي انه عمق السن يساوي الفرق بين

نصف القطر الخارجي ونصف القطر الداخلي للترس ويمكن حسابه كما يلي :

$$ع = ع_{١} + ع_{٢}$$

$$ع = م + \frac{١}{٦} م_{١} = م_{٢} + \frac{١}{٦} م = ٢,١٦٧ م$$

او ع = نصف القطر الخارجي – نصف القطر الداخلي

$$= \frac{١}{٢} (م \times ن + ٢ \times م) - (م - \frac{١}{٣} م_{٢}) = م + \frac{١}{٦} م_{١} = ٢,١٦٧ م$$

وهو ما يساوي مقدار عمق القطع الكلي لتشكيل السن .

١٠ **عدد الاسنان (ن) :** ويمكن تحديد عددالاسنان للترس من قطر دائرة الخطوة والموديول ن = ق/ م .

١١ **البعد بين مركزي الترسين المعشقين :**

أ تعشيق خارجي : البعد بين مركزي الترسين هو مجموع نصفي قطري دائرة الخطوة لكل من الترسين الشكل رقم (٣-٧(ب)) .

$$ف = \frac{١}{٦} ق_{(الترس الاول)} + \frac{١}{٦} ق_{(الترس الثاني)}$$

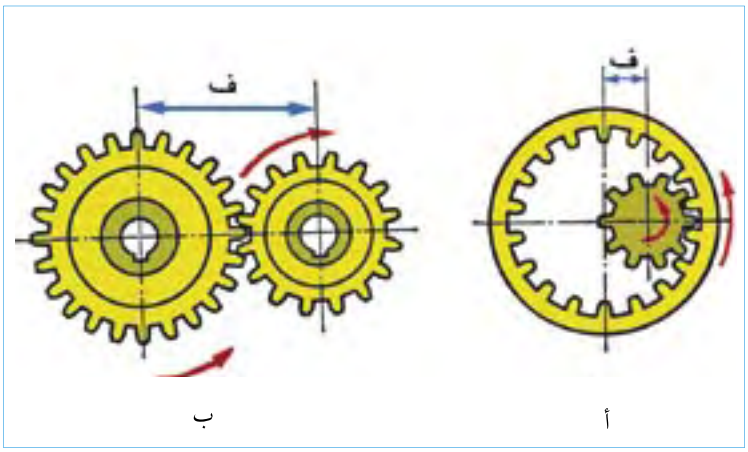
$$ف = \frac{١}{٢} (م\ ن_{(الترس الاول)} + م\ ن_{(الترس الثاني)})$$

**وبما ان الموديول للترسين المعشقين يجب ان يكون متساوي فان :**

$$ف = \frac{م}{٢} (ن_{(الترس الاول)} + ن_{(الترس الثاني)})$$

$$\frac{٢ (م\ ن_{(الترس الاول)} + م\ ن_{(الترس الثاني)})}{م}$$

ب **تعشيق داخلي :** البعد بين مركزي الترسين هو الفرق بين نصفي قطري دائرة الخطوة لكل من الترسين كما في الشكل رقم (٣-٧(أ)) .




شكل (٣-٧)

**مثال (١)**

ترس مستقيم عدد اسنانه ٢٨ سن والموديول (٣) . احسب ما يلي :

ا- قطر دائرة الخطوة (ق) .

ب- الخطوة (خ) .

ج- ارتفاع رأس السن (ع١) .

د- القطر الخارجي للترس (ق١) .

هـ- ارتفاع جذرالسن)ع٢) .

و- القطر الداخلي للترس (ق٢) .

ز- الخلوص(ص) .

**الحل**

ا- ق= م×ن = ٣×٢٨ = ٨٤ مم .

ب- خ = π × م = ٣,١٤١٦ × ٣ = ٩,٤٢٤٨ مم .

ج- ع١ = م= ٣مم .

د- ق١ = م×(ن+٢) = ٣×(٢٨+٢) = ٩٠ مم .

هـ- ع٢ = م+(١÷٦ ×م) =٣+(١÷٦×٣ ) = ٤,٥ مم .

و- ق٢ = م×(ن+٢,٣٣) = ٣×(٢٨-٢,٣٣ ) = ٧٧ مم .

ز- ص =م×(١÷٦) = ٣×(١÷٦) =١/ ٢ مم .

## ١ - ٢ نقل السرعات في التروس

عند تعشيق ترسين معا يسمى الترس المحرك بالترس القائد والترس التابع بالترس المنقاد ويكون دوران الترس المنقاد بعكس دوران الترس القائد . فلو فرضنا ان عدد اسنان كل منهما يساوي اربعين سن فهذا يعني انه لكي يدور الترس المنقاد دورة واحدة يلزم دوران الترس القائد دورة واحدة ايضا . ولو استبدلنا الترس المنقاد بترس اخر عدد اسنانه عشرين سنا (مع ضرورة المحافظة على تساوي الموديول لكلا الترسين ) فان دوران الترس المنقاد دورة واحدة يتطلب دوران الترس القائد نصف دورة وبالتالي فان دوران الترس القائد دورة واحدة يؤدي الى دوران الترس المنقاد دورتين وهو ما يساوي عدد اسنان الترس القائد مقسوما على عدد اسنان الترس المنقاد وهو ما يسمى نسبة النقل في التروس :

$$\text{نسبة النقل} = \frac{\text{(عدد دورات الترس المنقاد (د}_{\text{(المنقاد)}}\text{)}}{\text{دورات الترس القائد (د}_{\text{(القائد)}}\text{)}} = \frac{\text{ن}_{\text{(الترس القائد)}}}{\text{ن}_{\text{(الترس المنقاد)}}}$$

$$= \frac{\text{عدد أسنان الترس القائد}}{\text{عدد أسنان الترس المنقاد}}$$

$$= \frac{-\text{ن}_{\text{(الترس المنقاد)}}}{\text{ن}_{\text{(الترس القائد)}}}$$

إشارة السالب لدلالة على تغير اتجاه السرعة

## مثال (٢)

نقل السرعة بحساب المسافة بين المركزين

ترس مستقيم عدد أسنانه ٢١ سن والموديول( ٤ ) . يدار بوساطة ترس آخر سرعته= ٢٤٠ دورة / دقيقة . احسب سرعة الترس الأول إذا كانت المسافة بين محوري الدوران للترسين =١٥٦ مم والتعشيق خارجي .

## الحل

قطر دائرة الخطوة للترس الأول (المنقاد)

ق=م×ن =٤×٢١=٨٤ مم

ف=١/ ٢ (ق(الترس الأول)+ق(الترس الثاني))

أي أن ق (الترس الثاني) = ٢×ف – ق (الترس الأول)

ق (الترس الثاني) = ٢×١٥٦ – ٨٤ = ٢٢٨ مم

بما أن المديول للترسين المعشقين متساوي

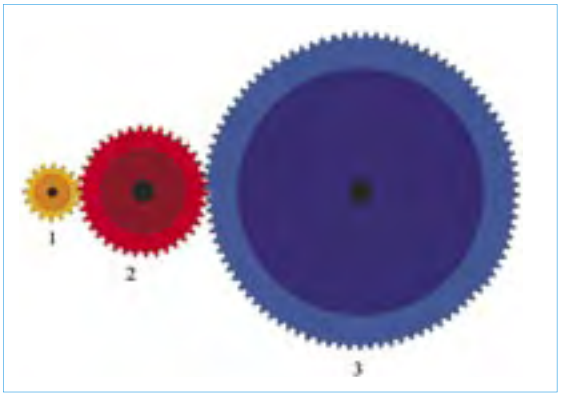
عدد أسنان الترس الثاني (القائد) ن=ق/ م = ٢٢٨/ ٤ =٥٧ سن

نسبة النقل= (د(المنقاد))/ (د(القائد))

= – ن(الترس القائد) / ن(الترس المنقاد) = – ٥٧/ ٢١=٢,٧٤١

أي أن سرعة الترس الأول (المنقاد) = ٢٤٠×-٢,٧٤١=- ٦٥١,٤ دورة / الدقيقة

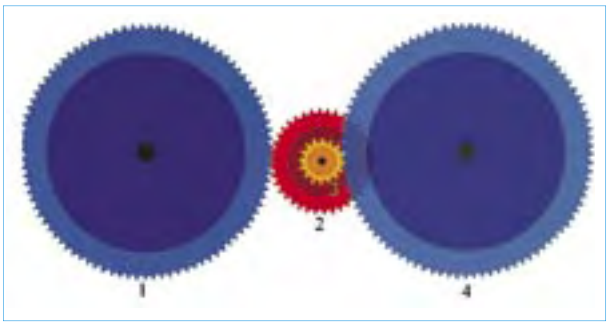
ويمكن استخدام ترس وسيط لإرجاع اتجاه الدوران كما في الشكل (٣-٨) فيكون الترس رقم(١) في الشكل ترس قائد والترس رقم (٢) ترس منقاد فيما يكون الترس رقم(٢) ترس قائد للترس رقم (٣) وبهذا تكون




شكل(٣-٨) مجموعة تروس بسيطة

$$\text{نسبة النقل} = \frac{\text{د}_{٣}}{\text{د}_{١}} = \frac{\text{ن}_{١}}{\text{ن}_{٢}} \times \frac{\text{ن}_{٢}}{\text{ن}_{٣}} = \frac{\text{ن}_{١}}{\text{ن}_{٣}}$$

أي أن الترس الثاني يعمل كوسيط لعكس اتجاه الحركة ولا يدخل في الحسابات .




شكل(٣-٩) مجموعة تروس مركبة

ولو نظرنا إلى مجموعة التروس في الشكل(٣-٩)فإن الترس رقم (١) يكون قائد والترس رقم (٢) منقاد فيما الترس رقم (٣) قائد والترس رقم (٤) منقاد .

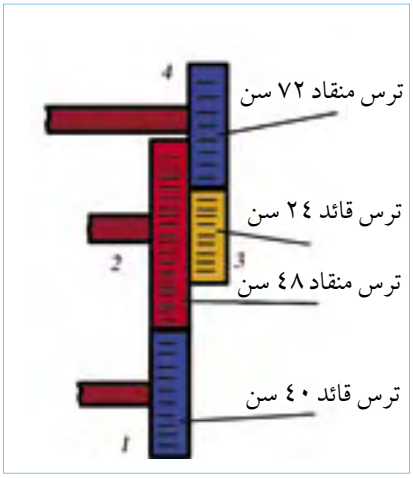
كما أن سرعة الترس رقم (٢) تساوي سرعة الترس رقم (٣) لأنهما على نفس المحور وبهذا فإن :

$$\text{نسبة النقل} = \frac{\text{د}_{٤}}{\text{د}_{١}} = \frac{\text{د}_{٢}}{\text{د}_{١}} \times \frac{\text{د}_{٤}}{\text{د}_{٣}} = \frac{\text{ن}_{٣} \times \text{ن}_{١}}{\text{ن}_{٤} \times \text{ن}_{٢}}$$

أي نسبة النقل=

(حاصل ضرب عدد أسنان التروس القائدة مقسوماً على حاصل ضرب عدد أسنان التروس المنقاده)

## مثال (٣)




في الشكل التالي احسب سرعة الترس رقم ٤ إذا كان الترس رقم ١ يدور بسرعة

١٥٠ دورة في الدقيقة .

**الحل**

نسبة النقل=

(حاصل ضرب عدد أسنان التروس القائده/ حاصل ضرب عدد أسنان التروس المنقاده)

وحيث إن الترس رقم ١ يدير الترس رقم ٢وإن الترس رقم ٣ يدير الترس رقم ٤ فان :

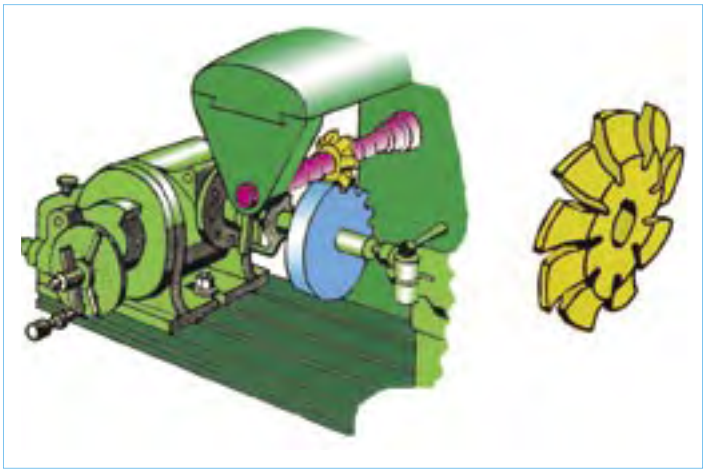
(د٤ / د١) = (ن٣ ×ن١)/ (ن٢×ن٤)

أي أن : د٤ = (ن٣ ×ن١)/ (ن٢×ن٤) × د١

= (٤٠×٢٤)/ (٤٨×٧٢) ×١٥٠ =

## ١ - ٣ سكاكين قطع التروس المستقيمة

تتم عملية قطع أسنا ن التروس بعدة طرق منها القطع بواسطة آلة التفريز . وتتم هذه العملية على آلة التفريز باستخدام جهاز التقسيم وسكاكين قطع خاصة لقطع التروس والشكل رقم (٣-١٠) يبن شكل السكين الخاصة ويوضح شكل الحد القاطع الذي يكون بنفس شكل الفراغ بين سنين في الترس .



شكل(٣-١٠) سكين قطع التروس

وقد يتم استخدام آلات تفريز خاصة لقطع التروس وتستخدم فيها سكاكين قطع جماعية تسمى السكاكين التدحرجية كما في الشكل (٣-١١) وتمتاز بالسرعة العالية والدقة في الإنجاز .

### اختيار سكاكين القطع :

من المعروف أن ما يميز الترس هو الموديول وعدد الأسنان وعليه يتم اختيار السكين المناسب . إلا أن شكل السن يختلف باختلاف عدد الأسنان رغم ثبات الموديول وعليه فإن سكاكين القطع تتوفر على شكل مجموعات (اطقم) كل مجموعه تخدم موديول محدد وتحوي ثمان سكاكين كل سكين مناسب لعدد أسنان ضمن مجال معين والجدول رقم (١) يبين طقم سكاكين للموديول (٩) محددا فيه عدد الأسنان الممكن قطعها باستخدام كل سكين . وقد يحتوي الطقم ١٥ سكينا كما في الجدول رقم (٢)

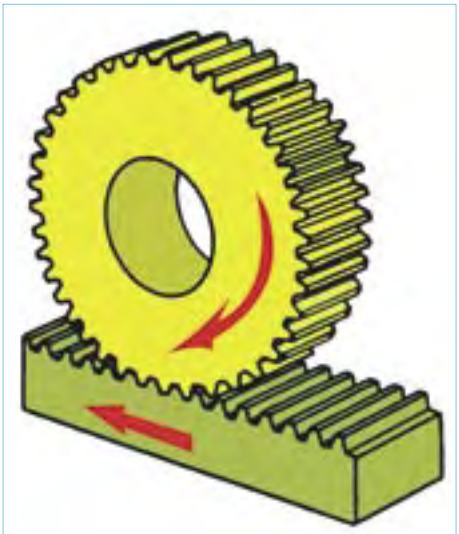
جدول رقم (١) : طقم سكاكين مكون من ٨ سكاكين

جدول رقم (٢) : طقم سكاكين مكون من ١٥ سكاكين

## ٤ - ١ قطع الجريدة المسننة

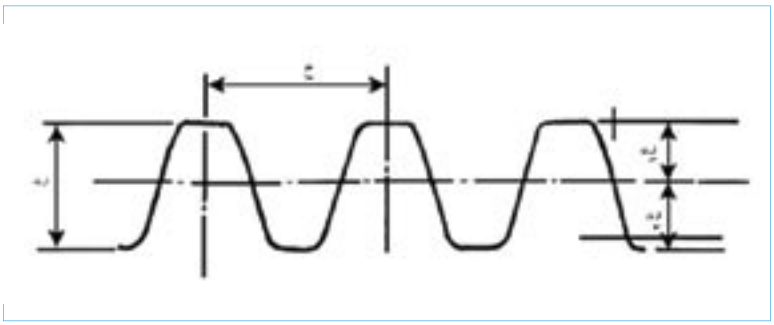
### ابعاد الجريدة المسننة :

الجريدة المسننة يمكن اعتبارها ترس نصف قطر الخطوة له لانهائية وبالتالي يتحول محيط الدائرة الى خط مستقيم ، وقد تكون اسنان الجريدة المسننة مستقيمة وعندها يتم تعشيقها مع ترس مستقيم له نفس الموديول كما في شكل (٣-١٢)



شكل (٣-١٢) جريدة مسننة مستقيمة الأسنان

وقد تكون اسنان الجريدة المسننة مائلة كما في الشكل (٣-١٣) وتعشق مع ترس مائل الاسنان له نفس الموديول ونفس زاوية ميل الاسنان ولكن بالاتجاه المعاكس (لماذا؟)



شكل(٣-١٣) عناصر الجريدة المسننة الرئيسية

الشكل (١٦): جريدة مسننة مائلة الاسنان

## عناصر وابعاد الجريدة المسننة

تعرف عناصر الجريدة المسننة بنفس تعريف عناصر ر الترس المستقيم المعشق معها والشكل (١٧) يبين عناصر الجريدة المسننة الرئيسية :

الشكل (١٧): عناصر الجريدة المسننة الرئيسية

١ خط التقسيم : وهو خط مستقيم يناظر دائرة الخطوة على الترس .

٢ الخطوة الخطية للجريدة المسننة (خ) : في الجريدة يستعمل تعريف الخطوة الخطية بدل الخطوة الدائرية وهي المسافة بين نقطتين متماثلتين على سنين متتاليين مقاسة على خط التقسيم ويجب ان تتساوى الخطوة الخطية للجريدة المسننة مع الخطوة الدائرية للترس المعشق معها .

٣ الموديول للجريدة المسننة : ويجب ان يتساوى الموديول للجريدة المسننة مع الموديول للترس المعشق معها . وعليه يمكن حساب الخطوة الخطية كما يلي : خ = π × الموديول =π× م

٤ طول الجريدة المسننة : ويمكن حسابة من تعريف الخطوة الخطية على انه عدد اسنان الجريدة المسننة مضروبا بالخطوة الخطية ل= ن×خ

٥ الخلوص للجريدة المسننة : وهو مسافة يتم قطها في قاع الفراغ بين سنين على الجريدة المسننة لمنع الاحتكاك مع رؤوس سن الترس المعشق معها . والخلوص للجريدة المسنن عادة يساوي٢ , ٠ من الموديول

٦ إرتفاع رأس السن العلوي للجريدة المسننة : وهو المسافة العمودية بين خط التقسيم وقمة السن وعادة تساوي قيمة الموديول

$(ع_{١})$= ١× الموديول

٧ إرتفاع جذر السن السفلي للجريدة المسننة : وهو المسافة العمودية بين خط التقسيم وقاع السن

$(ع_{٢})$ = ١ ، ٢ × الموديول .

٨ العمق الكلي للجريدة المسننة : وهو المسافة العمودية بين خط قمة السن وقاع السن

$(ع) = ع_{١} + ع_{٢}$

(ع) = (١×م)+(٢ , ١×م) =٢ , ٢م .

٩ زاوية الميل إذا كان الترس مائلا .

## جهاز رأس التقسيم وسكين قطع الجريدة المسننة

يتم قطع الجريدة المسننة على الات التفريز باستخدام السكين رقم (٨) من كل طقم حسب الموديول المطلوب ويستخدم جهاز رأس تقسيم خاص لقطع أسنان الجريدة المسننة مما يسهل عملية القطع بحيث يوجه أسنان سكين القطع باتجاه يوازي اسنان الجريدة المسننة ويؤمن القطع بالعمق المطلوب دون اصطدام حافة الجهاز السفلية بقطعة العمل .

## التقسيم المستقيم الخاص للجرائد المسننة

يتم التقسيم بواسطة رأس التقسيم ومجموعة مسننات تناسب خط عمود المرشد لطاولة آلة الفريز ، وتركب

المسننات بين المحور للترس المخروطي لجهاز رأس التقسيم وعمود مرشد طاولة آلة الفريز كما في الشكل (١٨).

الشكل (١٨) : تركيب التروس لقطع الجريدة المسننة

يجب تركيب صينية تقسيم محتوية على عدد ثقوب يقبل القسمة على (٤) بدون باق ، ويتم الإستخدام بإدارة يد التقسيم عددا صحيحا من الدورات أو أجزاء اللفات ($\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، $\frac{3}{4}$) ، ثم تثبيت يد التقسيم بعد كل عملية تقسيم بواسطة المثبت الخلفي لجهاز التقسيم، وميزة هذه الطريقة إمكانية استخدامها للحصول على كافة خطوات الجرائد المسننة .

## التروس المخروطية

تستخدم التروس المخروطية لنقل الحركة بين المحاور غير المتوازية ولكنها في مستوى واحد (اي انها تتقاطع) وقد تكون الزاوية بين المحاور ٩٠ درجة كما في الشكل رقم (١٩ –ا) او اكثر من ٩٠ درجة كما في الشكل رقم (١٩–ب) او اقل من ٩٠ درجة كما في الشكل رقم (١٩ –ج)

الشكل (١٩ –ا) : تروس مخروطية الزاوية بين محاورها ٩٠ درجة

الشكل (١٩ –ب) : تروس مخروط الزاوية بين محاورها اكبر من ٩٠ درجة

الشكل (١٩ –ج) : تروس مخروطية الزاوية بين محاورها أقل من ٩٠ درجة

وتكون أسنان الترس المخروطي مقطوعة على سطح مخروط ناقص وقد تكون الأسنان مستقيمة كما في

الشكل(٢٠-ا)أو مائلة كما في الشكل (٢٠-ب):

الشكل (٢٠): أشكال أسنان التروس المخروطية

وعند تعشيق ترسين يسمى الترس الأصغر البنيون (pinion) فيما يسمى الترس الأكبر الكرونة (crown)

## عناصر وأبعاد التروس المخروطية :

تعرف التروس المخروطية بعناصر وأبعاد معينة يتم على أساسها حساب السرعات وعمليات القطع . وهي كما في الشكل (٢١)

الشكل (٢١) عناصر وأبعاد الترس المخروطي

١ **مخروط الخطوة (pitch cone)** : وهومخروط وهمي يمر خلال أسنان الترس ويمثل سطح المخروط الذي يحرك الترس المخروطي الآخر . ويكون مخروطا الخطوة للترسين المخروطيين المعشقين متماسين .

٢ **الخطوة**: هي المسافة بيت نقطتين متماثلتين على سنين متجاورين مقيسة على مخروط الخطوة عند النهاية الكبرى للمخروط .

٣ **قطر الخطوة (ق)( pitch diameter)** : هو قطردائرة الخطوة وهي الدائرة التي تمثل النهاية الكبرى لمخروط الخطوة

وحسب تعريف الموديول في الترس المستقيم فإن قطر الخطوة يساوي حاصل ضرب عدد الاسنان بالموديول

ق= ن×م .

٤ **طول مخروط الخطوة (ل)**: المسافة بين رأس مخروط الخطوة وطرف السن عند النهاية الكبرى لمخروط الخطوة . ل= ٨,٣٣ ×الخطوة .

٥ **القطر الخارجي (ق ر)**: هو قطر الدائرة التي تحيط برؤوس اسنان الترس مقيسة عند النهاية الكبرى للمخروط ، ويكون في الاصل قطر الخامة التي يتم قطع المخروط منها . وهو يساوي

ق ر= ق +٢×م .

٦ **الوجه**: وهو المسافة الممثلة لطول السن مقيسة من النهاية الكبرى للمخروط .

٧ **ارتفاع رأس السن (ع١)** : وهو المسافة بين مخروط الخطوة وسطح السن مقيسه عند النهاية الكبرى للمخروط وعادة يكون ارتفاع رأس السن ع١ مساويا رقميا للمودول

ع١=م .

⑧ **ارتفاع جذرالسن (ع٢)** : وهو المسافة بين مخروط الخطوة وقاع السن مقيسه عند النهاية الكبرى للمخروط . وعادة يكون ارتفاع جذر السن ع٢

ع٢ = م+١/ ٦ م حيث ١/ ٦ م تمثل الخلوص .

⑨ **عمق السن هو المسافة بين قاع السن وقمة السن مقيسة عند النهاية الكبرى للسن اي انه مجموع ارتفاع رأس السن وارتفاع جذر السن .**

ع = ع١+ع٢ = م+م+$\frac{١}{٦}$م=(٢+$\frac{١}{٦}$)×م .

⑩ **زاوية الخطوة** : وهي للترس (θ) وللبنيون (α) وتعرف بانها الزاوية المحصورة بين خط محور الترس ومخروط الخطو ةوتحسب زاوية الخطوة للترس والبنيون بدلالة عدد الاسنان كما يلي :

ظل زاوية خطوة الترس= عدد اسنان الترس مقسوما على عدد اسنان البنيون

ظا(θ) = ن ت/ ن ب

اما ظل زاوية خطوة البنيون= عدد اسنان البنيون مقسوما على عدد اسنان الترس

ظا(α) = ن ب/ ن ت

اي ان مجموع زاويتي الخطوة للترس والبنيون يساوي الزاوية بين محوري الترسين المعشقين .

⑪ **زاوية نصف السن العلوي (ي ر)** : وهي الزاوية المحصورة بين مخروط الخطوة والمخروط المشكل من سطح الاسنان .

ظا(ي ر)= $\frac{م}{ل}$

⑫ **زاوية نصف السن السفلي (ي ج )** : وهي الزاوية المحصورة بين مخروط الخطوة والمخروط المشكل من جذرالاسنان .

ظا(ي ج)= ١,١٨٨ م/ ل

⑬ **زاوية سطح السن (ي س )** : وهي الزاوية المحصورة بين خط محورالترس والمخروط المشكل من سطح الاسنان . وهي الزاوية التي يتم بها امالة اداة قطع المخرطة لتشكيل المخروط من الاسطواتة . وهي تساوي زاوية الخطوة + زاوية نصف السن العلوي .

ي س= θ+ ي ر

⑭ **زاوية جذر السن (ي)** : وهي الزاوية المحصورة بين خط محورالترس والمخروط المشكل من جذر الاسنان .

وهي الزاوية التي يتم بها امالة اداة قطع الفريزة لتشكيل اسنان الترس المخروطي . وهي تساوي زاوية الخطوة – زاوية نصف السن السفلي .

ي= θ– ي ج

## قطع التروس المخروطية :

تقطع التروس المخروطية يطريقة التوليد كما يمكن ان تقطع على الة التفريز كما في التروس المستقيمة . الاان عملية قطع التروس المخروطية اصعب وذلك لان سمك السن متغير فالسن عند النهاية الصغرى للمخروط اقل سماكة منه عند النهاية الكبرى كما في الشكل(٢٢)

الشكل(٢٢)اختلاف سمك السن المخروطي

## اختيار السكين وعملية القطع :

تستخدم نفس سكاكين التروس المستقيمة لقطع التروس المخروطية الا ان اختلاف سمك السن في الترس المخروطي وخاصة عند النهايه الصغرى حيث يكون اقل من سمك سن الترس المستقيم المماثل في عدد الاسنان . ولذلك يتم استخدام سكين القطع وفق عدد اسنان فرضي كما يلي :

عدد الاسنان الفرضي = (عدد الاسنان الفعلي)/ (جتا زاوية الخطوة)

ولكي تتم عملية القطع يتم ربط خامة الترس المخروطي (مخروط قطره الاكبر هو القطر الخارجي للمخروط) على جهاز التقسيم وامالته بزاوية تساوي زاوية زاوية جذر السن (ي) وبعد ان تتم عملية القطع يتم تعديل سمك السن عند النهايتين الكبرى والصغرى وذلك بقطع المعدن الزائد كما في الشكل (٢٣)

الشكل (٢٣) : تعديل سن الترس المخروطي

**مثال(٤)**

اوجد زاويتي السطح وزاويتي القطع للترسين الخروطيين المعشقين اذا كان عدد اسنان الترس الصغير ٢٠ سن

وعدد اسنان الترس الكبير ٤٠ سن والموديول ٢،٥ مم .

**الحل**

١- ظل زاوية مخروطي الخطوة = (عدد أسنان الترس الصغير)/ عدد أسنان الترس الكبير

= ٢٠/ ٤٠=٠,٥

ومن جداول المثلثات نجد أن الزاوية التي ظلها ٠,٥ هي ٢٦

٢- ظل زاوية ١\٢ السن العلوية =

٢×جا زاوية مخروطي الخطوة

=

٢×جا ٢٦

٠،٠٤٣٨

عدد الأسنان

٢٠

من الجدول نجد الزاوية (ي ر) = ٢،٣

٣- زاوية سطح الترس = زاوية مخروطي الخطوة + زاوية ١\٢ السن العلوي

=٢٦ + ٣٠ ٢ = ٣٠ ٢٨

٤- ظل زاوية ١\٢ السن السفلية =

٢,٣٣٤×جا زاوية مخروطي الخطوة

=

٢×جا ٢٦

٢ ٥٥

عدد الأسنان

٢٠

٥- زاوية القطع = زاوية مخروطي الخطوة - ١\٢ زاوية السن السفلية

= ٢٦ - ٥٥ ٢ = ٥ ٢٣

ويمكن حساب زاوية الترس الكبير بنفس الطريقة .

## التروس الحلزونية

تستخدم التروس الحلزونية لنقل القدرة و الحركة بين المحاور المتوازية كما في الشكل (٢٤-ا) او بين المحاور غير المتوازية وغير المتقاطعة (محاور متصالبة) كما في الشكل (٢٤-ب)، .

الشكل (٢٤-ا) تروس حلزوني على محاور متوازية

الشكل (٢٤-ب) تروس حلزوني على محاور متصالبة

وقد سميت بهذا الإسم لإن أسنانها تميل بزاوية عن خط محور الترس بزاوية تسمى زاوية الحلزون مما يعطي الاسنان الشكل الحلزوني الذي يميزها عن التروس المستقيمة بسلاسة ونعومة التعشيق وكذللك بتحملها لقوى اعلى

ويمكن تعشيق الترس الحلزوني مقعر الأسنان مع ترس دودي ( worm gear) لنقل الحركة بين محاور متعامدة، كما في الشكل (٢٥) ويمكن أن تكون التروس يمينية أو يسارية حسب إتجاه الأسنان .

الشكل (٢٥) : تعشيق ترس حلزوني مع ترس دودة

## المنحنى الحلزوني

هو مسار نقطة تتحرك بمعدل تقدم ثابت على سطح اسطوانة او مخروط دواركما في الشكل (٢٦) ويتميز المنحنى الحلزوني بما يلي :

الشكل (٢٦) : المنحنى الحلزوني

١ القطر الخارجي للترس (ق١) : وهو قطر الدائرة التي تحيط برؤوس اسنان الترس ويكون في الاصل قطر الخامة التي يتم قطع الترس منها .

٢ الخطوة الحلزونية (خ) : وهي المسافة التي تتحركها نقطة على المنحنى الحلزوني بإتجاه محور الإسطوانة عند دوران اسطوانة الخطوة دورة كاملة .

وعند افراد دورة كاملة للمنحنى الحلزوني على محيط اسطوانة الخطوة ينشأ مثلث قائم الزاوية كما في الشكل(٢٧) حيث تمثل قاعده المثلث (ج ب) طول الخطوة الحلزونية (خ) فيما الارتفاع (اب) يساوي محيط إسطوانة الخطوة (ق ×π) ، والوتر (أ ج) يساوي طول المنحنى الحلزوني، وتمثل الزاوية (س) زاوية المنحنى الحلزوني .

الشكل(٢٧) : افراد منحنى حلزوني

ومن الشكل (٢٧) فان ظا س = ( ارتفاع المثلث (اب))/ (قاعدة المثلث (ج ب))

ظاس = (ق ×π)/ خ

و تستخدم هذه الزاوية لضبط زاوية طاولة آلة التفريز ، وتسمى في هذه الحالة زاوية التشغيل .

**مثال**

## عناصر التروس الحلزونية وحساب أبعادها

الشكل (٢٨) يبين عناصر الترس الحلزوني وهي نفسها للترس المستقيم وتشمل الموديول والقطر الداخلي والقطر الخارجي وقطر دائرة الخطوة وعدد الاسنان وعمق السن اضافة الى زاوية الحلزون

الشكل (٢٨) عناصر الترس الحلزوني

وبمكن حساب هذه العناصر والابعاد كما يلي :

يتم حساب هذه العناصر من خلال القوانين الآتية كما يلي :

١ الموديول = (القطر الخارجى)/ (عدد الأسنان ×مربع جتا زاوية الحلزون)

م = ق١ / (ن × ( جتا س)$^{٢}$ )

٢ قطر دائرة الخطوة (ق) =(الموديول × عدد الاسنان)/ ( جتا زاوية ميل الخطوة الحلزونية)

ق = (م × ن)/ (جتاس)

٣ القطر الخارجي للترس(ق١) = قطر دائرة الخطوة + (٢ × الموديول)

ق١ = ق +(٢×م)

٤ القطر الجذري (ق٢) = قطر دائرة الخطوة – ( ٢,٣٣٤ × الموديول)

ق٢= ق – (٢,٣٣٤×م)

٥ طول الخطوة الحلزونية (خ) :

وتحسب كما يلي :

ظل زاوية التشغيل (س) = ( قطر دائرة الخطوة (ق) × π) / طول الخطوة الحلزونية

ظاس = (ق× π) / خ

اي ان خ= (ق ×π)/ ظاس= ظتاس × ق × π

٦ عرض الترس (ط) :

عرض الترس = ١٠ × الموديول (هذ القياس يكون تقريبي)

ط= ١٠ × م

٧ عمق السن(ع) = ١٦٧ , ٢×الموديول .

٨ ارتفاع رأس السن(ع١) = الموديول

٩ ارتفاع جذر السن (ع٢) = ١٦٧ , ١ × الموديول .

١٠ المسافة بين مركزي ترسين معشقين معا (ف) والشكل (٢٧) يبين البعد (ف) حيث يساوي نصف قطر الخطوة للترس الأول + نصف قطر الخطوة للترس الثاني

ف = ق(الترس الاول) +ق(الترس الثاني)

الشكل (٢٧) : المسافة بين مركزي ترسين معشقين

## قطع الترس الحلزوني

ان قطع اسنان الترس الحلزوني يتضمن تشكيل المنحنى الحلزوني وهذا يتطلب عدة حركات تشغيلية كما يلي :

١ حركة دورانيةللمشغولةلتحقيق دوران المنحنى على محيط السطوانة .

٢ حركة خطية للمشغولة لتحقيق تقدم ثابت للمنحنى .

٣ حركة دورانية للسكين لاجراء عملية القطع .

وتتطلب حركة المشغولة الدورانية والخطية ربط حركة المشغولة بعمود المرشد في الالة ويتم هذا الربط باستخدام مجموعة تروس جر يربط احدها على محور عمود المرشد (محرك الطاولة لحركة التغذية الطولية) والاخر على محور العمود الدودي في جهاز التقسيم وتروس مركبة تصل بين هذين الترسين كما في الشكل (٢٨) .

الشكل (٢٨) : ضبط حركة المشغولة

**ولاجراء عملية القطع لابد مما يلي :**

١ **حساب عدد اسنان تروس الجر :** حيث يتم حساب عدد اسنان تروس الجر اللازمة لقطع التروس والمجاري الحلزونية بتطبيق المعادلة التالية :

(تقدم عمود مرشد الالة/ تقدم الحلزون المطلوب)

= (حاصل ضرب عدد اسنان التروس القائدة/ حاصل ضرب عدد اسنان التروس القائدة)

حيث ان تقدم عمود المرشد = خطوة لولب عمود المرشد ×نسبة النقل في رأس التقسيم

٢ تركيب التروس : حيث يتم ربط وتوصيل تروس الجر لنقل الحركة بين عمود المرشد في الالة والعمود الدودي في جهاز التقسيم لتنسيق حركة المشغولة مع حركة طاولة الالة .

٣ ضبط زاوية ميل طاولة الالة : حيث يتم ضبطها حسب زاوية الحلزون المطلوب .

٤ علاقة اتجاه الحلزون بعملية القطع : حيث يتم استخدام ترس وسيط لتغيير اتجاه دوران المشغولة عند قطع الحلزون باتجاه الشمالي .

٥ اختيار سكين القطع : حيث يتم اختيار سكين القطع بموجب الموديول، أما رقم السكين فلا يتم وفقا لعدد الأسنان الفعلي للترس الحلزوني وإنما يتم وفقا لعدد الأسنان الفرضية حيث يتم افتراض اجراء قطع لترس

مستقيم مكافئ للترس المطلوب ويكون عدد اسنانه هو عدد الاسنان الافتراضي . والذي يكون عادة أكبر من عدد الأسنان الفعلية وتحسب من العلاقة الآتية :

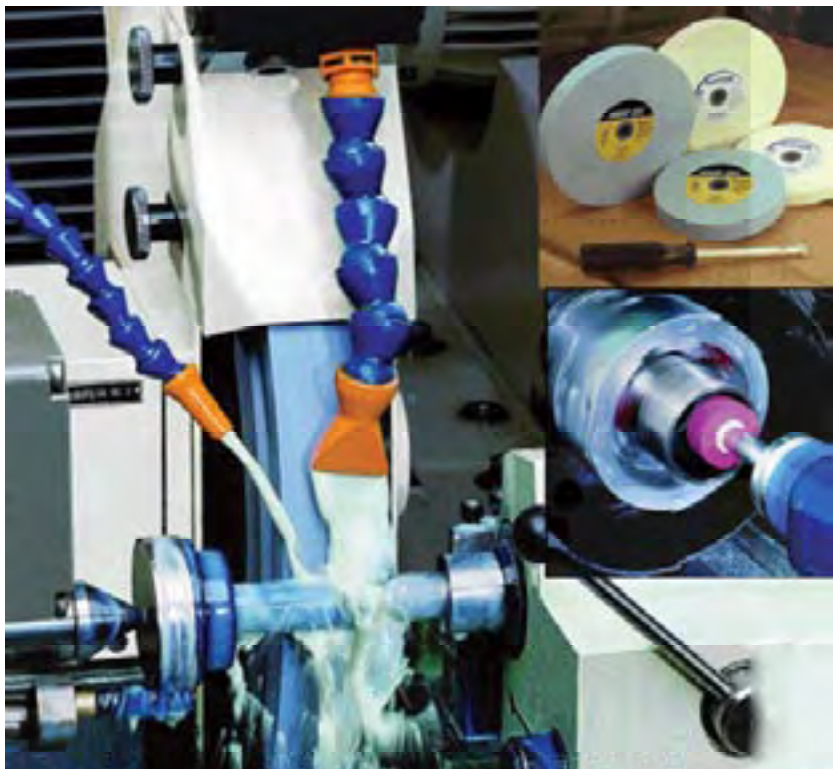
عدد الأسنان الفرضي = ( عدد الأسنان الفعلي)/ ( جتا ٣ زاوية الخطوة الحلزونية)

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

# ٤

# إنهاء السطوح الدقيقة (التجليخ)



# الوحـــدة ٤

# إنهاء السطوح الدقيقة (التجليخ)

تعرفت في الوحدات السابقة على عمليات التشكيل بالقطع باستخدام المخارط و الفرايز ، ولكن باستخدام هذه الآلات لا يمكن الحصول على مشغولات ذات سطوح عالية الدقة ، لذلك نلجأ الى إنجازها بالتجليخ باستخدام أحجار التجليخ كأداة قطع و التي تحتوي على عدد كبير جدا من الحدود القاطعة لتشطيب المشغولات بسرعة و بدقة فائقة سواء أكانت هذه المشغولات مصلدة أم لا ، و على الرغم من أن التجليخ يعتبر عملية تشطيب ، فإنه يستخدم أحيانا كعملية تشغيل كاملة بنفسها أي أن الأشغال يمكن تجليخها و هي في حالتها الأولية الى أية أبعاد نهائية دون الإلتجاء الى خراطتها أو تشغيلها مبدئيا بالقطع قبل وضعها على آلة التجليخ .

## ○○○○ الأهداف ○○○○

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحده أن تصبح قادرا على أن :

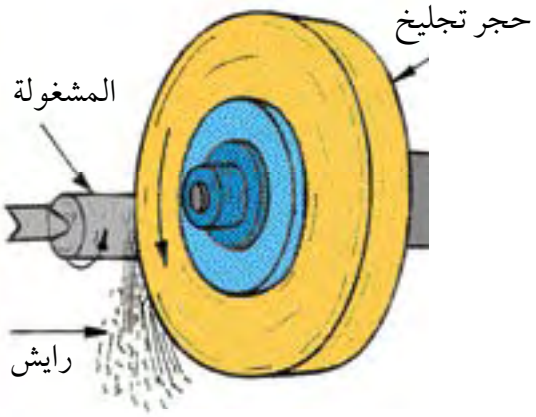
١. تتعرف مفهوم التجليخ واستخداماته .
٢. تتعرف عمليات التجليخ المستوي (الجبهي والمحيطي) .
٣. تميز أجزاء آلة التجليخ المستوي وآلية عملها واستخداماتها .
٤. تحدد إجراءات التجليخ المستوي .
٥. تتعرف عمليات التجليخ الاسطواني( الداخلي والخارجي) .
٦. تميز أجزاء آلة التجليخ الاسطواني واستخداماتها .
٧. تحدد إجراءات التجليخ الاسطواني الداخلي و الخارجي .
٨. تميز أنواع أحجار التجليخ و خصائصها و استخداماتها .
٩. تفسر الرموز الخاصة بحجر التجليخ .
١٠. تتعرف طرق ربط المشغولات على آلة التجليخ .
١١. تحدد عوامل اختيار حجر التجليخ .
١٢. تتعرف طرق ربط وتركيب حجر التجليخ على آلة الجلخ .
١٣. تتعرف أنواع سوائل التبريد وأهميتها في التجليخ .
١٤. إجراء الحسابات اللازمة لعملية التجليخ (حساب سرعة القطع والدوران ، حساب سرعة ومقدار التغذية ، حساب زمن التجليخ) .

# التجليخ

يعرف التجليخ بأنه عملية تشكيل بإزالة الشظايا بوساطة أحجار التجليخ التي يبرز من محيطها عدد كبير جدا من الأجسام القاطعة(الحبيبات)، ويعتبر من أهم طرق القطع المستخدمة في تشطيب أو تنعيم سطوح الشغلات فعند دوران حجر التجليخ تعمل هذه الأجسام القاطعة على إزالة رايش دقيق جدا من معدن الشغلة كما هو مبين في الشكل(٤-١ ) وتتم عملية إزالة الرايش بطريقة تغذية الشغلة الى حجر التجليخ الدائر، أو بطريقة ضغط حجر التجليخ الدائر الى الشغلة ويستخدم فيها عمق قطع صغير جدا (٠٣, ٠-٠٠٢, ٠)مم وسرعة قطع عالية وسرعة تغذية بطيئة(١٢, ٠-٠٢, ٠)ملم/ دورة لضمان الحصول على نعومة سطح عالية ولتحقيق دقة أبعاد عالية

الرايش وهو مكبر جداً

( كما يبدو تحت المجهر)




عملية إزالة الرايش في التجليخ

شكل(٤-١) عملية التجليخ

## وتتعدد إستخدامات التجليخ ويمكن حصرها فيما يلي:

١. الحصول على أسطح ناعمة، توجد ثلاث مستويات يمكن تحقيقها بالتجليخ وهي :
   - أ. تجليخ عادي (٤-٨ Mm)
   - ب. تجليخ ناعم(١-٤ Mm)
   - جـ. تجليخ ناعم جداً (٠, ٢٥-١ Mm)
٢. تحقيق دقة أبعاد عالية أي تنفيذ التفاوتات الضيقة .
٣. صيانة أدوات القطع لإعادة الحصول على زوايا الأداة الأصلية .
٤. تحقيق دقة الشكل مثل دقة الاستقامة، دقة الدوران، دقة التوازي والتعامد .
٥. قطع الكتل الأولية، إزالة المغذيات والمصبات في المسبوكات وإزالة الزوائد في المطروقات واللحام .

٦ تشغيل المعادن عالية الصلادة مثل الزهر الأبيض والصلب عالي الكربون .

**وبشكل عام يمكن تقسيم عمليات التجليخ الى نوعين رئيسيين هما:**

١ التجليخ المستوي .
٢ التجليخ الاسطواني(الداخلي والخارجي) .

## ١ - ١ التجليخ المستوي

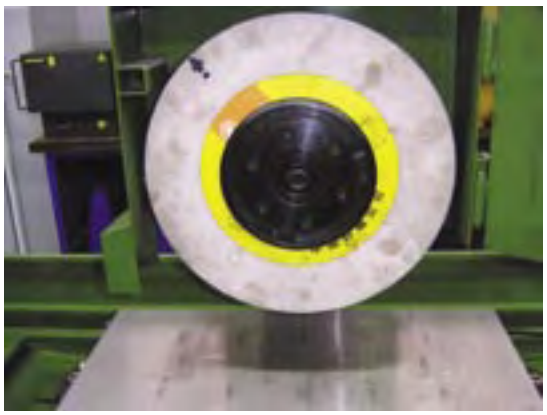
ويستخدم التجليخ المستوي في إنتاج السطوح المستوية ، ويقسم إلى قسمين هما التجليخ المحيطي والتجليخ الجبهي .

١ - ١ **التجليخ المستوي المحيطي :** حيث يستخدم محيط القرص في عملية تجليخ السطوح المستوية ويستعمل لذلك آلات التجليخ المستوي الأفقية والتي يكون فيها محور دوران حجر الجلخ أفقيا ، ويبين الشكل( ٤-٢) الأجزاء الرئيسية لآلة الجلخ المستوي الأفقية .

١- حجر الجلخ .
٢- القائم .
٣- الطاولة .
٤- القاعدة .
٥- يد تغذية حجر الجلخ .
٦- يد التغذية الطولية للطاولة .
٧- يد التغذية العرضية للطاولة .

شكل(٤-٢) الأجزاء الرئيسية لآلة الجلخ المستوي الأفقية

## الأجزاء الرئيسية لآلة الجلخ المستوي الأفقية:



شكل(٤-٢أ) حجر الجلخ

١ حجر الجلخ : يعتبر حجر الجلخ أداة القطع ، وهو مصنوع من حبيبات قاطعة ومواد رابطة بمواصفات خاصة من أجل الحصول على مشغولات بمقاييس دقيقة وتحقيق نعومة عالية ، ويتم تحريك حجر الجلخ عموديا بواسطة يد التغذية كما هو مبين في الشكل(٤-٢ )

شكل(٤-٢ب) القائم

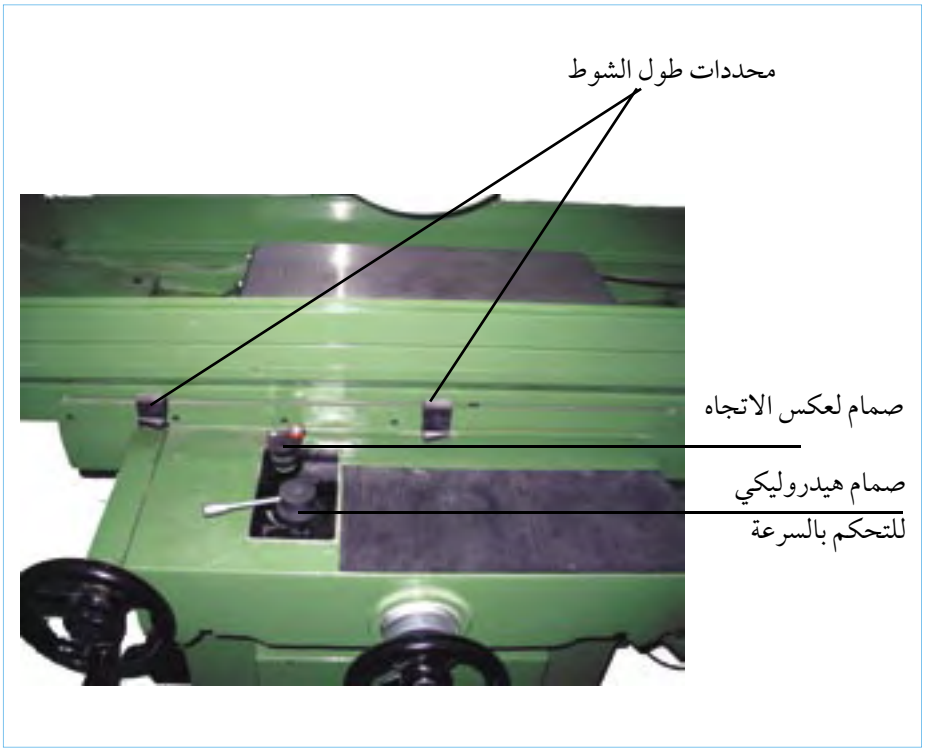
٢ القائم : يحتوي القائم على مسالك دليلية لتحريك حجر الجلخ الحركة الخطية العمودية ، ويحتوي أيضا على محرك كهربائي لتزويد حجر الجلخ بالحركة الدورانية .

٣ السرج : ويؤمن السرج الحركة العرضية للطاولة وبسطحه العلوي مسالك دليلية تنزلق عليها الطاولة وتحدد إتجاه حركتها الطولية .

٤ قاعدة الآلة : تصنع القاعدة من مسبوكة صندوقية ثقيلة الوزن ، حيث تكون متينة ومقاومة للاهتزازات وذلك لضمان الجودة في عمليات التجليخ ووظيفة هذه القاعدة حمل أجزاء الآلة .

