المخارط الرقمية CNC

المخارط الرقمية CNC
د/ أحمد زكي حلمي ، م/ شريف السعيد السباعي
طبعة جديدة 2015
التنسيق الداخلي : رفعت حسن سيد
تصميم الغلاف : أحمد فرج
دار العلوم للنشر والتوزيع
ص. ب : 202 محمد فريد 11518
هاتف : 01226122212 – 01144764000
الموقع الإلكتروني : www.dareloloom.com
البريد الإلكتروني : daralaloom@hotmail.com
Facebook.com/dareloloom
Twiter : @dareloloom
جميع الحقوق محفوظة
رقم الإيداع :
الترقيم الدولى :

دار العلوم للنشر والتوزيع

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لاتعبر بالضرورة عن رأى **دار العلوم للنشر والتوزيع**

يمنع نسخ أو استعمال أى جزء من هذا الكتاب بأية وسيلة تصويرية أو إلكترونية أو ميكانيكية بما فيه التسجيل الفوتوغرافى والتسجيل على أشرطة أو أقراص مقروءة أو بأية وسيلة نشر أخرى بما فيها حفظ المعلومات، واسترجاعها من دون إذن خطي من الناشر

المخارط الرقمية CNC

تأليف

د.أحمد زكي حلمي م.شريف السعيد السباعي

دار العلوم
للنشر والتوزيع

2015

مُقَدِّمَة

تعتمد عمليات قطع المعادن المستخدمة في الماكينات التقليديـــة كالمخـــارط والفرايز على مهارة الفني الذي يعمل عليها وقدرته على ضبط الأجـــزاء المـــراد تصنيعها، بالإضافة إلى مراجعته الرسم وقياس أبعاد الأجزاء التي يقوم بتـــشغيلها من آن لآخر مع عمليات الحسابات اليدوية، وفي بعض الأحيان يتم استخدام مثبتات أو مرشدات أو تجهيزات خاصة لإنتاج بعض الأجزاء المعقدة.

عمليات تغير العدة وضبطها وكذلك ضبط العينة المراد تشغيلها تـــتم أثنـــاء عملية القطع على الماكينة، وبالنظر إلى ذلك يتضح أن معظم الوقت المخـــصص للإنتاج يستهلك في أعمال ليس لها علاقة بعملية القطع للجزء المـــراد تـــصنيعه، ويظهر هذا العيب بصورة واضحة في حالة تكرار إنتاج نفس الجزء بأعداد كبيرة، بحيث تتوافق شكلها وأبعادها لغرض التبادلية (تبادل القطع بـــأخرى لهـــا نفـــس المواصفات والأبعاد)..

من أكثر العيوب الموجودة في بعض الماكينـــات التقليديـــة هـــي صـــعوبة الحصول على عوامل القطع المناسبة نتيجة التحكم في السرعات والتغذية بوسائل ميكانيكية تعتمد على نسبة النقل الحركة للتروس المتوفرة بها.

وقد تم التغلب على هذه المشكلة في خلال العقود الماضية، حيث تم تصمـــيم ماكينات مختلفة للتغلب على المشاكل السابقة كالمخارط الناسخة والمخارط البرجية والمخارط النصف آلية والآلية automatic. ولكن كل هـــذا التطور نـــتج عنـــه عمليات ضبـــط طويلة بواسطة مهندسين وفنيين متخصصين في هذا المجال مـــع خبرتهم العالية. ونتيجة لهذا الوقـــت المستهلك في عمليات الضبط لزم من الناحية

الاقتصادية إنتاج كميات كبيرة من المنتج لتعوض التكلفة المستخدمة في ضبط أول عينه.

بعد التطور الذي حدث في التصميمات للحصول على الوظائف المطلوبة ومتطلبات الإنتاج تم تطوير ماكينة التحكم الرقمي NC إلى ماكينة التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC.

CNC هي اختصار لجملة Compuer Numerical Control .. أي تعني التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC وهو علم هام في حياتنا. هناك بعض العاملين متخيلين أن من يقوم بتشغيل مثل هذه الماكينات هو فني أو مهندس بقسم الميكانيكا، وهذا ليس صحيح.. فلا يشترط أن يكون المبرمج من قسم ميكانيكا بل يفضل ذلك لإلمامه بالمشغولات والعدد المستخدمة.

وقد تغلبت الماكينات ذات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC على معظم هذه المشاكل في الماكينات السابق ذكرها، بل تفوقت بالعديد من المميزات.. ويمكن تلخيص بعض المزايا لماكينات CNC وهي كالآتي:-

1. التحكم الكامل في كل المحاور التي تعمل على عوامل القطع المناسبة.
2. وقت ضبط الماكينة والعينة قصير جداً بالمقارنة بالماكينات التقليدية الأخرى.
3. عدم الاحتياج أو التخفيض من استخدام المثبتات والمرشدات.
4. دقة عالية في المقاسات وقدرة عالية على تكرارية الأجزاء بنفس المواصفات وبنفس الدقة المطلوبة.
5. تخفيض كبير من تكلفة التجميع والتفتيش.
6. الحصول على جودة عالية في المنتجات المصنعة.. وبالتالي إلغاء الأجزاء المرفوضة.
7. المرونة الكاملة في عملية الإنتاج نتيجة القدرة على تغيير أنواع المنتجات بدون الحاجة لوقت كبير لتجهيز الماكينة.

8. الاستفادة الكاملة من وقت تشغيل الماكينة في الإنتاج الفعلي نتيجة تجهيز البرامج.

الأساسيات التي تُقام عليها الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC بشكل عام في مجال الإنتاج هي في حركه المحاور. ففي الماكينات التقليدية كالمخارط والفرايز وغيرها من الماكينات، تتحرك محاورها يدوياً عن طريق الفني الذي يعمل عليها، وهنا تكون دقة الأجزاء المصنعة ترجع إلى مهارة الفني وخبرته بالإضافة إلى دقه الماكينة.

حدث تطور لمثل هذه الماكينات من سنوات طويلة، حيث ظهرت الماكينات الآلية automatic وهى مُدعمه بلوحة كنترول للماكينة فيها ذراع أو مجموعه من الزراير لكل محور يمكن استخدامه مع شاشات ديجيتال تعطي الاحداثيات من نقطة zero machining الخاصة بالماكينة ومن هنا زادت الدقة في عمليات الإنتاج والتصنيع مع زيادة التطور في نظم التحكم بالماكينات.

ماكينات التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC تحتفظ بجميع المبادئ الأساسية لماكينات التحكم الرقمي NC ، وقد تم إضافة حاسب إلى وحدة التحكم في كل الماكينة، ونتيجة لإضافة هذا الحاسب.. فقد أضاف أشياء كثيرة في التحكم بالماكينة وأهمها هو كتابة البرنامج وتخزينه في ذاكرة الحاسب الذي تم إضافته بالماكينة، ومن ثم فقد أصبحت عملية التحديث والتطوير أكثر بساطة باستخدام نظام التحكم الرقمي باستخدام الحاسب CNC، وأصبح من السهل على المبرمج أن يعدل في البرنامج بكل سهولة وذلك للإمكانيات التي أضافها الحاسب.

هناك شروط يجب أن يتحلى بها المبرمج.. وهي أن يكون لديه الصبر وسرعة البديهة والفكر للحصول على القرارت السريعة وحلول للمشاكل التي سوف تعارضه ، لان التعامل مع مثل هذه الأنظمة لا يحتمل الأخطاء ولا يحتمل التجارب، لذلك فإن المبرمج الذي يعمل في هذا المجال لا يحتاج لخبره على قدر ما

يحتاج إلى مهندس أو فني ذو عقل مُفكر، لأن هذا المجال يحتاج إعمال الفكر في أي خطوه قبل القدوم عليها.. لأن أى خطأ يتبعه خسارة كبيرة.

مما سبق ذكره فإنه يمكن تلخيص عدم الدقة في المشغولات المصنعة على الماكينات التقليدية إلى عدة عوامل أهمها.. مهارة العامل وخبرته.. دقة الماكينة وعمرها.. عدد الساعات التي يتم تشغيل فيها الماكينة ، حيث إن العديد من الماكينات تفقد اتزانها بعد حوالي 5 ساعات من تشغيلها، حيث يحدث لها اهتزازات.. مما تؤدى إلى انعدام الدقة في المنتجات المصنعة، هذا بالإضافة إلى العوامل الجوية التي يكون لها تأثير أحياناً على المعادن التي يتم تشغيلها مما تؤثر على المنتج، مع العلم أن هذه العيوب ليست هي العيوب كلها، وليست دقيقة بالمعنى المطلوب ولكنها بمثابة تذكرة قد تفيد في هذا المجال.

ولكن يجب الرجوع إلى نقطة هامة.. وهي عدم قدرة الماكينة الآلية automatic على تشغيل المنتجات المعقدة الدقيقة الناتجة من تصميمات معقدة لتصنيع أجزاء الطائرات أو أجزاء الخاصة بسفن الفضاء والصواريخ والدبابات أو الأسلحة المتطورة أو السيارات الحديثة........وما شابه ذلك.. وذلك للحصول على الوظائف المطلوبة من المنتج المصنع المطلوب.

الماكينات ذات التحكم الرقمي بإستخدام الحاسب CNC لا تصلح للإنتاج الكمي ولا تدخل في منافسه مع ماكينات الإنتاج الكمي، بل ممكن أن تنتج أجزاء قليلة يشترط فيها الدقة العالية. هذا يعني أن الهدف الرئيسي لمثل هذه الماكينات هو إنتاج الإشكال المعقدة فائقة الدقة التي لا يستطيع إنتاجها على الماكينات التقليدية الأخرى.

يتناول هذا الكتاب العديد الموضوعات الهامة المترابطة بتسلسل يساعد الطالب على الفهم والتدرج في تحصيل المعلومات، حيث يعرض الشرح التفصيلي لجميع أجزاء المخرطة ذات التحكم الرقمي CNC الأجزاء الأساسية والمساعدة، والآلات القاطعة المستخدمة لهذه الماكينات.

ولمزيد من الإيضاح فقد زود الكتاب بالعديد من التمرينات والأمثلة المحلولة والأشكال التوضيحية، وقد تم شرح المعادلات النظرية بطريقة منهجية مع التطبيق عليها، بحيث تيسر على الطالب تحصيلها وفهمها، أما المشغولات المختلفــة فقــد عرضت على هيئة تمرينات متدرجة في المستوى، مع عرض خطــوات العمــل النموذجية كل منها على حدة بأسلوب سهل الاستيعاب والتنفيذ.

روعي التنوع في عرض العمليات الصناعية مع تكرار بعضها والتي تسمى بفترات استراحة، حيث أن المعلومات لا ترسخ في الأذهان إلا بكثــرة التطبيــق عليها.

من هنا جاء دور هذا الكتاب وأهميته الذي يهدف إلى الإرشاد التربــوي.. إحساساً منا بحاجة المهندسين المتخصصين وطلاب كليات الهندسة وطلاب المعاهد العليا الصناعية إلى هذا النوع من الدراسة، وأيضاً الفنيين الــراغبين فــي رفــع مستواهم العلمي والعملي في هذا المجال.

نأمل أن يكون هذا الكتاب عوناً وسنــداً للمهندسين والفنيين والطلاب.. وأن يحقق ما نصبو إليه من رفع المستوى العلمي والعملي، وأن يكون دعامــة علــي طريق التقــدم والتطور في عصر سمته العلم والتكنولوجيا، كما نرجو أن نكون قد وفقنا في إضافة جديد إلى المكتبة العربية.

والله ولــــــــي التوفيق،،

المؤلفان

القاهرة في 1 ــ 5 ــ 2015 م

الباب الأول

ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي

تمهيد

لقد ثبت بوجه خاص عجز الماكينات التقليدية عن تحقيق متطلبات صناعة الطائرات والمعدات الحربية للدول الكبرى أثناء الحرب العالمية الثانية، مما ترتب عليه ظهور ما سمي بالتحكم الرقمي.

وهذا الباب هو بمثابة عرض لتطور تقنية التحكم الرقمي، والتعرف على الفروق بين ماكينات التشغيل والإنتاج التقليدية وماكينات التشغيل والإنتاج ذات التحكم الرقمي، وأيضا بيان الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام ماكينات التحكم الرقمي.

ومن المفيد أن يكون التركيز بشكل كامل علي تطبيق تقنية التحكم بالحاسب على ماكينات التشغيل المختلفة، حيث أن هذا المجال هو الأهم بالنسبة لتقنية الإنتاج (تكنولوجيا الإنتاج).

وقبل الشروع في تناول التعامل مع هذه التقنية وإنشاء برامج التشغيل اللازمة، يكون من الضروري التعرف على الإطار الذي تعمل فيه تقنـــية التحـــكم الرقمي بالحاسب، ومتى يكون استخدامها مجديا اقتصادياً وفنياً.

يتناول هذا الباب عرض للماكينات والآلات التقليدية والآلية automatic والتطورات التي حدثت لمثل هذه الآلات.

ويتعرض إلى تعريف النظم المختلفة للتحكم الرقمي.. (التحكم الرقمي NC والتحكم الرقمي بالحاسبCNC) ومميزات وعيوب كل منهما، وكيفية التغلب على مشاكل تشغيل هذه الماكينات والعوامل المؤدية إلى استخدامها وطرق برمجتها، والفوائد الاقتصادية التي تتحقق من هذه الماكينات.

الآلية

Automation

الآلية أو الأتوماتية هي عبارة عن تقنية مختصة بتطبيق نظم ميكانيكية والكترونية ونظم قائمة على استخدام الكمبيوتر (الحاسب الآلي) لتشغيل عملية الإنتاج والتحكم فيه، وتمثل الآلية (الأتوماتية) تقنية متجددة تستمر فيها عملية الإبداع التي بدأت منذ عقود مضت، ويمكن تقسيم الآلية إلى ثلاثة أنواع وهي كالآتي:-

1. آلية ثابتة:

هو نظام يكون فيه ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج ثابت بالنسبة لطبيعة تكوين ماكينات الإنتاج نفسها.

2. آلية قابلة للبرمجة:

هو نظام صممت فيه ماكينات الإنتاج بحيث تكون قادرة على تغيير ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج، وبالتالي قابليتها لإنتاج أشكال متعددة، ويتم التحكم في ترتيب عمليات الإنتاج ببرنامج خاص.

3. آلية مرنة:

هو امتداد لنظام الآلية القابلة للبرمجة، بحيث لا يوجد زمن ضائع في عملية إعادة البرمجة، إذا ركزنا الأنظار على نظام الآلية القابلة للبرمجة نجد أن أهم مثال في هذا النوع من الآلية هو التحكم الرقمي والذي هو تطبيق حيوي للتزواج بين تقنية الكمبيوتر وتقنية الالكترونيات في مجال التحكم في التصنيع.

ويرجع الفضل في مجال تطور التحكم الرقمي بعد الله سبحان وتعالى.. إلى السلاح الجوي الأمريكي والمصنعين الأوائل في صناعة المعدات الجوية، وقد قدم أول تطوير لفكرة التحكم الرقمي جون بارسونس وزملائة في عام 1948م، وسنقدم فيما يلي عرضاً للتطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي.

التطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي

لقد تم أول تطوير لتقنية التحكم الرقمي في الفترة مابين 1947 و 1952 في معهد ماسوشوست للتقنية بالتعاون مع شركة جون بارسونس للطائرات في مدينة متشجان بالولايات المتحدة الأمريكية.

وترجع فكرة التحكم الرقمي في ذلك الوقت إلى ظهور حاجة ماسة لإنتاج قطع غاية في الدقة لأشكال هندسية معقدة تشكل أجزاء من الطائرات الحربية.

ونسبة لتعقيد هذه الأشكال فقد اقتضى ذلك استغراق وقت طويل للتأكد من صحة العلاقة من حيث الموقع بين أداة القطع وقطعة الشغل، وذلك قبل الشروع في عمليات التشغيل، وقد أدى ذلك إلى تطويل الزمن المطلوب لإكمال عمليات التصنيع وبالتالي زيادة التكلفة، ومن ثم نشأت فكرة التحكم الرقمي لتحقيق الأهداف التالية:-

1. ارتفاع معدل الإنتاج.
2. تحقيق استقرار في تكاليف الإنتاج.
3. إمكانية تصنيع القطع المعقدة التي قد لا يمكن تصنيعها باستخدام الماكينات التقليدية.

وفي عام 1952م تم تصنيع أول ماكينة للتحكم الرقمي وكانت ذات ثلاثة محاور وتعمل بواسطة شريط مثقب.

وفي عام 1954م تم الإعلان عن تطبيق تقنية التحكم الرقمي ، وبعدها بثلاث سنوات تم أول إنتاج لهذه الماكينات وتركيبها لتكون جاهزة للاستخدام.

وبحلول العام 1960م كانت تقنية التحكم الرقمي قد لقيت قبولا واسعاً وأصبح في مقدور الجهات الراغبة في استخدامها الحصول عليها دون عوائق.

تعريف لنظم التحكم الرقمي:

توجد ثلاثة أنظمة للتحكم الرقمي وهي الآتي:-

1. **التحكم الرقمي** NC :

نظام التحكم NC هو صورة من صور الآلية القابلة للبرمجة، حيث يتم التحكم في معدات التصنيع بواسطة برنامج خاص بالقطعة المراد إنتاجها، ويكون البرنامج في شكل أرقام وحروف ورموز، ويحفظ على شريط مثقب، يتم قراءة الشريط من خلال جهاز تحكم في الماكينة.

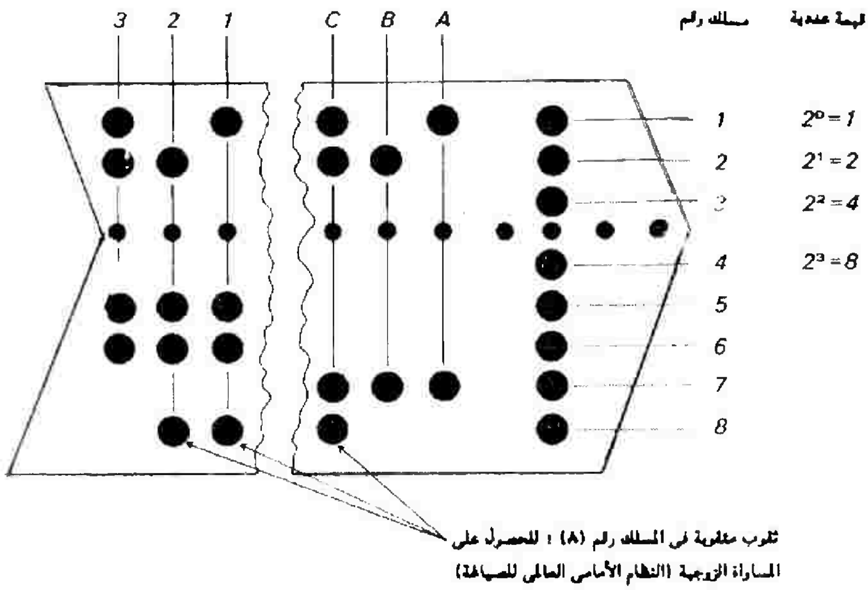
عندما تتغير القطعة المطلوب تصنيعها يتغير أيضا البرنامج، وهذه القابلية لتغيير البرنامج هي التي تجعل ماكينات التحكم الرقمي مناسبة للإنتاج المنخفض والمتوسط الحجم، وتمتد تطبيقات التحكم الرقمي لتشمل ماكينات التشغيل المختلفة الأنواع مثل المخارط ـــ الفرايز ـــ المثاقب ـــ ماكينات القياس ـــ ماكينات التجميع......... وغيرها.

تقوم قاعدة التشغيل لكل هذه الأنواع من ماكينات التحكم الرقمي على مبدأ مشترك.. وهو التحكم في موقع أداة القطع بالنسبة للقطعة تحت التشغيل (أو ما يقوم مقامهما).

الشريط المثقب:

هو شريط من الورق الغير منفذ للضوء (معتم) وغير لامع، وغالباً يكـــون لونه أسود أو أزرق، يبلغ عرض الشريط 25 ملليمتر.. أي واحد بوصـــة، وهـــو الشريط الخاص الذي تصنع فيه الثقوب. يتسع عرض الـــشريط المثقـــب لثمانيـــة مسالك.. أي إنه يسع ثمانية ثقوب في خط واحد بعرض الشريط كما هو موضـــح بشكل 1 ـــ 1

تعتبر الأشرطة الورقية المثقبة وسيلة رخيصة ومناسبة لنقـــل المعلومـــات، لذلك كانت الأكثر انتشارا عند ظهور آلات الإنتاج الرقمية، وقد إنخفض إستخدامها الآن.



شكل 1 ـ 1

شريط مثقـــــب بنظام ISO

يحتوي الشريط على صف من الثقوب الـــصغيرة لغـــرض إدارة الـــشريط بطوله، حيث تعشق هذه الثقوب مع ترس مسنن، وهذا الترس يدور أثناء دورانـــه، ويحرك الشريط خلال الرأس القارئة للشريط، وتسمى هذه الثقوب بثقوب التغذية أو ثقوب الإنتقال. ولا يحدث أى لبس بينها وبين ثقوب الشفرة.

2. التحكم الرقمي CNC بالحاسب (الكمبيوتر):

نظام التحكم الرقمي CNC بالحاسب (الكمبيوتر) هو عبارة عن نظام تحكم رقمي يستخدم فيه الحاسب (كمبيوتر)، له ذاكرة لحفظ البرامج التي تسجل فيه، للتحكم في ماكينة التحكم الرقمي، ويمثل الكمبيوتر جزء لا يتجزأ من الماكينة، ويمكن برمجة ماكينة التحكم الرقمي مباشرة باستخدام لوحة مفاتيح الكمبيوتر أو بواسطة شريط مثقب يقوم الكمبيوتر بقراءته، كما أن بعض ماكينات (التحكم

الرقمي بالكمبيوتر) يستطيع فيها الكمبيوتر بالإضافة إلى ما ذكر، قراءة البرامج المسجلة على اسطوانات.

3. التحكم الرقمي المباشرDNC :

نظام التحكم المباشر DNC هو نظام تصنيع يقوم فيه كمبيوتر واحد بالتحكم في عدة ماكينات تحكم رقمي بصورة مباشرة وحية، حيث ينتقل برنامج القطعة المعينة المراد إنتاجها من ذاكرة الكمبيوتر مباشرة إلى ماكينة التحكم الرقمي.

يتم استخدام الكمبيوتر في كلا النظامين.. نظام DNC، ونظام CNC مع ذلك يجب ملاحظة الفروق بين النظامين السابق ذكرنهما وهي كالآتي:-

الكمبيوتر في حالة:CNC

(أ) يتحكم في ماكينة واحدة.

(ب) الكمبيوتر يكون في مكانة مباشرة مع الماكينة.

(ج) الكمبيوتر يحصر إمكانياته لخدمة الماكينة التي تعمل معه.

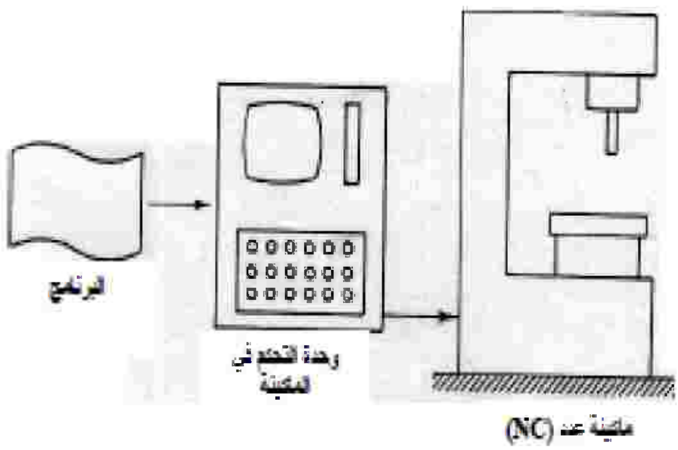
الكمبيوتر في حالة:DNC

(أ) التحكم في عدد كبير من الماكينات في آن واحد.

(ب) الكمبيوتر يكون في مكانه بعيدا عن الماكينات التي يعمل معها.

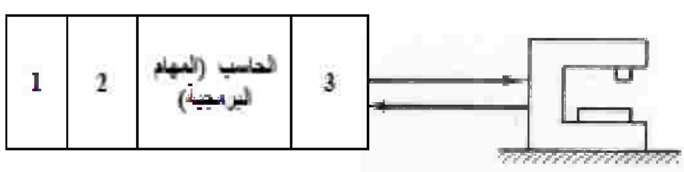
(ج) يمثل الكمبيوتر جزء من نظام توفير المعلومات لإدارة المصنع.

والأشكال المبسطة 1 ـ 2، 1 ـ 3، 1 ـ 4 التالية توضح الأجزاء التي تكون الأنظمة الثلاثة السابقة.



شكل 1 ـــ 2

الأجزاء الرئيسية لنظام NC



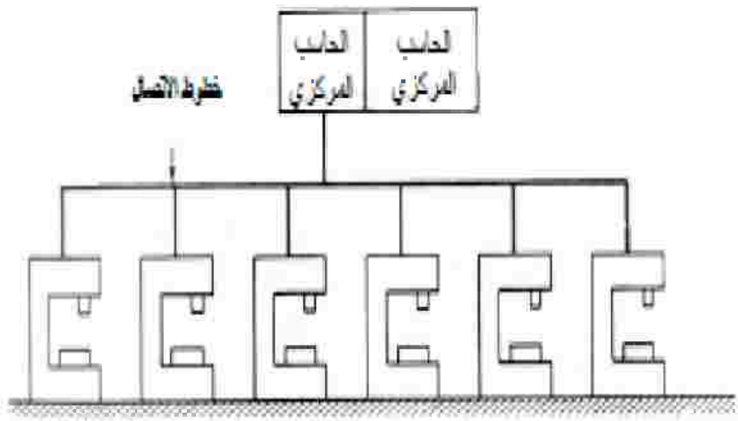
1 : جهاز قراءة الشريط المثقب لإدخال البرنامج لأول مرة

2 : وحدة حفظ برنامج الـ (NC)

3 : الأجزاء البينية لتواصل الحاسب مع الماكينة

شكل 1 ـــ 3

الأجزاء الرئيسية لنظام CNC



شكل 1 ــ 4

الأجزاء الرئيسية لنظام DNC

مقارنة بين التحكم الرقمي NC والتحكم الرقمي بالحاسب CNC:

يتميز نظام التحكم الرقمي CNC عن نظام التحكم الرقمي NC بالأتي:

1. يمكن إدخال البرامج مباشرة من على الماكينة وحفظها في ذاكرة الحاسب الملحق بالماكينة
2. سهولة تصحيح ومراجعة البرنامج.. وبالتالي التوفير في زمن تصميم البرنامج.
3. التخفيض في كمية المعلومات اللازم إدخالها في برنامج التصنيع، وكذلك السرعة في تنفيذ البرنامج.
4. الدقة العالية في التشغيل، حيث يتم تخفيض الاعتماد على العنصر الإنساني في التشغيل نتيجة لما يلي:-
   - الإعتماد على الأتوماتية المستخدمة للماكينات الحديثة، ومن ثم فقد تم التخلص من الخطأ الإنساني.
   - التحكم الآلي في مسار العدة يضمن الدقة العالية في التشغيل.
   - ماكينات الإنتاج ذات التحكم الرقمي CNC مزودة بهياكل عالية الجساءة والمتانة ويتم تصنيعها بدقة عالية.

5. تخفيض زمن عمليات التشغيل نتيجة لما يلي:
   - تخفيض الزمن العاطل نتيجة للحركة السريعة وسرعة الاستبدال الآلي للعدد.
   - تخفيض زمن التشغيل نتيجة زيادة معدلات التشغيل، حيث يمكن استخدام شروط القطع المثالي
   - تخفيض زمن الإعداد والتوضيب والتجهيز.
6. تخفيض عدد الماكينات المطلوبة لإنتاج دفعة من المنتجات.
7. تحقيق زمن دورة التشغيل المقررة في برامج التخطيط بدقة.
8. التحكم في تكلفة المنتج من خلال التحكم في زمن دورة التشغيل.
9. ضمان التجانس في أبعاد المنتجات مما يحقق التبادلية.
10. انخفاض تكاليف العدد نتيجة الاعتماد على العدد القياسية والاستغناء عن العدد الخاصة.
11. الاستغناء عن المثبتات الخاصة ذات التكلفة المرتفعة والاكتفاء بالمثبتات البسيطة ذات التكلفة المنخفضة.
12. توفير المجهود الإنساني مما ينتج الاستفادة من العاملين في خدمة أكثر من ماكينة، من حيث تجهيز العدد والخامات ومراقبة الماكينات.
13. المرونة العالية في الإنتاج من حيث إمكانية تنوع الإنتاج نتيجة لسهولة التغيير من شغلة إلى أخرى دون الحاجة الى تجهيز أو توضيب.
14. سرعة الاستجابة لتعديلات التصميم.
15. الملائمة لتشغيل الدفعات الصغيرة العدد.

عيوب ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي CNC:

من أهم عيوب ماكينات الإنتاج ذات التحكم الرقمي CNC هو الآتي:-

1. تحتاج إلى استثمارات مرتفعة مما يسبب ارتفاع تكلفة ساعات التشغيل.
2. تؤدي إلى الاستغناء عن بعض العاملين مما يتسبب في مشكلة البطالة.

3. الماكينات ذات طبيعة تكنولوجية معقدة يحتاج استيعابها إلى مستوى عالي من العمالة في مجالات التخطيط والبرمجة والتشغيل والصيانة.
4. ارتفاع تكاليف الصيانة وقطع الغيار.

كيفية التغلب على مشاكل ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي CNC:

أولا: بالنسبة لارتفاع تكاليف شراء هذه الماكينات ينبغي محاولة زيادة العائد منها على النحو التالي:-

1. اختيار الماكينة المناسبة من حيث الحجم والقدرة والدقة للإنتاج المتوقع، حيث أن المبالغة في أي منها تؤدي إلى ارتفاع سعرها.
2. يجب وضع مواصفات دقيقة طبقا للاحتياج الحقيقي ويطلب بناء على ذلك عروض من شركات مختلفة.
3. اتخاذ قرار الشراء بناء على مدى مطابقة العروض من حيث المواصفات الفنية أولا ثم ينظر إلى الأسعار مع الأخذ في الاعتبار إمكانيات الصيانة والتدريب والإنتاج والتسويق.
4. التوسع في تدريب العاملين في هذا المجال.. من مهندسين وفنيين وكذلك عمال الصيانة إلى أعلى مستوى ممكن قبل وصول الماكينة المشتراة.
5. التخطيط لتحميل هذه الماكيناتورديتين إلى ثلاث ورديات بمنتجات تستوجب استخدام هذه الماكينة من حيث صعوبة الشكل ودقة الأبعاد.
6. عدم تعريض الماكينة للتوقف مثل انتظار المواد أو العدد..... الخ.
7. إعداد موقع الماكينة قبل وصولها بوقت كاف للاستفادة بفترة الضمان.
8. تطبيق أسلوب الصيانة الوقائية لمنع الأعطال الفجائية.
9. قيام الفني بالإشراف على أكثر من ماكينة لخفض تكاليف العمالة للمنتج.

ثانيا: مشكلة البطالة نتيجة إحلال الماكينة مكان 3 إلى 4 ماكينات تقليدية، وبالتالي يتوفر عدد من الفنيين، بحيث يتم إعادة تأهيلهم وتوزيعهم على الأقسام المختلفة في المهن الجديدة للاستفادة بهم.

ثالثا: بالنسبة للطبيعة التكنولوجية المعقدة لهذه الماكينات، فإنه يجب تيسير ذلك عن طريق التعليم والتدريب في المجالات المختلفة اللازمة.. بشرط ملاحقة التطورات الحديثة فيها أولا بأول.

رابعا: بالنسبة لارتفاع تكاليف الصيانة فيمكن حل هذه المشكلة بإنشاء مراكز صيانة محلية وإعداد مهندسي وفنيين الصيانة فيها على المستوى المطلوب.

العوامل المؤدية إلى استخدام الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC:

1. الاحتياج إلى عمليات تشغيل تحتاج إلى عمالة ماهرة.
2. تعدد عمليات التشغيل.
3. إمكانية تشغيل الأجزاء والمشغولات ذات الأشكال المعقدة أو الدقة العالية التي يصعب تشغيلها بوسائل أخرى.
4. تنوع المنتجات مع إنخفاض عددها وتكرار الدفعات.
5. انخفاض الزمن العاطل بالنسبة لزمن التشغيل.
6. انخفاض الفترة اللازمة للتجهيز.
7. ارتفاع نسبة العيوب عند التشغيل على الماكينات التقليدية.
8. انخفاض تكلفة العدد بالنسبة للتكلفة الكلية للتصنيع.

ويترتب على ما سبق أنه يلزم استغلال هذه الماكينات إلى أقصى حد وهو ما يمكن تحقيقة من خلال تحميلها المستمر ورديتين إلى ثلاثة ورديات بمشغولات متنوعة في دفعات متكررة قليلة العدد.. مما يخفض تكلفة المنتج ويحقق القدرة على المنافسة.

مكونات ماكينات التشغيل ذات التحكم العددي بالحاسب:

1. الحاسب: يقوم بوظيفة إدخال وتخزين البرامج وإدخال وتشغيل البيانات اللازمة للتحكم في الماكينة فضلا عن تشخيص الأعطال.
2. ماكينة التشغيل: لها عمود دوران رئيسي يتم التحكم في اتجاه دورانها وسرعتها وإيقافها وضبط موضع توقفه.. بالإضافة إلى محاور (X , Y , Z) (محاور

حركات التغذية) والحركات الدورانية حول كل محور.. (مركب على كل محور منها محرك خاص)، هذا بالإضافة إلى محرك إدارة العمود الرئيسي.

3. عناصر قياس السرعة والإزاحة لكل محور ترسل إشارتها إلى الحاسب لمقارنتها بالقيم المطلوبة.

4. جهاز التحكم المنطقي المبرمج (PLC):

للتحكم في عمليات فتح وغلق الدوائر الكهربائية الخاصة بالوظائف المساعدة مثل..

تشغيل ـ إيقاف البرامج ـ دوران العمود يمين أو يسار أو إيقافه ـ استبدال العدة ـ فك وربط المثبتات الآلية ـ اختيار وتشغيل وإيقاف سوائل التبريد ـ تحريك الغراب في المخارط لسند الشغلة ـ فتح وغلق الأبواب الأتوماتيكية....... الخ.

طريقة التحكم في مسار ماكينات التشغيل ذات التحكم العددي

يتم التحكم في المسارات من خلال دوائر تحكم مغلقة Closed Loop Systems، حيث تقوم عناصر الإحساس بقياس سرعة الحركة والإزاحة وتغذى إلى الحاسب لمقارنة القيم المقاسة بالقيم المطلوبة التي يغذيها الحاسب حسب البرنامج، ويستخدم الفرق بعد تكبيره ومعالجته لتغيير حالة المحركات الكهربية، ويتم هذا الإجراء لحظة بلحظة من بداية الحركة حتى نهايتها لتصحيح المسار أولا بأول إلى أن يتوقف المحرك عند بلوغ الموضع المطلوب.

قياس سرعة الدوران:

تقاس سرعة دوران الأعمدة بطريقة رقمية Digital أو بطريقة تناظريةAnalog، يستخدم في الحالة الأولى (طريقة رقمية Digital) حساس رقمي يقاس منه تردد النبضات الناتجة من دوران قرص مقسم يدور بين مصدر ضوئي أو خلية ضوئية.. فينتج عن الدوران قطع الأشعة الضوئية بعدد الأقسام في كل لفة.

أما في الحالة الثانية (الطريقة التناظرية Analog) يستخدم مولد كهربائي لقياس سرعة الدوران عن طريق قياس فرق الجهد المتولد المناظر لها.

قياس الإزاحة:

تستخدم مساطر مقسمة تقيس بطريقة رقمية عدد النبضات الناتجة من قطع شعاع ضوئي خلال المشوار.

هناك أيضا مساطر تقيس الازاحات بطريقة تناظرية بقياس فرق الجهد الناتج بالحث بين مسطرة صغيرة متحركة عليها ملفان مستويان بينهما مسافة تساوي ربع خطوة الملف وبين مسطرة طويلة مثبته على الماكينة وتحمل ملفات مستوية بنفس خطوة المسطرة الصغيرة فيظهر على طرفيها فرق الجهد الناتج بالحث والذي يتغير دوريا بتغير الإزاحة ويعرف هذا النظام باسم Inductosyn.

مراكز التشغيل

Machining centers

هي ماكينات تشغيل ذات تحكم رقمي بالحاسب تقوم بأداء وظائف تشغيل متعددة كالثقب والبرغلة والقلاووظ الداخلي والتجويف والتفريز بأنواعه على الأسطح المختلفة للشغلة بنفس التثبيت دون الحاجة لفك الشغلة لتغيير وضعها أو نقلها الى ماكينات أخرى، وذلك للمحافظة على دقة التشغيل وتوفير الأوقات العاطلة في مناولتها ونقلها بين الماكينات المختلفة وإعادة تثبيتها على كل ماكينة.. وبالتالي إنخفاض زمن التشغيل.

تحتوي مراكز التشغيل على مجموعة كبيرة من عدد القطع يتم استبدالها آليا في خلال ثواني قليلة، كما يمكنها استخدام أجهزة المناولة الآلية المبرمجة Robots
لمناولة المشغولات.. مما يحقق مزيدا من الوفر في الزمن العاطل وكذلك الجهد الإنساني والتكاليف.

مميزات مراكز التشغيل:

يمكن تلخيص مميزات مراكز التشغيل في الآتي:-

1. الاستغناء عن استخدام عدد ماكينات التشغيل المختلفة.. وبالتالي الاستغناء عن العاملين عليها.
2. توفير الوقت اللازم لمناولة المشغولات ونقلها من ماكينة إلى أخرى.. وبالتالي إنخفاض زمن التشغيل.
3. توفير زمن فك وتثبيت الشغلة على كل ماكينة.
4. إجراء عمليات التشغيل المطلوبة على الأسطح المختلفة للشغلة بنفس وضع التثبيت دون فك وإعادة ربط، حيث يحقق العلاقات بين الأسطح المختلفة من حيث التعامد ــ التوازي ــ الميل بأي زاوية مطلوبة ــ المركزية.....الخ) بالإضافة إلى الدقة العالية المتوفرة للماكينة.

ويترتب على كل ما تقدم ذكره زيادة دقة المنتج وخفض زمن دورة التشغيل..وبالتالي خفض تكلفة التصنيع، ولقد ظهرت أيضا مراكز التشغيل بالخراطة على غرار مراكز التشغيل بالتفريز والثقب، حيث يمكن بواسطتها إجراء عمليات تفريز أو ثقب أو قلوظة في اتجاه موازي أو عمودي على محور الشغلة المراد تشغيلها بالخراطة وذلك لإحتواء مراكز التشغيل بالخراطة على عدة دوارة بالإضافة إلى العدة المعتادة، كما تتضمن هذه المراكز حركة دوران عمود المخرطة حول محوره بازاحات زاوية من خلال التحكم الرقمي.

برمجة ماكينات التحكم الرقمي

يتكون البرنامج من مجموعة من تعليمات التشغيل المتتابعة لتوجيه أجزاء الماكينة لإنجاز العمليات المطلوبة وهى كالآتي:-

1. تعليمات سرعة الحركة للعدة أو لقطعة التشغيل وتتضمن سرعة دوران العمود الرئيسي وسرعات التغذية للمحاور المختلفة.
2. تعليمات الإزاحة في اتجاه من المحاور(X , Y , Z) ، وحول المحاور (A , B , C).
3. تعليمات الوظائف المساعدة وهي؛-
   - اختيار العدة
   - تشغيل أو إيقاف البرنامج في نهايته أو الإيقاف الاختياري للبرنامج.
   - تشغيل العمود الرئيسي في اتجاه الدوران المطلوب أو إيقافه.
   - اختيار وتشغيل سائل التبريد أو إيقافه.

الخطوات التمهيدية للبرمجة

يمكن تحديد الخطوات التمهيدية للبرمجة من خلال الآتي:-

1. تحديد نقطة الأصل لأبعاد الشغلة.
2. حساب إحداثيات نقط التقاطع لحواف قطعة التشغيل على المسار المطلوب، وتحديد نقطة بداية التشغيل ونقطة نهايته على الرسم التنفيذي للشغلة.
3. تحديد خطوات التشغيل.
4. تحديد قيم عمق القطع والتغذية ومنها يتم تحديد سرعة القطع ومن ثم سرعة دوران العمود لكل خطوة تشغيل.
5. خطوات البرنامج من خلال تحديد وكتابة الآتي:-
   - تعريف رموز الشفرة المستخدمة في البرمجة.
   - رقم مسلسل لخطوات البرنامج... N
   - طول المشوار في اتجاه كل محور... X; Y, Z

- سرعة دوران العمود الرئيسي... S
- قيمة التغذية... F
- أبعاد مراكز الأقواس بالنسبة لنقطة بداية القوس... I, J ,K
- دوال الوظائف المساعدة... M
- دوال الوظائف الرئيسية... G
- رقم العدة... T
- علامة بداية البرنامج... %
- علامة تخطي خطوات في البرنامج... /
- تحجب مابين القوسين عن نظام التحكم... ()

عناصر البرنامج::

يكتب البرنامج في صورة مشفرة تستخدم العناصر الأتية:-

العنوان ويرمز له بحـــرف مثل (X,Y,Z,G,M,T) تتبعه المعلومات الرقمية التالية:-

الكلمة: تتكون من العنوان الذي يشتمل على المعلومات العددية الخاصة بـــه مثـــل (X155)..تعني ازاحة العدة القاطعة بالنسبة للشغلة مسافة(155).

الجملة: تتكون من مجموعة مـــن الكلمـــات المتتابعـــة مثـــل: G00X155Y100، وتستخدم هذه العناصر في كتابة البرنامج ويتم ادخالة مباشرة بطريقة يدويـــة مـــن خلال لوحة المفاتيح إلى الحاسب.

الشكل العام لصيغة كتابة الأوامر: تكتب الأوامر جملة.. جملة كل منها في سطر وله رقم مسلسل مثل: N4.G2.X42.Y42

تـركيب البرنامج:

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

1. مجموعة تعليمات بداية البرنامج: وتشتمل على عنوان البرنامج ورقمه والتعريف بنقطة الأصل للمثبت ونقطة الأصل للشغلة وتختلف حسب نظام التحكم فمثلا في حالة الخراطة في نظام SINUMERIC:

%0016 (يكتب اسم البرنامج)

N0010 TO1O1

N0020 G54

إزاحة المحاور الإحداثية من صفر الماكينة إلى صفر المثبت

N0020 G59X0Z100

إزاحة المحاور الإحداثية من صفر المثبت الى صفر الشغلة

نظام التحكم فمثلا في حالة الخراطة في نظام:FANUC

%0016 (يكتب اسم البرنامج)

1. يتم نقل العدة بحيث تصبح محاذية لصفر الشغلة أولا ثم يكتب الأمر اللازم لنقل المحاور الاحداثية الى صفر الشغلة

N0010 TO1O1

N0020 G00 X60 Z100

N0020 G92 Z0

2. مجموعة تعليمات شروط التشغيل وتشمل اختيار العدة وقيم التغذية وسرعة الدوران وادارة العمود الرئيسي ووسائل التبريد وتحريك العدة الى المواضع المطلوبة. جدول 1 – 1 يوضح تعليمات شروط التشغيل، جدول 1 ـ 2 يوضح مجموعة تعليمات نهاية البرنامج.

