المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

ميكانيكا إنتاج

ورشة التحكم الرقمي بالحاسب ١

٢١٣ ميك

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " ورشة التحكم الرقمي بالحاسب " لمتدربي قسم" ميكانيكا إنتاج " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تأتي هذه الحقيبة التدريبية في مجال ورشة التحكم الرقمي بالحاسب –١ - لتكون الأولى من نوعها في المكتبة العربية ، وذلك في مجال حيوي تبلور حديثاً في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي، وأصبح يشكل حجر الزاوية في نظم التصنيع الحديثة .

وقد أعدت هذه الحقيبة التدريبية خصيصاً لطلاب تخصص الإنتاج بالمملكة العربية السعودية، وذلك لتعريف الطالب بالمفاهيم الأساسية المتعلقة بتقنية التحكم الرقمي بالحاسب ، وأنواع واتجاهات الحركة في ماكينات الـ (CNC) ، ونقاط الصفر المختلفة لمخارط وفرايز الـ (CNC) ، والأوامر الأساسية لبرمجة ماكينات الـ (CNC) ، وكذلك اكتساب المقدرة العملية على إنشاء وتنفيذ برامج الـ (CNC)، وليتوج الطالب معارفه وخبراته في مجال تقنية التحكم الرقمي بالحاسب بتنفيذ مشاريع تطبيقية على كل من مخارط وفرايز الـ (CNC) .

وتتكون الحقيبة من خمس وحدات تدريبية هي بالترتيب التالي : تكنولوجيا التحكم الرقمي بالحاسب : تمهيد ، محاور الحركة ونقاط الصفر لمكائن الـ (CNC) ، أوامر (CNC) الأساسية ، إنشاء وتنفيذ برامج الـ (CNC) ، مشاريع تطبيقية .

وكل وحدة تبدأ بأهداف الوحدة ، ثم مقدمة تحدد إطار المواضيع التي تتناولها الوحدة ، وتختتم كل وحدة بخلاصة مجملة لكل مواضيع الوحدة ، ثم تمرين شامل يستطيع من خلاله المتدرب التعرف على مدى ما اكتسبه من معرفة وخبرة في موضوع الوحدة التدريبية .

ونسأل الله العلي القدير أن يكون هذا الجهد خالصاً لوجهه الكريم ، وأن ينفع به أمتنا في مسيرتها المباركة لتحقيق التنمية والتقدم ونقل التقنيات الحديثة لكل قطاعاتها الاقتصادية .

المؤلف : د. عمر أحمد التهامي

رمضان ١٤٢٤هـ

ورشة التحكم الرقمي بالحاسب ١

تكنولوجيا التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) :

تمهيد

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الأهـــــداف

بإكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على أن :

- يشرح المفاهيم الأساسية المتعلقة بتقنية التحكم الرقمي بالحاسب ويصف تطورها التاريخي .
- يشرح الفرق بين الآلية (الأتوماتية) المبرمجة والآلية الثابتة .
- يقارن بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات العدد ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) من الناحيتين التشغيلية والاقتصادية .

تكنولوجيا التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) :

تمهيد (١)

١.١ مقـــــدمة :

لقد كان ظهور تقنية التحكم الرقمي بمثابة التحول الجذري في طريقة التحكم في ماكينات العدد، وذلك استجابة لما بدأ جلياً من وجود محدودية في إمكانيات هذه الماكينات ، مما يفرض قيوداً ثقيلة على التصميمات الهندسية ومتطلباته المتصاعدة من حيث الدقة والتعقيد ، وفي السنوات التي تلت الحرب الكونية الثانية ثبت بوجه خاص عجز الماكينات التقليدية عن تحقيق متطلبات صناعة المعدات الجوية ، مما فتح الباب على مصراعيه لظهور ما سمي بالتحكم الرقمي .

ونحاول في هذا التمهيد عرض التطورات التاريخية التي لازمت تطور تقنية التحكم الرقمي والتعرف على الفروق بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات العدد ذات التحكم الرقمي ، وأيضاً بيان الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام ماكينات التحكم الرقمي .

ومن المفيد أن نحدد من البداية أن التركيز سيكون بشكل كامل على تطبيق تقنية التحكم بالحاسب على ماكينات العدد ، بحسبان أن هذا هو المجال التاريخي الذي ظهرت فيه ، وأيضاً هو المجال الأهم بالنسبة لتقنية الإنتاج ، هذا بالرغم من وجود تطبيقات أخرى لهذه التقنية .

وقبل الشروع في تناول التعامل مع هذه التقنية وإنشاء برامج التشغيل اللازمة يكون من الضروري التعرف على الإطار الذي تعمل فيه تقنية التحكم الرقمي بالحاسب ، ومتى يكون استخدامها مجدياً اقتصادياً وفنياً ، وهذا ما يؤكد على أهمية هذا التمهيد .

٢.١ الآليـــــــة :

إن الآلية أو الأتوماتية (Automation) هي عبارة عن تقنية مختصة بتطبيق نظم ميكانيكية وإلكترونية ونظم قائمة على استخدام الكمبيوتر " الحاسب الآلي " لتشغيل عملية الإنتاج والتحكم فيها، وتمثل الآلية (الأتوماتية) تقنية متجددة تستمر فيها عملية الإبداع التي بدأت منذ عدة عقود مضت .