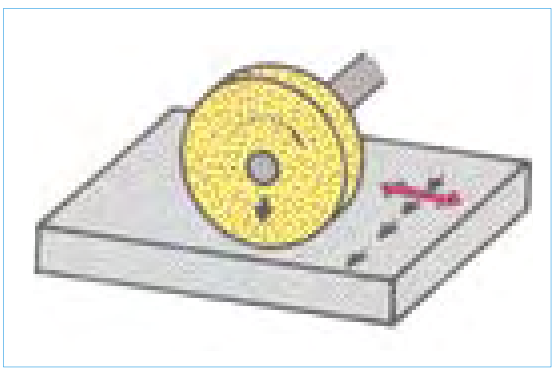
٥ الطاولة : تتحرك الطاولة على السرج بواسطة المسالك الدليلية العلوية ، ويوجد بها مجار على شكل حرف T تستخدم لتثبيت المشغولات بطرق الربط المختلفة ، ويتم تحريك الطاولة يدويا عن طريق عجلات التحكم اليدوي المبينة في الشكل(٤-٢) كما يمكن التحكم بحركات الطاولة آليا من خلال النظام الهيدروليكي من أجل أن تتم عمليات التجليخ بسرعة ودقة ، ويتم التحكم بطول أشواط طاولة العمل بواسطة محددات طول الشوط وكذلك يتم التحكم بسرعة طاولة العمل عن طريق صمام هيدروليكي ، ويبين الشكل(٤-٣)

آلية تحديد الشوط في النظام الهيدروليكي، ويمكن أن يكون نظام الحركة آليا ميكانيكيا باستخدام محركات كهربائية .



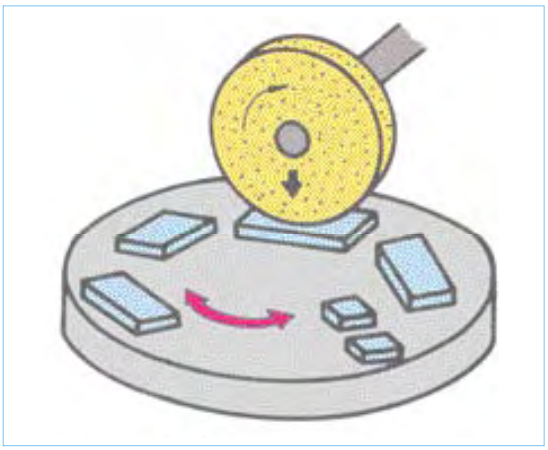

شكل(٤-٣) النظام الهيدروليكي

## وتقسم عمليات التجليخ المستوي المحيطي بالنسبة لحركة طاولة الآلة إلى قسمين:



١ التجليخ المحيطي بطاولة طولية ترددية : وتستخدم في عمليات تجليخ السطوح المستوية و الزاوية و التدرجات حيث تكون حركة طاولة الآلة طولية ترددية كما هو مبين في الشكل(٤-٤)

شكل(٤-٤) التجليخ المحيطي بطاولة طولية

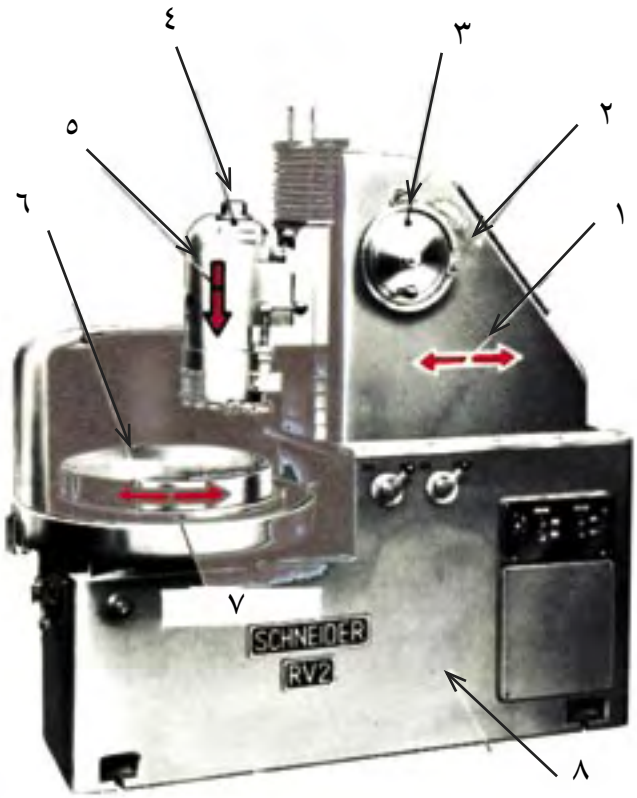


شكل(٤-٥) التجليخ المحيطي بطاولة مستديرة

٢ التجليخ المحيطي بطاولة مستديرة : وتستخدم لجلخ السطوح المستوية للإنتاج الكمي حيث تكون حركة الطاولة دورانية كما هو مبين في الشكل(٤-٥)

ب التجليخ المستوي الجبهي :

يستخدم في التجليخ الجبهي جبهة القرص في عمليات التجليخ وتنتج حركة القطع عن الحركة الدورانية لقرص التجليخ في حين توفر طاولة الآلة حركة التغذية ويستعمل لذلك آلات التجليخ العمودية والتي يكون فيها عمود محور دوران حجر الجلخ عموديا على سطح طاولة الآلة، ويبين الشكل(٤-٦) أجزاء آلة التجليخ العمودية .




١- الحركة العرضية .

٢- قائم .

٣-عجلة تدار يدوياً لعمق القطع .

٤-رأس (منزلقة) التجليخ .

٥- ضبط عمق القطع .

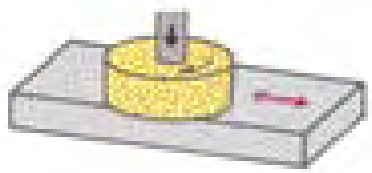
٦- طاولة مستديرة .

٧- التغذية .

٨- الهيكل

شكل(٤-٦) ماكنة تجليخ سطحي ذات طاولة مستديرة

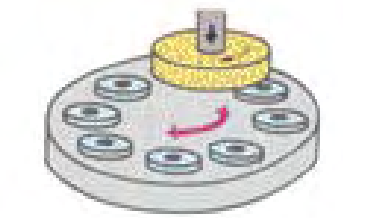
## وتقسم عمليات التجليخ المستوي الجبهي بالنسبة لحركة طاولة الآلة الى قسمين:



التجليخ الجبهي بطاولة طولية

شكل(٤-٧)

١ التجليخ الجبهي بطاولة طولية ترددية : وتستخدم لجلخ السطوح المستوية ذات الدقة العالية وتكون حركة طاولة الآلة حركة طولية ترددية كما هو مبين في الشكل(٤-٧)



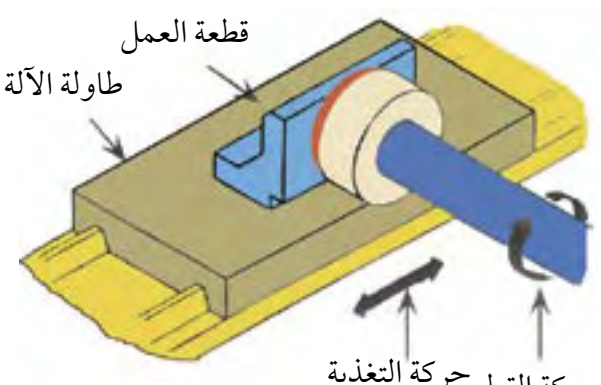
التجليخ الجبهي بطاولة مستديرة

شكل(٤-٨)

٢ **التجليخ الجبهي بطاولة مستديرة :** ويستخدم في التجليخ السطحي الكمي وتمتاز عن سابقاتها بكبر منطقة التماس بين الحجر والمشغولة مما يعطي سرعة عالية في الانتاج حيث تكون حركة طاولة الآلة دورانية كما هو مبين في الشكل(٤-٨)

## ملاحظة .....

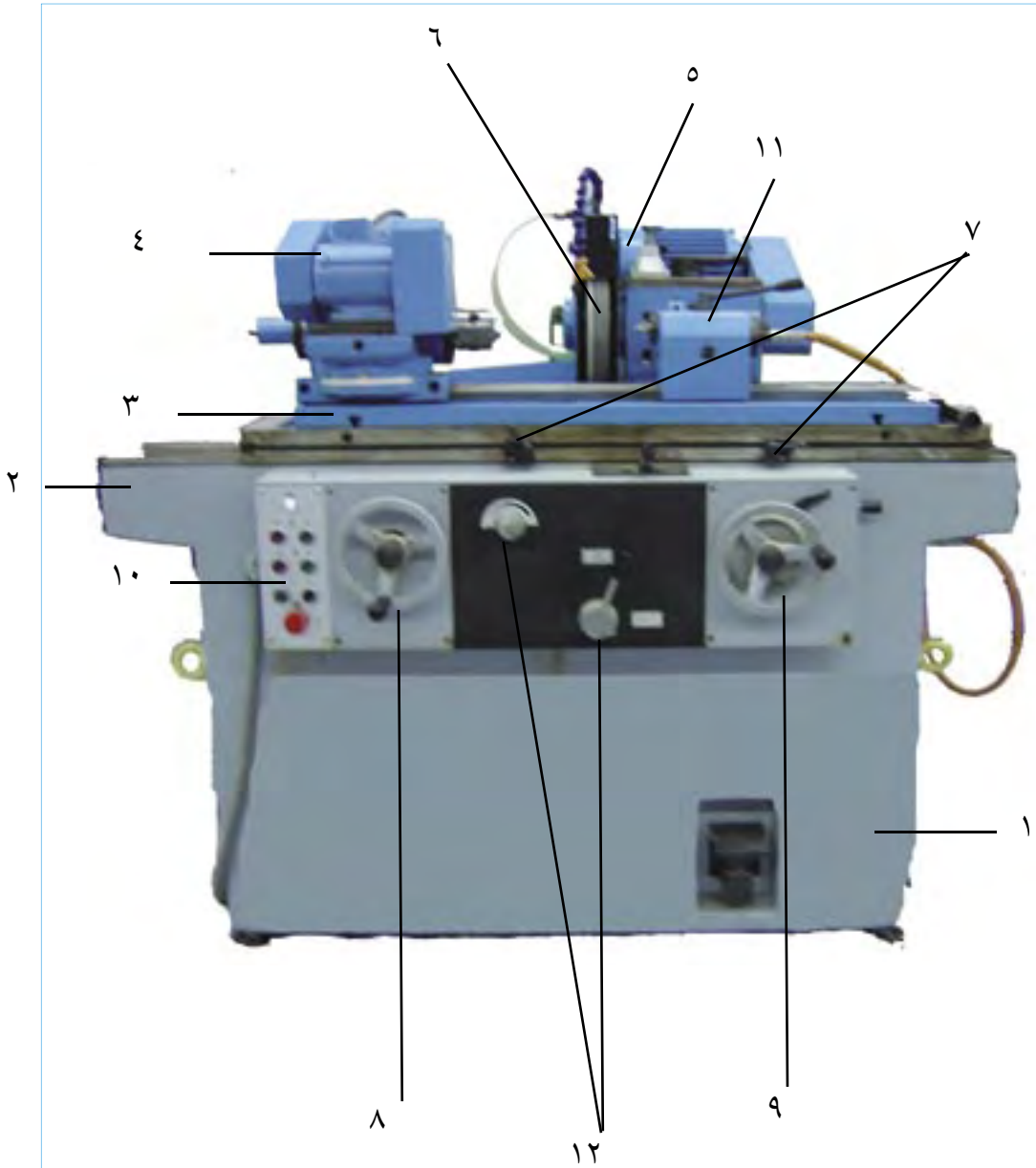
كما تستخدم آلات التجليخ المستوية الأفقية في عمليات التجليخ الجبهي إذ يستخدم السطح الجبهي لقرص التجليخ الدوار كما هو مبين في الشكل(٤-٩) ويجب أن يكون حجر التجليخ محيطي مجوف .




شكل(٤-٩)

## ② التجليخ الاسطواني

يستخدم التجليخ الاسطواني في تشطيب الشغلات الاسطوانية و المخروطية الخارجية و الداخلية ، وتجري عمليات التجليخ الاسطواني على آلات التجليخ الاسطواني ويبين الشكل(٤-١٠) آلة تجليخ اسطواني و أجزائها الرئيسية :




١ – القاعدة
٢ – الفرش
٣– الطاولة
٤ – الغراب الثابت
٥ – الرأس الحامل لحجر التجليخ
٦ – حجر التجليخ
٧– مصدان لضبط طول الشوط
٨– عجلة يدوية لتحريك الطاولة طولياً
٩ – عجلة يدوية لتحريك رأس التجليخ عرضياً
١٠ – مفاتيح التحكم بالتشغيل والإيقاف
١١ – الغراب المتحرك
١٢ – أذرع التحكم بالحركة

## الأجزاء الرئيسية لآلة التجليخ الاسطواني

يمكن تلخيص الأجزاء الرئيسية لآلة التجليخ الاسطواني بمايلي :

١ **القاعدة أو الفرش :** يقوم الفرش بحمل الطاولة و الرأس الحامل لحجر التجليخ ، ويوجد على سطحه العلوي منزلقان أفقيان متوازيان لحركة الطاولة الترددية عليهما ، ويضم الفرش أيضا في داخله آلية الحركة الهيدروليكية للطاولة .

٢ **الطاولة :**

وتتحرك هذه الطاولة بواسطة النظام الهيدروليكي حركة ترددية ذهابا وإيابا وتسمى هذه الحركة بالشوط ، ويتم ضبط طول الشوط بوساطة مصدين مثبتين في مجار طولية خاصة بهما على جانب الطاولة ، ويمكن ضبط وضع هذين المصدين و المسافة بينهما على جانب الطاولة حسب التغذية الطولية المطلوبة ، كما أنهما يستعملان في عكس حركة الطاولة في نهاية كل شوط ويمكن تحريك الطاولة أيضا بوساطة عجلة يدوية عن طريق مجموعة من التروس .

ويوجد بسطح الطاولة مجار على شكل حرف T لتثبيت ألغراب الثابت والغراب المتحرك اللذان يستخدمان لتثبيت المشغولة وتزويدها بالحركة الدائرية ويمكن إمالتها فوق الطاولة السفلى عند تجليخ السلبات حسب زاوية السلبة المطلوبة .

٣ **الغراب الثابت :** يستعمل الغراب الثابت لتثبيت الشغلات الاسطوانية إما بين المركزين أو الظرف الثلاثي وإعطائها الحركة الدورانية المطلوبة . ويستمد عمود دوران الغراب الثابت حركته الدورانية من محرك كهربائي مستقل .

٤ **الغراب المتحرك :** يشبه الغراب المتحرك في المخرطة ، ويستعمل في اسناد النهاية الثانية للشغلة الاسطوانية المربوطة بين الغرابين ، كما يوجد نابض خاص في داخله يسمح بتمدد الشغلة نتيجة زيادة الحرارة أثناء التشغيل ، ويمكن تحريك الغراب الى الأمام أو الى الخلف و تثبيته في الوضع المطلوب حسب متطلبات العمل ، كما يمكن ضبط وضع الغراب المتحرك وذلك بتحريكه في المجاري التي على شكل حرف T الموجودة في الطاولة العليا ويتم تثبيته في الوضع المطلوب بوساطة براغي وصامولات ربط خاصة وحسب طول الشغلة المراد إجراء عمليات التجليخ الاسطواني عليها .

٥ **الرأس الحامل لحجر التجليخ :** يقوم هذا الرأس بحمل عمود دوران حجر التجليخ الذي يستمد حركته الدورانية عن طريق محرك كهربائي موجود في أعلى الرأس ، وتصل سرعة عمود دوران حجر التجليخ الى حوالي ١٥٠٠ دورة/ دقيقة ، ويؤمن رأس التجليخ حركة الاقتراب من الشغلة عن طريق المسالك الدليلية ، ويتم الحصول على عمق القطع المطلوبة بوساطة الحركة العرضية للرأس الحامل لحجر التجليخ بعد نهاية كل شوط تجليخ للطاولة بطريقة يدوية أو هيدروليكية ميكانيكية .

### تقسم عمليات التجليخ الاسطواني الى قسمين رئيسيين:

١ التجليخ الاسطواني الخارجي .

٢ التجليخ الاسطواني الداخلي .

## ١ التجليخ الاسطواني الخارجي:

شكل(٤-١٢) حركات التجليخ الإسطواني الخارجي

يستخدم التجليخ الاسطواني الخارجي لتجليخ القطع الاسطوانية والمخروطية(السلبات)من الخارج كما هو مبين في الشكل(٤-١٢) إذ يقطع حجر الجلخ جزيئات من سطح محيط الشغلة الخارجي .

**ويبين الشكل(٤-١٢) الحركات التي يجب توفرها لتتم عملية التجليخ الاسطواني الخارجي :**

١ حركة دوران حجر التجليخ وتتم عن طريق محرك كهربائي موجود في رأس التجليخ .

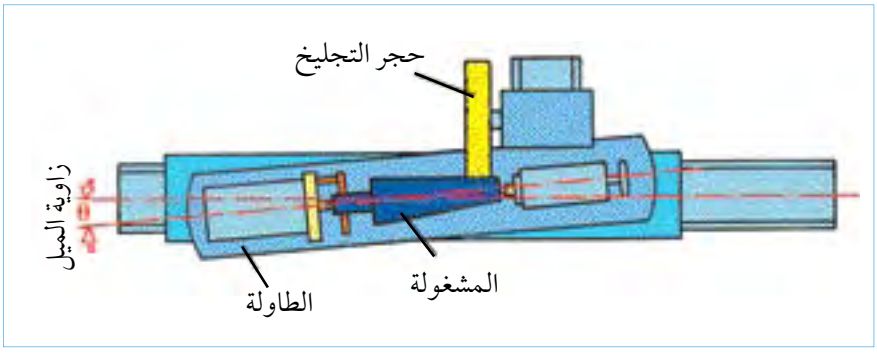
٢ حركة دوران المشغولة ، وتتم عن طريق محرك كهربائي موجود في الغراب الثابت ، وكي تتم عملية التجليخ تدور المشغولة باتجاه دوران حجر الجلخ .

٣ حركة التغذية الطولية : حيث يتحرك حجر الجلخ أو طاولة الآلة في اتجاه طولي(س-س) موازٍ لمحور

المشغولة .

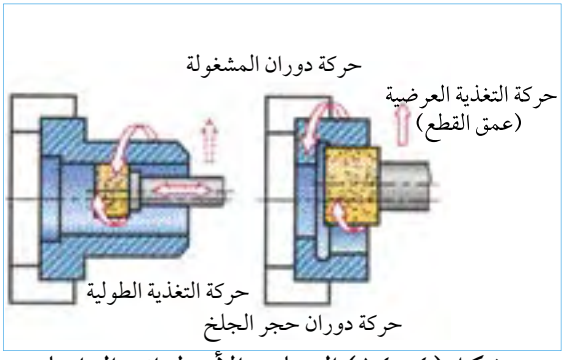
④ حركة التغذية العرضية : حيث يتحرك حجر الجلخ في الاتجاه العرضي(ص- ص) عموديا على محور المشغولة وتسمى هذه الحركة بحركة عمق القطع .

وفي حالة تجليخ السلبات الخارجية تربط المشغولة بين الغرابين ثم يتم ضبط وضع الطاولة العليا للآلة على الزاوية المطلوبة وتكون هذه الطاولة مزودة بتدريج لهذا الغرض وبعدها تتم عملية التجليخ الاسطواني الخارجي كما هو مبين في الشكل(٤-١٣)



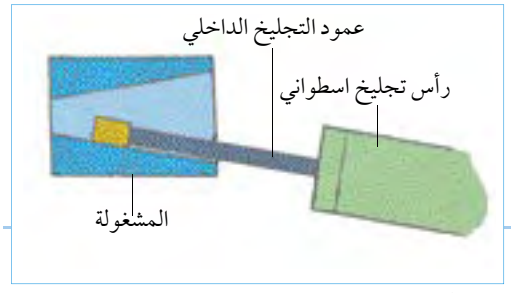

شكل(٤-١٣) تجليخ السلبات الخارجية

## ② التجليخ الاسطواني الداخلي




شكل(٤-١٤) التجليخ الأسطواني الداخلي

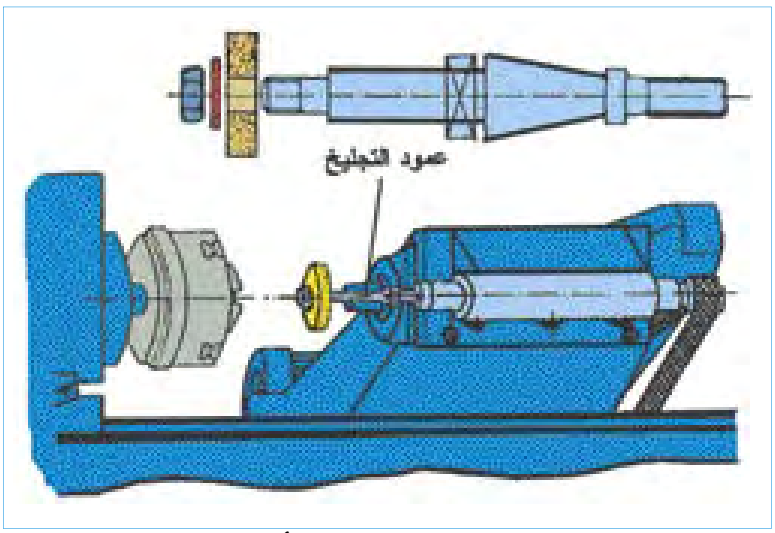
يستخدم التجليخ الاسطواني الداخلي لتجليخ القطع الاسطواني والمخروطية (السلبات) من الداخل كما هو مبين في الشكل(٤-١٤)



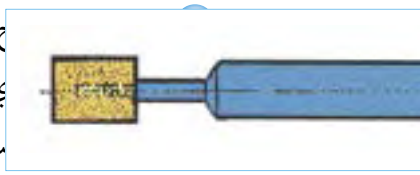

ولإجراء عملية التجليخ الاسطواني الداخلي ، يتم استخدام

أحجار التجليخ الداخلي الجذعية التي تركب في رأس التجليخ
الاسطواني، كما في الشكل(٤-١٥)

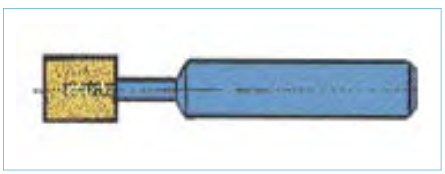
ويكون العمود الرئيس الحامل لحجر الجلخ قابلا للتبديل حسب مقاسات حجر الجلخ المستخدم وشكل المشغولة حيث **يوجد نوعان من أعمدة التجليخ هما :**



شكل(٤-١٦) عمود تجليخ لتركيب أحجار الجلخ المؤقتة


شكل(٤-١٧)

١ ...خ لتركيب ...ي التي يتم ...سات حجر ...شكل المشغولة كما في الشكل(٤-١٦) وتستخدم لأحجار الجلخ الكبيرة .


شكل(٤-١٧)
عمود تجليخ لتركيب احجار دائمة

٢ عمود تجليخ لتركيب أحجار الجلخ الدائمة كما في الشكل(٤-١٧)، وتستخدم هذه الأعمدة لتركيب أحجار الجلخ التي يقل قطرها عن ١٠مم حيث يتعذر تركيبها بالطريقة السابقة لذلك يتم تثبيتها على عمود خاص ذي نهاية مترترة تحشر في ثقب حجر الجلخ .

وفي عملية التجليخ الاسطواني الداخلي يكون اتجاه دوران حجر الجلخ معاكسا لاتجاه دوران المشغولة كما في الشكل(٤-١٤).

وتتم حركة الاقتراب باتجاه المحور بتحريك رأس التجليخ باتجاه عمودي على طاولة الآلة أما حركة التغذية الطولية باتجاه المحور فتتم بتحريك رأس التجليخ باتجاه موازٍ لاتجاه الطاولة أو يكون رأس التجليخ ثابتا وتتحرك

الطاولة حركة طولية باتجاه المحور .

في حالة تجليخ السلبة الداخلية يتم ضبط الجزء العلوي من طاولة الآلة حسب نصف زاوية السلبة ، كما في الشكل(٤-١٣)، حيث تربط المشغولة في الظرف الثلاثي لآلة الجلخ ، وفي هذه الحالة يتم استخدام مجموعة التجليخ الداخلي التي تركب في رأس التجليخ .

الشكل(٤-١٩)

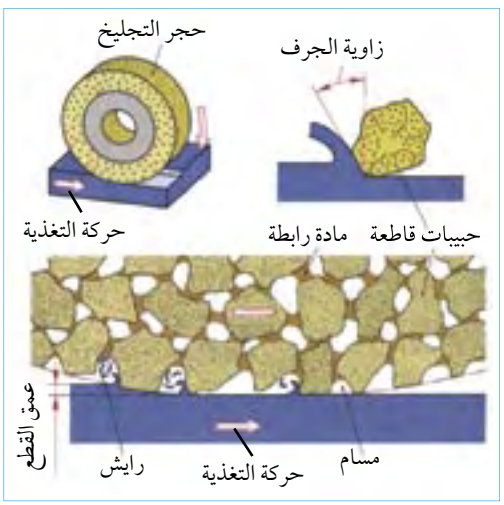
## أحجار التجليخ

تعد أحجار التجليخ أداة قطع كبقية أدوات القطع الأخرى المعروفة ، غير أنها تصنع من مواد غير معدنية ، تحتوي على عدد كبير جدا من الحدود القاطعة الصغيرة الحجم ذات الصلادة العالية تسمى الحبيبات القاطعة وتربط بعض هذه الحبيبات مع بعضها بوساطة مادة رابطة .

### مكونات أحجار التجليخ:

**يتكون حجر التجليخ كما هو مبين من الشكل(٤-٢٠) من ثلاثة عناصر هي :**

١. **الحبيبات القاطعة :** وهي التي تقوم بعملية القطع .
٢. **المادة الرابطة :** وهي التي تعمل على تماسك الحبيبات القاطعة لتكون جسما متماسكا .
٣. **المسام :** وهي الفراغات التي تتواجد بين الحبيبات القاطعة والمادة الرابطة وهذه المسامات تسمح لكل حبيبة من الحبيبات القاطعة بأداء عملها كأداة قطع بحد قاطع واحد، كما توفر خلوصا للرايش المزال وتمنع بذلك إنسداد مسام حجر التجليخ وتوقفه عن العمل .



شكل(٤-٢٠) مكونات حجر التجليخ

### مواد صنع أحجار التجليخ

**تصنف المواد التي تصنع منها الحبيبات القاطعة لأحجار التجليخ الى مجموعتين رئيسيتين هما :**

١. **المواد الحاكة الطبيعية .**

② المواد الحاكة الصناعية .

① المواد الطبيعية للحبيبات القاطعة :

تشمل المواد الطبيعية الحجر الرملي(أو الكوارتز) والأمري أو الصنفرة وهو نوع خاص من الكورونديم يتكون من أكسيد الألمنيوم والحديد والسليكا، وتتواجد هذه المركبات على شكل ترسبات في القشرة الأرضية، غير أن هذه المواد لم تعد تصلح لمواكبة التطور الصناعي، لأنها تحتوي على بعض الشوائب التي يصعب تنقيتها، كما أن نسبة المادة القاطعة فيها غير ثابته .

② المواد الصناعية للحبيبات القاطعة :

بدأ إنتاج المواد الصناعية للحبيبات القاطعة لأحجار التجليخ في أوائل القرن العشرين، وأهم المواد الصناعية المستعملة في هذا المجال هي :

أ كربيد السيلكون(SiC) : ويتميز بصلادته الشديدة التي تقارب صلادة الماس، وهو يستعمل لجلخ المعادن والمواد الصلبة والتي تكون خاصية الشد بها ضعيفة كالخزف والفخار .

ب أوكسيد الألمنيوم($Al_2O_3$) : وهو أقل صلادة من كربيد السيليكون، ونظرا لمقاومته الجيدة للصدمات فإنه يستعمل لجلخ المعادن ذات الشد العالي مثل سكاكين فولاذ السرعات العالية (HSS) .

③ المواد الرابطة :

تستعمل المواد الرابطة في ربط الحبيبات القاطعة وتثبيتها في موضعها، إذ أن ثبات الحبيبات ومتانة حجر التجليخ نفسه ومقاومته لقوى القطع المختلفة تعتمد جميعها على المواد الرابطة المستعملة، وتوجد عدة أنواع من المواد الرابطة .

أهم المواد الرابطة المستعملة في صناعة أحجار التجليخ هي :

١ . المواد الزجاجية أو الخزفية ويرمز لها بالحرف (V)

٢ . السيليكات ويرمز لها بالحرف (S)

٣ . الشيلاك ويرمز لها بالحرف (E)

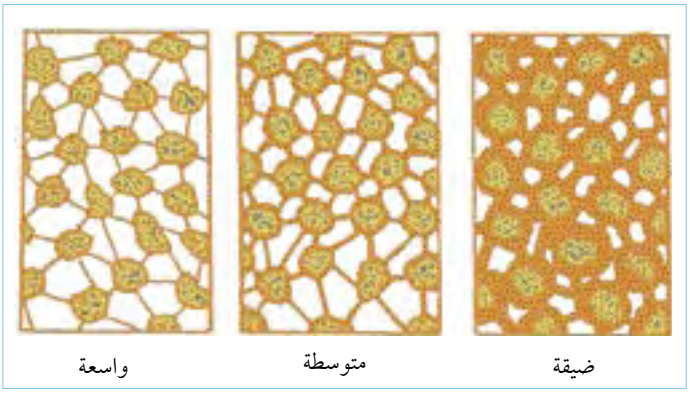
٤ . المطاط ويرمز له بالحرف (R)

٥ . الراتنجات (اللدائن الصناعية) ويرمز لها بالحرف (B)

④ البنية :

يقصد ببنية أحجار التجليخ مقدار المسافات بين الحبيبات القاطعة، ويميز نوع البنية بالأرقام من صفر الى (١٢) وكلما زاد الرقم زادت المسافات بين الحبيبات القاطعة وزادت ليونة حجر التجليخ تبعا لذلك .

وتصنف البنية في ثلاث فئات كما في الشكل(٤-٢١) هي الضيقة والمتوسطة والواسعة وتعطى كل فئة أرقام رمزية كما في الجدول (١)




شكل(٤-٢١) تصنيف البنية لأحجار التجليخ

جدول رقم (١):

| الفئة | مسافات ضيقة | مسافات متوسطة | مسافات واسعة |
|---|---|---|---|
| رقم البنية | ٣،٢،١،٠ | ٦،٥،٤ | ١٢،١١،١٠،٩،٨،٧ |

## تصنيف أحجار الجلخ:

يتم تصنيف خشونة أحجار الجلخ حسب تفاوت حجم الحبيبات القاطعة حسب الجدول رقم(٢) التالي

جدول رقم (٢):

| | |
|---|---|
| خشن جداً | ١٢،٨ |
| خشن | ٢٤،٢٠،١٦،١٤،١٢ |
| وسط | ٦٠،٤٦،٣٦،٣٠ |
| ناعم | ١٢٠،١٠٠،٩٠،٨٠،٧٠ |
| ناعم جداً | ٢٤٠،٢٢٠،١٨٠،١٥٠ |
| ناعم كالغبار | ٦٠٠،٥٠٠،٤٠٠،٣٢٠،٢٨٠ |

وتعتمد كفاءة حجر التجليخ في القطع على خواص الحبيبة، بينما تعتمد صلابة الحجر على طبيعة المادة الرابطة وتعطى حروف للدلالة على صلابة حجر التجليخ، فالحروف من E الى K ترمز الى التماسك العادي، والحروف من K الى Q للوسط، والحروف من Q الى Z للتماسك القوي، و الجدول رقم(٣) يبين درجة الصلابة .

جدول (٣) :

| لين جداً | لين | وسط | صلب | صلب جداً | صلب جداً جداً |
|---|---|---|---|---|---|
| G,F,E | K,J,I,H | O,N,M,L | S,R,Q,P | W,V,U,T | Z,Y,X |

## ترميز أحجار التجليخ:

يتم أعطاء حجر الجلخ رمز يتكون من أرقام وحروف تدل على مواصفات الحجر، ويتكون الرمز من خمس أجزاء وكل جزء يدل على صفة معينة وتوضع بالترتيب المبين في الجدول رقم (٤) ويظهر هذا الرمز على حجر التجليخ .

جدول (٤) :

| الجزء | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ |
|---|---|---|---|---|---|
| الدلالة | نوع المادة الرابطة ( حرف) | البنية ( رقم) | صلابة | حجم | مادة وضع الحبيبات |

### مثال (١)

قرص تجليخ رمزه A46K5V فسر معاني الرمز؟

**الحل**

حسب الترتيب في الجدول رقم(٤)

| الجزء | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ |
|---|---|---|---|---|---|
| الدلالة | V | 5 | K | 46 | A |

١. الحرف V : تشير الى نوع الرابط وهنا خزفي
٢. الرقم 5 : تشير الى البنية وهنا متوسطة(بالرجوع للجدول رقم(١))
٣. الحرف K : مقاومة المادة الرابطة وهنا لينة(بالرجوع للجدول رقم(٣))
٤. الرقم 46 : حجم الحبيبات بمعنى أن القرص متوسط الخشونة(بالرجوع الى الجدول رقم(٢))
٥. الحرف A : تعني أن الحبيبات القاطعة مصنوعة من أكسيد الألمنيوم(A : ألمنيوم، C : كربيد السيليكون)

## طريقة صناعة أحجار التجليخ بصورة عامة:

١ تطحن الخامات القاطعة وتحول الى حبيبات ثم تمرر على عوازل مغناطيسية للتخلص من الشوائب الحديدية .

٢ تغسل هذه الحبيبات بالماء للتخلص من الغبار أو الشوائب الاخرى، ثم تغسل بمواد كيماوية للتخلص من الدهونات .

٣ تصنف الحبيبات القاطعة حسب حجمها وذلك بغربلتها وإمرارها خلال مناخل خاصة .

٤ تخلط الحبيبات القاطعة مع المواد الرابطة الملائمة، ثم توضع العجينة الناتجة في قوالب خاصة حسب الشكل المطلوب وتجفف .

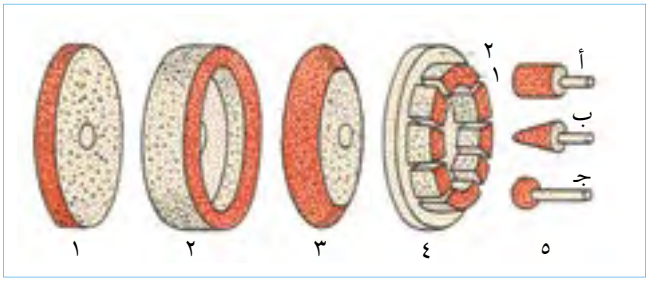
٥ بعد التجفيف يجري تحميصها (تلبيدها)، وتعتمد درجة حرارة التحميص على الطريقة المستعملة، وبعد التحميص تصبح المواد الرابطة قادرة على مسك الحبيبات القاطعة في موضعها .

٦ بعد ذلك يتم تجهيزها بالشكل النهائي .

٧ أخيرا يتم فحصها والتأكد من عدم وجود شروخ(كسور) فيها، ثم تجري عملية موازنة حجر التجليخ .

## أشكال أحجار التجليخ:

تصنع أحجار الجلخ على عدة أشكال وأحجام لتوافق الاستعمال على مختلف أنواع آلات الجلخ، وتناسب أنواع التشغيل المختلفة ويبين الشكل(٤-٢٢) نماذج منها كمايلي :




شكل(٤-٢٢) أشكال أحجار التجليخ

١ حجر الجلخ المستوي : وهو يستخدم في التجليخ المستوي المحيطي أو الاسطواني .

٢ حجر الجلخ الاسطواني المجوف(الطبقي) : ويستخدم للتجليخ الجبهي المحيطي بحيث تقوم جبهة الحجر بعملية القطع بالإضافة الى محيط الحجر .

٣ حجر الجلخ المخروطي(التشكيلي) : ويستخدم في عمليات التشكيل المختلفة وفي شحذ أدوات القطع .

٤ حجر الجلخ المركب (القطاعي) : وفيه تكون أحجار الجلخ على شكل لقم(١) مثبته على قرص معدني(٢) وهو يستخدم في تجليخ السطوح المستوية الكبيرة .

٥ أحجار جلخ داخلي : ويتم تحريكها عادة بواسطة محور قابل للإنحناء وتقاد باليد أو بتحريك آلي وهي كمايلي :

أ- حجر تجليخ اسطواني داخلي

ب- حجر تجليخ سلبة داخلية

جـ- حجر تجليخ إستدارات داخلية

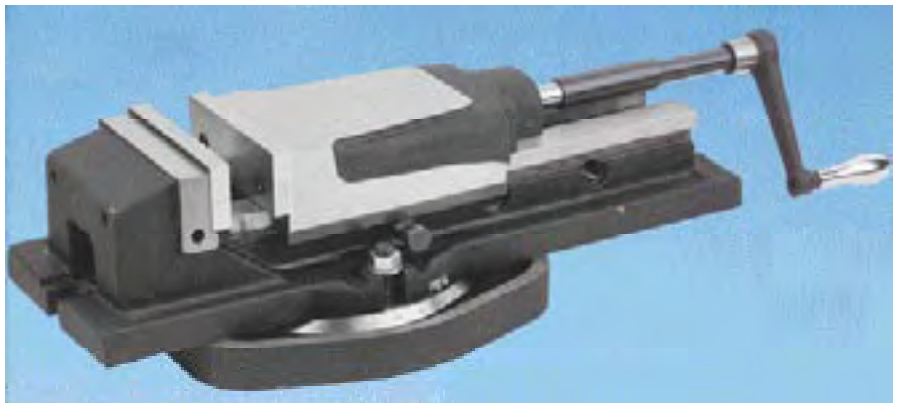
## عمليات التجليخ:

### أولا ربط المشغولات :

يجب ربط المشغولات التي يراد تجليخها ربطا صحيحا للحصول على منتج عالي الجودة، وتختلف عملية الربط حسب عملية التجليخ المراد إنجازها .

#### ربط المشغولات في حالة التجليخ المستوي :

١ الربط باستخدام الملزمة : حيث يتم تركيب الملزمة على طاولة العمل بواسطة مرابط خاصة ويراعى إستوائية الملزمة عند التركيب، ويبين الشكل(٤-٢٤) ربط المشغولات باستخدام الملزمة، وتستخدم هذه الطريقة لربط المشغولات صغيرة الحجم .

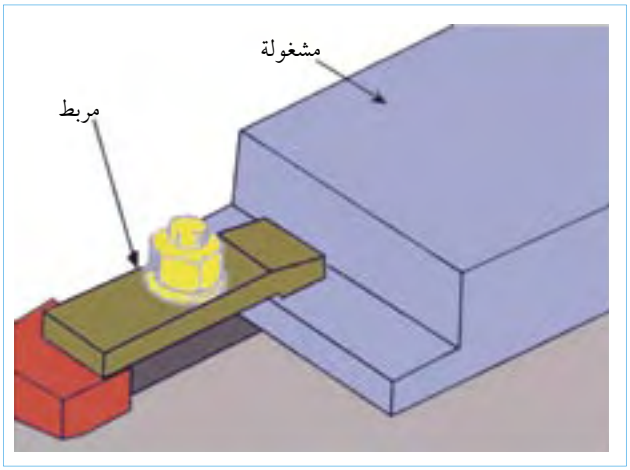


شكل(٤-٢٤) ملزمة الربط

٢ الربط باستخدام البلاطة الزاوية القابلة للضبط : وتستخدم لربط المشغولات

التي تجلخ بشكل زاوي إذ يمكن ضبط زاوية ميل المشغولة حسب الزاوية المطلوبة كما في الشكل(٤-٢٥) ويتم تثبيت البلاطة بطاولة الآلة .

٣ الربط باستخدام المرابط : وتستخدم هذه الطريقة لربط المشغولات الكبيرة وغير المنتظمة الشكل مباشرة على طاولة الالة باستخدام مرابط كما هو مبين في الشكل(٤-٢٦) .



شكل(٤-٢٦) الربط باستخدام المرابط

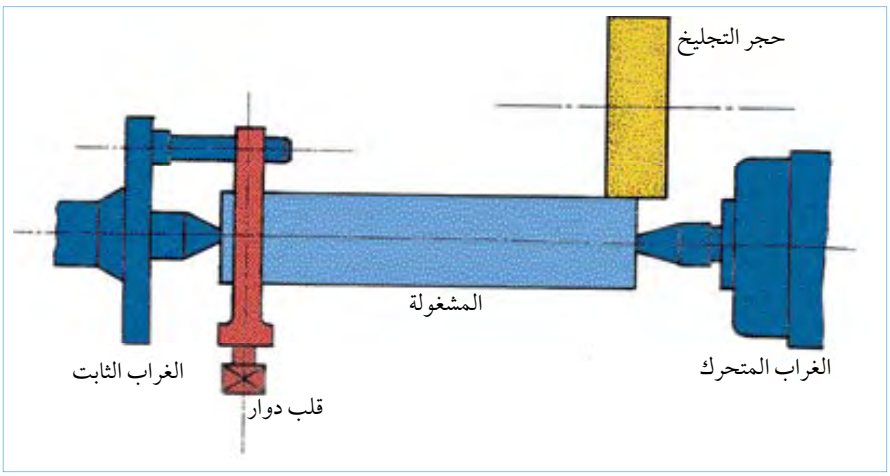
٤ الربط باستخدام الظرف المغناطيسي : وتستخدم هذه الطريقة لربط المشغولات القابلة للتمغنط ويوجد نوعان من الظرف المغناطيسي هما المغناطيس الدائم و المغناطيس الكهربائي ، كما يوجد ظرف مغناطيسي يستخدم لربط المشغولات المطلوب تجليخها بزاوية ، ويبين الشكل(٤-٢٧) ظرف مغناطيسي .

شكل(٤-٢٧) الظرف المغناطيسي

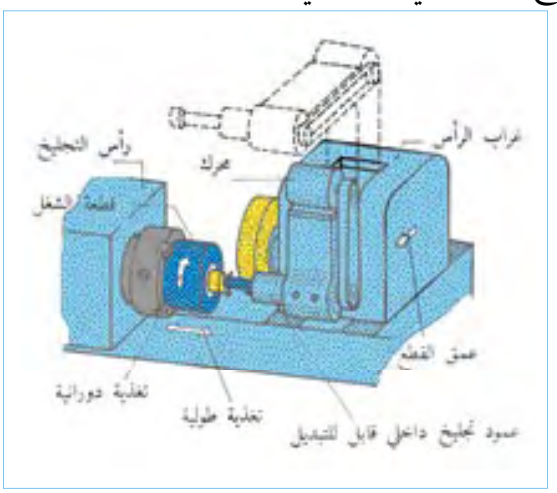
٥ الربط باستخدام الظرف الشافط : تستخدم هذه الطريقة لربط المشغولات ذات السماكة القليلة حيث يوجد خلال الظرف فتحات لتفريغ الهواء ، ويشبك خط تفريغ الهواء بالفتحات التي تكون عليها قطعة العمل .

### أ ربط المشغولات في حالة التجليخ الاسطواني :

١ التجليخ الاسطواني الخارجي : تثبت الشغلة بين مركز الغراب الثابت ومركز الغراب المتحرك بطريقة مماثلة للطريقة المستعملة في تثبيت الشغلة بين غرابي المخرطة كما هو مبين في الشكل(٤-٢٨) وتستعمل الدعامات الثابته والمتحركه في إسناد المشغولات الاسطوانية وخاصة الطويلة منها .




شكل(٤-٢٨) التجليخ الأسطواني الخارجي




٢ التجليخ الاسطواني الداخلي : تربط المشغولة المراد تجليخها داخليا بوساطة ظرف الغراب الثابت لماكنة التجليخ الاسطواني الداخلي كما في الشكل(٤-٢٩)

شكل(٤-٢٩) التجليخ الإسطواني الداخلي

## ثانيا

**اختيار حجر التجليخ :** هناك عدة عوامل يتأثر بها اختيار حجر الجلخ مثل :

١ نوع المادة المراد جلخها .
٢ كمية المادة المراد إزالتها .
٣ دقة التشغيل(القطع) .
٤ نعومة السطح المراد جلخه .
٥ مساحة منطقة التجليخ .
٦ نوع ماكنة التجليخ

وبشكل عام تستعمل أحجار تجليخ لينة لجلخ المشغولات الصلبة ، وأحجار تجليخ صلبة للمشغولات اللينة ، كما يتناسب حجم الحبيبات تناسبا طرديا مع كمية المادة المراد إزالتها ، وتوجد عوامل أخرى تؤثر على اختيار

حجر الجلخ مثل سرعة الجلخ وسرعة قطعة التشغيل وحالة ماكنة الجلخ ومهارة العامل .

وتبين الجداول رقم(٥ ،٦ ،٧) اختيار حجر التجليخ عند التجليخ الخارجي والداخلي والسطحي .

جدول (٥)

| المعدن | مادة الحبيبة | قطر حجر التجليخ بالمليمترات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | حتى ٣٥٠ | | أكبر من ٣٥٠ حتى ٤٥٠ | | أكبر من ٤٥٠ حتى ٦٠٠ | |
| | | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة |
| الصلب غير المقسى | أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | L...M | ٥٠ | L...M | ٤٦ | L...M |
| الصلب المقسى | أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | K...L | ٥٠ | K...L | ٤٦ | K...L |
| صلب السرعات العالية | أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | H...J | ٥٠ | H...J | ٤٦ | H...J |
| الكربيد | كربيد السليكون | ٨٠ | H | ٦٠ | H | | |
| الزهر العادي | كربيد السليكون أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | J | ٥٠ | J | ٤٦ | J |
| سبائك الزنك والمعدن | كربيد سليكون | ٦٠ | G(Ba) | ٤٦ | G(Ba) | ٣٦ | G(Ba) |

| المعدن | مادة الحبيبة | قطر حجر التجليخ بالمليمترات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | حتى ١٦ | | ١٦-٣٦ | | ٣٦-٨١ | | ٨٠- | |
| | | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | |
| الصلب غير المقسى حتى ٧٠ كغم / مم$^2$ | أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | M | ٥٠ | L | ٤٦ | K | ٤٦ | |
| صلب المراجعة حتى ١٢٠ كغم/ مم$^2$ والصلب المقسى | أكسيد الألمنيوم | ٦٠ | K...L | ٥٠ | J...K | ٤٦ | H...J | ٤٦ | |
| الزهر الرمادي | كربيد السليكون | ٦٠ | K | ٥٠ | J | ٤٦ | H | ٣٦ | |

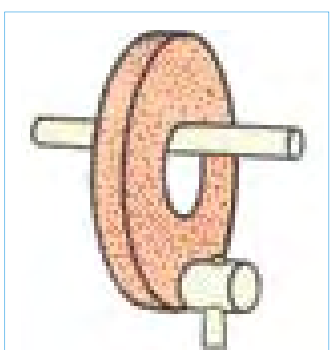
| المعدن | مادة الحبيبة | قطر حجر التجليخ بالمليمترات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | حجر عدد | | حجر طبق | | | | | |
| | | حتى ٢٠٠ | | حتى ٢٠٠ | | ٢٠٠-٣٥٠ | | قطعة من دائ | |
| | | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | الصلابة | الحبيبات | |
| الصلب غير المقسى | أكسيد الألمنيوم | ٤٦ | J...K | ٤٦ | L...M | ٣٦ | L...K | ٢٤ | ...K |
| الصلب المقسى | أكسيد الألمنيوم | ٤٦ | H...J | ٣٦ | K...L | ٣٠ | H...J | ٣٠ | J |
| صلب السرعات المقسى العالية | أكسيد الألمنيوم | ٤٦ | G...H | ٤٦ | H...J | ٣٦ | H | ٣٠ | H |
| الكربيد | كربيد السليكون | ٦٠ | H | ٦٠ | H | ٥٠ | H | ٤٦ | H |
| الزهر العادي | كربيد السليكون أكسيد الألمنيوم | ٤٦ | J | ٤٦ | J | ٣٦ | J | ٣٠ | J |
| سبائك الزنك | كربيد سليكون | ٣٦ | G(Ba) | ٣٦ | G(Ba) | ٢٤ | J(Ba) | ٢٠٠ | (Ba) |

١٢٥
الصلابة
J
H
H

## ثالثا:

### تركيب حجر التجليخ :

قبل تركيب حجر التجليخ الجديد يجب فحصه بدقة بواسطة إحدى العدد الصغيرة مثل المفك اليدوي في حالة الأحجار الصغيرة والمطرقة الخشبية في حالة الأحجار الثقيلة بالضرب الخفيف عليه كما هو موضح في الشكل(٤-٣٠)، فإذا كان الصوت الناتج(الرنين) مايدل على وجود شرخ فلا يجب استعمال هذا الحجر لأن استعماله يشكل خطرا من جراء الشظايا المتطايره

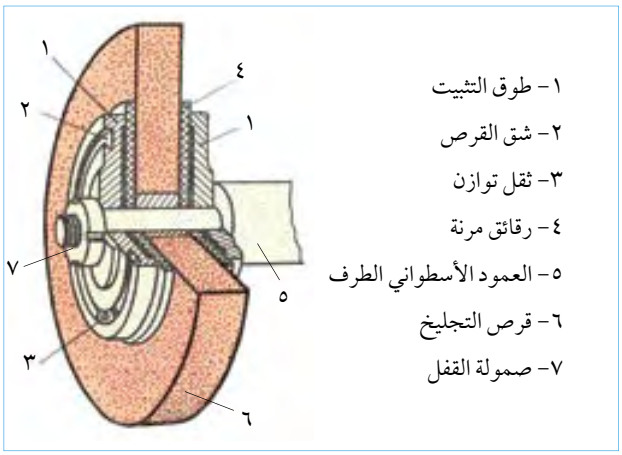


شكل(٤-٣١) فحص حجر التجليخ

عند التشغيل ، وإذا ثبتت صلاحيته للعمل يشرع في تركيب

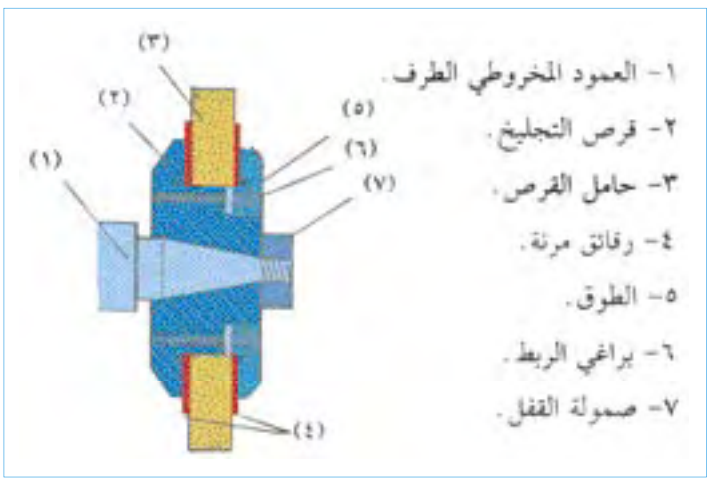
**ويتم تركيب حجر التجليخ على نهاية عمود الدوران ويوجد شكلان لنهاية عمود الدوران :**

١ **عمود دوران ذو نهاية اسطوانية :** ويستخدم لربط أحجار التجليخ ذات الثقب الصغير القطر ويبين الشكل(٤-٣٢) تركيب قرص تجليخ على عمود اسطواني ، يجب مراعاة استخدام الرقائق المرنة المصنوعة من الورق المقوى أو المطاط لامتصاص التذبذب .