جدول 1 ـ 1

تعليمات شروط التشغيل

تحديد السرعة والتغذية واتجاه الدوران و سائل التبريد.	N0040 S2000 F0.1 M04 M08
حركة سريعة الى موضع البداية.	N0050 G00 X50 Z2
حركة تغذية طولية لمسافة 50 مم.	N0060 G01 Z-50

جدول 1 ـ 2

تعليمات نهاية البرنامج

تحريك العدة بعيدا عن الشغلة	N080 G00 X60
ايقاف عمود الدوران	N0100 Z20 M05
نهاية البرنامج	N0120 M30

بعد إتمام كتابة البرنامج يجب مراجعته بدقة قبل الشروع في تنفيذه، حيث أن بعض الأخطاء قد تؤدي الى حدوث اتلاف جسيم في أجزاء الماكينة أو العدة القاطعة أو الشغلة أو المثبت الخاص بها.. مما يستلزم مراجعة البرنامج للتأكد من الأتي:-

1. **مسار الحركة السريعة:** يجب ألا تتصادم العدة مع الشغلة أو المثبتات المستخدمة بل يجب أن تبتعد عنها بمسافات أمنه كافيه.
2. صحة كتابة المعلومات الرقمية على الشاشة.
3. تطابق البرنامج مع رسم قطعة التشغيل وهذا يعني مطابقة الشغلة المصنعة للرسم.
4. الاختيار الصحيح لقيم السرعات والتغذيات وعمق القطع بما يناسب المادة المشغلة والعدة المستخدمة وطاقة الماكينة.

5. تميز الأقراص المرنه أو الشرائط المثقبة الحاملة للبرامج والتي تمت مراجعتها بلون مختلف عن التي لم يتم مراجعتها.
6. أن تتم أي تعديلات على البرنامج بواسطة من قام باعداد البرنامج دون غيره.

تحقيق البرنامج:

يتم تحقيق البرنامج طبقا للترتيب الأتي:-

1. فحص البرنامج الذي يتم ادخاله في ذاكرة الحاسب.
2. تشغيل البرنامج بعد التأكد من سلامته خطوه بخطوه مع تخفيض سرعات التغذية وسرعة الدوران مع ابعاد العدة عن الشغلة.
3. تشغيل البرنامج ألياً لكن بدون قطع ومراقبة مسار العدة واحتمالات التصادم بين العدة وبين الشغلة أو المثبتات واجراء.. أي تعديل في المسار بناء على ذلك.
4. استخدام الحاسب في محاكاة العملية برسم الشغلة ومسار العدة خلال مراحل التشغيل المختلفة على شاشة الحاسب.

مقارنة بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات CNC :

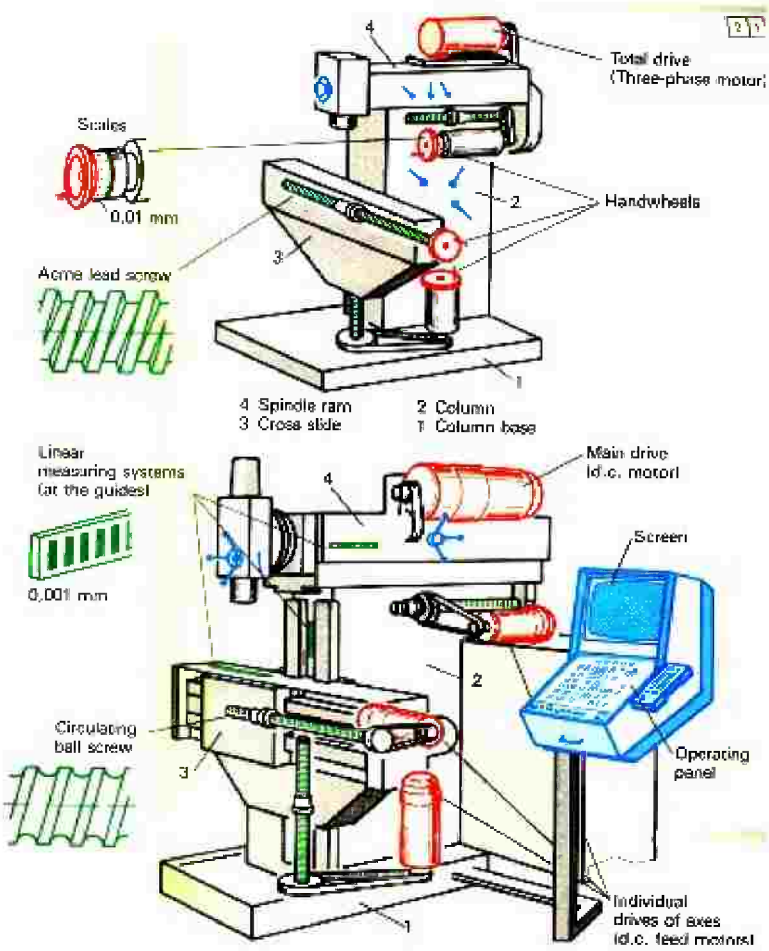
يوجد تشابه في الشكل العام لماكينات العدد التي تعمل بنظام CNC وماكينات العدد التقليدية، ولكن يوجد فرق أساسي في مصدر ايجاد الحركة في الاتجاهات المختلفة التي تتحرك فيها الماكينة.

فاذا أخذنا ماكينة الفريزة كمثال فاننا نجد أن الفريزة العادية بها محرك واحد ذي تيار متردد في حين أن الفريزة من النوع CNC يتحكم في التحركات المختلفة بها محركات خاصة تسمى المحركات المؤازرة من نوع محركات التيار المستمر أو محركات الخطوة أو المحركات الهيدرولية،

فماكينة الفريزة CNC المبينة في شكل 1 ــ 5 بها أربع محركات من نوع التيار المستمر كالأتي:-

1. محرك واحد للحركة الطولية لمنضدة الماكينة.
2. محرك واحد لتحريك المنضدة الى الداخل أو الخارج بعيدا عن الماكينة.
3. محرك واحد لتحريك المنضدة رأسيا الى أعلى أو أسفل.

المخارط الرقمية CNC ـــ
4. محرك واحد لادارة عمود السكاكين أو أدوات القطع يمثل المحرك الأساسي.



شكل 1 ــ 5

مقارنة بين ماكينة تفريزعادية وفريزة (CNC)

كل هذه المحركات يتحكم فيها كمبيوتر ماكينةCNC، أما ماكينة الفريزة العادية فيمكن تحريك منضدتها طوليا أو في الاتجاه المستعرض أو رأسيا يدويا أو ميكانيكيا، وبالتالي فإن دقة العمليات التي تنفذ على الفريزة العادية تعتمد على مهارة الفني الذي يقوم بتشغيل الماكينة، أما في ماكينة CNC فان الدقة تعتمد على

مقدرة نظام التحكم ونوعه، ويمكن أن نلخص المقارنة بين فريزة تقليدية وأخرى ذات تحكم رقمي بالحاسب من خلال جدول 1 ــ 3 التالي:-

جدول 1 - 3

مقارنة بين الفريزة العادية والفريزة CNC

وجه المقارنة	الفريزة العادية	الفريزة CNC
1. الشكل العام	يشابه الفريزة CNC	يشابه الفريزة العادية
2. التصميم:		
(أ) الهيكل	أقل قساوة (مقاومة لقوى التشغيل)	أكثر قساوة
(ب) عمود نقل الحركة الطولية	شكل القلاووظ شبه منحرف.	شكل القلاووظ شبه كروي يحتوي على كرات محملية شكل 1- 6
(ج) مصدر الحركة	محرك واحد ذو تيار متردد AC	محرك خاص بكل اتجاه حركة
3. دقة عمليات التشغيل	يمكن أن تبلغ 0.01	يمكن أن تبلغ 0.001
4. التحكم في الحركة	يدويا أو ميكانيكيا	برنامج التحكم الرقمي

(ب)

(أ)

شكل 1 ــ 6

القلاووظ ذو الكرات المحملية لماكينات CNC

(أ) قلاووظ به كرات محملية ذات تغذية راجعة من الخارج.

(ب) قلاووظ به كرات محملية ذات رجوع داخلي.

للتعرف على ماكينات الإنتاج الرقمية CNC المتوفرة انظـــر شـــكل 1 ــ 7 الذي يبين فريزة CNC من نوع MH500W وهى ذات نظـــام تحكـــم مـــن نـــوع MAHO 32، وكذلك الشكل 1 ــ 8 الـــذي يوضـــح مخرطـــة CNC مـــن نـــوع (EmcoTurn242) وهى ذات نطاق تحكم من (Emcotronic Tm 02).

شكل 1 ــ 7

فريزة CNC من نوع MH 500 W بنظام تحكم MAHO 232

شكل 1 ــ 8

مخرطة CNC من نوع emcoTurn 242 بنظام تحكم EMCOTRONIC TM02

مميزات وعيوب ماكينات التحكم الرقمي:

توجد عدة أسباب أدت الى الانتشار الواسع لاستخدام ماكينات التحكم الرقمي بالكمبيوتر CNC في الصناعة.

لقد هيأ ظهور CNC وسيلة لتخفيض تكلفة الإنتاج للصناعات التي تتميز بإنتاج منخفض مثل صناعة القطع المساعدة في صناعة الطائرات وقطع الدوائر الهيدروليكية وصناعة ماكينات العدد نفسها،

ففي كل هذه الصناعات التي ذكرناها وغيرها من الصناعات ذات المتطلبات الشبيهة، نجد أنه من الضروري أن يكون المنتج عالي الجودة ومضمون عند استعماله.

ونجد أيضا أن حجم الانتاج في هذه الحالات يعد غالباً بالعشرات أو المئات وفي بعض الحالات بالآلاف، فاستعمال CNC في مثل هذه المجالات المذكورة يمكن أن يحقق المزايا التالية:=

1. تقليل الزمن الضائع بدون انتاج فعلي للماكينة.
2. استخدام تجهيزات تثبيت Fixtures أكثر بساطة من المستخدمة مع الماكينات التقليدية.
3. تحقيق نظام انتاج أكثر مرونة.
4. السهولة في تقبل أي تغييرات في تصميم القطع المنتجة لأن ذلك يحتاج فقط إلى تغيير في البرنامج السابق للقطع.
5. زيادة دقة التصنيع والتخفيض من الأخطاء التي يقع فيها الفنيين.

الفوائد الإقتصادية التي تتحقق من ما كينات الإنتاج الرقمية CNC:

مما سبق يتضح أن CNC يكون مناسباً في حالات معينة ولكن ليس في كل الحالات، ويمكن أن نستنتج أن عمليات التشغيل التي يمكن أن يحقق فيها CNC فوائد اقتصادية لها الصفات التالية:-

1. القطع التي تصنع مكررة في شكل دفع صغيرة أو متوسطة الحجم.
2. هندسة القطع معقدة (من ناحية الشكل).
3. الازواجات المطلوبة لتصنيع القطع صغيرة.
4. تشغيل القطع يحتاج لعدة عمليات.
5. كميات المعدن المطلوب ازالته (الرائش) للتصنيع كبيرة.
6. التغيرات في التصميم متوقع.
7. القطع عالية التكلفة بحيث أن حدوث أخطاء في التصنيع سيكون باهظ التكلفة.
8. الحاجة لفحص جودة المنتج بنسبة 100%.

المشاكل التي تواجه إستخدام ماكينات الإنتاج الرقمية CNC:

ليس بالضرورة يشترط أن تكون القطع المناسبة للتصنيع بنظام CNC مستوفية لكل الصفات السابق ذكرها، ولكن بالطبع كلما حققت عدد أكبر من هذه الصفات كلما كانت تطبيقا جيداً لاستخدام ماكينات CNC في الانتاج، ولكن كل هذا يجب أن لا ينسينا أنه اذا أدخلنا نظام CNC للانتاج في مصنع ما سنواجه المشاكل الأتية:

1. زيادة الصيانة الكهربائية.
2. ارتفاع التكلفة الابتدائية لماكينات CNC
3. ارتفاع تكلفة تشغيل الماكينات.
4. اجراء تدريب جديد للعاملين على كل المستويات لاستيعاب نظام CNC ومتطلباته.

الباب الثاني

المخارط ذات التحكم الرقمي CNC

Numerical Control For Lathes CNC

تمهيد

من المعروف أن المخارط التقليدية (المخارط الأفقيـــة.. مخـــارط الذنبـــة) إنتاجها منخفـــض بالمقارنة بالمخارط الأوتوماتية أو النصف أوتوماتية وذلك لعدة أسباب أهمها.. تغيير وضع المشغولات، وبالتالي يقوم الفني الـــذي يعمـــل علـــى المخرطة بعملية الفك والربط لكل مشغولة، وكذلك تغيير الآلات القاطعة (الأقـــلام والثقابات وغيرها)، الأمر الذي يؤدي إلى مراقبة وإختبار أبعاد الجزء المشغل من حين إلى آخر حتى ولو كانت الأجزاء المراد تشغيلها مطابقة لبعضها، لذلك فـــإن هذه المخرطة تصلح لخراطة الأجزاء البسيطة وغير المتكـــررة التـــي لا يهـــم أن تتوافق في أبعادها لغرض التبادلية (تبادل القطع بأخرى لهـــا نفـــس المواصـــفات والأبعاد)، وقد صار تطور هذه المخرطة منذ أمد بعيد بحيث يقـــضي علـــى هـــذه العيوب والإسراع بإنتاج المشغولات بجانب تطابق أبعاد المشغولات بدقة عالية في حالة تكرارها. وقد صار هذا التطور علي عدة مراحل من خلال ظهور مخـــارط البرج بأنواعها وأشكالها المختلفة التي تعتبر نصف أوتوماتية، والتي أعقبها ظهور المخارط الأوتوماتية ذات الإنتاج الكمي المطابق في الشكل والأبعاد بدقة عالية.

ومع التطور المستمر الذي ظهر جلياً من النصف الثاني من القرن العشرين فقد أنتجت دور الصناعة آلات الإنتاج ذات التحكم الرقمي CNC وقد أدخل عليهـــا بعض الإضافات والتغييرات إلى أن صارت كما نراها اليوم والتي تعتبر من أفضل أنواع آلات الإنتاج.

يتناول هذا الباب المخارط ذات التحكم الرقمي وأجزاؤها، ونظـــم الـــتحكم المستخدمة، ومسارات المحاور.. أي حركات المنزلقات في الإتجاه الأفقي (الحركة العرضية والحركة الطولية)، كما هو الحال بالمخارط، والحركـــة العموديـــة فـــي الإتجاه الرأسي كما هو الحال في الفرايز.

ويتعرض لأنواع أشرطة التسجيل مثل الأشرطة الورقية المثقبة والأشـــرطة المغناطيسية، كما يتعرض لخطوات التشغيل، ومميزات وعيوب ماكينات الـــتحكم الرقمي.

نبــذة تاريخية:

بدأت فكرة التحكم الرقمي بآلات التشغيل والإنتاج بالعقد الرابع من القـــرن العشرين، حيث كانت الحاجة إلى صناعة الطائرات وبعــض المعــدات الحربيـــة الأخرى، وكان ذلك يتطلب ماكينات وآلات لها قدرة على تصنيع مثل هذه المعدات التي لا يمكن تشغيلها على ماكينات الإنتاج التقليدية.

وتطور تكنيك التصنيع سريعاً أثناء الحرب العالمية الثانية من خلال التعاون بين مصممي آلات التشغيل ومهندسي الحرب الإلكترونية لإنتاج ماكينات لها القدرة على تشغيل الأجزاء المعقدة والمنسوخة، وأثمر عن هذا التعاون إنشاء أول ماكينة تفريز تعمل من خلال التحكم الرقمي بالولايات المتحدة الأمريكية عـــام 1950م، وقد أمكن استخدامها في تصنيع ريش الدوران لمحرك طائرة هليوكـــوبتر، كانـــت تكنولوجيا الصناعة آنذاك لم تتوصل إلى تصنيع آلات قطع دقيقة يمكن إســـتخدامها في مثل هذه الأسطح المعقدة.. وعلى الرغم من أن هذا التطوير كان محدوداً، حيث كانت لوحات الرسم والقياس للمراحل المختلفة تتم يـــدوياً لـــبعض الـــنقط القليلـــة المتباعدة، هذا بالإضافة إلى عدم دقة الأبعاد المتداخلة التي كانت تخضع لمهارات صانع العدة.. إلا أن هذا الحدث في هذه الفترة من الزمن كان بمثابة إنطلاقة كبرى في عالم الصناعة.

وقد كان هذا التطور هو حجر الأساس الذي بنى عليـــه تطـــور الأجيـــال المتعاقبة في مجال التحكم الرقمي في آلات القطع وآلات الإنتاج المختلفة.

وفي عام 1953م تم تشغيل أول ماكينة بالتحكم الرقمي بواسطة العـــاملين بمصانع الفريد هيربرت بإنجلترا.

ومن الطبيعي أن صنع هيكل ومحرك طائرة نفاثة تتطلب الدقة الفائقة في جميع عمليات التشغيل والإنتاج، وقد تحقق ذلك عملياً حيث إستطاعة تكنولوجيا الحاسبات أن تحدد نقط الأسطح المتداخلة والمتقاربة رياضياً والتي تصف تداخل الأسطح مع بعضها البعض، وتطورت عمليات التحكم الرقمي بدور الصناعة حيث كانت شركة فرانتي من أوائل الشركات في هذا المجال، هذا بالإضافة إلى الدراسات والأبحاث التي عملت من أجل التطوير في كل من أمريكا وبعض الدول الأوربية، الذي أدى إلى تطبيق التحكم الرقمي في مختلف آلات التشغيل والإنتاج بالمجال الصناعي.. حيث شملت مجال الميكانيكا والنجارة والإلكترونات وغيرها من المجالات الصناعية، هذا بالإضافة إلى المجال الطبي والمجال العلمي الاستكشافي.

ومن المؤكد أن نظم التحكم الرقمي قادرة على تشغيل وإنجاز جميع أسطح التشغيل المختلفة الأشكال، وأيضاً تنفيذ العمليات التي لا يمكن إنجازها على آلات التشغيل التقليدية.

وقد أمكن وضع تعريف رقمي لميكانزم التحكم، حيث أدى ذلك إلى تنفيذ سلسلة لحركات العدة الضرورية آلياً لتشغيل وإنتاج المشغولات المطلوب تصنيعها.. وهذا مفهوم التحكم الرقمي، حيث استخدام الرموز والأرقام في تنفيذ الخطوات العملية لتحديد شكل وأبعاد المنتج المراد تصنيعه.

التحكم الرقمي بماكينات القطع

في المخرطة التقليدية مثل المخرطة الأفقية (مخرطة الذنبة) يقوم الفني بتحريك المنزلقات على مجاري الإنزلاق الخاصة بها، ويتم ذلك من خلال تغذية يدوية أو آلية، أو باستخدام حدبات Cames خاصة كما هو الحال في المخارط الآلية، كما يقوم بتنفيذ الأعمال الأخرى الضرورية للتشغيل مثل بدء دوران عمود المحور وإيقافه، وتغيير السرعات، وتغيير معدل التغذية، وفتح سائل التبريد...... وخلافه، كل عمل من هذه الأعمال يتطلب من الفني أن يمارس نوعاً من التقدير

وصنع القرار، ويجب أن تتكرر هذه القرارات في كل مرة يتم فيها إنتاج أي شغلة، حتى ولو كانت الأجزاء المراد تشغيلها مطابقة لبعضها.

وعلى العكس من ذلك، فإن استخدام التحكم الرقمي لماكينات قطع المعادن، يعني أن القرارات التي تحكم عمليات الماكينة يتم إعدادها مـــرة واحـــدة بمرحلـــة التخطيط والبرمجة أثناء إعداد منظومة تحكم الماكينة، حيث يتم حفظها على شريط مثقب أو على وسيط لحفظ المنظومة التي تسمي برنامج التشغيل. وتستخدم نفـــس المنظومة للأجزاء الأخرى المطابقة، وفي حالة تآكل الشريط بعد فترة طويلة مـــن استخدامه، يمكن عمل بديل له في دقائق معدودة.

يعتبر العمل المبدئي المؤدي لإعداد منظومة التشغيل أمراً هاماً، ومن المؤكد إنه يحتوي على جزء مهم جداً من الإنتاج.

تستخدم الماكينات ذات التحكم الرقمي في تصنيع المشغولات بإنتاج كمـــي (إنتاج القطعة الواحدة إنتاجاً مماثلاً بالجملة)، كما يمكن إســـتخدامها فـــي إنتـــاج المشغولات بمجموعات متوسطة أو صغيرة.

الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC:

هي ماكينات ذات خاصية، تستقبل المعلومات عن طريق أوامر على شـــكل رموز وتقوم بتحويل الرموز إلى أرقام وحروف، ثم تحول إلى نبضات كهربائيـــة تصل للمحركات الكهربائية التي تقوم بدورها بحركة المحاور الخاصـــة بالماكينـــة بالأبعاد المطلوبة، حسب الأوامر الصادرة إليها بالبرنامج لاستغلالها في عمليـــات التشغيل أو العمليات المساعدة مثل التبريد ــ سرعة الدوران ــ فك أو ربط الشغلة ــ تحديد مقدار التغذية .... إلخ.

أسباب إستخدام ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي C N C:

تضمن ماكينات التشغيل ذات التحـــكم الرقمي مثل غيرها مـــن الماكينـــات الأوتوماتية إنتاج مشغولات ذات دقة وجودة عالية، ولكن يفضل إستخدام ماكينـــات التحكم الرقمية للأسباب التالية:-

1. عدم توقف دقة المنتج علي خبرة ومهارة العامل، وبذلك تكون دقة دفعة الإنتاج بكاملها بنفس الدرجة.

2. ضمان التكرارية للمنتجات من نفس الدفعة.

3. الحد من المنتجات المعيبة مما يخفض الفاقد وبالتالي تخفيض ثمن المنتج.

4. القدرة على إستعمال سرعات قطع مرتفعة، مما ينتج عنه تخفيض زمن التشغيل للقطعة، وبالتالي تخفيض ثمن المنتج.

5. لايتطلب زمن يذكر في تجهيز الماكينة من منتج إلي آخـــر، حيث يتطلب ذلك إعادة تخزين برنامج تشغيل جديد يناسب المنتج الجديد، بخلاف الماكينات الأوتوماتية الأخرى التي تتطلب فك الماكينة وتغيير حدباتها، أو تغيير محددات المشاوير...... إلخ.

6. القدرة على تصنيع أجزاء ذات أشكال في غاية الدقة والتعقيد التي يصعب إنتاجها على الماكينات التقليدية.

المخارط ذات التحكم الرقمي CNC

Numerical Control For Lathes CNC

مخرطة التحكم الرقمي هي إحدى أنواع الماكينات التي تستخدم في تـــشغيل وتصنيع المعادن عن طريق الحاســب الآلـــي Computer Numputer Control وتختصر ب CNC انظر شكل(2 -1).

شكل 2 ــ 1

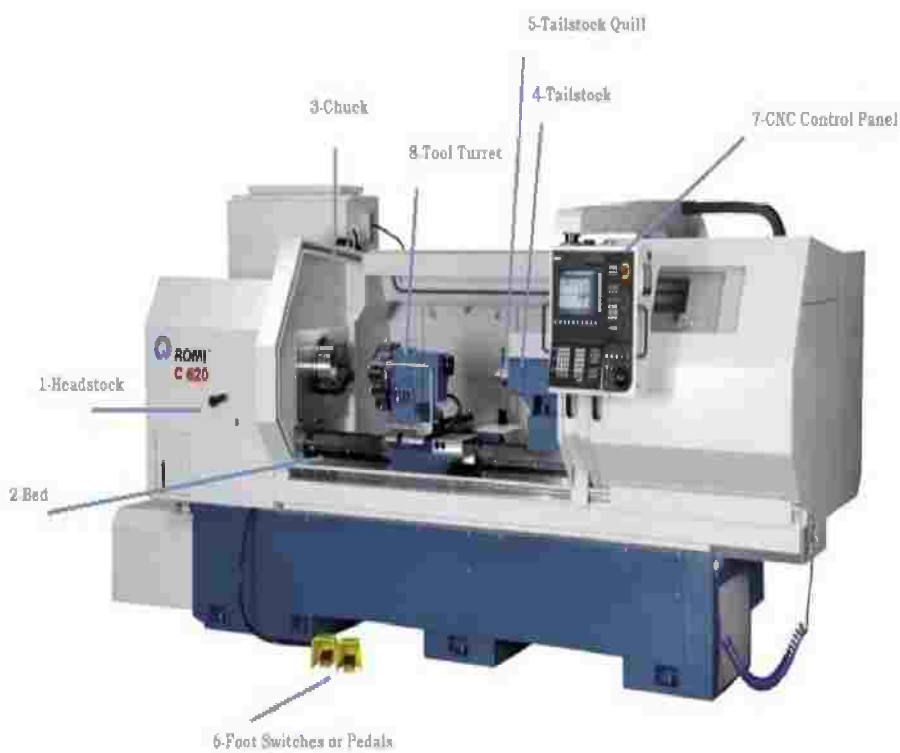
مخارط الإنتاج ذات التحكم الرقمي CNC

الأجزاء الأساسية للمخرطة الرقميةCNC:

تتكون المخرطة الرقمية CNC بصفة عامة باختلاف أشكالها وأحجامها من أجزاء رئيسية هامة، كما توجد أجزاء مساعدة أخري مكملة للأجزاء الرئيسية لا غنى عنها لكي تقوم المخارط بوظيفتها على أكمل وجه شكل 2 ــ 2 وشكل 2 ــ 3.

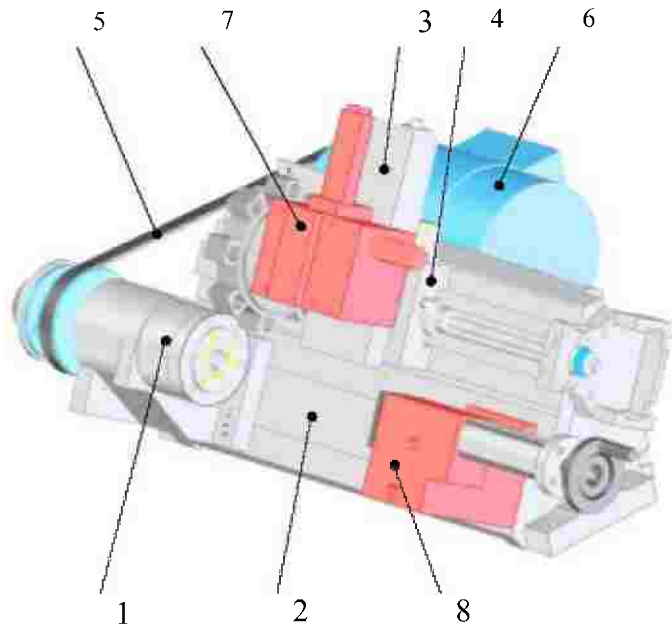
يتعرض هذا الباب للأجزاء الرئيسية والمساعدة للمخرطة.. وذلك لتوضيح الآتي:-

1. المواد المستخدمة في الصنع.
2. الغرض من الجزء وأهميته بالنسبة للأجزاء الأخرى.
3. كيفية نقل الحركة منه أو إليه.



شكل 2 ــ 2

الأجزاء الأساسية لمخرطة الإنتاج الرقمية CNC



شكل 2 ـ 3

الأجزاء الأساسية لمخرطة الإنتاج الرقمية CNC

No	Component	No	Component
1	Main spindle	5	Main Belt
2	Machine bed	6	Main motor
3	X-SLIDE	7	Tool turret
4	Z-SLIDE	8	Tailstock

عمود الدوران الرئيسي: Main spindle

يعتبر عمود الدوران هو أهم الأجزاء المثبتة بالرأس الثابت (الغراب الثابت)، حيث أنه يحمل ظرف المخرطة. تنتقل الحركة الدورانية من المحرك الكهربائي إلى عمود الدوران عن طريق مجموعة تروس السرعات وبكرات مدرجة وسير على شكل حرفV.

يصنع عمود الدوران من أجود أنواع الصلب بشكل مجوف، بحيث يمكن تركيب القضبان المعدنية الطويلة به وتثبيتها بظرف المخرطة.

يجلخ مواضع تحميله علي كراسي المحاور بدرجة عالية من النعومة. يثبت عمود الدوران علي كراسي محاور وذلك لإمكان إعادة ضبطه عند تآكل لقم الكراسي (عند وجود خلوص) عن طريق التحكم في صواميل الربط، وبالتالي منع الاهتزازات التي تنعكس علي المشغولات المصنعة فتزداد جودتها.

صمم عمود الدوران مجوف (بثقب طولي) مناسب لقطره الخارجي، وذلك لإمكان تثبيت المشغولات الطولية ذات الأقطار الصغيرة. يوجد مخروط داخلي (سلبة أو مستدق) تسمي بسلبة مورس في بداية تجويف عمود الدوران، الغرض منها هو تثبيت الذنبة الثابتة عند الحاجة لتشغيل الأجزاء بين ذنبتين.

الفرش: Machine bed

الفرش وهو العمود الفقري والهيكل الرئيسي للمخرطة، ويعتبر من العوامل الهامة لدقتها، وهو عبارة عن جسم معدني مسطح طويل، سطحه العلوي يحتوي علي بروز بأشكال منشوريه بمثابة دلائل انزلاق وإرشاد الوحدة المنزلقة والرأس المتحرك (الغراب المتحرك).

يصنع فرش الماكينة من الحديد الزهر المضاف إليه بعض المواد ذات المقاومة والقدرة العالية لمقاومة الإجهادات والصدمات وإمتصاص الإهتزازات، يركب عليه الرأس الثابت (الغراب الثابت) ووحدة المنزلقة والرأس المتحرك (الغراب المتحرك)، يتم تشغيل وتجليخ أسطح الانزلاق والدلائل بعناية فائقة وذلك لسهولة انزلاق الراسمة.

يثبت فرش الماكينة على ثلاث نقط ارتكاز وذلك لتحقيق الاستواء التام والحصول على دقة عالية.

روعي عند تصميم الفرش إمكان حمل جميع أجزاء المخرطة، وأيضاً أقصى وزن للمشغولات التي يتم إنتاجها وذلك دون أي تأثير عليه.

المنزلة العرضية: X SLIDE

تسمى أيضا بالمنزلقة الكبرى أو الراسمة الكبرى. مثبتة بالجزء العلوي للعربة. تتحرك على مجاري مرشدات دليلية منشورية موجودة على فرش المخرطة من خلال عمود التغذية ومجموعة تروس عن طريق محرك لمحور(X).

من خلال تعاشيق منشوريه (غنفاري)، يمكن تحركها الحركة العرضية في اتجاه متعامـــد علي محور الذنبتين يدوياً باستخدام مقبض يدوي.

المنزلقة الطولية: Z SLIDE

تسمى بالراسمة الطولية أو المنزلقة الطولية المنزلقة الصغرى (نسبة إلـــى صغر حجمها بالنسبة إلى حجم الراسمة العرضية). تثبت بأعلى الراسمة العرضية بواسطـــة مسمـــارين قلاووظ وصواميل، وتحمل البرج حامـــل أقلام القطع.

تتحرك المنزلقات الطولية على مجاري مرشدات دليلية منشورية موجودة على المنزلقة العرضية عن طريق محرك لمحور(Z).

السير الناقل للحركة Drive belt

السير هو وسيلة تستخدم لنقل وعكس الحركة الدورانية من عمود لأخر يبعد عنه بمسافة كبيرة نسبياً.

يستخدم عادة السير المطاطي الإسفيني (السير الذي مقطعه على شكل شبه منحرف).. والذي يسمى أيضاً بالسير حرف V، زاويته مقدارها ما بين 32° ـ 36°. ينتج بشكل مغلق بدون وصلات أو لحام.

تصنع السيور الإسفينية المطاطية من عدة طبقات، تصنع الطبقة الإحتكاكية من جلد مدبوغ بالكروم أو من أنسجة من الأقمشة المكسورة بكلوريد الفينيل مما يتيح التصاق السير جيداً على البكرات، بالإضافة إلى تخفيض الإنزلاق إلى حد كبير، أما الطبقة الوسطى فإنها تصنع من النايلون على شكل عدة أشرطة متلاصقة فوق بعضها البعض أو متجاورة، أو تصنع من خيوط مجدولة من البوليستر مما

يزيد من متانة السير ويميزه بتحمله قوة شد عالية، وقابلية جيدة للثني. تعتبر السيور المطاطية الإسفينية هي الأكثر استخداماً في ماكينات الإنتاج المختلفة.

المحرك الكهربائي الرئيسي:(Main Motor)

يقوم المحرك الكهربائي بإدارة عمود الدوران الرئيسي من خلال مجموعة تروس وبكرات وسير على شكل حرف V.

برج العدة: Tool turret

هو الجزء العلوي المثبت علي الراسمة الطولية، ويستخدم في ربط وتثبيت عدد القطع، يمكن استبدال أداة القطع من خلال حركة برج العدة حركة بزاوية قدرها 90^0 عن طريق محرك خاص بذلك، وبذلك يمكن قطع المشغولات المتعددة العمليات في زمن أقل.

الرأس المتحرك. Tailstock

الرأس المتحرك هو الجزء المقابل للرأس الثابت، يسمى بالوسط الفني بالغراب المتحرك وذلك لسهولة تحركه (انزلاقه) على أدلة الفرش المنشورية. يستخدم في تثبيت الذنبة الدوارة، ولتثبيت وحركة التغذية للثقابات (البنط).

يعتبر الرأس المتحرك من الأجزاء الرئيسية في المخرطة، لأنه يحمل الذنبة الدوارة الساندة للمشغولات الطويلة التي يتم تشغيلها علي المخرطة.

يحمل الغراب المتحرك الذنبة التي تقع على محور عمود الدوران تماماً لاستخدامها لحمل المشغولات الطويلة، كما يستخدم لتثبيت ظرف المثقاب أو لتثبيت الثقابات (البنط) ذات الأقطار الكبيرة مباشرة بالثقب المخروطي أثناء ثقب المشغولات بالأقطار المختلفة.

يحتوي الرأس المتحرك علي تركيبة لضبط محور الذنبة الدوارة في وضع منحرف (وضع مائل علي محور الدوران)، وذلك لاستخدامه عند تشغيل الأسطح المخروطية.

الرأس الثابت: Head Stock

يسمى بالوسط الفني (بالغراب الثابت)، يصنع من حديد الزهر، ويوجد بالجانب الأيسر لفرش المخرطة، وهو عبارة عن صندوق box يحتوي علي عمود الدوران الرئيسي Spindle المركب علي كراسي تحميل Bearings ومجموعة تروس السرعات Speed Change Gears والأجزاء اللازمة لإدارته والمحرك الكهربائي.

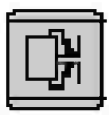
ولإمكان تشغيل الأجزاء ذات الأقطار الصغيرة والطويلة من خلال ربطها في ظرف المخرطة واختراقها لعمود الدوران، فقد صممت المخارط بحيث يكون عمود الدوران مثقوب بثقب مناسب لحجم المخرطة.

تنتقل الحركة إلي عمود الدوران عن طريق مجموعة تروس السرعات التي تأخذ حركتها من المحرك الكهربائي من خلال بكرات (طارات متدرجة) ومجموعة سيور. يوجد زيت بصندوق تروس السرعات والتغذية بالرأس الثابت لتزليق التروس والمحامل (كراسي التحميل) وجميع الأجزاء المتحركة، ومن الطبيعي وجود مبين زجاجي يوضح مستوى الزيت داخل الصندوق.

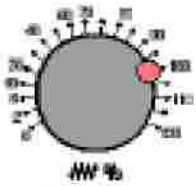
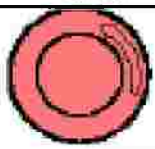
صممت مجموعات تروس بداخل الرأس الثابت لاستخدامها في دوران ظرف المخرطة بالسرعة المطلوبة وفي حركة التغذية.. وغيرها مثل مجموعات تروس عكس الحركة، لإمكان التحكم عن طريقها في اختيار حركة التشغيل المناسبة لعمليات القطع المختلفة.

اسم المفتاح	الوظيفة	الرمز
Skip block	البلوكات التي أمامها العلامة (/) لا يتم تنفيذها	
DRY RUN	يستخدم عند اختبار البرنامج (التشغيل الجاف)	
OPTIONAL STOP	التوقف المشروط(M01)	
RESET	إلغاء أي رسالة تظهر بعد قراءتها وعمل الأجراء الصحيح وكذلك لإيقاف البرنامج فجائيا	
SINGLE BLOCK	تنفيذ البرنامج بلوك بلوك	
PROGRAM START/STOP	تشغيل وإيقاف البرنامج	
MANUAL AXIS MOVEMENT	لتحريك المحاور يدويا بالضغط على مفتاح المحور المطلوب ولابد من اختيار الوضع JOG مسبقا	
APPROACHING THE REFERENCE POINT IN ALL AXES	الوصول للنقطة المرجعية لكل المحاور	
FEED START/FEED STOP	تشغيل أو إيقاف التغذية	

الباب الثاني ـــ

	زيادة أو خفض سرعة دوران الظرف بنسبة مئوية معينة	SPINDLE OVERRIDE ROTATIONAL SPEED
	دوران أو إيقاف دوران الظرف	SPINDLE START/SPINDLE STOP
	غلق أو فتح الباب اتوماتيكيا	CLOSE / OPEN THE DOOR
	غلق أو فتح مثبت الشغلة اتوماتيكيا	CLOSE/OPEN CLAMPING DEVICE
	تحريك الغراب المتحرك للأمام أو الخلف اتوماتيكيا	TAILSTOCK BACK/FORWARD
	دوران برج العدة	SWIVEL TOOL TURRET
	تشغيل أو إيقاف سائل التبريد	COOLANT ON/OFF
	توصيل أو فصل الكهرباء عن الأجزاء الكهربية وجعلها في حالة الاستعداد	AUXILLARY DRIVES ON/OFF

المخارط الرقمية CNC ـــ

MODE SELECTOR (REF-AUTO-EDIT-MDI-JOG-INC)	اختيار وضع التشغيل	
OVERRIDE FEED/RAPID SWITCH	زيادة أو خفض سرعة التغذية أو الحركة السريعة بنسبة مئوية معينة	
EMERGENCY OFF	مفتاح الطوارئ ويستخدم عند الضرورة	
KEY SWITCH FOR SPECIAL OPERATION e.g. MEASURING TOOLS	لاختيار وضع الأوتوماتيكي أو وضع العمليات الخاصة مثل عملية قياس العدد والباب مفتوح	
ADDITIONAL PROGRAM START KEY	مفتاح ثاني لتشغيل البرنامج	
ADDITIONAL CLAMPING DEVICE KEY	مفتاح ثاني لفتح أو غلق مثبت الشغلة	

محاور ماكينات الإنتاج الرقمية CNC

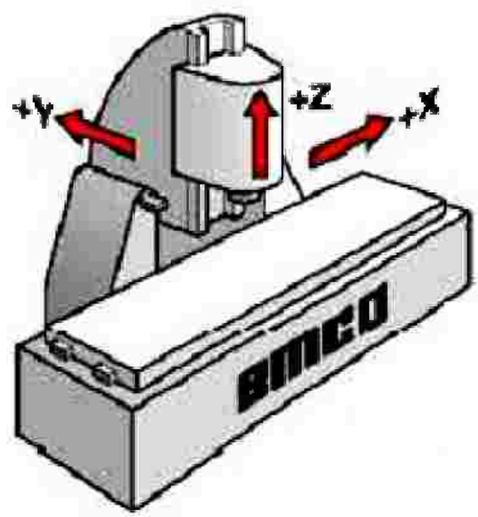
Axis Identification

يتناول هذا الجزء التعرف على المحاور الأكثر شيوعا والتي يتم استخدامها للتحكم في ماكينات الإنتاج الرقمية CNC.

إن الأساس الذي بنى عليه عملية تعريف المحاور هو النظام الاحداثي الديكارتي (System Cartesian Coordinate) الذي يستخدم في عملية الرسم

البياني في الرياضيات، وفي حالة استخدامه في الماكينات فان المحاور تكون مناظرة للمستويات الطولية والعرضية والرأسية.

يتم تعريف اتجاهات الحركات الثلاثة بالأحرف الإنجليزي X,Y,Z ويجب أن يتم تحديد اتجاه الحركة إما في الاتجاه الموجب أو في الاتجاه السالب للمحور الذي يتم التحكم فيه، ويتم تعريف الحركة بواسطة وضع العلامة الموجبة (+) أو العلامة السالبة(−) ومن ثم تحديد اتجاه الموجب أو السالب بالنسبة لنقطة أصل الماكينة، (Machine datum point) كما هو موضح بشكل **2 – 4**، ويتم تعريف المحاور الرئيسية كالأتي:



شكل 2 – 4

تعريف محاور ماكينات الإنتاج الرقمية CNC

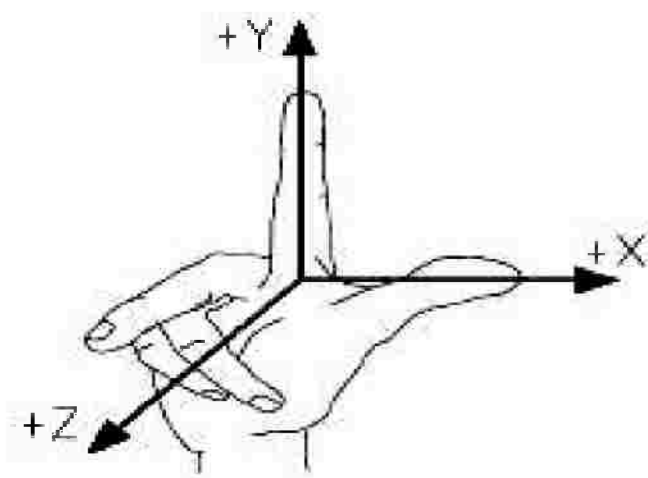
المحاور الرئيسية لماكينات CNC

هناك علاقة بين درجات الحرية وعدد المحاور، فإذا نظرنا إلى أي جسم موجود في الفراغ فإننا نجده يتمتع بست درجات من الحرية six degrees of freedom، وبذلك يتمكن هذا الجسم بالحركة الخطية من الإتجاه للمحاور الثلاثة، فيمكن أن يكون متعامد على كما في المحاور الكارتيزية، وفى نفس الوقت يمكنه

الدوران حول أى من هذه المحاور الثلاثة، وبالتالي يكون المجموع الكلى لإمكانية هذه الحركات هي ست حركات.