ويمكن تقسيم الآلية إلى ثلاثة أنواع رئيسية :

١. آلية ثابتة (Fixed Automation) :

وهو نظام يكون فيه ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج ثابت نسبة لطبيعة تكوين ماكينات الإنتاج نفسها .

٢. آلية قابلة للبرمجة (Programmable Automation) :

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

٣. آلية مرنة (Flexible Automation) :

وهو امتداد لنظام الآلية القابلة للبرمجة بحيث لا يوجد زمن ضائع في عملية إعادة البرمجة . فإذا ركزنا الأنظار على نظام الآلية القابلة للبرمجة فإننا نجد أن أهم مثال في هذا النوع من الآلية – في مجال تصنيع القطع المعدنية – هو التحكم الرقمي (Numerical Control) والذي هو تطبيق حيوي للتزواج بين تقنية الكمبيوتر وتقنية الإلكترونيات في مجال التحكم في التصنيع . ويرجع الفضل في مجال تطور التحكم الرقمي بعد الله إلى سلاح الجو الأمريكي والمصنعين الأوائل في صناعة المعدات الجوية ، وقد قدم أول تطوير لفكرة التحكم الرقمي جون بارسونس وزملائه في عام ١٩٤٨م . وسنقدم في الجزء التالي استعراضاً للتطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي :

٣.١ التطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي :

لقد تم أول تطوير لتقنية التحكم الرقمي في الفترة ما بين ١٩٤٧ و ١٩٥٢ في معهد ماسوشوست للتقنية (MIT) 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 أجزاءً من الطائرات الحربية (وعلى وجه الخصوص مراوح للطائرات العمودية) .

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 فقد نشأت فكرة التحكم الرقمي لتحقيق الأهداف التالية :

١. زيادة الإنتاج .
٢. تحسين جودة ودقة القطع المصنعة .
٣. تحقيق استقرار في تكاليف الإنتاج .
٤. إمكانية تصنيع القطع المعقدة التي قد يستحيل تصنيعها باستخدام مكائن تقليدية .

وتم في عام ١٩٥٢م تصنيع أول ماكينة للتحكم الرقمي ، وكانت ذات ثلاث محاور وتعمل بواسطة شريط مثقب . وفي ١٩٥٤م تم الإعلان رسمياً عن تطبيق تقنية التحكم الرقمي ، وبعدها بحوالي ثلاث سنوات تم أول إنتاج لهذه الماكينات وتركيبها لتكون جاهزة للاستخدام . وبحلول العام ١٩٦٠ كانت تقنية التحكم الرقمي قد لقيت قبولاً واسعاً وأصبح في مقدور الجهات الراغبة في استخدامها الحصول عليها دون عوائق .

١.٤ تعريف لنظم التحكم الرقمي والمقارنة بينها :

١.٤.١ التحكم الرقمي (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 هيئة شريط مثقب تتم قراءته بواسطة جهاز التحكم في الماكينة .

عندما تتغير القطعة المطلوب تصنيعها يتغير أيضاً البرنامج ، وهذه القابلية لتغيير البرنامج هي التي تجعل ماكينات التحكم الرقمي مناسبة للإنتاج المنخفض والمتوسط الحجم ، وتمتد تطبيقات التحكم الرقمي لتشمل ماكينات العدد بمختلف أنواعها مثل الفرايز والمخارط ... إلخ ، وماكينات القياس ، وماكينات التجميع (Assembly) وغيرها . وتقوم قاعدة التشغيل لكل هذه الأنواع من ماكينات التحكم الرقمي على مبدأ مشترك وهو التحكم في موقع أداة القطع (أو ما يقوم مقامه في التطبيق المعين) بالنسبة للقطعة تحت التشغيل (أو ما يقوم مقامها) .

١.٤.٢ التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC) :

وهو عبارة عن نظام تحكم رقمي يستخدم فيه 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

(Punched Tape) يقـــوم الكمبيوتر بقـــــراءته كمـــا أن بعض ماكينات الـ (CNC) يستطيع فيها الكمبيوتر بالإضافة إلى ما ذكر قراءة البرامج المسجلة على اسطوانات .

١. ٤. ٣ التحكم الرقمي المباشر (DNC) :

وهو عبارة عن 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 .

رغم إنه يستخدم كمبيوتر في كلاً من نظامي الـ (CNC) والـ (DNC) يجب ملاحظة الفروق التالية :

١. الكمبيوتر في الـ (CNC) يتحكم في ماكينة واحدة ، في حين أنه يسيطر على عدد كبير من الماكينات في حالة الـ (DNC) .
٢. الكمبيوتر يكون في مكانه بعيداً عن الماكينات التي يعمل معها في نظام الـ (DNC) ولكننا نجده مباشرة مع الماكينة في حالة الـ (CNC) .
٣. الكمبيوتر في حالة الـ (DNC) ليس هدفه الوحيد التحكم في الماكينات التي تعمل معه بل هو يمثل أيضاً جزء من نظام توفير المعلومات لإدارة المصنع ، أما بالنسبة لـ (CNC) فالكمبيوتر يحصر إمكانياته لخدمة الماكينة التي تعمل معه .
٤. نسبة لمشاكل التنسيق التي ترافق نظام الـ (DNC) فإنه لا يكون مجدياً من الناحية الاقتصادية إلا في حالة الشركات الكبرى .