شكل(٤-٣٢) عمود دوران ذو نهاية إسطوانية

٢ **عمود دوران ذو نهاية مخروطية :**
ويستخدم لربط أحجار التجليخ ذات الثقب الكبيرة القطر ، ويستعان بحامل قرص وطوق خارجي لجمع حجر التجليخ ومن ثم تركيب المجموعة ، وتربط على العمود المخروطي كما هو مبين في الشكل(٤-٣٣) .




شكل(٤-٣٣)

**ملاحظة**

عند تركيب حجر التجليخ على عمود التحميل يجب أن يكون دخوله بسهولة كما أنه لايجب أن يكون واسعا ولاتستخدم القوة مطلقا في تركيب الحجر على العمود لأن ذلك يعرض الحجر للتشقق مما قد يسبب كسره .

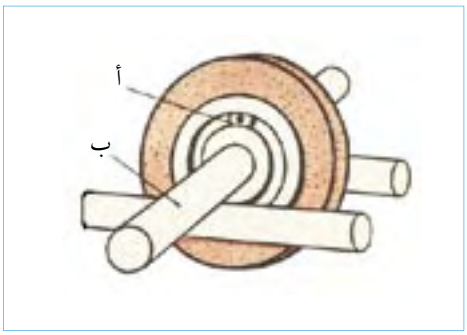
**رابعاً:**

## موازنة أحجار التجليخ وصيانتها :

### ١ ضبط توازن حجر الجلخ :

في حالة ظهور عدم اتزان في دوران الحجر بعد تركيبه على آلة الجلخ وملاحظة اهتزاز بين وواضح في الآلة يجب معالجة ذلك على النحو التالي :

- إختلال تطابق المحاور ينتج عنه اهتزاز جانبي تتم معالجته من خلال فك واعادة تركيب الحجر وضبط الرقائق المرنة لتحقيق ذلك .
- اختلال الاستدارة ويتم معالجته بتهيئة الحجر بواسطة ماسة التهيأة الخاصة بذلك .
- اختلال التوازن ويتم ضبطه من خلال كتل التوازن الخاصة حيث يتم تحريكها لتحقيق حالة التوازن المطلوب كما هو مبين في الشكل(٤-٣٤)حيث يمثل (ب) عمود الفحص و(أ) ثقل التوازن ، ويمكن تحريكه في المجرى الى أن يتم التوازن ، ومن ثم يثبت الثقل بواسطة برغي التثبيت .

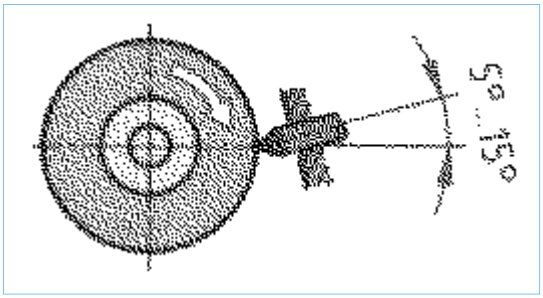


شكل(٤-٣٤) ضبط توازن حجر الجلخ

٢ تحتاج أحجار التجليخ من وقت لآخر الى عملية شحذ بالإضافة الى عمليات التصحيح وذلك عندما لايكون سطحها القاطع مقبولا وذلك للأسباب التالية :

- دخول ذرات المعادن الجاري تجليخها في مسامات حجر التجليخ حيث تملأ هذه الذرات مسام السطح القاطع ، مما يعيق قدرة الحجر على قطع المعادن .
- فقدان الحبيبات القاطعة على سطح حجر التجليخ حدتها وعدم قدرتها على القطع .

وتتم عملية الشحذ هذه بالتخلص من حبيبات التآكل الموجودة على السطح القاطع بواسطة ماسة التصحيح كما هو مبين في الشكل(٤-٣٥) أو باستخدام دولاب الفولاذ المبين في الشكل(٤-٣٦)


شكل(٤-٣٥) ماسة التصحيح

شكل(٤-٣٦)دولاب الفولاذ للتصحيح

## خامساً:

### سوائل التبريد :

بفعل الاحتكاك بين قطعة العمل و حجر التجليخ تتولد حرارة كبيرة تنتقل الى القطعة وحجر الجلخ ، مما يسبب فقدان قطعة العمل لمواصفاتها وأبعادها ، وللتخلص من هذه الحرارة يستعمل سائل التبريد المكون من ماء مضاف إليه ٥٪ من الصودا أو مستحلب تبريد وغالبا مايبرد الفولاذ أثناء الجلخ ، أما حديد السكب فيجلخ جافاً .

بعد إنهاء عملية الجلخ يجب استمرار دوران الحجر لمدة قصيرة مع إيقاف سيلان التبريد وذلك لتخليص الحجر من السائل العالق به ، كما أنه لايجوز بدء التجليخ جافا ثم التبريد فجأة لأن ذلك يترك تشققات في حجر التجليخ وتغيرا في شكل قطعة العمل ، كما يجب أن يكون تدفق سائل التبريد مستمرا خاليا من الشوائب أو الأوساخ التي تسبب تخدش السطوح المنجزة ، لذلك يجب فلترة سائل التبريد المستخدم في عملية الجلخ .

## سادساً :

### سرعة القطع والدوران :

① حساب سرعة القطع والدوران لحجر الجلخ .

إن سرعة دوران حجر التجليخ مهمة جدا ، لأن استخدام سرعة غير مناسبة يؤدي الى إتلاف حجر الجلخ لذلك يجب تشغيل حجر التجليخ لأقرب مايمكن الى السرعة المعطاه من المصانع أو الشركات المنتجه لأحجار التجليخ ، ويتم حساب سرعة القطع من القانون التالي :

$$س_{ق} = \frac{\pi \times ق \times ن}{١٠٠ \times ٦٠}$$

حيث :

س ق : سرعة القطع لحجر الجلخ (متر/ ثانية)

ن : عدد دورات حجر الجلخ في الدقيقة (دورة/ دقيقة)

ق : قطر حجر الجلخ (مم)

$\pi$ : النسبة التقريبية (٣,١٤)

ومن العلاقة السابقة يمكن حساب سرعة الدوران

$$ن = \frac{س_{ق} \times ١٠٠٠ \times ٦٠}{ط \times ق}$$

ويبين الجدول(٨) القيم الاقتصادية لسرعة القطع لحجر الجلخ(م/ ث)

جدول (٨) :

| نوع التجليخ | سرعة القطع حسب نوع المعدن م/ ث | | | |
|---|---|---|---|---|
| | فولاذ | حديد زهر | معادن قاسية | معادن اينة |
| تجليخ اسطواني خارجي | ٢٠ | ٢٥ | ٨ | ٣٥ |
| تجليخ اسطواني داخلي | ٢٥ | ٢٥ | ٨ | ٢٠ |
| تجليخ مستوي | ٢٥ | ٢٠ | ٨ | ٢٥ |

## مثال(١)

احسب سرعة دوران حجر التجليخ(دورة/ دقيقة)اللازمة لتجليخ مشغولة اسطوانية من الفولاذ من الخارج اذا علمت أن قطر حجر التجليخ ٢٥٠مم؟

### الحل

من الجدول (٨) سرعة القطع للتجليخ الاسطواني الخارجي للفولاذ ٢٠م/ ث وبتطبيق المعادلة

$$ن = \frac{س_{ق} \times ١٠٠٠ \times ٦٠}{ط \times ق}$$

$$ن = \frac{٢٠ \times ١٠٠٠ \times ٦٠}{٣,١٤ \times ٢٥٠}$$

= ١٥٢٨ دورة/ دقيقة

## مثال (٢)

احسب سرعة دوران حجر التجليخ(دورة/ دقيقة)اللازمة لتجليخ سطح مشغولة مستوية من الفولاذ إذا علمت أن قطر حجر التجليخ ٢٠٠مم؟

### الحل

من الجدول(٨) نجد أن سرعة القطع للفولاذ ٢٥ م/ ث

$$\text{ن} = \frac{\text{س}_{\text{ق}} \times ١٠٠٠ \times ٦٠}{\pi \times \text{ق}}$$

$$\text{ن} = \frac{٢٥ \times ١٠٠٠ \times ٦٠}{٣,١٤ \times ٢٠٠}$$

= ٢٣٨٨ دورة/ دقيقة

٢ حساب سرعة القطع والدوران للمشغولة في التجليخ الاسطواني

تدور المشغولة في أثناء التجليخ الاسطواني الخارجي والداخلي، ويعتمد اختيار سرعة دوران المشغولة على العوامل التالية :

- نوع التجليخ (تخشين أو تنعيم)
- قطر قطعة العمل، حيث تزداد السرعة بزيادة القطر
- مقدار عمق القطع، اذا زاد عمق القطع تقل السرعة
- معدن قطعة العمل

ويبين الجدول(٩) القيم الاقتصادية لسرعة القطع المسموح بها لقطعة العمل (م/ ث)

| نوع التجليخ | سرعة القطع حسب نوع المعدن م/ ث | | | |
|---|---|---|---|---|
| | فولاذ طري | فولاذ مقسى | حديد زهر | معادن لينة |
| تجليخ خارجي :<br>· خشن<br>· ناعم | ١٨-١٢<br>١٥-١٠ | ١٨-١٤<br>١٢-١٠ | ١٥-١٢<br>١٢-١٠ | ٢٥-٢٠<br>٣٠-٢٠ |
| تجليخ داخلي | ٢٠-١٨ | ٢٤-٢٠ | ٢٤-٢٠ | ٣٢-٢٨ |
| التجليخ المستوي | من ٨-١٤ متر/ دقيقة | | | |

وتحسب سرعة القطع لقطعة العمل من المعادلة التالية :

$$س_{ق} = \frac{\pi \times ق \times ن}{٦٠ \times ١٠٠}$$

حيث :

س ق : سرعة القطع لقطعة العمل(متر/ دقيقة)

ن : عدد دورات المشغولة في الدقيقة(دورة/ دقيقة)

ق : قطر المشغولة(مم)

$\pi$ : النسبة التقريبية (٣,١٤)

ومن المعادلة السابقة يمكن حساب سرعة الدوران :

$$ن = \frac{س_{ق} \times ١٠٠٠}{\pi \times ق}$$ دورة / دقيقة

## مثال (٣)

احسب سرعة دوران قطعة عمل من الفولاذ الطري في حال التجليخ الاسطواني الخارجي الخشن اذا علمت أن قطرها ٧٥ مم؟

### الحل

من الجدول رقم(٩) سرعة القطع ١٢-١٨ م/ دقيقة

سرعة القطع المتوسطة $س_{ق} = \frac{١٢ + ١٨}{٢}$

$= \frac{٣٠}{١٥} = ١٥$ م/ دقيقة

سرعة الدوران $ن = \frac{١٥ \times ١٠٠٠}{\pi \times ٧٥} = ٦٣,٧$ دورة/ دقيقة

## ملاحظة

تعتبر سرعة القطع الفعلية هي ناتج الجمع لسرعتي القطع بالنسبة لحجر التجليخ وسرعة قطع المشغولة مع مراعاة الاتجاه عند نقطة التلامس .

### سابعاً :

### مقدار التغذية وسرعة التغذية :

١ . مقدار التغذية : يعرف مقدار التغذية بأنه مقدار المسافة التي يتحركها الحجر عرضيا بشكل مواز لمحوره ، وتختلف فيما اذا كان التجليخ مستويا أو اسطوانيا ، إذ تتمثل على شكل نبضات عرضية في حالة الجلخ المستوي وبمقدار التقدم(الخطوة) لكل دورة من دورات الشغلة في الجلخ الاسطواني ، ويعتمد مقدار التغذية على العوامل التالية :

١ . معدن قطعة العمل

٢ . عمق القطع

٣ . أبعاد قطعة العمل

٤ . نوع ومواصفات حجر الجلخ

ويبين الجدول(١٠) مقدار التغذية في كل دورة لقطعة العمل مقاسة بالنسبة لسمك حجر الجلخ

| معدن المشغولة | مقدار التغذية(نسبة إلى سمك الحجر) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | التجليخ الاسطواني الخارجي | | التجليخ الاسطواني الداخلي | |
| | التخشين | التنعيم | التخشين | التنعيم |
| فولاذ | $\frac{3}{4}-\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{3}-\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{4}-\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}-\frac{1}{5}$ |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| حديد زهر | $\frac{5}{6}-\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{2}-\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{4}-\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{3}-\frac{1}{4}$ |

أما في حالة التجليخ الاسطواني فيعتمد اختيار مقدار التغذية العرضية على سمك الحجر وعمق القطع وتحسب بالعلاقات التالية :

تجليخ خشن $م_{ت}$ =٠,٧×س مم

تجليخ تنعيم $م_{ت}$ =٠,٤×س مم

حيث :

$م_{ت}$ : مقدار التغذية العرضية

س : سمك حجر الجلخ

٢ . سرعة التغذية :

تقاس سرعة التغذية بالمتر/ دقيقة ، وتمثل مسافة انتقال حجر الجلخ بشكل عمودي على محوره في الدقيقة الواحدة ، ويعتمد اختيار سرعة التغذية على العوامل التالية :

١ . معدن قطعة العمل

٢ . عمق القطع

٣ . أبعاد قطعة العمل

٤ . نوع ومواصفات حجر الجلخ

أ- حساب سرعة التغذية في التجليخ الاسطواني :

تحسب سرعة التغذية في حالة التجليخ الاسطواني من المعادلة التالية :

$$س_{ت} = \frac{م_{ت} \times ن}{١٠٠٠}$$

حيث :

$س_{ت}$ : سرعة التغذية مم/ دقيقة

ن : عدد دورات المشغولة في الدقيقة(دورة/ دقيقة)

م$_{ت}$ : مقدار التغذية(مم) لكل دورة من دورات المشغولة .

ب- حساب سرعة التغذية في التجليخ المستوي :

تتراوح سرعة التغذية الطولية في حالة التجليخ المستوي من(٨-١٤)م/ د .

## مثال(٤)

احسب سرعة التغذية لتجليخ مشغولة من الفولاذ تجليخا اسطوانيا خارجيا اذا علمت أن سرعة دوران المشغولة ٢٠٠دورة/ دقيقة وسمك حجر التجليخ ٣٠ مم؟

### الحل

نحسب أولا سرعة التغذية في التجليخ الخشن

من الجدول(١٠) مقدار التغذية $\frac{3}{4}$ _ $\frac{2}{3}$ سمك حجر التجليخ

إذن

$$م_{ت} = \frac{٢}{٣} \times ٣٠ = ٢٠ملم$$

$$س_{ت} = ٢٠ \times ٢٠٠ = ٤٠٠٠ مم/ دقيقة$$

للتجليخ الناعم $م_{ت} = \frac{١}{٤}$ سمك حجر التجليخ

$$م_{ت} = \frac{١}{٤} \times ٣٠ = ٧,٥ مم$$

$$س_{ت} = ٧,٥ \times ٢٠٠ = ١٥٠٠مم/ دقيقة$$

## ثامناً :

### زمن التجليخ :

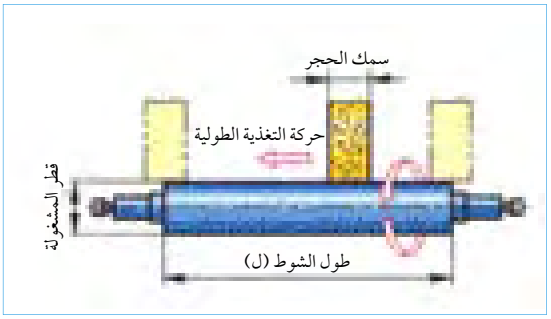
يقصد بزمن التجليخ بالزمن اللازم لتنفيذ أمر التشغيل لقطعة معينة أو عدة قطع .

١ . حساب زمن التجليخ الاسطواني :

يتم حساب زمن التجليخ من المعادلة التالية :

$$\text{زمن شوط التجليخ} = \frac{\text{طول الشوط (مم)}}{\text{سرعة التغذية (مم/ دقيقة)}} \text{ دقيقة}$$

طول الشوط : يساوي طول المشغولة(ل) كما هو بين في الشكل(٤-٣٧)




شكل(٤-٣٧) طول الشوط

المسافة الكلية (ل) تستغرق زمنا مقداره (ز)

$$\text{ز} = \frac{\text{ل}}{\text{س}_{\text{ت}}} \text{ دقيقة}$$

وهو الزمن اللازم لمشوار واحد لحجر التجليخ أي الزمن اللازم لعمل شوط قطع واحد من أول قطعة العمل حتى أخرها ، ولكن غالبا ما تحتاج المشغولة إلى أكثر من شوط قطع وذلك عندما يراد عمل عدة مقاطع فإن الزمن يتناسب طرديا مع هذه الأشواط فإذا فرضنا أن القطعة احتاجت الى (ع) من الأشواط فإن الزمن يصبح :

$$\text{ز} = \frac{\text{ل} \times \text{ع}}{\text{س}_{\text{ت}}} \text{ دقيقة}$$

حيث (ع) عدد الأشواط وتساوي سماكة المعدن الكلي المزاح بالتجليخ مقسوما على عمق القطع في كل شوط .

$$\text{أي أن عدد الأشواط ع} = \frac{\text{نق}_{١} - \text{نق}_{٢}}{\text{ع}_{\text{ق}}}$$

$$\frac{\text{س}_{\text{ق}} \times ١٠٠٠}{\pi \times \text{ق}}$$

نق١ : نصف قطر المشغولة قبل التجليخ

نق٢ : نصف قطر المشغولة النهائي(بعد التجليخ)

عق : عمق القطع في كل شوط

ويتراوح عمق تجليخ التخشين بين(٠,٠١-٠,٠٣)مم

تجليخ التنعيم بين(٠,٠٠٢-٠,٠٠٥)مم

وإذا كان عمق القطع يتحرك على شوط مزدوج (شوط قطع وشوط رجوع بدون قطع) فإن الزمن يصبح الضعف

$$\text{زمن التجليخ الكلي ز} = \frac{٢ \times \text{ل} \times \text{ع}}{\text{س}_{\text{ت}}}$$

حيث :

ل : طول المشغولة (مم)

ع : عدد الأشواط

$س_ت$ : سرعة التغذية (مم/ دقيقة)

## مثال (٥)

عمود من الفولاذ الطري قطره ٤٠,٣مم وطوله ٤٠٠مم يراد تجليخه لقطر ٤٠مم باستخدام حجر جلخ سمكه ٣٠مم وأن عمق القطع ٠,٠١مم إحسب زمن التجليخ؟

### الحل

من الجدول(٩) نجد أن سرعة القطع لقطعة العمل تتراوح بين ١٢ و ١٨ م/ دقيقة

سرعة القطع المتوسطة $س_ق = \frac{١٢ + ١٨}{٢}$

سرعة القطع المتوسطة ن $= \frac{س_ق \times ١٠٠٠}{ق \times \pi} = \frac{١٥ \times ١٠٠٠}{٣,١٤ \times ٤٠,٣} = ١١٨,٤٧$ دورة/ دقيقة

$س_ت = ت \times ن$

من الجدول(١٠ ) نجد أن $م_ت = \frac{٢}{٣}$ سمك حجر الجلخ

$\frac{٢}{٣} \times ٣٠ = ٢٠$مم

$= ٢٣٦٩,٤$مم/ دقيقة

عدد الأشواط ع $= \frac{نق_١ - نق_٢}{عق}$

$= \frac{٢٠,١٥ - ٢٠}{٠.٠١} = ١٥$شوط

زمن التجليخ ز $= \frac{٢ \times ل \times ع}{س_ت}$

$= \frac{٢ \times ٤٠٠ \times ١٥}{٢٣٦٩,٤} = ٥,٠٦$ دقيقة

٢ . حساب زمن التجليخ المستوي(المحيطي والجبهي)

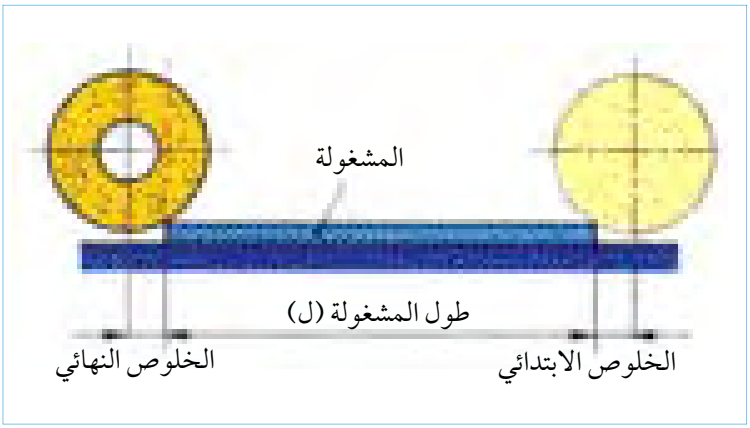
١ . زمن التجليخ المحيطي

يتم القطع في التجليخ المحيطي مرة واحدة في كل شوط مزدوج أي مرة في شوطي الذهاب والإياب

$$\text{زمن الشوط} = \frac{\text{طول المسافة التي يقطعها الحجر(مم)}}{\text{سرعة التغذية الطولية (مم/ دقيقة)}}$$

طول المسافة التي يقطعها الحجر =طول قطعة العمل + الخلوص الابتدائي + الخلوص النهائي

إذا كان ل١ هو طول المسافة التي يقطعها حجر التجليخ بالملمترات ويساوي طول القطعة+الخلوص الابتدائي+الخلوص النهائي كما في الشكل(٤-٣٨)




شكل(٤-٣٨) طول الشوط في التجليخ المحيطي

ويقدر الخلوص الابتدائي و النهائي بـ٥مم

$$ل_{١} = ل + ٥ + ٥$$

$$= ل + ١٠ \text{ مم}$$

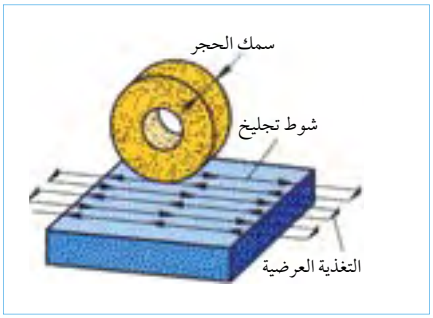
حيث :

$ل_{١}$ : طول المسافة التي يقطعها الحجر

ل : طول قطعة العمل

$$\text{زمن شوط القطع} = \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}}$$

$$\text{عدد أشواط القطع} = \frac{\text{مسافة حركة حجر التجليخ الجانبية}}{\text{التغذية العرضية}}$$



شكل(٤-٣٩) أشواط التجليخ

ويساوي كل من الخلوص الابتدائي و الخلوص النهائي لحركة حجر التجليخ الجانبية(٠,٣)سمك الحجر كما يبين الشكل(٤-٣٩)

وبذلك تكون المسافة الجانبية=ب +٠,٦ ع

$$\text{عدد أشواط القطع} = \frac{\text{ب} + ٠,٦\ \text{ع}}{\text{م}_{ت}}$$

حيث :

ب : عرض قطعة العمل(مم)

ع : سمك حجر التجليخ(مم)

$م_{ت}$ : التغذية العرضية(مم)

وبالتالي يكون زمن تجليخ كامل السطح لمرة واحدة=زمن شوط القطع X عدد أشواط القطعX عدد أشواط القطع

$$= \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}} \times \frac{ب \times ٠,٦\ ع}{م_{ت}}$$

$$\text{عدد أشواط القطع} = \frac{\text{سمك المعدن المطلوب قطعه}}{\text{عمق القطع}} = \frac{س_{١} - س_{٢}}{ع_{ق}}$$

حيث :

$س_{١}$ : سمك المشغولة قبل التجليخ(مم)

$س_{٢}$ : سمك المشغولة النهائي(بعد التجليخ)(مم)

$ع_{ق}$ : عمق القطع(مم)

إذا زمن التجليخ الكلي= زمن تجليخ السطح لمرة واحدةX عدد مرات القطع

$$= \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}} \times \frac{ب + ٠,٦\ ع}{م_{ت}} \times \frac{س_{١} - س_{٢}}{ع_{ق}}$$

مثال(٦):

قطعة من الفولاذ مستطيلة السطح طولها ٤٠٠مم وعرضها ٢٠٠مم وسمكها ٢٥مم يراد تصفية سمكها ليصبح ٢٤,٥مم باستخدام حجر تجليخ سمكه ٢٠مم على آلة تجليخ مستوي، فإذا علمت أن عمق القطع ٠,٠٥مم ومقدار التغذية العرضية ١٤مم وسرعة التغذية الطولية ٨م/ دقيقة احسب زمن التجليخ؟

الحل:

$$\text{زمن التجليخ} = \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}} \times \frac{ب + ٦,٠ ع}{م_{ت}} \times \frac{س_{١} - س_{٢}}{ع_{ق}}$$

$$= \frac{٤١٠ \times ٢}{٨ \times ١٠٠٠} \times \frac{٢٠٠ + ٦,٠ \times ٢٠}{م_{ت}} \times \frac{٢٠ - ٢٤.٥}{٠.٠٥}$$

$$= \frac{٨٢٠}{٨٠٠٠} \times \frac{٢١٢}{١٤} \times \frac{٠,٥}{٠,٠٥}$$

= ١٥,٥٢ دقيقة

٢. زمن التجليخ الجبهي

يتم اختيار حجر التجليخ الجيهي بحيث يزيد قطره عن عرض المشغولة.

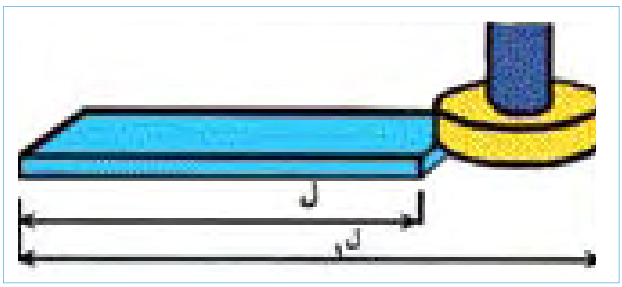
إذا كان ل١ هو طول الشوط بالملمترات كما في الشكل(٤-٤٠) ويساوي طول المشغولة + قطر الحجر

$$\text{زمن الشوط} = \frac{\text{طول الشوط}}{\text{سرعة التغذية الطولية}}$$

$$= \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}}$$

$$\text{عدد الأشواط} = \frac{س_{١} - س_{٢}}{ع_{ق}}$$

حيث:




شكل(٤-٤٠) طول الشوط في التجليخ الجبهي

$س_{١}$ : سمك المشغولة قبل التجليخ(مم)

$س_{٢}$ : سمك المشغولة النهائي(بعد التجليخ)(مم)

$ع_{ق}$ : عمق القطع(مم)

زمن التجليخ = زمن الشوطXعدد الأشواط

$$= \frac{٢ \times ل_{١}}{١٠٠٠ \times س_{ت}} \times \frac{س_{١} - س_{٢}}{ع_{ق}}$$

مثال(٧) :

احسب زمن التجليخ الجبهي للقطعة في المثال السابق إذا كان قطر حجر الجلخ المستخدم ٢٥٠مم

الحل :

طول الشوط(ل١)=٤٠٠+٢٥٠=٦٥٠مم

$$\text{زمن التجليخ} = \frac{٦٥٠ \times ٢}{٨ \times ١٠٠٠} \times \frac{٢٥ - ٢٤,٥}{٠,٠٥}$$

= ١,٦ دقيقة

الأسئلة :

السؤال الأول : وضح المقصود بالمفاهيم التالية :

أ . التجليخ . ب . مقاس الحبيبات . ج . درحة الصلادة .

د . البنية . هـ . سرعة التغذية . و . زمن التجليخ .

السؤال الثاني : عدد اسخدامات التجليخ؟

السؤال الثالث : قارن بين التجليخ المستوي المحيطي والجبهي من حيث وضع محور دوران حجر التجليخ وعملية القطع؟

السؤال الربع : عدد أجزاء آلة التجليخ المستوي ووظائفها؟

السؤال الخامس : ما الحركات الواجب توفرها لتتم عملية التجليخ الاسطواني الخارجي؟

السؤال السادس : عدد مكونات حجر التجليخ؟

السؤال السابع : أذكر أهم المواد الرابطة المستعملة في صناعة أحجار التجليخ؟

السؤال الثامن : أذكر خطوات صناعة أحجار التجليخ؟

السؤال التاسع : بالرجوع الى الجداول فسر الرموز التالية لأحجار تجليخ مختلفة :

أ. A٦٠K٥V  ب. A٨٠K٦V  ج. C١٠٠H٤V

السؤال العاشر: أذكر طرق ربط المشغولات على آلة التجليخ الاسطواني؟

السؤال الحادي عشر: ينتج عدم الاتزان في دوران حجر التجليخ من عدة أسباب، أذكر هذه الأسباب وكيفية معالجتها؟

السؤال الثاني عشر: عدد فوائد استخدام سوائل التبريد في عملية التجليخ؟

السؤال الثالث عشر: عمود من الفولاذ المقسى قطره(٦٠,٦)مم وطوله(٤٠٠)مم يراد جلخه لقطر(٦٠)مم باستخدام عمق قطع(٠,٠١)مم وحجر تجليخ قطره(٣٠٠)مم وعرضه(٤٠٠)مم احسب مايلي:

١. سرعة دوران حجر الجلخ. ٢. سرعة دوران المشغولة ٣. مدار التغذية ٤. سرعة التغذية. ٥. عدد أشواط القطع ٦. زمن التجليخ.

السؤال الرابع عشر: قطعة من الفولاذ طولها(٦٠٠)مم وعرضها(٢٥٠)مم و سمكها(٥,٢٠٠)مم يراد تصفية سمكها بالتجليخ ليصل(٢٠٠)مم باستخدام حجر تجليخ قطره(٣٠٠)مم، فإذا كانت سرعة التغذية الطولية(١٠)م/ د وعمق القطع(٠,٠٣)مم احسب زمن كل من:

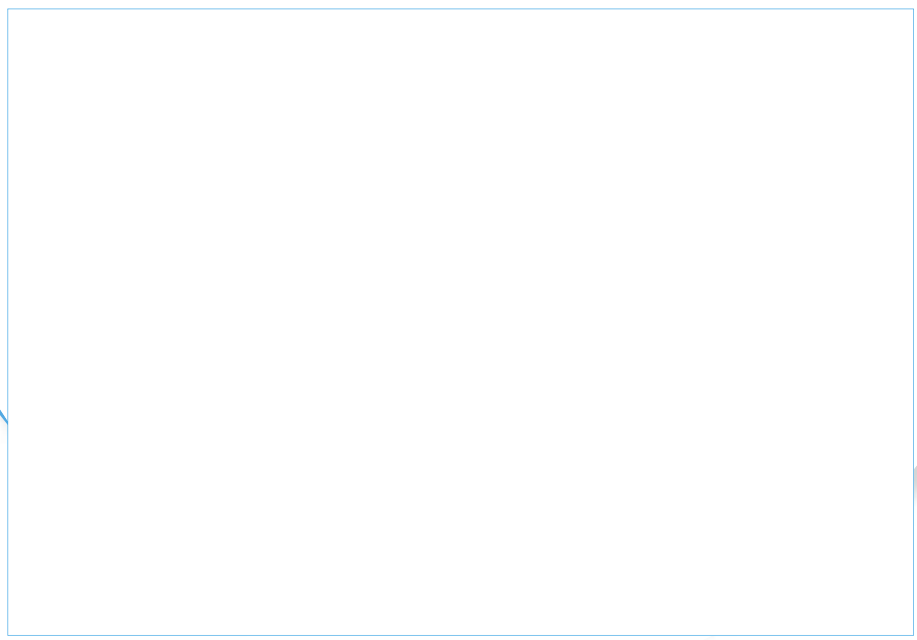
أ. التجليخ المحيطي. ب. التجليخ الجبهي.

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

٥

# ضبط ومعالجة المشغولات



# الوحـــدة ٥ ضبط ومعالجة المشغولات

## مقدمة

عند الانتهاء من انتاج المشغولة يجب ان تكون هذة المشغولة قادرة على القيام بالوظائف التي صنعت من اجلها وهذا يتطلب اتصافها بمواصفات محددة اذ يجب ان تظهر المشغولة بمظهر معين وتكون ذات ابعاد محدده وضمن سماحيات مضبوطة وكذلك يجب ان تتصف بخصائص ميكانيكية محددة وان تخلو من التشوهات .

ولضمان ذلك يجب ان تجرى على المشغولة بعض العمليات والمعالجات لاعادة هذه الخصائص والتخلص من التشوهات التي قد تكون حدثت نتيجة عمليات التشغيل المختلفة ومن هذة العمليات تشطيب السطوح والمعالجات الحرارية .

## الأهداف

بعد انتهاء دراسة هذة الوحدة يتوقع منك ان تكون قادرا على :

١ تعرف اسباب اعتماد معايير تشطيب السطوح .

٢ تمييز عناصر الانحرافات (الخشونة ، التموج ، اتجاه اثر اداة القطع) .

٣ تعرف الرموز المستخدمة في الرسم التنفيذي .

٤ تعرف مفهوم الزدواجات والتوافق .

٥ تعرف الاسباب عدم تحقيق الابعاد الاسمية .

٦ تعرف النظام الدولي للتوافق وكيفية استخدامه .

٧ تعرف مفهوم عمليات المعلجات الحرارية واهداف اجراءها .

٨ تصنيف صلب الفولاذ بناء على نسبة الكربون .

٩ تعرف تأثير البناء البلوري على خصائص المعدن .

١٠ تعرف تأثير نسبة الكربون ودرجة الحرارة ومعدل التسخين والتبريد من خلال منحنى الاتزان الحراري .

١١ تمييز عمليات المعالجات الحرارية المختلفة .

## ① تشطيب السطوح

كان يستخدم في الرسومات التنفيذية سابقاً رمز f مشفوعاً بملاحظات توضيحية مثل تجليخ خشن أو تجليخ ناعم للدلالة على نوعية تشطيب السطوح وترك تفسيرها لاجتهادات الفنيين ، وقد يختلف الفنيون واحد إلى آخر بدرجة نعومة السطوح ونوعيتها وقد يسعى الفني إلى إنتاج السطوح بدرجات نعومة عالية اكثر من المطلوب مما يرفع تكلفة الانتاج مما استدعى ضرورة اعتماد معايير مقننة لتشطيب السطوح وهي :

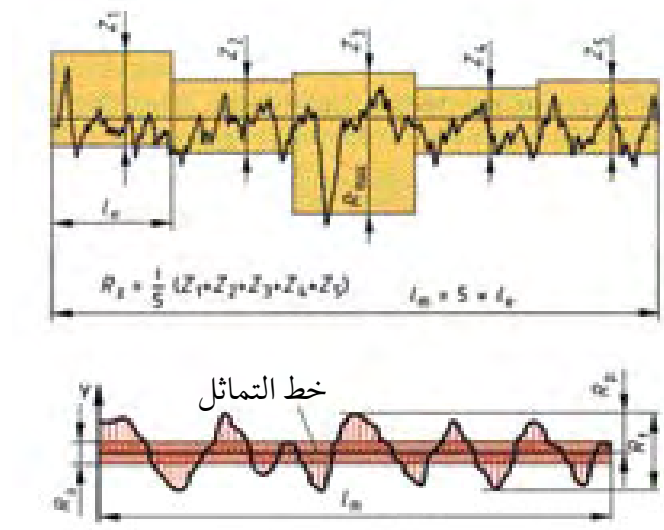
# ١ - ١ المعايير المقننة لتشطيب السطوح

إن استخدام أدوات القطع عند تشكيل السطوح له أثر على نعومة الأسطح وكل أداة قطع تترك بصمتها على السطح المشغول بها ، ما استدعى الحاجة على استعمال مصطلح تشطيب السطوح للدلالة على درجة النعومة لسطح قطعة العمل ، وتتعامل المعايير بثلاثة عناصر من الانحرافات المختلفة وهي :

### ١ - ١ - ١ الخشونة Roughness :

تتكون الخشونة على الأسطح المشغلة بالقطع من أخاديد وشقوم وحراشف ونتوءات ، وكذلك من التركيب البنائي للخامة ، وتنشأ الأخاديد من خلال شكل الحد القاطع للعدة ، وكذلك من خلال التغذية واسلوب توجيه العدة على السطح ، أما الشقوق فتنشأ عند تكون الرايش حيث لا تنقطع الخامة أبداً بطريقة تامة ناعمة .

ويمكن التعرف على خشونة سطح ما بالعين المجردة أو بواسطة أجهزة قياس خاصة ، ويعبر عن الخشونة بمصطلحات مختلفة منها :




شكل (٥-١) مصطلحات الخشونة

① ارتفاع الخشونة الأقصى Maximum Poughness Height :

يمثل بالرمز Rt وهو المسافة بين أعلى نقطة قمة في السطح وأدنى قيمة قاع فيه .

② ارتفاع الخشونة المفردة الأقصى Maximum Single Roughness Height :

ويرمز له بالرمز R max وهو أقصى ارتفاع بين اعلى قمة وقاعها لنفس القمة كما في الشكل (٥-١)

③ ارتفاع الخشونة الوسيط Mean Roughness Height :- ويرمز له بالرمز Rz ويمثل الوسط الحسابي لارتفاع الخشونة المفردة عند خمس مسافات متجاورة كما هو مبين في المعادلة :

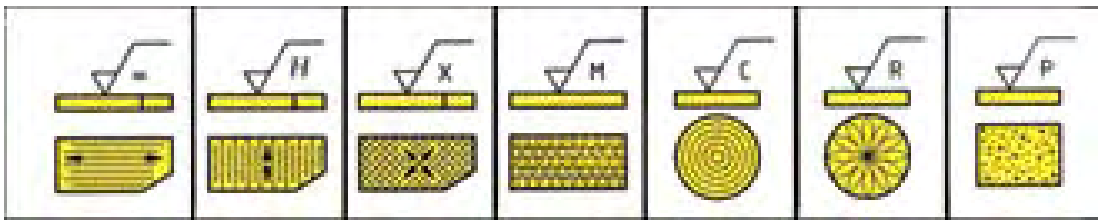
$$Rz = (z1 + z2 + z3 + z4 + z5) \setminus 5 \quad .$$

### ١ - ١ - ٢ التموج Waviness :

تنشأ التموجية على سطح مشغل نتيجة الدوران غير المنتظم مما ينتج عنه اهتزاز وذبذب في حركة أداة القطع

### ١ - ١ - ٣ اتجاه أثر أداة القطع " Lay " :

ان اتجاه حركة اداة القطع له اهمية ، لما يترك من أثر على سطح المشغولة ، وعند تصميم القطع الميكانيكية ، يعبر عن مصطلح اتجاه أثر أداة القطع بالرموز ، وتمثيلها بالرسوم التنفيذية كما هو موضح في الشكل(٥-٢) .




شكل (٥-٢) آثار أدوات القطع

الرمز X : ينتج باتجاه قطري لقطعة العمل .

الرمز H : ينتج بطريقة عرضية لطول قطعة العمل .

الرمز II : ينتج باتجاه طولي قطعة العمل .

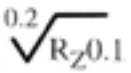
الرمز R : الاتجاه شعاعي قطري له بؤرة في مركز قطعة العمل .

الرمز M : الاتجاه عشوائي في كل اتجاه .

الرمز C : دائري بالنسبة إلى المركز .

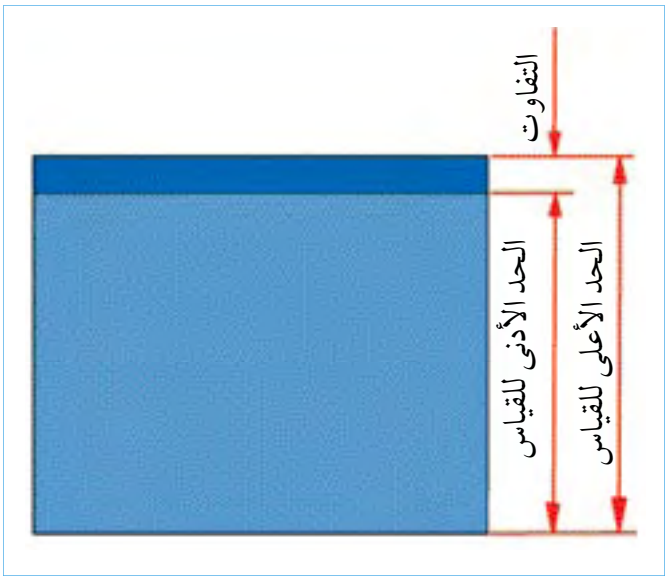
## ١ - ٢ الرموز المستخدمة في الرسوم

فهي الرموز المستخدمة في الرسوم التنفيذية لتشغيل الحديثة يبين الجدول قائمة بالرموز المستخدمة للتعبير عن تشطيب سطوح المشغولات حسب ( DIN 150 1302 )

| الرمز | الوصف |
| --- | --- |
| | رمز خاص للدلالة على تشطيب السطح ويعني يمكن إنتاج السطح بأية طريقة من طرائق التشغيل ، وهو عبارة عن خطين بطولين مختلفين بينهما زاوية مقدارها ٦٠° ، ورمز سطح خشن . |
| | رمز يعني ضرورة التشطيب الآلي للسطح ، لذا يراعى ترك تسامح تشغيل في البعد . وهو يرمز إلى سطح مشغل بالقطع ، مثل القص ، الخراطة ، الثقب ، الجلخ . |
| | يعني الرقم الواقع على يسار المثلث ( ٠,٢ ) قيمة تسامح التشغيل أي أن سمك المعدن الواجب تركه للقطع الآلي ( ٠,٢ ) مم . |
| | يمنع إجراء عمليات القطع كما في السكب ، السحب ، اللحام ، الحدادة . |
|  | رمز للدلالة على تشطيب السطوح ، ويمكن كتابة المواصفات فوق الخط الأفقي أو على يمين الرمز والتفسير كما يأتي :- ( ٠,٢ ) تعني قيمة تسامح التشغيل ، أي أن سمك المعدن الواجب تركه للقطع الآلي . ( ٠,١ ) ارتفاع الخشونة . |

## ② الازدواجات والتوافق :

درست فيما سبق ما يخص نعومة الأسطح ، لكن عند إنتاج القطع بواسطة التشغيل على الماكنات لا بد من تحديد الأبعاد التي يمكن من خلالها إنتاج هذه القطع دون المساس في قدرتها على القيام بدورها على أكمل وجه . فلو فرضنا أننا نريد إنتاج عمود بقطر ٥٠ ملم ، حيث يسمى هذا البعد بالبعد الإسمي للعمود أما الأبعاد التي تنتج فعلاً بعد عملية التشغيل تكون أقل من ٥٠ ملم أو أكثر ، فنسميها بالأبعاد الفعلية ، وحتى يمكننا استخدام أي عمود في ثقب منتج ، نسمح بإنتاج اعمدة بأقطار ٥٠ إلى ٥٠,٠٤ ملم ، وفي هذه الحالة فإن أي عمود يقع قطره بين البعدين المذكورين يمكن قبوله في الإنتاج .




شكل (٥-٣) التفاوت

وتسمى ال ( ٠,٠٤ ) ملم المذكورة أعلاه بالتفاوت ، وهو مقدار الفرق بين الحد الأعلى والحد الأدنى للقياس للقطعة الواحدة كما هو موضح في الشكل ( ٥-٣ ) .

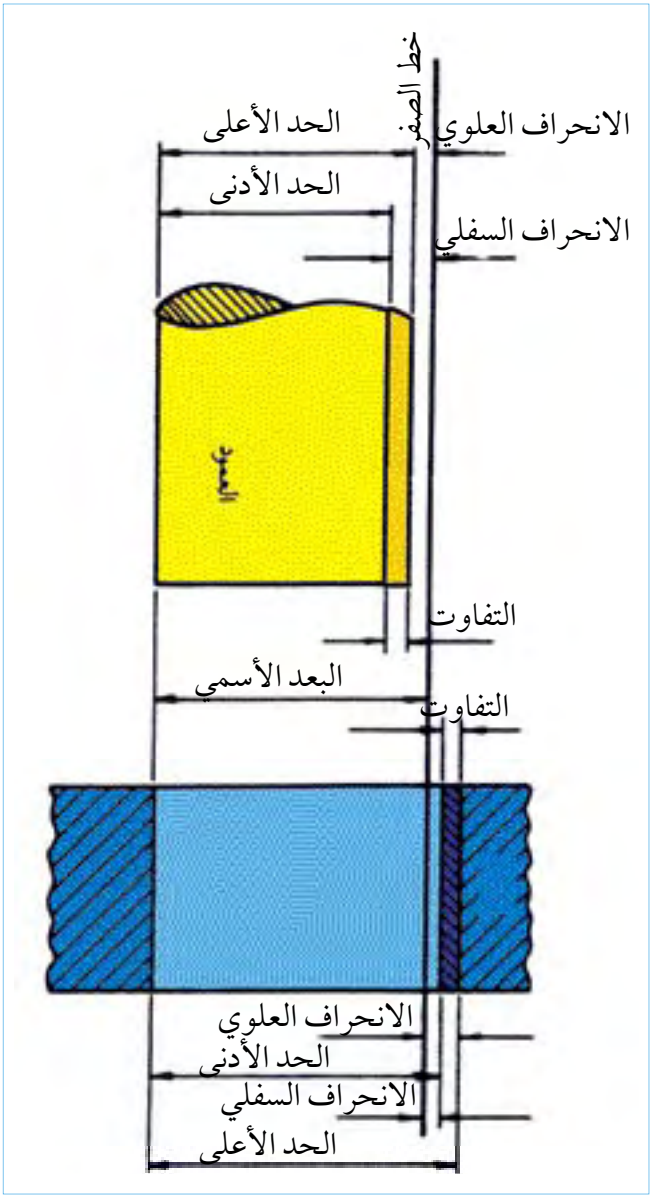
## ٢ - ١ الأسباب

**الأسباب التي تؤدي إلى عدم تحقيق الابعاد الاسمية عند إنتاج المشغولات :**

١. دقة آلة التشغيل .
٢. دقة أدوات القياس المستخدمة .
٣. تفاوت مهارة العامل التي يتعذر معها كذلك الوصول إلى إنتاج الأبعاد الاسمية المطلقة .

## ٢ - ٢ التوافق

وقد جرى تطوير المواصفات الدولية منذ الحرب العالمية الثانية من خلال رابطة تجمع كل الدول الصناعية في العالم ، وهي منظمة ISO ( المنظمة الدولية للتوحيد القياسي ) فمثلاً تم من خلالها معايرة الأرقام القياسية ودرجة الاسناد الحرارية لاجهزة القياس والمشغولات ، وكذلك تم وضع مواصفات ISO للتوافقات حسب المصطلحات الأساسية كما هو موضح في الشكل(٥-٤) .




شكل (٥-٤) المصطلحات الأساسيه للتوافق

## ٢ - ٣ المصطلحات الأساسية

١ **البعد الاسمي** : هو المقياس المحسوب في التصميم والمعطى في الرسم .

٢ **التفاوت** : من غير الممكن أبداً المحافظة تماماً على البعد الإسمي في التشغيل ، لذا يجب السماح بانحراف معين ، يعطي التفاوت مقدار الفرق المسموح بين البعد الأكبر والعد الأصغر .