اتجاهات الحركة (قاعدة اليد اليمنى):

تستخدم قاعدة اليد اليمنى شكل 2 ــ 5 لتسمية المحاور الأساسية X , Y, Z طبقاً لنظام المحاور الكارتيزية وتحديد اتجاهاتها الموجبة، وأيضاً تستخدم لتحديد اتجاهات الدوران الموجبة حول هذه المحاور الأساسية، حيث توضع أصابع اليد اليمنى بحيث يكون الابهام Thumb والسبابة Forefinger والإصبع الوسطي 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.



شكل 2 - 5

قاعدة اليد اليمنى لتحديد اتجاه المحاور

تطبيق قاعدة اليد اليمنى على ماكينات CNC

لبرمجة أى ماكينة يكون من الضرورى إنشاء نظام إحداثيات قياسي ليكـــون مرجع لكل تحركات أداة القطع بالنسبة لقطعة التشغيل، ويمكن تـــصنيف ماكينـــات الإنتاج الرقمية CNC على أساس عدد المحاور التي يتحكم فيها رقميـــاً مـــن بـــين المحاور الكارتيزية الثلاثة X , Y , Z وأن تكون هنالك اتجاهات أخرى للحركـــة لا يتم التحكم فيها رقمياً.

1. المحور Z :

يكون محور الحركة Z دائما موازي للعمود الرئيسي للدوران للماكينة بغض النظر عما إذا كان هذا العمود يحمل عدة أو شغلة.

في ماكينات الإنتاج الرأسية يكون المحور Z رأسياً بينما يكون أفقياً في حالة مراكز الإنتاج الأفقية، ويكون اتجاه الحركة الموجب في هذا المحور هو (Z +) هو الاتجاه الذي يؤدي إلى زيادة المسافة بين الشغلة والعدة، وأقرب مثال لذلك في ماكينات الإنتاج الرأسية حيث يكون الاتجاه الموجب لحركة المحور Z دائما.. أي لبعد العدة لأعلى عن فرش الماكينة، أما في حالة ماكينات الخراطة فيكون اتجاه الحركة الموجبة للمحور Z دائما يبعد العدة عن محور الدوران.

2. المحور X:

يكون محور X دائما أفقيا وموازى لسطح قطعة التشغيل ومتعامـــد بزاويـــة قائمة مع المحور Z، وإذا كان المحور Z رأسياً كما هو الحال في ماكينات الإنتاج الرأسية سيكون الاتجاه موجب (+) للحركة في المحور X في اتجاه اليمين إذا كان عمود الدوران في اتجاه قائم، أما لو كان المحور Z أفقياً كما هو الحال في ماكينات الخراطة.. يكون الإتجاه الموجب للمحور X في اتجاه اليمين إذا كان عمود الدوران في اتجاه قطعة التشغيل.

3. المحور :Y

يصنع المحور Y دائما زاوية قائمة مع كل من المحورين Z ، X، ويكـــون الإتجاه الموجب لمحور Y هو الذي يكمل النظام الإحـــداثي النمطـــي ذو الـــثلاث محاور.. أي أن Z +، X + سوف يحددان بدقة الاتجاه الموجبY +.

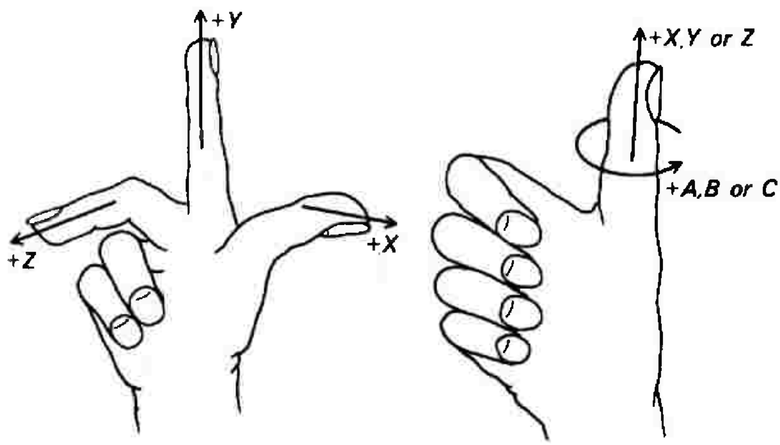
في حالة ماكينات الخراطة CNC يكون هناك محورين رئيسيين للحركة على زاوية قائمة لبعضهما البعض، والشكل السابق 2 ــ 5 يوضح المحاور الرئيـــسية لأكثر ماكينات الإنتاج ذات التحكم الرقمي بالحاسب CNC.

تحديد إتجاه المحاور بتطبيق قاعدة اليد اليمنى:

بالإضافة إلى وجود إزاحات الإنزلاق الأساسية X , Y , Z فإنـــه يلـــزم وجود حركات إنزلاقية أخرى في الإتجاهات نفسها التي تسمى بالإنزلاق الثانوي، وأقرب مثال لذلك في مخرطة البرج، حيث يعتبر المنزلق المستعرض هو المنزلق الأساسي، ومنزلق البرج هو المنزلق الثانوي.

تعرف الإزاحات الثانوية بالإشارات U , V , W على التوالي، وإذا وجدت منزلقات من الرتب الثالثة، فإن الإزاحة الخاصة بها تعرف بالإشارات P , Q , R على التوالي.

يتطابق المحور z بوحدة التحكم الرقمي مع محور عمود الدوران الرئيـــسي للماكينة، سواء كان عمود الدوران أفقي أو رأسي، ويكون المحـــور موجبـــاً فـــي الإتجاه المشار من الشغلة إلى عمود المحور، وتنظم المحاور الأخرى بنـــاء علـــى ذلك بشرط أن يكون المحور X أفقي وموازي للسطح الذي توضع علية الـــشغلة، ويكون المحور Yمتعامد على كل من المحور X والمحـــورZ، ويتحـــدد الإتجـــاه الموجب للمحاور بتطبيق قاعدة اليد اليمنى كما هو موضح بـــشكل 2 – 6 التـــي توضح أمثلة حقيقية لماكينات تحكم رقمي رأسية وأفقية والتـــي توضـــح توجيـــه المحاور X , Y , Z.



(ب) (أ)

شكل 2 – 6

تحديد اتجاه المحاور بتطبيق قاعدة اليد اليمنى

(أ) نظم إحداثي اليد اليمنى.

(ب) العلاقة بين الإزاحة الخطية الموجبة والإزاحة الدورانية الموجبة.

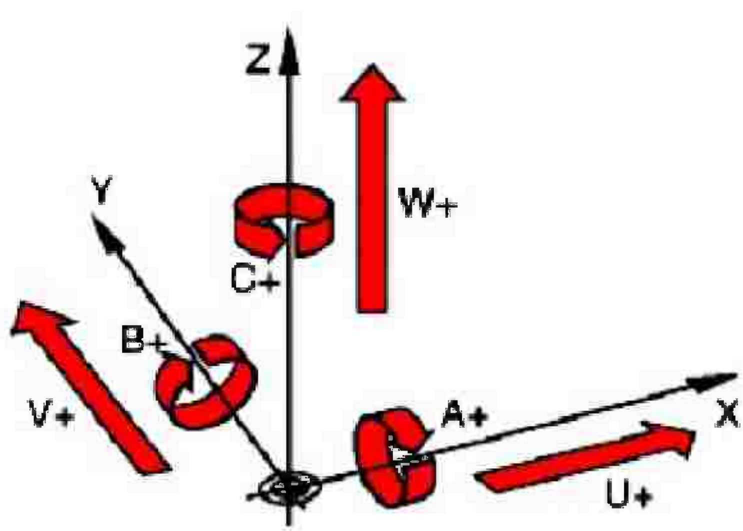
محاور الدوران

تختلف آلات قطع المعادن التقليدية عن آلات قطـــع المعـــادن ذات الـــتحكم الرقمي بوجود وحدة للتحكم والسيطرة الرقمية، للتحكم في العمليات التي تقوم بهـــا الآلة عن طريق الحاسب، وذلك عن طريق إدخال معلومات التشغيل إلى الحاســـب الإلكتروني لتخزن على أسطوانة مرنة أو وحدة تخزين صـــلبة، ليقـــوم القـــارئ بترجمة هذه المعلومات إلى قرارات، ثم إلى عمليات للتحكم والسيطرة الآلية الدقيقة على العدد (الآلات القاطعة المستخدمة)، وحركة عمود الدوران الرئيسي، وحركـــة الشغلة، وحركة المنزلقات المختلفة حسب الإتجاه المطلوب لكل منهـــا، كمـــا يـــتم التحكم في فتـــح وغلق نقط التشغيل وســـرعة الدوران وفي معدل ضـــــخ ســـائل التبريد.. ويذلك تتم السيطرة الكاملة علي الماكينة.

محاور الدوران حول المحور الخطي بشكل 2 ــ 7 توضح محاور الدوران في أكثر الأنواع الشائعة لماكينات القطع ذات التحكم الرقمي، علما بأن العلاقة بين المحاور تتحد مع قاعدة اليد اليمنى.

1. محور الدوران A و X هو محور الدوران حول المحور الخطي
2. محور الدوران B و Y هو محور الدوران حول المحور الخطي
3. محور الدوران C و Z هو محور الدوران حول المحور الخطي

الحركة الدورانية في اتجاه عقارب الساعة تعتبر هـــي الحركـــة الموجبـــة للمحـــور (+)، في حين تعتبر الحركة في عكس عقارب الساعة هي حركة ســـالبة (−)، ويحدد اتجاه عقارب الساعة من خلال النظر من نقطة الأصل في اتجاه + X ، + Y ، + Z .



شكل 2− 7

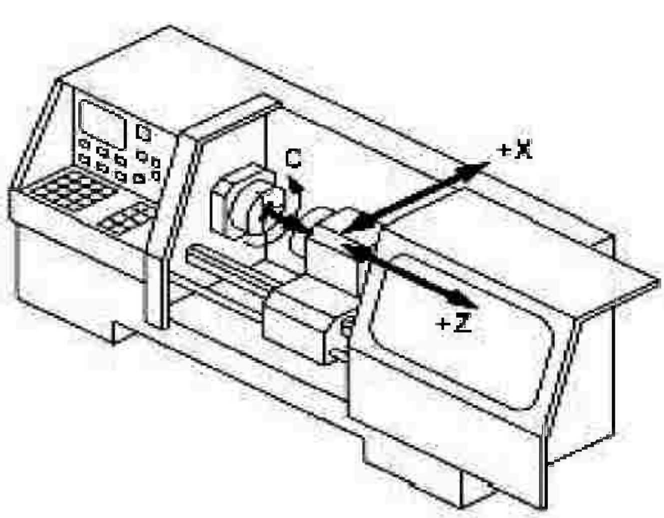
محاور الدوران بماكينات الإنتاج الرقمية CNC

تطبيق قاعدة اليد اليمنى على المخارط الرقمية CNC:

تعتبر ماكينات الخراطة ذات التحكم الرقمي CNC هى ماكينات ذات محورين فقط، وبما أن محور عمود الدوران هو محور دوران قطعة التشغيل وهو محـــور أفقي فانه يعتبر أنه هو المحور Z، وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى مـــن جهـــة الـــرأس المتحرك (الغراب المتحرك) Tailstock والنـــظر في اتجـــاه الـــرأس الثابـــــت (الغراب الثابت) Head stocK نحصل الأتي:-

1. المحورين هما Z و X

2. الاتجاه الموجب لمحور X يعتمد على موضع أداة القطع هل هو جهة الواجهـــة للماكينة، حيث يقف العامل لتشغـــيل الماكينة أو من الجهة الخلفية للماكينـــة أمـــا المحور(Z) فان الاتجاه الموجب لحركة أداة القطع هو اتجاه الأداة مبتعـــدة عـــن غراب الرأس والذي هو (الاتجاه الموجب) عادة يكون من جهة اليمين بالنسبة الفني الواقف أمام الماكينة شكل 2 ــ 8.



شكل 2 ــ 8

محاور ماكينات الخراطة CNC

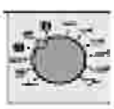
خطوات تشغيل المخرطة الرقمية:CNC

1. تشغيل الماكينة عن طريق مفتاح الكهرباء الرئيسي Main Switch

2. الإنتظار حتى يتم تحميل البرنامج، ثم القيام بفتح وغلق الباب مع الضغط على مفتاح Consent Key للتأكد من مفتاح الأمان في وضع التشغيل.. أي إنه يعمل.

3. الضغط على مفتاح Auxillary Drive On

لتوصيل الكهرباء إلي جميع الأجزاء التي تعمل من خلال محركات كهربائية، ومن ثم تكون الماكينة جاهزة للعمل.

4. تعريف النقطة المرجعية للماكينة بضبط مفتاح الأوضاع على وضع Ref  أولا، ثم تعريف محور Z، ثم محور X، ثم محور Y.

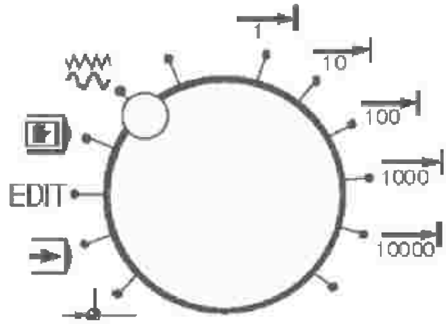
خطوات غلق المخرطة الرقمية:CNC

1. الضغط على مفتاح Auxillary Drive Off

2. الضغط على مفتاحي Skip ومفتاح Reset في نفس الوقت مع غلق نظام التشغيل Windows Alt+F4

مفتاح الأوضاع المختلفة على ماكينات CNC : Mode Switch

مفتاح الأوضاع المختلفة Switch Mode للمخرطة الرقمية CNC كما هو موضح بشكل 2 ـ 9 الذي يوضح أوضاع التشغيل المختلفة.



شكل 2 ــ 9

مفتاح الأوضاع المختلفة Mode switch

الوضع Auto وهو الوضع الآلي للتشغيل Automatic Mode في الحالات التالية:-

1. عند إختيار برنامج التشغيل الجاف Dry Run.
2. عند إختيار برنامج التشغيل الآلي.

نقاط الصفر لمخارط CNC

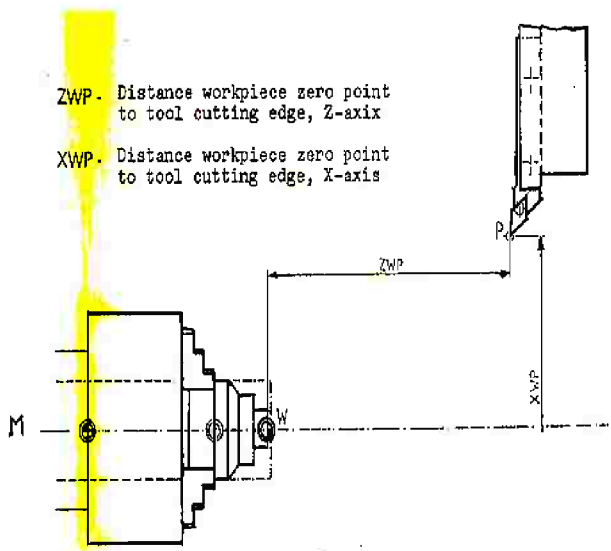
الغرض من وجود نظام الأبعاد في ماكينات التحكم الرقمي CNC وهو توفير وسيلة يستطيع عن طريقها المبرمج من تحديد موضع أداة القطع بالنسبة للشغلة، وأحد هذه الخيارات يعتمد على نوع صفر إحداثيات الماكينة مثل

- الصفر الثابت Fixed Zero
- الصفر المتحرك Floating Zero

توجد ثلاثة تعريفات هامة لنقاط الصفر المستخدمة في برمجة ماكينات الخراطة ذات التحكم الرقمي الموضحة بشكل 2 ــ 10، 2 ــ 11 وهي كالآتي:-

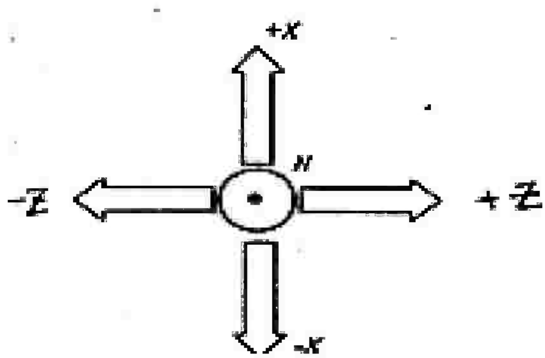
1. نقطة صفر الماكينة (M) (Machine Zero Point) هي النقطة الموجودة على محور دوران العمود الرئيسي للمخرطة من جهة الوجه، وهى تمثل نقطة أصل نظام محاور المخرطة (X0, Z0).

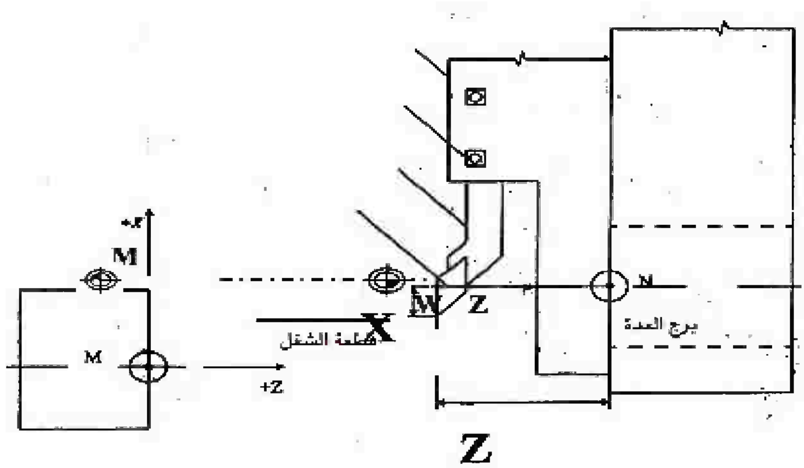
المخارط الرقمية CNC ـــ



شكل 2 ــ 10

نقطة رأس أداة القطع P منسوبة إلى صفر قطعة الشغل W كصفر للبرمجة





شكل 2-11

موقع أداة القطع من نقطة المرجع (N) الى نقطة رأس أداة القطع (P)

طبقا لنظام برمجة المخارط CNC المسمى EMCOTRONIC TM02 فانه من الممكن إزاحة صفر المحاور الأصلي لموقع أخر حسب ما يختاره المبرمج باستخدام أمر نداء (Call Commands)(G54,G55,G57,G58,G59)، يتم به تنشيط قيم الإزاحة المسجلة سابقاً في الموقع المقابل لأمر النداء في سجل الإزاحة Shift Register وبالتالي بمجرد إصدار مثل هذا الأمر فان صفر المحاور يتم نقلها أو إزاحته بمقدار الإزاحة المسجلة في سجل الإزاحة.

نظام الأبعاد في مخارط CNC:

تتميز ماكينات الإنتاج الرقمية CNC بوجود أكثر من محورين، فمثلا الماكينة التي تحتوي على محوين فقط وهما (Y - Z) كحد أدنى وعليه فان العلاقة بين أداة القطع وقطعة الشغيل يتم تحديدها بناء على هذين المحورين.

تختلف عملية تجهيز مخارط CNC وضبط محاورها تمهيدا لتنفيذ عمليـــات التشغيل المطلوبة عليها مع الفرايز والمثاقيـــب CNC، ففـــي ماكينـــات الفرايـــز والمثاقيب فان قطعة التشغيل تكون مثبته على منضدة الماكينة ولها بالضبط نفـــس تحركات المنضدة، لذلك فان التحكم في حجم وأبعاد قطعة الشغيل وشكلها الهندسي يتم عن طريق حركة المنضدة، ولكن في المقابل فاننا نجد في مخـــارط CNC أن أداة القطع هى التي تتحرك فعلا في المحورين، وبذلك فان حجـــم وأبعـــاد قطعـــة التشغيل يتحدد بموضع نقطة القطع الموجودة على أداة القطع بالنسبة لخط محـــور قطعة التشغيل، وعادة ما ينسب موضع نقطة القطع الى نقطة على محـــور قطعـــة الشغل من نهايتها في جهة الوجه.

في هذه الحالة فإن محور قطعة التشغيل يمثل مستوى الصفر لمحـــور (Z) (Z0)، وتضبط الماكينة كذلك بحيث يكون وضع أداة القطع ملامسة لنهاية وجـــه قطعة الشغلة حيث يمثل Z0 بالنسبة لنظام التحكم.. وأيضا فان نظام التحكم يوزن على X0 عندما تكون نقطة رأس أداة القطع على محور قطعة التشغيل.

ازاحة أقلام الخراطة Tool Offset:

تختلف أقلام الخراطة في الشكل والحجم كما تختلف في الأطـــوال البـــارزة منها من مربوط العدد، ولذلك فان موقع النقطة P بالنسبة للنقطة N (نقطة المرجع لأداة القطع) يتغير حسب تغير أبعاد الأداة المستخدمة.

إن نظام التحكم في الأصـــل يحسب أبعاد أي موقـــع لأداة القطع على أساس بعـــد النقطة N من صفر المحاور والذي هو في الأصـــل صفر الماكينة M، أمـــا إذا جرت عملية إزاحة لصفر المحاور من النقطة(M) إلى النقطـــة (W) (صـــفر

قطعة التشغيل) فان نظام التحكم في هذه الحالة سوف يحسب موقع أداة القطع ببعد النقطة N من النقطةW، لذلك فإنه يوجد في ملف الذاكرة لأدوات القطع لتــصحيح قيم المحاور X , Z، والتي هي القيم التي يستخدمها المبرمج لكتابة برامج التشغيل الخاصة بالقطعة المعدنية، أي لابد من قيام نظام التحكم بإجراء تصحيح بمقــادير معينه حسب ما هو موجود في ملف ذاكرة أدوات القطع لهــذه القــيم المبرمجــة (Programmed Values).

هذا التصحيح يسمى ازاحـــة أداة القطـــع (Tool Offset) أي الاحـــداثي X (كنصف قطر) مقاسا أيضا من النقطة N الى رأس أداة القطع P وكذلك الاحداثي Z مقاسا أيضا من النقطة N إلى رأس أداة القطع P كما هو موضح في شكل 2 ــ 11.

يتم ننشيط هذه هذه الازاحة (Tool Offset Activation) عند كتابة البرنامج بكلمة البرمجة ذات العنوان (T-Address) يليها رقم من 4 خانات، حيــث يمثــل الرقمان الأولان (ناحية اليسار) رقم الموقع المثبت فيه أداة القطع في برج العــدة، أما الرقمان الأخيران فهما يمثلان موقع وجود قيم التصحيح.. أي الإزاحة الخاصة بهذه الأداة في الملف ويفضل أن يحدد موقع الازاحة في ملف ذاكرة أدوات القطــع بنفس الأرقام التي تحملها أداة القطع، فمثلا (T0303) تمثل أداة في برج العدة فــي الموقع 03 وموقع مقادير التصحيح في قائمة التصحيحات (الازاحــات) لمختلــف أدوات القطع وهو الموقع 03 أيضا.. عندما ينادي العنوان T فالمخاطب به وحدة تغيير أدوات القطع والتي تتحرك الى الموقــع المحدد حسب الرقمان الأولان مــع الحرف T، وفي نفس الوقت فإن نظام التحكم يستخدم مقادير الإزاحة الموجودة في ملف الذاكرة في الموقع المحدد بالرقميين الأخيرين وذلك ليتمكن من وضع أداة في الموقع الذي طلبه المبرمج.

خطوات إزاحة صفر البرمجة من نقطة المرجع N الى رأس أداة القطع P:

يستـــخدم في هـــذه الازاحـــة جـــهاز الأداة البصـــرية لايجـــــاد المركـــز (Optical Center Finder) كالنوع الموضح بـــشكل 2 ــ 12، وذلـــك لايجـــاد المسافة بين رأس أداة القطع P (وهى النقطة النظرية التي يكتب البرنـــامج علـــى أساسها بالنسبة للمحورين X ، Z) ، ونقطة المرجع لتثبيـــت قلـــم الخراطـــة (N) بالنسبة للمحورين X ، Z.

شكل 2 ــ 12

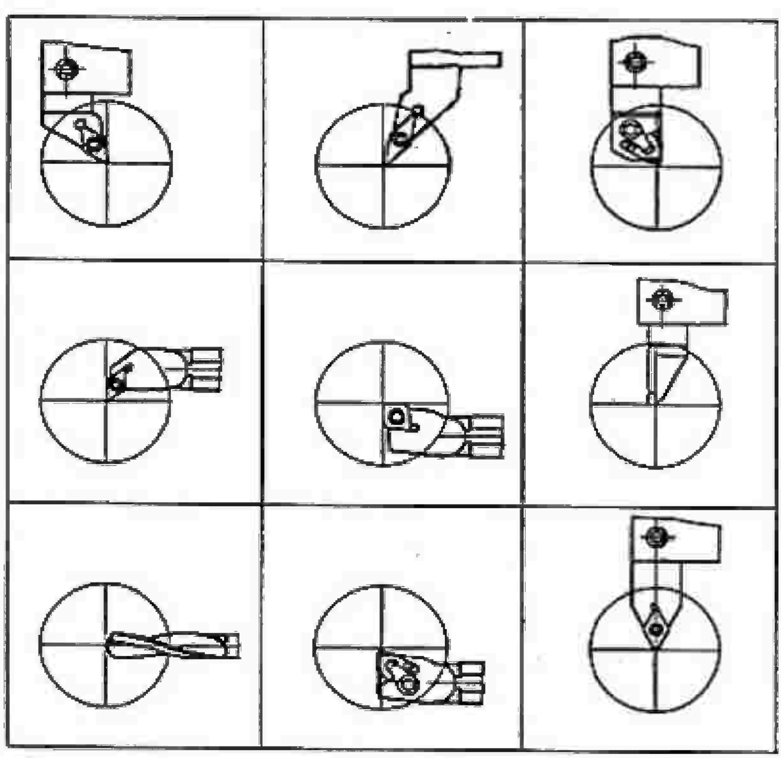
جهاز الأداة البصرية لايجاد المركز لتحديد المسافة بين(P) ، (N)

يتم هذا الإجراء عبر الخطوات العملية التالية.. باعتبار N قد تـــم تحديـــدها مسبقا باستخدام محدد قياس:−

1. تثبيت قلم الخراطة (أداة القطع المستخدمة) في بـــرج العـــدة (حامـــل أقـــلام الخراطة).
2. حركة برج العدة يدويا باستخدام مفتاح MAN.JOG والأسهم الموجودة مع مفتاح (DIRECTION) (طبقا لنظام EMCOTRONIC TM02) ، مع مراعـــاة عـــدم

الاصطدام، حتى يتم ضبط رأس أداة القطع P في منتصف العدسة الخاصة بجهاز الأداة البصرية.

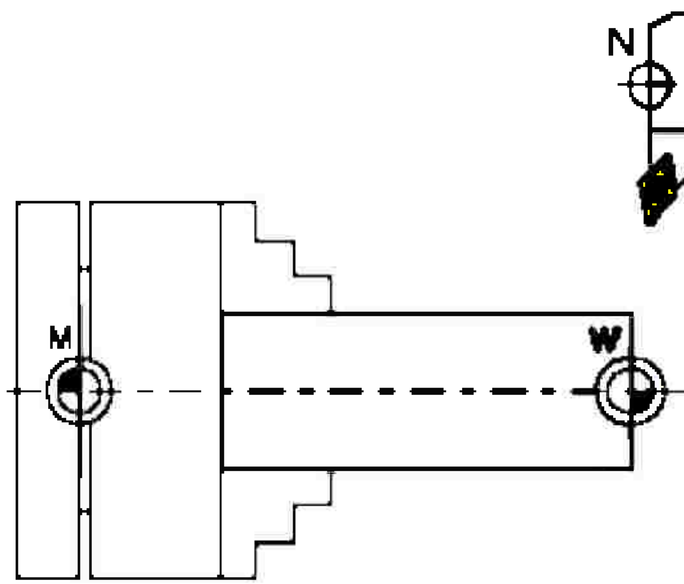
3. إستدعاء الادارة التلقائية (أي الأتوماتية) لأداة القطع بادخال رقم الأداة حسب موقعها على برج العدة مثلا T06 ، ومن الأفضل استخدام نفس الترقيم الموجود على برج العدة، ثم بالضغط على مفتاح ENTER بدون ادخال لقيمة (X أوZ)، فيقوم النظام بشكل تلقائي بحساب قيمة كل من X ، Z واظهارها على الشاشة في الموقع الخاص بقلم الخراطة المستخدم، ويكون موقع قلم الخراطة بالنسبة لعدسة (الأداة البصرية) حسب شكل ونوع قلم الخراطة كما هو موضح بشكل 2 – 13.



شكل 2 – 13

المواضع المختلفة لأقلام الخراطة داخل عدسة جهاز الأداة البصرية لايجاد المركز.

يتم تحديد النقاط المرجعية وترحيل الصفر على ماكينة الخراطة CNC كمـــا هو موضح بشكل 2 ــ 14.



شكل 2 - 14

النقاط المرجعية في مساحة التشغيل

النقاط المرجعية في مساحة التشغيل :

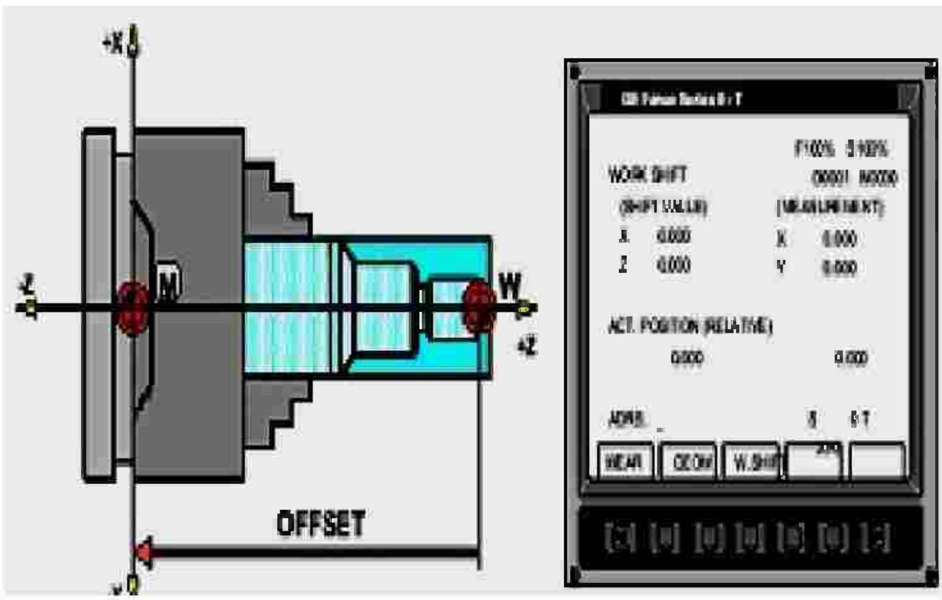
تحدد النقاط المرجعية في مساحة التشغيل من خلال جدول 2 ـ 1 التالي:-

جدول 2 -1

النقاط المرجعية في مساحة التشغيل

الاسم	التعريف	الرمز
نقطة اصل الماكينة MACHINE ZERO POINT	هي نقطة وضعها المصنع للماكينة ولا دخل للمستخدم بها وتكون نقطة اصل المحاور منطبقة على هذه النقطة	(M)
النقطة المرجعية REFERENCE POINT	وهي نقطة موجودة داخل مساحة العمل المسموح بها وهي محددة بمفاتيح تحديد(مصدات) limit switches	(R)
نقطة صفر العدة TOOL MOUNT REFRENCE POINT	هي نقطة لبداية قياس العدة ويتم وضعها على الماكينة بواسطة المصنع للماكينة و لا دخل للمستخدم بها وتكون على وش برج العدة	(N)
نقطة صفر الشغلة WORKPIECE ZERO POINT	وهي نقطة يقوم المبرمج بأخذها في مكان مناسب حيث تنقل نقطة أصل المحاور اليها بعد ذلك ويمكن اختيار أكثر من صفر للشغلة داخل البرنامج الواحد .	(W)
نقطة صفر المثبت Fixture zero point	وهو نقطة ثابتة على المثبت للشغلة مثل الظرف ثلاثى الفكوك(اللقم)	(A)

خطوات ترحيل الصفر على ماكينة الخراطة CNC :



1. تثبيت شغلة مناسبة على ماكينة الخراطة CNC على الظرف.
2. اختيار وضع JOG ثم نضغط مفتاح أكثر من مرة حتى يتم الحصول على المكان الخالي على برج العدة في وضع التشغيل.
3. تحريك المحاور Z , X بحذر حتى تتم ملامسة سطح برج العدة لوجه الشغلة أو وجه الظرف في اتجاه محور Z ، ويمكن استخدام ورقة للتأكد من الملامسة.
4. نضغط على مفتاح POS ونشاهد قيمة Z.
5. نضغط على مفتاح MENU OFFSET ثم نضغط WORK Shift أسفل الشاشة.
6. نتحرك بالمؤشر إلى المكان Z ونكتب قيمة Z بالسالب ثم نضغط INPUT.
7. يتم إبعاد برج العدة عن سطح الشغلة في اتجاه محور Z بالضغط على مفتاح+Z.

العدد وتجهيزاتها على ماكينة الخراطة CNC :

مواد عدد القطع المستخدمة في عمليات التشغيل Materials Cutting Tool يجب أن تكون من مواد أو بخامات بمواصفات خاصة، ومن الخـــواص الرئيـــسية التي يجب توافرها في خامات ومواد عدد القطع هي الأتي :-

1. الصلادة.
2. المتانة.
3. مقاومة التآكل.
4. الصلابة.
5. سهولة الحصول عليها.
6. انخفاض ثمنها.
7. الاحتفاظ بالصلادة عند درجات الحرارة العالية.

مواد العدد الأكثر إستخداماً بماكينات الإنتاج الرقمية CNC :

1-High speed steel (HSS)
2-Sintered Carbides (Notably Tungsten Carbide)
3-Ceramics
4- Diamond
5-Carbide Boron Nitride (CBN)

يعتبر استخدام العدد المصنوعة من صلب السرعات العالية HSS في ماكينات CNC محدودة نظراً لفقد هذه الخامة للصلادة عند درجة حرارة 650 °م. تـــستخدم العدد HSS بصفة عامة في عمليات تفتيح الثقوب ذات الأقطار الصغيرة .. وكذلك في سكاكين الفرايز.

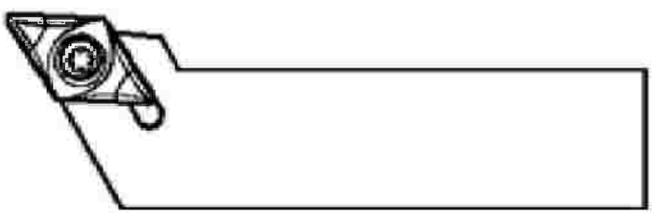
تعتبر خامة SINTERED CARBIDES من أكثر الخامات اســـتخداما فـــي ماكيناتCNC وتأتي كفاءة هذه الخامة من الصلادة المتوفرة في مكوناتها، وتعتبر كربيدات التنجستن والتيتانيوم والتانتيليوم الداخلة في تكوينها هى الأكثر صلادة.

وبصفة عامة فإنه يمكن الحصول على تشطيب سطح أعلى دقـــة للأجـــزاء باستخدام هذه الخامة، حيث يمكن القطع عند ســـرعات عاليـــة .. وكـــذلك الغـــاء احتمالات لحام أجزاء من الرايش على السطح العلوي للعدة.

عدد الخراطة على حسب الشكل الهندسي :

1. قلم خراطة خارجي تخشين شمال.

يستخدم هذا النوع من الأقلام في عمليات الخراطة الخارجية .. التخشين – الاستقراب، وله من زوايا القطع مايسمح بازالة كمية كبيرة من الرايش، حيـــث أن زاوية التحميل (زاوية العدة) تكون كبيرة تصل إلى 80 ° شكل 2 ــ 15.



شكل 2- 15

External Left Hand Roughing Tool

2. قلم خراطة تنعيم شمال :

يستخدم قلم تنعيم شمال في عمليات تشطيب الخراطة الخارجيـــة .. زاويـــة خلوصه قدرهـــا 32°، ويمكن استخدامه أيضاً في Undercut في حـــدود زوايـــا القطع شكل 2 ــ 16.

شكل 2- 16

External Left Hand Copying Tool

3. **قلم خراطة محايد** :

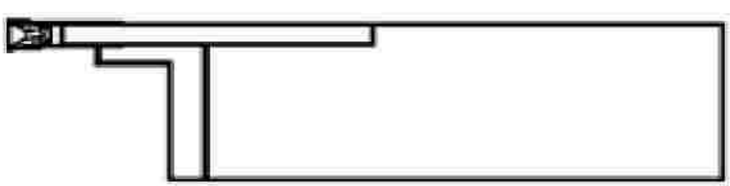
هذا النوع يمكن استخدامه كقلم يمين أو قلم شمال ، وخصوصا عندما يكون هناك الكثير من عمليات الخراطة الخارجية التي تحتوي على Undercut، حيث زاوية الخلوص لهذا القلم هي 62.5° شكل 2 ـ 17.

شكل 2- 17

Neutral Copying Tool

4. **قلم قطع وتجويف شمال** :

يستخدم هذا النوع من عدد القطع في عمل التجاويف الخارجية وعمل القطع للخامة المشغلة بعد الانتهاء من تشغيلها شكل 2 ـ 18.



شكل 2- 18

Left Hand Parting Off And Grooving Tool

5. **ثاقب مركزي .. (عدة ثقب المراكز)** :

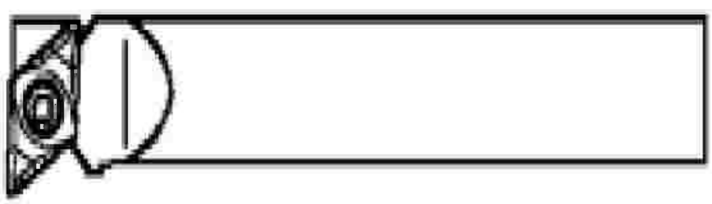
يستخدم الثاقب المركزي (بنطة المراكز) قبل عمليات الثقب مباشرة ، حيث تكون دليل دقيق في عمليات الثقب شكل 2 ـ 19.

شكل 2- 19

بنطة مراكز أو ثاقب مركزي .. Center Drill

6. قلم خراطة تخشين شمال داخلي

يستخدم قلم التخشين شمال داخلي في عمليات استقراب الخراطة الداخلية .. يتميز هذا القلم بزاوية تحميل كبيرة تمكنها من ازالة كمية كبيرة من الـــرايش 2 ــ 20.



شكل 2- 20

Internal Left Roughing Tool

7. قلم تنعيم شمال داخلي :

يستخدم قلم التنعيم شمال داخلي في عمليات تشطيب الخراطة الداخلية شكل 2 ــ 21.

شكل 2- 21

Internal Left Copying Tool

8. **قلم قلاووظ داخلي شمال** :

يستخدم قلم القلاووظ داخلي شمال في قطع القلاووظ الـــداخلي شـــكل 2 ــ 22. يوجد منها نوعان بأحجام مختلفة وهما :

(أ) قلم يستخدم في قطع القلاووظ بخطوة ما بين 0.5 ــ 1.5 مم.

(ب) قلم يستخدم في قطع قلاووظ بخطوة ما بين 1.75 ــ 3 مم.

شكل 2– 22
Internal Left Hand Threading Cutting Tool

9. **ذكر قلاووظ** Tapping Tool :

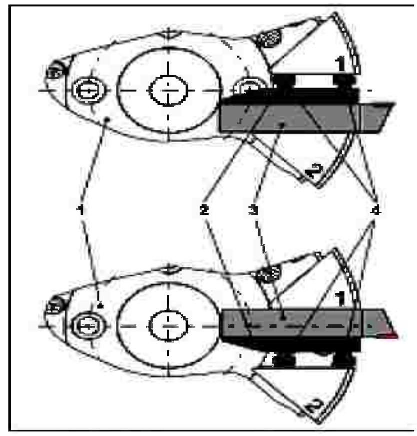
يستخدم ذكر القلاووظ Tapping Tool الموضح في شكل2 ــ 23 في قطع القلاووظ الداخلي، بحيث يتم الثقب مسبقاً بثاقب (ببنطة ثقب) مناســبة للقــلاووظ المطلوب قطعه.

شكل 2– 23
Tapping Tool

برج العدة وكيفية تحميل العدد :

يتم تركيب العدد ببرج العدة كالآتي الموضح بشكل **2– 24** :

- تركيب عـــدد القطع مع عناصـــر الربط حتى تستقر على قـــرص بـــرج العدة.
- ضبط وضع العدة.
- ربط وتثبيت العدة بواسطة المسمارين.
- يراعى القطر الخارجي لتثبيت العدة.



شكل 2- 24

تركيب وتجميع عدد الخراطة الخارجية

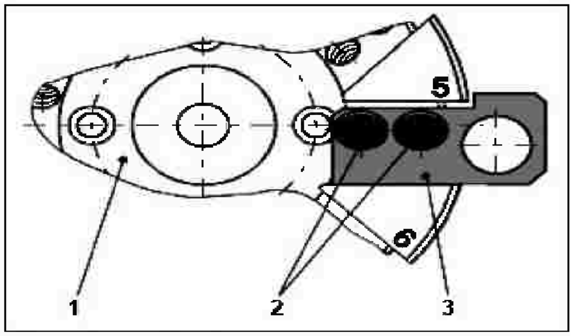
تركيب وتجميع عدد القطع والخراطة ذات القطر 16 مم :

يتم تركيب وتجميع عدد القطع والخراطة ذات القطر 16 مم بالخطوات التالية كما هو موضح بشكل **2- 25** :-

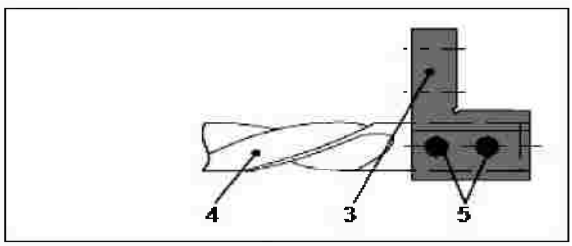
- تثبيت حامل العدة ببرج العدة .
- ادخال العدة بحامل العدة ثم يتم ربط مسماري التثبيت.

عدد القطع ذات الأقطار الصغيرة :

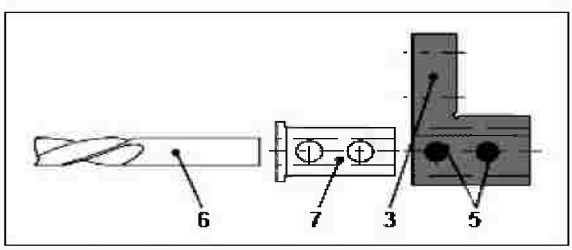
- عدد القطع ذات الأقطار الصغيرة الموضحة بشكل 2 ـ 25 .. تركب العدة 6 أولا بجلبة تخفيض 7 ثم يتم ادخال الجلبة بداخل حامل العدة ، ثم ربط المسماريين 5 للتثبيت.
- يجب عدم اخراج العدة الداخلية الى خلف حامل العدة.