والأشكال المبسطة التالية تبين الأجزاء التي تكون الأنظمة الثلاثة التي عرفنَّاها أعلاه (DNC و CNC و NC) : (أنظر الأشكال : ١ -١ ، ١ -٢ ، ١ -٣) .

أما إذا قارنا بين التحكم الرقمي (NC) والتحكـــم الرقمي بالحاسب (CNC) فإننـــا نجد أن الـ (CNC) يتميز على الـ (NC) بالآتي :

١. يمكن إدخال البرامج مباشرة من على الماكينة وحفظها في ذاكرة الحاسب الملحق بالماكينة .
٢. سهولة تصحيح ومراجعة البرنامج وبالتالي التوفير في زمن تصميم البرنامج المطلوب لتصنيع قطع الشغل .
٣. التخفيض في كمية المعلومات اللازم إدخالها في برنامج التصنيع ، وكذلك السرعة في تنفيذ البرنامج .

١ . ٥ المقارنة بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات الـ (CNC) :

يوجد تشابه في الشكل العام لماكينات العدد التي تعمل بنظام الـ (CNC) وماكينات العدد التقليدية ولكن يوجد فرق أساسي في مصدر إيجاد الحركة في الاتجاهات المختلفة التي تتحرك فيها الماكينة . فإذا أخذنا ماكينة الفريزة (Milling M/C) كمثال فإننا نجد أن الفريزة العادية بها محرك واحد ذي تيار متردد في حين أن الفريزة من نوع الـ (CNC) يتحكم في التحركات المختلفة بها محركات خاصة تسمى المحركات المؤازرة (Servomotors) من نوع محركات التيار المستمر أو محرك الخطوة (Stepping motor) أو المحركات الهيدرولية ، فماكينة الفريزة (CNC) المبينة في شكل (١ -٤) بها أربعة محركات من نوع التيار المستمر كالآتي :

١. محرك واحد للحركة الطولية لمنضدة الماكينة .
٢. محرك واحد لتحريك المنضدة إلى الداخل أو الخارج بعيداً عن الماكينة .
٣. محرك واحد لتحريك المنضدة رأسياً إلى أعلى أو أسفل .
٤. محرك واحد لإدارة عامود السكاكين "أو أدوات القطع" يمثل المحرك الأساسي .

وكل هذه المحركات يتحكم فيها كمبيوتر ماكينة الـ (CNC) أما ماكينة الفريزة العادية فيمكن تحريك منضدتها طولياً أو في الاتجاه المستعرض أو رأسياً يدوياً أو ميكانيكياً ، فإذن تعتمد دقة العمليات التي تنفذ على الفريزة العادية على مهارة العامل الذي يقوم بتشغيل الماكينة ، أما في ماكينة الـ (CNC) فإن الدقة تعتمد على مقدرة نظام التحكم ونوعه ويمكن أن نلخص المقارنة بين فريزة تقليدية وأخرى ذات تحكم رقمي بالحاسب في الجدول التالي :

وجه المقارنة	الفريزة العادية	الفريزة (CNC)
١.الشكل العام	يشابه الفريزة (CNC)	يشابه الفريزة العادية
٢.بعض تفاصيل التصميم مثل :		
أ.الهيكل	أقل قساوة (مقاومة لقوى التشغيل) من الفريزة (CNC)	أكثر قساوة
ب.عمود نقل الحركة الطولية	شكل القلووظ شبه منحرف	شكل القلووظ شبه كروي وبه كرات محملية (أنظر الشكل (١. ٥))
٣.مصدر الحركة	محرك واحد ذو تيار متردد (A.C)	محرك خاص بكل اتجاه حركة تسمي المحركات المؤازرة (Servo-Motors) من نوع

وجه المقارنة	الفريزة العادية	الفريزة (CNC)
		محركات الخطوة (Stepper Motors) أو المحركات الهيدرولية
٤.دقة عمليات التشغيل	يمكن أن تبلغ ٠,٠١ مم وتعتمد على مهارة العامل	يمكن أن تبلغ 0.001 مم وتعتمد على مقدرة ونوع نظام التحكم
٥.التكلفة	منخفضة نسبياً	مرتفعة تبلغ حوالي خمسة أضعاف الفريزة العادية
٦.التحكم في الحركة	يدوياً أو ميكانيكياً	برنامج التحكم الرقمي

للتعرف على ماكينات الـ (CNC) المتوفرة بورش الكليات التقنية انظر شكل (١ -٦) الذي يبين فريز (CNC) من نوع MH500W وهي ذات نظام تحكم من نوع MAHO 232 ، وكذلك الشكل (١ -٧) الذي يوضح مخرطة (CNC) من نوع emcoTurn 242 وهي ذات نظام تحكم من نوع EMCOTRONIC TM 02 .

١ . ٦ المزايا والعيوب الاقتصادية لماكينات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) :

توجد عدة أسباب أدت إلى الانتشار الواسع لاستخدام ماكينات التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC) في الصناعة . لقد هيأ ظهور الـ (CNC) وسيلة لتخفيض تكلفة الإنتاج للصناعات التي تتميز بحجم إنتاج منخفض مثل صناعة القطع المساعدة في صناعة الطائرات وقطع الدوائر الهيدرولية وصناعة ماكينات العدد نفسها ، ففي كل هذه الصناعات التي ذكرناها وغيرها من الصناعات ذات المتطلبات الشبيهة ، نجد أنه من الضروري أن يكون المنتج عالي الجودة ومضمون عند استعماله .