٣ **الانحراف Deviation** : الانحراف العلوي هو مقدار الفرق بين الحد الاعلى للقياس والبعد الاسمي الانحراف السفلي هو مقدار الفرق بين الحد الأدنى للقياس والبعد الاسمي .

④ خط الصفر : على هذا الخط يكون مقدار الانحراف المسموح به من البعد الاسمي صفراً .

⑤ البعد الأكبر : هو أكبر مقاس مسموح به في التشغيل ، ويمكن استنتاج الانحراف العلوي للمقاس بالفرق بين البعد الأكبر والبعد الاسمي .

⑥ البعد الأصغر : هو أكبر مقاس مسموح به في التشغيل ، ويمكن استنتاج الانحراف السفلي للمقاس بالفرق بين البعد الأصغر والبعد الاسمي .

⑦ الخلوص التداخلي : يسمى فرق الأقطار بين الثقب والعمود خلوصاً ، وهناك نوعان من الخلوص :

أ – الخلوص الأكبر : وهو الفرق بين أكبر قطر ثقب وأصغر قطر عمود .

ب – الخلوص الأصغر : وهو الفرق بين اصغر قطر ثقب واكبر قطر عمود .

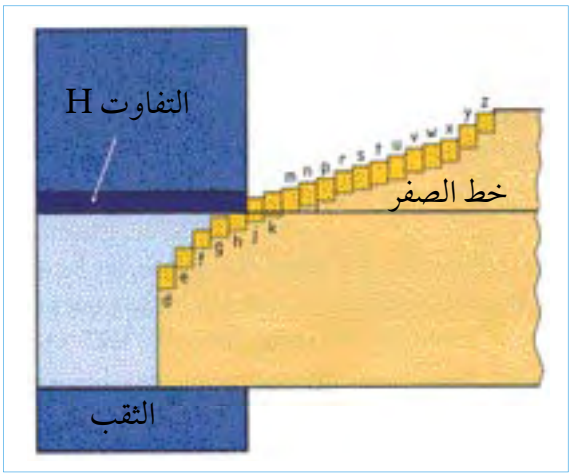
## ٢ - ٤ النظام الدولي للتوافق

يعتبر هذا النظام من أدق وأكمل النظم التي وضعت للتوافق حتى الآن ، وقد تم وضعه من قبل المنظمة العالمية للمواصفات ISO .

وللحصول على أنواع التوافق المختلفة أثناء التشغيل يمكن استخدام نظام أساس الثقب أو النظام أساس العمود . ولتتعرف على النظامين نتعرض لهما فيما يلي :

### ١ – نظام أساس الثقب :

هو ذلك النظام الذي يثبت فيه مقاس الثقب في نطاق التفاوت المحدد ونحصل فيه على نوع التوافق المطلوب ، عن طريق التحكم في قطر العمود والانحراف الأساسي للتفاوت في نظام أساس الثقب هو الرمز H الذي يعني أن يكون الحد الأدنى لمقاس الثقب مطابقاً للبعد الاسمي أو خط الصفر . ويرمز للعمود بالأحرف الانجليزية الصغيرة .

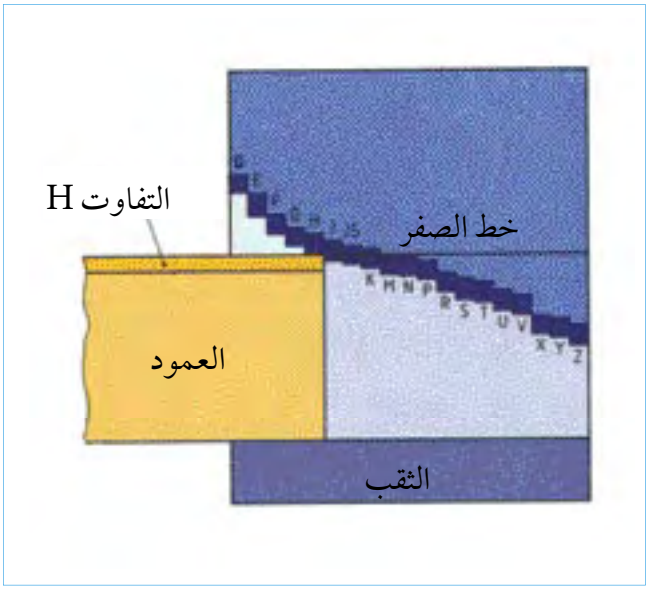



شكل (٥–٥) نظام أساس الثقب

وبذلك نحصل على اكبر خلوص عندما يكون العمود في درجة الانحراف a وعلى أكبر تداخل عندما يكون العمود في درجة الانحراف z كما هو موضح في الشكل ( ٥–٥ ) .

٢- نظام أساس العمود :

وهو الذي يثبت فيه مقاس العمود في نظام التفاوت المحدد ونحصل فيه على نوع التوافق المطلوب عن طريق التحكم في قطر الثقب والانحراف الأساسي للتفاوت في نظام أساس العمود هو الرمز h " حرف بالإنجليزي صغير " ، ويرمز الثقب بالأحرف الإنجليزية الكبيرة ، وبذلك نحصل على أكبر خلوص في المزوجة عندما تكون درجة انحراف الثقب A وعلى اكبر تداخل عندما تكون درجة انحراف الثقب Z كما هو مبين في الشكل (٥-٦) .




شكل (٥-٦) نظام أساس العمود

**وتبين الجداول رقم (١)، (٢)، (٣)، (٤) نموذج من جداول التفاوت للأعمدة والثقوب:**

## ٢ - ٥ تطبيقات على استخدام جداول التفاوت

**مثال**

كتب على الرسم التنفيذي لعنصري مزدوجة البعد ق 45 H7 – s6 حول الرموز التفاوتية للعمود وللثقب إلى أبعاد قياسية ؟

**الحل**

بالرجوع إلى جداول التفاوت المرفقة نجد أن مقدار التفاوت عند القطر ٤٥ مم للعمود s٦ وهو :

٠,٠٥٩ + ق ٤٥ مم

٤٣,٤٣ +

وقيمة التفاوت للثقب H٧ وهو :

٠,٠٢٥ + ق٤٥ مم

٠,٠٠٠

## جدول رقم (١)

نموذج من جدول التفاوت للأعمدة والثقوب

| البعد الاسمي من ... الى مم | ثقب | أعمدة | | | | | ثقب | أعمدة | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | H6 | h5 | j6 | k6 | n5 | p5 | H7 | f7 | g6 | h6 | j6 | k6 | m6 | n6 | r6 | s6 |
| 1... 3 | +6<br>0 | 0<br>−4 | +4<br>−2 | +6<br>0 | +8<br>+4 | +10<br>+6 | +10<br>0 | −6<br>−16 | −2<br>−8 | 0<br>−6 | +4<br>−2 | +6<br>0 | +8<br>+2 | +10<br>+4 | +16<br>+10 | +20<br>+14 |
| 3... 6 | +8<br>0 | 0<br>−5 | +6<br>−2 | +9<br>+1 | +13<br>+8 | +17<br>+12 | +12<br>0 | −10<br>−22 | −4<br>−12 | 0<br>−8 | +6<br>−2 | +9<br>+1 | +12<br>+4 | +16<br>+8 | +23<br>+15 | +27<br>+19 |
| 6... 10 | +9<br>0 | 0<br>−6 | +7<br>−2 | +10<br>+1 | +16<br>+10 | +21<br>+15 | +15<br>0 | −13<br>−28 | −5<br>−14 | 0<br>−9 | +7<br>−2 | +10<br>+1 | +15<br>+6 | +19<br>+10 | +28<br>+19 | +32<br>+23 |
| 10... 14 | +11<br>0 | 0<br>−8 | +8<br>−3 | +12<br>+1 | +20<br>+12 | +26<br>+18 | +18<br>0 | −16<br>−34 | −6<br>−17 | 0<br>−11 | +8<br>−3 | +12<br>+1 | +18<br>+7 | +23<br>+12 | +34<br>+23 | +39<br>+28 |
| 14... 18 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18... 24 | +13<br>0 | 0<br>−9 | +9<br>−4 | +15<br>+2 | +24<br>+15 | +31<br>+22 | +21<br>0 | −20<br>−41 | −7<br>−20 | 0<br>−13 | +9<br>−4 | +15<br>+2 | +21<br>+8 | +28<br>+15 | +41<br>+28 | +48<br>+35 |
| 24... 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30... 40 | +16<br>0 | 0<br>−11 | +11<br>−5 | +18<br>+2 | +28<br>+17 | +37<br>+26 | +25<br>0 | −25<br>−50 | −9<br>−25 | 0<br>−16 | +11<br>−5 | +18<br>+2 | +25<br>+9 | +33<br>+17 | +50<br>+34 | +59<br>+43 |
| 40... 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50... 65 | +19<br>0 | 0<br>−13 | +12<br>−7 | +21<br>+2 | +33<br>+20 | +45<br>+32 | +30<br>0 | −30<br>−60 | −10<br>−29 | 0<br>−19 | +12<br>−7 | +21<br>+2 | +30<br>+11 | +39<br>+20 | +60<br>+41 | +72<br>+53 |
| 65... 80 | | | | | | | | | | | | | | | +62<br>+43 | +78<br>+59 |
| 80...100 | +22<br>0 | 0<br>−15 | +13<br>−9 | +25<br>+3 | +38<br>+23 | +52<br>+37 | +35<br>0 | −36<br>−71 | −12<br>−34 | 0<br>−22 | +13<br>−9 | +25<br>+3 | +35<br>+13 | +45<br>+23 | +73<br>+51 | +93<br>+71 |
| 100...120 | | | | | | | | | | | | | | | +76<br>+54 | +101<br>+79 |
| 120...140 | +25<br>0 | 0<br>−18 | +14<br>−11 | +28<br>+3 | +45<br>+27 | +61<br>+43 | +40<br>0 | −43<br>−83 | −14<br>−39 | 0<br>−25 | +14<br>−11 | +28<br>+3 | +40<br>+15 | +52<br>+27 | +88<br>+63 | +117<br>+92 |
| 140...160 | | | | | | | | | | | | | | | +90<br>+65 | +125<br>+100 |
| 160...180 | | | | | | | | | | | | | | | +93<br>+68 | +133<br>+108 |
| 180...200 | +29<br>0 | 0<br>−20 | +16<br>−13 | +33<br>+4 | +51<br>+31 | +70<br>+50 | +46<br>0 | −50<br>−96 | −15<br>−44 | 0<br>−29 | +16<br>−13 | +33<br>+4 | +46<br>+17 | +60<br>+31 | +106<br>+77 | +151<br>+122 |
| 200...225 | | | | | | | | | | | | | | | +109<br>+80 | +159<br>+130 |
| 225...250 | | | | | | | | | | | | | | | +113<br>+84 | +169<br>+140 |
| 250...280 | +32<br>0 | 0<br>−23 | +16<br>−16 | +36<br>+4 | +57<br>+34 | +79<br>+56 | +52<br>0 | −56<br>−108 | −17<br>−49 | 0<br>−32 | +16<br>−16 | +36<br>+4 | +52<br>+20 | +66<br>+34 | +126<br>+94 | +190<br>+158 |
| 280...315 | | | | | | | | | | | | | | | +130<br>+98 | +202<br>+170 |
| 315...355 | +36<br>0 | 0<br>−25 | +18<br>−18 | +40<br>+4 | +62<br>+37 | +87<br>+62 | +57<br>0 | −62<br>−119 | −18<br>−54 | 0<br>−36 | +18<br>−18 | +40<br>+4 | +57<br>+21 | +73<br>+37 | +144<br>+108 | +226<br>+190 |
| 355...400 | | | | | | | | | | | | | | | +150<br>+114 | +244<br>+208 |
| 400...450 | +40<br>0 | 0<br>−27 | +20<br>−20 | +45<br>+5 | +67<br>+40 | +95<br>+67 | +63<br>0 | −68<br>−131 | −20<br>−60 | 0<br>−40 | +20<br>−20 | +45<br>+5 | +63<br>+23 | +80<br>+40 | +166<br>+126 | +272<br>+232 |
| 450...500 | | | | | | | | | | | | | | | +172<br>+132 | +292<br>+252 |

## جدول رقم (٢)

نموذج من جدول التفاوت للأعمدة والثقوب

| البعد الاسمي من ... الى مم | ثقب | أعمدة | | | | | | ثقب | أعمدة | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | H8 | d9 | e8 | f7 | h9 | u8[2] | x8[2] | H11 | a11 | c11 | d9 | d11 | h9 | h11 |
| 1... 3 | + 14<br>0 | - 20<br>- 45 | - 14<br>- 28 | - 6<br>- 16 | 0<br>- 25 | + 32<br>+ 18 | + 34<br>+ 20 | + 60<br>0 | - 270<br>- 330 | - 60<br>- 120 | - 20<br>- 45 | - 20<br>- 80 | 0<br>- 25 | 0<br>- 60 |
| 3... 6 | + 18<br>0 | - 30<br>- 60 | - 20<br>- 38 | - 10<br>- 22 | 0<br>- 30 | + 41<br>+ 23 | + 46<br>+ 28 | + 75<br>0 | - 270<br>- 345 | - 70<br>- 145 | - 30<br>- 60 | - 30<br>- 105 | 0<br>- 30 | 0<br>- 75 |
| 6... 10 | + 22<br>0 | - 40<br>- 76 | - 25<br>- 47 | - 13<br>- 28 | 0<br>- 36 | + 50<br>+ 28 | + 56<br>+ 34 | + 90<br>0 | - 280<br>- 370 | - 80<br>- 170 | - 40<br>- 76 | - 40<br>- 130 | 0<br>- 36 | 0<br>- 90 |
| 10... 14 | + 27<br>0 | - 50<br>- 93 | - 32<br>- 59 | - 16<br>- 34 | 0<br>- 43 | + 60<br>+ 33 | + 67<br>+ 40 | + 110<br>0 | - 290<br>- 400 | - 95<br>- 205 | - 50<br>- 93 | - 50<br>- 160 | 0<br>- 43 | 0<br>- 110 |
| 14... 18 | | | | | | | + 72<br>+ 45 | | | | | | | |
| 18... 24 | + 33<br>0 | - 65<br>- 117 | - 40<br>- 73 | - 20<br>- 41 | 0<br>- 52 | + 74<br>+ 41 | + 87<br>+ 54 | + 130<br>0 | - 300<br>- 430 | - 110<br>- 240 | - 65<br>- 117 | - 65<br>- 195 | 0<br>- 52 | 0<br>- 130 |
| 24... 30 | | | | | | + 81<br>+ 48 | + 97<br>+ 64 | | | | | | | |
| 30... 40 | + 39<br>0 | - 80<br>- 142 | - 50<br>- 89 | - 25<br>- 50 | 0<br>- 62 | + 99<br>+ 60 | + 119<br>+ 80 | + 160<br>0 | - 310<br>- 470 | - 120<br>- 280 | - 80<br>- 142 | - 80<br>- 240 | 0<br>- 62 | 0<br>- 160 |
| 40... 50 | | | | | | + 109<br>+ 70 | + 136<br>+ 97 | | - 320<br>- 480 | - 130<br>- 290 | | | | |
| 50... 65 | + 46<br>0 | - 100<br>- 174 | - 60<br>- 106 | - 30<br>- 60 | 0<br>- 74 | + 133<br>+ 87 | + 168<br>+ 122 | + 190<br>0 | - 340<br>- 530 | - 140<br>- 330 | - 100<br>- 174 | - 100<br>- 290 | 0<br>- 74 | 0<br>- 190 |
| 65... 80 | | | | | | + 148<br>+ 102 | + 192<br>+ 146 | | - 360<br>- 550 | - 150<br>- 340 | | | | |
| 80...100 | + 54<br>0 | - 120<br>- 207 | - 72<br>- 126 | - 36<br>- 71 | 0<br>- 87 | + 178<br>+ 124 | + 232<br>+ 178 | + 220<br>0 | - 380<br>- 600 | - 170<br>- 390 | - 120<br>- 207 | - 120<br>- 340 | 0<br>- 87 | 0<br>- 220 |
| 100...120 | | | | | | + 198<br>+ 144 | + 264<br>+ 210 | | - 410<br>- 630 | - 180<br>- 400 | | | | |
| 120...140 | + 63<br>0 | - 145<br>- 245 | - 85<br>- 148 | - 43<br>- 83 | 0<br>- 100 | + 233<br>+ 170 | + 311<br>+ 248 | + 250<br>0 | - 460<br>- 710 | - 200<br>- 450 | - 145<br>- 245 | - 145<br>- 395 | 0<br>- 100 | 0<br>- 250 |
| 140...160 | | | | | | + 253<br>+ 190 | + 343<br>+ 280 | | - 520<br>- 770 | - 210<br>- 460 | | | | |
| 160...180 | | | | | | + 273<br>+ 210 | + 373<br>+ 310 | | - 580<br>- 830 | - 230<br>- 480 | | | | |
| 180...200 | + 72<br>0 | - 170<br>- 285 | - 100<br>- 172 | - 50<br>- 96 | 0<br>- 115 | + 308<br>+ 236 | + 422<br>+ 350 | + 290<br>0 | - 660<br>- 950 | - 240<br>- 530 | - 170<br>- 285 | - 170<br>- 460 | 0<br>- 115 | 0<br>- 290 |
| 200...225 | | | | | | + 330<br>+ 258 | + 457<br>+ 385 | | - 740<br>- 1030 | - 260<br>- 550 | | | | |
| 225...250 | | | | | | + 356<br>+ 284 | + 497<br>+ 425 | | - 820<br>- 1110 | - 280<br>- 570 | | | | |
| 250...280 | + 81<br>0 | - 190<br>- 320 | - 110<br>- 191 | - 56<br>- 108 | 0<br>- 130 | + 396<br>+ 315 | + 556<br>+ 475 | + 320<br>0 | - 920<br>- 1240 | - 300<br>- 620 | - 190<br>- 320 | - 190<br>- 510 | 0<br>- 130 | 0<br>- 320 |
| 280...315 | | | | | | + 431<br>+ 350 | + 606<br>+ 525 | | - 1050<br>- 1370 | - 330<br>- 650 | | | | |
| 315...355 | + 89<br>0 | - 210<br>- 350 | - 125<br>- 214 | - 62<br>- 119 | 0<br>- 140 | + 479<br>+ 390 | + 679<br>+ 590 | + 360<br>0 | - 1200<br>- 1560 | - 360<br>- 720 | - 210<br>- 350 | - 210<br>- 570 | 0<br>- 140 | 0<br>- 360 |
| 355...400 | | | | | | + 524<br>+ 435 | + 749<br>+ 660 | | - 1350<br>- 1710 | - 400<br>- 760 | | | | |
| 400...450 | + 97<br>0 | - 230<br>- 385 | - 135<br>- 232 | - 68<br>- 131 | 0<br>- 155 | + 587<br>+ 490 | + 837<br>+ 740 | + 400<br>0 | - 1500<br>- 1900 | - 440<br>- 840 | - 230<br>- 385 | - 230<br>- 630 | 0<br>- 155 | 0<br>- 400 |
| 450...500 | | | | | | + 637<br>+ 540 | + 917<br>+ 820 | | - 1650<br>- 2050 | - 480<br>- 880 | | | | |

## جدول رقم (٣)

نموذج من جدول الفاوت للاعمدة والثقوب

| البعد الاسمي من ... الى مم | ثقب | أعمدة | | | | | ثقب | أعمدة | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h5 | H6 | J6 | M6 | N6 | P6 | h6 | F8 | G7 | H7 | J7 | K7 | M7 | N7 | R7 | S7 |
| 1 ... 3 | 0<br>-4 | +6<br>0 | +2<br>-4 | -2<br>-8 | -4<br>-10 | -6<br>-12 | 0<br>-6 | +20<br>+6 | +12<br>+2 | +10<br>0 | +4<br>-6 | 0<br>-10 | -2<br>-12 | -4<br>-14 | -10<br>-20 | -14<br>-24 |
| 3 ... 6 | 0<br>-5 | +8<br>0 | +5<br>-3 | +1<br>-9 | -5<br>-13 | -9<br>-17 | 0<br>-8 | +28<br>+10 | +16<br>+4 | +12<br>0 | +6<br>-6 | +3<br>-9 | 0<br>-12 | -4<br>-16 | -11<br>-23 | -15<br>-27 |
| 6 ... 10 | 0<br>-6 | +9<br>0 | +5<br>-4 | -3<br>-12 | -7<br>-16 | -12<br>-21 | 0<br>-9 | +35<br>+13 | +20<br>+5 | +15<br>0 | +8<br>-7 | +5<br>-10 | 0<br>-15 | -4<br>-19 | -13<br>-28 | -17<br>-32 |
| 10 ... 18 | 0<br>-8 | +11<br>0 | +6<br>-5 | -4<br>-15 | -9<br>-20 | -15<br>-26 | 0<br>-11 | +43<br>+16 | +24<br>+6 | +18<br>0 | +10<br>-8 | +6<br>-12 | 0<br>-18 | -5<br>-23 | -16<br>-34 | -21<br>-39 |
| 18 ... 30 | 0<br>-9 | +13<br>0 | +8<br>-5 | -4<br>-17 | -11<br>-24 | -18<br>-31 | 0<br>-13 | +53<br>+20 | +28<br>+7 | +21<br>0 | +12<br>-9 | +6<br>-15 | 0<br>-21 | -7<br>-28 | -20<br>-41 | -27<br>-48 |
| 30 ... 40 | 0<br>-11 | +16<br>0 | +10<br>-6 | -4<br>-20 | -12<br>-28 | -21<br>-37 | 0<br>-16 | +64<br>+25 | +34<br>+9 | +25<br>0 | +14<br>-11 | +7<br>-18 | 0<br>-25 | -8<br>-33 | -25<br>-50 | -34<br>-59 |
| 40 ... 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 ... 65 | 0<br>-13 | +19<br>0 | +13<br>-6 | -5<br>-24 | -14<br>-33 | -26<br>-45 | 0<br>-19 | +76<br>+30 | +40<br>+10 | +30<br>0 | +18<br>-12 | +9<br>-21 | 0<br>-30 | -9<br>-39 | -30<br>-60 | -42<br>-72 |
| 65 ... 80 | | | | | | | | | | | | | | | -32<br>-62 | -48<br>-78 |
| 80 ... 100 | 0<br>-15 | +22<br>0 | +16<br>-6 | -6<br>-28 | -16<br>-38 | -30<br>-52 | 0<br>-22 | +90<br>+36 | +47<br>+12 | +35<br>0 | +22<br>-13 | +10<br>-25 | 0<br>-35 | -10<br>-45 | -38<br>-73 | -58<br>-93 |
| 100 ... 120 | | | | | | | | | | | | | | | -41<br>-76 | -66<br>-101 |
| 120 ... 140 | 0<br>-18 | +25<br>0 | +18<br>-7 | -8<br>-33 | -20<br>-45 | -36<br>-61 | 0<br>-25 | +106<br>+43 | +54<br>+14 | +40<br>0 | +26<br>-14 | +12<br>-28 | 0<br>-40 | -12<br>-52 | -48<br>-88 | -77<br>-117 |
| 140 ... 160 | | | | | | | | | | | | | | | -50<br>-90 | -85<br>-125 |
| 160 ... 180 | | | | | | | | | | | | | | | -53<br>-93 | -93<br>-133 |
| 180 ... 200 | 0<br>-20 | +29<br>0 | +22<br>-7 | -8<br>-37 | -22<br>-51 | -41<br>-70 | 0<br>-29 | +122<br>+50 | +61<br>+15 | +46<br>0 | +30<br>-16 | +13<br>-33 | 0<br>-46 | -14<br>-60 | -60<br>-106 | -105<br>-151 |
| 200 ... 225 | | | | | | | | | | | | | | | -63<br>-109 | -113<br>-159 |
| 225 ... 250 | | | | | | | | | | | | | | | -67<br>-113 | -123<br>-169 |
| 250 ... 280 | 0<br>-23 | +32<br>0 | +25<br>-7 | -9<br>-41 | -25<br>-57 | -47<br>-79 | 0<br>-32 | +137<br>+56 | +69<br>+17 | +52<br>0 | +36<br>-16 | +16<br>-36 | 0<br>-52 | -14<br>-66 | -74<br>-126 | -138<br>-190 |
| 280 ... 315 | | | | | | | | | | | | | | | -78<br>-130 | -150<br>-202 |
| 315 ... 355 | 0<br>-25 | +36<br>0 | +29<br>-7 | -10<br>-46 | -26<br>-62 | -51<br>-87 | 0<br>-36 | +151<br>+62 | +75<br>+18 | +57<br>0 | +39<br>-18 | +17<br>-40 | 0<br>-57 | -16<br>-73 | -87<br>-144 | -169<br>-226 |
| 355 ... 400 | | | | | | | | | | | | | | | -93<br>-150 | -187<br>-244 |
| 400 ... 450 | 0<br>-27 | +40<br>0 | +33<br>-7 | -10<br>-50 | -27<br>-67 | -55<br>-95 | 0<br>-40 | +165<br>+68 | +83<br>+20 | +63<br>0 | +43<br>-20 | +18<br>-45 | 0<br>-63 | -17<br>-80 | -103<br>-166 | -209<br>-272 |
| 450 ... 500 | | | | | | | | | | | | | | | -109<br>-172 | -229<br>-292 |

## جدول رقم(٤)

نموذج من جدول انفاوت للاعمدة والثقوب

| البعد الاسمي من ... الى مم | ثقب | أعمدة | | | | | | | | ثقب | أعمدة | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | h9 | C11 | D10 | E9 | F8 | H8 | H11 | J9/JS9[2] | P9 | h11 | A11 | C11 | D10 | H11 |
| 1... 3 | 0<br>− 25 | + 120<br>+ 60 | + 60<br>+ 20 | + 39<br>+ 14 | + 20<br>+ 6 | + 14<br>0 | + 60<br>0 | + 12,5<br>− 12,5 | − 6<br>− 31 | 0<br>− 60 | + 330<br>+ 270 | + 120<br>+ 60 | + 60<br>+ 20 | + 60<br>0 |
| 3... 6 | 0<br>− 30 | + 145<br>+ 70 | + 78<br>+ 30 | + 50<br>+ 20 | + 28<br>+ 10 | + 18<br>0 | + 75<br>0 | + 15<br>− 15 | − 12<br>− 42 | 0<br>− 75 | + 345<br>+ 270 | + 145<br>+ 70 | + 78<br>+ 30 | + 75<br>0 |
| 6... 10 | 0<br>− 36 | + 170<br>+ 80 | + 98<br>+ 40 | + 61<br>+ 25 | + 35<br>+ 13 | + 22<br>0 | + 90<br>0 | + 18<br>− 18 | − 15<br>− 51 | 0<br>− 90 | + 370<br>+ 280 | + 170<br>+ 80 | + 98<br>+ 40 | + 90<br>0 |
| 10... 18 | 0<br>− 43 | + 205<br>+ 95 | + 120<br>+ 50 | + 75<br>+ 32 | + 43<br>+ 16 | + 27<br>0 | + 110<br>0 | + 21,5<br>− 21,5 | − 18<br>− 61 | 0<br>− 110 | + 400<br>+ 290 | + 205<br>+ 95 | + 120<br>+ 50 | + 110<br>0 |
| 18... 30 | 0<br>− 52 | + 240<br>+ 110 | + 149<br>+ 65 | + 92<br>+ 40 | + 53<br>+ 20 | + 33<br>0 | + 130<br>0 | + 26<br>− 26 | − 22<br>− 74 | 0<br>− 130 | + 430<br>+ 300 | + 240<br>+ 110 | + 149<br>+ 65 | + 130<br>0 |
| 30... 40 | 0<br>− 62 | + 280<br>+ 120 | + 180<br>+ 80 | + 112<br>+ 50 | + 64<br>+ 25 | + 39<br>0 | + 160<br>0 | + 31<br>− 31 | − 26<br>− 88 | 0<br>− 160 | + 470<br>+ 310 | + 280<br>+ 120 | + 180<br>+ 80 | + 160<br>0 |
| 40... 50 | | + 290<br>+ 130 | | | | | | | | | + 480<br>+ 320 | + 290<br>+ 130 | | |
| 50... 65 | 0<br>− 74 | + 330<br>+ 140 | + 220<br>+ 100 | + 134<br>+ 60 | + 76<br>+ 30 | + 46<br>0 | + 190<br>0 | + 37<br>− 37 | − 32<br>− 106 | 0<br>− 190 | + 530<br>+ 340 | + 330<br>+ 140 | + 220<br>+ 100 | + 190<br>0 |
| 65... 80 | | + 340<br>+ 150 | | | | | | | | | + 550<br>+ 360 | + 340<br>+ 150 | | |
| 80...100 | 0<br>− 87 | + 390<br>+ 170 | + 260<br>+ 120 | + 159<br>+ 72 | + 90<br>+ 36 | + 54<br>0 | + 220<br>0 | + 43,5<br>− 43,5 | − 37<br>− 124 | 0<br>− 220 | + 600<br>+ 380 | + 390<br>+ 170 | + 260<br>+ 120 | + 220<br>0 |
| 100...120 | | + 400<br>+ 180 | | | | | | | | | + 630<br>+ 410 | + 400<br>+ 180 | | |
| 120...140 | 0<br>− 100 | + 450<br>+ 200 | + 305<br>+ 145 | + 185<br>+ 85 | + 106<br>+ 43 | + 63<br>0 | + 250<br>0 | + 50<br>− 50 | − 43<br>− 143 | 0<br>− 250 | + 710<br>+ 460 | + 450<br>+ 200 | + 305<br>+ 145 | + 250<br>0 |
| 140...160 | | + 460<br>+ 210 | | | | | | | | | + 770<br>+ 520 | + 460<br>+ 210 | | |
| 160...180 | | + 480<br>+ 230 | | | | | | | | | + 820<br>+ 580 | + 480<br>+ 230 | | |
| 180...200 | 0<br>− 115 | + 530<br>+ 240 | + 355<br>+ 170 | + 215<br>+ 100 | + 122<br>+ 50 | + 72<br>0 | + 290<br>0 | + 57,5<br>− 57,5 | − 50<br>− 165 | 0<br>− 290 | + 950<br>+ 660 | + 530<br>+ 240 | + 355<br>+ 170 | + 290<br>0 |
| 200...225 | | + 550<br>+ 260 | | | | | | | | | + 1030<br>+ 740 | + 550<br>+ 260 | | |
| 225...250 | | + 570<br>+ 280 | | | | | | | | | + 1110<br>+ 820 | + 570<br>+ 280 | | |
| 250...280 | 0<br>− 130 | + 620<br>+ 300 | + 400<br>+ 190 | + 240<br>+ 110 | + 137<br>+ 56 | + 81<br>0 | + 320<br>0 | + 65<br>− 65 | − 56<br>− 186 | 0<br>− 320 | + 1240<br>+ 920 | + 620<br>+ 300 | + 400<br>+ 190 | + 320<br>0 |
| 280...315 | | + 650<br>+ 330 | | | | | | | | | + 1370<br>+ 1050 | + 650<br>+ 330 | | |
| 315...355 | 0<br>− 140 | + 720<br>+ 360 | + 440<br>+ 210 | + 265<br>+ 125 | + 151<br>+ 62 | + 89<br>0 | + 360<br>0 | + 70<br>− 70 | − 62<br>− 202 | 0<br>− 360 | + 1560<br>+ 1200 | + 720<br>+ 360 | + 440<br>+ 210 | + 360<br>0 |
| 355...400 | | + 760<br>+ 400 | | | | | | | | | + 1710<br>+ 1350 | + 760<br>+ 400 | | |
| 400...450 | 0<br>− 155 | + 840<br>+ 440 | + 480<br>+ 230 | + 290<br>+ 135 | + 165<br>+ 68 | + 97<br>0 | + 400<br>0 | + 77,5<br>− 77,5 | − 68<br>− 223 | 0<br>− 400 | + 1900<br>+ 1500 | + 840<br>+ 440 | + 480<br>+ 230 | + 400<br>0 |
| 450...500 | | + 880<br>+ 480 | | | | | | | | | + 2050<br>+ 1650 | + 880<br>+ 480 | | |

## ① المعالجات الحرارية (Heat treatment)

درست سابقا المواد الهندسية المختلفة وخصائصها وعرفت ان استخدام هذه المواد يتوقف على مدى وجود هذه الخواص المتعلقة بذلك التطبيق او عدمه وانه يمكن تعديل هذه الخواص بعدة طرق متها المعالجات الحرارية .

### المعالجات الحرارية:

يمكن يعريف عمليات المعالجات الحرارية بانها عملية تسخين للمعدن الى درجة معينه ومن ثم تبريده بمعدل محدد لاحداث تغيير في خصائص المعدن الميكانيكية .

تجري عمليات المعالجات الحراريه على صلب الفولاذ (steel ) وتهدف عمليات المعالجه الحرارية هذة الى تقسية المعدن او تغليفه (تقسية سطحية) او التطبيع او ازالة الاجهادات وتعتمد كفاءة العمليه على نسبة الكربون ومعدل التبريد . كما ويمكن ان تتم بعض عمليات المعالجة الحرارية لمعادن غير حديدية .

## ١ - ٣ صلب الفولاذ (steel)

هو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون وتتراوح نسبة الكربون فيها من ٠٣٥ , ٠٪ الى ٢٪ ويتحد الكربون مع الحديد كيميائيا مشكلا كربيد الحديد ($Fe_3O$) وهو ما يعرف باسم السيمنتيت ويمكن تصنيف الفولاذ حسب نسبة الكربون الى ما يلي :

١ - ١ - ٣ الفولاذ متوسط الكربون :

ويحتوي هذا الفولاذ نسبة من الكربون تساوي ٨٦ , ٠٪ ويعرف بالفولاذ اليوتكتويدي (eutectoid) وهو يحوي كمية متوازنة من بلورات الحديد النقي (Fe) والمعروف بالفريت وكربيد الحديد ($Fe_3O$) السيمنتيت وتتشكل بلورات متماثلة تسمى البيرليت بسبب مظهرها الشبيه بالصدف في الصور المجهريه .

٢ - ١ - ٣ الفولاذ منخفض الكربون :

ويحتوي هذا الفولاذ نسبة من الكربون اقل من ٨٦ , ٠٪ تساعده على تكوين كمية من بلورات البيرليت مع بقاء جزء من بلورات الحديد النقي (الفريت) وبذلك تكون بلوراته عبارة عن خليط من الفرايت والبيرليت .

٣ - ١ - ٣ الفولاذ مرتفع الكربون :

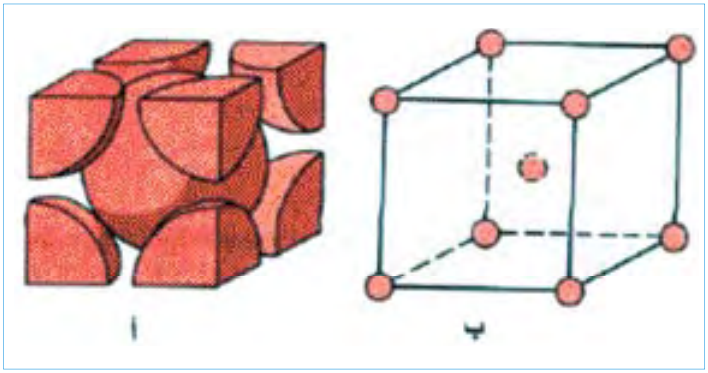
ويحتوي هذا الفولاذ نسبة من الكربون اكبر من ٨٦ , ٠٪ تساعده على تكوين كمية من بلورات البيرليت مع

بقاء جزء من بلورات كربيدالحديد (السيمنتيت) وبذلك تكون بلوراته عبارة عن خليط من السيمنتيت والبيرليت . وهو اصلد مكونات بنية الحديد .

## ٢ - ٣ البناء البلوري

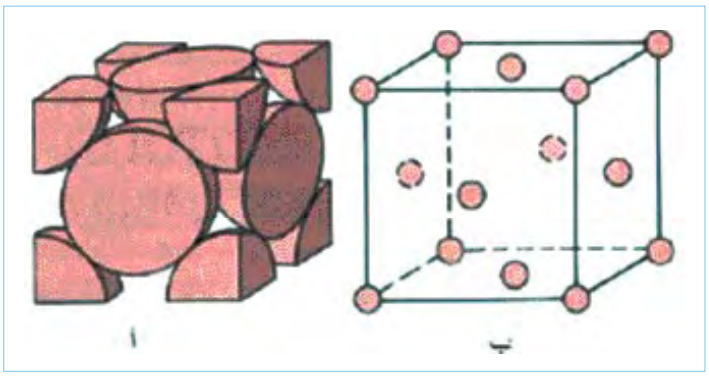
إن جميع الأجسام الصلبة تكون إما غير متبلورة ( لا شكلية ) أو متبلورة . و تكون الذرات في المواد غيرا لمتبلورة ، مثل الخشب و المطاط مرتبطة يبعضها البعض دون انتظام . آما المواد المتبلورة و منها المعادن تكون الذرات منسقة بترتيب فراغي متميز للمعدن في الحالة الصلبة . فمثلا تنتظم ذرات الحديد عند تجمده في بناء بلوري يشبه المكعب .

بالنسبة للفريت في درجة حرارة الغرفة تكون هناك ذرة حديد واحدة في كل ركن من الأركان الثمانية للمكعب البلوري ، و ذرة في مركز المكعب مشكلة بناء بلوري متمركز الجسم (BCC) كما في الشكل (٥-٧) .



شكل (٥-٧) بناء بلوري متمركز الجسم (BCC)

اما بالنسبة للاوستنيت يكون كل ركن من الأركان الثمانية محتلا بذرة من الحديد بينما يكون مركز المكعب فارغا . و في مقابل ذلك توجد ذرة من الحديد في مركز كل سطح من سطوح المكعب . مشكلة بناء بلوري متمركز الوجه((FCC كما في الشكل (٥-٨) .



شكل (٥-٨) بناء بلوري متمركز وجهي (FCC)

بتسخين الفولاذ يتحول البناء البلوري من متمركز الجسم(BCC) إلى البناء البلوري متمركز وجهي ((FCC .

و بالعكس يتحول البناء متمركز الوجه بالتبريد البطيء إ إلى بناء متمركز الجسم . ويستطيع البناء البلوري للحديد ذو التمركز ألوجهي التقاط الكربون و إذابته لخلو مركز المكعب من الذرات ، بعكس البناء البلوري ذوالتمركز الجسمي الذي يكون مركزه مشغولا بذرة من الحديد . لذا يكون الأوستنيت (متمركز الوجه) قادرا على التقاط الكربون و إذابته في حين لا يكون ذلك ممكنا للفريت ( متمركز الجسم) .

## ٣ - ٣ منحنى الاتزان الحراري للحديد والكربون

ان البناء البلوري للفولاذ يحدد خصائصه الميكانكية كما ان هذا البناء البلوري يتوقف على درجة الحرارة ونسبة الكربون وعليه فان اي تعديل او تغيير لهذه الخصائص يتطلب تغييرالبناء البلوري (نقل الفولاذ من طور الى طور اخر ) ويتم ذلك بتسخين المعدن الى درجة حرارة معينة يتحول عندها المعدن الى ما يعرف بالمحلول الصلب غير المستقر ثم يتم التبريد بمعدل تبريد محدد يعمل على اعادة البناء البلوري بالشكل المطلوب .

الشكل (٣) يوضح مخطط التوازن الحراري بين الحديد و الكربون والحالات المختلفة للبنية ( الاطوار المختلفة) التي تتوقف على درجة الحرارة و نسبة الكربون في الحديد .

### ٣ - ٣ - ١ التسخين :

ان عملية التحول الى محلول صلب تتم على درجة ٧٢٣درجة مئوية و تعتمد على حالة الفولاذ الموجود فعند تسخين الفولاذ الحاوي على الكربون بنسبة ٠,٨٦ ٪ ( بيرليت) يتحطم البرليت و ينحل الكربون و الحديد تماما . و يتم ذلك كله في الحالة الصلبة

وينشآ المحلول الصلب . و تدعى البنية الجديدة المتكونة بالأوستنيت نسبة إلى الباحث الإنجليزي أوستن اما عند تسخين الفولاذ الحاوي على نسبة أقل من (٠,٨٦ ٪) من الكربون (بيرليت وفيريت ) يتحول البرليت عند درجة ٧٢٣ درجة مئوية واممثلة بالخط (P ، S) في الشكل رقم (٥-٩) الى محلول صلب (أوستنيت) بينما يبقى الفريت محافظا على شكله ويتحول عند وصول التسخين الى الخط (G ، S) (نقاط التوقف العليا) إلى أوستنيت . اما عند تسخين الفولاذ الحاوي على نسبة أكثر من (٠,٨٦ ٪ ) من الكربون (برليت وسيمنتيت ) فانه عند تخطي الخط ( S ، K ) ، يتحول البرليت إلى أوستنيت . بينما يبقى السيمنتيت محافظا على شكله ويلزم تسخين الفولاذ بمقدار ( ٣٠° إلى ٦٠° ) فوق الخط (G ، S ، K) لضمان حدوث تغير كاف في البنية .

### ٣ - ١ - ٢ التحولات العكسية عند التبريد :

أ . التحول العكسي عند التبريد البطيء :

تعود البنية الأصلية للفولاذ بعد تبريده تبريدا بطيئا ، و يتحول االبناء البلوري المتمركزالأوجه عند خط ( G ، S ، P ) عائدا إلى بلورات متمركزة الجسم ، و التي يمكنها تكوين حبيبات من الفريت أو البرليت أو السيمنتيت ، و ذلك حسب نسبة الكربون ، و يتم تحرر جميع ذرات الكربون من البلورات المتمركزة الأوجه لبنية الأوستنيت عند درجة الحرارة التي تقل عن درجة ٧٢٣C

ب . التحول العكسي عند التبريد السريع :

يتم كبت بنية البرليت عند التبريد السريع . و رغم تحول البلورات من هيئة متمركزة الأوجه إلى هيئة متمركزة الجسم ، إلا آن ذرات الكربون تثبت في الأماكن التي كانت تحتلها في حالة الأوستنيت .

و حيث إن البلورات المتمركزة الأوجه أصغر في الحجم من البلورات المتمركزة الأوجه ، فان الشبكات تتشوه و تنشآ فيها إجهادات بسبب الكربون المقحم عليها قسرا . و يؤدى حدوث هذه الإجهادات في الشبكة إلى نشوء بنية صلدة قصيفة أبرية تسمى المارتنسيت ( MARTENSITE ) ، مما ينتج عنه فولاذ مصلد .

## ٣ - ٤ عمليات المعالجات الحرارية

تتم عمليات المعالجات الحرارية لاهداف مختلفة وبطرق مختلفة :

٣ - ٤ - ١ التصليد (التقسية) (Hardening)

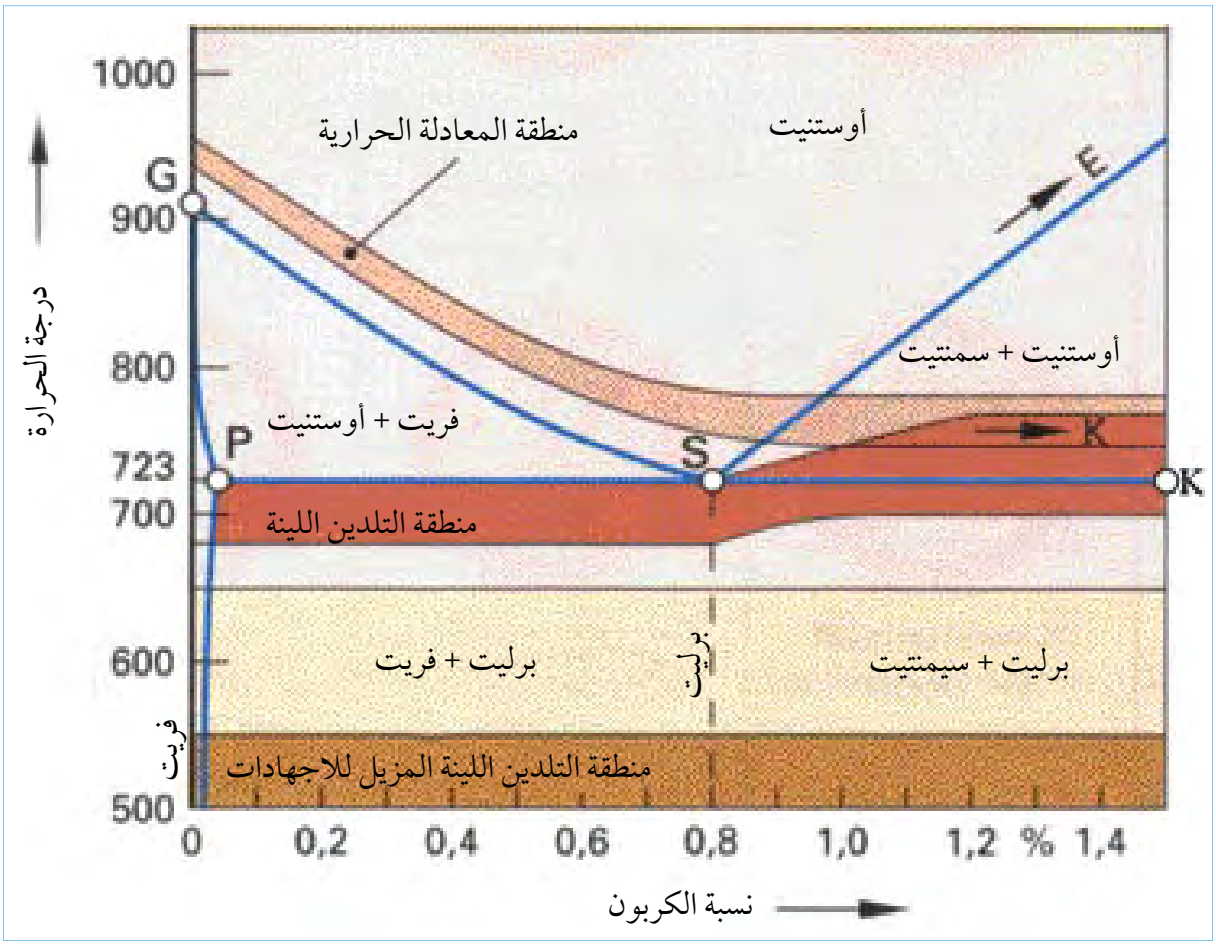
٣ - ٤ - ٢ التغليف (التقسية السطحية) (Case-Hardening)

٣ - ٤ - ٣ المراجعة الحرارية (Tempering)

٣ - ٤ - ٤ التطبيع (الاستعدال) (Normalizing)

٣ - ٤ - ٥ التخمير (التلدين) (Annealing)

ويظهر في الشكل (٥-٩) المجالات المختلفة لدرجات الحرارة التي تتم عليها عمليات المعالجات الحرارية .




شكل (٥-٩) بمخطط التوازن الحراري بين الحديد والكربون

التصليد (التقسية)

تهدف عملية التقسية الى زيادة صلادة الحديد الكربوني وذلك وذلك بتغيير البناء البلوري من خلال اعادة ترتيب ذرات الكربون وتتضمن العملية تسخين الفولاذ الى درجة حرارة معينة ثم تبريده بمعدل تبريد محدد .

وهكذا فان عملية التسخين والتبريد تعتمد على نسبة الكربون وكذلك فان الفولاذ المحتوي على كمية قليلة من الكربون (الفريت يحتوي على نسبة اقل من ٠٣٥ , ٠٪ من الكربون) لا يمكن تصليده .

اما اذا كانت نسبة الكربون بين (٠٣٥ , ٠٪-٨٦ , ٠) فان التسخين الى درجة حرارة ٧٢٣ يتضمن تحول البيرلايت فقط الى اوستنيت بينما تبقى كمية من الفريت يتطلب تسخينها الى درجة حرارة اعلى ودرجة الحرارة العليا هذة تقل حتى تصل نسبة الكربون الى ٨٦ , ٠٪ لتكون درجة الحرارة اعلى من ٧٢٣ بحوالي ٣٠-٦٠ درجة (٧٥٠-٧٨٠) وتثبت درجة حرارة التسخين هذة بازدياد نسبة الكربون وذلك كما يوضح الخط (G، S، K) في

الشكل (٥-٩).

ويجدر ملاحظة عدم عدم تجاوز درجة حرارة التسخين للتقسية الحدود المبينة اذ تؤدي الزيادة الى ابطاء عملية التبريد وخفض درجة الصلادة . واذا لم يتم التسخين الى حدود درجات الحرارة المبينة فلن تتم التقسية مهما زاد معدل التبريد.

**اما الخطوة التالية** في عملية التصليد فهي التسقية وهي التبريد الفجائي للمعدن المسخن (الاوستنيت ) لمنع اعادة تكوين البناء البلوري الاصلي وتشكيل بناء بلوري يعرف بالمارتنزيت ويعتمد معدل التبريد على نوع وسيط التبريد المستخدم. **وهناك ثلاثة انواع من وسيط التبريد وهي :**

**ا- الماء :** ويعتبر الماء وسيطا سريع التيريد.
**ب- الزيت :** ويعتبر الزيت وسيطا متوسط التيريد.
**ج- الهواء :** ويعتبر الهواء وسيطا بطيء التيريد.