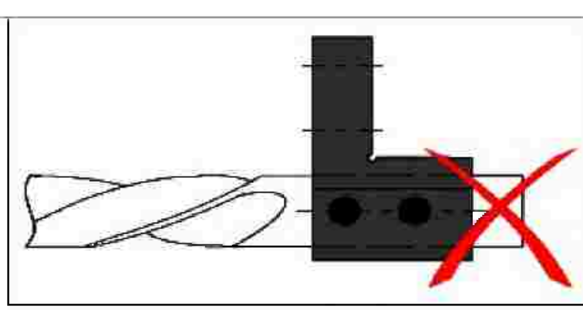
Clamping the toolholder



Direct clamping in the toolholder



Clamping with reducing bushes



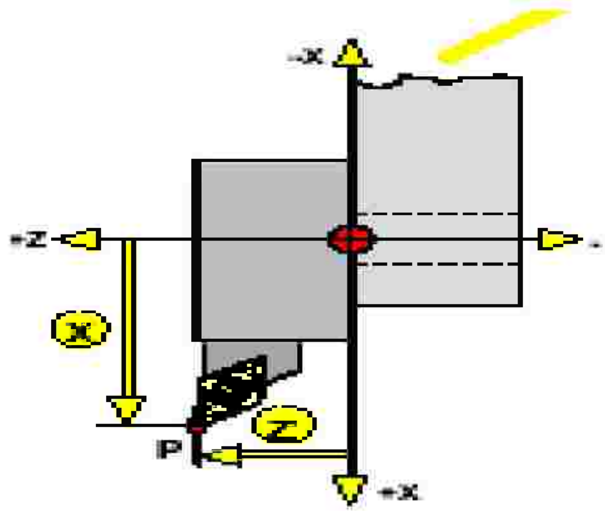
Wrong clamping of internal tools

شكل 2- 25

تركيب وتجميع عدد القطع والخراطة الخارجية

طريقة وأسلوب قياس العدة بماكينات CNC:

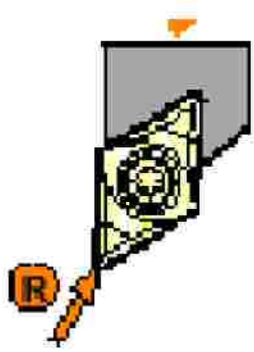
الهدف من قياس العدة هو جعل نظام التحكم يتعامل مع نقطة بالعدة ولـــيس مع نقطة أصل تثبيت العدة N وهذا بالنسبة لطول العدة شكل 2- 26 .



شكل 2- 26

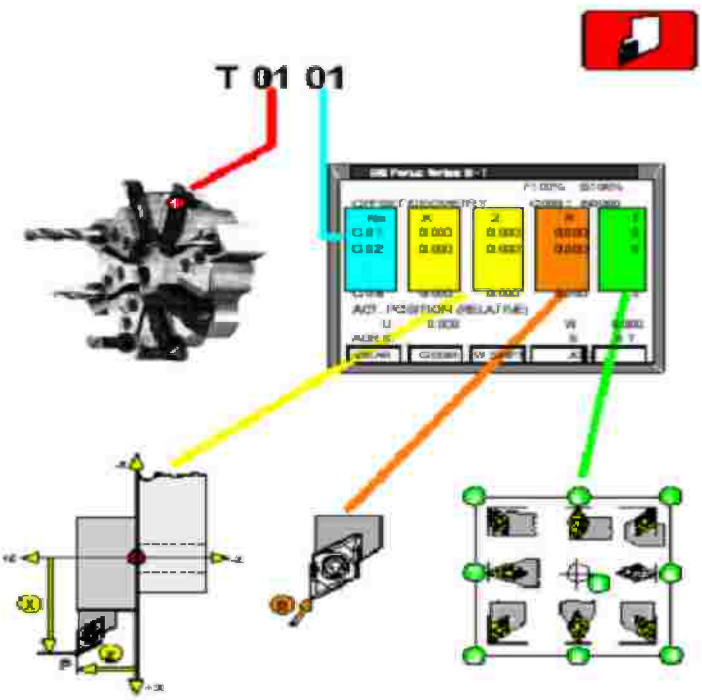
طريقة وأسلوب قياس العدة بماكينات CNC

أما بالنسبة لنصف قطر العدة فيتم ادخاله يدويا بجدول قياس العدة بالماكينـــة لكي يتم الأخذ به في الأعتبار عند البرمجة باستخدام استعواض نصف قطر العـــدة شكل 2 ــ 27.



شكل 2- 27

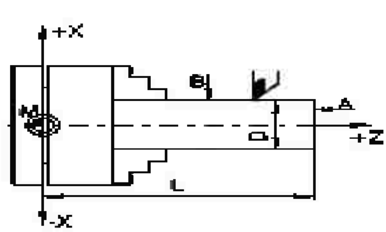
كما يتم أيضا تعريف الماكينة بنوع العدة اذا كانت داخلية أو خارجية واتجاه الحد القاطع، ويتم ذلك من خلال الرقم كما هو موضح بالرسم شكل 2 ــ 28.



شكل 2 ــ 28

خطوات قياس العدة على ماكينة الخراطة CNC

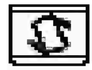
القياس الرقمي للعدة



1. تثبيت قطعة تشغيل معلومة الطــول والقطر بالظرف.
2. الضغط على مفتاح أكثر من مرة حتى يتم إحضار مكــان خــالي على برج العدة في وضع التشغيل
3. ملامســة سطح برج العدة بوجه الشغلة في إتجاه المحور Z.

4. تسجيل قيمة Z من على الشاشة في ورقة خارجيةZ1 .

5. إبعاد برج العدة عن وجه قطعة التشغيل بالضغط على مفتاح +Z .

6. الضغط على مفتاح  أكثرمن مرة حتى يـــتم إحــضار عـــدد التـــشغيل المطلوبة

7.يتم ادارة عمود الدوران في الاتجاه المناسب بالضغط على مفتاح

8. يتم ملامسة وجه العدة الأولى بوجه الشغلة في اتجاه محور Z

9. يتم تسجيل قيمة Z من على الشاشة في الورقة الخارجية Z2

10. يتم ابعاد برج العدة عن وجه الشغلة ثم الضغط على مفتاح

11. يتم حساب قيمة Z وتسجيلها أمام الموضع Z حيث Z=Z2-Z1

12. يتم ادارة عمود الدوران في الاتجاه المناسب بالضغط على مفتاح

13. يتم ملامسة وجه العدة الأولى بمحيط الشغلة في اتجاه محور X

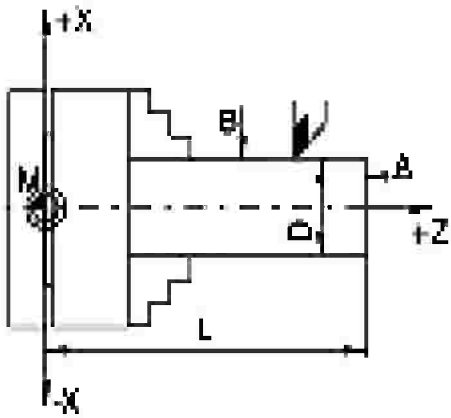
14. يتم تسجيل قيمة X من على الشاشة X2 مع العلم أن قطر الشغلة هو X1

15.يتم حساب قيمة X وتسجيلها أمام الموضع X حيث X= (X2-X1)/2

Offset / Geometry		
NO.	X	Z
G01	0.000	0.000

يتم تكرار الخطوات من 5 الى 15 مع باقي العدد المطلوب قياسها.

القياس النصف ألي



1. نقوم بتثبيت شغلة معلومة القطر والطول على الظرف.
2. احضار العدة الأولى المطلوب قياسها في وضع التشغيل مــع دوران الظــرف كالتالي:-
   - اختيار وضع MDI ثم نضغط مفتاح PRGRM
   - نكتب T0101 ثم نضغط مفتاح INPUT ثم نكتب S1000
   - نضغط مفتاح INPUT ، ثم نكتب M4 ، ثم نضغط مفتاح INPUT ، ثم نضغط
3. يتم ملامسة العدة الأولى بمحيط الشغلة في اتجاه محور X كالتالي :
   - اختيار وضع JOG
   - تحريك المحاور X,Z بحذر حتى تتم ملامسة الشغلة في اتجاه محور X
   - نضغط على مفتاح OFFSET SETTING ثم نضغط (GEOM) أسفل الشاشة ثم عن طريق الأسهم نختار الموضع رقم 1 ونضع المؤشر عند X.
   - ثم نضغط (OPRT) أسفل الشاشة.
   - نقوم بادخال قطر الشغلة بكتابة X30 ثم نضغط MEASURE نجد أنه تم تسجيل قيمة X بالجدول الخاص بقياس العدد وبالمكان الصحيح

4. يتم ملامسة العدة الأولى بوجه الشغلة في اتجاه المحور Z عن طريق اختيار الوضع JOG
5. بالضغط على مفتاح X+ ثم مفتاح Z+ وملامسة وجه الشغلة Z.
6. نضغط على مفتاح OFFSET SETTING ثم نضغط (GEOM) أسفل الشاشة ثم عن طريق الأسهم نختار الموضع رقم 1 ونضع المؤشر عند العنوان Z
7. يتم ادخال طول الشغلة بكتابة Z110 ثم نضغط MEASURE نجد أنه تم تسجيل قيمة Z بالجدول الخاص بقياس العدد وبالمكان الصحيح.
8. يتم تكرار الخطوات من 2 الى 10 مع باقي العدد المطلوب قياسها.

إدخال البيانات على ماكينات CNC

خطوات إنشاء برنامج

1. خطوات إنشاء برنامج

- اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE
- الضغط على مفتاح PRGRM
- الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم برنامج جديد.
- كتابة اسم البرنامج O9 ثم الضغط على مفتاح INSRT

2. خطوات استدعاء برنامج موجود من قبل

- اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE
- الضغط على مفتاح PRGRM
- الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم البرنامج المطلوب.
- كتابة اسم البرنامج O10 ثم الضغط على مفتاح

3. خطوات إلغاء وحذف برنامج

- اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE

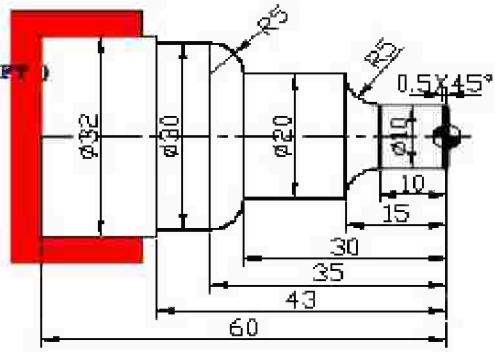
- الضغط على مفتاح PRGRM
- الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم البرنامج المطلوب حذفه (يتم كتابة O9 ثم الضغط على مفتاح DELET)

4. خطوات التعديل داخل البرنامج

- نتحرك بالمؤشر أمام الكود المطلوب استبداله.
- نكتب الكود الجديد ثم نضغط المفتاح ALTER نجد أنه قد تم الاستبدال.

يكتب البرنامج كالآتي :ـ

```
O0003 ( TURNING G73/G72 )
N5 G18 G90 G71 G80
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 ( ROUGHING TOOL LEFT )
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N25 G0 X35 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X32 S180 F0.2
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q105 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X9 Z2
N65 G1 Z0
N70 X10 Z-0.5
N75 Z-10
N80 G2 X20 Z-15 R5
N85 G1 Z-30
N90 G3 X30 Z-35 R5
N95 G1 Z-43
N100 X33
N105 G40
N110 G28 U0 W0
N115 T0203 ( COPYING TOOL
LEFT )
N120 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N125 G72 P55 Q105
N130 G28 U0 W0 M5 M9
N135 M30
```



خطوت إنشاء برنامج :

٥. اختيار وضع الكتابة والتعديل Edit Mode

٦. الضغط على مفتاح

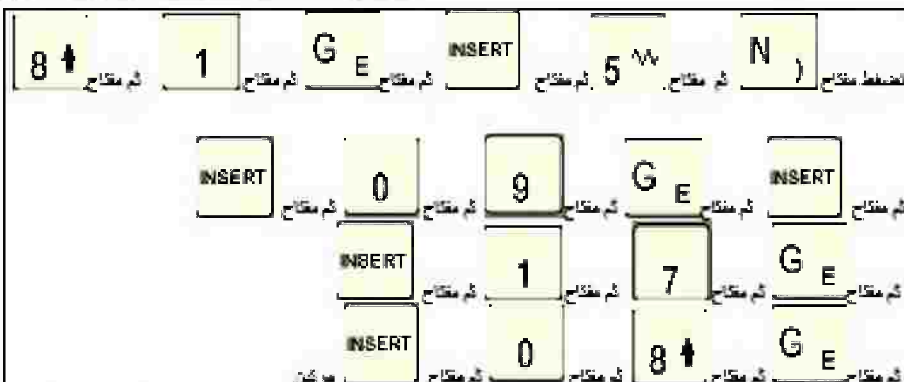
٧. الضغط على مكتبة البرامج Lib اسفل الشاشة لاختيار اسم برنامج جديد

كتابة اسم البرنامج O3 ثم الضغط على مفتاح

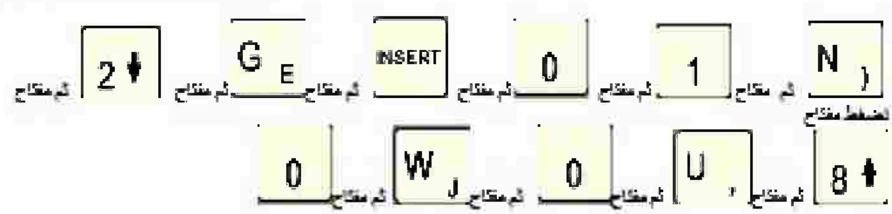
نجد انه تم فتح صفحة لكتابة البرنامج نبدا بكتابة البرنامج كالاتي:

لكتابة السطر التالي:

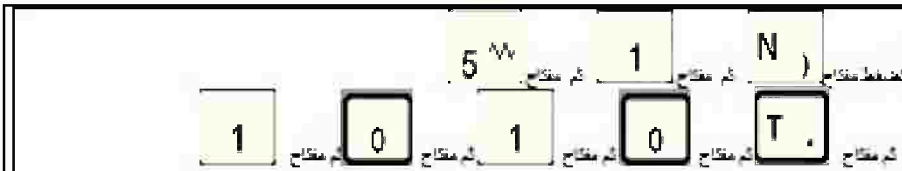
N5 G18 G90 G71 G80



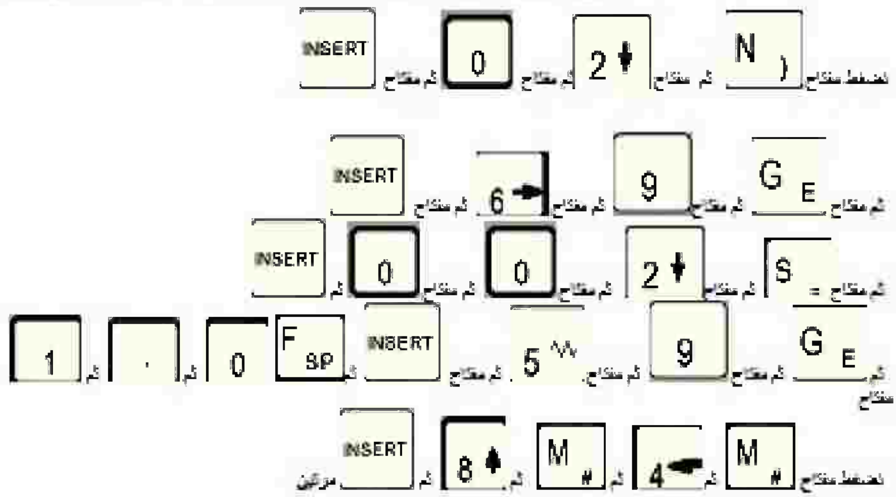
N10 G28 U0 W0



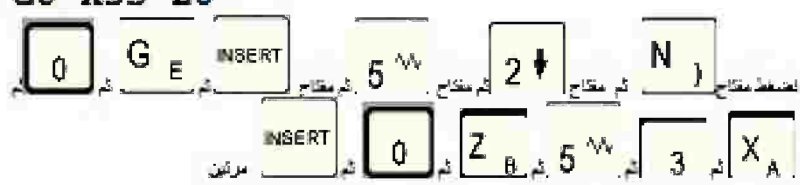
N15 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)



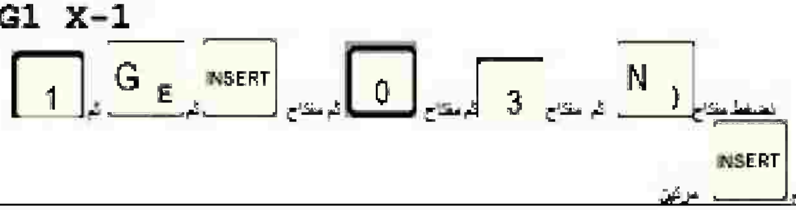
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8



N25 G0 X35 Z0



N30 G1 X-1

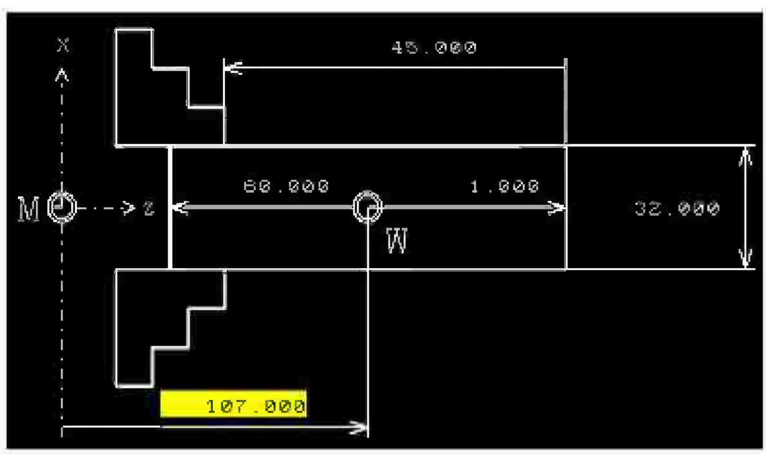


اختبار البرنامج قبل عملية التشغيل :

* اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق المحاكاة بالرسم ثلاثي الأبعاد 3D VIEW

يتم استدعاء البرنامج المطلوب اختباره كالتالي :

1. اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE
2. الضغط على مفتاح PRGRM
3. الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم البرنامج المطـــلوب اختياره وكتابة اسم البرنامج O3 ثم الضغط على مفتاح
4. الضغط على مفتاح AUX GRAPH على يمين الشاشة ثم السهم أسفل الشاشة ثم مفتاح GRAPH أسفل الشاشة ثم مفتاح (WORKP.) لادخال بيانات ابعاد الشغلة.



يتم وضع الأبعاد على الشغلة كما يلي:

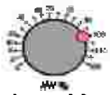
1. طول الشغلة 60 وقطر الشغلة 32 مع ملاحظة ان صفر البرنامج على وجـــه الشغلة .
2. المسافة 1 مم لمسح وجه الشغلة FACING.
3. 107 ملليمتر هي المسافة من صـــفر الماكـــينة الى صـــفر الشـــغلة (60 + 47) بفرض أن عرض الظرف 47 مللي .

4. 45 مللي هي عبارة عن المسافة البارزة من طول الشغلة بعد التثبيت على 15مم (60 – 15 = 45)
5. لضبط واختيار العدد عن طريق اختيار مفتاح 3D-View أسفل الشاشة ثم مفتاح Tool أسفل الشاشة لضبط واختيار العدد
6. التحرك بمفتاحي(POS.+)(POS.-) لاختيار الموضع رقم 1 .
7. التحرك بمفتاحي (TOOL+)(TOOL-) لاختيار العدة المطلوبة .
8. الضغط على مفتاح (TAKE) ليتم تخزين العدة في الموضع رقم 1 .
9. يتم تكرار الخطوات 6 – 8 مع العدة رقم 2 .
10. الضغط على مفتاح 3D-View ثم الضغط على مفتاح RESET ثم الضغط على مفتاح START وبالتالي يتم تشغيل برنامج المحاكاة بالرسم ثلاثي الأبعاد 3DVIEW.

اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل الجاف DRY RUN

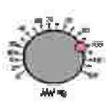
يتم اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل الجاف للبرنامج DRY RUN كالتالي :–

1. اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE
2. الضغط على مفتاح PRGRM
3. الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم البرنامج المطلوب وليكن O3.
4. كتابة اسم البرنامج O3 ثم الضغط على مفتاح
5. اختيار وضع التشغيل الآلي AUTO Mode
6. الضغط على مفتاح DRY RUN حتى تظهر كلمة DRY على الشاشة

7. الضغط على مفتاح للتشغيل بعد الامساك بمفتاح  وذلك للسيطرة على حركة العدة بزيادة سرعة التغذية او تقليلها حتى لايحدث تصادم بين عدة القطع والشغلة أو بين عدة القطع والظرف.

اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل لأول مرة First part

يتم اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل لأول مرة FIRST part كالتالي :

1. اختيار وضع الكتابة والتعديل EDIT MODE
2. الضغط على مفتاح PRGRM
3. الضغط على مكتبة البرامج Lib أسفل الشاشة لاختيار اسم البرنامج المطلوب وليكن O3.
4. كتابة اسم البرنامج O3 ثم الضغط على مفتاح
5. اختيار وضع التشغيل الآلي AUTO Mode
6. تثبيت الشغلة على الظرف
7. الضغط على مفتاح للتشغيل بعد الامساك بمفتاح  وذلك للسيطرة على حركة العدة بزيادة سرعة التغذية أو تخفيضها حتى لا يحدث تصادم بين عدة القطع والشغلة أو بين عدة القطع والظرف.

ويتم قياس المنتج النهائي للتأكد من مطابقته بالمنتج المطلوب.

تعريف البرنامج وتكوينه على ماكينة الخراطة CNC :

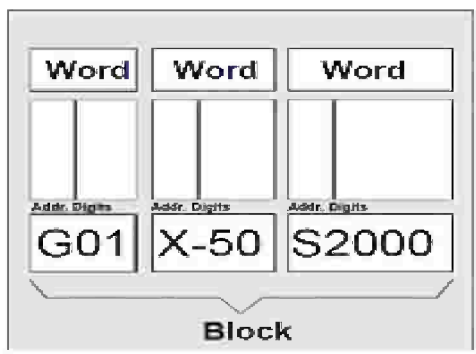
يتكون البرنامج من مجموعة من الأسطر Blocks ، وكل سطر يتكون من مجموعة من الكلمات أو الأكواد، وكل كود أو كلمة تنقسم إلي عنوان ورقم ويتم كتابة هذا البرنامج طبقا لتسلسل العمليات المطلوبة ما هو موضح بشكل 2 ــ 29.

الباب الثاني ـــ

Example:

N10 G.. X.. Y.. Z.. F.. S.. T.. D.. M.. H..

Address	Definition
N	Address of block number
10	Block number
G	Preparatory function
X, Y, Z	Positional data
F	Feed
S	Speed
T	Tool
D	Tool offset number
M	Miscellaneous function
H	Auxiliary function



شكل 2- 29

أكواد البرامج

المخارط الرقمية CNC ـــ

اكواد البرمجة على ماكينة الخراطة CNC

G CODE

G00• ..... Positioning (rapid traverse)
G01 ..... Linear interpolation (feed)
G02 ..... Circular interpolation clockwise
G03 ..... Circular interpolation counterclockwise
G04• ..... Dwell
G7.1 ..... Cylindrical Interpolation
G10 ..... Data setting
G11 ..... Data setting Off
G12.1 ..... Polar Coordinate Interpolation ON
G13.1 ..... Polar Coordinate Interpolation OFF
G17 ..... Plane selection XY
G18 ..... Plane selection ZX
G19 ..... Plane selection YZ
G20 ..... Longitudinal turning cycle
G21 ..... Thread cutting cycle
G24 ..... Face turning cycle
G28• ..... Return to reference point
G33 ..... Thread cutting
G40 ..... Cancel cutter radius compensation
G41 ..... Cutter radius compensation left
G42 ..... Cutter radius compensation right
G70 ..... Inch data input
G71 ..... Metric data input
G72• ..... Finishing cycle
G73• ..... Stock removal in turning
G74• ..... Stock removal in facing
G75• ..... Pattern repeating
G76• ..... Deep hole drilling, cut-in cycle in Z
G77• ..... Cut-in cycle in X
G78• ..... Multiple threading cycle
G80 ..... Cancel cycles (G83 up to G85)
G83 ..... Drilling cycle
G84 ..... Tapping cycle
G85 ..... Reaming cycle
G90• ..... Absolute programming
G91 ..... Incremental programming
G92• ..... Coordinate system setting, spindle speed limit
G94 ..... Feed per minute
G95• ..... Feed per revolution
G96 ..... Constant cutting speed
G97• ..... Direct spindle speed programming
G98• ..... Return to initial plane
G99 ..... Return to withdrawal plane

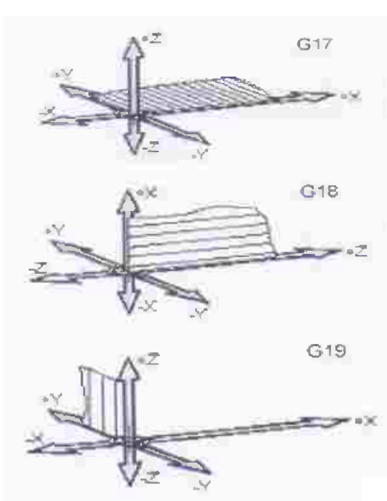
اكواد البرمجة على ماكينة الخراطة CNC

M CODE

M00.. program stop
M01.. optional stop
M02.. end of program (no rewind)
M03.. spindle CW
M04.. . spindle CCW
M05.. spindle stop
M06.. tool change
M07.. mist coolant ON
M08.. flood coolant ON
M09... flood coolant OFF
M19.. spindle orientation ON
M30.. end program (rewind stop)
M98... call sub-program
M99..end sub-program

اختيار مستوى التشغيل : G19 Plane selection / G18 / G17

1. يتم اختيار مستوى التشغيل الذي يتم فيه الاستكمال الدائري والاحداثيات القطبية واستعواض نصف قطر العدة، ويتم الأخذ في الإعتبار استعواض طول العـــدة في الاتجاه العمودي على هذا المستوى هو (X-Z) ويجب ملاحظـــة أن (X-Z) هو مستوى التشغيل (G18) شكل 2 ـــ 30، وهو المستوى الطبيعي للتـــشغيل على الماكينة وهو المستخدم غالباً.



G17 هو مستوى التشغيل X-Y

G18 هو مستوى التشغيل X-Z

G19 هو مستوى التشغيل Y-Z

شكل 2-30
مستويات التشغيل

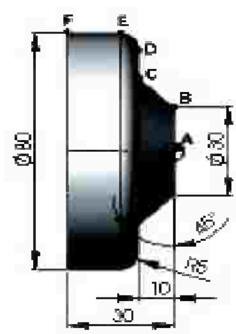
وحدة القياس المليمتر أو البوصة :

G70 Inch Data Input
G71 Metric Data Input

عندما يراد ادخال البيانات بالمليمتر كالنظام المتري (الفرنسي سابقاً) كما هو موضح بشكل 2 ـ 31 يستخدم الكود G71، يستخدم الكود G70 عنـدما يـراد إدخال البيانات بالبوصة كالنظام الإنجليزي ، ولكن بعض الأماكن تضطر للعمـل بالنظامين فيتم اختيار نوع القياس المطلوب باستخدام الكود المناسـب (G70 / G71).

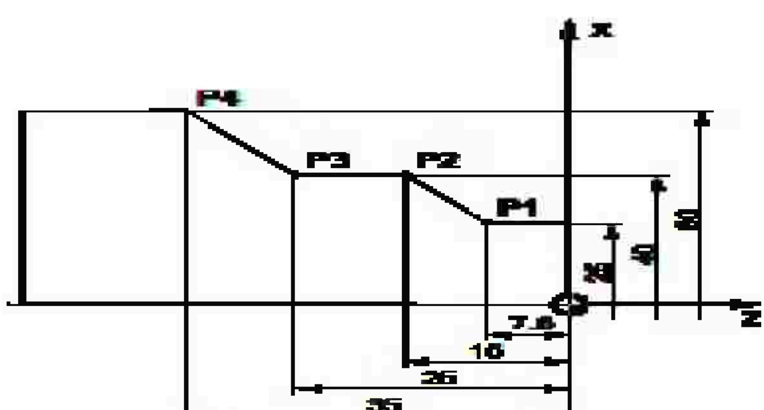
نظام البرمجة المطلق : G90 Absolute Programming

هذا النظام يتم فيه اعتبار كل إحداثيات النقط منسوبة لصفر البرنامج.



ORIGEN IN THE TOP:

ABSOLUTE COORDINATE		
POINT	AXIS	
	X	Z
A	0	0
B	30	0
C	50	-10
D	70	-10
E	80	-15
F	80	-30

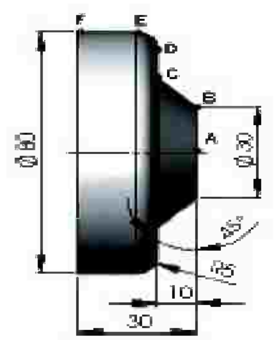


شكل 2 – 31

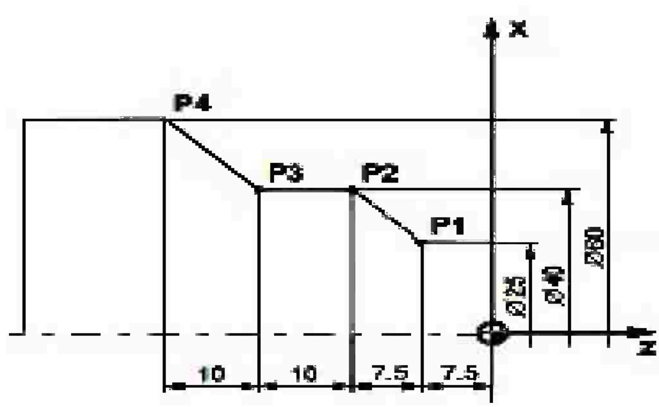
نظام البرمجة التزايدي

G91 Incremental Programming

نظام البرمجة التزايدي (G91) يتم فيه حساب إحداثيات النقط منسوبة لأخر نقطة تم برمجتها .. هذا يعني أن نقطة الصفر تعتبر هى أخر نقطة تم برمجتها شكل 2 ــ 32.



INCREMENTAL COORDINATE			
FROM	TO	AXIS	
		X	Z
A	B	30	0
B	C	20	-10
C	D	20	0
D	E	10	-5
E	F	0	-15

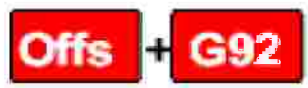


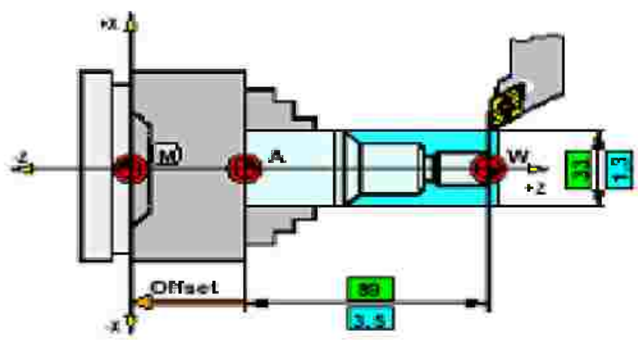
شكل 2− 32

الصفر المحلي : G92 Local Coordinate System

يسمح هذا الكود باختيار نقطة الصفر المناسب أثناء عملية البرمجة بدون النظر الى كيفية وضع الجزء المشغل على الماكينة كالآتي (شكل 2− 33) :−

- يتم اختيار نقطة W على حسب طريقة وضع الأبعاد.
- في المثال الأتي يتم ترحيل نقطة صفر الماكينة M إلى النقطة A على الفك الثابت للظرف باستخدام القيمة التي تم تسجيلها في مسجل Work Shift ثم يتم نقلها الى صـــفر المشغولة على وجه الشغلة W عن طريق الكود G92.






```
N05 G00 X33 Z89
N10 G92 Z0
N . .
N . . G00 Z0
N . . G92 Z89
```
mm

```
N05 G00 X1.3 Z3.5
N10 G92 Z0
N . .
N . . G00 Z0
N . . G92 Z3.5
```
inch

شكل 2 ــ 33

تحديد أقصى سرعة للظرف

G92 Spindle Speed Limit

يسمح هذا الكود بتحديد أقصى سرعة دوران مسموح بها للظرف بالإضـــافة إلى أنه يمكن من اختيار نقطة الصفر المناسبة أثناء عملية الرسم بدون النظر إلـــى كيفية وضع الجزء المشغل على الماكينة، ويتم كتابة كود G92 ، ثم قيمة أقـــصى سرعة دوران للظرف.

والمثال التالي يحدد أقصى سرعة دوران للظرف ب 3000 لفة / الدقيقة

N.G92 S3000

استعواض تصحيح العدة : Tool Correction Compensation

عند كتابة كود معين مثل G00 للذهاب بحركة سريعة الى نقطة ما بـــدون كتابة العنوان T0101 .. يتم التعامل مع نقطة أصل تثبيت العدة N ولـــيس مـــع مقدمة عدة القطع P مما قد يسبب مشكلة ما كاصطدام العدة بظـــرف الماكينـــة أو بالمشغولة.

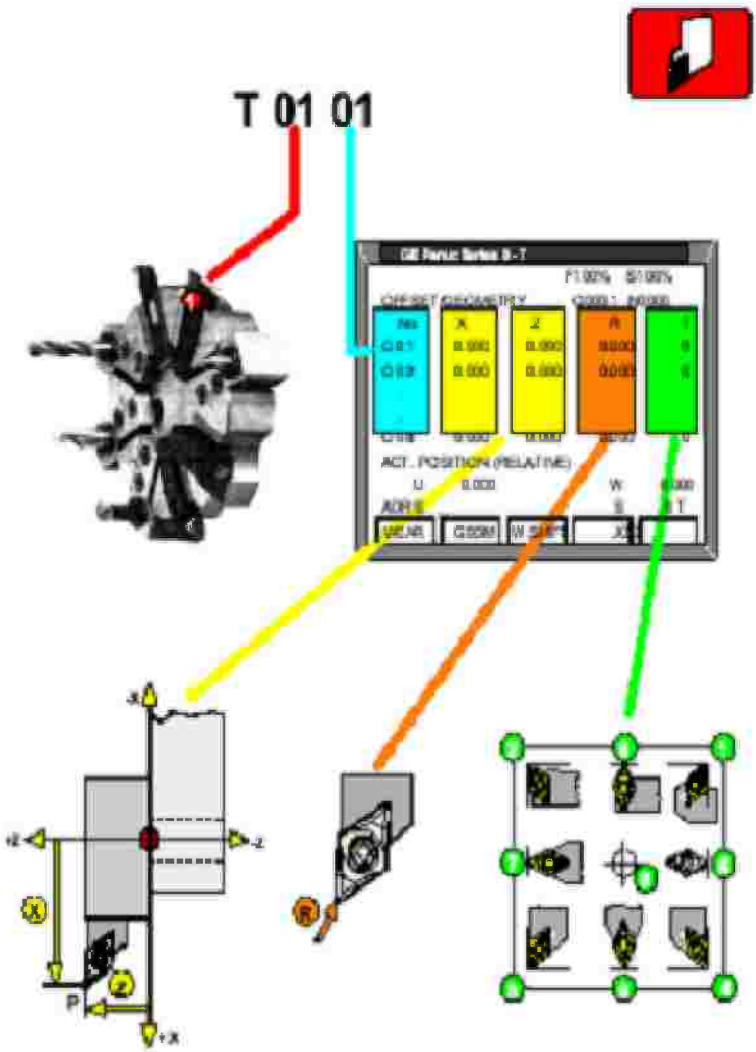
لاستدعاء العدة من برج العدة للماكينة نكتب داخل البرنامج :

N.(T0101)

حيث

T01 تعني استدعاء العدة الموجودة بالجيب رقم 1 في برج العدة.

01 تفهم وحدة تحكم الماكينة أنه مطلوب استبدال قيمـــة تـــصحيح العـــدة بالقيمة المسجلة بالمخزن رقم 1 بالماكينة، بحيث يتعامل نظام التحكم مع نقطة القطع P شكل 2 ــ 34.

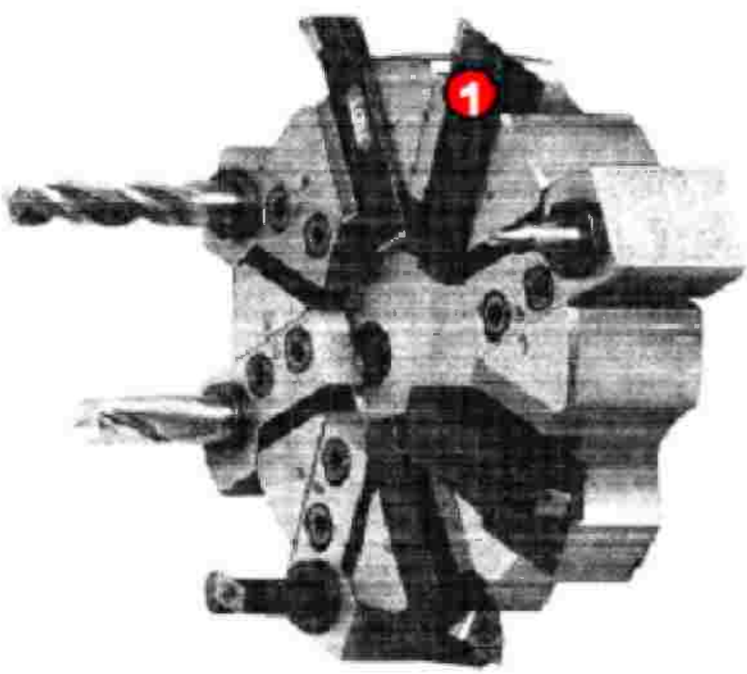


شكل 2 - 34

تغيير العدة ألياً

M06 Automatic Tool Change

يستخدم كود M06 عندما يكون مطلوب تغيير العدة آليا (أتوماتيكياً) بشرط أن تكون الماكينة مجهزة بذلك، حيث يقوم هذا الكود بعمل عملية توجيه عمـــود الدوران وايقافه واجراء التغيير المطلوب كما هو موضح بشكل 2 – 35.



شكل 2 – 35

القطع بسرعة ثابتة

G96 Constant Cutting Speed

يتم كتابة سرعة القطع بسرعة ثابتة كالأتي :-

N.G96 S200

- معنى ذلك أن سرعة القطع 200 متر / دقيقة.
- يتم الحصول عليها من الجداول الاسترشادية حسب المعدن المشغل والدرجة المطلوبة لتشطيب السطح .. وبالنظر في العلاقة الأتية:-

$$N = (1000Vc) / (D\Pi)$$

حيث :

N هي سرعة دوران الظرف لفة لكل دقيقة.

Vc هي سرعة القطع متر لكل دقيقة وتم الحصول عليها من الجداول

Π هو مقدار ثابت = 3.14

D عبارة عن قطر المشغولة بالمللميتر

من خلال العلاقة السابقة نلاحظ الأتي :-

- تكون عمليات الخراطة بسرعة قطع ثابتة G96.
- يمثل حرف N سرعة دوران الظرف، أما القطر المشغل فله علاقة عكسية .. أي إنه كلما زادت قيمة القطر المشغل .. كلما انخفضت قيمة سرعة دوران الظرف.

سرعة دوران الظرف لكل لفة / دقيقة

G97 Spindle Speed in rpm

يستخدم كود عند إجراء عملية الثقب بالبنطة أو بذكر قلاووظ، وكذلك خراطة القلاووظات الخارجية أو الداخلية، وتكتب سرعة دوران الظرف كالأتي :-

N.G97 S2000

معنى ذلك أن سرعة دوران الظرف 2000 لفة / دقيقة ، ويتم حساب سرعة دوران الظرف من العلاقة الأتية:

$$N = (1000\ Vc)\ /\ (D\Pi)$$

حيث :

N هي سرعة دوران الظرف لفة لكل دقيقة .

Vc هي سرعة القطع متر لكل دقيقة، تم الحصول عليها من الجداول الاسترشادية حسب المعدن المشغل ونوع المعدن المصنوع منها العدة المستخدمة ونوع عملية التشغيل والدرجة المطلوبة لتشطيب السطح .

Π رقم تقريبي = 3.14

قطر المشغولة بالمليمترD

معدل أو سرعة التغذية مليمتر وبوصة / لفة

G95 Feed Rate in Revolution

يتم كتابة سرعة التغذية كالأتي :-

N. G95F0.15

- معنى ذلك أن سرعة التغذية هى 15 ملليمتر / لفة.
- معدل أو سرعة التغذية وتكون قيمتها بالمليمتر أو (بوصة) لكل لفة في الدقيقة .. حسب وحدة القياس المستخدمة .
- يتم ايجاد قيمة سرعة التغذية F من الجداول الاسترشادية، ويتوقف اختيارها على نوع المعدن المشغل ونوع المعدن المصنوع منها العدة المستخدمة ونوع عملية التشغيل والدرجة المطلوبة للتشطيب .

تشغيل عمود الدوران في اتجاه

وعكس إتجاه عقارب الساعة

ايقاف دوران الظرف

M03 Main Spindle On Clockwise
M04 Main Spindle On Counterclockwise
M05 Main Spindle Off

- لتشغيل الظرف في اتجاه عقارب الساعة لذلك يستخدم M3 لكل عدد القطع اليمين .
- استخدام كود M4 لتشغيل الظرف في عكس إتجاه عقارب الساعة، لـــذلك يستخدم لكل عدد القطع شمال .
- لإيقاف دوران الظرف يتم استخدام الكود M5

تشغيل وتوقف سائل التبريد

M08 Coolant On
M09 Coolant Off

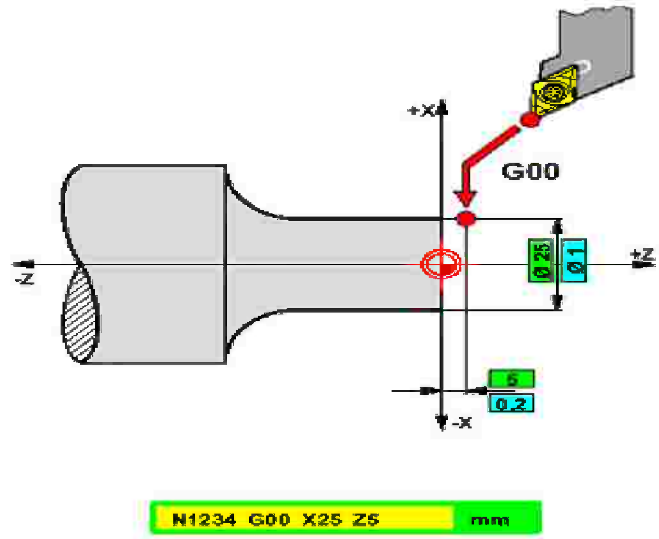
- لتشغيل سائل التبريد .. يستخدم كود M08
- لإيقاف سائل التبريد .. يستخدم كود M09

الحركة السريعة بدون قطع

G00 RAPID TRAVERSE

يستخدم كود Goo لحركة العدة حركة خطية بأقصى سرعة مقتربة أو مبتعدة عن الشغلة بدون قطع الشغلة.