ونجد أيضاً أن حجم الإنتاج في هذه الحالات يعد غالباً بالعشرات أو المئات وفي بعض الحالات بالآلاف ولكن يندر أن يصل حجم الإنتاج فوق ذلك . فاستعمال الـ (CNC) في مثل هذه المجالات المذكورة يمكن أن يحقق المزايا التالية :

١. تقليل الزمن الضائع بدون إنتاج فعلي للماكينة .
٢. استخدام تجهيزات تثبيت (Fixtures) أكثر بساطة من المستخدمة مع الماكينات التقليدية .
٣. تحقيق نظام إنتاج أكثر مرونة للتغيرات في جداول الإنتاج .

٤. السهولة في تقبل أي تغييرات في تصميم القطع المنتجة لأن ذلك يحتاج فقط إلى تغيير في البرنامج السابق للقطع .

٥. زيادة دقة التصنيع والتقليل من الأخطاء التي يقع فيها العاملون .

ويتضح من هذا المذكور أعلاه أن الـ (CNC) يكون مناسب لحالات معينة ولكن ليس في كل الحالات ويمكن أن نستنتج أن عمليات التشغيل التي يمكن أن يحقق فيها الـ (CNC) فوائد اقتصادية لها الصفات التالية :

١. القطع التي تصنع مكررة في شكل دفع صغيرة أو متوسطة الحجم .

٢. هندسة القطع معقدة (من ناحية الشكل) .

٣. الازواجات المطلوبة لتصنيع القطع ضيقة .

٤. تشغيل القطع يحتاج لعدة عمليات .

٥. كميات المعدن المطلوب إزالته (الرائش) للتصنيع كبيرة .

٦. التغيرات في التصميم متوقعة .

٧. القطع عالية التكلفة بحيث أن حدوث أخطاء في التصنيع سيكون باهظ التكلفة.

٨. الحاجة لفحص جودة المنتج بنسبة ١٠٠٪ .

وليس بالضرورة يشترط أن تكون القطع المناسبة للتصنيع بنظام الـ (CNC) مستوفية لكل الصفات الثمان التي ذكرناها ولكن بالطبع كلما حققت عدد أكبر من هذه الصفات كلما كانت تطبيقاً جيداً لاستخدام ماكينات الـ (CNC) في الإنتاج .

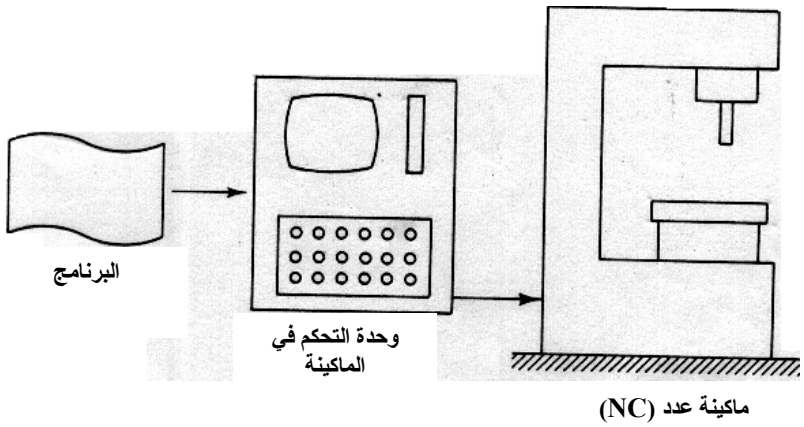
ولكن كل هذا يجب أن لا ينسينا أنه إذا أدخلنا نظام الـ (CNC) للإنتاج في مصنع ما ستواجه المشاكل التالية :

١. زيادة الصيانة الكهربائية وتنوعها داخل المصنع .

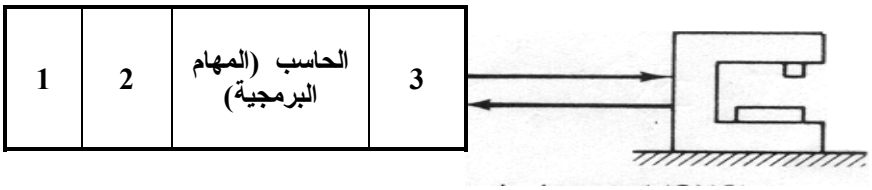
٢. ارتفاع التكلفة الابتدائية لماكينات الـ (CNC) .

٣. ارتفاع تكلفة تشغيل الماكينات .

٤. إجراء تدريب جديد للعاملين على كل المستويات لاستيعاب نظام الـ (CNC) ومتطلباته من برمجة وتشغيل وصيانة .