٥-٢) التغليف (التقسية السطحية) (Case-Hardening):

تهدف عملية التغليف (التقسية السطحية) الى زيادة صلادة القطعة لمقاومة التآكل (تغليفه) مع البقاء على قلبها طريا لمقاومة قوى الصدم المفاجئة وتتم هذة للقطع التي تتعرض للاحتكاك وللصدمات المفاجئة مثل اسنان التروس واعمدة المرفق واعمدة المكابس و الجكات الهيدروليكية.

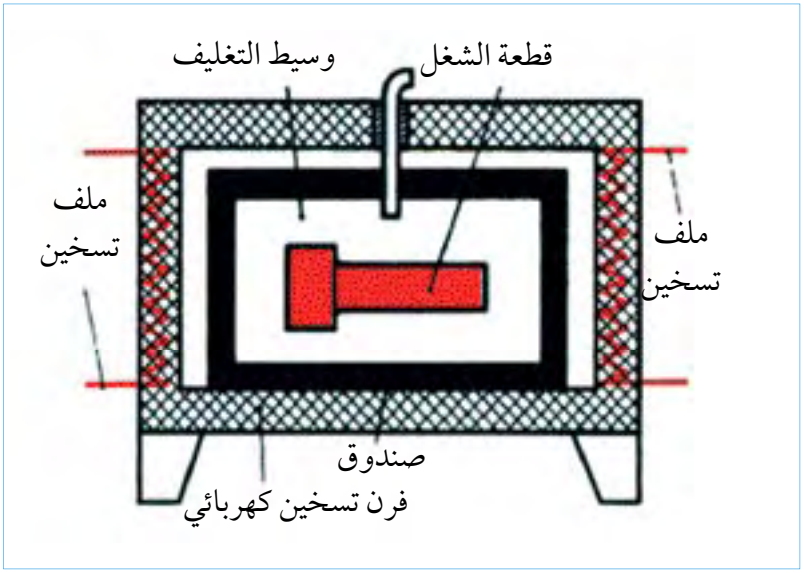
وللمحافظة على متانة القلب يجب ان لا تزيد نسبة الكربون عن ٠٣٥ , ٠٪ ولتحقيق صلادة الطح يجب ان تكون نسبة الكربون اعلى من ٨٦ , ٠٪ .

وتتم هذه العملية بزيادة نسبة الكربون في الطبقات الخارجية (الكربنة) لقطعة مصنوعة من فولاذ غير قابل للتصليد ومن ثم معالجتها حراريا.

١- الكربنة :

عندما يتم تسخين الفولاذ المحتوي على نسبة قليلة من الكربون الى درجة معينة يصبح مؤهلا لامتصاص الكربون عند تعريضه لماد مطلقة للكربون. وقد تكون هذه المادة صلبة مثل فحم العظم او فحم الخشب مع كربونات الباريوم او منصهره مثل سيانيد الصوديوم مع الكربون او غازية مثل غاز الميثان وتتم الكربنة باحدى الطرق التالية :

١- الكربنة بالدفن : حيث توضع القطعة في صناديق تحتوي المادة المكربنة ويتم اغلاقها باحكام كما في الشكل (١٠-٥) ويتم تسخين الصندوق بمحتوياته الى درجة حرارة تتراوح ٨٨٠-٩٣٠ درجة مئوية ولفترة تتراوح بين خمس ال عشرة ساعات تحدد عمق الطبقة المكربنة والتي تتراوح بين ١٥ , ٠-٢ملم .



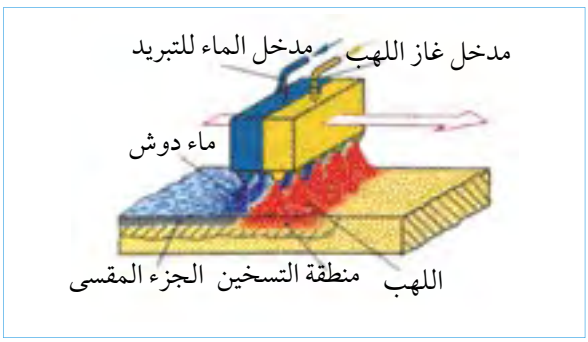

شكل (٥-١٠) عملية الكربنة

وقد يكون المطلوب تصليد اجزاء محددة من السطح دون اجزاء اخرى ويتم تغطية الاجزاء التي لا يراد تصليدها بمعجون خاص او بالنحاس .

٢- الكربنة في الحمام الملحي : حيث تغطس القطعة في حوض يحتوي على المادة المكربنة منصهرة (سيانيد الصوديوم مع الكربون ) ويتم التسخين الى درجة حرارة تتراوح ٨٨٠-٩٣٠ درجة مئوية . وقد يصل عمق الكربنة الى ٥ , ٠ ملم خلال نصف ساعة او الى ٨ , ٠ ملم خلال ساعة وتمتاز هذة الطريقة بالسرعة كما ان الكربنة تكون اكثر تجانسا وحبيبات السطح اكثر نعومة .

٣- الكربنة بالغاز :

حيث يتم تسخين القطعة في محيط غازي يتكون يتكون من غاز الميثان الى درجة حرارة تصل ال ٨٨٠-٩٣٠ . وتستخدم هذة الطريقة في الانتاج الكمي عندما لا يزيد سمك الغلاف المطلوب على ١ ملم . وتسمى ايضا هذه العملية التصليد باللهب وتمتاز بامكانية تصليد مناطق محدده على السطح كما يظهر الشكل (٥-١١) .




شكل (٥-١١) عملية الكربنة بالغاز

٢- المعالجة الحرارية بعد الكربنة :

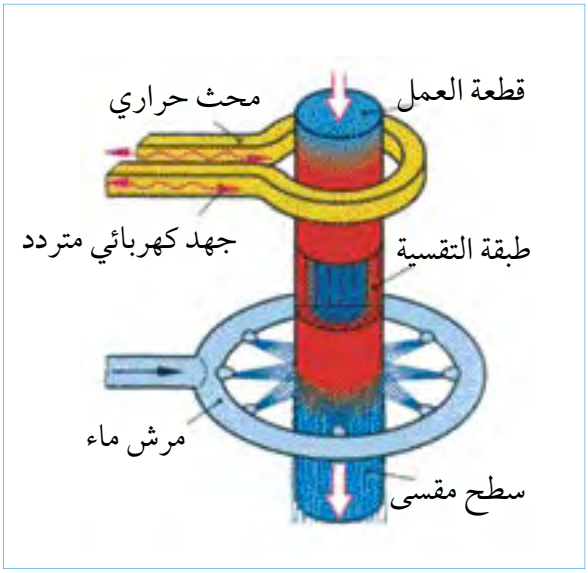
بعد تتم كربنة سطح القطعة ( نسبة الكربون في الطبقات السطحية اعلى من ٨٦ , ٠٪) يتم تنعيم حبيبات القلب وذلك بتسخينها اى درجة حرار قد تصل الى ٩٠٠ درجة مئوية ثم تبريدها فجأة ثم يصبح السطح جاهزا لعملية التقسية (التصليد) والتي تتم كما تم شرحها سابقا بتسخين القطعه الى درجة حرارة من ٧٥٠- ٧٨٠ بحيث

لايتأثر القلب التي اصبحت حبيباته ناعمة ثم التبريد السريع .

**وهناك طرق اخرى للتصليد السطحي دون معالجة حرارية بعد الكربنة حيث تتم الكربنة والمعالجة معا ومنها :**

١- التصليد بالحث :

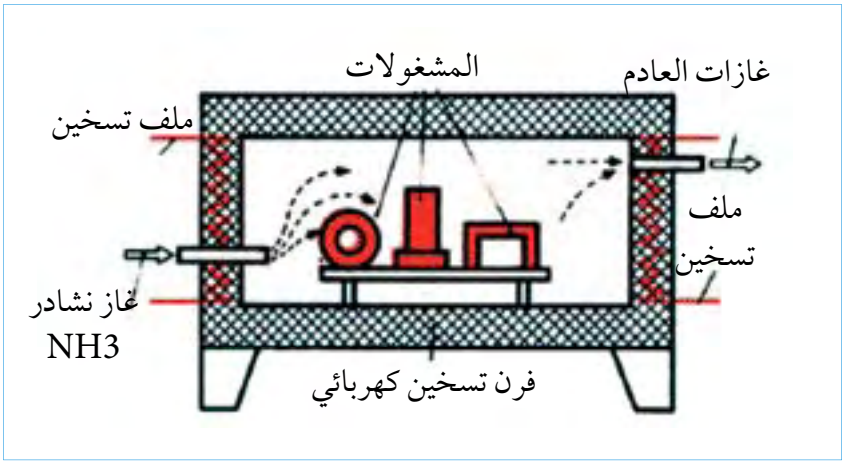
حيث يتم تسخين الطبقةالسطحية بواسطة تيار كهربائي حثي ناتج عن ملف لانتاج مجال مغناطيسي (محث) حيث يؤدي التيار إلى ارتفاع سريع في درجة حرارة الطبقة السطحية المطلوب تصليدها حيث يبلغ عمق التصليد من ٠,٢ mm إلى ٥٠ mm و تستخدم هذه العملية في أغلب الأحوال للمشغولات السابق تصليدها و طبيعتها ( تجويدها ) وتمتاز هذه العملية بإمكانيه واسعة لتحديد عمق طبقة التصليد ، قلة التشوه ، عدم ارتفاع درجة الحرارة في الأسطح اكثر من اللازم . والشكل (٥-١٢) يوضح هذة العملية .




شكل (٥-١٢) التصليد بالحث

٢- التصليد بالنتردة :

حيث توضع القطعة في فرن كهربائي عند حرارة درجة حرارة ٥٥٠ c و تعرض لتيار من غاز يحتوي على ا لنيتروجين ( مثلا النشادر $NH_3$ ) . و يتم التصليد دون معالجة حرارية لاحقة نتيجة تغلغل النيتروجين ، وتكوين النيتريدات ذات الصلادة العالية والمقاومة للبري . و يستخدم الفولاذ السبائكي المحتوي على الألومينيوم أو الفانديوم أو الكروم لأن هذه المعادن السبائكية تساعد على تغلغل النيتروجين وتمتاز هذه العمليةبالصلادة العالية و مقاومة شديدة للبري و قدرة على الاحتفاظ بالصلادة حتى درجة حرارة ٥٥٠ والشكل (٥-١٣) يوضح هذة العلية ومعداتها




شكل (٥-١٣) عملية الكربنة بالنتردة

٥-٣) المراجعة الحرارية (Tempering) :

تصبح القطع بعد تصليدها مباشرة هشة غير صالحة للاستخدام وعليه لا بد من زيادة متانتها ويتم ذلك من خلال اعادة تسخينها الى درجة حرارة معينة حسب الغرض من الاستخدام ثم اعادة تبريدها وتعى هذة العملية بالمراجعة الحرارية ويبين الجدول رقم(١) درجات الحرارة المناسبة للمراجعة الحرارية للفولاذ حسب الاستخدام .

٥-٤) التطبيع (الاستعدال) (Normalizing) :

وتهدف هذة العملية الى التخلص من الجهادات الداخلية الناتجة عن عمليات االقطع والتشغيل والتشغيل على البارد والتي تودي التشوه اشكال الحبيبات وتغير حجمها والذي يؤدي الى نشوء اجهادات داخلية .

وتتم عملية التطبيع بتسخين الطع الى ما فوق درجة الحرارة العليا كما في الشكل (٨) والتي تحددها نسبة الكربون ثم تبريدها في الهواء مع تجنب التبيارات الهوائية . مما يؤدي الى تصغير حجم الحبيبات وانتظام اشكالها . وتؤدي هذه العمليةالى انخفاض مطيلية الفولاذ وزيادة مقومته للاجهادات .

٥-٥) التخمير (التلدين) (Annealing) :

وتهدف هذه العملية الى تحويل الفولاذ الكربوني الصلد الى فولاذ طري مطيل مناسبا للتشكيل على البارد (cold-working) وقابلا لعمليات القطع والتشغيل . وتتم العملية بتسخين القطعة الى درجة حرارة معينه يحددها ، و إبقاؤها عند درجة الحرارة هذه ، ثم تبريدها في المعتاد بشكل بطيء . وتتم باحدى طريقتين :

١- التخمير لإزالة الإجهادات :

عند اجراء عمليات تشغيل على البارد مثل الطرق والسحب للفولاذ الذي تقل نسبة الكربون فيه عن ٠,٤٪ فانه يتعرض للتقسية ولازالة الجهادات فانه يتمتسخينه الى درجةحراره تتراوح من ٦٠٠-٧٠٠ درجة مئويةومن ثم تركها لتبرد ببطء شديد .

٢- التخمير للتطرية :

و ينتج عن هذه العملية خفض صلادة الفولاذ الكربوني حتى يصبح صالح للتشغيل بسهولة . وتتم برفع درجة حرارة القطعة حوالي ٥٠ درجة فوق الدرجة الحرجة العليا للفولاذ دون اليوتكتويدي و٥٠

درجة فوق الدرجة الحرجة االدنيا للفولاذ فوق اليوتكتويدي ثم تترك القطعة الى ان تبرد وتصل درجة حرارتهاالى درجة حرارة الغرفة .

## ٣ - ٥ عمليات المعالجة الحرارية للمعادن غير الحديدية

درست سابقا عن المعادن بانواعها وتعرفت بعض المعادن غير الحديدية وخصائصها واستخداماتها .

و من اهم هذه المعادن سبائك النحاس وسبائك الالومنيوم ويمكن ان يتم تعديل خصائص هذة المعادن بالمعالجات الحرارية .

### ٣ - ٥ - ١ سبائك النحاس :

يمكن تشكيل سبائك النحاس على البارد مثل الدرفلة وهذا يكسبها صلادة الا انها تزداد هشاشتها وهذا يتطلب اجراء عملية تخمير وتتم لاعادة المطيلية وتتم العملية بتسخين النحاس الى درجة حرارة من ٧٦٠-٩٨٠ درجة مئوية وبعد ذللك يتم تبريده .

ان معدل التبريد يعتمد على نوع سبيكة النحاس . فاذا كانت من النحاس الصفر فان معدل التبريد لا يؤثر على العملية بينما يتم التبريد ببطء اذا كانت القطعة من النحاس الاحمر .

### ٣ - ٥ - ١ سبائك الالومنيوم

يمكن تشكيل سبائك الالومنيوم ايضا على البارد مثل سبائك النحاس وتتم معالجاتها حرارية لاسترجاع المطيلية وذلك من خلال التسخين الى درجة حرارة تتراوح بين ٣٤٣-٤١٣ درجة مئوية ثم تبريده ومنثم اعادة التسخين ثانية الى درجة حرارة اقل

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

٦

# مفاهيم ومبادئ التحكم الرقمي

# المحوسب(CNC)

# الوحـــدة ٦ مفاهيم ومبادئ التحكم الرقم(CNC)

بعد إنتهاء الحرب العالمية الثانية، ومع زيادة الطلب على منتجات أكثر تعقيدا، تم اختراع ماكينات التحكم الرقمي(NC)(Numerical control) لتحد بشكل فعال من الحاجة الماسة لعمالة ماهرة لتشغيل نظم التصنيع، ومنذ خمسينات القرن العشرين الميلادي حدثت عدة تطورات علمية وتقنية، وكان من أبرزها اختراع الحاسب الذي يشكل العمود الفقري لتطور عدة تقنيات صناعية من تحكم رقمي وروبوت وتصنيع مدعم بالحاسب (CAM) ونظم تصنيع مرنة (FMS) وقد وفرت هذه التقنيات المبنية على الحاسب إمكانية تصنيع منتجات على دفع صغيرة بتكلفة منخفضة، وبشكل مستمر أخذ الحاسب في ازاحة أومساعدة العامل البشري في اتخاذ القرار.

ولمواكبة هذه التطورات لابد من اعداد الكوادر ذات القدرات الفنية العالية للتعامل مع هذه التقنية والتدريب عليها، لذلك لابد من الاشارة الى بعض المفاهيم الاساسية في التشغيل المحوسب.

### ○○○○ الأهداف ○○○○

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحده أن تصبح قادرا على أن:

١. تتعرف نظم التحكم الرقمي.
٢. تحدد مكونات نظم التحكم الرقمي.
٣. تميز أنواع أنظمة السيطرة العددية.
٤. تميز بين مفهوم DNC و CNC.
٥. تتعرف مفهوم الأتمتة.
٦. تتعرف مفهوم التصنيع المرن(FMS).
٧. تتعرف مفهوم التصنيع المتكامل(CIM).
٨. تميز أنواع الحركات في مكائن الCNC.
٩. تتعرف صيغ برمجة وخاصة G-cod.
١٠. تقارن بين المكائن التقليدية و المبرمجة.
١١. تتعرف مزايا وعيوب المكائن المبرمجة.

## ١ نظم التحكم الرقمي

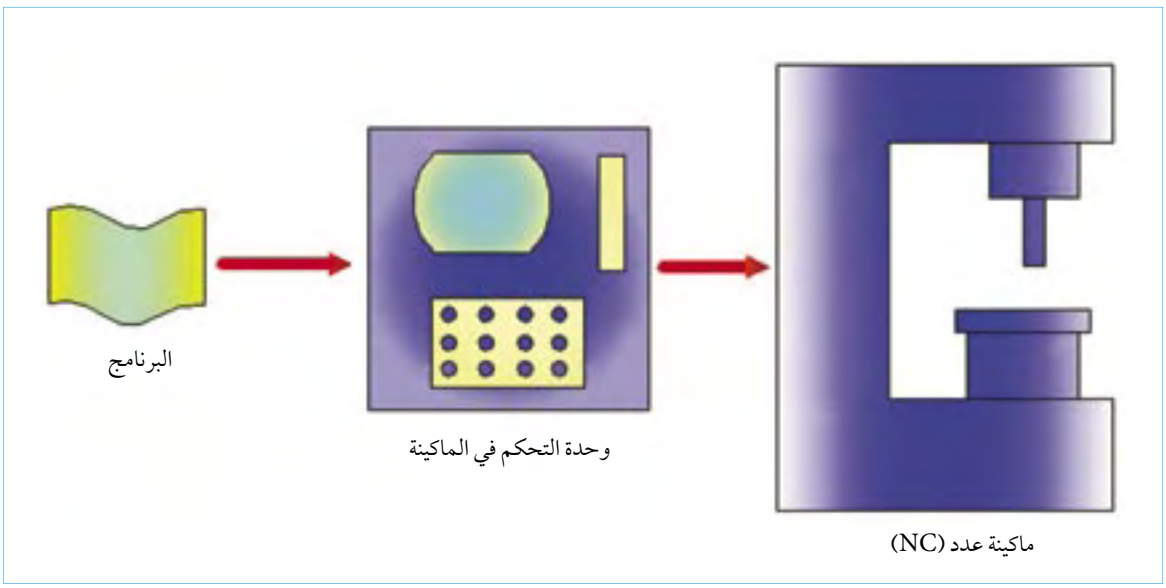
وهو احد انواع نظم الاتمته المبرمجه والذي يتم فيه تشغيل الماكنه والتحكم في عملها بواسطه الارقام والحروف والرموز هذه كلها يتم صياغتها ضمن صيغه مناسبه تعطي برنامجا يحتوي على تعليمات خاصه لانتاج مشغوله معينه او لاداء وظيفه محدده . ان امكانيه تغيير ذلك البرنامج جعلت نظم التحكم الرقمي ذات مرونه عاليه . اما نظام التحكم الرقمي المعزز بالحاسوب (Computer Numerical Control)(CNC) فيتضمن توظيف الحاسوب في عمليه التحكم بعمل الماكنه ذات مبدأ التحكم الرقمي .

**تمتد تطبيقات نظم التحكم الرقمي على مدى واسع من العمليات ويمكن تقسيمها الى صنفين رئيسيين هما :**

١. تطبيقات الات التشغيل او القطع Machine Tools مثل عمليات التفريز والخراطه والتثقيب والتجليخ . . . الخ .
٢. تطبيقات غير تشغيليه Non Machine Tools مثل عمليات السيطره على الموقع النسبي بين الاداه Tool والمشغوله Work Piece

**يتالف نظام التحكم الرقمي بشكل اساسي كما هو مبين في الشكل(٦-١) من المكونات التاليه :**

١. البرنامج Program of Instructions
٢. وحده التحكم للماكنه Machine Control Unit
٣. معده او ماكنه العمل Processing Equipment




شكل(٦-١) مكونات نظام التحكم الرقمي

## ١ - ١ مراحل تطور نظام التحكم الرقمي المحوسب

لقد بدأ هذا النظام من الفترة مابين عام ١٩٤٧-١٩٥٢م وتطور سريعا نتيجة لحاجة انتاج الأجزاء الدقيقة الخاصة بالطائرات وبالتحديد معدات الفضاء، ونظرا لطبيعة هذه الأجزاء المعقدة فإنها تحتاج الى وقت طويل لضبط العلاقة بين العدة والشغلة قبل بدء الانتاج وهذا يؤدي الى زيادة زمن الانتاج وبالتالي زيادة التكلفة، ولتقليل زمن الانتاج فإن المحاولات بدأت في ضبط العلاقة بين العدة والشغلة أتوماتيكيا، فتم صنع اول آلة محوسبه في الولايات المتحده عام ١٩٥٢م، اما في اليابان فقد بدء باجراء دراسات لانتاج اله عام ١٩٥٥م الى ان اكتمل انتاج الة عام ١٩٥٧م وقد رافق تطور هذه الصناعه في اليابان تطور في مجال الالكترونيات والبرمجيات .

## ١ - ٢ مفاهيم ترتبط مع نظم التحكم الرقمي:

### ١) الات السيطرة العدديةNC والسيطرة العددية بالحاسوب CNC :

يمكن تعريف السيطرة العددية بأنها مجموعة من الإيعازات المتفق عليها والمسبقة التحديد معدة على وسيلة إدخال معينة (شريط مثقب مثلا ) وتغذى في وحدة السيطرة الخاصة التي تتمكن من قراءة هذه الإيعازات جزاءا بعد جزء لتترجم إلى حركة أداة القطع والسيطرة على الماكنة :

**يمكن أن نلخص أهم مزايا مكائن السيطرة العددية بما يلي :**

١. تقليل زمن تهيئة الأجزاء وتصنيعها .
٢. إعطاء مرونة أعلى للإمكانيات المتاحة في التصنيع .
٣. زيادة تماثلية ودقة الإنتاج مع تقليل نسب رفض المنتجات نتيجة أخطاء العاملين .
٤. تحتاج إلى مهارات منخفضة للمشغلين .

**أما أهم مساوئ استخدام مكائن السيطرة العددية فيمكن أن تلخص بما يلي :**

١. كلف استثمارية وإدامة عالية جدا .
٢. الحاجة إلى ملاكات مدربة للعمل على مثل هذه الأنظمة .

ومع تقدم الإلكترونيات تم إعطاء إضافات ايجابية إلى أنظمة السيطرة العددية لتصبح معرفة بأنظمة السيطرة العددية باستخدام الحاسوب (CNC) (Computer Numerical Control). تم فيه اضاقه ذاكره خزن البرمجيات لكل ماكنه كجزء مكمل للمعالج الدقيق (Microprocessor) الذي يعتبر القلب في انظمه السيطره .

**وبذلك تم جني الفوائد التاليه من خلال استخدام انظمه السيطره الرقميه باستخدام الحاسوب CNC :**

١. يستعمل شريط برامج التشغيل وقارئ الشريط لادخال المعلومات الى الذاكرة مره واحده بدلا من اعاده استخدام الشريط لكل مره عمل وبذلك تم المحافظه على الشريط .

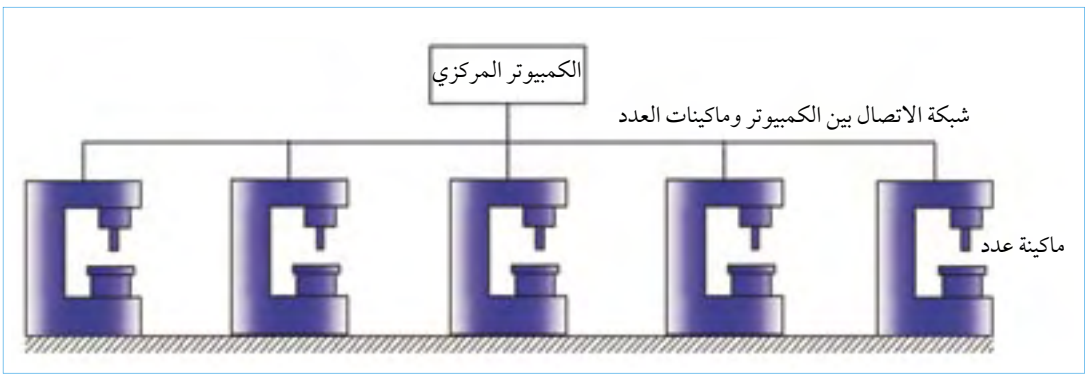
٢) اعطاء مرونه تصنيع اعلى واتاحه المجال للسيطره على عده محاور للحركه في وقت واحد مما يسهل من عمليات تصنيع الاجزاء المعقده

٣) تقليل تكلفه الانتاج نتيجه انجاز عمليات تصنيعيه مختلفه على ماكنه واحده

٤) تقليل درجه المهاره المطلوبه للمشغلين

## ٢) مفهوم السيطرة المباشرة أو الموزع DNC (Distributed /Direct Numerical Control)

وفيه يستخدم حاسوب مركزي للسيطرة على عمل مجموعة من المكائن التي تعمل بمبدأ التحكم الرقمي ويكون الحاسوب في موقع بعيد عن تلك المكائن كما هو مبين في الشكل(٦-٢)




شكل(٦-٢) نظام السيطرة المباشرة DNC

**رغم انه يستخدم كمبيوتر في كلا من نظامي أل (CNC) وال (DNC) يجب ملاحظة الفروق التالية :**

١) الكمبيوتر في أل(CNC) يتحكم في ماكينة واحدة، في حين انه يسيطر على عدد كبير من الماكينات في حالة أل (DNC).

١) الكمبيوتر يكون مكانه بعيدا عن الماكينات التي يعمل معها في نظام أل(DNC) ولكننا نجده مباشرة مع الماكينة في حالة أل(CNC).

١) الكمبيوتر في حالة أل (DNC) ليس هدفه الوحيد التحكم في الماكينات التي تعمل معه بل هو يمثل أيضا جزء من نظام توفر المعلومات لإدارة المصنع، أما بالنسبة ل (CNC) فالكمبيوتر يحصر إمكانياته لخدمة الماكينة التي تعمل معه.

### ٣) مفهوم السيطرة بواسطة الرسم (Graphical Numerical Control GNC)

وهي تقنية إعداد الرسم بما يتوافق مع نظام التحكم الرقمي وحسب نوع الماكنة المستخدمة بهدف إستعراض مسار الأداة والتحقق من صحة التعليمات الواردة في برنامج التشغيل ويتم ذلك قبل تنفيذ عملية التشغيل الفعلي.

### ٤) مفهوم السيطرة المتكيفة Adaptive Control

وهو أحد الأساليب المستخدمة في نظم التحكم بشكل عام وعند تطبيق هذا المفهوم على مكائن التحكم الرقمي يعني بناء نظام تحكم تتوفر فيه إمكانية قياس بعض متغيرات عمل الماكنة وإستخدام تلك القيم المقاسة في التحكم بعوامل تشغيل الماكنة مثل السرعة، التغذية، قوى القطع، العزوم، درجات الحرارة، الإهتزازات وغيرها والغاية من توظيف منظومة السيطرة المتكيفة هي جعل الماكنة تعمل بكفاءة عالية ومستقرة خلال العمر التصميمي لها.

وهذا بدوره يحقق جملة فوائد منها :

١. زيادة سرعة أو معدلات الإنتاج.
٢. زيادة عمر معدات القطع والعدد الأخرى.
٣. حماية المنتج وتحسن نوعيته.
٤. التقليل من إجتهاد الشخص المسؤول عن الماكنة وجعل عملية التحكم تلقائية.
٥. تسهيل عملية البرمجة للمنتجات.

### ٥) الأتمتة : Automation

إن الأتمتة بشكل عام يمكن تعريفها بأنها : عملية اتباع تسلسل معين من العمليات التصنيعية محسوب مسبقا (اي التسلسل)، مع القليل من اليد العاملة أو بدونها، وذلك باستخدام معدات وأدوات متخصصة لغرض تأدية السيطرة Control على العمليات التصنيعية.

إن الأتمتة تنجز من خلال استخدام تشكيلة متنوعة من الأجهزة Devices، المتحسسات، المشغلات، والتقنيات والمعدات القادرة على :

١. مراقبة العملية التصنيعية.
٢. اتخاذ القرارات التي تخص التغيرات الواجب عملها بالعملية التصنيعية.
٣. السيطرة على كل فقرات ومراحل العملية التصنيعية.

## أهداف الأتمتة

من خلال الأتمتة نسعى لتحقيق مجموعة من الأهداف الرئيسية :

١. تكامل مراحل العمليات التصنيعية وذلك لأجل : تحسين نوعية المنتج وتجانسه ، تقليل وقت العملية التصنيعية مقللين بذلك من الجهد ، وبالتالي تقليل كلفة العمالة .

٢. تحسين ورفع الإنتاجية ، وذلك بواسطة تقليل كلف التصنيع من خلال أفضل سيطرة على الإنتاج وحيث أن الأجزاء ستحمل وتغذى وتفرغ على الماكنات بكفاءة أعلى .

٣. تقليل تدخل الإنسان مما يؤدي الى تقليص احتمالية الأخطاء .

٤. تقليل التلف بالمشغولات الناشئ من جراء المناولة اليدوية للأجزاء والمواد .

٥. رفع مستوى الأمان للمستخدمين وبالأخص في ظروف العمل المحتوية على المخاطر .

٦. الاقتصاد بمساحة أرضية المعمل وذلك عن طريق ترتيب الآلآت ، حركة المواد والمعدات الملحقة بأعلى كفاءة ممكنة .

### ٦) . أنظمة التصنيع المرنة ( Flexible Manufacturing Systems FMS)

تعتبر انظمة التصنيع المرنه FMS من الانظمة المؤتمتة باستخدام الحاسوب وتضم اقل ما يمكن من الاعمال اليدوية وبشكل عام فان هذه الانظمه تتضمن مجموعه من خلايا معدات الانتاج او محطات العمل (آلات ومعدات للتصنيع والتجميع والمعالجه) وتربط بعضها مع بعض بنظام نقل ومناوله للمواد والاجزاء من محطه الى اخرى وتعمل كنظام تحت سيطره الحاسوب ويمكن ان نلخص مكونات انظمة FMS بنظام التصنيع Manufacturing System ونظام المناوله Handling system ونظام السيطرة Control system .

ان التوافق والتكامل بين هذه العناصر يشكل الهيكل الرصين لهذا النوع من الانظمه وتكمن المرونه الاساسيه في هذه الانظمه باستخدام الآلات المبرمجه بشكل يضمن تحقيق السرعه والسهوله في اعاده تكوين العمليات التصنيعيه لغرض انتاج اجزاء مختلفه بنجاح

وبهذا يمكن تلخيص الامكانيات المرنة لهذه الانظمه بما يلي :

١. مرونه العملية Process flexibility وتكمن في امكانيه تغيير العمليات لانتاج منتوجات متعددة باستثمارات مضافه ليست كبيره في الآلات او العدد

٢. مرونة البرنامج حيث يسمح بتصحيح العمليات الانتاجية عند فشل جزء منها وهذا يعني قابلية التصحيح الذاتي لبعض الاخطاء التصنيعيه

٣. مرونه الابتكار من خلال تنفيذ العمليات التصنيعيه المعقده باستخدام كامل امكانيات المعدات

المتاحه نتيجه توافق وترباط هذه المعدات

ومن أهم خواص أنظمة التصنيع المرنة ما يلي :

١. انسياب العدد والاجزاء بين مجموعه الآلآت المختلفه بشكل مؤتمت باستخدام احدى وسائل المناوله مثل الروبوت والعربات المسيره ذاتيا والاحزمه الناقله والرافعات ومنصات التحميل المتحركه وغيرها
٢. إمكانية تصنيع منتجات مختلفة .
٣. الحاجة إلى عدد محدود من العاملين .

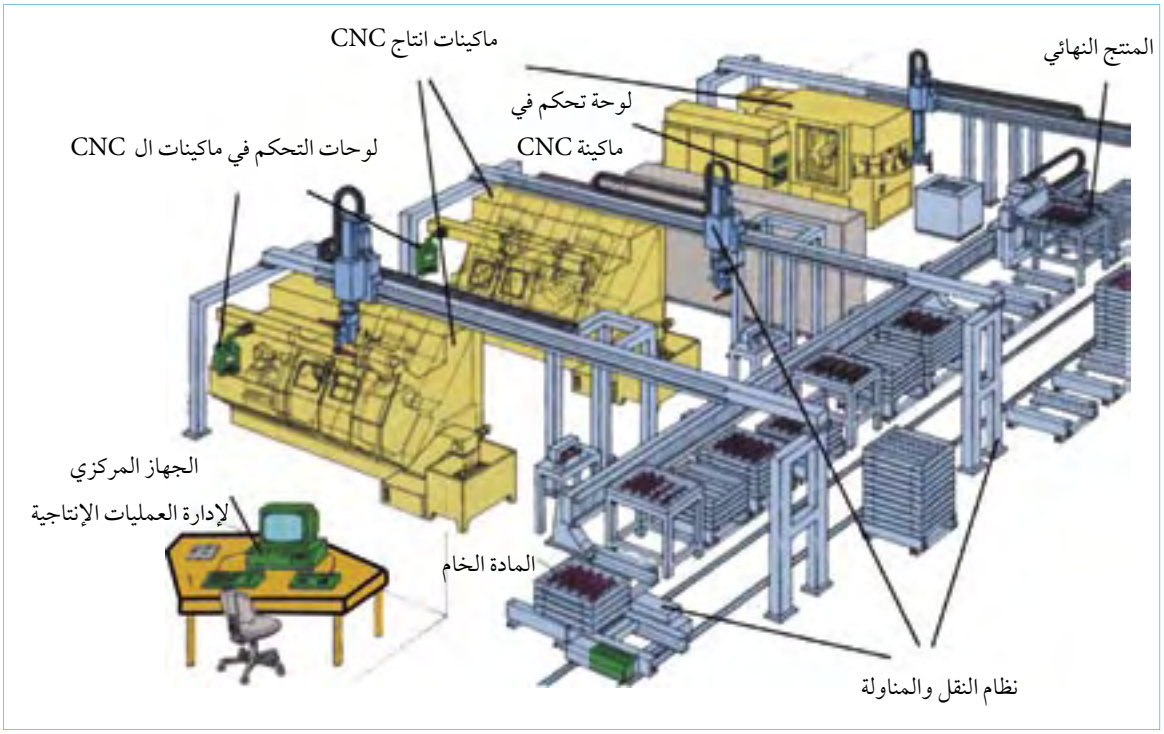
ويمكن أن نلخص دور اليد العاملة البشرية بما يلي :

١. تنفيذ وصيانة وتصليح المعدات .
٢. برمجة النظام أو إعادة برمجته في حالة تغيير البرنامج .
٣. مراقبة النظام وتقييم عمله واتخاذ الإجراء المناسب أثناء الحالات الطارئة .
٤. السيطرة على تبديل العدد التالفة .
٥. تحميل وتفريغ المشغولات والأجزاء المنتهية التشغيل في بعض الحالات .
٦. الإشراف على تقييم نتائج فحص المنتوجات .
٧. تنفيذ بعض العمليات التصنيعية التي لا يمكن تنفيذها بشكل مؤتمت .

## ٧. نظم التصنيع المتكامل باستخدام الحاسوب CIM (Computer Integrated Manufacturing).

وهي نظم تصنيع حديثه مبنيه على اساس نظم التصنيع المرن وتتميز بتوظيف الحواسيب فيها بشكل فعال وكفوء يعمل على ترابط كافه فعاليات المصنع من خلال وجود شبكه ربط واتصالات ما بين الحواسيب والآلآت وكذلك وجود برمجيات متقدمه لتحقق ترابط المعلومات والبيانات بين مكونات المصنع ، من بين الفوائد العديده التي يحققها هذا النظام التصنيعي هو النوعيه العاليه للمنتجات وتقليل نسب المرفوض منها الى ادنى حد مع اختصار كبير في زمن الانتاج وخفض بعض الكلفه الفائضه وتحقيق مرونه عاليه في تصميم المنتج .

إتجهت التطبيقات الحديثة نحو التكامل عن طريق أتمتة معدات النقل والمناولة وإستخدام الروبوتات الصناعية في تطبيقات منظومات التصنيع المرنة FMS حيث تقوم الروبوتات بتبديل العدد وتحميل المشغولات وتفريغها وصولا الى إشراف تحكمي عن بعد على الإنتاج كما هو مبين في الشكل(٦-٣) .




شكل(٦-٣) نظام التصنيع المتكامل

ولهذا فإن مفهوم إنتاجية التصنيع المعان بالحاسوب توسع وأصبح يشمل كافة ميادين العمل الصناعي إبتداءا من التخطيط للعملية ومراقبتها وتحديد أولويات الإنتاج والسيطرة على تحميل الآلآت والمعدات الإنتاجية بالإضافة الى السيطرة على التخزين أقترابا من الهدف الأكبر المتمثل في إنتاجية التصنيع المتكامل بالحاسوب CIM الذي يعتبر بحق هدف للشركات الصناعية العالمية .

ويعرف نظام الـCIM على أنه استعمال الأنظمة الحاسوبية في التخطيط والإدارة والسيطرة على العمليات الصناعية .

## ١-٢ أنواع الحركات في ماكينات ال (CNC)

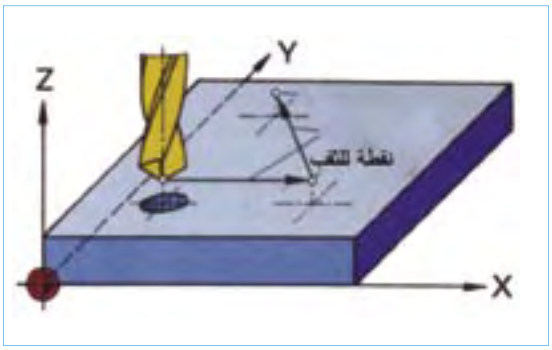
يمكن تقسيم ماكينات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) الى ثلاث مجموعات على اساس نوع التحكم في الحركة النسبية بين اداة القطع وقطعة الشغل وذلك كما يلي :

١. ماكينات تحكم موضعي (Positional) أي تحكم من نقطة الى نقطة (Point-to-Point) .
٢. ماكينات تحكم في مسار خطي(Linera Path) .
٣. ماكينات تحكم في مسار مستمر"كنتوري"(Continuous Path) .

وبذلك تكون مرتبة تصاعديا من ناحية مستوى التعقيد وحداثة نظام التحكم أي ان ماكينات التحكم

في مسار مستمر هي اكثر الانواع تطورا وفيما يلي تفصيل كل نوع من الانواع الثلاثة للتحكم في حركة ماكينات الـ (CNC) :

### ١- التحكم الموضعي :



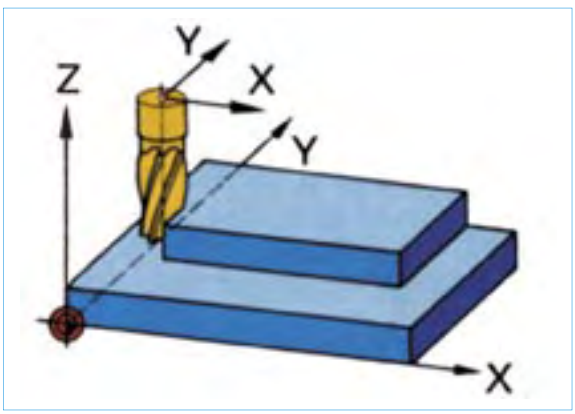

شكل(٦-٤) التحكم الموضعي

ان الهدف من نظام تحكم الماكينة في هذا النوع من نظم التحكم هو تحريك اداة القطع الى موقع محدد سلفا، دون ان تكون هنالك اهمية للسرعة او المسار الذي تتبعه اداة القطع للوصول الى هذا الموقع، وبمجرد وصول اداة القطع الى الموقع المطلوب تبدا عملية التشغيل(Machining) في ذلك الموقع .

ولا يتم أي تشغيل الا بعد انتهاء الحركة المطلوبة و افضل مثال لهذا النوع من انواع التحكم هو ماكينات التثقيب ذات التحكم الرقمي بالحاسب كما هو مبين في الشكل(٦-٤) .

ورغم عدم اهمية المسار الذي تتبعه اداة القطع للوصول الى نقطة التشغيل، يجب التاكد تماما في عملية البرمجة من عدم اصطدام اداة القطع بقطعة التشغيل او تجهيزات التثبيت التي تثبت القطعة . وهذا النظام للتحكم هو ابسط النظم الموجودة .

### ٢- التحكم في مسار خطي (Straight-Cut)(Linear Path) :




شكل(٦-٥) التحكم في مسار خطي

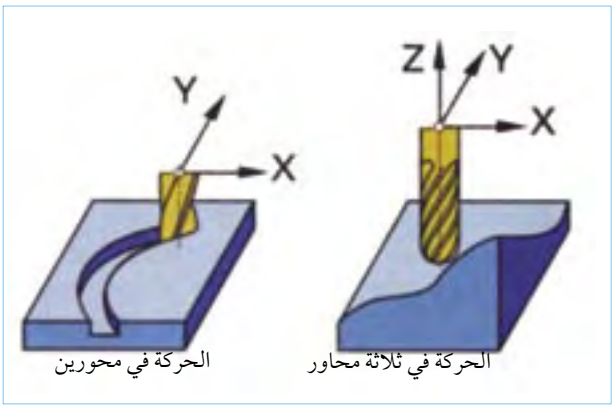
تتميز هذه النظم بالقدرة على تحريك اداة القطع في اتجاه مواز لاي من المحاور الاساسية بسرعة متحكم فيها تكون مناسبة للتشغيل كما هو مبين في الشكل(٦-٥)، والماكينات من هذا النوع هي ايضا لها قدرة تحكم موضعي و مثال هذا النوع فرايز التحكم الرقمي بالحاسب والتي يمكن استخدامها كماكينات تثقيب والاخيرة كما ذكرنا مثال التحكم الموضعي .

في هذا النظام لا يمكن الحصول على حركة انية في اكثر من محور، ولذلك لا يمكن تنفيذ عمليات قطع مستقيمة في اتجاه مائل(أي بزاوية) على أي من المحاور الاساسية . العبارة الاخيرة صحيحة اذا اخذنا فقط بالتعريف التقليدي للتحكم في مسار خطي، ولكن اذا اخذنا بالتعريف غير التقليدي وهو يعني مقدرة نظام التحكم

في تحريك اداة القطع في اتجاه محورين في نفس اللحظة، فانه بالتاكيد يمكن تنفيذ عمليات قطع مستقيمة في اتجاه مائل على المحاور الاساسية .

### ٣- التحكم في مسار مستمر (Continuous Path) اوالتحكم الكنتوري (Contouring) :

هذا النوع من انواع التحكم هو اكثر الانواع الثلاثة تعقيدا واكثرها مرونة واكبرها تكلفة، وهو يحوي في داخله على مقدرات كل من نظام التحكم الموضعي ونظام التحكم في مسار خطي بالاضافة الى صفته المميزة وهي القدرة على التحكم الاني على حركة الماكينة في اتجاه اكثر من محور كما هو مبين في الشكل(٦-٦) .




شكل(٦-٦) التحكم في مسار مستمر ( كنتوري)

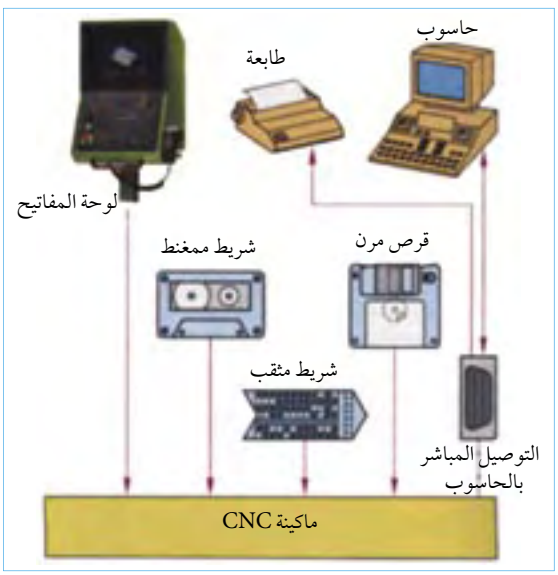
ففي هذا النظام يمكن الحصول على حركة في خط مستقيم او في مستوى مسطح باي زاوية .

وكذلك مسارات دائرية او مخروطية او أي منحنى يمكن تعريفة بعلاقة رياضية محددة .

مثال لهذا النوع من انواع التحكم في الحركة النوع المستخدم في ماكينات الفرايز والمخارط ذات التحكم الرقمي بالحاسب، التعريف غير التقليدي للنظام هو مقدرته على على تحريك اداة القطع في اتجاه اكثر من محورين انيا .

## ٣ - ٢ طرق تغذية البرامج الى الالات المحوسبة

بما أن عمل الات التحكم الرقمي يعتمد على تزويدها ببرامج تحتوي على تعليمات التشغيل فإنه يتطلب توفير وسيلة لتحميل ذلك البرنامج على وحدة التحكم للماكنة وتتباين طرق تحميل البرامج حسب المستوى التقني المتوفر والتطور الزمني و تشمل هذه الطرق كما هو مبين في الشكل(٦-٧) :




شكل(٦-٧) طرق تغذية برنامج ماكنات الـ CNC

١ الإدخال اليدوي للبرنامج بإستخدام لوحة المفاتيح .

٢ استخدام الشرائط الممغنطة وهو أسلوب قديم وملغي حاليا .

٣ استخدام الأقراص المرنة .

٤ استخدام الشرئط المثقبة (ورقية أو بلاستيكية ) .

٥ أسلوب التوصيل المباشر مع الحاسوب .

## ٢ - ٣ - ١ استخدام الشرائط المثقبة Punched Tapes

ما زالت هذه التقنيه قيد الاستخدام بالرغم من توظيف الحاسوب في عمليه تغذيه البرامج في المكائن الحديثه لكونها بديل اضافي في حاله البرامج ذات التعليمات القليله او المتوسطه . كما ان قراءة الشريط تتم من خلال جهاز خاص موجود في الماكنة يسمى قارىء الشريط Tape Reader والذي توجد أنواع عديدة منه من ناحية التصميم فمنها ما هو ميكانيكي أو ضوئي أو يعمل بضغط الهواء .

شكل(٦-٨) شريط مثقب

يكون الشريط الورقي كما هو مبين في الشكل(٦-٨) بعرض (٢٥) خمس وعشرون مليمتر ويثقب بطريقة خاصة تحمل كافة تعليمات البرنامج . يحتوي الشريط على ثمانية أعمدة على امتداد الطول تثقب وفق نسق معين . كما يوجد عمود تاسع يقع ما بين العمودين الثالث والرابع وظيفتة قيادة وتوجيه الشريط ضمن جهاز قارئ الشريط .

إن الشفرة تعتمد أساسا على وجود أو عدم وجود ثقب ووفق صيغة النظام الثاني(٠١)Binary Code والذي يستخدم الرقم (٢) كأساس له . فمثلا يكتب الرقم (٥) خمسة بشكل (٠١٠١) ويمكن تحويله إلى صيغة الأرقام العشرية Decimal .