يستخدم هذا الكود لتوفير الوقت أثناء تنفيذ البرنامج، وتختلف قيمـــة أقـــصى سرعة للماكينات، حيث تتراوح ما بين 3 متر/ دقيقة الى أكثر من 12 متر/ دقيقة وذلك حسب تصميم الماكينة شكل 2 ــ 36.

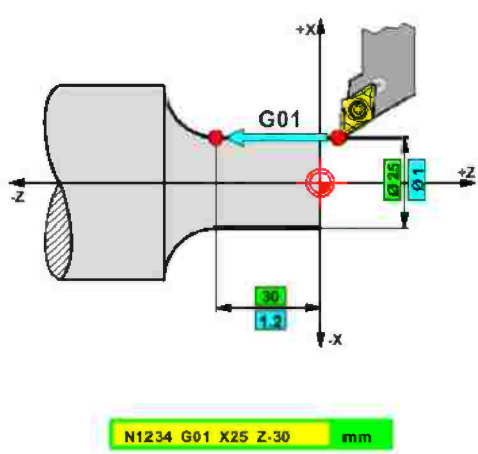


شكل 2- 36

حركة قطع في خط مستقيم

G01 LINEAR INTERPOLATION

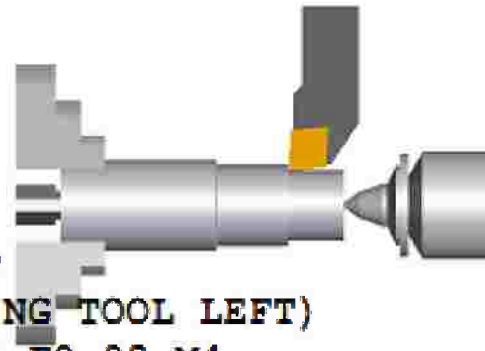
باستخدام كود Go1 تتحرك العدة حركة خطية في اتجاه Z , X بتغذية من خلال برمجتها مسبقاً، بحيث تقطع العدة الخامة المشغلة قطعاً خطياً كما هو موضح بشكل 2 ـ 37.

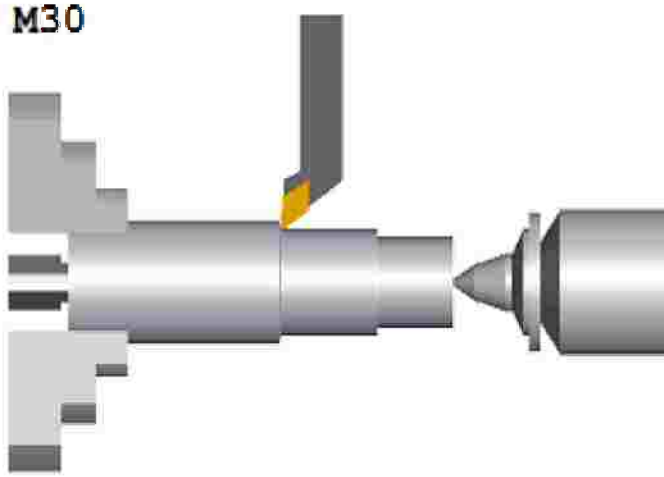


شكل 2-37

المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0001 (Turning/G0/G1)
N5 G28 U0 W0
N10 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N11 G92 S3500
N15 G96 S150 G95 F0.1 M4
N20 G0 X32 Z0
N25 G1 X-1 (FACIN G)
N30 G0 Z2
N35 G28 U0 W0
N40 T0202 (CENTER DRILL)
N45 G97 S2000 G95 F0.07 M3
N50 G0 X0 Z2 (CENTERING)
N55 G1 Z-4
N60 G0 Z2
N65 G28 U0 W0
N70 M00 (ADJUST TAILSTOCK)
N75 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N80 G96 S150 G9 5 F0.2 M4
N85 G0 X27 Z1 (ROUGH TURNING)
N90 G1 Z-45
N95 X31
N100 G0 Z1
N105 X25
N110 G1 Z-
N115 X27
N120 G0 Z1
```

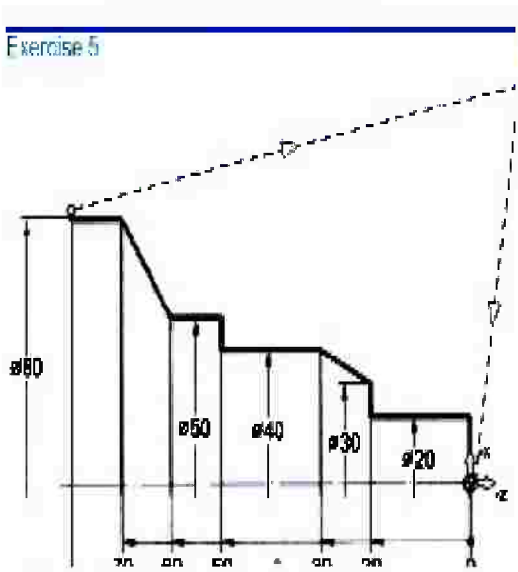
الباب الثاني ـــ
```
N125 X23
N130 G1 Z-20
N135 X25
N140 G0 G28 u0 w0
N145 T0303 (COPYING TOOL LEFT)
N146 G96 S250 G95 F0.08 M4
N147 G0 X22 Z1 (FINISH TURNING)
N150 G1 Z-20
N155 X26
N160 Z-45
N165 G1 X31
N170 G28 U0 W0
N175 M30
```



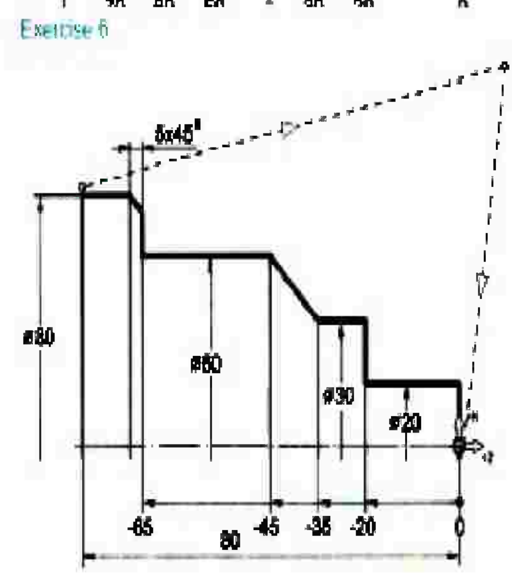


أسئلة وتمارين

1. في ماذا يستخدم الكود G00 -G01.
2. عن طريق استخدام الأكواد G00 -G01 قم بوصف المسار النهائي للعدة بالنسبة للمشغولات التالية :-



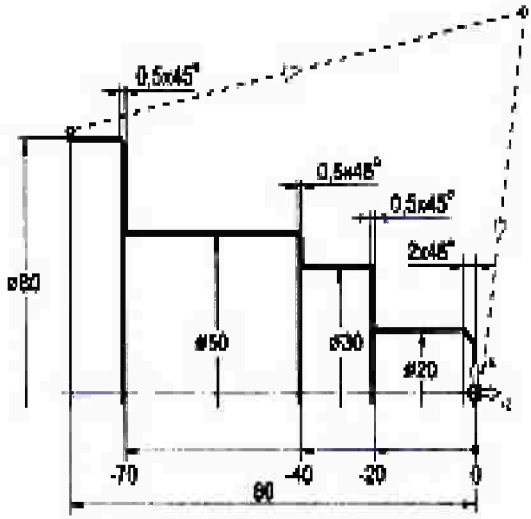
N	G	X	Z
N1	G0	X0	Z1
N2	G1		Z0
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12	G1	X82	
N13	G0	X120	Z10



N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			

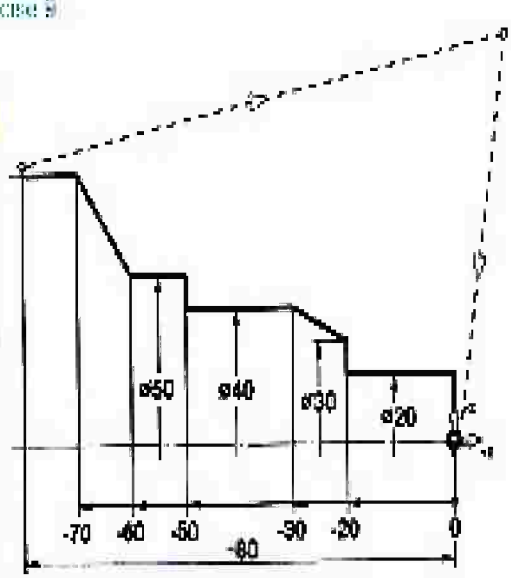
الباب الثاني ـــ

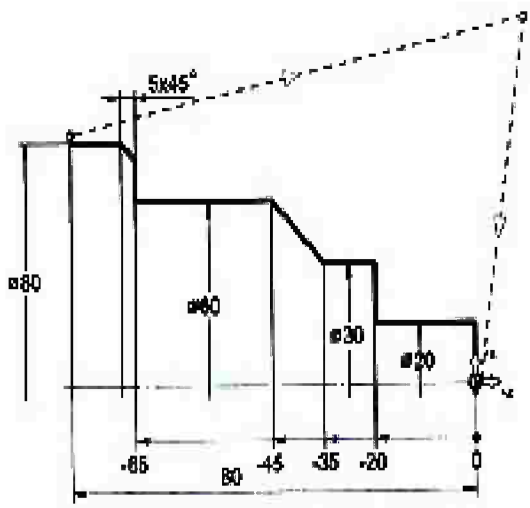
N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			



Exercice 3

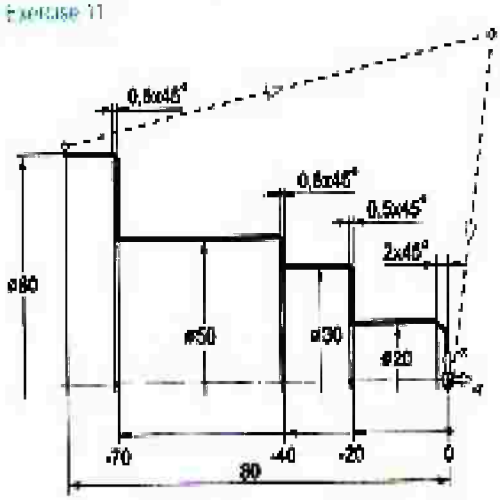
N	G	X	Z
N1	G91		
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15	G90		





N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15	G80		

Exercise 11



N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18	G80		

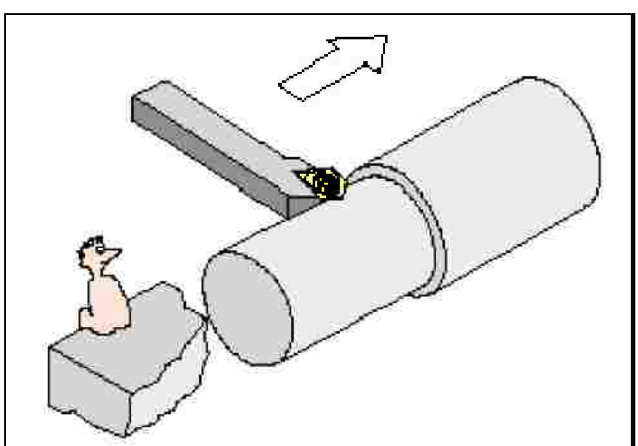
استعواض نصف قطر العدة شمال G41

Cutter Radius Compensation Left

تتحرك العدة على يسار الجزء المشغل ويتم حركة العدة على يسار الشغلة وفي مسار يوازي المسار المطلوب، ويبعد عنه بمقدار نصف قطر مقدمة العدة R، ويجب ألا يوجد قوس بالمسار المطلوب يقل عن نصف قطر مقدمة العدة R .. وإلا سوف يتوقف البرنامج معطياً رسالة بذلك.

لا يتم التبديل بين G 42 ، G 41 مباشرة دون المرور على الكود G 40

G 41 تفهم منها وحدة التحكم أنه مطلوب استعواض نصف قطر العدة شمال، بحيث يتعامل نظام التحكم مع نقطة القطع P، ويتم كتابة إحداثيات المسار النهائي للمشغولة دون اضافة نصف قطر العدة .. مما يوفر الحسابات ويسهل من استخدام أي عدة لنفس المسار شكل 2 – 38.



Definition G41 cutter radius compensation left

G41 استعواض نصف قطر العدة شمال

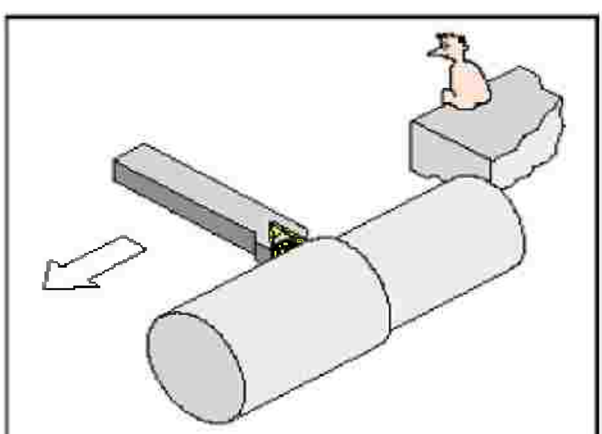
شكل 2– 38

استعواض نصف قطر العدة يمين G42

Cutter Radius Compensation Right

تتحرك العدة على يمين الجزء المشغل، حيث تتحرك العدة على يمين الشغلة وفي مسار يوازي المسار المطلوب، ويبعد عنه بمقدار نصف قطر مقدمة العدة R، ويجب ألا يوجد قوس بالمسار المطلوب يقل عن نصف قطر مقدمة العدة R .. وإلا سوف يتوقف البرنامج معطياً رسالة بذلك.

G42 تفهم منها وحدة التحكم أنه مطلوب استعواض نصف قطر العدة يمين، بحيث يتعامل نظام التحكم مع نقطة القطع P، ويتم كتابة إحداثيات المسار النهائي للمشغولة دون اضافة نصف قطر العدة .. مما يوفر الحسابات ويسهل من استخدام أي عدة لنفس المسار شكل 2 ــ 39.



Definition G42 cutter radius compensation right

G42 استعواض نصف قطر العدة يمين

شكل 2 – 39

إلغاء استعواض نصف قطر العدة

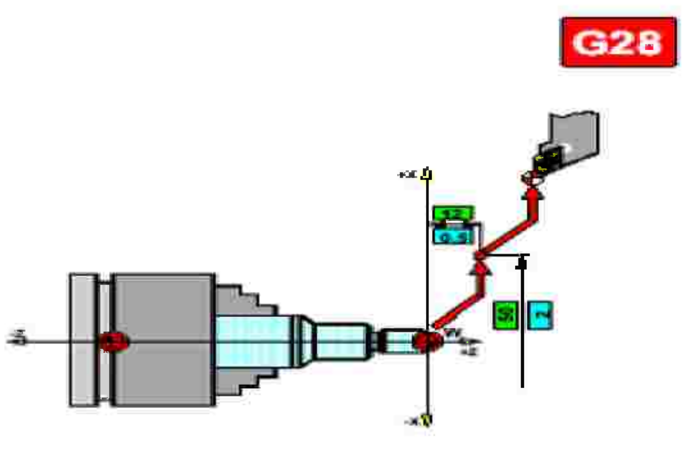
G40 Cutter Radius Compensation Cancel

لا يتم التبديل بين G42 ، G41 مباشرة دون المرور على الكود G40، وغير مسموح بتغيير تصحيح العدة دون الرجوع الى الغاء استعواض نصف قطر العدة.

الرجوع إلى النقطة المرجعية R

G28 Return to Reference point

يستخدم كود G28 لإلغاء الكود G92 المستخدم لضبط نظام المحاور، كما يستخدم أيضاً للرجوع إلى النقطة المرجعية R خلال نقطة وسيطة لعدم الإصطدام بمثبت أو بتجهيزة ما موجودة على فرش الماكينة كما هو موضح بشكل 2 ــ 40.



N100 G28 X50 Z12
N105 M30

شكل 2- 40

إنهاء البرنامج

M30 Program End
M02 Program End

لانهاء البرنامج بطريقة صحيحة وأمنه يراعى إتباع الخطوات التالية:-

1. يجب سحب العدة الى مستوى الأمان مستخدما كود G00 في إتجاه بعيد عن المشغولة وغالباً ما يكون محور Z.
2. يجب ايقاف سائل التبريد مستخدما كود M09
3. يجب ايقاف عمود الدوران مستخدما كود M05
4. وفي النهاية يجب ايقاف البرنامج نفسه مستخدما كود M02، أو يستخدم M30 والفرق بينهما هو أن الكود M02 ينهي البرنامج ويتوقف عند نهايته، بينما الكود M30 ينهي البرنامج ويعيد البرنامج لبدايته انتظارا لبداية التشغيل مرة أخرى إذا احتاج الأمر.

حركة القطع الدائرية في اتجاه عقارب الساعة

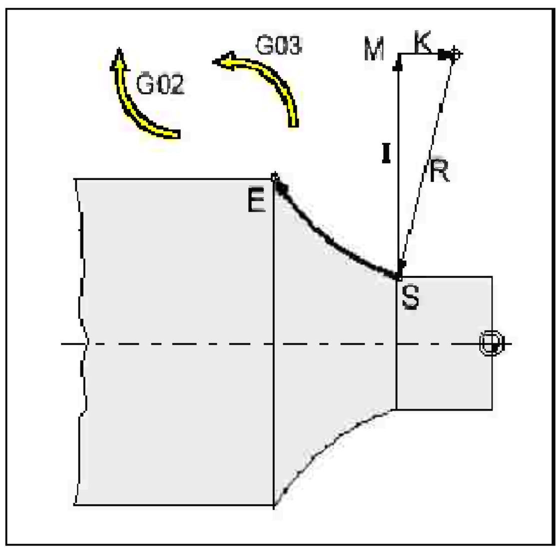
G02 Circular Interpolation Clockwise

يتم استخدام هذا الكود عندما يراد تشكيل أي قوس دائري والتحرك داخل المشغولة بتغذية وحركة دائرية في اتجاه عقارب الساعة ، ويجب اختيار مستوى التشغيل قبل البدء في استخدام هذا الكود عن طريق الأكواد G19 – G18 – G17 ، ويجب ملاحظة أن المستوى X - Z أي الكود G18 هو المستوى الطبيعي للتشغيل على الماكينة وهو المستخدم بصفة دائمة.

يكتب كود G02 يليه إحداثي نقطة الدوران P (X 55, Z- 45) ، وكذلك نصف قطر الدوران R15.

تكون قيمة نصف قطر الدوران R موجبة اذا كان الدوران أقل من نصف دائرة شكل 2 ـــ 41.

تكون قيمة نصف قطر الدوران R سالبة اذا كان الدوران أكبر من نـــصـف دائرة، في حالة وجود دوران كامل (دائرة كاملة) لا يصلح استخدام R مع G02.



شكل 2 – 41

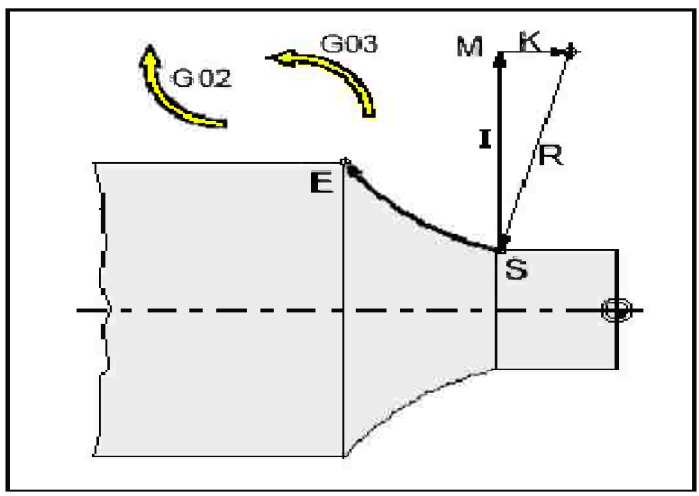
حركة القطع الدائرية في عكس اتجاه عقارب الساعة

G03 Circular Interpolation Counterclockwise

يستخدم هـــذا الكود عندما يراد تشكـــيل أي قوس دائـــري والتحـــرك داخل المشـــغولة بتغذية وحركـــة دائرية في عكس اتـــجاه عقارب الساعة، ومن ثم فإنه يجـــب اختيار مستوى التشـــغيل قبل البدء في استخدام هـــذا الكود عـــن طريـــق الأكواد G17 - G18 - G19 ، ويجب ملاحظة أن المستوى X - Z .. أي الكود G18 هو المستوى الطبيعي للتشغيل على الماكينة وهو المستخدم بصفة دائمة.

يكتب كود G03 يليه إحداثي نقطة الـــدوران (X55, Z-45) P، وكـــذلك نصف قطر الدوران R15.

المخارط الرقمية CNC ـــ



شكل 2 ــ 42

البرمجة عن طريق احداثي مركز الدوران التزايدي

I,J,K Programming with G02 and G03

يتم كتابة الكود المناسب حسب اتجاه الدوران G02 أو G03 ، يليه كتابة إحداثي نقطة نهاية الدوران ثم تكتب قيمة I , K في نفس البلوك.

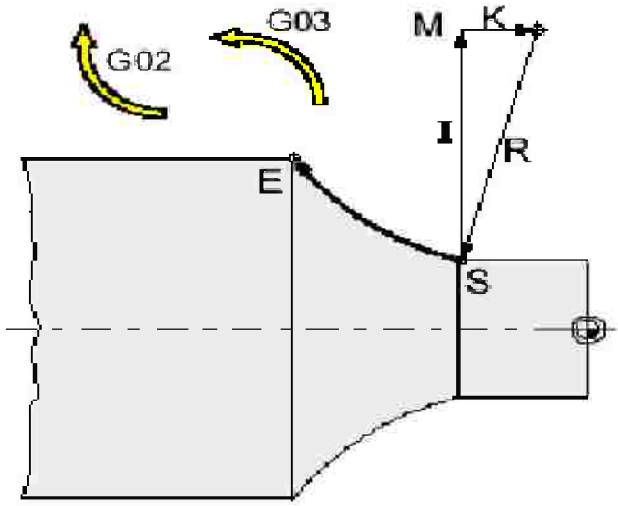
حيث :

I هى عبارة عن المسافة بين نقطتي البداية P1 والمركز P0 في اتجاه محور X.

K هي عبارة عن المسافة بين نقطتي البداية P1 والمركز P0 في اتجاه محور Z.

يتم تحديد الإشارة على حسب الحركة من نقطة البداية P1 الى نقطة المركز P0 في اتجاه محوري X , Z شكل 2 ــ 43

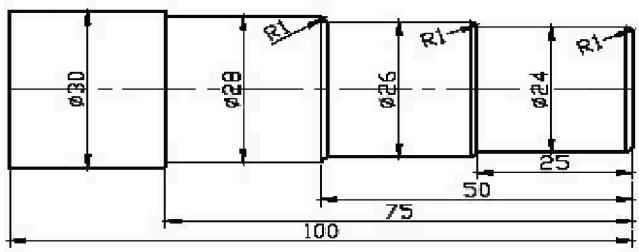
الباب الثاني ـــ



شكل 2 – 43

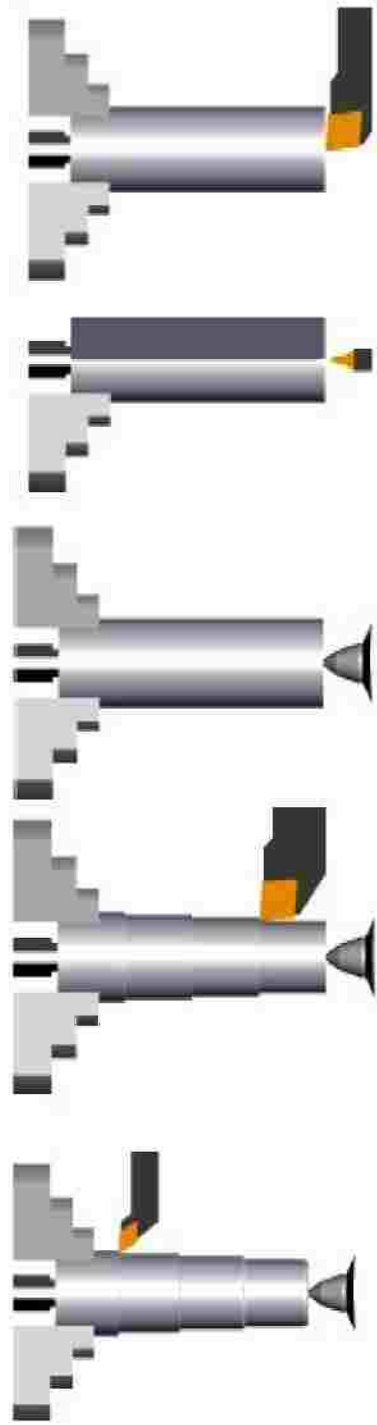
مثال محلول 1 :

DRAWING



Application: G2/G3	Tolerance: DIN	Surface: ISO	Scale:	Weight:
			Material: Aluminum	
			Dimension:	
Drawn by:			Drawing name: PART -	
Checked by:				
N105 G3 X26 Z-26 R1 N110 G1 Z-49 N115 G2 X28 Z-50 R1			Drawing Number:	Sheet:

المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0002(Turning G2/G3)
N1 G18 G90 G71
N5 G28 U0 W0
N10 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N11 G92 S3500
N15 G96 S150 G95 F0.1 M4 M8
N20 G0 X32 Z0
N25 G1 X-1 ( FACING)
N30 G0 Z2
N35 G28 U0 W0
N40 T0202 ( CENTER DRILL)
N45 G97 S2000 G95 F0.07 M3 M8
N50 G0 X0 Z2 ( CENTERING)
N55 G1 Z-4
N60 G0 Z2
N65 G28 U0 W0
N70 M00 ( ADJUST TAILSTOCK)
N75 T0101 ( ROUGHING TOOL LEFT)
N80 G96 S150 G95 F0.15 M4 M8
N85 G0 Z1
N90 X28.4
N95 G1 Z-74.9
N100 X31
N105 G0 Z1
N110 X26.4
N115 G1 Z-49.9
N120 X30
N125 G0 Z1
N130 X24.4
N135 G1 Z-24.9
N140 X30
N145 G0 Z1
N146 G28 U0 W0
N147 T0303 (COPYING TOOL LEFT)
N148 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N150 G42 G0 X22 Z1
N155 G1 Z0
N160 G3 X24 Z-1 R1
N165 G1 Z-25
N170 G3 X26 Z-26 R1
N175 G1 Z-50
N180 G2 X28 Z-51 R1
N185 G1 Z-75
N190 X31
N195 G40
N200 G28 U0 W0 M5 M9
N205 M30
```

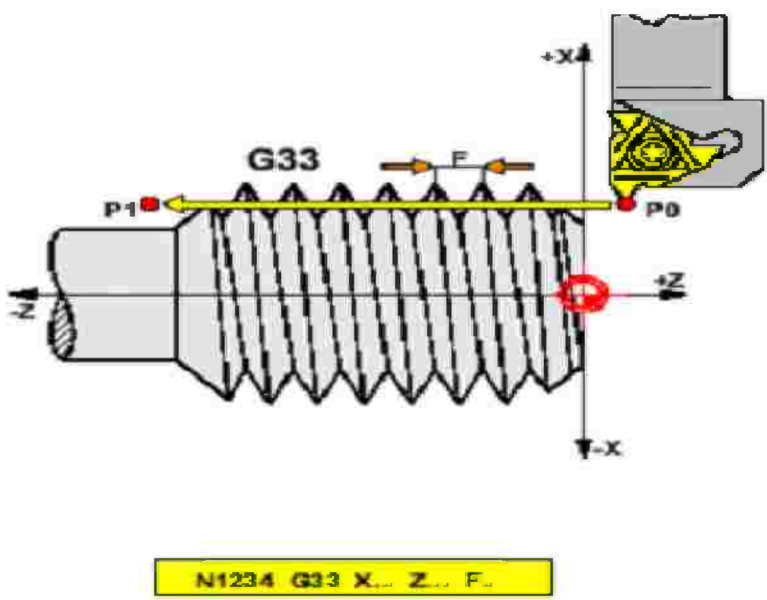


قطع القلاووظ

G33 Thread Cutting

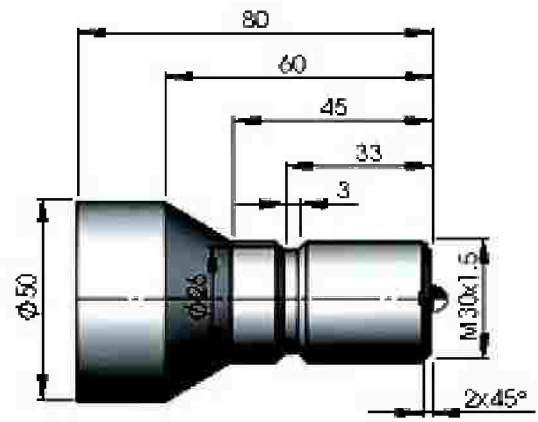
تستخدم العدد المناسبة في عمليات قطع القلاووظ مع هـذا الكود كما هـو موضح بشكل 2 ــ 44 ، والمثال التالي يوضح عمل قلاووظ يمين باستخدام كـود G33

تتحرك العدة بكود G33 بالعمق المطلوب 15 - Z بتغذية أو بخطوة قيمتها 1 مم لكل لفة بدوران الظرف يمين M3، وفي البلوك التالي تتحرك العـدة بكـود G33 إلى أعلى Z5 بنفس التغذية .. ولكن مع عكس اتجاه دوران الظرف شـمال M4.



شكل 2 - 44

المخارط الرقمية CNC ـــ
مثال محلول رقم 1



O0330 (THREAD FUNCTION);
N10 G21 G40 G90 ;
N20 G28 U0W0;
N30 T0101 (THREAD M30X1.5);
N40 G54;
N50 G97 S1000 M3;
N60 G0 X35 Z3;
N70 X29.35;
N80 G33 Z-31.5 F1.5;
N90 G0 X35;
N100 Z3;
N110 X28.95;
N120 G33 Z-31.5;
N130 G0 X35;
N140 Z3;
N150 X28.55;
N160 G33 Z-31.5;
N170 G0 X35;
N180 Z3;
N190 X28.15;
N200 G33 Z-31.5;
N210 G0 X35;
N220 Z3;
N230 X28.05;
N240 G33 Z-31.5;
N250 G0 X35;
N260 G54 G0 X300 Z200 T00;
N270 M30;

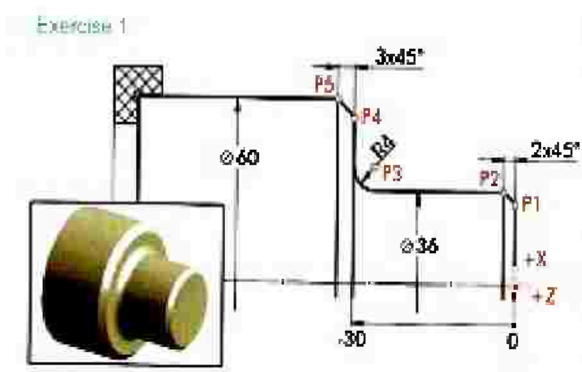
CALCULATION:

1st) Height of thread (P):
P = (0.65 x pitch)
P = (0.65 x 1.5)
P = 0.975

2nd) Final Diameter (X):
X = Major Diameter - (P x 2)
X = 30 - (0.975 x 2)
X = 28.05

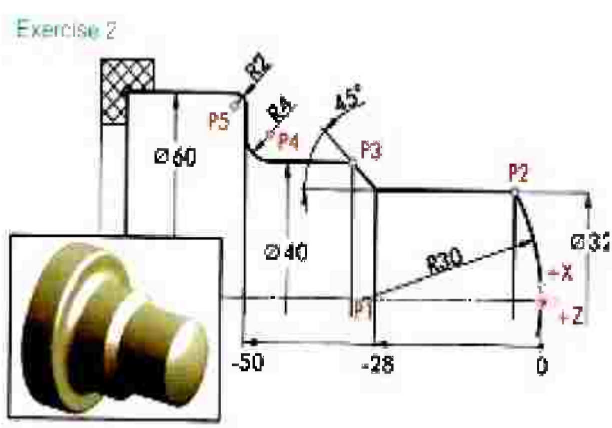
أسئلة وتمارين

1. متى يستخدم كود G02 – G03 – G41 – G42.
2. عن طريق استخدام كود G02 – G03 – G41 – G42 قم بوصف المسار النهائي للعدة بالنسبة للمشغولة التالية :-



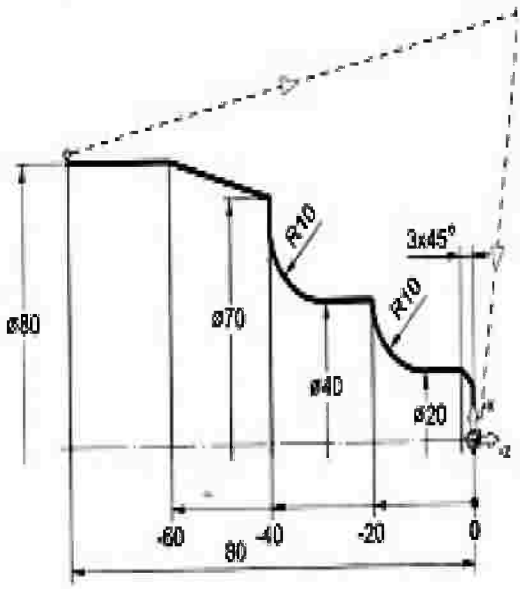
Enter the values
(the value X is always the diameter wit
G90):

	X	Z
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		

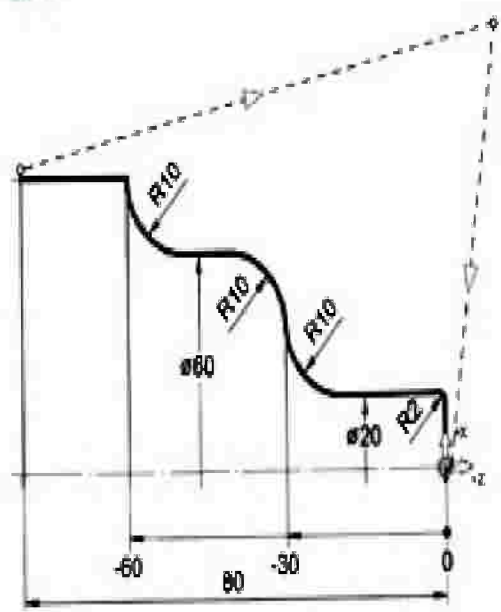


Enter the values:

	X	Z
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		



N	G	X	Z	I	K
N1					
N2					
N3					
N4					
N5					
N6					
N7					
N8					
N9					
N10					
N11					
N12					
N13					



N	G	X	Z	I	K
N1					
N2					
N3					
N4					
N5					
N6					
N7					
N8					
N9					
N10					
N11					
N12					

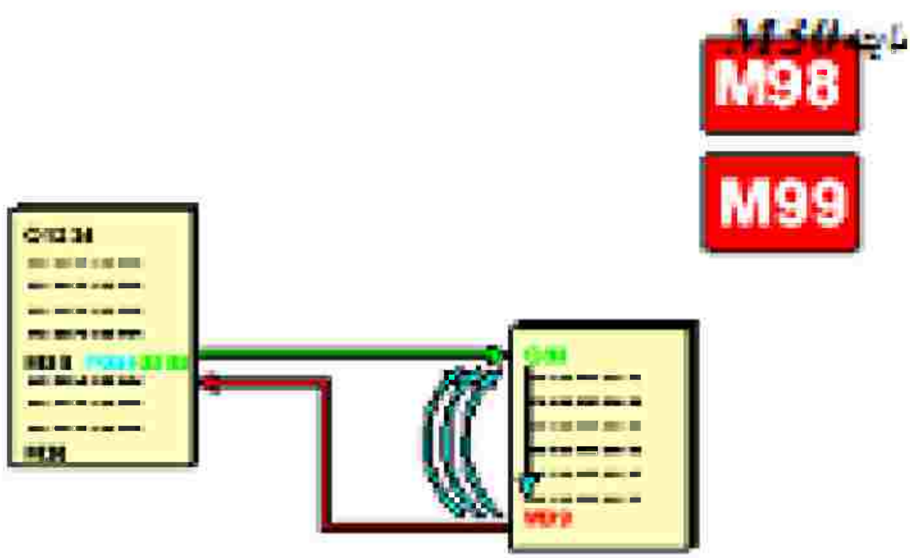
استدعاء البرنامج الفرعي وانهائه والقفز الى بلوك محدد

M98 Subprogram Call
M99 Subprogram End or Jump Instruction

يستخدم كود M98 لاستدعاء برنامج فرعي عندما يكون مطلــوب تــشغيل مسار ما أكثرمن مرة أو بأكثر من عدة، بينما يستخدم كود M99 لإنهاء البرنـــامج الفرعي اذا تم كتابته داخل الفرعي أو القفز إلى بلوك محدد إذا تم كتابته بالبرنامج الرئيسي.

المثال الأتي يوضح طريقة عمل هذا الكود:

أثناء تنفيذ البرنامج الرئيسي O1234 نجد أنه في البلوك رقم N100 يــتم استدعاء البرنامج الفرعي O80 وينفذ أربعة مرات وفي أخر مرة يتم قراءة الكود M99 الذي ينقل عملية التنفيذ الى البلوك رقم N105 بالبرنامج الرئيــسي حتــى نهايته M30 شكل 2 ــ 45.



شكل 2- 45

زمن التوقف

G04 Dwell

تتوقف العدة عن الحركة مع استمرار دوران الظرف في أخر موضع، تـــم برمجته ويتم التوقف بمقدار الزمن المعطى مع G04. يستخدم عادة هــذا الكــود للحصول على حواف حادة أو تنظيف أرضية الثقب ..... الى غير ذلك.

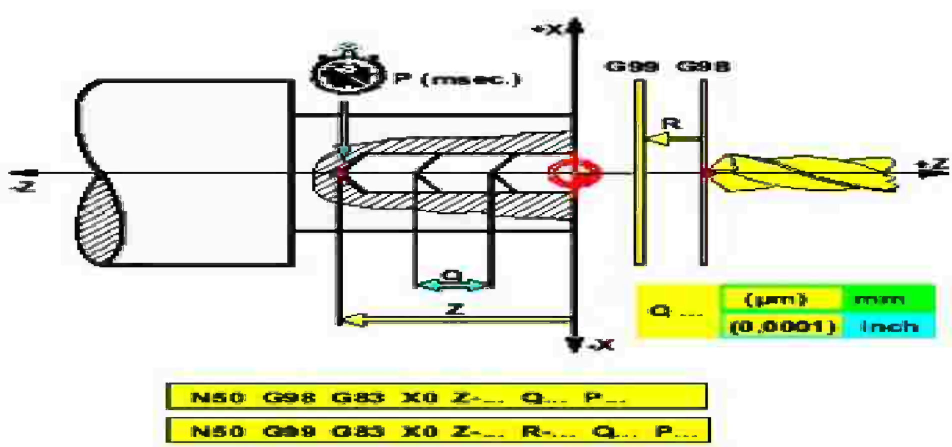
يتم كتابة الكود G04 يليه X ثـــم قيمـــة زمـــن التوقـــف بـــالثواني مثـــل (G04X2.5) .. أي 2.5 ثانية مع العلم أن أقصى زمن للتوقف يكون مسموح بـــه هو 2000 ثانية.

كما يمكن كتابة الكود G04 يليه P ثم قيمة زمن التوقف بالملليمتر / ثانيـــة مثل (G04P1000) .. أي أن زمن التوقف هو 1 ثانية مع العلم أن أقـــل زمـــن للتوقف يكون مسموح به هو 0.1 ثانية .

دورات الثقب

Drilling Cycle

عـــنـــد عمـــل الثقـــــوب العميـــقة، فإنه يجـــب ســـحب وإخـــراج الرايش .. G83 Withdrawal Drilling Cycle، لذلك يستخدم في هذه الدورة G83 عندما تكون الخامة المشغلة ذات صلادة عالية شكل 2 ــ 46.



شكل 2 - 46

وتعرف البارامتير الموجودة بالدورة كالآتي :-

Z عبارة عن العمق النهائى للثقب

P زمن التوقف عند الوصول للعمق النهائى للثقب لتنظيف أرضية الثقب

F قيمة التغذية

Q عمق القطع التى تتقدم به البنطة (ميكرومتر)

R عبارة عن مستوى السحب والرجوع

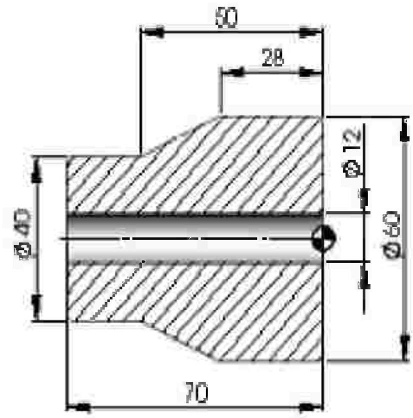
تتم هذه الدورة من خلال تسلسل خطوات العمل التالية :-

1. تتقدم البنطة من مستوى البدء (النقطة المبرمجة قبل استدعاء الدورة مباشرة) إلي داخل المشغولة بكود G01 بمقدار عمق القطع Q.
2. ترجع البنطة إلي مستوى البدء أو مستوى السحب سريعا بكود G00 لتسمح بإخراج وتكسير الرايش .
3. تتحرك البنطة مرة أخرى بكود G00 إلي ما قبل العمق السابق بمقدار 1mm ثم تتحرك بكود G01 بمقدار عمق قطع جديد Q.
4. ترجع البنطة الى مستوى البدء أو مستوى السحب سريعا بكود G00 لتسمح بإخراج وتكسير الرايش .
5. تتقدم البنطة مرة أخرى بكود G00 إلي ما قبل العمق السابق بمقدار 1mm ثم تتحرك بكود G01 بمقدار عمق قطع جديد Q وتتكرر هذه العملية حتى الوصول إلي العمق النهائي Z ثم تتوقف في قاع الثقب زمن مقداره P ملليمتر / ثانية .
6. تعود العدة بأعلى سرعة G00 إلي مستوى البدء أو مستوى السحب سريعا بكود G00 لتتكرر في ثقب أخر يحدد احداثي مركزة اذا لزم الأمر.