شكل (١ – ١) : الأجزاء الرئيسية لنظام (NC)

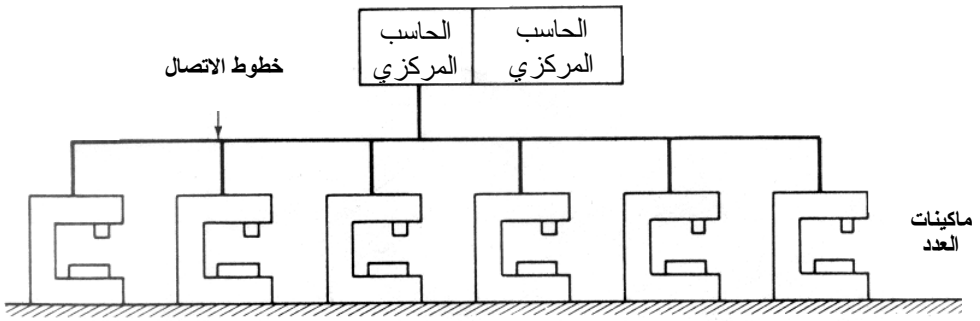


1 : جهاز قراءة الشريط المثقب لإدخال البرنامج لأول مرة

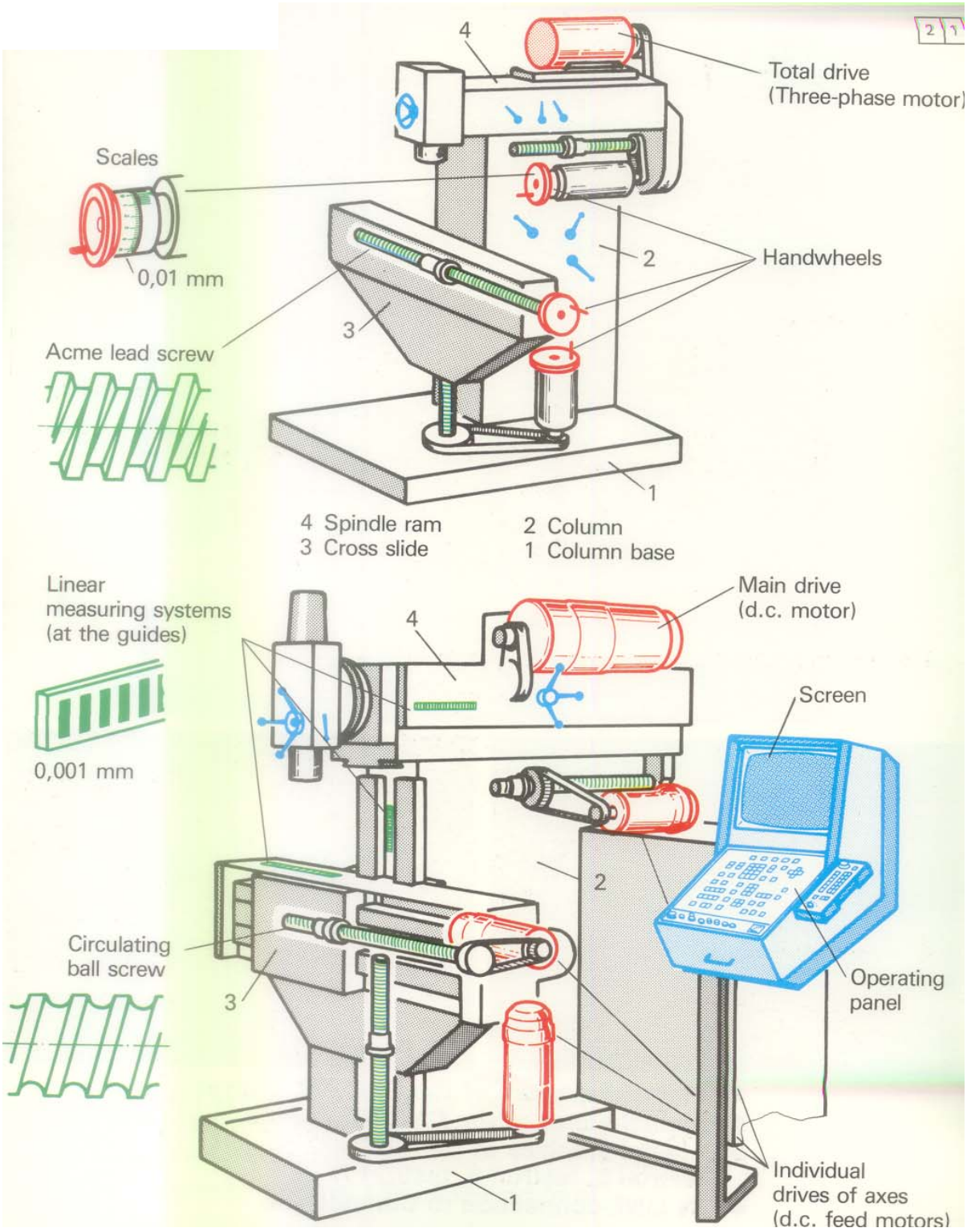
2 : وحدة حفظ برنامج الـ (NC)