## صيغ برمجه مكائن التحكم الرقمي:

اوجدت الشركات المصنعه لآلات التحكم الرقمي العديد من الصيغ Formats او اللغات التي توفر امكانيه اعداد برامج للتشغيل لمختلف المنتوجات ولمختلف انواع المكائن وسيتم التركيز على احدى الصيغ المعتمده لمكائن التفريز والخراطه وهي G-code ، قبل التطرق الى لغة البرمجه ومفرداتها فيما يلي توضيح لخطوات اعداد برنامج عمليه التشغيل على ماكنه التحكم الرقمي :

١ تحديد الشكل الهندسي للمشغوله او المنتج الذي يتطلب تصنيعه

٢ استخراج السمات الاساسيه التي تتكون الشكل الهندسي مثل النقاط والخطوط والاقواس وغيرها

٣ تهيئه جدول باحداثيات النقاط التي تربط ما بين السمات المذكورة

٤ اعداد البرنامج المطلوب وحسب تسلسل الخطوات اتي تتطلبها عمليه التشغيل والذي يتضمن تعريف بمسار اداه التشغيل

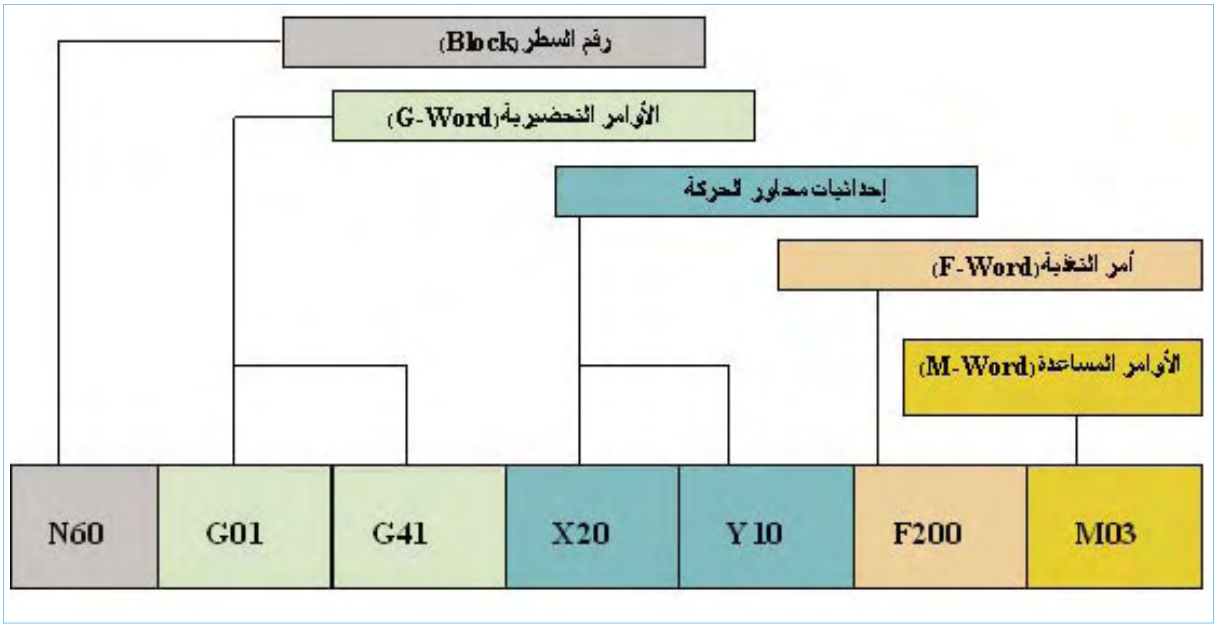
٥ إضافة معلومات عن ظروف ومتغيرات عمليه القطع والعمليات المساعده الاخرى مثل تعريف قيم السرعه والتغذيه ونوع الاداه ووسائل التبريد واتجاه دوران محور الماكنيه ومستوى التشغيل والنقاط المرجعيه ونوع عمليه تبديل العدد . . . الخ

٦ تهيئه البرنامج بصيغته النهائيه ليتم تغذيته الى الماكنه اما يدويا او اعداده على شريط مثقب او خزنه على الحاسوب ثم تغذيته بشكل مباشر الى الماكنه

هذه الخطوات في العاده يمكن ان تتم يدويا من قبل المهندس المسوؤل عن عمليه اعداد البرامج اواستخدام انظمه حاسوبيه متخصصه لتنفيذ الخطوات المذكوره بدءا من مرحله رسم الشكل الهندسي مروا بعمليه المعالجه الاوليه Pre-processing لتهيئه مسار العده وانتهاءا بمرحله المعالجه النهائيه Post-processing لاعداد البرنامج بالصيغه النهائيه . وفي حاله استخدام الحاسوب فان عمليه اعداد البرنامج ستتم في فترات زمنيه مختصره جدا مقارنه بالاسلوب اليدوي كما ان احتمالات الخطأ تكون ضئيله جدا اضافه الى سهوله تغذيه البرنامج النهائي من الحاسوب الى الماكنه بشكل مباشر .

## ٢ - ٣ - ٢ البرمجة بصيغة (G-code):

وهي من أكثرالصيغ المستخدمة لإعداد البرامج في عملية الخراطة والتفريز والقطع بالسلك وغيرها . تتكون هذه الصيغة من مجموعة من الأوامر التي تكتب بتسلسل معين ، وكل سطر ضمن البرنامج يسمى Block وهو بدوره يتالف من عدد من الكلمات words وكل كلمة تتالف من مقطعين أولهما العنوان Address والثاني يمثل رقم Number أدناه مثال عن هيكلية برنامج بهذه الصيغ : -




شكل(٦-٩) هيكلية برنامج بصيغة G__code

تم تسميه هذه الصيغه(G-code) لكون الدوال الرئيسيه فيها تبدأ بالحرف G كما تتضمن ايضا دوال مساعده تبدا بالحرف M وفيما يلي نموذج برنامج تفزيز بصيغه G-code :

نموذج برنامج تفريز بلغه G-code

**PM%**

**N 9000**

**N1 G90 G54 G17**

**N2 G0 X15 Y15 Z2 S1500 M3**

**N3 G1 Z-3 F100 M8**

**N4 G1 Y65 F150**

**N5 G1 X65**

**N6 G1 Y15**

**N7 G1 X15**

**N8 G1 X65 Y65**

**N9 G1 X90 Y40**

**N10 G1 X65 Y15**

**N11 G1 X15 Y65**

**N12 G1 Z2 F100**

**N13 G0 Z200 M9**

**N14 G0 X100 Y100**

**N15 M30**

## المقارنة بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات أل(CNC):

يوجد تشابه في الشكل العام لماكينات العدد التي تعمل بنظام أل (CNC) وماكينات العدد التقليدية ولكن يوجد فرق أساسي في مصدر إيجاد الحركة المختلفة التي تتحرك فيها الماكينة . فإذا أخذنا ماكينة الفريزة (Milling M /C) كمثال فإننا نجد أن الفريزة العادية بها محرك واحد ذي تيار متردد في حين أن الفريزة من نوع أل (CNC) يتحكم في التحركات المختلفة بها محركات خاصة تسمى المحركات المؤازرة (Servomotors) من نوع محركات التيار المستمر أو محرك الخطوة (Stepping motor) أو المحركات الهيدرولية، فماكينات الفريزة (CNC)المبينة في شكل بها أربعة محركات من نوع التيار المستمر كالأتي :

١. محرك واحد للحركة الطولية لمنضدة الماكينة
٢. محرك واحد لتحريك المنضدة إلى الداخل أو الخارج بعيدا عن الماكينة
٣. محرك واحد لتحريك المنضدة راسيا إلى أعلى أو أسفل .
٤. محرك واحد لإدارة عامود السكاكين أو أدوات القطع يمثل المحرك الأساسي .

وكل هذه المحركات يتحكم فيها كمبيوتر ماكينة أل CNC)) أما ماكينة الفريزة العادية فيمكن تحريك منضدتها طوليا أو في الاتجاه المستعرض أو رأسيا يدويا أو ميكانيكيا، فإذن تعتمد دقة العمليات التي تنفذ على الفريزة العادية على مهارة العامل الذي يقوم بتشغيل الماكينة، أما في ماكينة أل (CNC) فان الدقة تعتمد على مقدرة نظام التحكم ونوعه ويمكن إن نلخص المقارنة بين فريزة تقليدية وأخرى ذات تحكم رقمي بالحاسب في الجدول التالي :

| وجه المقارنة | الفريزة العادية | الفريزة (CNC) |
|---|---|---|
| الشكل العام | يشبه الفريزة (CNC) | يشبه الفريزة العادية |
| بعض تفاصيل التصميم مثل<br>أ- الهيكل<br>ب-عمود نقل الحركة الطولية | اقل قساوة (مقاومة لقوى التشغيل) من الفريزة (CNC)<br>شكل القلاووظ شبه منحرف | -أكثر قساوة<br>شكل القلووظ شبه كروي وبه كرات محمية |
| مصدر الحركة | محرك واحد ذو تيار متردد (AC) | محرك خاص بكل اتجاه حركة تسمى من (Servo-Motors) المحركات المؤازرة (Stepper Motors) نوع محركات الخطوة آو المحركات الهيدرولية |
| دقة التشغيل | يمكن أن تبلغ ٠,٠١ ملم وتعتمد على مهارة العامل | يمكن أن تبلغ ٠,٠٠١ مم تعتمد على مقدرة ونوع نظام التحكم |
| التكلفة | منخفضة نسبيا | مرتفعة تبلغ حوالي خمسة أضعاف الفريزة العادية |
| التحكم في الحركة | يدويا أو ميكانيكيا | برنامج التحكم الرقمي |

## المزايا و العيوب الاقتصادية لماكينات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC)

توجد عدة أسباب أدت إلى الانتشار الواسع لاستخدام ماكينات التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC) في الصناعة . فقد هيأ ظهور أل (CNC) وسيلة لتخفيض تكلفة الإنتاج للصناعات التي تتميز بحجم إنتاج منخفض مثل صناعة القطع المساعدة في صناعة الطائرات وقطع الدوائر الهيدرولية وصناعة ماكينات العدد نفسها، ففي كل هذه الصناعات وغيرها من الصناعات ذات المتطلبات الشبيهة، نجد انه من الضروري أن يكون المنتج عالي الجودة ومضمون عند استعماله .

ونجد أيضا أن حجم الإنتاج في هذه الحالات يعد غالبا بالعشرات أو المئات وفي بعض الحالات بالآلاف ولكن يندر أن يصل حجم الإنتاج فوق ذلك . فاستعمال أل (CNC) في مثل هذه المجالات المذكورة يمكن أن يحقق المزايا التالية :

١. تقليل الزمن الضائع بدون إنتاج فعلي للماكينة
٢. استخدام تجهيزات تثبيت (Fixtures) أكثر بساطة من المستخدمة مع الماكينات التقليدية .
٣. تحقيق نظام إنتاج أكثر مرونة للتغيرات في جدول الإنتاج .
٤. السهولة في تقبل أي تغييرات في تصميم القطع المنتجة لان ذلك فقط يحتاج إلى تغيير في البرنامج السابق للقطع .
٥. زيادة دقة التصنيع والتقليل من الأخطاء التي يقع فيها العاملون .

ويتضح من هذا المذكور أعلاه أن أل (CNC) يكون مناسب لحالات معينة ولكن ليس في كل الحالات ويمكن ان نستنتج أن عمليات التشغيل التي يمكن أن يحقق فيها أل (CNC) فوائد اقتصادية لها الصفات التالية :

١. القطع التي تصنع مكررة في شكل دفع صغيرة او متوسطة الحجم .
٢. هندسة القطع معقدة(من ناحية الشكل) .
٣. الازواجات المطلوبة لتصنيع القطع ضيقة .
٤. تشغيل القطع يحتاج لعدة عمليات .
٥. كميات المعدن المطلوب إزالته (الرائش) للتصنيع كبيرة .
٦. التغيرات في التصميم متوقعة .
٧. القطع عالية التكلفة بحيث أن حدوث أخطاء في التصنيع سيكون باهظ التكلفة .
٨. الحاجة لفحص جودة المنتج بنسبة ١٠٠٪ .

وليس بالضرورة يشترط أن تكون القطع المناسبة للتصنيع بنظام أل (CNC) مستوفية لكل الصفات الثمان التي ذكرناها ولكن بالطبع كلما حققت عدد اكبر من هذه الصفات كلما كانت تطبيقا جيدا لاستخدام ماكينات أل (CNC) في الإنتاج .

ولكن كل هذا يجب أن لا ينسينا انه إذا أدخلنا نظام أل (CNC) للإنتاج في مصنع ما ستواجه المشاكل التالية :

١. زيادة الصيانة الكهربائية وتنوعها داخل المصنع .
٢. ارتفاع التكلفة الابتدائية لماكينات أل (CNC) .
٣. ارتفاع تكلفة تشغيل الماكينات .
٤. إجراء تدريب جديد للعاملين على كل المستويات لاستيعاب نظام أل (CNC) ومتطلباته من برمجة وتشغيل وصيانة .

## الأسئلة

١ وضح المقصود بالمفاهيم التالية :

أ . نظام التحكم الرقمي(NC) .

ب . السيطرة العددية المباشرة(DNC) .

ج . السيطرة بواسطة الرسم(GNC) .

د . أنظمة التصنيع المرنة(FMS) .

هـ . نظم التشغيل المتكامل(CIM) .

٢ أذكر المكونات الأساسية لنظام التحكم الرقمي مع التوضيح بالرسم؟

٣ عدد مزايا ومساوء أنظمة السيطرة العددية؟

٤ قارن بين نظام التحكم الرقمي المحوسب(CNC) ونظام التحكم المباشر(DNC)؟

٥ أذكر أهداف الأتمته؟

٦ ما خواص أنظمة التصنيع المرنة(FMS) ؟

٧ أذكر أهم أنواع الحركات في ماكينات الCNC مع ذكر مثال على كل نوع؟

٨ ما هي خطوات إعداد برنامج تشغيل على ماكينة التحكم الرقمي؟

٩ قارن بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات الCNC من حيث :

١ . الهيكل

٢ . عمود نقل الحركة

٣ . مصدر الحركة

٤ . دقة التشغيل

٥ . التكلفة

٦ . التحكم في الحركة

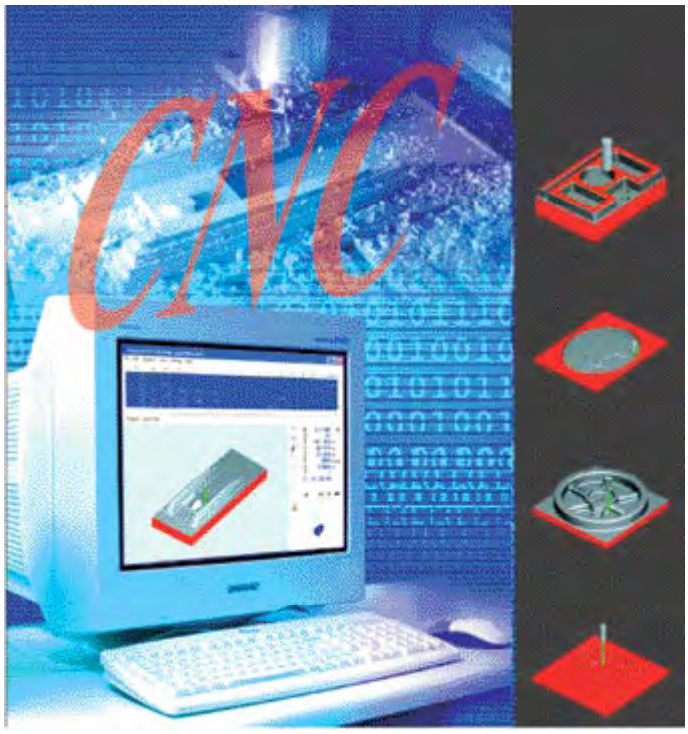
نسخة أولية
DRAFT

الـوحــدة

# ٧

# برمجة آلات التحكم الرقمي

# (CNC)



# الوحـــدة ٧ برمجة آلات التحكم الرقمي(CNC)

## مقدمة

إن المهمة الأساسية لماكينة القطع أيا كان نوعها هو قطع أو إزالة المادة الزائدة –وهي مادة معدنية في العادة– من قطعة الخام التي تشغلها الماكينة للحصول شغلة بالأبعاد والشكل المطلوب وبدرجة دقة وسطح انجاز مقبولين، وحتى تكون ماكينة القطع قادرة على إنجاز هذه المهمة بنجاح يجب توفر الآتي :

١. حمل وتثبيت كلا من أداة القطع وقطعة الشغل تثبيتا تاما
٢. وجود طاقة قدرة كافية لتمكين أداة القطع من تشغيل بمعدلات اقتصادية
٣. تحريك كلا من أداة القطع وقطعة الشغل بالنسبة لبعضهما بحيث ينتج الشكل المطلوب، وبشرط إن تكون هذه التحركات متحكم فيها لدرجة دقة تضمن الحصول على الأبعاد المطلوبة وكذلك إنجاز السطح اللازم.

وإذا كان من الضروري توفر هذه المتطلبات في الماكينات التقليدية، فانه يكون من البديهي توفر هذه الامكانيات بشكل أفضل في ماكينات العدد ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) بما يتناسب مع مستويات الدقة العالية المطلوبة منها، وكذلك بما يتناسب مع تكلفتها، وسيتم التركيز في هذه الوحدة على المحاور الأساسية والإضافية التي تشكل الإطار الذي تنشا برامج أل (CNC) على أساسه، وأيضا تحديد مختلف نقاط الصفر لمخارط وفرايز أل (CNC) بصفتها الأساس الذي يقوم عليه نظام الأبعاد.

## الأهداف

يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحده أن تصبح قادرا على أن :

١. تتعرف محاور الحركة الأساسية في ماكينات الCNC
٢. تتعرف قاعدة اليمني وتطبيقها في تحديد المحاور.
٣. تميز الأحاثيات المطلقة والاحداثيات النسبية
٤. تتعرف أصفار مخارط وفرايز الCNC
٥. تتعرف مكونات برنامج الCNC

٦ تتعرف أوامر الCNC التحضيرية و المساعدة

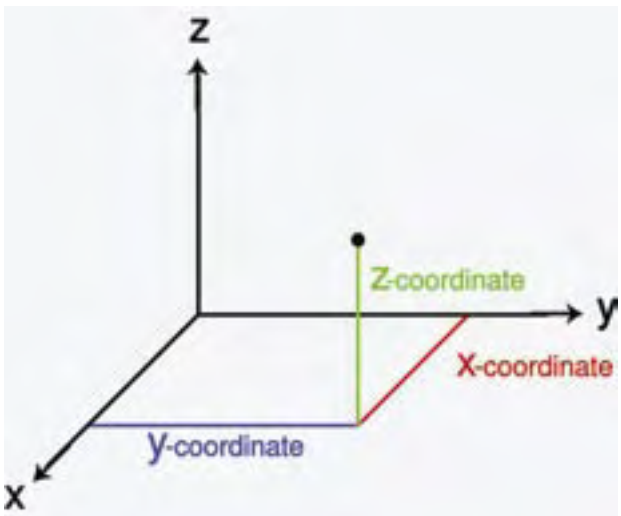
٧ تتعرف الترتيب الاصطلاحي طبقا لصيغة عنوان الكلمة لأوامر الCNC

٨ تكتب برنامج CNC

# ١ الحركات الأساسية وضبط الأبعاد:

## ١ - ١ محاور الحركة الأساسية(X، Y،Z)

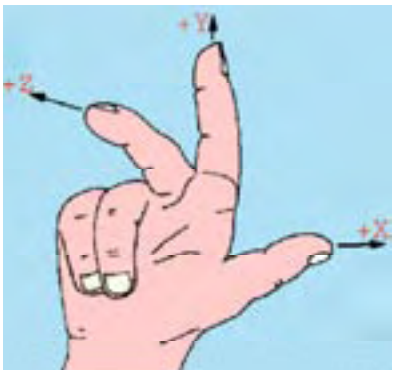
لمعظم ماكينات التشغيل (CNC) اثنان أو أكثر من المجاري الأساسية، وهي متعامدة مع بعضها من ناحية الاتجاه، وتستخدم المحاور الكارتيزية الثلاث؛ X، Y، Z لتسمية هذه الاتجاهات كما هو مبين في الشكل(٧-١)، بوصفها متعامدة مع بعضها وبالتالي فهي صالحة لتحديد موقع أي نقطة في الفراغ، وهذا ما نحتاج إليه في كتابة برامج أل (CNC) لتحديد الموقع النسبي بين أداة القطع وقطعة الشغل.




شكل(٧-١)المحاور الكارتيزية

ويلاحظ أن عددا من ماكينات العدد ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) لا تتطابق فيها تسميات المحاور مع النظام الكارتيزي إلا في بعض الحالات. وتوجد مواصفة قياسية لتحديد اتجاهات هذه المحاور في هذه الماكينات مصدرها المنظمة العالمية للتوحيد القياسي (ISO)، ويتم تطبيقها بشكل عام ولكن تبقى الجهة المصنعة هي التي تختار تسمية اتجاهات الحركة لمختلف المنزلقات وأعمدة الدوران الرئيسية فيها.

## ١ - ٢ اتجاهات الحركة (قاعدة اليد اليمنى)

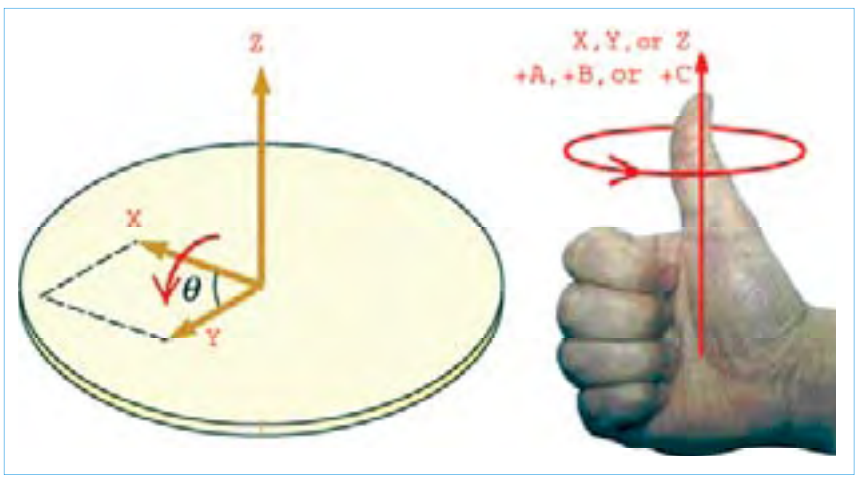



شكل(٧-٢) قاعدة اليد اليمنى
لتحديد المحاور الكارتيزية الثلاث

تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتسمية المحاور الأساسية (X، Y، Z) طبقا لنظام المحاور الكارتيزية وتحديد اتجاهاتها الموجبة، وأيضا تستخدم لتحديد اتجاهات الدوران الموجبة حول هذه المحاور الأساسية، ولتحديد المحاور الثلاث، فإننا نضع أصابع اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام (Thumb)، السبابة (Forefinger) والإصبع الوسطى (Middle Finger) متعامدة مع بعضها.

مع ترك بقية الأصابع مغلقة على راحة اليد فيكون الإبهام في هذه الحالة هو محور X ، السبابة هو محور Y، والوسطى هو محور Z، كما هو مبين في الشكل(٧-٢)، كما أن رؤوس الأصابع الثلاثة يشير كل منها إلى الاتجاه الموجب للمحور الذي يمثله.

ولإيجاد الاتجاه الموجب للحركات الدورانية حول المحاور الأساسية-أو بعبارة أخرى اتجاه الدوران مع عقارب الساعة عند النظر في اتجاه المحور الذي يتم حوله الدوران-فإننا نغلق أصابع اليد اليمنى باستثناء الإبهام الذي نجعله يشير إلى الاتجاه الموجب للمحور كما هو موضح في شكل (٧-٣). ويكون الإبهام في هذه الحالة يمثل أي محور من المحاور الثلاثة X، Y، Z، ويكون اتجاه عقل الأصابع المتبقية هو الاتجاه الموجب للحركة الدورانية حول المحور المعني. ونسمي الدوران الموجب حول المحور X بالحركة الدورانية +A، وحول المحور Y تسمى+B، وحول المحور Z تسمى +C.




شكل(٧-٣) قاعدة اليد اليمنى في تحديد اتجاه الدوران

### ١ - ٢ - ١ تطبيق قاعدة اليد اليمنى على ماكينات الـ (CNC):

لبرمجة أي ماكينة (CNC) يكون من الضروري إنشاء نظام إحداثيات قياسي بمثابة المرجع لكل تحركات أداة القطع بالنسبة للشغله، ويمكن تصنيف ماكينات ألـ(CNC) على أساس عدد المحاور التي يتحكم فيها رقميا من بين المحاور الكارتيزية الثلاث؛ (X، Y، Z) أو أن تكون هنالك اتجاهات أخرى للحركة لا يتم التحكم فيها رقميا.

ولتسهيل عملية البرمجة فإننا دائما نفترض أن أداة القطع هي التي تتحرك بينما تكون قطعة الشغل ثابتة ونتمسك بهذا الافتراض مهما كانت حقيقة الأمر من ناحية الحركة في الوضع الفعلي الحادث في الماكينة، وهذا يسهل مهمة المبرمج، فمثلا في ماكينة مثقاب (CNC) نجد أن أداة التثقيب تكون في مستوى أفقي ثابت بينما الذي يتحرك فعلا هو المنضدة (وفوقها قطعة الشغل) ولكن على الرغم من ذلك فإننا نعتبر أن أداة القطع المتحركة بينما قطعة الشغل ساكنة.

وعندما نصف ماكينة (CNC) بأنها ذات محورين فإننا نعني أن التحكم الرقمي يتم في محورين بينما المحور الثالث يتم التحكم فيه إما يدويا أو ميكانيكيا. أما ماكينات (CNC) الثلاثية المحاور فان التحكم الرقمي يتم فيها بالنسبة للمحاور الثلاثة، فإذا اخترنا ماكينة مثقاب (CNC) كمثال فإننا نقول أنها ثنائية المحور في الاتجاه المستعرض بينما محور (المثقاب) لا يتم التحكم فيه رقميا. فإذا كان التحكم في محور المثقاب أيضا رقميا بالإضافة إلى المحورين السابقين فإننا نقول عن ماكينة المثقاب (CNC) بأنها ثلاثية المحاور في هذه الحالة.

**لتحديد الاتجاهات الموجبة أو السالبة للمحاور فإننا نفترض الآتي:**

١. أن المبرمج يقف أمام الماكينة وينظر في اتجاه قطعة الشغل في موضعها على منضدة الماكينة.
٢. أن أداة القطع هي التي تتحرك بالنسبة لقطعة الشغل مهما كانت حقيقة التحركات الفعلية في الماكينة.
٣. أن المحور Z يتم اختياره موازيا لمحور الدوران أو منطبق عليه، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى كما هو مبين في الشكل (٧-٢) نحصل على نظام المحاور المطلوب.

## ١ - ٣ الإحداثيات المطلقة والإحداثيات النسبية

**هناك طريقتان لأمر الإحداثيات لكل من المحاور XوY وZ هي نظام الأمر المطلق والأمر النسبي**

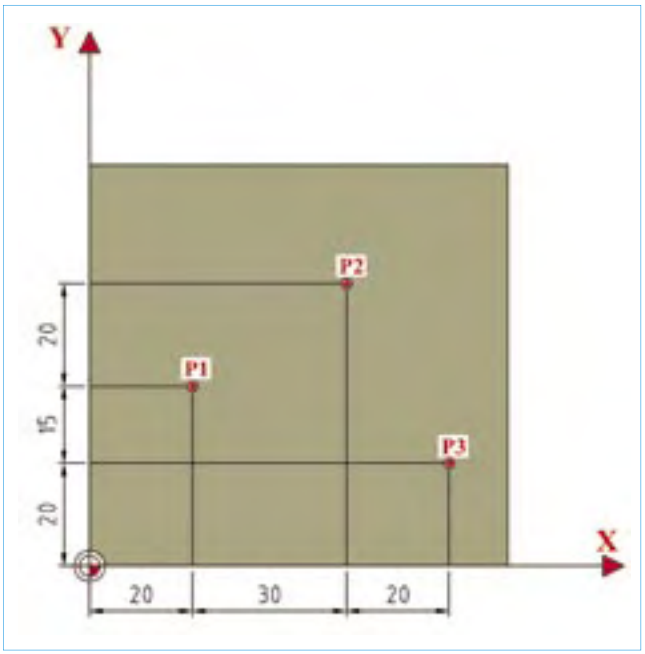
### ١ - ٣ - ١ الأمر النسبي:

**تحريك قطعه العمل من مكانها الحالي إلى المكان الجديد اعتمادا على الموقع الحالي لقطعه العمل، مقدارا**

واتجاها حيث يحدد الاتجاه بوضع اشاره (–) او (+) حسب الاتجاه المطلوب، ويتم الأمر من خلال هذا الأمر بمقدار واتجاه الشوط من النقطة الحالية إلى النقطة المراد الوصول إليها .

**مثال ١**

في الشكل المبين جد إحداثيات النقطة P حسب نظام الإحداثيات النسبي؟




**الحل**

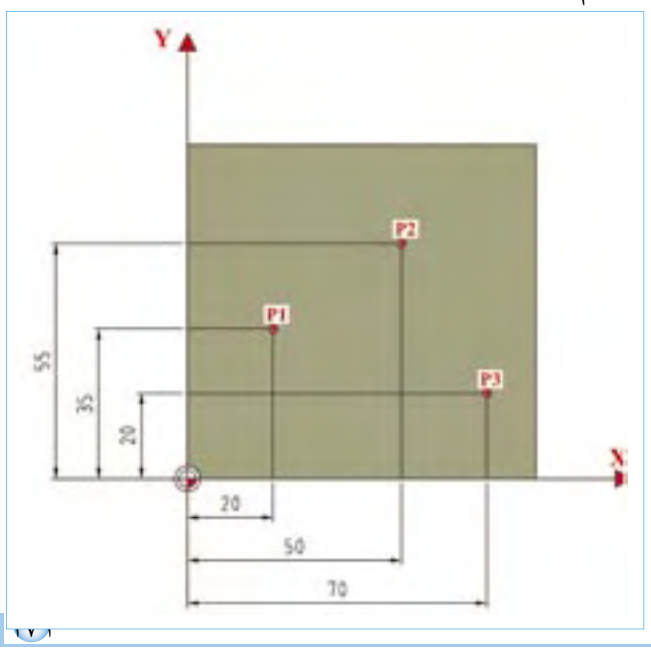
| | X | Y |
|---|---|---|
| P1 | 20 | 35 |
| P2 | 30 | 20 |
| P3 | 20 | -35 |

## ١ - ٣ - ٢ الأمر المطلق:

ويتم هنا الأمر بإحداثيات النقطة المراد الوصول إليها في نظام الإحداثيات المستخدم نسبة إلى نقطة الأصل X0 ، Y0 ، Z0

**مثال٢**

في الشكل المبين جد إحداثيات النقطة P حسب نظام الإحداثيات المطلق؟




**الحل**

| | X | Y |
|---|---|---|
| P1 | 20 | 35 |
| P2 | 50 | 55 |
| P3 | 70 | 20 |

# ١ - ٤ نقاط الصفر لمخارط وفرايز ألـ (CNC)

إن الهدف من وجود نظام أبعاد في ماكينات ألـ (CNC) هو توفير وسيلة يستطيع عن طريقها المبرمج تحديد موضع أداة القطع بالنسبة لقطعة الشغل المعينة .

وفي العادة توجد عدة خيارات أمام الشخص المبرمج لتحديد الموضع وذلك حسب نوع ماكينة ألـ(CNC)، وأحد هذه الخيارات يعتمد على نوع صفر إحداثيات الماكينة، هل هو نوع الصفر الثابت (**Fixed Zero**)، أو هو نوع الصفر المتحرك (**Floating Zero**)، وقبل أن نتناول بالشرح كل نوع يجدر بنا أن نعرف الأتي :

## ١ - ٤ - ١ نقاط الصفر لفرايزالـ CNC :

أ نقطة الصفر للماكينة : (**Machine Zero Point**) (**M**) :

هي النقطة الموجودة على منضدة الماكينة بحيث انه إذا وضعت المنضدة عند هذه النقطة بالنسبة للمحورين **X**، **Y** فان محور عامود الماكينة إذا كان رأسيا سيكون مباشرة في هذه الحالة ممثلا بمركز أداة القطع عند نقطة الصفر للماكينة ( **Z0 Y0** و**X0** ) في نظام محاور الماكينة .

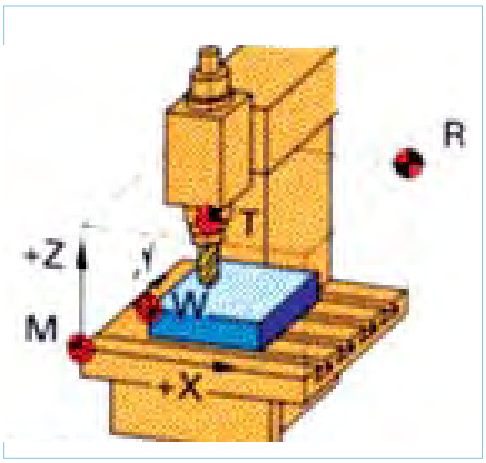
ب نقطة الصفر لقطعة الشغل (**Work piece Zero Point**) (**W**)

هي النقطة التي يختارها المبرمج على قطعة الشغل حسب ما يكون ملائما لعملية البرمجة لتكون مركزا لإحداثيات قطعة الشغل . فمثلا إذا كانت قطعة الشغل ذات محور تماثل فقد يختار المبرمج

مركز محور التماثل كمركز لإحداثيات قطعة الشغل .

ج نقطة المرجع لتثبيت أداة القطع (**Tool Mount reference Point**) (**T**) :

وهي النقطة الموجودة على محور فتحة التثبيت في برج العدة وبها يحدد نظام التحكم في موقع أداة القطع بالنسبة لصفر المحاور .




شكل(٧-٤) أصفار فريزة الـCNC

د نقطة الإسناد (المرجع) : (Reference) R) (Point

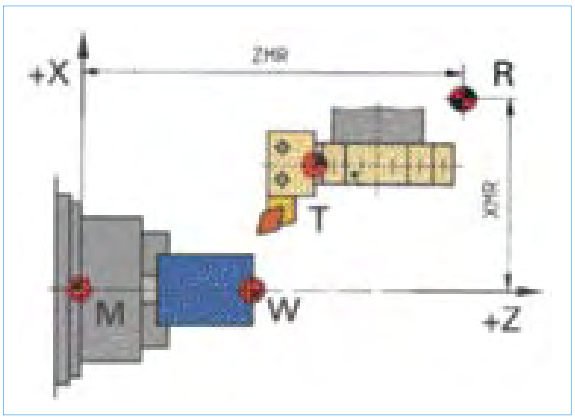
هي النقطة التي تحدد ابعد مسافة ممكنة لتحرك منضدة الماكينة في الاتجاه الموجب لمحاور المنضدة حيث ان صفر الماكينة في الأصل منسوب إلى هذه النقطة .

والآن بعد هذه التعريفات نستطيع الحديث عن نوع صفر الماكينة :

**ففي حالة الصفر الثابت فان مركز الإحداثيات بالنسبة للمبرمج ثابت وهو نفسه مركز إحداثيات الماكينة ، أما في حالة الصفر المتحرك(العائم)كما هو الغالب في الماكينات الحديثة ، فإن الحرية متاحة للمبرمج ليضع الصفر في أي مكان على الماكينة يكون مناسبا للقطعة التي يقوم بعمل البرنامج لها .**

## ١ - ٤ - ٢ نقاط الصفر لمخارط ألCNC) ) :

تحتاج مخارط الCNC الى محورين أساسيين هما XوZ كما هو مبين في الشكل(٧-٥) ، حيث أن المحور Z يكون منطبقا على محور القطعة بينما المحورX يكون عموديا على محور قطعة العمل ، وتوجد أربعة تعريفات هامة لنقاط الصفر المستخدمة في برمجة ماكينات الخراطة ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) وهي كما يلي :




**شكل(٧-٥) أصفار مخرطة الCNC**

أ نقطة صفر الماكينة (M) (Machine Zero Point) :

هي النقطة الموجودة على محور دوران العامود الرئيسي للمخرطة من جهة الوجه وهي تمثل نقطة الأصل لنظام محاور المخرطة (X0 ، Z0) .

ب نقطة المرجع لتثبيت قلم المخرطة (T) (Tool Mount Reference Point) :

هي النقطة الموجودة على محور فتحة التثبيت في وجه برج العدة وبها يحدد نظام التحكم موقع اداة القطع بالنسبة لصفر المحاور سواء اكان اصليا ام معدلا .

جـ نقطة الإسناد (المرجع) : (R) (Reference Point) :

هي النقطة التي تحدد ابعد مسافة ممكنة لتحرك برج العدة في الاتجاه الموجب لمحاور المخرطة حيث ان صفر الماكينة في الأصل منسوب إلى هذه النقطة .

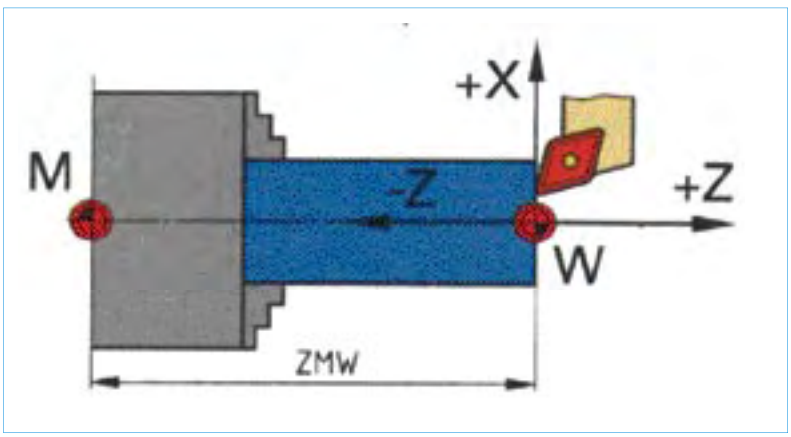
د نقطة صفر قطعة الشغل (W) (Work piece Zero Point)

وهي نقطة تقع في المكان الانسب من الشغله على محورها وفقا لما يرى المبرمج .

## ١ - ٥ نظام الأبعاد في مخارط ال (CNC):

كما ذكرنا فان هذه الماكينات لها محورين (Z–X ) في العادة كحد ادنى وعليه فان العلاقة بين اداة القطع وقطعة الشغل يتم تحديدها بناء على هذين المحورين .

ان المشاكل المرافقة لعملية تجهيز مخارط الـ (CNC) وضبط محاورها تمهيدا لتنفيذ عمليات التشغيل المطلوبة عليها تختلف عن فرايز ومثاقيب الـ (CNC) ففي الأخيرة (الفرايز و المثاقيب) فان قطعة الشغل مثبتة على منضدة الماكينة ولها بالضبط نفس تحركات المنضدة . ولذلك فان حجم وابعاد قطعة الشغل وشكلها الهندسي انما يتم التحكم فيه بالتحكم في حركة المنضدة ، ولكن في المقابل فاننا نجد مخارط ال (CNC) ان اداة القطع هي التي تتحرك فعلا في المحورين وبذلك فان حجم وابعاد قطعة الشغل انما يتحدد بموضع نقطة القطع الموجودة على اداة القطع بالنسبة لخط محور قطعة الشغل وعادة ما ينسب موضع نقطة القطع الى نقطة على محور قطعة الشغل من نهايتها في جهة الوجه وفي هذه الحالة فان محور قطعة الشغل يمثل مستوى الصفر لمحور X (X0) ، ونهاية طول قطعة الشغل البعيد من طرف المخرطة يمثل مستوى الصفر لمحور Z(Z0) وتضبط الماكينة كذلك بحيث ان الوضع الذي تكون فيه اداة القطع ملامسة لنهاية وجه قطعة الشغل يمثل Z0 بالنسبة لنظام التحكم، كما هو مبين في الشكل(٧-٦) .




**شكل(٧-٦) نظام الأبعاد في مخارط الـCNC**

## ٢ انشاء وتنفيذ برامج الـ (CNC):

اوجدت الشركات المصنعه لآلآت التحكم الرقمي العديد من الصيغ Formats او اللغات التي توفر امكانيه اعداد برامج للتشغيل لمختلف المنتوجات ولمختلف انواع الآلات وسيتم التركيز على احدى الصيغ المعتمده لمكائن التفريز والخراطة وهي G-code

قبل التطرق الى لغة البرمجه ومفرداتها فيما يلي توضيح لخطوات اعداد برنامج عمليه التشغيل على ماكنه التحكم الرقمي :

١ تحديد الشكل الهندسي للمشغوله او المنتج الذي يتطلب تصنيعه

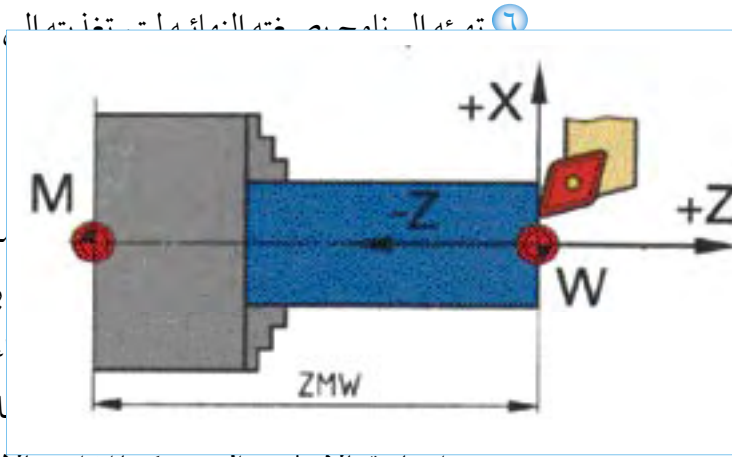
٢ استخراج السمات الاساسيه التي تتكون الشكل الهندسي مثل النقاط والخطوط والاقواس وغيرها

٣ تهيئه جدول باحداثيات النقاط التي تربط ما بين السمات المذكورة

٤ اعداد البرنامج المطلوب وحسب تسلسل الخطوات التي تتطلبها عمليه التشغيل والذي يتضمن تعريف بمسار اداه التشغيل

٥ اضافه معلومات عن ظروف ومتغيرات عمليه القطع والعمليات المساعده الاخرى مثل تعريف قيم السرعه والتغذيه ونوع الاداه وسائل التبريد واتجاه دوران محور الماكينه ومستوى التشغيل والنقاط المرجعيه وعمليه تبديل العدد . . . الخ

٦ تهيئه البرنامج بصيغته النهائيه لتغذيته الى الماكنه اما يدويا او اعداده على شريط مثقب او خزنه على




شكل (٧-٨) نظام الابعاد في مخارط CNC

ن قبل الفني المسوؤل عن عمليه اعداد البرامج واستخدام
بدءا من مرحلة رسم الشكل الهندسي مروا بعمليه المعالجه
ءاً بمرحلة المعالجة النهائية Post-processing لاعداد
اسوب فان عملية اعداد البرنامج ستتم في فترات زمنيه
مختصرة جدا مقارنة بالاسلوب اليدوي كما ان احتمالات الخطأ تكون ضئيلة جدا اضافة الى سهولة تغذية البرنامج النهائي من الحاسوب الى الماكنة بشكل مباشر .

## ١ - ٢ مراحل العمل على الآلات المحوسبة

فيما يلي وصف سريع للمراحل الرئيسيه للعمل على الالات المحوسبه :

١ **التجهيز :** ويتم هنا تجهيز الرسم الخاص بالقطعه المراد انجازها اضافه الى تحديد ادوات القطع اللازمه لتنفيذ عمليات القطع المختلفه .

٢ **البرمجه :** ويتم من خلالها ترجمه المعلومات الوارده في الرسم الى لغه تفهمها الاله المحوسبه

٣ **تجهيز الاله :** ادخال البرنامج الى وحده التحكم وتركيب ادوات القطع على الاله ، واجراءات الضبط اللازمه لعمليه القطع

٤ **القطع :** ويتم هنا اجراء فحص تجريبي ومن ثم يتم اجراء عمليه القطع النهائي

## ٢ - ٢ مكونات برنامج التحكم الرقمي بالحاسب

يتكون البرنامج التحكم الرقمي اللازم لتصنيع قطعة تشغيل معينه من مجموعة اوامر متتابعه بترتيب محدد حيث يشكل كل امر سطراً منفصلاً يمتد افقياً ويتكون الامر من مجموعة كلمات وترتيب الكلمات في داخل كل امر يتخذ طابع صيغة معينه حسب نوع النظام المستخدم في البرمجة، ومن أهمها صيغة عنوان الكلمة .

## ٢ - ٣ صيغة عنوان الكلمة

تتصف صيغة عنوان الكلمة بالآتي :

١ **لابد أن تبدأ كل كلمة بحرف معين يحدد نوع الكلمة ويوجه كل المعلومات الرقمية التي تتلو هذا الحرف الى موقع معين في وحدة تحكم الماكينة .**

٢ **يوجد ترتيب اصطلاحي للكلمات في داخل كل أمر برمجة ولكنه غير ملزم .**

الترتيب الاصطلاحي طبقا لصيغة عنوان الكلمة هو كالآتي :

١ **رقم الأمر (N-Word) :**

**تستخدم لتحديد رقم الامر ، مثل (N8) .**

٢ **الأمر التحضيرية (G-Words) :**

في ماكينات التفريز (CNC) تستخدم لتحضير نظام التحكم للتعليمات التي ستتلو، مثلا الكلمة G02 تستخدم لتحضير نظام تحكم ماكينة الـ(CNC) للقيام بعمليات تشغيل في اتجاه دائري مع عقارب الساعة . وبدون هذه الكلمات التحضيرية لن يستطيع جهاز التحكم من اعطاء التفسير الصحيح للمعلومات (خاصة بحركة ادوات القطع) التي ستتلو وسيتم التطرق الى هذه الأوامر بالتفصيل فيما بعد .

٣ **أمر تحديد المحاور (Word-X، Y، Z) :**

تعطي هذه الكلمات محاور موضع أداة القطع، وتكتب الأرقام الدالة على قيمة كل محور بالطريقة العادية(مثلا X10.5) في استخدام الفاصلة العشرية وأن إشارة القيمة الموجبة(+) اختيارية أما اشارة القيمة السالبة(-) فهي اجبارية، ونستخدم في حالة المخرطة محورين فقط وهما X والذي يشير الى تقدم أداة القطع بالاتجاه العمودي على محور دوران المشغولة و Z الذي يشير الى تقدم أداة القطع بموازات محور المشغولة .

٤ **الأوامر التقنية :**

أ **أمر التغذية(F-Word) :**

هذه تحدد قيمة تغذية أداة القطع لأداء عملية تشغيل معينة والتي تقاس بوحدة (مم/ دقيقة) وتكتب في البرنامج مثلاF100 والذي يعني أن التغذية قيمتها ١٠٠مم/ دقيقة في النظام المتري .

ب **أمر تحديد السرعة(S-Word) :**

وهذه تحدد سرعة القطع الدورانية المستخدمة في عملية التشغيل والتي يدور بها عمود الماكينة(Spindle) وتقاس بوحدة(rev /min) (دورة\ دقيقة) ولا تكتب هذه الوحدة في البرنامج فمثلا S800 تعني دوران عمود الماكينة بسرعة ٨٠٠دورة\ دقيقة .

ج **أمر تحديد أداة القطع(T-Word) :**

هذه تحدد أداة القطع المستخدمة في عملية التشغيل مثلاT3 يدل على أداة القطع من نوع معين وبقطر وطول معين، هذا فيما يخص الفرايز ولكن بالنسبة للمخارط فإن الكلمة T تستخدم بحيث يليها رقم مع أربع خانات لتحديد الموقع على برج العدة وموقع وجود قيم الازاحة مثلا T1010 .

د **الأوامر المساعدة(M-Word) :**

وهي الأوامر التي تتطلب من جانب الآلة مثل أوامر بدء وأنتهاء دوران محور الدوران الرئيس، والتحكم في تشغيل وإطفاء سائل التبريد . . . . . الخ، وتقسم الى المجموعات الاساسية التالية :

١ **الأوامر المساعدة للتحكم في عامود دوران الماكينة :**

أ **للفرايز :**

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تشغيل عمود دوران الماكينة الذي يحمل أداة القطع في اتجاه عقارب الساعة(CW) | M3 |
| تشغيل عمود دوران الماكينة في اتجاه عكس عقارب الساعة(CCW) | M4 |
| توقف دوران عمود دوران الماكينة | M5 |

ب **للمخارط :**

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تشغيل عمود دوران الماكينة الذي يحمل أداة القطع في اتجاه عقارب الساعة(CW) | M03 |
| تشغيل عمود دوران الماكينة في اتجاه عكس عقارب الساعة(CCW) | M04 |
| توقف دوران عمود دوران الماكينة | M05 |

٢ **الأوامر المساعدة للتحكم في استخدام سائل التبريد :**

أ **للفرايز :**

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تشغيل سائل التبريد | M8 |
| إيقاف تشغيل سائل التبريد | M9 |

ب للمخارط :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تشغيل سائل التبريد | M08 |
| إيقاف تشغيل سائل التبريد | M09 |

٣ الأوامر المساعدة للتحكم في تغيير أداة القطع :

أ للفرايز :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تغيير أداة القطع مع تراجع تلقائي(أتوماتيكي) للعمود الذي يحمل أداة القطع الى أعلى موقع ممكن له | M6 |
| تغيير أداة القطع في نفس موقعها الفعلي قبل التغيير ، أي مع الاحتفاظ بنفس قيم المحاور . | M66 |

ب للمخارط :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تغيير أداة القطع بشكل أتوماتيكي | M06 |

٤ الأوامر المساعدة للتحكم في إنهاء البرنامج للمخارط والفرايز :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| إنهاء البرنامج بشكل كامل | M30 |

## ٤ - ٢ الأوامر التحضيرية

يمكن تقسيم الأوامر التحضيرية الأساسية للمجموعات التالية :

١ الأوامر التحضيرية الخاصة باختيار نظام الأبعاد :

**يتم تحديد نظام الابعاد في البرنامج باختيار أحد الأمرين G91 ، G90 كما في الجدول ، ولكن لابد أن نشير**

هنا الى أن بداية التشغيل يكون دائما على نظام الأبعاد المطلق ثم بعد ذلك خلال البرنامج يمكن استخدام النظام النسبي ، ويتم إنهاء البرنامج أيضا بالنظام المطلق للأبعاد .

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| لاختيار نظام الأبعاد المطلق | G90 |
| لاختيار نظام الأبعاد النسبي | G91 |

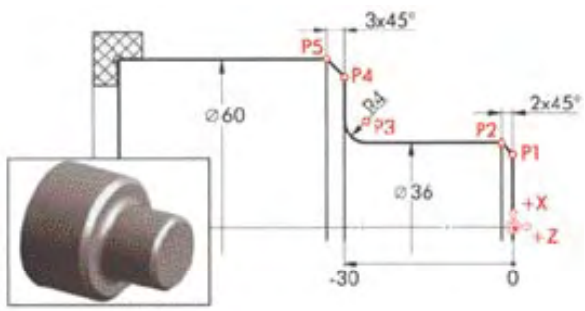
في نظام الأبعاد المطلق **G90** ينسب موضع أداة القطع دائما وأبدا لنقطة صفر البرمجة(صفر قطعة الشغل) ، بينما في نظام الابعاد النسبي **G91** ينسب موضع أداة القطع دائما لآخر موضع زود به البرنامج لتحديد موقع أداة القطع .