مثال محلول : :

(G74)

Peck Drilling Cycle And Longitudinal Turning:




```
O0005 (DRILLING CYCLE);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G54 G0 X300 Z250 T00;
N30 T0505 (DRILL D12 MM);
N40 G54;
N50 G97 S1200 M3;
N60 G0 X0 Z5;
N70 G74 R2;
N80 G74 Z-74 Q15000 F.12;
N90 G54 G0 X300 Z250 T00;
N100 M30;
```

Drilling increment = 15 mm
Feedrate = 0.12 mm/rot

دورات القلوظة بذكر القلاووظ يمين

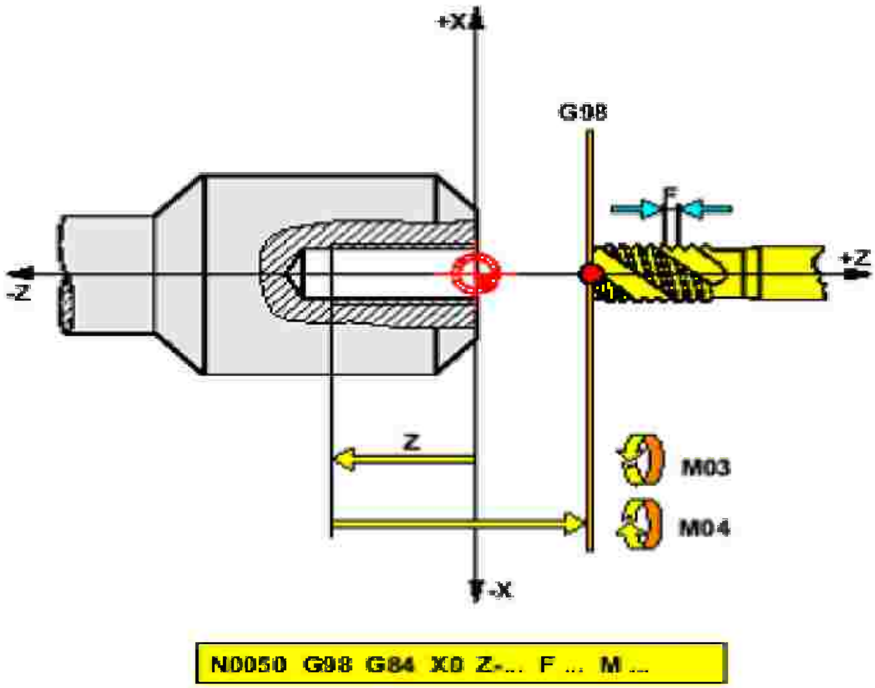
G84 Tapping Cycle

تستخدم هذه الدورة G84 لعمل قلاووظ يمين ، ولابـــد أن تـــسبق عمليتـــا المركزة والثقب هذه العملية شكل 2 ــ 47.

يفضل استخدام كود M00 لإيقاف الماكينة لتنظيف الرايش قبل الثقب بـــذكر القلاووظ .. وتعرف البارامیتر الموجودة بالدورة كالأتي :-

Z عبارة عن العمق النهائي للثقب .

F عبارة عن قيمة التغذية أو قيمة خطوة القلاووظ .



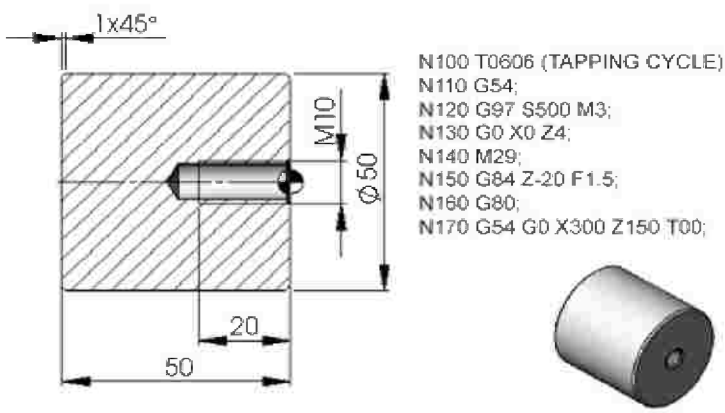
شكل 2- 47

تتم هذه الدورة بالطريقة التالية :ـ

1. يتقدم ذكر القلاووظ بالكود وبالخطوة أو التغذية المعطاه F وبـــدوران الظـــرف يمين M03 من مستوى البدء (النقطة المبرمجة قبل استدعاء الدروة مباشـــرة) حتى الوصول الى العمق النهائي Z
2. يعود ذكر القلاووظ الى مستوى البدء أو مستوى السحب بكود G33 وبـــنفس الخطوة F مع عكس حركة عمود الدوران M04

مثال محلول :

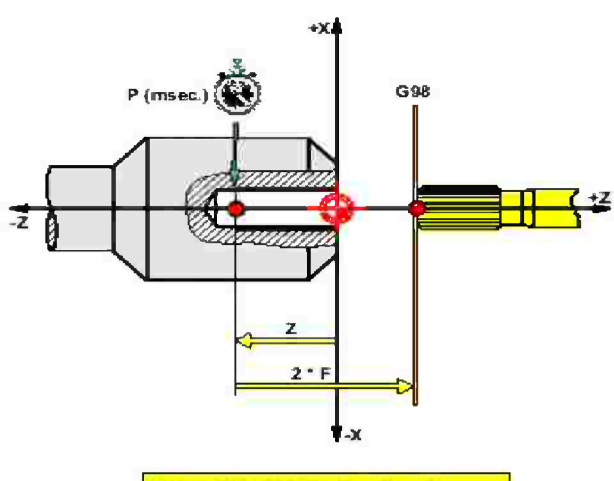
(G84)
Front Tapping Cycle



دورة عمل برغلة

G85 Reaming Cycle

تستخدم هذه الدورة G85 لتنعيم الثقب، وتعرف البارامیتر الموجودة بالدورة كالأتي شكل 2 ــ 48 :-



شكل 2- 48

حيث

Z عبارة عن عمق الثقب

F عبارة عن قيمة التغذية

R عبارة عن مستوى السحب والرجوع

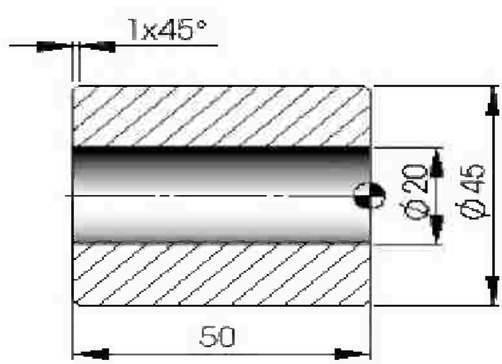
P زمن التوقف فى نهاية الثقب بالمللى ثانية

تتم هذه الدورة بالطريقة التالية :-

1. تتقدم العدة من مستوى البدء (النقطة المبرمجة قبل استدعاء الدورة مباشرة) الى داخل المشغولة بتغذية F بكود G01 بمقدار عمق الثقب Z.
2. تعود العدة بضعف تغذية الدخول أي بتغذية 2XF بكود G01 إلى مستوى البدء أو مستوى السحب.

مثال محلول :

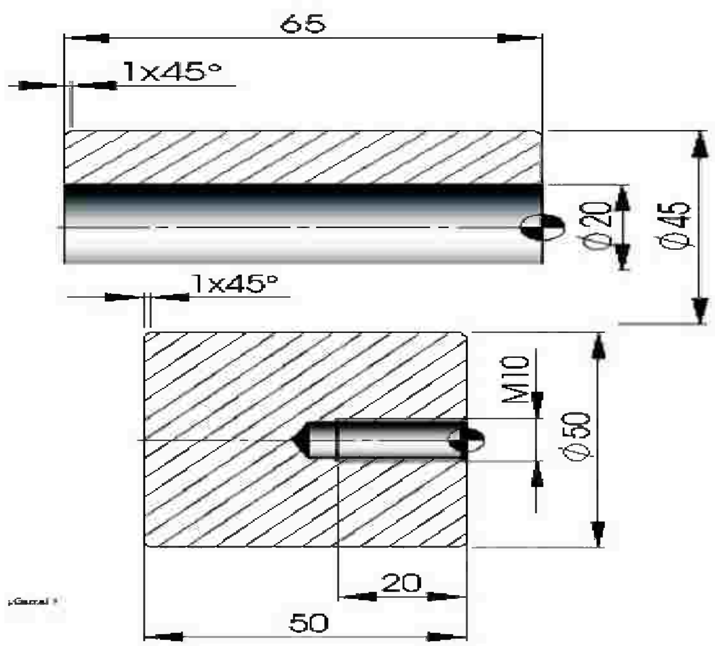
(G85)
Front Boring Cycle




```
N100 T0808 (BORING);
N110 G54;
N120 G97 S750 M3;
N130 G0 X0 Z2 ;
N140 G85 Z-55 F0.5 ;
N150 G80 ;
N160 G54 G0 X300 Z150 T00;
```

أسئلة وتمارين

1. متى يستخدم كود G85 – G84 –G83.
2. عن طريق استخدام كود G85 – G84 – G83 قم بعمل برنامج للمـــشغولة التالية:-

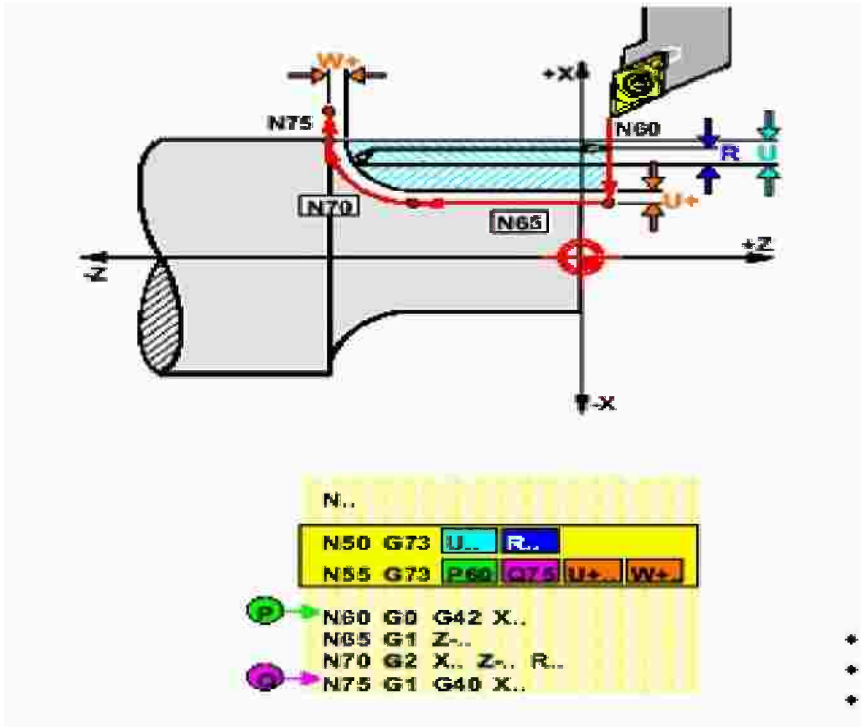


دورة خراطة التخشين والاستقراب

G73 Roughing Cycle

تستخدم هذه الدورة عندما يكون مطلوب خراطة الجزء واستقرابه الى الشكل قبل النهائي سواء كانت الخراطة خارجية أو داخلية، ويكون الهدف من هذه الدورة هو إزالة أكبر كمية من الرايش في أقل وقت ممكن بصرف النظـــر عـــن جـــودة السطح، لذلك تستخدم سرعة تغذية عالية مع سرعة قطع منخفضة شكل 2 ــ 49 .

الباب الثاني ـــ



شكل 2- 49

وتعرف البارامیتر الموجودة بالدورة كالآتي :

U1 هوعمق القطع لكل مشوار (مم)

R هو قيمة الابتعاد عن المشغولة فى نهاية كل مشوار(العتق)(مم)

P رقم أول سطر (بلوك) عند برمجة المسار النهائي للجزء المشغل

U2 عبارة عن النسبة المتروكة للتشطيب فى اتجاه محور **X**

Q رقم أخر سطر(بلوك) عند برمجة المسار النهائي للجزء المشغل

W عبارة عن النسبة المتروكة للتشطيب فى اتجاه محور **Z**

تتم هذه الدورة بالطريقة التالية :ـ

1. تكون العدة موجودة عند النقطة C قبل استدعاء أو تشغيل الدورة.

2. يتم برمجة المسار النهائي للمشغولة ما بين رقم أول سطر(بلوك) للمسار P وبين رقم أخر سطر (بلوك) للمسار Q.
3. قبل استدعاء الدورة يتم إحضار العدة الى نقطة البداية C.
4. يتم أخذ عمق القطع الأول ومقداره U1 مع ترك قيمة للتشطيب النهائي لمحور X هي U2.
5. يتم التحرك للعدة بتغذية مبرمجة مسبقا فى اتجاه محور Z تاركا قيمة محددة للتشطيب في اتجاه محور Z وهى W.
6. تعود العدة إلى نقطة البداية C تاركة الخامة بزاوية 45° وبارتفاع في اتجاه محور X قيمته R.
7. بعد عودة العدة الى النقطة C يتم أخذ عمق قطع جديد U1 تاركا أيضا نسبة للتشطيب U.
8. تتحرك عدة القطع داخل الخامة بتغذية معرفة مسبقا فى اتجاه محور Z تاركا نسبة للتشطيب قيمتها W.
9. يتم تكرار العمليات من 4 الى 8 حتى يتم تشغيل الجزء للوصول الى المسار النهائي مع ترك قيمتين للتشطيب U لمحور X ، W لمحور Z.

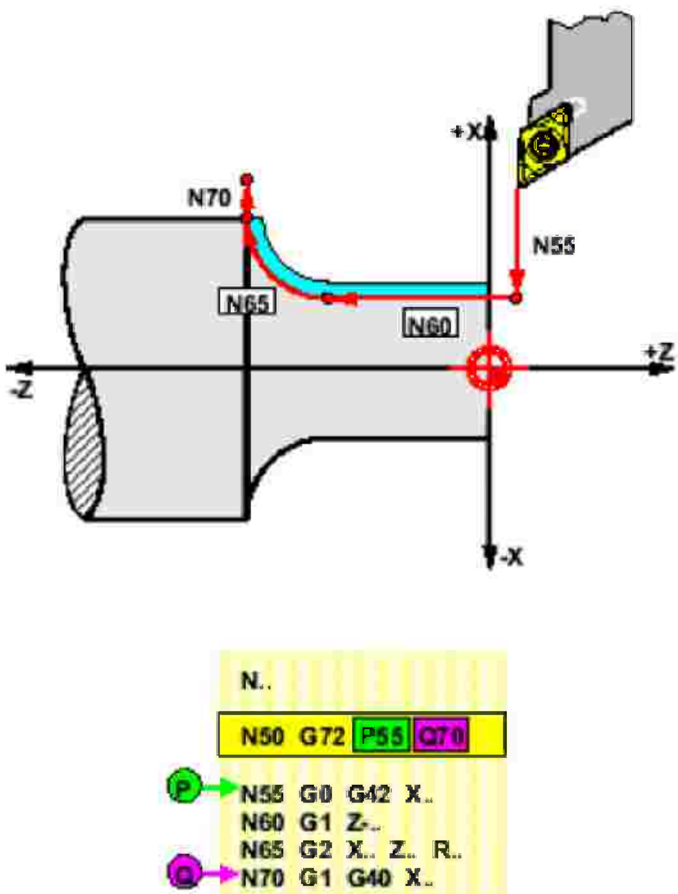
ملاحظات :

1. إذا وجد نظام التحكم العناوين F , S , T داخل المسار من P الى Q يتم تجاهلهم ويأخذ القيم التى تم برمجتها قبل استدعاء الدورة
2. يجب أن يكون المسار من P إلى Q تصاعدي أي يزداد القطر من اتجاه السطر P إلى السطر Q
3. غير مسموح باستدعاء أى برنامج فرعى داخل المسار من P الى Q
4. يفضل الذهاب إلى نقطة استقراب سريعا بكود G0 إلى قيمة أكبر قطر إذا كانت الخراطة خارجية أو إلى قيمة أصغر قطر إذا كانت الخراطة داخلية.

دورة خراطة التشطيب والتنعيم

G72 Finishing Cycle

تستخدم هذه الدورة عندما يكون مطلوب تشطيب وتنعيم الجزء الى الشكل النهائي، ويكون الهدف من هذه الدورة هو تشطيب وتنعيم الجزء المشغل بصرف النظر عن الوقت المطلوب، لذلك تستخدم سرعة تغذية منخفضة مع سرعة قطع عالية شكل 2 ــ 50 .



شكل 2- 50

وتعرف البارميتر الموجودة بالدورة كالآتي :

P رقم أول سطر(بلوك)عند برمجة المسار النهائي للجزء المشغل

Q رقم أخر سطر(بلوك)عند برمجة المسار النهائي للجزء المشغل

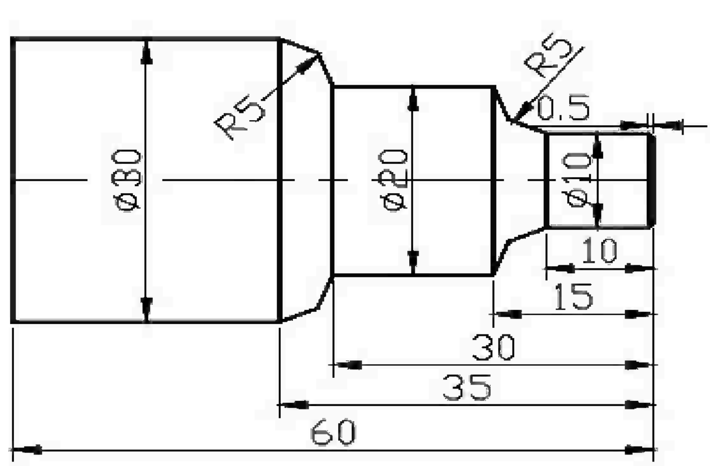
ملاحظات :

1. إذا وجد نظام التحكم العناوين F , S , T داخل المسار من P الى Q ، يتم أخذهم في الحسبان ويتجاهل القيم التي تم برمجتها قبل استدعاء الدورة.
2. يجب أن يكون المسار من P إلى Q تصاعدي أي يزداد القطر من اتجاه السطر P الى السطر Q.
3. غير مسموح باستدعاء أي برنامج فرعي داخل المسار من P الى Q.

أمثله محلولة

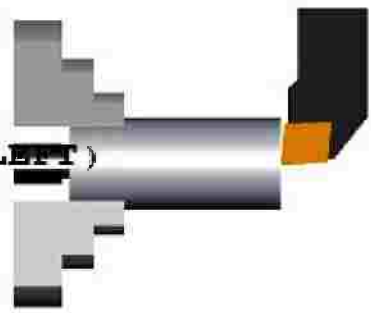
مثال 1

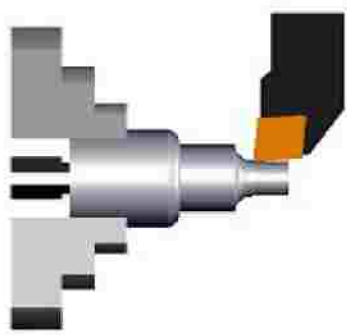
DRAWING

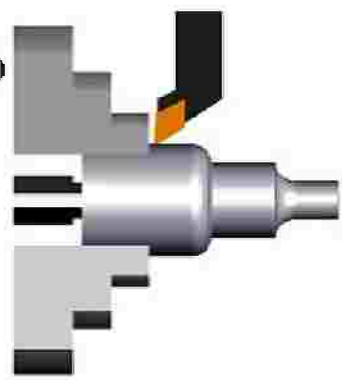


Application: G73/G72	Tolerance: DIN	Surface: ISO	Scale:	Weight:
			Material: Aluminum	
			Dimension:	
Drawn by:			Drawing name: PART -	
Checked by:			Drawing Number:	Sheet:
N50 G73 U0.5 R1 N55 G73 P60 Q165 U0.4 W0.1				

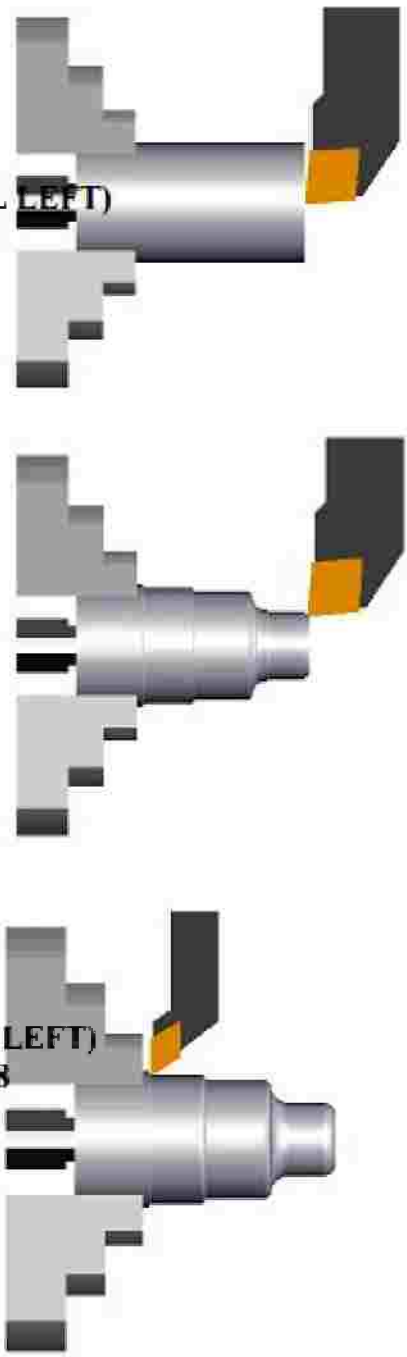
```
O0003 (TURNING G73/G72 )
N5 G18 G90 G71 G80
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT )
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N25 G0 X35 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X30
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q105 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X9 Z2
N65 G1 Z0
N70 X10 Z-0.5
N75 Z-10
N80 G2 X20 Z-15 R5
N85 G1 Z-30
N90 G3 X30 Z-35 R5
N95 G1 Z-43
N100 X30
N105 G40
N110 G28 U0 W0
N115 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N120 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N125 G72 P55 Q105
N130 G28 U0 W0 M5 M9
N135 M30
```





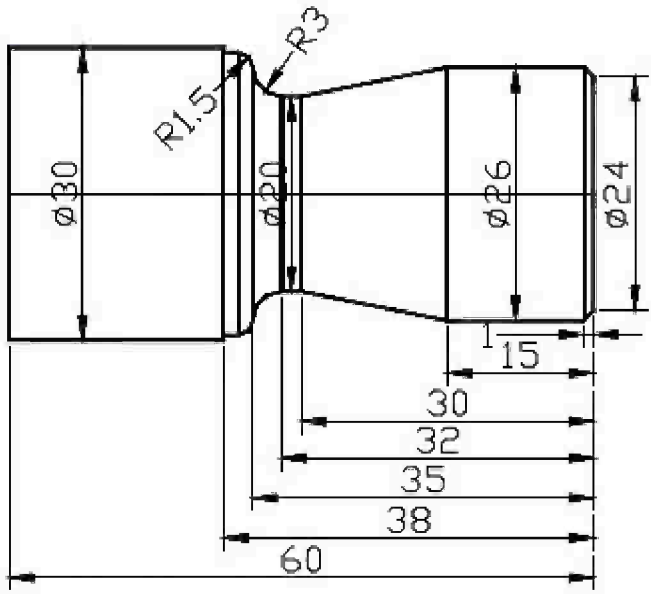


```
O0004(TURNING G73/G72 )
N5 G18 G90 G71 G80
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N25 G0 X35 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X30
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q105 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X10 Z2
N65 G1 Z0
N70 G3 X16 Z-3 R3
N75 G1 Z-11
N80 G2 X24 Z-15 R4
N85 G1 X26 Z-16
N86 Z-30
N90 G3 X28 Z-31 R1
N95 G1 Z-43
N100 X30
N105 G40
N110 G28 U0 W0
N115 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N120 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N125 G72 P55 Q105
N130 G28 U0 W0 M5 M9
N135 M30
```



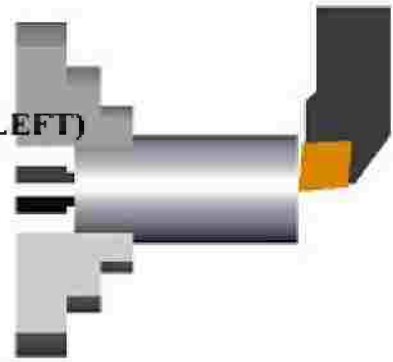
مثال 3

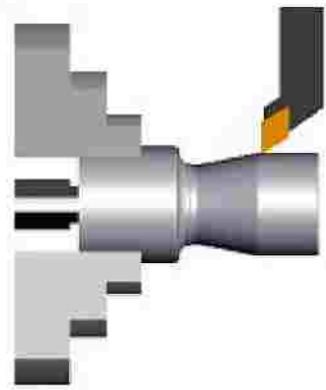
DRAWING

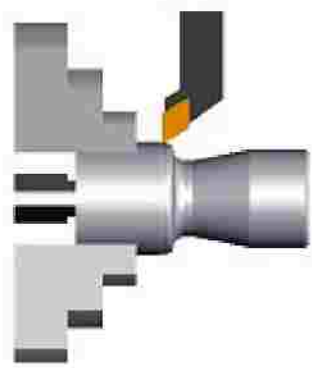


Application: G73/G72	Tolerance: DIN	Surface: ISO	Scale:	Weight:
			Material: Aluminium	
			Dimension:	
Drawn by:			Drawing name: PART -	
Checked by:				
			Drawing Number:	Sheet:

الباب الثاني ـــ
O0005 (TURNING G73/G72)
N5 G18 G90 G80 G71
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N20 G92 S3500
N25 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N30 G0 X35 Z0
N35 G1 X-1
N40 G0 Z2
N45 G28 U0 W0
N46 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N47 G96 S150 G95 F0.15 M4 M8
N48 G0 X30 Z2
N50 G73 U.5 R1
N55 G73 P60 Q105 U0.4 W0.1
N60 G42
N65 G0 X24 Z2
N70 G1 Z0
N75 X26 Z-1
N80 Z-15
N85 X20 Z-30
N90 Z-32
N95 G2 X26 Z -35 R3
N100 G3 X29 Z-36.5 R1.5
N111 G1 Z-38
N112 X30
N105 G40
N115 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N120 G72 P60 Q105
N125 G28 U0 W0 M5 M9
N140 M30

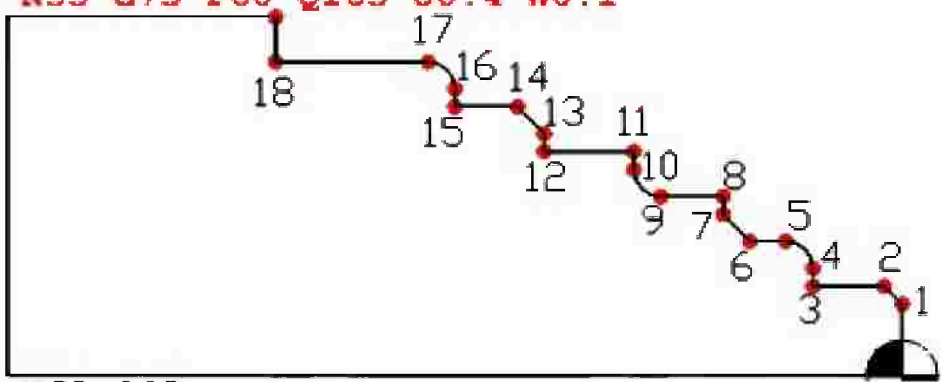




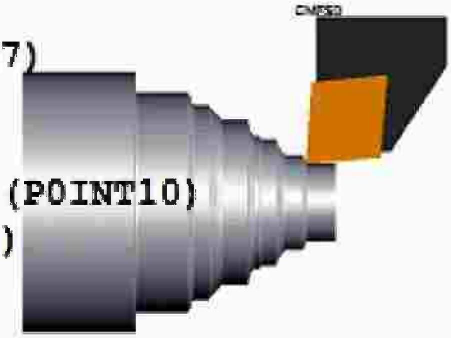


المخارط الرقمية CNC ـــ
Application: G73/G72	Tolerance: DIN	Surface: ISO	Scale:	Weight:
			Material: Aluminum	
			Dimension:	
Drawn by:			Drawing name: PART -	
Checked by:				
N50 G73 U0.5 R1 N55 G73 P60 Q165 U0.4 W0.1			Drawing Number:	Sheet:

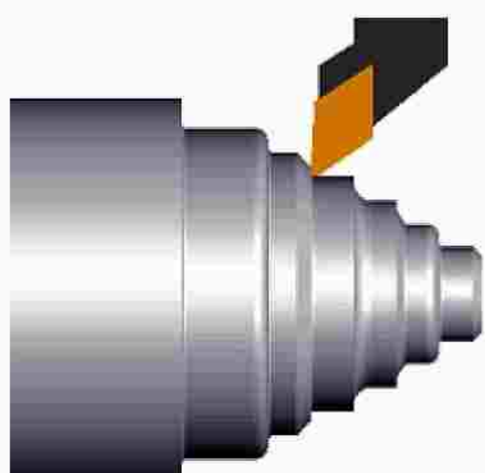
الباب الثاني ـــ
```
O0006 (TURNING G73/G72)
N5 G28 U0 W0
N10 G92 S3500
N15 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4
N25 G0 X45 Z0
N30 G1 M8 X-1
N35 G0 Z2
N40 X43
N45 S150 F0.15
N50 G73 U0.5 R1
N55 G73 P60 Q165 U0.4 W0.1
```



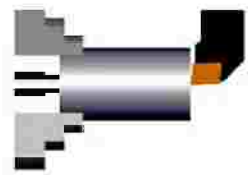

```
N60 G42
N65G0 X8 Z2
N70 G1 Z0 (POINT1)
N75 X10 Z-1 (POINT2)
N80 Z-5 (POINT3)
N85 X12 (POINT4)
N90 G3 X15 Z-6.5 R1.5 (POINT5)
N95 G1 Z-9 (POINT6)
```

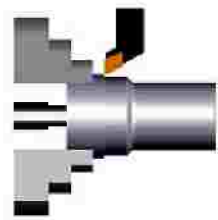


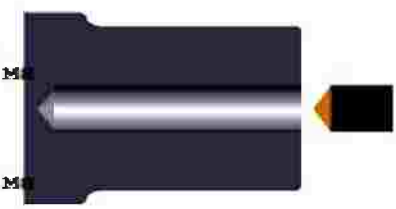
```
N100 X18 Z-10 (POINT7)
N105 X20 (POINT8)
N110 Z-13 (POINT9)
N115 G2 X24 Z-15 R2 (POINT10)
N120 G1 X25 (POINT11)
N125 Z-20 (POINT12)
N130 X26 (POIN13)
N135 X30 Z-22 (POINT14)
N140 Z-25 (POINT15)
N145 X31 (POINT16)
N150 G3 X35 Z-27 R2 (POINT17)
N155 G1 Z-35 (POINT18)
N160 X42 (POINT19)
N165 G40
N170 G28 U0 W0
N175 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N180 G96 S250 G95 F0.1 M4
N190 G72 P60 Q165
N195 G28 U0 W0
N200 M30
 %
```



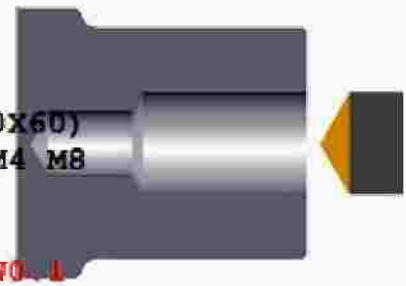
الباب الثاني ـــ
```
O009 (INTERNAL TURNING)
N5 G28 U0 W0
N10 T0404 (ROUGHING TOOL LEFT)
N15 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N20 G0 X47 Z0
N25 G1 X-1
N30 G0 Z2
N35 X45
N40 S180 F0.15
N45 G73 U0.5 R0.5
N50 G73 P55 Q100 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X34 Z2
N65 G1 Z0
N70 X36 Z-1
N75 Z-33
N80 G2 X40 Z-35 R2
N85 G1 X42 Z-36
N90 Z-45
N95 X45
N100 G40
N110 G28 U0 W0
N115 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N120 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N125 G72 P55 Q100
N135 G28 U0 W0
N140 T0101 (CENTER DRILL)
N145 G97 S2000 G95 F0.06 M3 M8
N150 G0 X0 Z2
N155 G1 Z-4
N160 G0 Z2
N165 G28 U0 W0
N170 T0303 (TWIST DRILL@10)
N175 G97 S2500 G95 F0.06 M3 M8
N180 G0 X0 Z2
N185 G83 Z-43 Q3000
N195 G28 U0 W0
N200 T0505 (TWISTD@16)
N205 G97 S1500 G95 F0.05 M3 M8
```

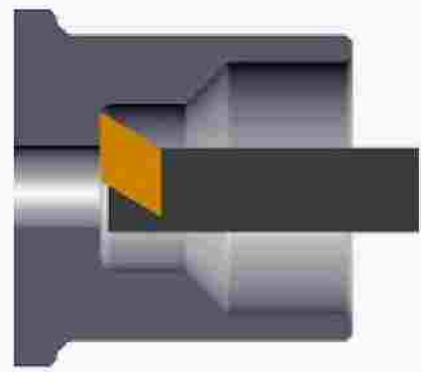


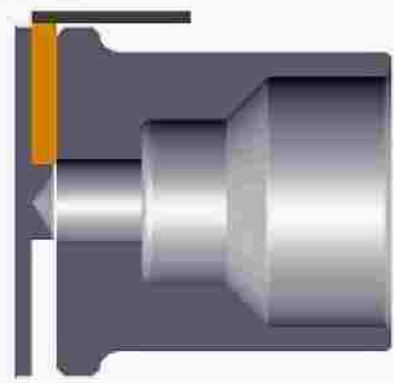




المخارط الرقمية CNC ـــ
```
N210 G0 X0 Z2
N215 G83 Z-30 Q3000
N225 G28 U0 W0
N230 T1212 (BORING BAR@10X60)
N235 G96 S150 G95 F0.15 M4 M8
N240 G0 X16 Z2
N245 G73 U0.5 R0.5
N250 G73 P255 Q300 U0.3 W0.1
N255 G41
N260 G0 X32 Z2
N265 G1 Z0
N270 X30 Z-1
N275 Z-15
N280 X20 Z-20
N285 Z-29
N290 G3 X18 Z-30 R1
N295 G1 X16
N300 G40
N305 S250 F0.1
N310 G72 P255 Q300
N315 G28 U0 W0
N320 T0606 (PARTING OF TOOL R.)
N325 G96 S180 G95 F0.05 M4 M8
N330 G0 X45 Z-40
N335 G1 X30
N340 G0 X45
N345 Z-39
N350 G1 X42
N355 X40 Z-40
N360 X9
N365 G0 X50
N370 G28 U0 W0
N375 M30
```

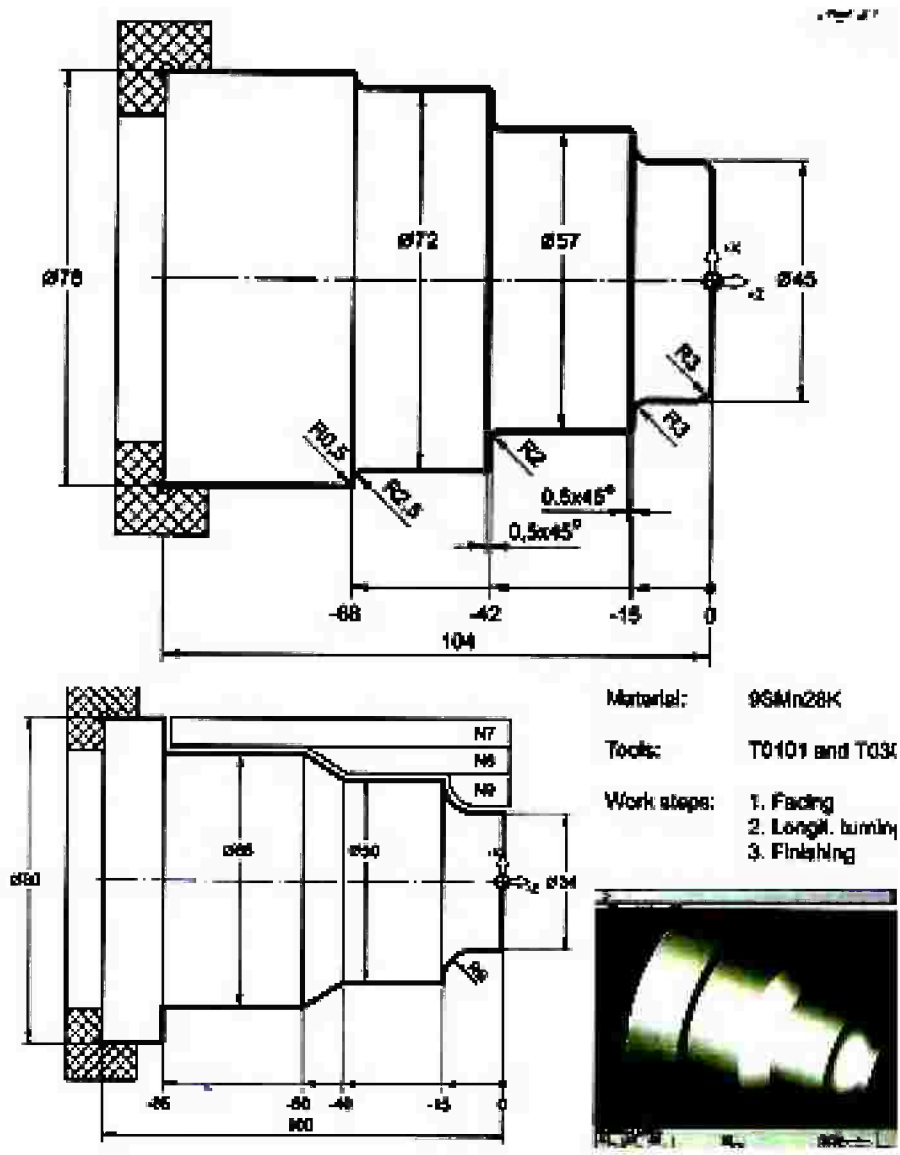






أسئلة وتمارين :

1. متى تستخدم الدورات G72 – G73
2. عن طريق استخدام الدورات G72 – G73 قم بعمـــل برنـــامج للمـــشغولات التالية:-



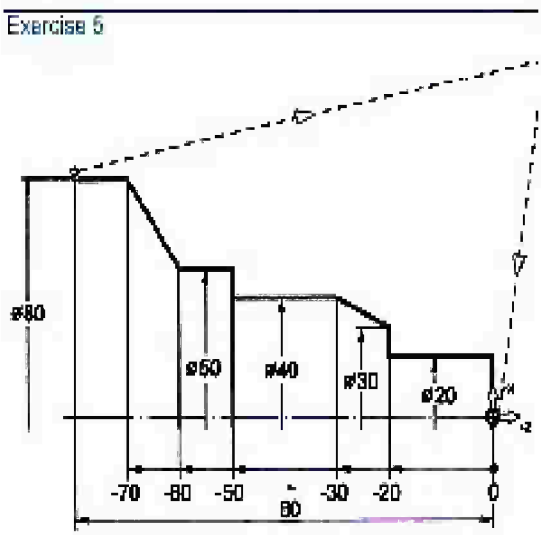
المخارط الرقمية CNC ـــ

Material: 9SMn28K

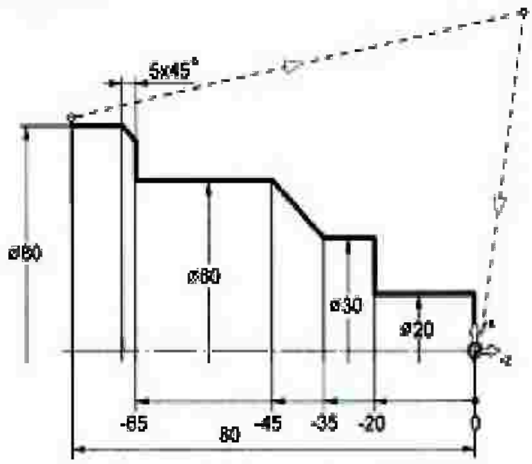
Tools: T0101 and T0303

Work steps: 1. Facing
2. Longit. turning
3. Finishing

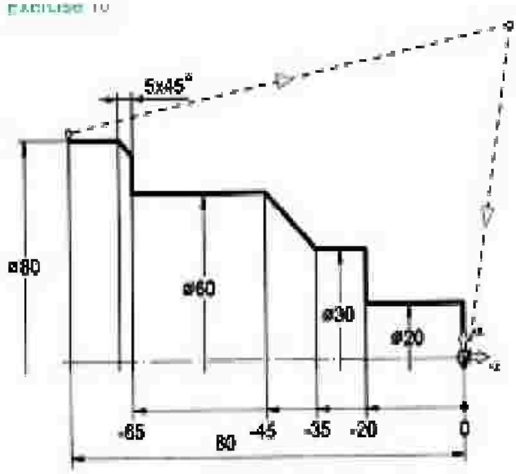
Exercise 5



N	G	X	Z
N1	G0	X0	Z1
N2	G1		Z0
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12	G1	X82	
N13	G0	X120	Z10

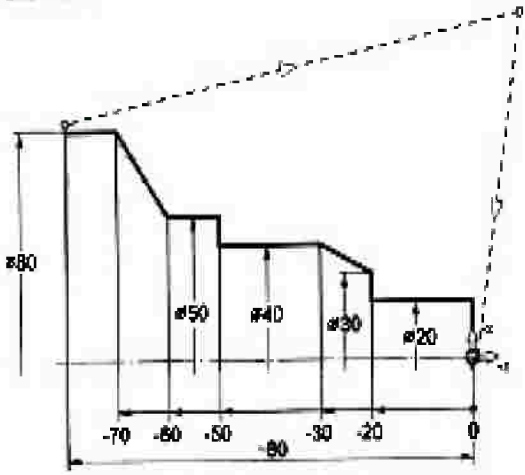


N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			



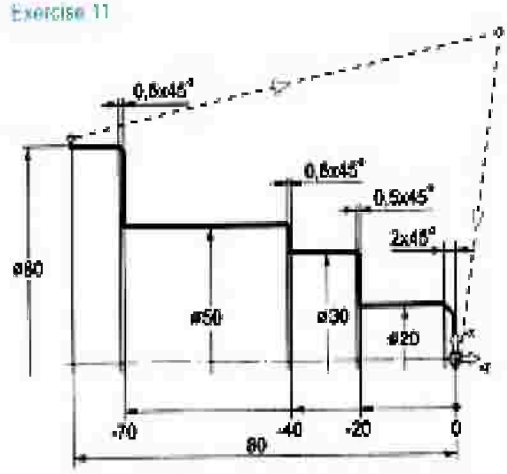
N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			