3 : الأجزاء البينية لتواصل الحاسب مع الماكينة

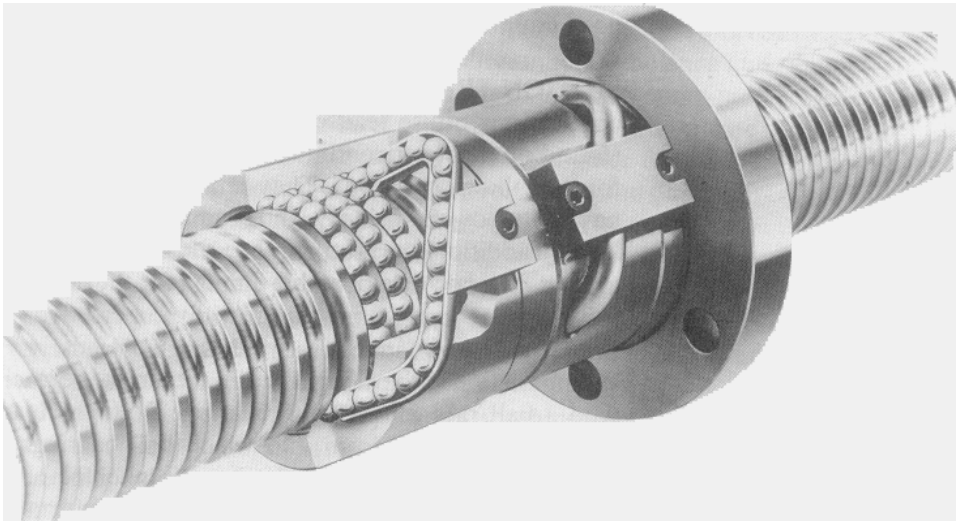
شكل (١ – ٢) : الأجزاء الرئيسية لنظام (CNC)



شكل (١ -٣) : الأجزاء الرئيسية لنظام (DNC)



شكل (١ -٤) : مقارنة بين ماكينة تفريز عادية وفريزة (CNC)



(أ) قلووظ به كرات محملية ذات تغذية راجعة من الخارج

(ب) قلووظ به كرات محملية ذات رجوع داخلي

شكل (١ -٥) : القلووظ ذو الكرات المحملية لمكائن الـ (CNC)

شكل (١ -٦) : فريزة (CNC) من نوع (MH 500 W) بنظام تحكم MAHO 232

شكل (١ -٧) مخرطة (CNC) من نوع (emcoTurn 242)

بنظام تحكم EMCOTRONIC TM 02

خلاصة الوحدة الأولى

- الآلية (الأتوماتية) هي تقنية مختصة بتطبيق نظم ميكانيكية وإلكترونية ونظم قائمة على الحاسب لتشغيل عملية الإنتاج والتحكم فيها ، ومن أنواعها الآلية الثابتة والآلية المبرمجة .
- في نظام الآلية الثابتة ترتيب العمليات المطلوبة للإنتاج ثابت بينما في نظام الآلية المبرمجة يمكن تغيير هذا الترتيب بإعادة البرمجة .
- التحكم الرقمي (NC) هو صورة من صور الآلية القابلة للبرمجة حيث يتم التحكم في معدات التصنيع بواسطة برنامج خاص بالقطعة المراد إنتاجها يكون في شكل شريط مثقب .
- التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) هو عبارة عن نظام تحكم رقمي يستخدم فيه حاسب (له ذاكرة لحفظ البرامج) للتحكم في الماكينة ، ويكون الحاسب جزء لا يتجزأ من الماكينة.
- التحكم الرقمي المباشر (DNC) هو عبارة عن نظام تصنيع يقوم فيه حاسب واحد بالتحكم في عدة ماكينات تحكم رقمي بصورة مباشرة وحية .
- تتميز القطع التي تمثل تطبيقاً جيداً لتقنية التحكم الرقمي بالحاسب ببعض أو كل الصفات الأساسية التالية :

١. مكررة الإنتاج في شكل دفع صغيرة أو متوسطة .
٢. تعقيد الشكل .
٣. ضيق الازواجات .
٤. عدة عمليات للتشغيل .
٥. كبر حجم الرائش المزال .
٦. توقع تغير التصميم .

٧. علو تكلفة القطع .

٨. الحاجة لفحص الجودة بنسبة ١٠٠٪ .

تمـــــارين – ١ -

(١) أجب بـ (لا) أو (نعم) فيما يلي :

١. التحكم الرقمي (NC) صورة من صور الآلية الثابتة .
( )

٢. يوجد حاسب مركزي مقابل عدة ماكينات تحكم رقمي في حالة التحكم الرقمي المباشر (DNC) . ( )

٣. محدودية حجم الرائش المزال لا تشجع على استخدام الـ (CNC) لتصنيع القطعة المعينة . ( )

٤. دقة التشغيل في مكائن الـ (CNC) يمكن أن تبلغ 0.001 مم . ( )

٥. الشريط المثقب ليس ضرورياً لتشغيل ماكينات التحكم الرقمي (NC) . ( )

(٢) ضع الكلمات المناسبة في مكان الفراغ في العبارات التالية :

١. من المشاكل المتوقع مواجهتها عند إدخال ماكينات (CNC) لأول مرة هو .... الكهربائية و ..... . داخل المصنع .

٢. استخدام .... أكثر بساطة من المستخدمة مع الماكينات التقليدية هو واحد من مزايا استخدام ماكينات الـ (CNC) .

٣. تم في عام ..... تصنيع أول ماكينة للتحكم الرقمي وكانت ذات ..... محاور وتعمل بواسطة ....

(٣) قارن بين فريزة تقليدية وأخرى ذات تحكم رقمي بالحاسب (CNC) من حيث الآتي :

١. شكل قلووظ عمود الحركة الطولية .

٢. الدقة .

٣. عدد المحركات ونوعها .