## مثال ٣

في الشكل المبين جد احداثيات النقطة P (X ، Z) وذلك حسب النظام المطلق **G90**؟

ملاحظة : X في حالة الخراطة تشير دائما الى قطر قطعة التشغيل .

**الحل:**




| | X | Z |
|---|---|---|
| P1 | 32 | 0 |
| P2 | 36 | -2 |
| P3 | 44 | -26 |
| P4 | 54 | -30 |
| P5 | 60 | -33 |

### ٢ الأوامر التحضيرية الخاصة بالتحكم في سرعة القطع وسرعة الدوران :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| أمر سرعة القطع الثابته | G96 |
| امر البرمجة المباشرة لسرعة الظرف الثابته | G97 |

أمر سرعة القطع الثابته مفيد في حالة الخراطة ، وكما نعرف عند سرعة الظرف الثابته ستتغير سرعة القطع في علاقتها بقطر القطعة ، فالقطر الأكبر(عند السرعة الثابته)سيرفع سرعة القطع وعند مواجهة السرعة الثابته فإن سرعة القطع ستتناقص بالتدريج تجاه المركز(إذا تحركت أداة القطع من الخارج الى الداخل) حتى يصل في النهاية

الى الصفر، ومع هذا فإذا برمج الأمر G96 فإن نظام التحكم ستعدل سرعة الظرف(سرعة الدوران) حسب قطر القطعة وكلما تناقص القطر كلما زادت السرعة ولذلك سرعة القطع الثابته تحصل على مدى امتداد القطر(أي كلما أقتربت السكين من محور القطعة زادت سرعة الدوران) .

ولكن في حالة ثقب المركز على المخرطة يكون الثقب على المحور أي أن إحداثي X صفر(0) وهذا يعني أنه عندما ينشط G96 فإن نظام التحكم سيحسب سرعة الظرف عند أعلى سرعة في الآلة، ولذلك من المستحسن استعمال G97 لبرمجة سرعة القطع الثابته لعمليات الثقب .

الأمر G97 يلغي الأمر G96 وهذا الأمر يقر التأخير لآلات الثقب والتفريز ولذلك فإنه ليس بحاجة لأن يبرمج، فالقيم الرقمية تبرمج تحت عنوانS دورة/ دقيقة .

**مثال ٤**

**N10 . . .**

**N20 G97 S1500** **(سرعة الدوران 1500دورة/ دقيقة)**

### ٣ الأوامر التحضيرية الخاصة باختيار نوع التحكم بالحركة :

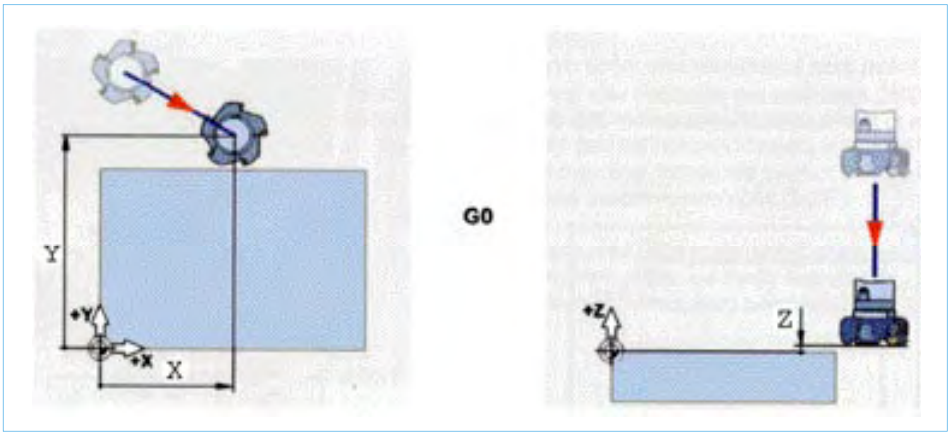
**١ . الأوامر التحضيرية الخاصة بالفرايز :**

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| حركة سريعة لأداة القطع | G0 |
| حركة أو قطع في مسار خطي | G1 |
| حركة أو قطع في مسار دائري مع عقارب الساعة(CW) | G2 |
| حركة أو قطع في مسار دائري مع عقارب عكس الساعة(CCW) | G3 |

**١ . أمر الانتقال السريع من نقطة الى نقطة G0 :**

**ويستخدم هذا الأمر عندما يراد تقريب سكين القطع من المشغولة أو بالعكس دون أن يكون هناك عملية قطع كما هو مبين في الشكل(٧-٧ ) ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :**

**N__ G0 X__ Y__Z__**




شكل(٧-٧) الانتقال السريع G0

**مثال ٥**

**N20 G0 X25 Y15 Z5**

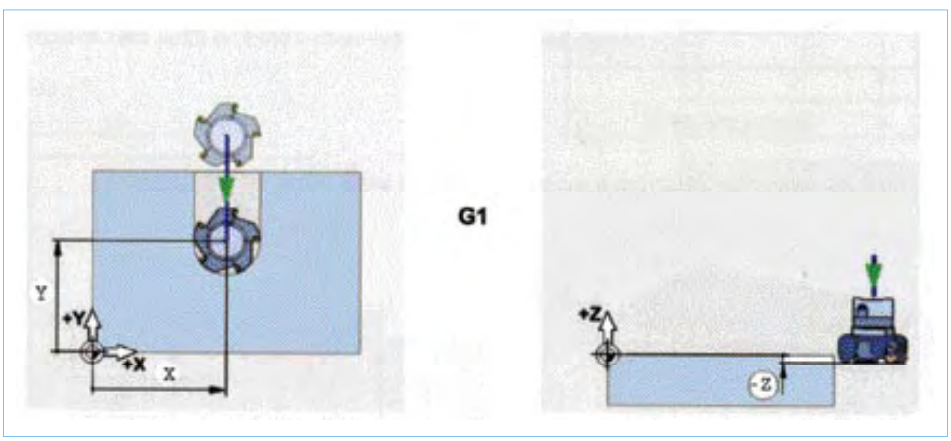
ويعني هذا الأمر الانتقال السريع الى النقطة التي إحداثياته 5، 15، 25) )

و N20 تعني رقم الأمر .

٢ . حركة القطع في مسار خطي G1 :

ويستخدم عندما يراد القطع في مسار خطي كما هو مبين في الشكل(8-6) ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :

**N__ G1 X__ Y__ Z__ F__**




شكل(٧-٨) حركة القطع في مسار خطي G1

## مثال ٦

**N30 G1 Z-2 F100**

**N35 G1 X20 Y15 F120**

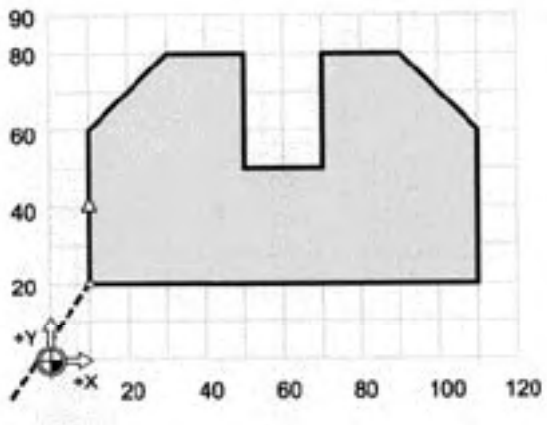
تمثل قيم X و Y وZ النقطة النهائية المراد الوصول إليها مع التشغيل وتشير F الى مقدارالتغذية أثناء التشغيل

## مثال ٧

استخدم الأمر التحضيري المناسب(G1، G0) مع قيم X و Y للحصول على الشكل المبين وذلك حسب النظام المطلق G90 .

ملاحظة : فقط السير مع الخط المتقطع باستخدامG0 والخط المتصل باستخدام . G1

### الحل




| N | G | X | Y |
|---|---|---|---|
| N1 | G0 | 10 | 20 |
| N2 | G1 | 10 | 60 |
| N3 | G1 | 30 | 80 |
| N4 | G1 | 50 | 80 |
| N5 | G1 | 50 | 50 |
| N6 | G1 | 70 | 50 |
| N7 | G1 | 70 | 80 |
| N8 | G1 | 90 | 80 |
| N9 | G1 | 110 | 60 |
| N10 | G1 | 110 | 20 |
| N11 | G1 | 10 | 20 |

٣ . حركة القطع في مسار دائري :

أ . مع عقارب الساعة G2 كما هو مبين في الشكل(٧-٩)

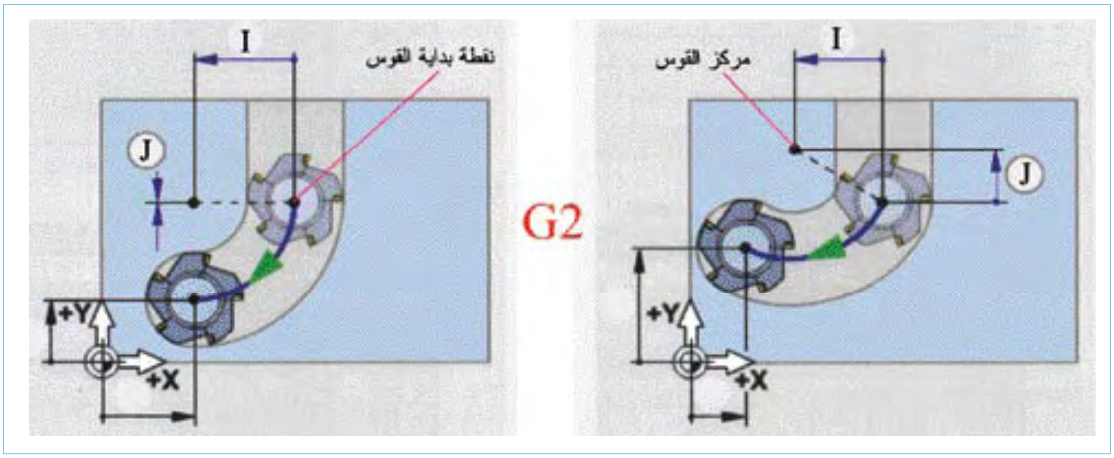
ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :

N__ G2 X__ Y__ I__ J__ F__

حيث :

X و Y : إحداثيات نقطة نهاية القوس .

I و J : إحداثيات مركز القوس مقيسة من نقطة بداية القوس كما هو مبين في الشكل(٧-٩ )، حيث I باتجاه X و J باتجاه Z .




**شكل(٧-٩) حركة القطع في مسار دائري مع عقارب الساعة G2**

ب . عكس عقارب الساعة G3 كما هو مبين في الشكل(٧-١٠ )

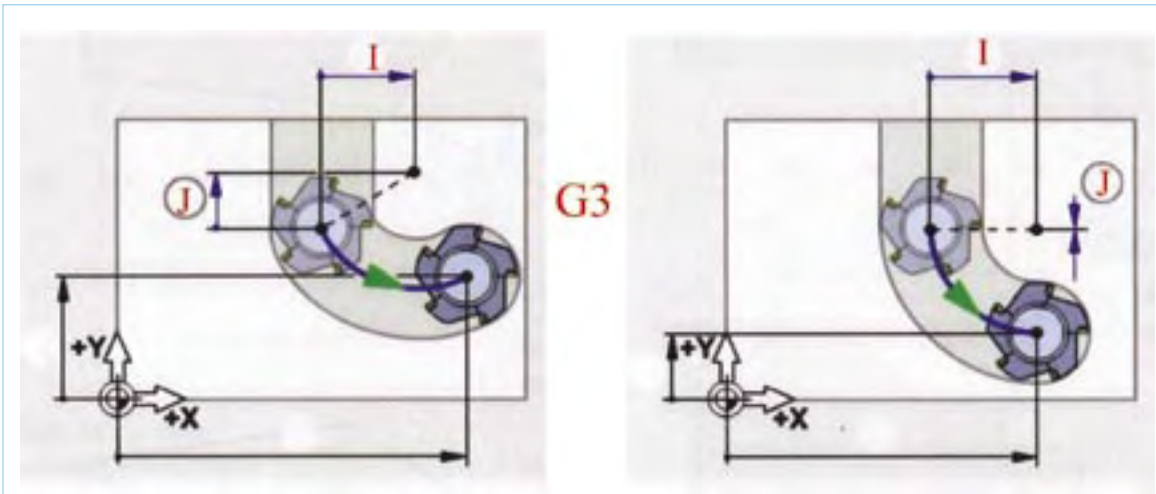
ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :

N__ G3 X__ Y__ I__ J__ F__

حيث :

X و Y : إحداثيات نقطة نهاية القوس .

I و J : إحداثيات مركز القوس مقيسة من نقطة بداية القوس كما هو مبين في الشكل(٧-١٠)

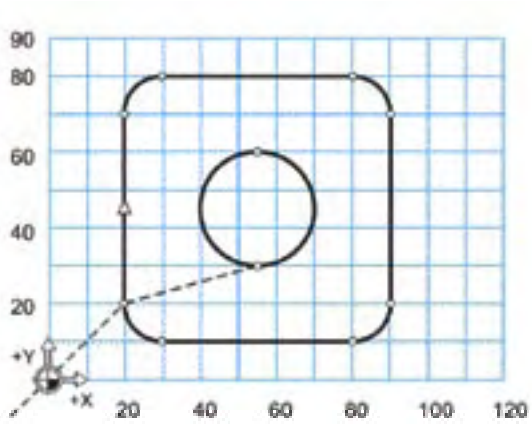



**شكل(٧-١٠) حركة القطع في مسار دائري عكس عقارب الساعة G3**

## مثال ٨

في الشكل المبين إملأ الجدول باستخدام الأمر التحضيري المناسب(G3 ، G2 ، G1 ، G0) للحصول على الشكل المبين .

**الحل:**




| N | G | X | Y | I | J |
|---|---|---|---|---|---|
| **N1** | G0 | 20 | 20 | | |
| **N2** | G1 | 20 | 70 | | |
| **N3** | G2 | 30 | 80 | 10 | 0 |
| **N4** | G1 | 80 | 80 | | |
| **N5** | G2 | 90 | 70 | 0 | -10 |
| **N6** | G1 | 90 | 20 | | |
| **N7** | G2 | 80 | 10 | -10 | 0 |
| **N8** | G1 | 30 | 10 | | |
| **N9** | G2 | 20 | 20 | 0 | 10 |
| **N10** | G0 | 55 | 30 | | |
| **N11** | G3 | 55 | 60 | 0 | 15 |
| **N12** | G3 | 55 | 30 | 0 | -15 |

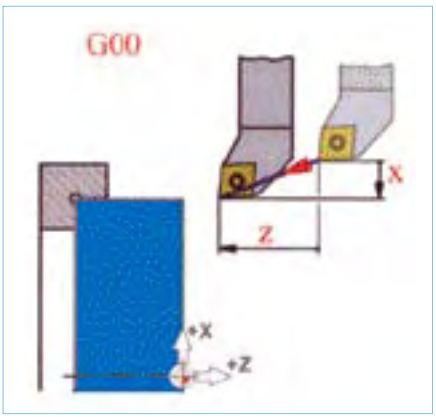
٢ . الأوامر التحضيرية الخاصة بالمخارط :

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| حركة سريعة لأداة القطع | G00 |
| حركة أو قطع في مسار خطي | G01 |
| حركة أو قطع في مسار دائري مع عقارب الساعة(CW) | G02 |
| حركة أو قطع في مسار دائري مع عقارب عكس الساعة(CCW) | G03 |

١ . أمر الانتقال السريع من نقطة الى نقطة G00 :

ويستخدم هذا الأمر عندما يراد تقريب سكين القطع من المشغولة أو بالعكس دون أن يكون هناك عملية قطع كما هو مبين في الشكل(٧-١١) ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :

N__ G00 X__ Z__




شكل(٧-١١) الانتقال السريع **G00**

**مثال ٩**

**N20 G00 X25 Z5**

**ويعني هذا الأمر الانتقال السريع الى النقطة التي إحداثياته( 25 ، 5) )**

**وN20 تعني رقم الأمر .**

**٢ . حركة القطع في مسار خطي G01 :**

**ويستخدم عندما يراد القطع في مسار خطي كما هو مبين في الشكل(٧-١٢ ) ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :**

**N__ G01 X__ Y__ Z__ F__**

شكل(٧-١٢)حركة القطع في مسار خطي**G01**

## مثال ١٠

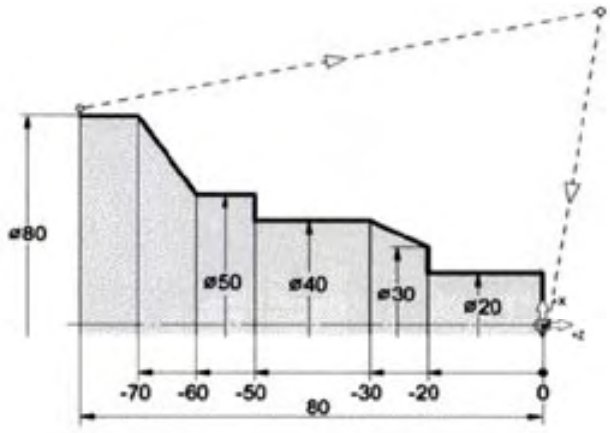
**N35 G01 X20 Z-15 F120**

تمثل قيم **X** و**Z** النقطة النهائية المراد الوصول إليها مع التشغيل وتشير **F** الى مقدارالتغذية أثناء التشغيل .

## مثال ١١

استخدم الأمر التحضيري المناسب(**G01** ، **G00**) مع قيم**X** و**Z** حسب نظام الابعاد المطلق**G90** للحصول على الشكل المبين :

**الحل:**




| N | G | X | Z |
|---|---|---|---|
| **N1** | G00 | 0 | 1 |
| **N2** | G01 | 0 | 0 |
| **N3** | G01 | 20 | 0 |
| **N4** | G01 | 20 | -20 |
| **N5** | G01 | 30 | -20 |
| **N6** | G01 | 40 | -30 |
| **N7** | G01 | 40 | -50 |
| **N8** | G01 | 50 | -50 |
| **N9** | G01 | 50 | -60 |
| **N10** | G01 | 80 | -70 |
| **N11** | G01 | 80 | -80 |
| **N12** | G01 | 82 | -80 |
| **N13** | G00 | 120 | 10 |

**٣ . حركة القطع في مسار دائري :**

أ . مع عقارب الساعة G02 كما هو مبين في الشكل(٧-١٣)

**ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :**

**N__ G02 X__ Y__ I__ K__ F__**

**حيث :**

**X و Y : إحداثيات نقطة نهاية القوس .**

**I و K : إحداثيات مركز القوس مقيسة من نقطة بداية القوس كما هو مبين في الشكل(٧-١٣) حيث I باتجاه X و K باتجاه Z .**

ب . عكس عقارب الساعة G03 كما هو مبين في الشكل(٧-١٣)

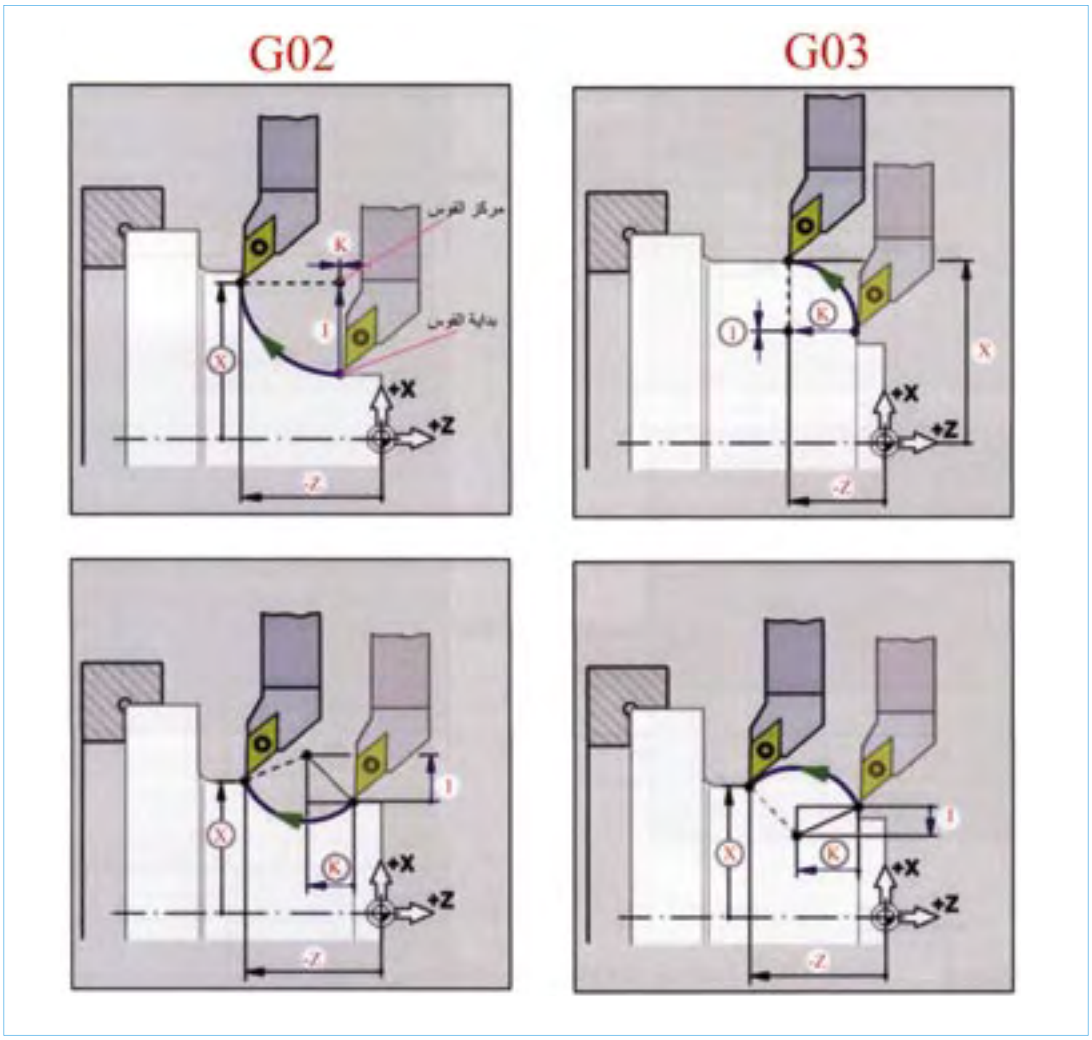
ويأخذ هذا الأمر الصيغة التالية :

**N__ G03 X__ Z__ I__ K__ F__**

حيث :

**X وZ** : إحداثيات نقطة نهاية القوس .

**I وK** : إحداثيات مركز القوس مقيسة من نقطة بداية القوس كما هو مبين في الشكل(٧-١٢)

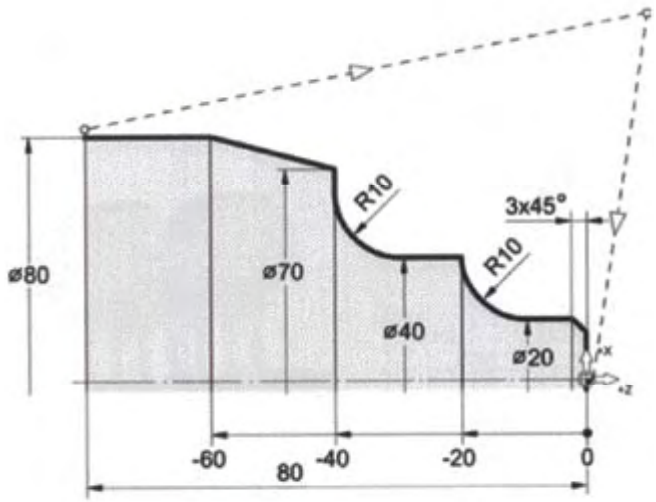



شكل(٧-١٣)حركة القطع في مسار دائري مع عقارب الساعةG02 وعكس عقارب الساعةG03

## مثال ١٢

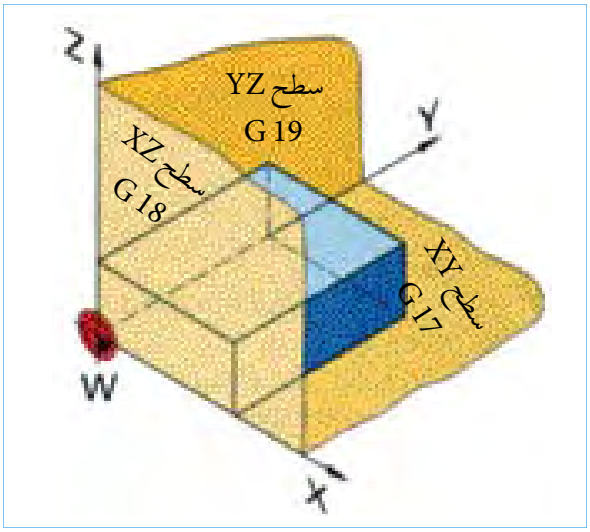
في الشكل المبين إملأ الجدول باستخدام الأمر التحضيري المناسب(G03 ، G02 ، G01 ، G00) مع قيم X و Z حسب نظام الابعاد المطلقG90 للحصول على الشكل المبين .

## الحل



| N | G | X | Z | I | K |
|---|---|---|---|---|---|
| **N1** | G00 | 0 | 1 | | |
| **N2** | G01 | 0 | 0 | | |
| **N3** | G01 | 14 | 0 | | |
| **N4** | G01 | 20 | -3 | | |
| **N5** | G01 | 20 | -10 | | |
| **N6** | G02 | 40 | -20 | 10 | 0 |
| **N7** | G01 | 40 | -30 | | |
| **N8** | G02 | 60 | -40 | 10 | 0 |
| **N9** | G01 | 70 | -40 | | |
| **N10** | G01 | 80 | -60 | | |
| **N11** | G01 | 80 | -80 | | |
| **N12** | G01 | 82 | -80 | | |
| **N13** | G00 | 120 | 20 | | |

**٤ . الأوامر التحضيرية الخاصة لتحديد سطح التشغيل وذلك في حالة الفرايز وهي مبينة في الجدول :**




**شكل(٧-١٤) أسطح التشغيل الثلاث**

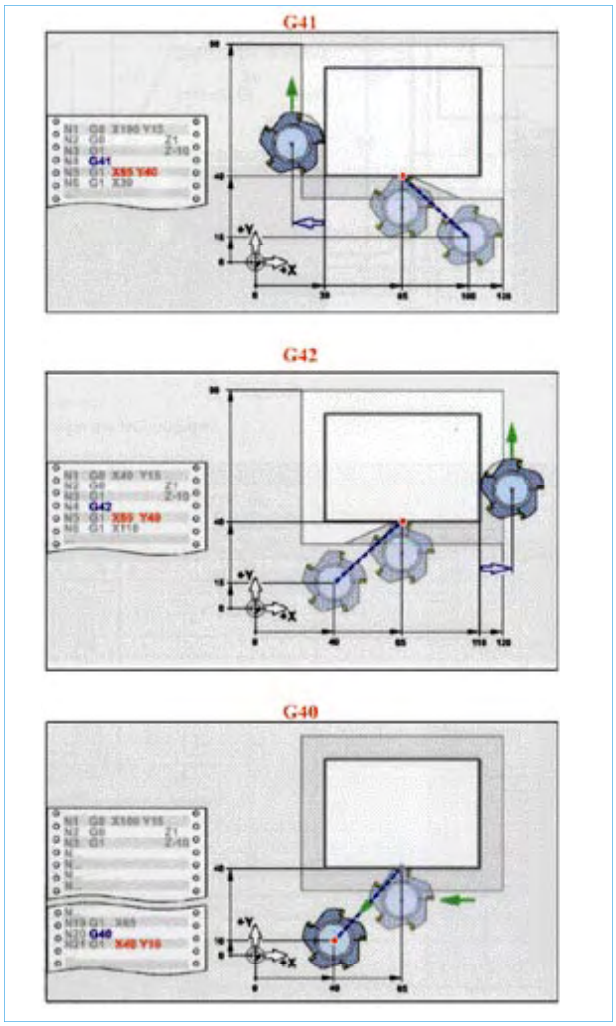
| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| تحديد سطح التشغيل XY | G17 |
| تحديد سطح التشغيل ZX | G18 |
| تحديد سطح التشغيل YZ | G19 |

ويجب أن يكون أمر تحدي سطح التشغيل في بداية البرنامج ويبين الشكل(٧-١٤) أسطح التشغيل المختلفة

**٥ . الأوامر التحضيرية لأخذ قطر أداة القطع في الاعتبار :**

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| وضع مركز أداة القطع بمسافة مقدارها نصف قطر الأداة على يسار السطح(الكنتوري)المبرمج له | G41 |
| وضع مركز أداة القطع بمسافة مقدارها نصف قطر الأداة على يمين السطح(الكنتوري)المبرمج له | G42 |
| إلغاء مجموعة الأوامر G41 و G42 | G40 |

ويبين الشكل(٧-١٥ ) حالات الأوامر التحضيرية (G42 ، G41 ، G40) في كل من التفريز والخراطة




شكل(٧-١٥) أخذ قطر أداة القطع في الاعتبار

٦ . الأوامر التحضيرية لتحديد صفر البرمجة :

وتستخدم هذه الأوامر لنقل صفر الماكينة الى صفر قطعة التشغيل وقياس حركة أداة القطع بالنسبة لصفر قطعة الشغل(Work Piece Zero Point) وتكتب في بداية البرنامج .

| الوظيفة | الأمر |
|---|---|
| اختيار نظام احداثيات العمل مع مرجع على قطعة العمل كنقطة أصل له | G54 |
| اختيار نظام احداثيات العمل مع مرجع على قطعة العمل كنقطة أصل له | G55 |
| اختيار نظام احداثيات العمل مع مرجع على قطعة العمل كنقطة أصل له | G56 |
| اختيار نظام احداثيات العمل مع مرجع على قطعة العمل كنقطة أصل له | G57 |
| اختيار نظام احداثيات العمل مع مرجع على قطعة العمل كنقطة أصل له | G58 |

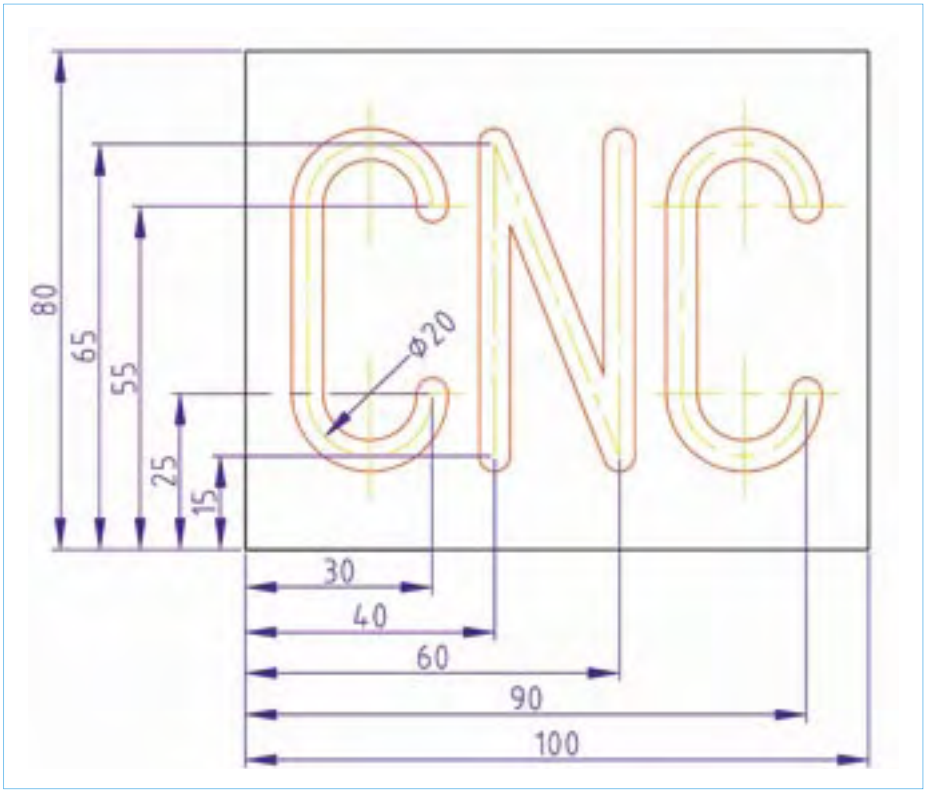
## مثال ١٣

أكتب برنامج CNC لتشغيل القطعة المبينة في الشكل على ماكينة تفريز محوسبة؟

المواد الخام : ٨٠×١٠٠ملم سماكة ١٥ملم ألمنيوم

باستخدام أداة قطع قطرها ٥ , ٢ملم ورقمها على البرج ١

**الحل:**




| | G | X | Y | Z | I | J | F | S | T | M | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | G90 | | | | | | | | | | تحديد الاحداثيات المطلقة |
| 2 | G54 | | | | | | | | | | نقل صفر الماكينة الى صفر القطعة |
| 3 | G17 | | | | | | | | | | تحديد سطح التشغيل XY |
| 4 | | | | | | | | | T1 | | اختيار سكين القطع رقم ١ |
| 4 | | | | | | | | | | M6 | أمر تنفيذ اختيار السكين |
| 5 | G0 | X30 | Y25 | Z40 | | | | S1500 | | M3 | تحريك سريع للسكين مع تحد يد سرعة الدوران مع عقارب الساعة |
| 7 | G0 | | | Z5 | | | | | | | تحريك سريع الى النقطة المحددة |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N8 | G1 | | | Z-2 | | | F150 | | | | حركة قطع في مسار خطي مع تحديد مقار التغذية |
| N9 | G2 | X10 | Y25 | | I-10 | J0 | F250 | | | | حركة قطع في مسار دائري مع عقارب الساعة بتحديد مقدارالقوس |
| N10 | G1 | X10 | Y55 | | | | | | | | حركة قطع في مسار خطي |
| N11 | G2 | X30 | Y55 | | I10 | J0 | | | | | |
| N12 | G1 | X30 | Y55 | Z5 | | | F150 | | | | |
| N13 | G0 | X40 | Y15 | | | | | | | | |
| N14 | G1 | X40 | Y15 | Z-2 | | | F150 | | | | |
| N15 | G1 | X40 | Y65 | | | | F250 | | | | |
| N16 | G1 | X60 | Y15 | | | | | | | | |
| N17 | G1 | X60 | Y65 | | | | | | | | |
| N18 | G1 | X60 | Y65 | Z5 | | | F150 | | | | |
| N19 | G0 | X90 | Y55 | | | | | | | | |
| N20 | G1 | X90 | Y55 | Z-2 | | | F150 | | | | |
| N21 | G3 | X70 | Y55 | | I-10 | J0 | F250 | | | | |
| N22 | G1 | X70 | Y25 | | | | | | | | |
| N23 | G3 | X90 | Y25 | | I10 | J0 | | | | | |
| N24 | G1 | X90 | Y25 | Z5 | | | F150 | | | | |
| N25 | G0 | X90 | Y25 | Z40 | | | | | | | |
| N26 | G0 | X90 | Y90 | | | | | | | M5 | إبعاد السكين عن القطعة مع إيقاف دوران عمود الدوران |
| N27 | | | | | | | | | | M30 | إنهاء البرنامج |

N
N1
N2
N3
N4
N4
N6
N7

**٧ . الدورات الثابته :**

**تسمى الوظيفة التي تؤدي سلسة من حركات التشغيل والتي تتكون من قوالب متعددة مثل الثقب والتسنين ، تؤمر في قالب واحد بالدورة الثابتة ، وسيتم شرح برمجة الدورة الثانية ادناه .**

**انواع الدورات الثابتة :**

**يشير الجدول التالي الى قائمة الدورات الثابتة . ان كل رموز G في الدورات الثابتة هي شكلية ويتم الغاء**

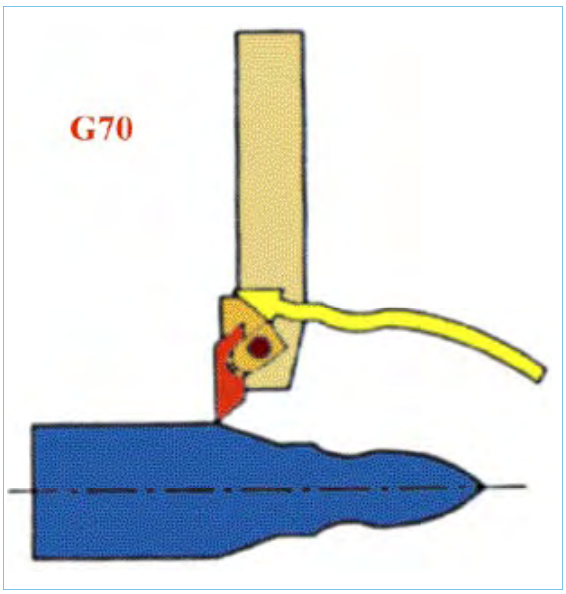
رمز الدورة الثابتة وذلك من خلال امر G 80 لإلغاء دورة ثابتة .

| | الأمر | الوظيفة |
|---|---|---|
| دورات الخراطة | G70 | دورة الخراطة الناعمة( finishing cycle) |
| | G71 | دورة الخراطة الخشنة (Turning cycle) |
| | G74 | دورة الثقب على المخرطة(Drilling cycle) |
| | G75 | دورة حفر المجرى (Grooving cycle) |
| | G76 | دورة التسنين(threading cycle) |
| دورات التفريز | G81 | دورة ثقب |
| | G82 | دورة ثقب يتم فيها البقاء في أسفل الفتحة لفترة زمنية محددة |
| | G83 | دورة الثقب العميق |
| | G84 | دورة القلوظة |
| | G80 | لألغاء دورة ثابته |

١ . دورة الخراطة الناعمةG70 :

ويتم استخدام هذه الدورة بعد الخراطة الخشنة وتتم في شوط واحد وتأخذ الصيغة التالية :

N_ G70 P_ Q_




شكل(٧-١٦) دورة التنعيم

حيث أن :

P : رقم سطر البداية (start block)

Q : رقم سطر النهاية (end block)

## مثال ١٤

**N55 G70 P20 Q45**

حيث يشير الرقم **20** الى رقم السطر **N20** و**Q45** الى السطر رقم **N45** وما بين **N20** و**N45** تنفذ الخراطة الخشنة ثم يأتي بعدها شوط الخراطة الناعمة .

٢ . دورة الخراطة الخشنة **G71** :

وتأخذ الصيغة التالية

**N__ G71 P__ Q__ U__ W__ D__ F__**

حيث :

**P** : رقم سطر البداية

**Q** : رقم سطر النهاية

**U** : مقدار المادة المراد تركها للتنعيم في اتجاه **X**

**W** : مقدار المادة المراد تركها للتنعيم في اتجاه **Z**

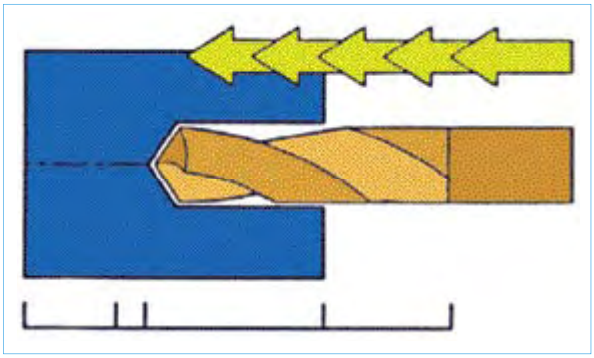
**D** : مقدار عمق القطع في كل شوط

**F** : مقدار التغذية

## مثال ١٥

**N50 G71 P20 Q45 U0.025 W0.025 D3 F120**

يتم تنفيذ أمر الخراطة بين **N20** و **N45** مع ترك مادة لشوط التنعيم في كل من اتجاه **X** و **Z** وعمق قطع في كل شوط ٣مم بمقدار تغذية ١٢٠ مم/ دقيقة .



شكل(٧-١٧) دورة الثقب

٣ . دورة الثقب G74 :

وتأخذ الصيغة التالية

N_ G74 X0 Z_ K_ F_

حيث :

X0 : دائما صفر لأن الثقب يتم على المحور

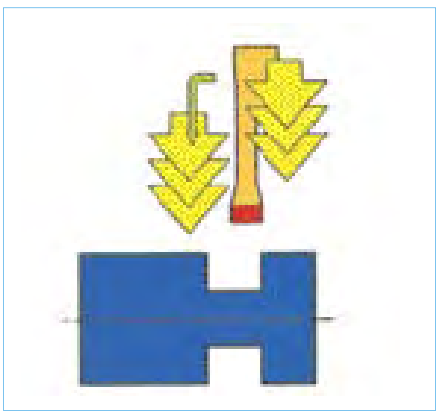
Z : عمق الثقب (النقر)

K : عمق النقر في كل شوط

F : مقدار التغذية

**مثال١٦**

N40 G74 X0 Z-5 K05 F100



شكل(٧-١٨) دورة حفر مجرى

٤ . دورة حفر المجرى G75

وتأخذ الصيغة التالية

N_ G75 X_ Z_ F_ D_ I_ K_

حيث :

X : قطر المجرى

Z : إحداثي نهاية المجرى باتجاه Z

F : مقدار الرجوع بعد كل شوط قطع (القطع بشكل نقر كما هو مبين في الشكل(١٧-٦) )

D : عمق المجرى

K : الحركة باتجاه Z

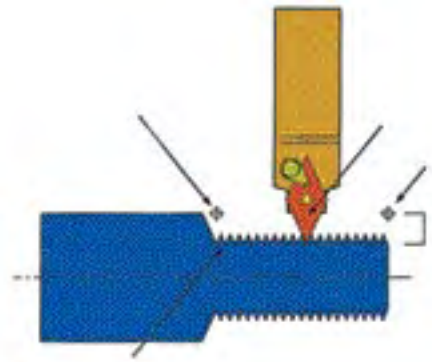
I : الحركة باتجاه X

**مثال ١٧**

N60 G75 X3 Z-5 F0.125 I0.5 K0.5

٥ . دورة التسنين G76

N__ G76 X__ Z__ D__ K__ F__ A__ F__



X : القطر الأصغر

Z : نهاية التسنين

D : عمق قطع الشوط الأول

K : عمق السن

F : خطوة السن

A : زاوية أداة القطع

٦ . دورة الثقب G81 على آلة التفريز

N__ G81 Z__ R__ F

Z : عمق الثقب

R : مقدار التراجع بعد كل نقر

F : مقدار التغذية

وتحتاج دورة الثقب الى ثلاث مستويات مختلفة من إرتفاع أداة الثقب باتجاه Z

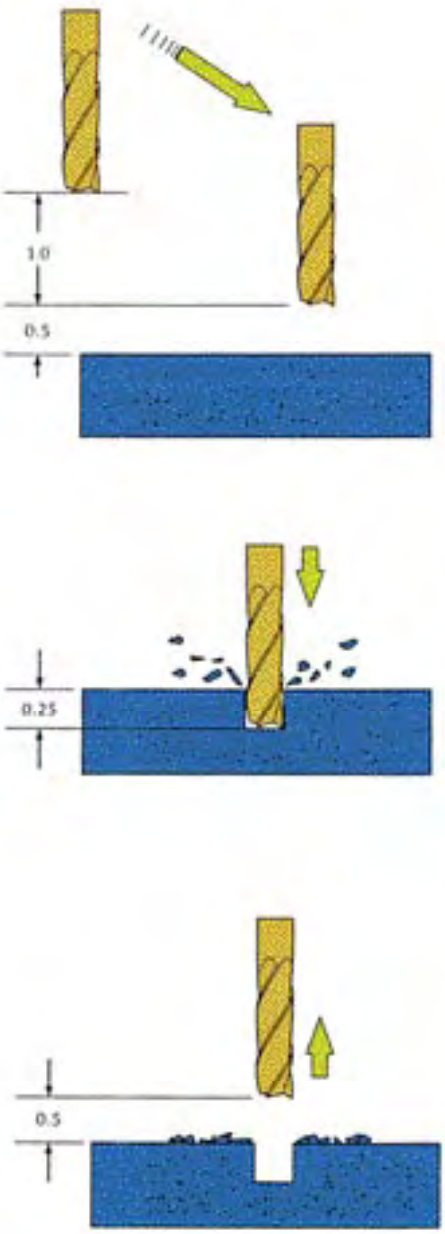
١ . Z-المستوى الابتدائي

٢ . Z-العمق .

٣ . Z–المستوى النهائي بعد الثقب .

**مثال١٨**

**N5 G00 X0 Y0 Z1**




٧ . دورة ثقب مع توقف زمني**G82**

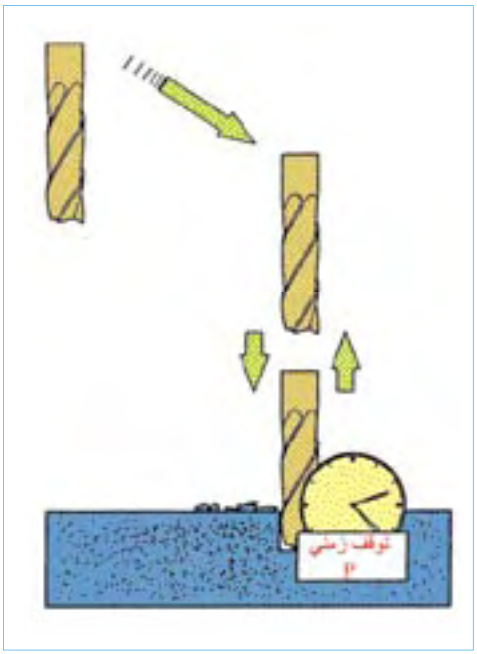
**_N_ G82 Z_ P_ R_ F**

Z : عمق الثقب

R : مقدار التراجع بعد كل نقر

P : مقدار الفترة الزمنية للتوقف أسفل الثقب

F : مقدار التغذية




شكل(٧-٢١) دورة الثقب مع توقف زمني

## مثال ١٩

N5 G00 X0 Y0 Z1

N10 X1 Y1 Z0.5

N15 G81 Z-0.25 P1 R0.125 F5

## مثال ٢٠

أكتب برنامج CNC لتشغيل القطعة المبينة في الشكل على ماكينة خراطة محوسبة؟

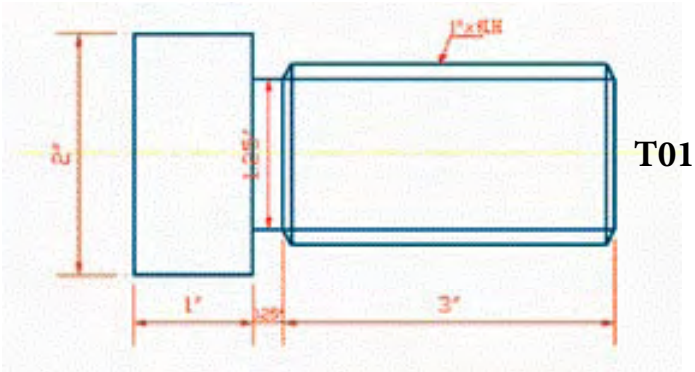
المواد الخام : ٤×٢ إنش ألمنيوم

باستخدام سكاكين الخراطة التالية :

سكين خراطة خشنة ورقمها على البرج T0101

سكين تنعيم ورقمها على البرج T0202

سكين مجرى ورقمها على البرج T0505



## سكين تسنين ورقمها على البرج T0303

**الحل:**

| | X | Z | I | K | F | S | T | P | Q | U | D | W | A | M | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | نظام |
| 6 | | | | | | S180 | | | | | | | | M04 | تحديد سرعة القطع واختيار سكين القطع |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | M08 | تحريك سريع مع تشغيل سائل التبريد |
| 1 | | | | | F0.3 | | | P5 | Q7 | | D500 | | | | دورة خراطة خشنة |
| 1 | ٥.X1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | X1.5 | Z-3 | | | | | | | | | | | | | خراطة طولية |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | X4 | Z3 | | | | | | | | | | | | | ابعاد السكين عن القطعة |
| | | | | | | | | | | | | | | M06 | تغيير السكين |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | | | | | | | P5 | Q7 | | | | | | دورة تنعيم |
| 0 | X4 | Z3 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | M06 | تغيير السكين |
| 0 | | Z-3 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Z-.25 | | | F0.2٥ | | | | | | D0 | | | | دورة المجرى لنهاية السن |

السؤال الاول : اشرح كيفية تحديد المحاور الكارتيزية الثلاث (x ، y ، z) باستخدام قاعدة اليد اليمنى على الة (CNC)؟

| N | G |
|---|---|
| N1 | G90 |
| N2 | G90 |
| N3 | G00 |
| N4 | G7 |
| N5 | G0 |
| N6 | G0 |
| N7 | |
| N8 | G00 |
| N9 | |
| N10 | G00 |
| N11 | G70 |
| N12 | G00 |
| N13 | |
| N14 | G00 |
| N15 | G7 |

السؤال الثاني : في الشكل المجاور اوجد احداثيات النفطة P باسيخدام :

ا) الامر المطلق . ب) الامر النسبي .

السؤال الثالث : على الشكل المجاور لقطعة عمل على الة الخراطة المحوسبة حدد ما يلي :

ا) نقطة الصفر للالة .

ب) نقطة الصفر لقطعة العمل .