Exercise 9



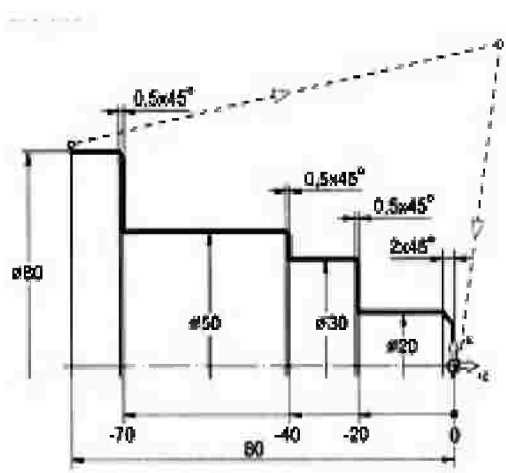
N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15	G90		

Exercise 11



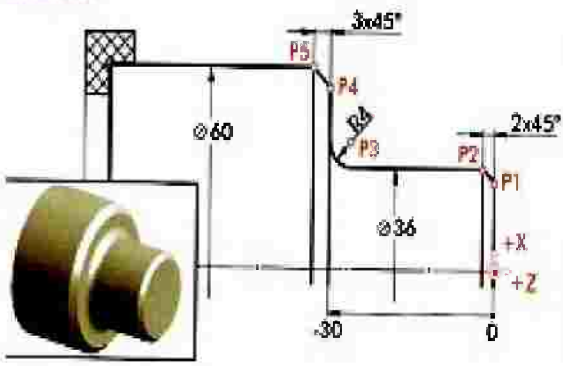
N	G	X	Z
N1	G91		
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15	G90		

الباب الثاني ـــ



N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			
N13			
N14			
N15			
N16			
N17			
N18	G90		

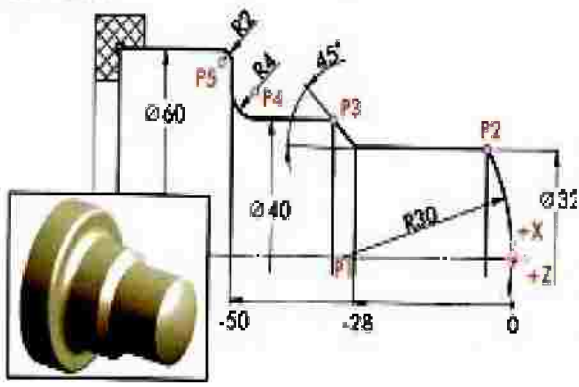
Exercise 1



Enter the values
(the value X is always the diameter wit
G90):

	X	Z
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		

Exercise 2

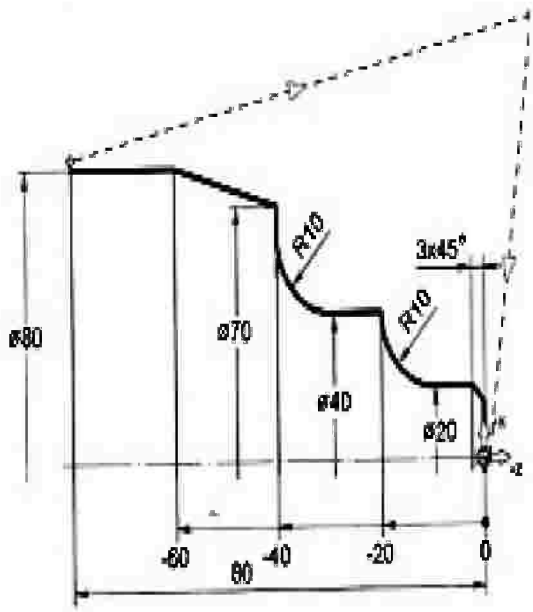


Enter the values:

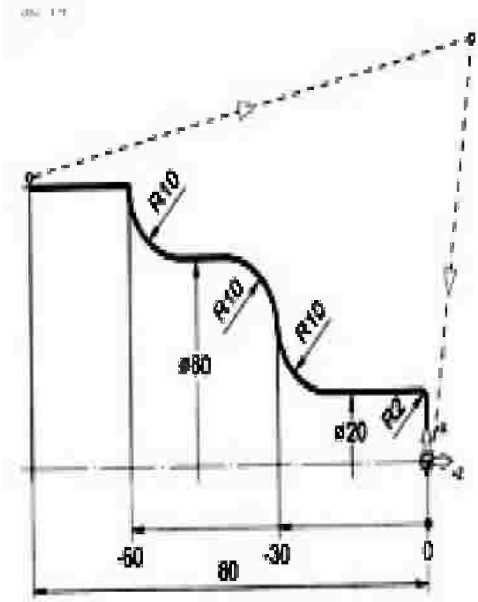
	X	Z
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		

المخارط الرقمية CNC ـــ

N	G	X	Z	I	K
N1					
N2					
N3					
N4					
N5					
N6					
N7					
N8					
N9					
N10					
N11					
N12					
N13					



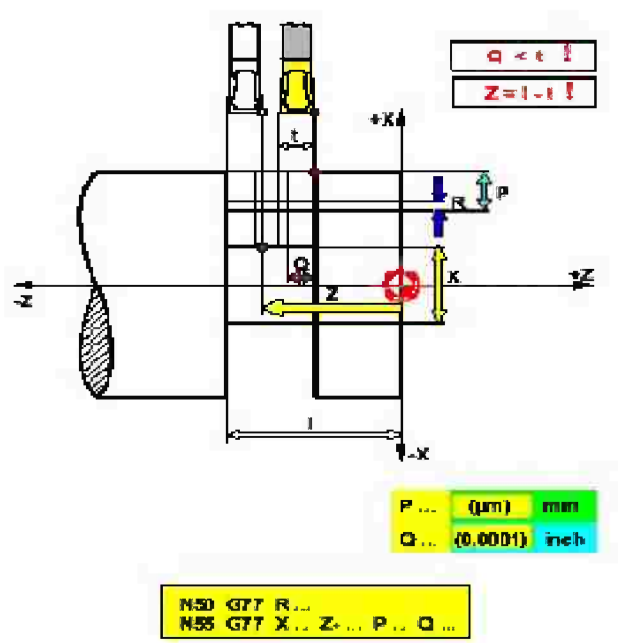
N	G	X	Z	I	K
N1					
N2					
N3					
N4					
N5					
N6					
N7					
N8					
N9					
N10					
N11					
N12					



دورة خراطة التجاوييف والقنوات

G77 Grooving Cycle

تستخدم دورة خراطة التجاويف والقنوات الموضحة بشكل 2 ـ 51 عنـــدما يراد قطع القنوات أو عمل تجاوويف ، وتعرف البـــاراميتر الموجـــودة بالـــدورة كالآتي :-



شكل 2- 51

R(mm) قيمة الرجوع لتكسير الرايش

X(U) مقدار القطر الأصغر للقناه

Z(W) نهاية التجويف أو القناة، وعند تحديده يجب الأخذ فى الاعتبارعرض سكينة القطع

P(μm) عمق القطع في اتجاه محور **x**

Q(μm) مقدار الترحيل في اتجاه محور **Z**

R .... لعمل تسوية لأرضية القناة

F .... عبارة عن قيمة التغذية

تجرى هذه الدورة بالخطوات التالية:ـ

يتم إحضار العدة الى المكان بداية التجويف، قيمة x أكبر من قيمـــة القطـــر الأكبر للقناه حتى لا يحدث تصادم .

تتقدم العدة بمقدار عمق القطع p بسرعة تغذية F ثم ترجع العدة سريعا ب G0 إلى الخلف بمقدار R ، وذلك لتكسير الرايش ويتكرر ذلك حتى تصل العدة إلى أرضية القناة X .

تصعد العدة الى أعلى عند نقطة الاستقراب X ثم يتم ترحيل العدة فى اتجـــاه محورZ وبقيمة مقدارها Q ثم تتقدم العدة فى اتجاه محور X بمقدار عمق القطع P بسرعة تغذية F ثم ترجع العدة سريعا ب G0 إلى الخلف بمقدار R وذلك لتكـــسير الرايش وتتقدم العدة مرة أخرى بمقدار عمق القطع P بسرعة تغذية F ثـــم ترجـــع العدة سريعا بG0 الى الخلف بمقدار R وذلك لتكسير الرايش ويتكرر ذلك حتى تصل العدة إلى أرضية القناة X ثم تجرى تسوية لأرضية القناة بقيمة مقدارها R.

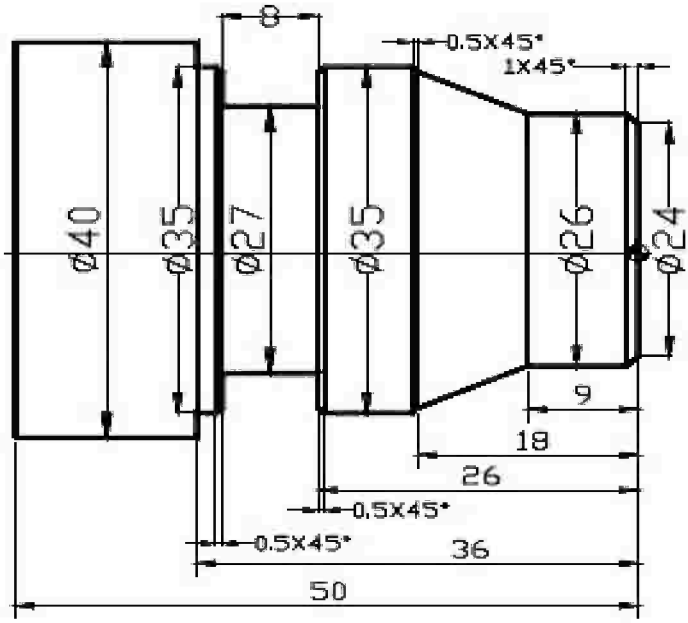
تتكرر الخطوات من 2 الى 3 حتى نـهاية القناة Z ثم تعود العدة بعد نـهايـــة الدورة إلى نقطة البداية أو الاستقراب .

ملاحظات :

- يجب أن يكون مقدارQ أقل من عرض السكينة المستخدمة.
- عرض القناة يجب حسابه بدقة لأنه مرتبط بقيمة Q وكـــذلك بقيمـــة السكينة المستخدمة للقطع.
- عند أول مشوار لا يتم عمل تسوية لأرضية القناة ويجب أن تكون قيمة R موجبة لعمل التسوية .

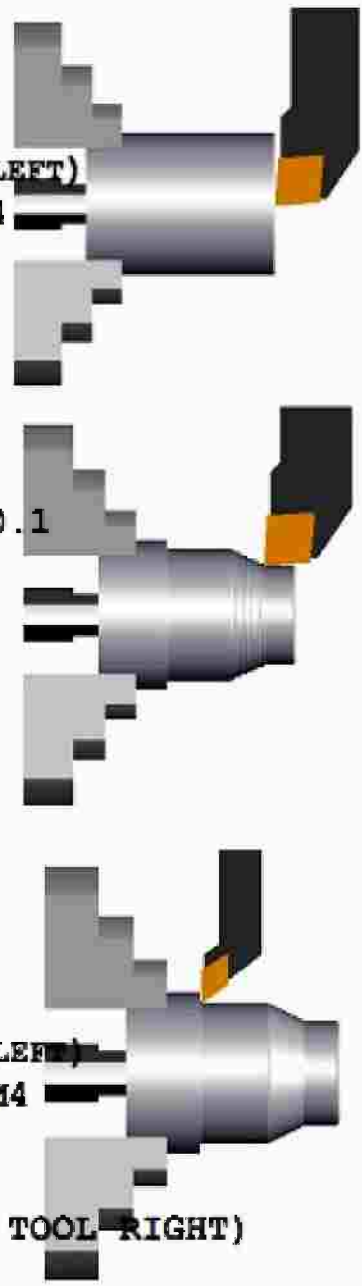
مثال محلول :

DRAWING

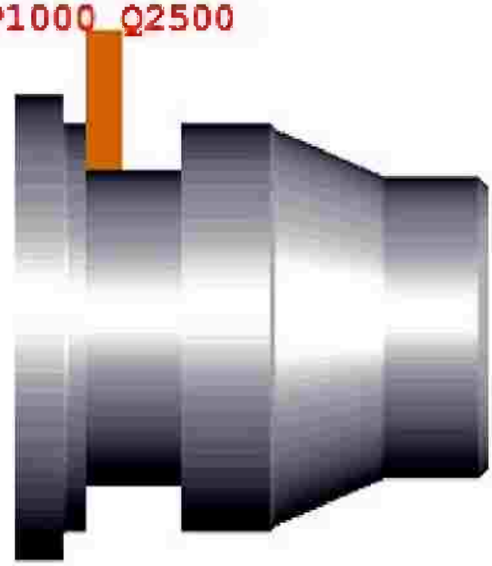


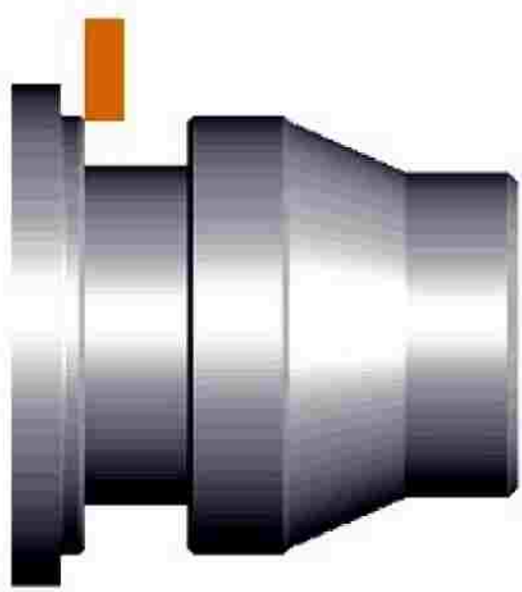
Application: G77	Tolerance: DIN	Surface: ISO	Scale:	Weight:
			Material: Aluminum	
			Dimension:	
Drawn by:			Drawing name: PART -	
Checked by:				
N145 G77 R1 N150 G77 X27 Z-31 P1000 Q2500			Drawing Number:	Sheet:

المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0007 (TURNING/G77)
N5 G28 U0 W0
N10 T0101 (ROUGHING TOOL LEFT)
N15 G96 S200 G95 F0.1 M4
N20 G0 X45 Z0
N25 G1 X-1 M8
N30 G0 Z2
N35 X40
N40 S150 M8 F0.15
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q100 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X24 Z2
N65 G1 Z0 M8
N70 X26 Z-1
N75 Z-9
N80 X34 Z-18
N85 X35 Z-18.5
N90 Z-36
N95 X40
N100 G40
N105 G28 U0 W0
N110 T0202 (COPYING TOOL LEFT)
N115 G96 S250 G95 F0.1 M4
N120 G72 P55 Q100
N125 G28 U0 W0
N130 T0303 (PARTING OFF TOOL RIGHT)
```



```
N135 G96 S170 G95 F0.07 M4
N140 G0 X36 Z-26
N145 G77 R1
N150 G77 X27 Z-31 P1000 Q2500
N155 G0 X36
N160 Z-25.5
N165 G1 X35
N170 X34 Z-26
N175 G0 X36
N180 Z-31.5
N185 G1 X35
N190 X34 Z-31
N195 G0 X40
N200 G28 U0 W0
N205 M30
```

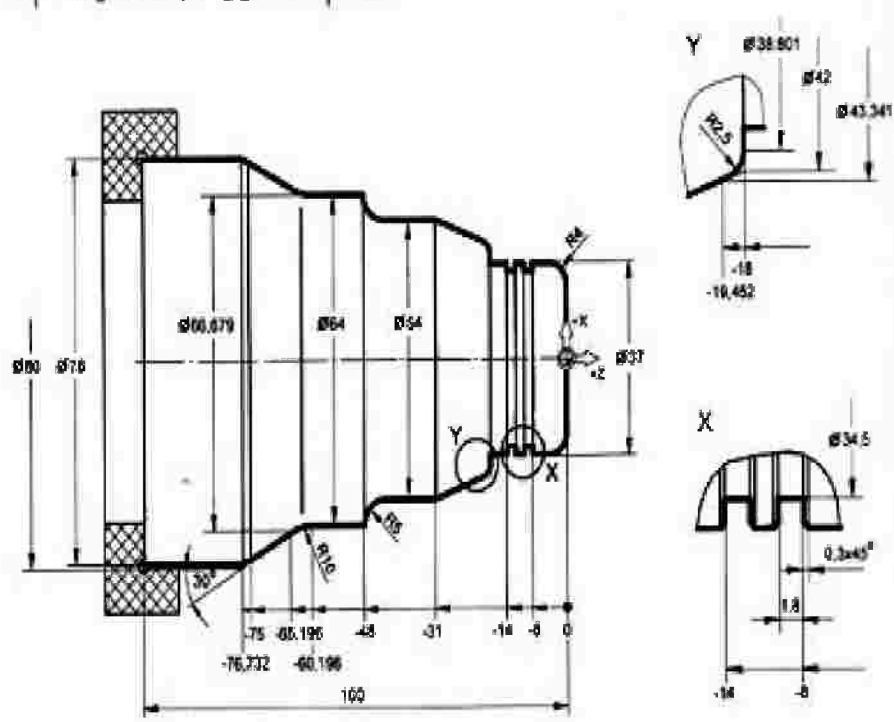




المخارط الرقمية CNC ـــ

	Work steps	Tools
1.	Facing	T0101
2.	Longitudinal roughing	T0101
3.	Finishing	T0303
4.	Cutting the snap ring grooves	T0404

Unmachined part: ∅ 80 x 100

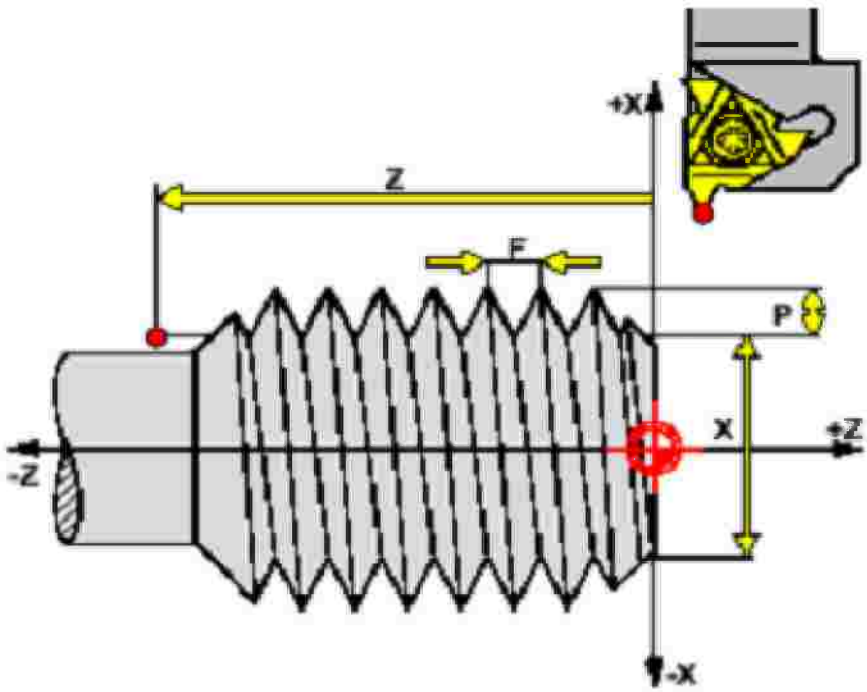


الباب الثاني ـــ

دورة قطع القلاووظ

G78 Threading Cycle

تستخدم دورة قطع القلاووظ عندما يراد قطع قلاووظات خارجية أو داخلية كما هو موضح بشكل 2 ــ 52 أوعند عمل القلاووظ متعدد الأبواب .



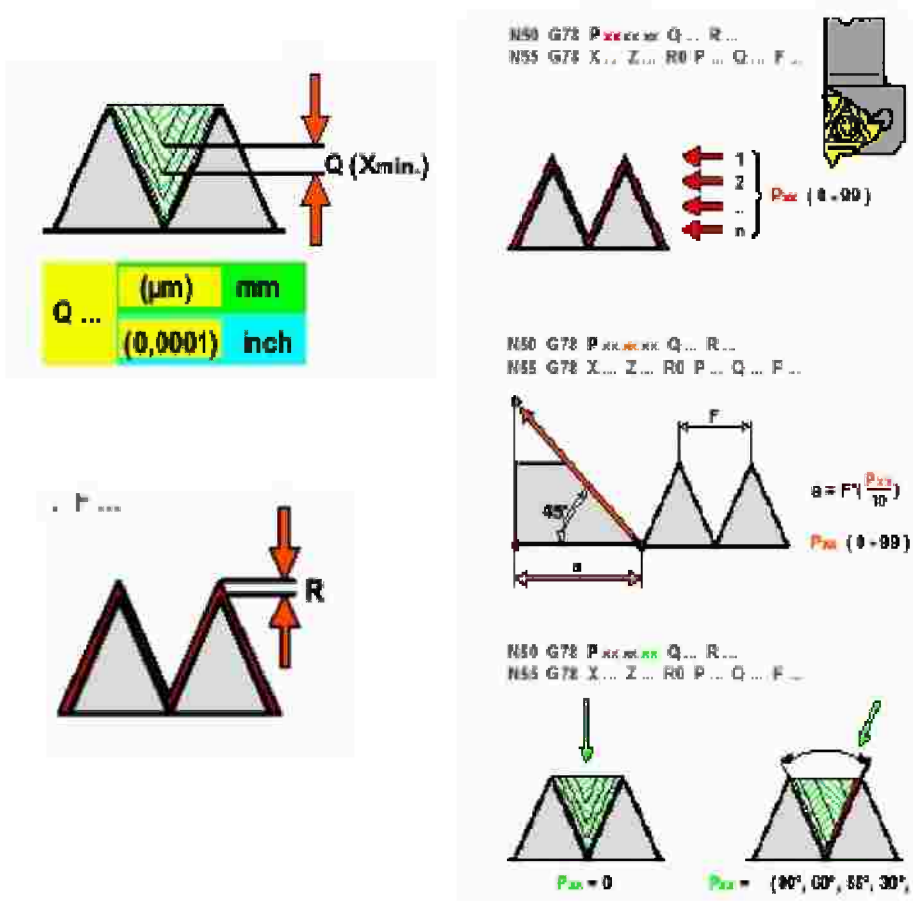

```
N50 G78 P xx xx xx Q ... R ...
N55 G78 X ... Z ... R0 P ... Q ... F ...
```

شكل 2– 52

المخارط الرقمية CNC ـــ

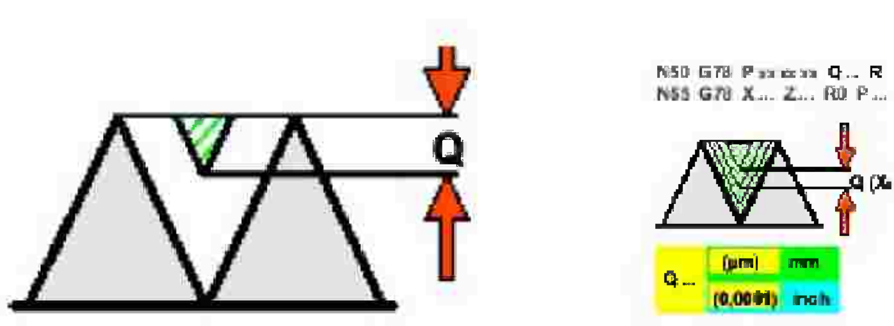
تعرف البارامیتر الموجودة بالدورة كالآتي :

1. PXXxxxx عبارة عن عدد مشاوير التشطيب
2. PxxXXxx عبارة عن قيمة الـشطف (F x PxxXXxx)/10) =(a يـتم طرح قيمة a من قيمة نهاية القلاووظ في اتجاه محور Z ويتم خـروج العـدة بزاوية 45° ويفيد وضع قيمة PxxXXxx عندما لا يوجـد undercut فـي نهاية القلاووظ، ويتم حسابها بحيث لا يحدث تصادم بين العدة والكتف الذي يلي القلاووظ مباشرة شكل 2 ــ 53.



شكل 2– 53

3. PxxxxXX زاوية نزول العدة وكذلك زاوية السن للقلاووظ وتكون 60 ° في حالة النظام القلاووظ المتري .
4. Q(µm) عمق القطع لكل مشوار ويكون بالميكروميتر ويتراوح ما بين 0.06 mm ـ 0.08mm
5. R(mm) النسبة المتروكة للتشطيب وتكون نصف قيمة Qmin
6. x(u) القطر الأصغر للقلاووظ وهو عبارة عن القطـــر الأكبـــر للقـــلاووظ مطروحا منه ضعف عمق القلاووظ P
7. Z(W) نهاية القلاووظ فى اتجاه محور z
8. R(mm) قيمة المسلوب (R=0) عندما يكون المسلوب عدل
9. P(µm) عمق القلاووظ (P=Fx0.65) فى حالة النظام المتري
10. F(mm) خطوة القلاووظ
11. Q(µm) أول عمق قطع للقلاووظ كما هو موضح بشكل 2 ـ 54 ويجب أن تكون الحسابات بطريقة صحيحة كما يلي:

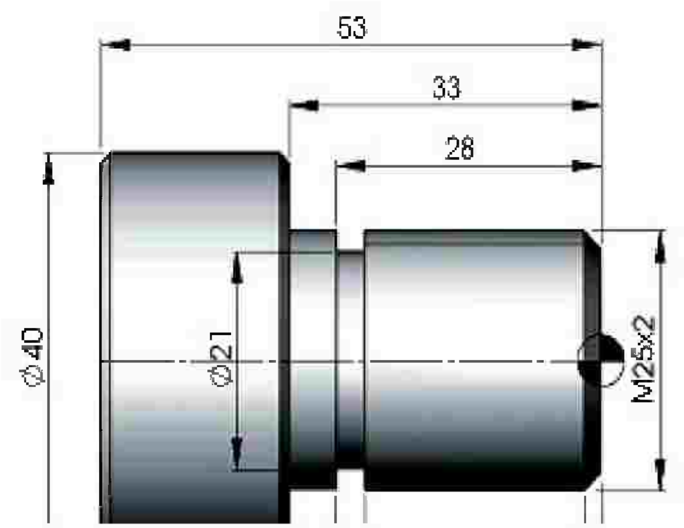


شكل 2- 54

مثال محلول :

المثال الاتي لقلاووظ M25 X2 القطر 25 وخطوة خاصة 2

N230 G78 P020060 Q60 R0.03
N235 G78 X22.4 Z-25 Q392 P1300 R0 F2



CALCULATION:

1st) Height of thread (P):
P = (0.65 x pitch)
P = (0.65 x 2)
P = 1.3

2nd) Final Diameter (X):
X = Major Diameter - (P x 2)
X = 25 - (1.3 x 2)
X = 22.4

3rd) First cut depth (Q):

$$Q = \frac{P}{\sqrt{\#\ of\ steps}}$$

OBSERVATION: In this example the thread will be made in 11 steps.

$$Q = \frac{1.3}{\sqrt{11}}$$

Q= 0.392

الباب الثاني ـــ

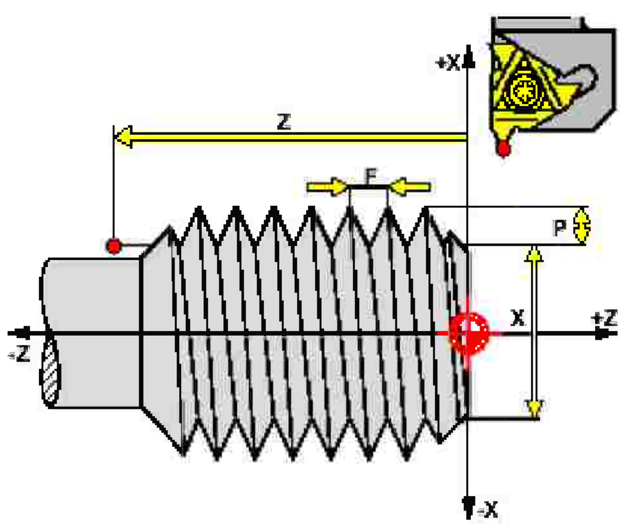
Qfirst=SQR |2*Hr*Qm)-Qm^2|

Hr=P-R=0.945
P=0.65*F
Qfirst = SQR |2*0.945*0.06-(0.06)^2|
Qfirst = SQR */0.1134/- /0.0036/*= SQR *0.1098*
Qfirst = *0.331*

Qfirst= Hr/ SQR *(n)** SQR *(first)*
N=/Hr/Qfirst/^2=|0.945/ 0.331|^2
N=8.133
Where N is rough passes
N=8
Qfirst= Hr/ SQR *(n)** SQR *(first)*
Qfirst= 0.334

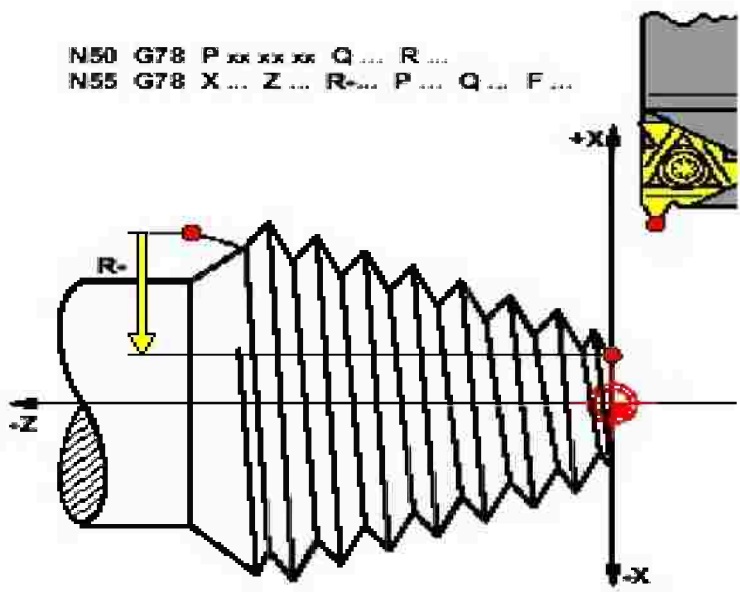
تجرى هذه الدورة بالخطوات التالية :

1. تتحرك عدة القطع قبل استدعاء الدورة الى نقطة استقراب (Run in) ويجب أن تكون قيمة X اكبر من القطر الأكبر للقلاووظ، وقيمة Z لا تقل عــن (nxfx0.1/ 60) حتى تصل سرعة دوران الظــرف الـــى حالــة الثبــات، حيث 0.1عبارة عن زمن الاستجابة للماكينة
2. يتم أخذ أول عمق لقطع القلاووظ Q
3. تتحرك العدة داخل المشغولة بقيمة الخطوة F حتى تصــل العدة الـــى نهايــة القلاووظ Z
4. يتم خروج أو عتق العدة فى اتجاه محور X فقط الى القيمة المعطاة لمحــور X فى نقطة الاستقراب
5. تعود العدة سريعا الى نقطة Z القيمة المعطاة لمحورZ فى نقطة الاستقراب
6. يتم اخذ عمق مقداره Q شكل 2 ــ 55.



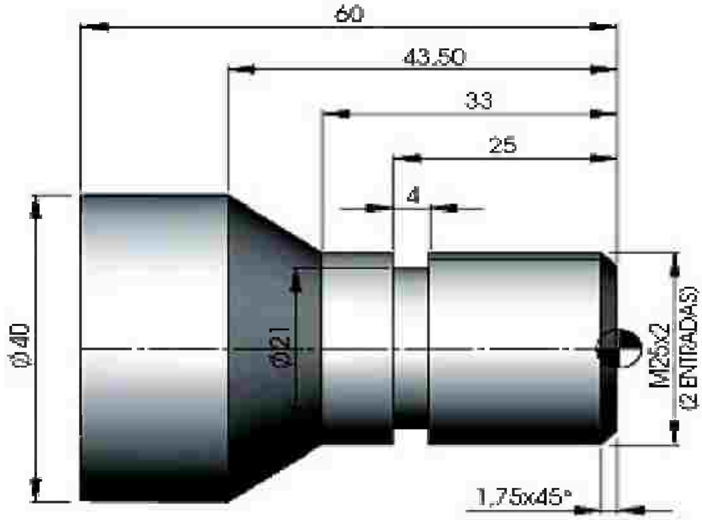
N50 G78 P xx xx xx Q ... R ...
N55 G78 X ... Z ... R0 P ... Q ... F ...

شكل 2- 55

الباب الثاني ـــ


شكل 2- 56

مثال محلول :



CALCULATION

1st) Height of thread (P):
P = (0.65 x pitch)
P = (0.65 x 2)
P = 1.3

2nd) Final Diameter (X):
X = Major Diameter - (P x 2)
X = 25 - (1.3 x 2)
X = 22.4

3rd) Programmed pitch:
F = Start pitch x number of entrances
F = 2 x 2
F = 4

الجدول 2 ــ 2 يوضح عدد مسارات القطع للقلاووظ المتري (الداخلي والخارجي)

جدول 2 ــ 2

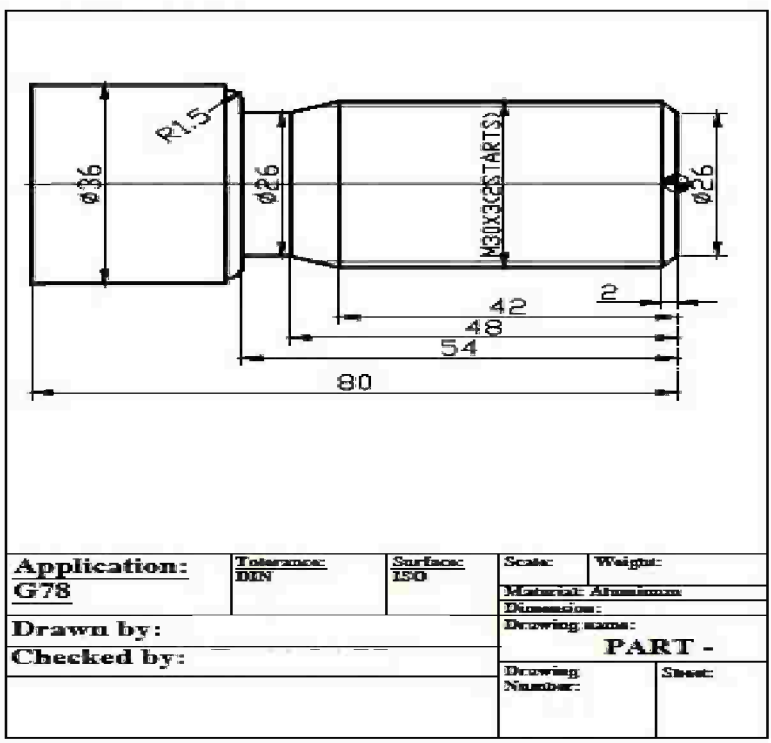
Numer of roughing passes insteel accoring to Sandvik

external / internal (metric. threads 60°)

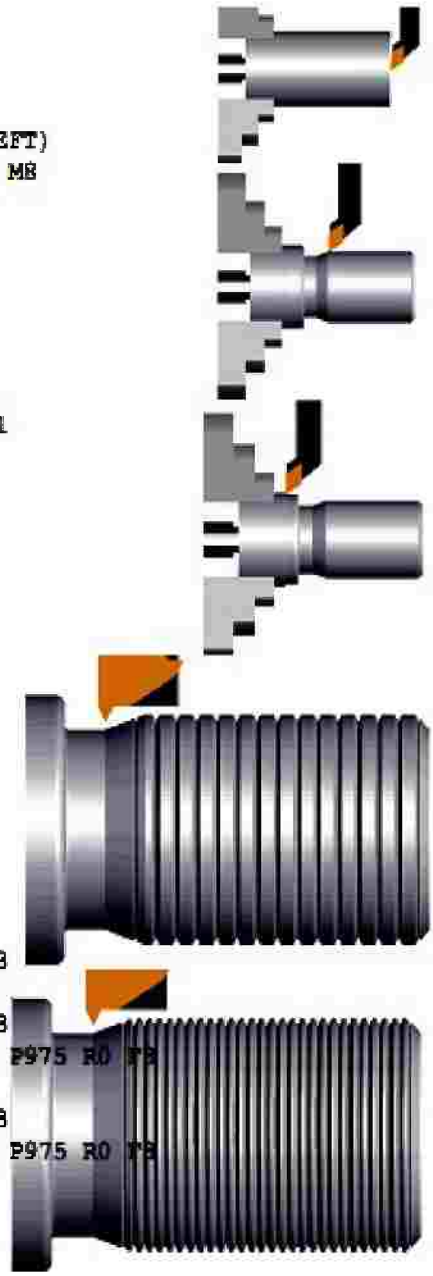
pitch	number of cuts	pitch	number of cuts
0,5	4	3	12
0,75	4	3,5	12
1	5	4	14
1,25	6	4,5	14
1,5	6	5	14
1,75	8	5,5	16
2	8	6	16
2,5	10		

مثال محلول :

DRAWING



المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0008(TURNING G78)
N5 G18 G90 G71 G80 G40
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 (COPYING TOOL LEFT)
N20 G96 S200 G95 F0.08 M4 M8
N25 G0 X38 Z0
N30 G92 S3500
N35 G1 X-1
N40 G0 Z2
N45 X36
N50 S150 F0.15
N55 G73 U0.3 R.5
N60 G73 P65 Q116 U0.4 W0.1
N65 G42
N70 G0 X26 Z2
N75 G1 Z0
N80 X30 Z-2
N85 Z-42
N90 X26 Z-48
N95 Z-54
N100 X32
N105 G3 X35 Z-55.5 R1.5
N110 G1 Z-60
N115 X36
N116 G40
N120 S250 F0.1
N125 G72 P65 Q116
N130 G28 U0 W0
N135 T0202 (THREAD TOOL)
N140 G97 S500 G95 F3 M3 M8
N145 G0 X32 Z5
N150 G78 P020060 Q60 R0.03
N155 G78 X28.05 Z-48 Q334 P975 R0 F3
N160 Z6.5
N165 G78 P020060 Q60 R0.03
N170 G78 X28.05 Z-48 Q334 P975 R0 F3
N175 G28 U0 W0
N180 M30
```



الباب الثاني ـــ

1st) Height of thread (P):
P = (0.65 x pitch)
P = (0.65 x 2)
P = 1.3

2nd) Final Diameter (X):
X = Major Diameter - (P x 2)
X = 25 - (1.3 x 2)
X = 22.4

3rd) First cut depth (Q):

$$Q = \frac{P}{\sqrt{\#\ of\ steps}}$$

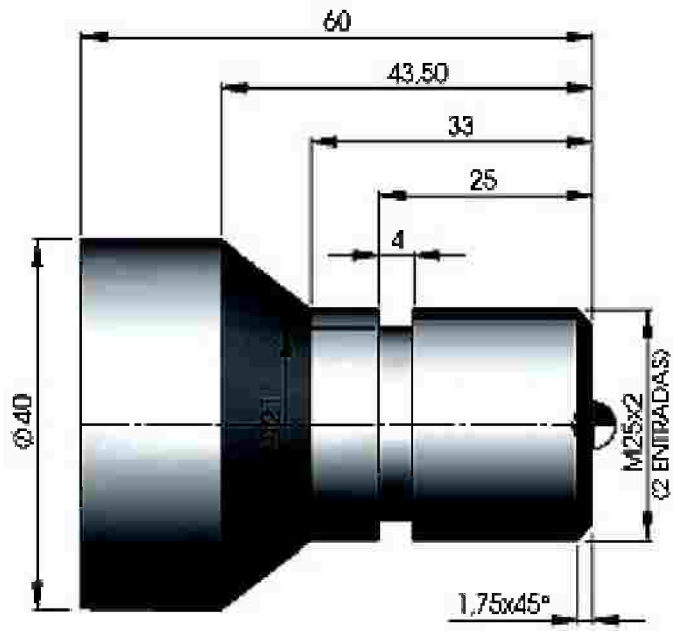
OBSERVATION: In this example the thread will be made in 11 steps.

$$Q = \frac{1.3}{\sqrt{11}}$$

Q= 0.392

المخارط الرقمية CNC ـــ

ample #2 : Thread M25x2 (2 Entrances



CALCULATION

1st) Height of thread (P):
P = (0.65 x pitch)
P = (0.65 x 2)
P = 1.3

2nd) Final Diameter (X):
X = Major Diameter - (P x 2)
X = 25 - (1.3 x 2)
X = 22.4

3rd) Programmed pitch:
F = Start pitch x number of entrances
F = 2 x 2
F = 4

الباب الثاني ـــ
O0001 (MAIN PROGRAM);
G21 G40 G90 G95;
G54 G0 X350 Z200 T00;
T0101 (EXT ROUGHING);
G54;
G96 S200;
G92 S3500 M4;
G65 A24 B44 C50 D80 H25 I40 J80 K1.5 Q3 R10 F0.2 P100;
G54 G0 X350 Z200 T00;
M30;

Ø A = 24 mm
Ø B = 44 mm
Ø C = 50 mm
Ø D = 80 mm

H = 40 mm
I = 55 mm
J = 80 mm

Q = 3 mm
R = 10 mm
K = 1 mm

O0100 (MACRO);
G0 X[#1-[2*[#6]]] Z2;
G42;
G1 Z0 F[#9];
X[#1] Z[-#6];
Z[-#11+#18];
G2 X[#2] Z[-#11] R[#18];
G1 X[#3] Z[-#4];
X[#7-[2*[#17]]];
G3 X[#7] Z[-#4-#17] R[#17];
G1 Z[-#5]
G40;
U2;
M99;