(٤) إذا كنت الفني المسئول عن اتخاذ قرار بالمفاضلة بين ماكينات عدد تقليدية وأخرى مشابهة ذات تحكم رقمي بالحاسب في الاستخدام لتصنيع قطع شغل من نوع معين ، حدد العوامل التي ستستند إليها في اتخاذ مثل هذا القرار .

ورشة التحكم الرقمي بالحاسب ١

محاور الحركة ونقاط الصفر لمكائن الـ (CNC)

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الأهـــــداف

بإكمال الوحدة الثانية يكون الطالب قادراً على أن :

- يصف أنواع واتجاهات الحركة في ماكينات الـ (CNC) .
- يطبق قاعدة اليد اليمنى لتســـمية المحاور الأساسية واتجاهـــاتها الموجبة في فرايز ومخارط الـ (CNC) .
- يشرح نقاط الصفر المختلفة ويـحـــدد العلاقات التي تربط بينها لكل من فرايز ومخارط الـ (CNC) .

محاور الحركة ونقاط الصفر

لمكائن الـ (CNC) (٢)

١.٢ مقـــــدمة :

إن المهمة الأساسية لماكينة العدد أياً كان نوعها هو قطع أو إزالة المادة الزائدة – وهي مادة معدنية في العادة – من قطعة الخام التي تشغلها الماكينة للحصول قطعة شغل بالأبعاد والشكل المطلوب وبدرجة دقة وسطح إنجاز مقبولين .

وحتى تكون ماكينة العدد قادرة على إنجاز هذه المهمة بنجاح يجب توفر الآتي :

أ - حمل وتثبيت كلاً من أداة القطع وقطعة الشغل تثبيتاً تاماً .

ب - وجود طاقة قدرة كافية لتمكين أداة القطع من تشغيل قطعة الشغل بمعدلات اقتصادية .

ج - تحريك كلاً من أداة القطع وقطعة الشغل بالنسبة لبعضهما بحيث ينتج الشكل المطلوب ، وبشرط أن تكون هذه التحركات متحكم فيها لدرجة دقة تضمن الحصول على الأبعاد المطلوبة وكذلك سطح الإنجاز اللازم .

فإذا كان من الضروري توفر هذه المتطلبات المذكورة أعلاه في الماكينات التقليدية ، فإنه يكون من البديهي توفر هذه الإمكانيات بشكل أفضل في ماكينـــات العدد ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) بما يتناسب مع مستويات الدقة العالية المطلوبة منها ، وكذلك بما يتناسب مع تكلفتها .

وسيتم التركيز في هذه الوحدة على المحاور الأساسية والإضافية التي تشكل الإطار الذي تنشأ برامج الـ (CNC) على أساسه ، وكذلك سيتم التعرف على أنواع التحكم في الحركة الموضعية والخطية والمستمرة ، وأيضاً تحديد مختلف نقاط الصفر لمخارط وفرايز الـ (CNC) بصفتها الأساس الذي يقوم عليه نظام الأبعاد .

٢.٢ المحاور الأســـاسية (X,Y,Z) :

لمعظم ماكينات التشغيل (CNC) اثنان أو أكثر من المجاري الانزلاقية الأساسية ، وهي متعامدة مع بعضها من ناحية الاتجاه للحركات الانزلاقية عبر هذه المجاري .

وتستخدم المحاور الكارتيزية الثلاث : Z,Y,X لتسمية هذه الاتجاهات ، بوصفها متعامدة مع بعضها وبالتالي فهي صالحة لتحديد موقع أي نقطة في الفراغ ، وهذا ما نحتاج إليه في كتابة برامج الـ (CNC) لتحديد الموقع النسبي بين أداة القطع وقطعة الشغل .

ويلاحظ أن عدداً من ماكينات العدد ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) لا تتطابق فيها تسميات المحاور مع النظام الكارتيزي إلا في بعض الحالات . وتوجد مواصفه قياسية لتحديد اتجاهات هذه المحاور في ماكينات الـ (CNC) مصدرها المنظمة العالمية للتوحيد القياسي (ISO) ، ويتم تطبيقها بشكل عام ولكن تبقى الجهة المصنعة هي التي تختار تسمية اتجاهات الحركة مختلف المنزلقات وأعمدة الدوران الرئيسية فيها .

ويلاحظ أن فرايز شركة (MAHO) الألمانية المستخدمة في ورش الكليات التقنية تتبع المواصفة الألمانية DIN 66217 حيث يكون محور عمود الدوران في حالة الفرايز الأفقية (Z) ، بينما يسمى محور عمود الدوران في حالة الفرايز الرأسية (Y) ، وهذا يعني ثبات المحاور Z,Y,X وعدم تأثرها بتغيير اتجاه عمود الدوران ، وتبدو كما هو مبين في شكل (٢ -١) ، وسنناقش اتجاهات هذه المحاور عند حديثنا عن قاعدة اليد اليمنى من ضمن هذه الوحدة .

٢.٢.١ قياس الأبعاد في اتجاه المحاور الأساسية :

من الخيارات الموجودة أمام الشخص المبرمج هي إما أن يستخدم النظام المطلق (Absolute System) أو نظام الإضافة (السلسلة) (Incremental System) ، وذلك لتحديد موضع أداة القطع في اتجاهات المحاور الأساسية . نظام الأبعاد المطلق يعني أن موضع أداة القطع ينسب دائماً وأبداً لنقطة صفر البرمجة (صفر قطعة الشغل) .