ج) نقطة المرجع لتثبيت اداة القطع .

د) نقطة الاسناد .

السؤال االرابع : أذكر خظوات اعداد برنامج عملية التشغيل على ماكنة التحكم الرقمي؟

السؤال الخامس : ماهي مرحل العمل عبى الآلات المحوسبة؟

السؤال السادس : أذكر مواصفات صيغة عنوان الكلمة؟

السؤال السابع : اذكر نوع الامر الذي يدل عليه كل من الاحرف التالية :

ا) N

ب) F

ج) G

د) S

السؤال الثامن : فسر وظيفة الأوامر الواردة في البرنامج التالي :

G٩٠ G٥٤ G١٧ N١

M٦ T١ N٥

M٣ S١٥٠٠ Z٤٠ Y٢٥ X٣٠ G٠ N١٠

السؤال التاسع : أكتب برنامج CNC لتشغيل القطعة المبينة في الشكل على ماكينة تفريز محوسبة؟

المواد الخام : ٨٠×١٠٠ملم سماكة ١٥ملم ألمنيوم

باستخدام أداة قطع قطرها ٥ , ٢ملم ورقمها على البرج ١

ملاحظة : البرمجة وفق اتجاه السهم .

نسخة أولية
DRAFT

الـوحـدة

٨

# استراتيجية إدارة أعمال الصيانة

# الوحـــدة ٨ الصيانة

## المقدمة

تعتبر الصيانة مهمة لكل مؤسسة صغيرة كانت أم كبيرة وتكمن أهميتها الكبيرة بأنها تحقق حالة الاستخدام الأفضل للمكائن والمعدات وتزيد من درجة الثقة بالنظام التشغيلي وتقلل حدوث الأعطال، و قد واكب مفهوم الصيانة التطورات التقنية المتسارعة التي دخلت في مجالات الإنتاج الصناعي وغير الصناعي، مما أدى إلى تبلور أهمية تكاليف الصيانة كعنصر من عناصر التكلفة . وأصبح لزاماً على الإدارة الناجحة مجابهة نمو هذه التكلفة عن طريق تبني الأساليب العلمية المناسبة التي تؤدي إلى القرار الصائب .

## الأهداف

التعرف على :

١. أهمية الصيانة وأثرها على الإنتاج والإنتاجية .
٢. الإستراتيجيات المختلفة لتنفيذ أعمال الصيانه .
٣. تنظيم إدارة أعمال الصيانه ( الأهداف / الواجبات / أشكال التنظيم / المركزيه واللامركزيه ) .
٤. مفهوم وأنشطة الصيانه الوقائيه .
٥. خطوات وضع برنامج متكامل للصيانه الوقائيه .
٦. النماذج والمستندات اللازمة لبرنامج الصيانه الوقائيه .
٧. الطرق الحديثة للتنبؤ وتشخيص الأعطال .
٨. الأساليب الحديثة للتخطيط والبرمجة لأعمال الصيانه .
٩. تقدير تكاليف الصيانه .
١٠. مشاكل الصيانه وآليات حلها .
١١. الجدوى الإقتصادية لتنفيذ أعمال الصيانه .

## ① مفهوم الصيانة

ولقد تعرّض تعريف الصيانة لتقلبات متعددة في معانيه طبقاً للنواحي العلمية التي مرت بها الصيانة ، ونجد أن معظم تعاريف الصيانة ركزت على أمور أساسية يمكن تلخيصها كالآتي :

١ الصيانة عمل أو مجموعة أعمال .

٢ أنها تهدف لإعادة الأصل لحالته الأولية للقيام بوظيفته .

٣ أنها تتضمن الكشف عن الأعطال كعمل وقائي لتجنب الأعطال المثيلة المتوقع حدوثها مستقبلاً .

٤ وأخيراً ، تركّز معظم التعاريف على التكلفة الاقتصادية .

ويقترح تعريف الصيانة على أنها : "عمل أو مجموعة من الأعمال الفنية التي تهدف إلى تلافي الأعطال، ومعالجتها (إن وجدت) بغية استرجاع الأصل (المعطب أو الذي سيعطب) إلى حالته الأولية التي كان عليها، مما يضمن قيام الأصل بوظيفته الإنتاجية ، وذلك بتكلفة اقتصادية دنيا للقيام بهذا العمل أو هذه الأعمال" .

كما أن الأتمتة والتقدم التقني ساهما في تعقيد النواحي الهندسية ، وأصبحت المهارات المطلوبة لتركيب وصيانة خط آلي أو غرفة تحكم هي أعقد من التقنيات المطلوبة لوضع محرك في حالة عمل وإجراء الصيانة اللازمة له، كما ساعد هذا التطور على فتح أسواق واسعة نحو إدخال التكنولوجيا وتغلغلها في جميع أوجه الأنشطة الصناعية ،ذلك أدى إلى ضرورة التخصص في عمليات الصيانة وبدء ظهور إدارة لها تقدم خدماتها المستقلة عن إدارة الإنتاج ، ولكنها بقيت تشكل دعامة للإنتاج كماً ونوعاً ، وغدا نجاح وحدة الإنتاج واستمرار تشغيلها مرهوناً بكفاءة إدارة الصيانة وفعاليتها .

ويلاحظ أن مفهوم الصيانة اقتصر في الماضي على الإصلاح ، الذي يجري بعد توقف الآلة وخروجها من العمل ، أي أن " الصيانة كانت مرادفة للإصلاح" ، فكانت تختص بإصلاح ما تم فساده عندما يتم الفساد فعلاً . ولم تكن مسببات العطل تُكتشف إلاّ بعد حين وبعد تكرار التوقف . ولكن انصرف التفكير بعد الحرب العالمية الثانية نحو ضبط مصاريف الصيانة باستخدام النماذج الرياضية ، إلا أن التطبيق العملي كشف عدم فعالية الكثير من هذه النماذج واستبدلت بهذه النماذج نماذج أكثر تطوراً. ولم تعد وظيفة الصيانة بذلك قاصرة على المفهوم التقليدي من حيث كونها مجموعة من الأعمال الهندسية والجهود الفنية التي يُعهد بها إلى عدد من المهندسين أو الأخصائيين ، بل أصبحت جهداً إدارياً متكاملاً يُشرف عليه مسؤول إداري، قد يصل إلى أعلى المستويات الإدارية في التنظيم، ويمارس وظائفه الإدارية بكل عناصرها وأبعادها .

## ٢ آثار اهمال الصيانة

ولعل من أهم المشكلات التي تعاني منها الدول النامية، تعود بالدرجة الأولى إلى إهمال الدور المهم لإدارات الصيانة، ونذكر على سبيل المثال لا التحديد بعض المشكلات التي تعاني منها هذه الدول :

١ مشكلة الكهرباء : إن انقطاع التيار الكهربائي لسبب هو عدم إجراء الصيانة اللازمة (الوقائية منها) في المواعيد المقررة لها (من قبل الشركات المصنعة أو المشغلة لمحطات التوليد).

٢ مشكلة المياه : تتبلور مشكلات الصيانة في شبكات المياه والسدود، في اختلاط مياه السيول بشبكات المياه العامة، والسبب الرئيسي في ذلك التقصير في تطبيق الصيانة الوقائية لأن الضعف في شبكات المياه العامة يؤدي إلى اهترائها عندما تصطدم سيول الأمطار الجارفة بها .

٣ مشكلة التلوث : بما أن معظم الصناعات تنبعث عنها عوادم ونفايات تتناسب طرداً مع سوء الحالة العامة للمصنع لذلك يساهم الإهمال في تطبيق الأسس الصحيحة للصيانة إلى تفاقم مشكلات التلوث البيئي .

٤ المشكلات التي تواجهها مؤسسات القطاع العام الصناعي : والتي غالباً ما ترد أسباب القصور فيها إلى سوء في إدارة الصيانة، وتقع هذه المؤسسات في التعقيد الخاص بإجراءات الصرف والشراء والاستيراد الخارجي فتكون الفترات اللازمة لتأمين قطع التبديل متفاوتة مما يسبب توقفاً للإنتاج (أحياناً) . إضافة لمشاكل التضخم الهيكلي في موظفي وعمال الصيانة .

**أن الأسباب الكامنة خلف مثل هذه المشكلات يمكن أن تعود إلى أحد الأسباب التالية أو مجموعة منها :**

١ عدم مراقبة القطع التبديلية وقطع الغيار اللازمة للصيانة ، حيث إن هذه القطع يحكمها عامل الندرة الاقتصادية وازدياد الطلب عليها ، مما يزيد من سعرها ويجعلها تشكل عبئاً من أعباء التكلفة .

٢ عدم ضبط المهارات التي تتضمنها نشاطات تنفيذ الصيانة ، فأُهملت الاختصاصات في هذا المجال وكذلك الدورات التدريبية لرفع المستوى والمهارات الفنية ، مما جعل هذه القدرات الداخلية والخارجية ذات فعالية متدنية جداً .

٣ عدم مقابلة زيادة الأتمتة في الآلات وخطوط الإنتاج بعمليات صيانة خاصة بها وهذه التقنية تختزن رأسمال مستثمر في طياتها وأي توقف أو تعطل يُمثل هدراً لهذا الاستثمار .

٤ عدم مراقبة الاهتراء والصدأ مع وجوب مراقبتهما لما يسببانه من إفساد واهتراء للآلات ، فهما عدوان يجب محاربتهما .

٥ عدم استخدام التقنيات الفنية والإدارية من أجل الاستخدام الكامل لتجهيزات المؤسسة لمواجهة الأعطال أو الصيانة غير المخططة ومعالجتها بنجاح قبل أن تؤثر على البنية التنظيمية للمؤسسة .

٦ إن زمان ومكان الصيانة لا تفرضهما الإدارة من خلال التخطيط الجيد بل العكس ، فالصيانة تفرض نفسها بالزمان والمكان غير المطلوبين .

٧ عدم بناء نموذج للصيانة لكل مؤسسة أو كل صناعة يتناسب مع إمكانياتها وحاجاتها ليكون مقياساً لشكل إدارة الصيانة فيها ويحدد ويصف أنشطة الصيانة الواجب توافرها .

٨ عدم شمول الصيانة لجميع الوحدات في المؤسسة ( خطوط إنتاج وآلات وتجهيزات وبناء وجميع الأجهزة المكتبية ) .

## ٣ أهمية الصيانة

**بالإضافة إلى ما سبق ذكره ، فإن الصيانه تكتسب اهمية خاصه للاسباب التاليه :**

١ دور إدارة الصيانة الحيوي وأثره في حياة المؤسسة .

٢ شح الأدبيات والأبحاث والدراسات وخاصة باللغة العربية التي تعطي هذا الموضوع حقه من الاهتمام .

٣ اعتبار بند الصيانة من عناصر الجودة في المقاييس النمطية الدولية ISO 9002 ، ISO 9001 مما يبرز الاهتمام بالصيانة دولياً .

والصيانة عملية مستمرة حتى في حالة وقوف العملية الإنتاجية للآلة حيث تتعرض أجزاء الآلات والمعدات وأجهزة الإنتاج للأعطال مثل التآكل والتلف والصدأ خلال فترة عمرها التشغيلي .

## ٤ أهداف الصيانة

**ويبرز الدور المهم لعمليات الصيانة في تحقيق الأهداف الآتية :**

١ المحافظة الدائمة على الحالة الجيدة للآلة والمعدات وضمان حسن الأداء وبالتالي جودة الإنتاج

٢ الإقلال من حدوث الأعطال وما تسببه من خسارة اقتصادية لعملية الإنتاج نتيجة لتوقف الإنتاج وتكاليف إعادة التشغيل .

٣ زيادة العمر الافتراضي للآلات وبالتالي الحصول على عائد اقتصادي أكثر جدوى .

٤ تحقيق ظروف تشغيل مستقرة وبالتالي زيادة شروط ومناخ السلامة الصناعية لمواقع العمل .

وغيرها من الأهداف حسب مواقع العمل المختلفة ، ومن هنا يتضح ما للصيانة من دور مهم جداً لا يمكن

الاستهانة به . فالصيانة لها انعكاسات صحية ، وبيئية واقتصادية . وما المتابعة المستمرة حسب المخطط الدوري المرسوم للصيانة إلا من أساسيات ضمان سير العملية الإنتاجية ، سلعية كانت أم خدمية ، بالمستوى المطلوب . لقد سيطر في الماضي ، وإلى حد بعيد ، على المهندسين أقصار مفهوم أهمية الصيانة ، بالدرجة الأولى ، على الناحية الاقتصادية فقط وبقيت السلامة المهنية كتابع يلحق بالجانب الاقتصادي . أما بالنسبة للآثار البيئة فقد غابت عن الكثير منهم . وقد اختزل مفهوم الصيانة عندنا في تصحيح الأعطال التي قد تحصل ، وفي معظمها ، نتيجة إهمال برامج الصيانة وغيابها عن بنود جدول أعمال معظم مؤسساتنا الإنتاجية والخدمية كما سبق وان اشرنا .

ولقد كان إلى فترة قريبة مصطلح الصيانة ، وخاصةً الوقائية ، يختفي من قواميس حركة الكثير من الإدارات بمؤسساتنا الصناعية والخدمية . ويستثنى من ذلك ما يردد ونسمعه من تعابير صارت مألوفة : يوجد عطل . . إذن هذا يحتاج لصيانة . وكأن الصيانة تقتصر على معالجة الأعطال فقط .

### ٥ أنواع الصيانة

احد أهداف الصيانة الرئيسية في أي منشأه صناعية أو مشروع قائم هو الحفاظ على عمل الآلات الموجودة فيها بشكل متواصل وبفاعليه عاليه وذلك لضمان استمرارية الإنتاج على مدار الساعة بشكل امن وبأقل التكاليف فمثلا الإهمال في إصلاح أو تغيير الأجزاء التالفة في بعض المعدات قد يتسبب في حدوث عطل كبير مما يؤدي إلى توقف الإنتاج وبالتالي خسارة كبيره . وللقيام بهذه الإعمال عاده ما توجد أداره خاصة بالصيانة وتكون المسؤله عن ضمان سلامه وعمل هذه المعدات .

إن الصيانة وأساليبها واستراتيجياتها علم بحد ذاته ولكن قله من منشئاتنا الصناعية هي التي تهتم بدراسته ولعله من المهم في هذا المجال تحديد نوع الصيانة المناسب .

**هناك ثلاثة أنواع رئيسيه من الصيانة وهي :**

١. صيانة وقائية ( preventive maintenance)
٢. صيانة إصلاحية(corrective maintenance)
٣. صيانة تنبؤيه (predictive maintenance)

## ١-٥ الصيانة الوقائية

هي مجموعة الفحوصات والخدمات التي تتم بصفة دورية وحسب خطة زمنية موضوعة ( تحدد من قبل مصنعي الآلة أو من قبل الفنيين ذو الخبرة القائمين بالصيانة ) لمعالجة القصور إن وجد قبل وقوع العطل أو التوقف

عن العمل، كتبديل بعض الأجزاء التالفة أو تغيير زيوت التبريد وذلك لزيادة نسبه موثوقية الآلة .

وتتم عمليات الصيانة الوقائية يومياً وأسبوعياً وشهرياً حيث الفحص الدوري الظاهري لأجزاء ووحدات الآلة وأجراء عمليات التنظيف والتشحيم والتزيت وتغير بعض الأجزاء البسيطة إذا لزم ذلك .

## ٢ - ٥ الصيانة الإصلاحية

وهي مجموعه من الإصلاحات الضرورية التي تؤدي بعد وقوع العطل للآله مباشره لتفادي مزيدا من الخسائر في خط الإنتاج ويتم فيها :

١. تغير الأجزاء التالفة أو الأجزاء التي انتهى عمرها الافتراضي .
٢. إجراء عمليات الإصلاح على بعض الأجزاء بهدف إعادة استعمالها مرة أخرى مثل ( إصلاح الجزء المتآكل أو المتشقق جزئيا باللحام)
٣. إجراء عمليات الضبط والمعايرة لبعض أجزاء الآلة التي تحتاج إلى ذلك .

### أنواع الصيانة الاصلاحية:

١. **الصيانة التصليحية :** وهي أعمال الصيانة التي تعمل على ارجاع حالة الآلات والمعدات الى مستوى مقبول بسبب تلف تدريجي أو تلف مفاجيء .
٢. **الصيانة الجارية :** وهي عبارة عن القيام بتنفيذ عملية صيانة لماكنات وهي تعمل .
٣. **الصيانة المتسببة عن الأعطال :** وهي الأعمال التي تنفذ بعد حصول العطل في المعدات مباشرة، ولكن مشروطة بتوفر قطع الغيار اللازمة للإصلاح .

### أساليب عملية اجراء الصيانة:

يجب اتباع القواعد الصحيحة في عمليات الصيانة، وذلك لتحقيق التنظيم الدقيق والسريان الطبيعي لعملية الصيانة وذلك كما يلي :

١. **تحديد وحصر عيوب الآلة(تحديد المشكلة) :** ويتم ذلك من خلال عملية الفحص وجمع المعلومات التي يمكن الاستفادة منها على النحو التالي :
   - تكوين فكرة عن العيوب وكيف يتم طرق معالجتها المدونة في كتيب الصيانة، أو أي مصدر آخر للصيانة .
   - تحديد مواعيد تغيير قطع الغيار حسب ارشادات الشركة الصانعة .

- الاستفسار من القائم على تشغيلها، والتعرف على المشاكل التي تواجهه مثل : أصوات غريبة، أو عدم دقة في العمل، أو رائحة غير طبيعية، أو أن هناك بعض أجزاء لاتعمل .

٢ **معالجة العيوب :** بعد حصر وتحديد العيوب يجب إزالة الخطأ : إما بتغيير القطع التالفة، أو بمعالجة الأخطاء فنيا أو بتصنيع القطع واستبدالها، أو بمعالجة الكسور باللحام، وتجليس القطع المعوجة أو تعبئة القطع المهترئة باللحام وتشغيلها على آلات التشغيل .

٣ **فك القطع :** للفك نظام وقواعد يمكن تلخيصها بمايلي :

- عملية التحضير قبل الفك : قبل عملية الفك يجب التعرف على تركيب الآلة ومجالات استعمالها، والصلة المتبادلة بين وحداتها واجزائها، ومن ثم يجب اتباع الأسس التالية :
  - وضع خطة عمل .
  - مراعاة أسس السلامة مثل فصل التيار الكهربائي عن الماكنة ووضع لافتة تحذيرية على الآلة مثل "الآلة تحت التصليح"
  - تنظيف الآلة من الأوساخ والزيوت .
  - الاطلاع على الإرشادات والرسومات التصميمية في كتيب الصيانة .
  - تجهيز منطقة العمل وعزلها ووضع لوائح تحذيرية عليها .
- قواعد الفك : عند عملية الفك يجب اتباع الإجراءات التالية :
  - استخدام أدوات الفك المناسبة لقياس براغي الشد .
  - عند طرق الأجزاء بواسطة الشاكوش يجب وضع مواد واقية مثل الخشب أو الألمنيوم أو النحاس بين الجزء المراد طرقه والمطرقة لتحفظ عناصر التجميع الميكانيكية سليمة .
  - نزع الأجزاء التركيبية بعناية فائقة كي لا تلحق الضرر بها .
  - عدم استعمال القوة لنزع الأجزاء المتداخلة، بل يجب التعرف الى سبب التحشير ومعالجته .
  - ترتيب القطع بعد الفك واحدة تلو الأخرى على قطع خشبية تفاديا للخدش، وتسهيلا لعملية التركيب .
  - يتم وضع الأجزاء ذات السطوح المصقولة والحادة بعناية فائقة في صناديق خاصة، وعدم تكديسها فوق بعضها، وفي حالة فك الحوامل يجب لفها في قماش، أو ورق مشمع تفاديا لدخول الأوساخ والزوائد الى داخلها .
  - اذا كانت الأجزاء التي تم فكها كثيرة يستحسن ترقيمها بالتسلسل، وترتيبها ليسهل عليك اعادة

تجميعها .

- قواعد التركيب :

- اغسل القطع جيدا بحوض غسيل لتسهيل عملية اكتشاف العيوب ، إما بالطرق الحرارية ، أو الميكانيكية ، أو بالأدوات القاشطة ، أو بالطرق الكيماوية ثم زيتها أوشحمها .
- افحص مقدار تآكل الأجزاء ، ومقدار التلف وقرر اذا كان بالإمكان اصلاحها ، أو استبدالها بأجزاء جديدة .
- إبدأ التجميع من آخر قطعة ، ثم التي تليها بالتسلسل العكسي لعملية الفك حتى النهاية .
- افحص الآلة بعد اصلاحها وتجميع أجزائها ، لتتأكد بأنها أصبحت سليمة ، ويمكن استخدامها .
- عمليات الضبط والمعايرة : من الطبيعي أن يلي معالجة العيوب وإصلاحها عمليات الضبط والمعايرة ويتم اختبار الماكنة ، وضبطها للتأكد من صلاحيتها للتشغيل ، ويتم تشغيلها فترة تحت الاختبار ، حيث تتحدد المدة حسب نوع الماكنة ، وتحتاج هذه العمليات الى خبرات واسعة في كيفية ضبط ومعايرة الآليات المختلفة لتؤدي عملها بدقة .

## ٣ - ٥ الصيانة التنبؤية

وهي مجموعة من الفحوصات الدورية والمراقبة المستمرة لوضع الآلة لتسجيل أي وضع غير مناسب كزيادة درجة حرارة الآلة واتخاذ الإجراءات المناسبة لتفادي حدوث العطل .

### طبيعة الأعطال وعلاقتها بنوع الصيانة

إن العشوائية في تطبيق أنواع الصيانة يؤدي إلى تحميل إدارة المنشأة أعباء وتكاليف مادية من الممكن توفيرها و الاستفادة منها في مجال أخر فمثلا العشوائية في تطبيق نوع الصيانة الوقائية على كل الآلات يؤدي إلى زيادة في التكاليف ولا يحل مشاكل وعيوب في الآلة والتي من الممكن تلافيها عن طريق تطبيق الصيانة التنبؤية على سبيل المثال ، ولتحديد نوعية الصيانة المناسبة وجد من خلال الخبرة إن هناك علاقة مباشرة بين نوع الصيانة و طبيعة الأعطال المتكررة على الآلة .

**هناك ثلاثة أشكال رئيسية للأعطال التي تؤثر في الآلات الدوارة خاصة كالمضخات**

أو التربينات أو الضاغطات وهي :

١. الأعطال المبكرة (early failures)
٢. الأعطال العشوائية (random failures)
٣. الأعطال الزمنية (wear out failures)

فالأعطال المبكرة هي التي عادة ما تحدث للآلة نتيجة للإصلاحات السيئة أو تركيب قطع غيار خاطئة أو تشغيل غير سليم للآلة و طبيعة هذا النوع من الأعطال أنة يقل مع تقدم الزمن فالصيانة التي يجب أن تطبق في هذا النوع من الأعطال هي الصيانة التنبئة .

أما الأعطال العشوائية فعادة ما تحدث نتيجة اضطرابات في عملية التشغيل أو نتيجة أخطاء بشرية وهذا النوع غير معتمد على الزمن أي أنة لا توجد علاقة بين الزمن والأعطال وأما نوع الصيانة الواجب تطبيقه في هذه الحالة هي الصيانة الإصلاحية .

والنوع الثالث من الأعطال هو الأعطال الزمنية وهي الأعطال التي تحدث نتيجة تقادم الزمن كالتآكل أو الإجهاد في أجزاء الآلة والصيانة المناسبة في هذه الحالة هي الصيانة الوقائية .

ولمزيد من التوضيح لنفترض أن هناك مجموعة من الآلات الموجودة على خط الإنتاج في مصنع ما ونريد أن نحدد نوع الصيانة المناسبة لكل آلة ولعمل ذلك يجب أولا الرجوع إلى ملفات الصيانة واستخراج التاريخ الإصلاحي لكل آلة لكي نستطيع أن نحدد نوعية الأعطال التي حدثت ومن خلال تحديد نوعية الأعطال يمكن تطبيق نوع الصيانة المناسبة لكل آلة . فمثلا لو وجدنا أن نوعية الأعطال في الآلة رقم (١)هي أعطال مزمنة ففي هذه الحالة نوصي بالتركيز على الصيانة الوقائية . أما إذا كانت طبيعة الأعطال هي أعطال مبكرة على سبيل المثال ففي هذه الحالة تكون الصيانة الوقائية غير مناسبة وفيها إهدار للأموال بدون فائدة وإنما يجب التركيز على الصيانة التنبؤية .

يتضح لنا مما سبق أهمية مجال الصيانة و تطبيقاتها ويجب على الإدارات العليا في منشأتنا الصناعية الاهتمام بها وإعطائها أولوية وتشجيع دراستها حيث التركيز على إستراتيجيات الصيانة وتطبيقها بشكل علمي سوف ينعكس إيجابا على موارد المنشأة ويزيد من ربحيتها وذلك بالمحافظة على استمرارية الإنتاج وسلامة الآلات والعاملين .

## ٦ الخطوات الصحيحة لتطبيق الصيانة

قبل البدء في سرد خطوات تطبيق الصيانة لابد أن نذكر أنه من واجبات الإدارة المسئولة عن المنشأة اختيار الشخص المسئول عن الصيانة أولا ، وهو الشخص الذي سوف يحمل على عاتقه عبء تنفيذ هذه الخطوات

ويتم دعمه بالكامل من قبل الإدارة لتذليل كل الصعوبات التي قد تعترض تنفيذ خطوات تطبيق الصيانة .

## ونلخص خطوات تطبيق الصيانة الصحيحة فيما يلي :

### ١ تحديد الآلات والأجهزة المراد صيانتها :

يتم حصر جميع مكونات المنشأة التي تحتاج إلى صيانة وترتيبها حسب الأهمية ، في جدول أولي يوضح مواصفات المكونات وعددها وموقعها في المنشأة وغيرها من المعلومات المهمة اللازمة للتعرف على كل مكون من مكونات المنشأة .

### ٢ التأكد من توفر جميع كتالوجات المصّنع :

إن توفر جميع كتالوجات المصّنع الخاصة بالتشغيل والصيانة وقطع الغيار لجميع المكونات المراد عمل الصيانة لها من أهم الأمور التي يجب عدم إغفالها في تطبيق عمليات الصيانة ، إذ أن المصّنع عادة ما يقوم بذكر جميع التعليمات المهمة التي تخص طريقة التشغيل الصحيحة وعمليات الصيانة وقطع الغيار في هذه الكتالوجات ، وفي حالة عدم وجود كتالوجات المورد أو المصّنع يتبع آلاتي :

- مخاطبة المورد أو المصّنع للحصول على الكتالوجات اللازمة .
- في حالة تعذر الحصول على الكتالوجات أو أن وقت الحصول عليها طويل فانه يتم مخاطبة أو زيارة أي منشأه مماثلة ومحاولة الحصول على خطه الصيانة للآلات والمعدات المماثلة .
- إن تعذر وجود منشأه مماثلة يتم الاستفادة بخبراء الصيانة الموجودين في المنشأة أو خارجها .

### ٣ تحديد عمليات الصيانة :

يتم الاطلاع على كل تعليمات المورد والشركة الصانعة المذكورة في الكتالوجات الخاصة بالصيانة ، لأن المصّنع أو المورد هو الجهة الموثوقة التي يستطيع فريق الصيانة الاعتماد عليها في تطبيق عمليات الصيانة الوقائية والإصلاحية وطلب قطع الغيار ، ويستلزم ذلك أن يكون فريق الصيانة على إطلاع دائم ومستمر بهذه الكتالوجات وقراءتها واستيعابها قبل البدء في أعمال الصيانة والرجوع إليها كل ما دعت الحاجة لذلك .

**ويقصد بعمليات الصيانة** : كل إجراء لابد أن يقوم به فريق الصيانة نحو جزء معين في الآلة .

### ٤ عمل واعداد نماذج وجداول الصيانة :

بعد تحديد عمليات الصيانة يتم تفريغ عمليات الصيانة في نماذج يتم تصميمها حسب نوع الأعمال ، فالأعمال اليومية يتم تجميعها في نموذج واحد لكل آلة ، والأعمال الأسبوعية يتم تجميعها أيضا في نموذج واحد ، والشهرية وهكذا ، ويتم إعطاءها إلى فريق الصيانة للبدء في تنفيذ العمليات المذكورة فيها ، ويتم إرجاعها إلى مسئول الصيانة للنظر في الملاحظات المدونة فيها إن وجد ، وإجراء اللازم نحوها ثم يتم حفظها في السجلات

الخاصة بالآلة .

## مثال على أعمال الصيانة اليومية والاسبوعية والشهرية والنصف سنوية لماكينات لحام القوس الكهربائي :

### الصيانة اليومية:

- نظيف الآلة من الغبار ورواسب اللحام .
- التأكد من فصل مفتاح التشغيل قبل البدء بالصيانة .
- تفقد الوصلات والأسلاك وشد الوصلات في حالة الارتخاء .
- تفقد سلامة العازل .
- تأكد من تأريض جسم الماكينة .

### الصيانة الاسبوعية:

- فك وصلات الكوابل ونظيفها من الترسبات الكربونية .
- تفقد سلامة مرابط الكوابل .
- تفقد سلامة حامل الالكترود ونظف اللقم من الترسبات الكربونية .

### الصيانة الشهرية:

- فك الغطاء ونظف الآلة من الداخل عن طريق الشفط أو النفخ بالهواء الجاف .
- تفقد الفيوزات الداخلية ونظفها .
- تفقد خلوص المحول الكهربائي(عير شدة التيار وتأكد من التيار الخارج بواسطة ساعة الفحص)
- تفقد جميع الوصلات والتركيبات الداخلية وتأكد من الصواميل والبراغي محكمة بشدة .

### الصيانة النصف سنوية:

- تفقد صلاحية الكوابل وقص الاطراف غير السليمة وركب مرابط جديدة .
- فك الغطاء ونظف الآلة تنظيفا شاملا .

- تفقد أسلاك التبريد، وتأكد من صلاحيتها .
- تفقد سلامة فراشات المروحة، وجلسها إذا لزم الأمر .
- تفقد خلوص حامل محور المروحة، واستبدله اذا لزم الامر .
- تفقد وشد البراغي والصواميل في المحولة الكهربائية .
- تأكد من دقة ضبط شدة التيار بواسطة ساعة الفحص .
- تفقد جميع الوصلات الكهربائية وتأكد من سلامتها .

### ٥ عمل خطة الصيانة :

بعد ما تم حصر جميع عمليات الصيانة المطلوبة لجميع مكونات المنشأة وتمت معرفة أنواع الصيانة لكل عملية . يتم وضع تصور مستقبلي لعمليات الصيانة بعمل خطة صيانة زمنية ( شهرية- سنوية ) للآلات تحدد فيها مواعيد الصيانة المختلفة لكل آله حسب تعليمات الشركة الصانعة ويراعى أيضا الآتي :

- توفر العمالة المحلية والأجنبية
- توفر قطع الغيار والعدد والأدوات اللازمة
- أوقات الذروة والمواسم
- إجازات الأعياد وإجازات الفنيين

وغيرها من العوامل المؤثرة في عمليات الصيانة ،ويتم ترتيب أوقات إنجازها على مخطط أشهر السنة الكاملة

### ٦ اختيار وتدريب العمالة الفنية :

من أهم العناصر التي ترفع كفاءة عملية الصيانة للمعدات وخفض تكاليفها هو عنصر العمالة المدربة لإعمال الصيانة ، فبعد استحداث خطة الصيانة يكون على مسئول الصيانة انتقاء الأفراد الذين يتوسم فيهم القدرة على استيعاب الأشياء ومكونات الوحدات والمعدات و القدرة على تمييز الأعطال وأسبابها وإصلاحها وعمل البرامج اللازمة لتدريبهم على المعدات ذاتها وعلى كيفيه إنجاز أعمال الصيانة في وقت قصير مما يقلل فترة توقف العمل كما يقلل الخسائر في الإنتاج وغير ذلك .

كما أن العمالة المدربة على الصيانة تخفض كمية قطع الغيار المستخدمة وذلك بالكشف على الوحدات ومعرفة ما يمكن استبداله وما يتم تنظيفه وإصلاحه وتركيبه بالآلة مرة أخرى .

واستخدام العمالة المدربة لأدوات الفك والتركيب يجب أن يتم دائما على أسس سليمة مما يوفر في استهلاك

هذه الأدوات ، كما يوفر أيضا في قطع غيار المعدات تحت الصيانة وذلك مثلا عند استخدام المطارق في الطرق على أجزاء مختلفة من الآلة بغرض الفك أو التركيب مما يؤدي إلى تلف أجزاء منها أثناء أجراء الصيانة وهذا ما تفعله العمالة غير المدربة .

### ونستخلص من ذلك أن استخدام العمالة المدربة يؤدى إلى ما يلي :

- رفع كفاءة تشغيل الوحدات
- تقليل التلفيات أثناء عملية الصيانة
- تقليل قطع الغيار المستهلكة
- تقليل الوقت اللازم للصيانة وإتمامه في التاريخ المحدد طبقا للجداول .
- الاستعداد التام لمواجهة الظروف الطارئة والحالات الحرجة .

وتعتمد تخصصات العمالة الفنية لقسم الصيانة على ونوعية الآلات ونشاط المنشأة، و لا بد أن تتوفر العمالة بجميع التخصصات اللازمة ( كماً وكيفاً) لتنفيذ أعمال الصيانة على الوجه المطلوب .

## ⑦ توفير قطع الغيار :

من المعروف أن كل جزء في الآلة يؤدى وظيفته خلال فتره عمره الافتراضي وذلك عند تشغيل الآلة تحت الظروف وبالشروط المحددة من قبل مصنع الآلة ، ومما لاشك فيه أن توفر المواد مثل ( زيوت شحومات وأسلاك مواد تنظيف . . . . . الخ ) وكذلك قطع الغيار اللازمة له تأثير مباشر في نجاح خطط الصيانة الموضوعة في المنشأة وتنفيذها في تواريخها المحددة دون تأجيل . ويؤدي عدم توفر قطع الغيار إلى زيادة الأعطال وتفاقمها وزيادة مدة خروج الآلة عن العمل وبالتالي يؤثر ذلك في النهاية على ضعف الإنتاج وجودته . ولتوفير قطع الغيار لابد من اتباع خطة شراء مدروسة ومخططة تعتمد على الأتي :

- تحديد أنواع قطع الغيار :

**يمكن تصنيف أنواع قطع الغيار حسب التالي :**

- قطع غيار أساسية في الآلة أو ثانوية .
- قطع غيار ذات عمر افتراضي معلوم كبير أو صغير .

- تحديد حجم الاحتياج من قطع الغيار :

في البداية يمكن تحديد قطع الغيار التي يجب أن تتوفر في المنشأة من كتالوجات المصّنع الخاصة بقطع الغيار إذ أن معظم المصّنعين يقوموا بتحديد الحد الأدنى لتواجد قطع الغيار وخاصة الاستهلاكية منها في الكتالوجات الخاصة بقطع الغيار ، وفي حالة عدم وجود هذه المعلومات في الكتالوج فإنه يتم متابعة الآلات خلال ساعات

تشغيلها ومن واقع ملف الصيانة الخاص بها يتم معرفة المعدلات الفعلية لاستهلاك قطع الغيار .

ويمكن حساب الكمية المطلوبة في السنة من أي جزء من الآلة حسابيا وذلك بتطبيق المعادلة الآتية :

عدد القطع المطلوبة في السنة : (العمل اليومي الفعلي × العمل الفعلية في السنة )/ متوسط العمر الاستهلاكي للجزء .

**مثال**

إذا كان متوسط العمر الاستهلاكي لمحمل المحور ( Shaft Bearing ) هو ٥٠٠ ساعة وعدد ساعات العمل الفعلية للآلة في اليوم هو ٦ ساعات وعدد أيام العمل الفعلية في السنة ٣٠٠ يوم .

فيكون عدد المحامل اللازمة لتغطية احتياجات الآلة في السنة باستخدام المعادلة السابقة :

عدد المحامل في السنة = ٦ * ٣٠٠ / ٥٠٠ = ٣,٦ حوالي ٤ محامل

تحديد حجم الطلب الاقتصادي لمخزون قطع الغيار :

وبعد تحديد حجم الاستهلاك السنوي يتم تحديد حجم الطلب الاقتصادي لمخزون قطع الغيار والذي يعتمد على قيم عديدة لابد من توفرها منها تكلفة أوامر التوريد في السنة وتكلفة التخزين وحجم الاستهلاك .

ويمكن وضع سياسة عامة لتخزين قطع الغيار لحين توفر المعلومات الخاصة بحساب المعدل الاقتصادي للتخزين ، تتلخص في أن القطع المتوفرة محليا لا يتم شراؤها وتخزينها في مخزن المنشأة لأنه يسهل شراؤها في أي وقت ، أما القطع التي لا تتوفر محليا والتي تحتاج الوقت الطويل لتوريدها فانه يتم طلب المهم منها وخاصة ذات الاستهلاك الكثير وتخزينها في المنشأة لحين الحاجة . أما عن طلب القطع الأخرى فانه يتم شراؤها عندما يحين وقت الحاجة إليها حسب خطة الصيانة .

## ٨ العدد والأدوات :

مما لاشك فيه أن توفر العدد اللازمة لعمليات الصيانة المختلفة له تأثير مباشر في نجاح خطط الصيانة الموضوعة للموقع وتنفيذها في الوقت المحدد لها دون أي تأخير ، ويتم تحديد العدد والأدوات المناسبة واللازمة لكل عمل من واقع تعليمات المصنعين أو من واقع الخبرة والتجربة ، ويتم تسجيلها في نماذج خاصة تحفظ في السجلات الخاصة بالصيانة .

بل إن وجود عدد متنوعة ومتطورة ( مثلا مفاتيح هيدروليكية ) يكون له التأثير المباشر في تسريع وقت فك

القطعة ووقت تركيبها مرة أخرى وصيانتها ، والذي يؤدي في النهاية إلى تخفيض أوقات إنجاز عمليات الصيانة وبالتالي يزيد من أوقات التشغيل .

ولا بد من وجود أجهزة قياس متطورة (مثل أجهزة قياس الحرارة –الرطوبة –الاهتزازات ... . وغيرها) ، للتعرف على حالة الآلة أثناء تنفيذ إجراءات الفحص الدوري أو الصيانة التصحيحية .

### ٩ عمل واستحداث نظام تسجيل المعلومات :

لابد أن يكون لدى إدارة الصيانة نظام كامل لتسجيل كل عمليات الصيانة بكل تفاصيلها الدقيقة التي تقوم بها خلال فترة عمر الآلة، حيث أن المعلومات التي تسجل في هذا النظام هي التي تكون بمثابة المرجع الأول والأخير لتقارير الصيانة التي يتم رفعها للإدارة وتقدير الموازنات وخطة الصيانة وشراء قطع الغيار وخطة المراقبة غيرها من الأمور التنظيمية الأخرى .

وفيمايلي بعض الأمثلة على السجلات والجداول الخاصة بالصيانة :

## جدول التزييت والتشحيم الدوري:

يتم وضع جداول التزييت والتشحيم بالإستعانة بكتيب الصيانة المرفق مع الآلة والذي يحتوي على جميع المعلومات والارشادات اللازمة من قبل الشركة الصانعة، مما يساعدك في تصميم جدول توضح فيه مواقع التزييت، والتشحيم، وتفسير الرموز، أنواع الزيوت المستعملة، ولاننسى الخبرات العملية كذلك في وضع هذه الجداول، وفيمايلي نموذج لجدول التزييت والتشحيم لماكينة الخراطة :

نوع الآلة : مخرطة — رقم الإنتاجي ١٢٣٥٦٢٤٦

ماركة الآلة : كنوث ( KNUTH) — الشهر : نيسان

| | الاجراءات | أجزاء الآلة | ١ | ٢ | ٣ | ← | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| يومي | تزييت | المقاطع المتزحلقة | | | | | | | | | |
| | | التروس الجانبية | | | | | | | | | |
| | | عمود الظرف | | | | | | | | | |
| | تنظيف وتزييت | الفرش | | | | | | | | | |
| | | عمود المرشد | | | | | | | | | |
| | | عمود الجر | | | | | | | | | |
| أسبوعي | تزييت وفحص القراصات | الغراب المتحرك | | | | | | | | | |
| | | صندوق التروس | | | | | | | | | |
| | | العربة | | | | | | | | | |
| | تشحيم | الجريدة المسننة | | | | | | | | | |
| | | نهاية التروس | | | | | | | | | |

## جدول الضبط والمعايرة

بالاستعانة بكتيب التشغيل والصيانة المرفق بالآلة، يمكنك تصميم جدول فيه جميع مقاييس الخلوص الموجودة في الماكنة حسب تعليمات الشركة الصانعة، وفيمايلي نموذج لجدول الضبط والمعايرة للآلة وأجزائها :

| نوع الآلة : ماركة الآلة | | | رقم الآلة : | | |
|---|---|---|---|---|---|
| التاريخ | الفحص | التعيير نعم/ لا | إجراءات أخرى | توقيع المدرب | توقيع رئيس القسم |
| | شهرياً : آلة . . . . . | | | | |
| | ١ – الجزء | | | | |
| | ٢ – | | | | |
| | ٣ – | | | | |
| | نصف سنوي : الأجزاء التابعة | | | | |
| | ١ – الجزء . . . | | | | |
| | ٢ – | | | | |
| | ٣ – | | | | |
| | سنوياً : | | | | |
| | ١ – الجزء | | | | |
| | ٢ – | | | | |
| | ٣ – | | | | |

## جدول إصلاح

يجب تصميم جدولا للإصلاح لكل آلة موجدة داخل المشغل يسجل فيه جميع عمليات الاصلاح التي تمت، وتواريخها واسم من قام بالعمل كما في الجدول التالي :

| نوع الآلة : ماركة الآلة | | | رقم الآلة | | |
|---|---|---|---|---|---|
| التاريخ | تصليح/ تبديل | قطع الغيار المطلوبة | استلام | الوقت | المدرب |

## جدول قطع الغيار

طبيعي أن يكون لكل جزء في الماكنة صلاحية عمل محددة بالساعات تحددها الشركة الصانعة مثل : الحوامل، النوابض، والعناصر الكهربائية والالكترونية وغيرها، ولذلك عندما تنهي ساعات عملها يجب استبدالها، وتطلب هذه القطع حسب مواصفاتها المبينة في كتيب الصيانه من الشركة الصانعه، ويدون في هذا الجدول القطع المستبدلة، والتاريخ التي استبدلت فيه، وتوقيع من استبدلها، وتدخل هذه المعلومات في لائحة قطع الغيار لحصر الموجودات وطلب البدائل وفيما يلي نموذج لجدول استبدال قطع الغيار ونموذج لطلبية شراء قطع الغيار .

| نوع الآلة : ماركة الآلة | | | | تاريخ بدء عملها : | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| قطع الغيار ومواصفاتها | الرقم الانتاجي | الكمية | العمر الزمني المفترض بالساعات | تاريخ الاستبدال | قطع الغيار الباقية | توقيع المدرب |
| نابض لولبي شد | | ٨ | ١٥٠٠ | ٢ /١ /٢٠٠٢ | ٦ | |
| محامل احتكاكية جلبة مفتوحة الطرفين | | ١٢ | ٢٢٠٠ | ٢ /٠ /٢٠٠٢ | ٧ | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

## نموذج طلب شراء قطع الغيار

| الرقم | المواصفات | الرقم الانتاجي | الكمية | الوحدة | سعر الوحدة | السعر الكلي | تاريخ طلبية الشراء |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | | | | | | | |
| ٢ | | | | | | | |
| ٣ | | | | | | | |
| ٤ | | | | | | | |
| ٥ | | | | | | | |
| ٦ | | | | | | | |
| ٧ | | | | | | | |
| ٨ | | | | | | | |
| ٩ | | | | | | | |
| ١٠ | | | | | | | |
| توقيع مسؤول الصيانة : | | | | توقيع رئيس القسم | | | |

## ومن الأنظمة المفيدة التي تضمن تنظيم وتسجيل عمليات الصيانة هو استخدام نظام أمر العمل :

### ما هو أمر العمل؟

هو الوثيقة التي تخول فني الصيانة البدء في إجراء الصيانة . ويتم إصداره من مسئول الصيانة .

### فوائد نظام أمر العمل:

١. توضيح العمل المراد إنجازه .
٢. توضيح العمل المنجز .
٣. رصد عمالة وزمن العمل المنجز .

٤ رصد المواد المستخدمة في العمل المنجز .

٥ رصد تكلفة العمل المنجز .

**ونسرد باختصار دورة أمر العمل التي تبدأ عند الحاجة إلى إنجاز أي عمل من أعمال الصيانة المختلفة :**

١ يتم أولاً تعبئة نموذج أمر العمل (يدويا أو آليا حسب نوع النظام المستخدم ) من قبل مسئول الصيانة وتوضيح العمل المراد إنجازه .

٢ ويتم إرساله إلى مشرف العمال في فريق الصيانة لإنجاز العمل . وبعد ما يقوم فريق الصيانة بإنجاز العمل المطلوب . يقوم مشرف العمال أو من ينوب عنة بكتابة العمل المنجز وقطع الغيار والمواد المستهلكة إن وجد ، وأسماء العمال وعدد ساعات العمل في الأماكن المحددة لذلك في نموذج أمر العمل المذكور .

٣ ويقوم مشرف العمال بالتوقيع على صحة المعلومات وإرساله مرة أخرى إلى مسئول الصيانة الذي يقوم بالإطلاع عليه وإرساله إلى قسم التسجيل في قسم الصيانة .

## ١٠ تنظيم الأعمال وتوزيع المسئوليات :

### التنظيم من الناحية الفنية

إن من أفضل الأنظمة التي تضمن تنظيم أعمال الصيانة من الناحية الفنية هي عمل بطاقات وصف لجميع أعمال الصيانة الكبيرة منها والصغيرة ، . ولا بد أن تشمل هذه البطاقات على الأقل على الآتي :

١ عناصر العمل المراد إنجازه .

٢ الوقت المطلوب لإنجاز كل عنصر .

٣ جميع العدد والأدوات المطلوبة لإجراء العمل .

٤ عدد العمالة المطلوب لإنجاز العمل .

٥ جميع قطع الغيار المتوقع احتياجها لإنجاز العمل .

ولهذه البطاقات فوائد كبيرة حيث أنها تعتبر من المراجع الهامة لفريق الصيانة عند تنفيذ الأعمال و عمل خطة الصيانة و تقديرات حسابات العمل الإضافي وغيرها من الأمور .

## التنظيم من الناحية الإدارية

توضيح الهيكل التنظيمي للمنشأة لجميع العاملين في قسم الصيانة لمعرفة مسميات الوظائف في كل قسم ودرجة تبعية كل وظيفة إلى الأخرى . ويجري توزيع العاملين في قسم الصيانة على هذه الوظائف وتعريف كل موظف بمسئوليات ومهام هذه الوظيفة .

اختيار الأشخاص لأداء الأعمال ، توزيع المسئوليات والأعمال ، وإصدار أوامر العمل . . . وغيرها من الأعمال التنظيمية التي تضمن سير عمليات الصيانة في المنشأة .

والجدير بالذكر أنه كلما حافظت المنشأة على تنظيم أعمال الصيانة كلما أدى ذلك إلى نجاح عمليات الصيانة في المنشأة وتحقيق أهدافها .

### ١ مراقبة تنفيذ الخطة :

### ويقصد بالمراقبة :

١ تحديد الاختلافات بين ما تم تحديده في خطة الصيانة وبين ما تم إنجازه بالفعل ، ويتم ذلك بإصدار تقرير شهري عن جميع إنجازات أعمال الصيانة ومقارنتها بالأعمال الموضوعة بالخطة مسبقا .

٢ تحديد وتحليل أسباب الاختلاف : وتتم دراسة أسباب الاختلافات من قبل مسئولي الصيانة ( مثلا تقصير وإهمال فريق الصيانة ، نقص أو زيادة في العمالة ، نقص في الأدوات والعدد ، عدم توفر قطع الغيار وغيرها ) .

٣ ثم اتخاذ الإجراءات التصحيحية لذلك : بمجرد أن يتعرف مسؤول الصيانة عن أسباب الفروق ، فينبغي أن يتخذ جميع الإجراءات التصحيحية الممكنة لإنهاء هذه الأسباب . ويمكن رفع التوصيات ومتطلبات الإجراءات التصحيحية للأقسام المختلفة ذات العلاقة في المنشأة للمساهمة في إنهاء هذه الأسباب .

**الأسئلة:**

١ عرف الصيانة .

٢ اذكر الاشكال الرئيسية للاعطال وقارن بينها من حيث : الاسباب ، نوع الصيانة اللازمة .

٣ اذكر ثلاثة من اهم المشكلات التي تواجهها الدول النامية بسبب اهمال الصيانة .

٤ اذكر اهداف عملية الصيانة .

٥ "وضع خطة الصياتة "هي احدى الخطوات الصحيحة في تطبيق الصيانة . اذكر اهم المعايير الواجب مراعاتها عند وضع خطة الصيانة .

٦ اذكر ايجابيات استخدام العمالة المدربة في الصيانة .

٧ من خطوات تطبيق الصيانة "توفير قطع الغيار" . وضح اهمية هذة الخطوة وكيفية تنفيذها .

٨ اذكر فوائد امر العمل .

٩ الخطوة الاخيرة في تطبيق الصيانة هي " مراقبة تنفيذ الخطة" . اذكر الية تنفيذ هذة المراقبة .