أمثلة متنوعة على ماكينة الخراطة CNC

أمثلة محلولة على

ماكينة الخراطة الرقمية CNC

EMCO

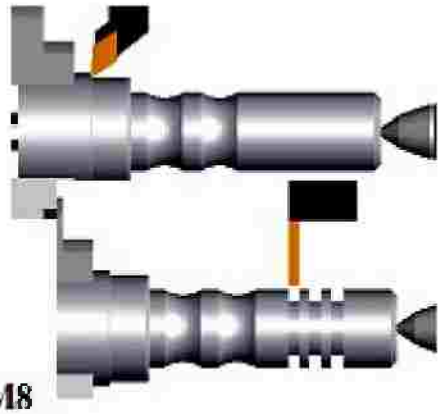
نظام تحكم FANUC21

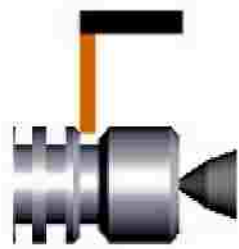
المخارط الرقمية CNC ـــ

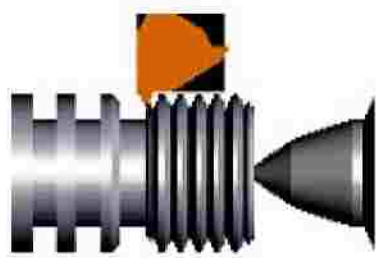
```
O0010 ( Teacherguide)
N5 G18 G90 G40 G71 G80
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 ( RTL)
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N25 G0 X35 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 G28 U0 W0
N45 T0202 ( C.D)
N50 G97 S1500 G95 F0.06 M3 M8
N55 G0 X0 Z2
N60 G1 Z-2
N65 G0 Z2
N70 G28 U0 W0
N75 M00 ( ADJUSTTAILSTOCK)
N80 T0303 ( CTL)
N85 G96 S150 G95 F0.15 M4 M8
N90 G0 X30 Z2
N95 G73 U0.3 R1
N100 G73 P105 Q170 U0.4 W0.1
N105 G42
N110 G0 X16 Z2
N115 G1 Z0
N120 X20 Z-2
N125 Z-40
N130 G2 X20 Z-50 R10
N135 G1 Z-55
N140 G2 X20 Z-65 R10
N145 G1 Z-69
N150 X26
```

```
N155 X28 Z-70
N160 Z-80
N165 X30
N170 G40
N175 S200 F0.1
N180 G72 P105 Q170
N185 G28 U0 W0
N190 T0505 ( POTR)
N195 G96 S160 G95 F0.07 M4 M8
N200 G0 X22 Z-9
N205 M98 P00030030
N210 Z-13
N215 G1 X20
N220 X16 Z-15
N225 G0 X22
N230 Z-16.5
N235 G1 X20
N240 X18 Z-15.5
N245 G0 X30
N250 G28 U0 W0
N255 T0707 ( ODTHTL)
N260 G97 S500 G95 F2.5 M3 M8
N265 G0 X22 Z2
N270 G78 P020060 Q60 R0.03
N275 G78 X16.75 Z-15 R0 F2.5 P1625 Q419
N280 G0X40
N285 G28 U0 W0 M5 M9
N290 M30
```

```
O0030 ( SUB OF TEACHER)
N5 W-6
N10 G77 R1
N15 G77 X14 W-0.5 P500 Q500
N20 M99
```

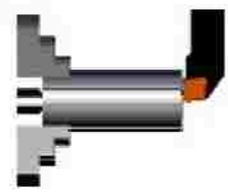


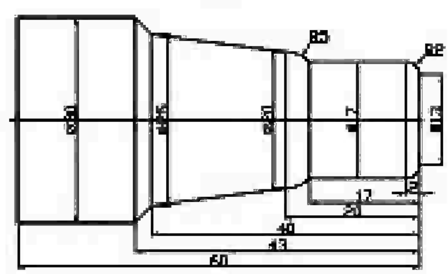


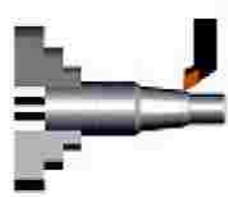


مثال 2 :

	G73/G72
N05	G90 G80 G40 G18 G71 ;
N10	G28 U0 W0 ;
N15	T0101 (ROUGHING TOOL LEFT) ;
N20	G96 S200 G95 F0.1 M4 M8 ;
N25	G92 S3500 ;
N30	G0 X36 Z0 ;
N35	G1 X-1 (facing) ;
N40	G0 Z2 ;
N45	X36 ;
N50	S150 F0.15 ;
N55	G73 U0.5 R1 ;
N60	G73 P65 Q115 U0.4 W0.1 ;
N65	G42 ;
N70	G0 X13 Z2 ;
N75	G1 Z0 ;
N80	G3 X17 Z-2 R2 ;
N85	G1 Z-17 ;
N90	G3 X20 Z-20 R5 ;
N95	G1 X25 Z-40 ;
N100	X30 Z-43 ;
N105	Z-60 ;
N110	X36 ;
N115	G40 ;
N120	G28 U0 W0 ;
N125	T0202 (FINISHING TOOL LEFT) ;
N130	G96 S250 G95 F.08 M4 M8 ;
N135	G72 P65 Q115 ;
N140	G28 U0 W0 ;
N145	M30 ;



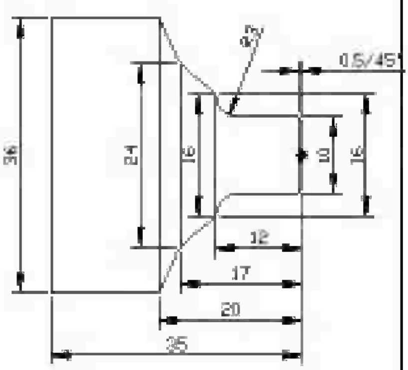


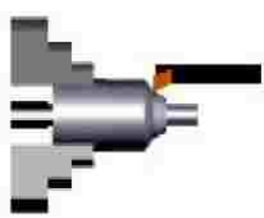


مثال 3 :

(G74 T)

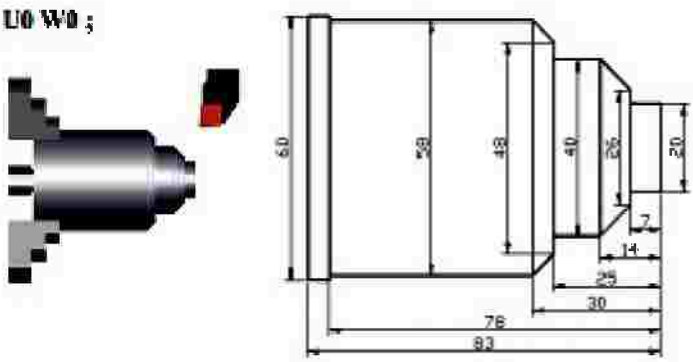
```
N05 G90 G40 G80 G18 G71 ;
N10 G28 U0 W0 ;
N15 T0101 ( Roughing Tool Left )
N20 G96 S200 G95 F0.08 M4 M8 ;
N25 G92 S3000 ;
N30 G0 X38 Z0 ;
N35 G1 X-1 ;
N40 G0 Z2 ;
N45 G28U0W0
N50 T0202 ( BOR. BAR. R.) ;
N55 G96 S150 G95 F0.1 M4 M8 ;
N60 G0 X38 Z2 ;
N65 G74 W1 R1 ;
N70 G74 P75 Q120 U0.4 W0.2 ;
N75 G41 ;
N80 G0 Z-35 ;
N85 G1 X36 ;
N90 Z-20 ;
N95 X24 Z-17 ;
N100 X16 Z-12 ;
N105 G3 X10 Z-9 R3 ;
N110 G1 Z-0.5 ;
N115 X9 Z0 ;
N120 G40 ;
N125 S200 F.08 ;
N130 G72 P75 Q120 ;
N135 G28 U0 W0 ;
N140 M30 ;
```

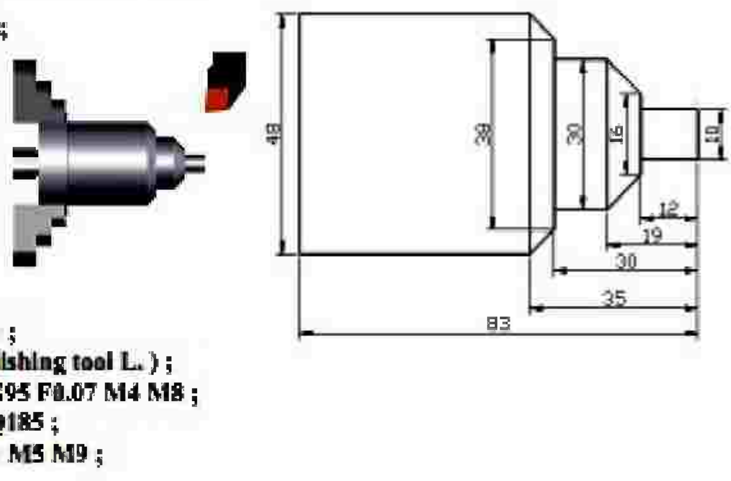




مثال 4 :

```
(G75 T)
N5 G90 G80 G40 G18 G71;
N10 G28 U0 W0 ;
N15 T0101 ( Roughing tool L. ) ;
N20 G96 S200 G95 F0.08 M4 M8 ;
N25 G0 X62 Z0 ;
N30 G92 S3500 ;
N35 G1 X-1 ;
N40 G0 Z2 ;
N45 X60 S150 F0.2  ;
N50 G73 U1 R1 ;
N55 G73 P60 Q110 U0 W0 ;
N60 G42 ;
N65 G1 X20 Z0 ;
N70 Z-7 ;
N75 X26 ;
N80 X40 Z-14;
N85 Z-25 ;
N90 X48 ;
N95 X58 Z-30 ;
N100 Z-78 ;
N105 X60 ;
N110 G40 ;
N115 M00 ;
N120 G0 X60 Z0 ;
N125 G75 U5 W5 R5 ;
N130 G75 P135 Q185 U0.2 W0.2 ;
N135 G42 ;
N140 G0 X10 Z2 ;
N145 G1 Z-12 ;
N150 X16 ;
N155 X30 Z-19 ;
N160 Z-30 ;
N165 X38 ;
N170 X48 Z-35 ;
N175 Z-83 ;
N180 X60 ;
N185 G40 ;
N190 G28 U0 W0 ;
N195 T0202 ( Finishing tool L. ) ;
N200 G96 S250 G95 F0.07 M4 M8 ;
N205 G72 P135 Q185 ;
N210 G28 U0 W0 M5 M9 ;
N215 M30 ;
```

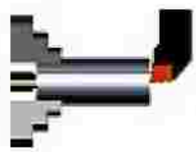




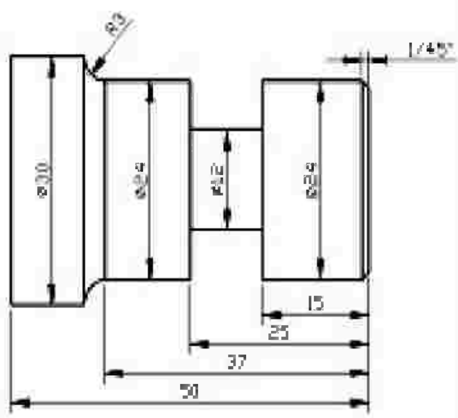
مثال 5 :

(G77 T)

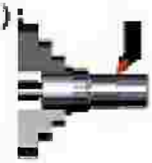
```
N5 G90 G40 G80 G18 G71 ;
N10 G28 U0 W0 ;
N15 T0101 ( ROUGHING TOOL LEFT ) ;
N20 G92 S3000 ;
N25 G96 S150 G95 F0.1 M4 M8 ;
```



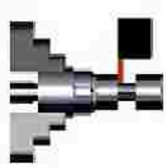
```
N30 G0 X35 Z0 ;
N35 G1 X-1 ;
N40 G0 Z2 ;
N45 X34 ;
N50 G73 U1 R1 ;
N55 G73 P60 Q100 U0.4 W0.1 ;
N60 G42 ;
N65 G0 X22 Z2 ;
N70 G1 Z0 ;
N75 X24 Z-1 ;
N80 Z-37 ;
N85 G2 X30 Z-40 R3 ;
N90 G1 Z-50 ;
N95 X34 ;
N100 G40 ;
N105 G28 U0 W0 ;
```




```
N110 T0303 ( FINISHING TOOL LEFT ) ;
N115 G96 S250 G95 F.08 M4 M8 ;
N125 G72 P60 Q100 ;
N125 G28 U0 W0 ;
```

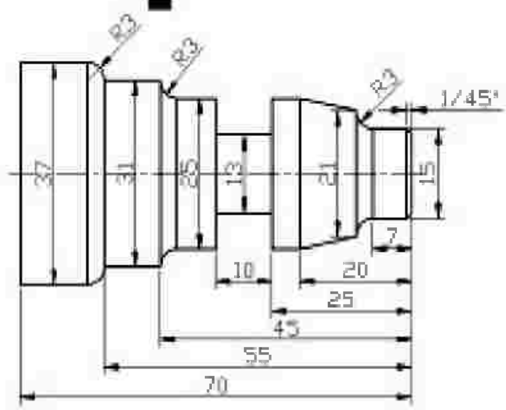


```
N130 T0505(PARTING OFF RIGHT ) ;
N135 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8 ;
N140 G0 X25 Z-15 ;
N145 G77 R1 ;
N150 G77 X12 Z-22 P1500 Q2000 R1 ;
N155 G28 U0 W0 ;
N160 M30 ;
```



مثال 6 :

	(G92 & G77 (R/L))
N05	G90 G80 G40 G71 G18 ;
N10	G28 U0 W0 ;
N15	T0101 (R. T. L.) ;
N20	G96 S150 G95 F0.1 M4 M8 ;
N25	G92 S3000 ;
N30	G0 X40 Z0 ;
N35	G1 X-1 ;
N40	G0 Z2 ;
N45	X38 ;
N50	G73 U1 R1 ;
N55	G73 P60 Q125 U0.3 W0.3 ;
N60	G42 ;
N65	G0 X13 Z2 ;
N70	G1 Z0 ;
N75	X15 Z-1 ;
N80	Z-7 ;
N85	G2 X21 Z-10 R3 ;
N90	G1 X25 Z-20 ;
N95	Z-42 ;
N100	G2 X31 Z-45 R3 ;
N105	G1 Z-55 ;
N110	G3 X37 Z-58 R3 ;
N115	G1 Z-70 ;
N120	X40 ;
N125	G40 ;
N130	G28 U0 W0 ;
N135	T0202 (F. T. L.) ;
N140	G96 S200 G95 F0.07 M4 M8 ;
N145	G72 P60 Q125 ;
N150	G28 U0 W0 ;
N155	T0505 (P.T.R/L) ;
N160	G96 S200 G95 F0.1 M4 M8 ;
N165	G0 X27 Z0 ;
N170	G92 Z25 ;
N175	Z0 (z-3) ;
N180	G77 R1 ;
N185	G77 X13 Z-7 (z-10) P500 Q2000 R1 ;
N190	G92 Z-25 ;
N195	G28 U0 W0 ;
N200	M30 ;

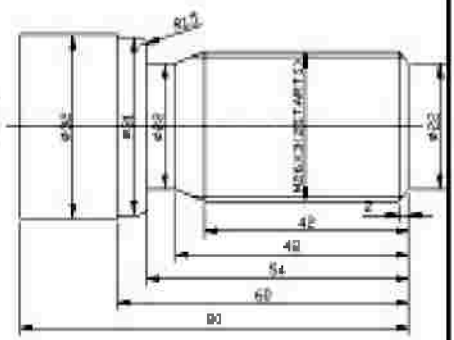


الباب الثاني ـــ

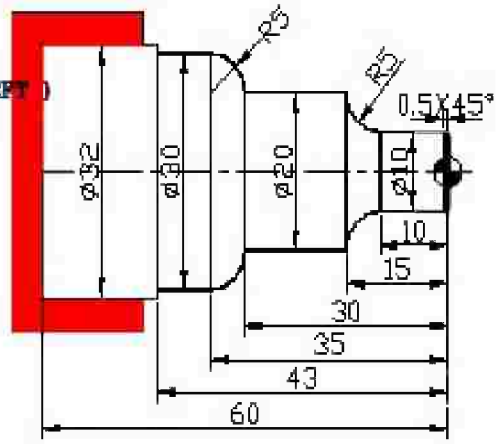
مثال 7 : :

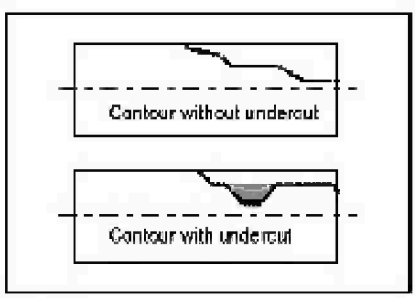
PROGRAM (G78 T)

```
N05   G18 G90 G71 G80 G40 ;
N10   G28 U0 W0 ;
N15   T0101 ( COPING TOOL LEFT ) ;
N20   G96 S200 G95 F0.08 M4 M8 ;
N25   G0 X34 Z0 ;
N30   G92 S3500 ;
N35   G1 X-1 ;
N40   G0 Z2 ;
N45   X32 ;
N50   S150 F0.15 ;
N55   G73 U.6 R.5 ;
N60   G73 P65 Q120 U0.4 W0.1 ;
N65   G42 ;
N70   G0 X22 Z2 ;
N75   G1 Z0 ;
N80   X26 Z-2 ;
N85   Z-42 ;
N90   X22 Z-48 ;
N95   Z-54 ;
N100  X28 ;
N105  G3 X31 Z-55.5 R1.5 ;
N110  G1 Z-60 ;
N115  X32 ;
N120  G40 ;
N125  S250 F0.1 ;
N130  G72 P65 Q120 ;
N135  G28 U0 W0 ;
N140  T0303 ( THREAD TOOL ) ;
N145  G97 S500 G95 F3 M3 M8 ;
N150  G0 X28 Z5 ;
N155  G78 P020060 Q60 R0.03 ;
N160  G78 X24.05 Z-48 Q334 P975 R0 F3 ;
N165  X28 Z6.5 ;
N170  G78 P020060 Q60 R0.03 ;
N175  G78 X24.05 Z-48 Q334 P975 R0 F3 ;
N180  G28 U0 W0 ;
N185  M30;
```



المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0003 ( TURNING G73/G72 )
N5 G18 G90 G71 G80
N10 G28 U0 W0
N15 T0101 ( ROUGHING TOOL LEFT )
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4 M8
N25 G0 X35 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X32 S180 F0.2
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q105 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X9 Z2
N65 G1 Z0
N70 X10 Z-0.5
N75 Z-10
N80 G2 X20 Z-15 R5
N85 G1 Z-30
N90 G3 X30 Z-35 R5
N95 G1 Z-43
N100 X33
N105 G40
N110 G28 U0 W0
N115 T0203 ( COPYING TOOL
LEFT )
N120 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N125 G72 P55 Q105
N130 G28 U0 W0 M5 M9
N135 M30
```





Undercut

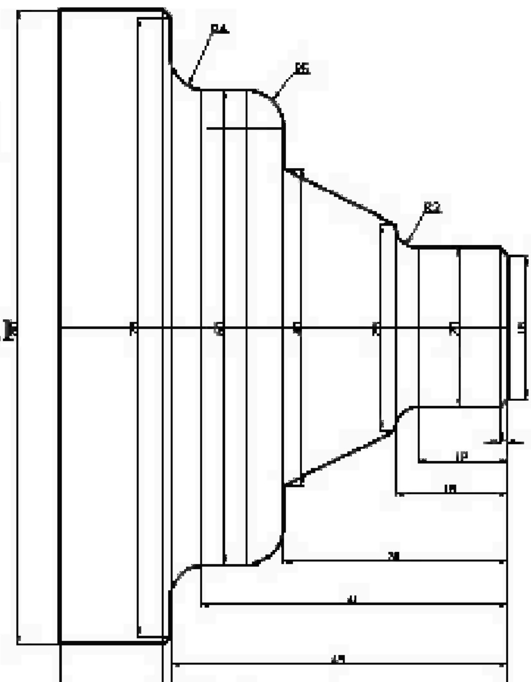
Contour without undercut
The first contour block from A to A' must contain a G0 or G1 movement in X direction only.

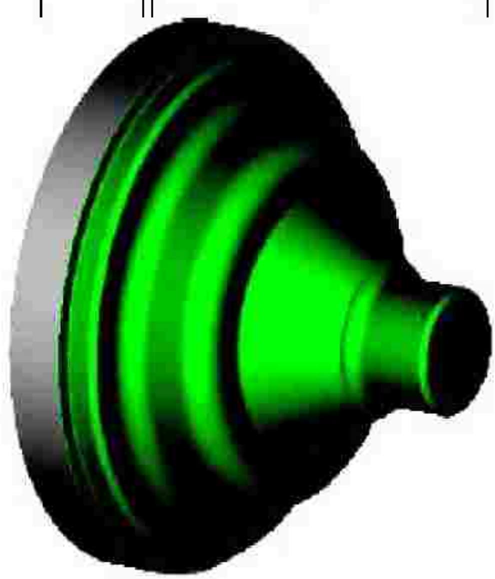
Contour with undercut
The first contour block from A to A' must contain a G0 or G1 movement in X and Z direction.

Notes
- F, S and T functions between P and Q are ignored.
- The point C (tool position before the cycle) must be out of the contour.
- The first movement from A to A' must be G00 or G01. Is permitted in X only (G00 X...) and must

مثال 9 :

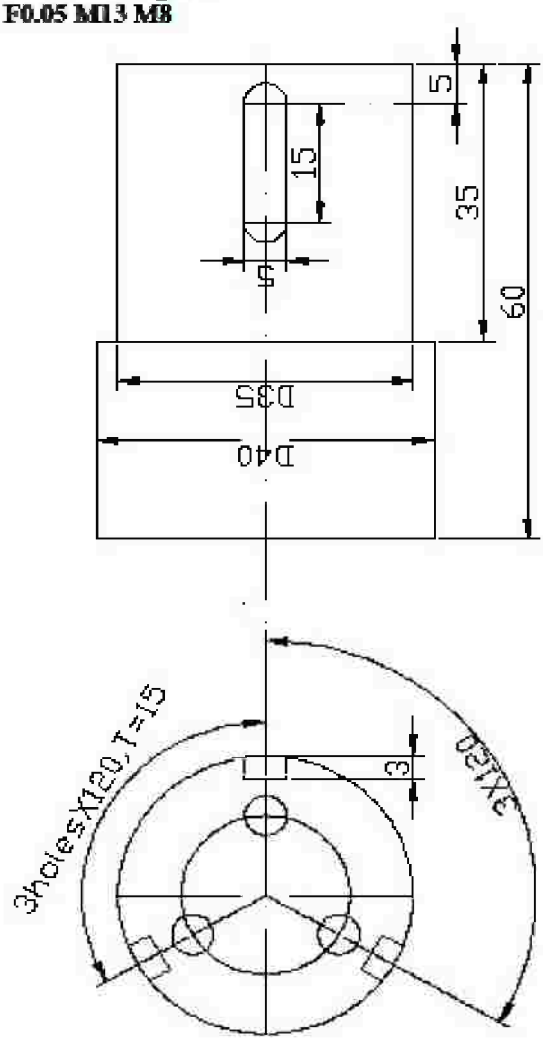
```
O0013 ( AUC )
N5 G18 G71 G40 G90
N10 G28 U0 W0
N15 T0202 ( RTL )
N20 G96 S200 G95 F0.1 M4
N25 G0 X90 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X85 S150 F0.2
N45 G73 U1 R1
N50 G73 P55 Q130 U0.4 W0.1
  N55 G42
N60 G0 X18 Z2
N65 G1 Z0
N70 X20 Z-1
N75 Z-12
N80 G2 X25 Z-15 R3
N85 G1 X40 Z-30
N90 X50
N95 G3 X60 Z-35 R5
N100 G1 Z-41
N105 G2 X68 Z-45 R4
N110 G1 X78
N115 X80 Z-46
N120 Z-50
N125 X85
N130 G40
N135 G28 U0 W0
N140 T0404 ( ctl )
N145 G96 S250 F0.1 M4
N150 G72 P55 Q130
N155 G28 U0 W0 M5
N160 M30
```



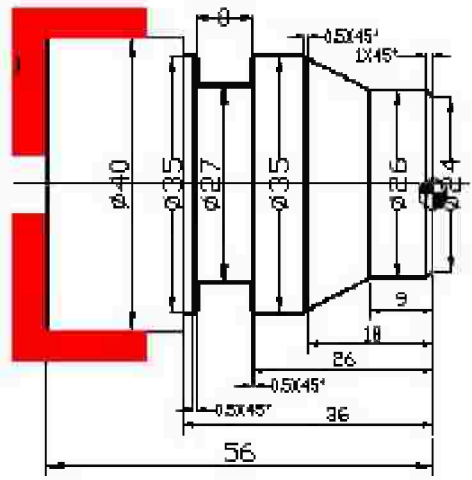


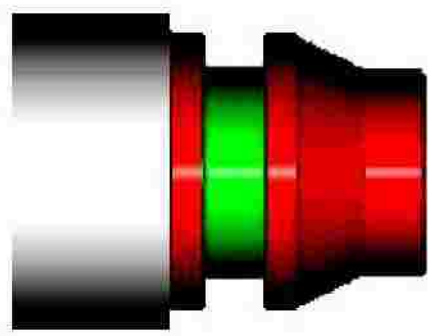
المخارط الرقمية CNC ـــ
N5 G18 G90 G71 G40
N10 G28 U0 W0
(N15 T0202 (RTL
N20 G96 S200 G95 F0 M4 M8
N25 G0 X45 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 Z2
N40 X40
N45 S150 F0.2
N41 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q80 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X35 Z2
N65 G1 Z0
N70 Z-35
N75 X40
N80 G40
N85 G28 U0 W0
(N90 T0404 (FTL
N95 G96 S250 G95 F0.1 M4 M8
N100 G72 P55 Q80
N105 G28 U0 W0
N110 M5
N115 M52
N120 G0 C0
(N125 T0707 (AXIALENDMILL@5
N130 G97 S1500 G95 F0.06 M13 M8
N135 G0 X20 Z3
N140 G1 Z-15
N145 G0 Z3
N150 C120
N155 G1 Z-30
N160 G0 Z3
N165 C240
N170 G1 Z-30
N175 G0 Z3

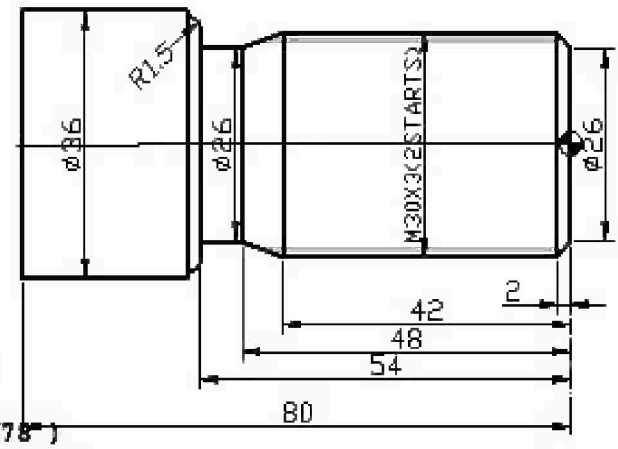
```
N180 G28 U0 W0
N185 T0909 ( RADIALENDMILL@5)
N190 G97 S1300 G95 F0.05 M13 M8
N195 G0 X45 Z-5
N200 G0 C0
N205 G1 X29
N210 Z-15
N215 G0 X37
N220 Z-5
N225 C120
N230 G1 X29
N235 Z-15
N240 G0 X37
N245 Z-5
N250 C240
N255 G1 X29
N260 Z-15
N265 G0 X37
N270 G28 U0 W0
N275 M15
N280 M53 M9
N285 M30
```



المخارط الرقمية CNC ـــ
```
O0007 ( TURNING/G77 )
N5 G28 U0 W0
N10 T0101 ( ROUGHING TOOL LEFT )
N15 G96 S200 G95 F0.1 M4
N20 G0 X45 Z0
N25 G1 X-1 M8
N30 G0 Z2
N35 X40
N40 S150 M8 F0.15
N45 G73 U0.5 R1
N50 G73 P55 Q100 U0.4 W0.1
N55 G42
N60 G0 X24 Z2
N65 G1 Z0 M8
N70 X26 Z-1
N75 Z-9
N80 X34 Z-18
N85 X35 Z-18.5
N90 Z-36
N95 X41
N100 G40
N105 G28 U0 W0
N110 T0202 ( COPYING TOOL LEFT )
N115 G96 S250 G95 F0.1 M4
N120 G72 P55 Q100
N125 G28 U0 W0
N130 T0303 ( PARTING OFF TOOL RIGHT )
N135 G96 S170 G95 F0.07 M4
N140 G0 X36 Z-26
N145 G77 R1
N150 G77 X27 Z-31 P1000 Q2500
N155 G0 X36
N160 Z-25.5
N165 G1 X35
N170 X34 Z-26
N175 G0 X36
N180 Z-31.5
N185 G1 X35
N190 X34 Z-31
N195 G0 X40
N200 G28 U0 W0 M5 M9
N205 M30
```





الباب الثاني ـــ


مثال 12 :

MAIN PROGRAM (G78)

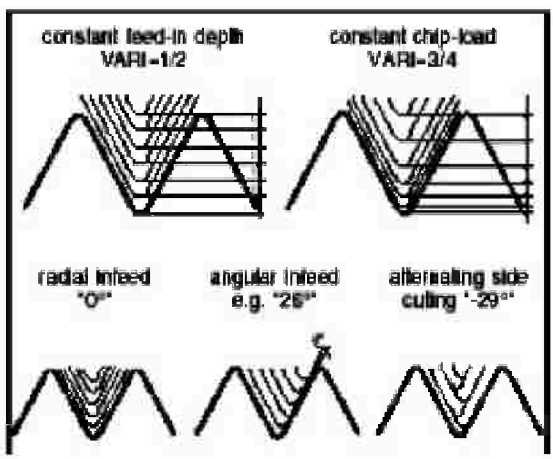
```
O0008 ( TURNING G78 )
N5 G18 G90 G71 G80 G40
N10 G28 U0 W0
N15 T0303 ( COPYING TOOL LEFT )
N20 G96 S200 G95 F0.08 M4 M8
N25 G0 X38 Z0
N30 G92 S3500
N35 G1 X-1
N40 G0 Z2
N45 X36
N50 S150 F0.15
N55 G73 U0.3 R.5
N60 G73 P65 Q116 U0.4 W0.1
N65 G42
N70 G0 X26 Z2
N75 G1 Z0
N80 X30 Z-2
N85 Z-42
N90 X26 Z-48
N95 Z-54
N100 X32
N105 G3 X35 Z-55.5 R1.5
N110 G1 Z-60
N115 X37
N116 G40
N120 S250 F0.1
```

المخارط الرقمية CNC ـــ
Calculation of radial depth of thread
"external thread - 60°"

t = 0,6134 x p	
t	thread depth
p	pitch

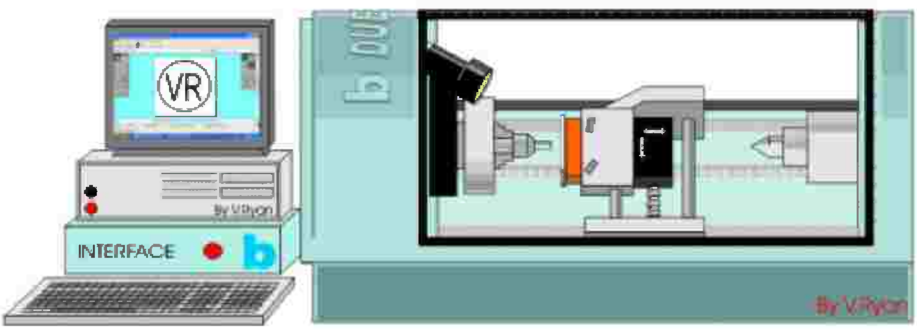
Numer of roughing passes insteel accoring to Sandvik
external / internal (metric. threads 60°)

pitch	number of cuts	pitch	number of cuts
0,5	4	3	12
0,75	4	3,5	12
1	5	4	14
1,25	6	4,5	14
1,5	6	5	14
1,75	8	5,5	16
2	8	6	16
2,5	10		



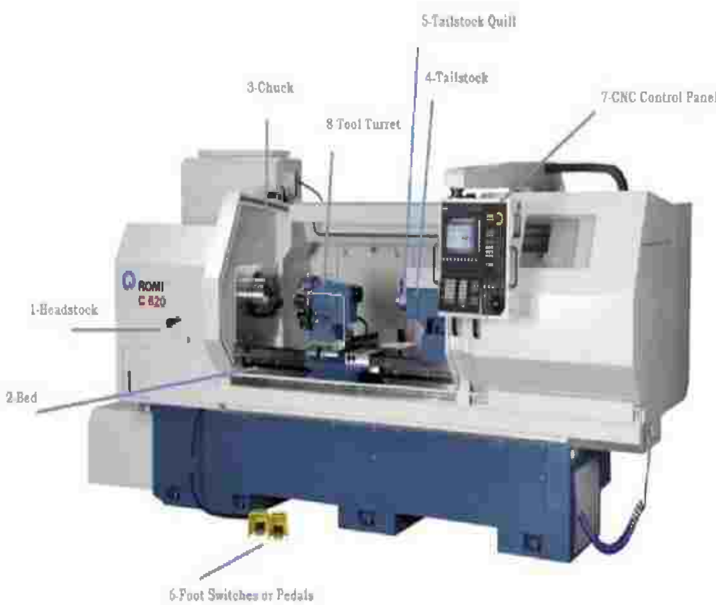
Eng Gamal Ido

صور للمخارط ذات التحكم الرقمي CNC



Z-MaT

CK 6136



صور لمخرطة تحكم الرقمي موديل قديم

المراجع

1. التقنيات الصناعية .. م. زكي بريجاوي .. سوريا

2. ورشة التحكم الرقمي بالحاسب 1.. المؤسسة العامة للتعليم الفنـــي .. المملكـــة العربية السعودية

3. ورشة التحكم الرقمي بالحاسب 2.. المؤسسة العامة للتعليم الفنـــي .. المملكـــة العربية السعودية

4. تشغيل وبرمجة ماكينة الخراطة CNC.. م. جمال محمدي .. مصر

5. تشغيل وبرمجة ماكينة الفريزة CNC.. م. جمال محمدي .. مصر

6.تكنولوجيا الخراطة .. أحمد زكي حلمي .. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع .. القاهرة .. 2006 طبعة الثالثة

المحتويات

المقدمة	5
الباب الأول **ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي**	11
تمهيد	13
الآلية	15
التطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي	16
تعريف لنظم التحكم الرقمي	17
التحكم الرقمي NC	17
الشريط المثقب	17
التحكم الرقمي CNC بالحاسب (الكمبيوتر)	18
التحكم الرقمي المباشر DNC	19
مقارنة بين التحكم الرقمي NC والتحكم الرقمي بالحاسب CNC	21
عيوب ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي CNC	22
كيفية التغلب على مشاكل ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي CNC	23
العوامل المؤدية إلى استخدام الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC	24
مكونات ماكينات التشغيل ذات التحكم العددي بالحاسب	24
طريقة التحكم في مسار ماكينات التشغيل ذات التحكم العددي	25
قياس سرعة الدوران	25
قياس الإزاحة	26
مراكز التشغيل	26
مميزات مراكز التشغيل	26
برمجة ماكينات التحكم الرقمي	28
الخطوات التمهيدية للبرمجة	28

عناصر البرنامج	29
تركيب البرنامج	29
جدول 1 ــ 1 تعليمات شروط التشغيل	31
جدول 1 ــ 2 تعليمات نهاية البرنامج	31
تحقيق البرنامج	32
مقارنة بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات CNC	32
جدول 1 – 3 مقارنة بين الفريزة العادية والفريزة CNC	34
مميزات وعيوب ماكينات التحكم الرقمي	36
الفوائد الإقتصادية التي تتحقق من ما كينات الإنتاج الرقمية CNC ...	37
المشاكل التي تواجه إستخدام ماكينات الإنتاج الرقمية CNC	38
الباب الثاني **المخارط ذات التحكم الرقمي CNC**	39
تمهيد	41
نبذة تاريخية	42
التحكم الرقمي بماكينات القطع	43
الماكينات ذات التحكم الرقمي CNC	44
أسباب إستخدام ماكينات التشغيل ذات التحكم الرقمي C N C	44
المخارط ذات التحكم الرقمي CNC	45
الأجزاء الأساسية للمخرطة الرقمية CNC	47
عمود الدوران الرئيسي	48
الفرش	49
المنزلة العرضية	50
المنزلقة الطولية	50
السير الناقل للحركة	50
المحرك الكهربائي الرئيسي	51

برج العدة	51
الرأس المتحرك	51
الرأس الثابت	52
لوحة التحكم بالماكينة	53
محاور ماكينات الإنتاج الرقمية CNC	55
المحاور الرئيسية لماكينات CNC	56
اتجاهات الحركة (قاعدة اليد اليمنى)	57
تطبيق قاعدة اليد اليمنى على ماكينات CNC	58
المحور Z	58
المحور X	58
المحور Y	59
تحديد إتجاه المحاور بتطبيق قاعدة اليد اليمنى	59
محاور الدوران	60
تطبيق قاعدة اليد اليمنى على المخارط الرقمية CNC	62
خطوات تشغيل المخرطة الرقمية CNC	63
خطوات غلق المخرطة الرقمية CNC	63
نقاط الصفر في مخارط CNC	64
نظام الأبعاد في مخارط CNC	67
إزاحة أقلام الخراطة	67
خطوات إزاحة صفر البرمجة من نقطة المرجع N إلى رأس أداة القطع P	69
النقاط المرجعية في مساحة التشغيل	72
جدول 2 –1 النقاط المرجعية في مساحة التشغيل	72
خطوات ترحيل الصفر على ماكينة الخراطة CNC	73
العدد وتجهيزاتها على ماكينة الخراطة CNC	74

عدد الخراطة على حسب الشكل الهندسي	75
تركيب وتجميع عدد القطع والخراطة ذات القطر 16 مم	79
عدد القطع ذات الأقطار الصغيرة	79
طريقة وأسلوب قياس العدة بماكينات CNC	81
القياس الرقمي للعدة	82
القياس النصف ألي	84
إدخال البيانات على ماكينات CNC	85
خطوات إنشاء برنامج	87
اختبار البرنامج قبل عملية التشغيل	88
اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل الجاف	90
اختبار البرنامج الرئيسي عن طريق التشغيل لأول مرة	91
تعريف البرنامج وتكوينه على ماكينة الخراطة CNC	91
أكواد البرمجة على ماكينة الخراطة CNC	93
اختيار مستوى التشغيل	94
وحدة القياس المليمتر أو البوصة	95
نظام البرمجة المطلق	95
نظام البرمجة التزايدي	96
الصفر المحلي	96
تحديد أقصى سرعة للظرف	98
استعواض تصحيح العدة	98
تغيير العدة أليا	100
القطع بسرعة ثابتة	101
سرعة دوران الظرف لكل لفة / دقيقة	101
معدل أو سرعة التغذية ملليمتر وبوصة / لفة	102
تشغيل عمود الدوران في اتجاه وعكس إتجاه عقارب الساعة	103

ايقاف دوران الظرف	103
تشغيل وتوقف سائل التبريد	103
الحركة السريعة بدون قطع	103
حركة قطع في خط مستقيم	104
أسئلة وتمارين	107
استعواض نصف قطر العدة شمال G41	110
استعواض نصف قطر العدة يمين G42	111
إلغاء استعواض نصف قطر العدة	112
الرجوع إلى النقطة المرجعية R	112
إنهاء البرنامج	113
حركة القطع الدائرية في اتجاه عقارب الساعة	113
حركة القطع الدائرية في عكس اتجاه عقارب الساعة	114
البرمجة عن طريق أحداثي مركز الدوران التزايدي	115
قطع القلاووظ	118
أسئلة وتمارين	120
استدعاء البرنامج الفرعي وانهائه والقفز الى بلوك محدد	122
زمن التوقف	123
دورات الثقب	123
دورات القلوظة بذكر القلاووظ يمين	125
دورة عمل برغلة	127
مثال محلول	128
أسئلة وتمارين	129
دورة خراطة التخشين والاستقراب	129
دورة خراطة التشطيب والتنعيم	132
دورة خراطة التجاوييف والقنوات	150

أسئلة وتمارين	155
دورة قطع القلاووظ	156
جدول 2 ــ2 عدد مسارات القطع للقلاووظ المتري..................	164
أسئلة وتمارين	166
أمثلة متنوعة على ماكينة الخراطة CNC	169

تم بحمد الله

المؤلف :

د. أحمد زكي حلمي

صدر له الكتب التالية :-

1. المرجع في خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة .. 720 صفحة
2. التشغيل علي المخرطة .. نفذت الطبعة الأولي ولا أرغب في إعادة طبعه .. 191 صفحة
3. مبادئ الخراطة .. 296 صفحة
4. خراطة المعادن .. الطبعة الرابعة .. 448 صفحة
5. تكنولوجيا الخراطة .. الطبعة الرابعة .. 496 صفحة
6. وسائل نقل الحركة .. الطبعة الثالثة .. 482 صفحة
7. أجهزة القياس والمعايرة .. مصر .. الطبعة الثانية .. 536 صفحة
8. الأمن الصناعي والصحة المهنية (لمرحلة التعليم المتوسط) .. الطبعة الثانية .. 125 صفحة
9. السلامة والصحة المهنية (مرحلة التعليم العالي) .. الطبعة الثالثة .. 328 صفحة
10. المرجع في الأمان الصناعي .. الطبعة الأولي .. 593 صفحة
11. الصحة المهنية .. الطبعة الأولي .. 242 صفحة
12. الرسم الهندسي .. الطبعة الأولى .. 648 صفحة
13. تكنولوجيا التفريز .. الطبعة الأولي .. 559 صفحة
14. أساسيات تكنولوجيا التصنيع (تشكيل المعادن بدون قطع) الطبعة الثانية .. 488 صفحة
15. أساسيات تكنولوجيا الورش (تشغيل المعادن بالقطع) الطبعة الثانية .. 566 صفحة
16. محركات الاحتراق الداخلي .. الطبعة الثانية .. 328 صفحة
17. هيكل السيارة .. الطبعة الأولى .. 344 صفحة
18. القلاووظات (اللوالب بالنظام المتري والإنجليزي ـ بالنظام الدولي SI بمواصفات ISO) .. الطبعة الأولى .. 242 صفحة

19. أساسات هندسة الإنتاج .. الطبعة الأولى .. 632 صفحة
20. تكنولوجيا اللحام .. الطبعة الأولى .. 508 صفحة
21. تكنولوجيا القياس (قياس الأبعاد والزوايا ــ القياس بالطرق غير المباشرة ــ قياس خشونة الأسطح ــ القياس بالأجهزة البصرية) .. الطبعة الثالثة .. 592 صفحة
22. المخارط الرقمية CNC .. الطبعة الأولى 204 صفحة
23. مكافحة الحرائق .. الطبعة الأولى .. 349 صفحة .. تحت الطبع
24. الحرائق ذات الطبيعة الخاصة .. الطبعة الأولى .. 400 صفحة .. نحت الطبع
25. الفرايز الرقمية CNC .... سيصدر قريباً بمشيئة الله
26. الجداول الفنية للمعادن .... سيصدر قريباً بمشيئة الله
27. صيانة الآلات الميكانيكية ...... سيصدر قريباً بمشيئة الله
28. أسس التحكم الهيدروليكي ..... سيصدر قريباً بمشيئة الله
29. سباكة المعادن .... سيصدر قريباً بمشيئة الله

* * * * * * * * * *

المؤلف :

م. شريف السعيد السباعي

صدر له الكـــتب التالية :-

1. المخارط الرقمية CNC .. الطبعة الأولى 200 صفحة
2. الفرايز الرقمية CNC .... سيصدر قريباً بمـــشيئة الله
3. الجداول الفنية للمعادن ...... سيصدر قريباً بمشيئة الله

ملاحظـة :

يمكن الاتصال بأحد المؤلفان عن طريق البريد الإلكتروني عبـــر شـــبكة الإنترنت الدولية أو على البريد الخاص بالفيس بوك على إحدى العنوان التالي :-

ahmedzhelmy@yahoo.com
sheriefelsaid@yahoo.com