الشكل (٢ -٢) يبين تحديد موضع أداة القطع أولاً بالنقطة X30Z60 وثانياً بالنقطة X60Z40ففي الحالتين الأولى والثانية تقاس الأبعاد في اتجاه كل محور من نقطة صفر البرمجة . وكما سنعرف في الوحدة الثالثة أن هذا النظام المطلق يقابله الأمر التحضيري G90 في الفرايز .

أما نظام الأبعاد بالإضافة فيعني أن موضع أداة القطع ينسب دائماً لآخر موضع زود به البرنامج لتحديد موقع أداة القطع .

الشكل (٢ -٣) يبين طريقة استخدام نظام الإضافة لتحريك أداة القطع مسافة ٢٠مم في الاتجاه الموجب لمحور X ، ومسافة ٣٠ مم في اتجاه الموجب لمحور Z وذلك باستخدام الأمر G91 X 20 Z30 ، كما يبين تحريكه مرة أخرى من موضعه الذي وصل إليه بالأمر السابق إلى موضع آخر بتحريكه مسافة ٣٠ مم في اتجاه محور X الموجب ، و٢٠مم في الاتجاه السالب لمحور Z ، وذلك باستخدام الأمر X30 Z-20 ، وهذا أيضاً خاص بفرايز الـ (CNC) .

إذا أردنا استخدام نظام الأبعاد بالإضافة في حالة مخارط الـ (CNC) لا تحتاج لـ G90 أو G91 بل تستخدم المحور U بدلاً عن محور X ، والمحور W بدلاً عن Z للدلالة على أن نظام الأبعاد المستخدم في هذه الحالة يكون بنظام الإضافة .

٣.٢ المحاور الإضافية : (Additional Axis of Movement) :

من المعتاد وجود حركات خطية إضافية في فرايز ومخارط الـ (CNC) ، وتكون غالباً موازية في الاتجاه للمحاور الأساسية (X,Y,Z) ، كما توجد حركات دورانية .

بالنسبة للفرايز التي تتمتع بطاولة دوارة حول محور من المحاور الأساسية فإن محاور الدوران تحدد بالحروف :

١. A إذا كان دوران الطاولة حول المحور X .
٢. B إذا كان دوران الطاولة حول المحور Y .
٣. C إذا كان دوران الطاولة حول المحور Z .

فمثلاً فرايز الـ MAHO من النوع 432 CNC لديها محور دوراني B (أي حول المحور الرأسي Y) .

أما المخارط فمن الممكن أن تكون لها حركة في محور رئيسي في شكل حركة خطية للبرج حامل أقلام المخرطة في اتجاه مستعرض مواز للمحور X ، بجانب الحركة الإضافية في اتجاه نفس المحور X الخاصة بسرج المخرطة (Saddle) .

وعموماً عندما تكون هنالك أكثر من حركة في اتجاه نفس المحور ، فإن الحركات الرئيسية تحدد بالمحاور Z,Y,X بينما التحركات الإضافية تحدد بالمحاور W,V,U وهي تمثل بالترتيب التحركات الإضافية في اتجاهات المحاور الرئيسية Z,Y,X .

بالنسبة للحركة الدورانية للبرج الحامل لأقلام الخراطة (Tool turret) يجب أن لا نخلط بينها وبين الحركات الدورانية حول المحاور الأساسية المذكورة أعلاه ، إذ أن دوران البرج الحامل لأقلام

الخراطة هو عبارة عن وسيلة لاختيار قلم الخراطة المراد استخدامه في عملية معينة من عمليات الخراطة التي يجري تنفيذها على قطعة الشغل ، وليس بأي حال من الأحوال حركة دورانية حول محور معين .

٤.٢ درجات الحرية وعلاقتها بعدد المحاور :

إذا نظرنا إلى أي جسم موجود في الفراغ فإننا نجده يتمتع بست درجات من الحرية (Six degrees of Freedom) . ونعني بذلك أن هذا الجسم يستطيع الحركة الخطية في اتجاه أي من ثلاثة محاور (متعامدة على بعضها كما في المحاور الكاريتزية) ، وفي نفس الوقت يمكنه الدوران حول أي من هذه المحاور الثلاثة ، وبالتالي يكون المجموع الكلي لإمكانية هذه التحركات هو ستة تحركات ، وهو ما نطلق عليه مصطلح درجات الحرية . وهذا ما يوضحه الشكل (٢. ٤ أ) .

ولعدد درجات الحرية علاقة مع مبادئ تحديد الموضع أيضاً ، إذ أن المبدأ الأول لتحديد الموضع هو تخفيض هذه الست درجات من الحرية إلى الصفر ، ويوضح الشكل (٢. ٤ ب) أننا نحتاج إلى ست نقاط ارتكاز كحد أقصى لجعل درجة الحرية تساوي الصفر . وهذا الموضوع مرتبط بأدوات التثبيت في مكائن الـ (CNC) التي يأتي تفصيلها في الوحدة الرابعة .

٥.٢ اتجاهات الحركة (قاعدة اليد اليمنى) :

تستخدم قاعدة اليد اليمنى لتسمية المحاور الأساسية (X, Y, Z) طبقاً لنظام المحاور الكاريتزية وتحديد اتجاهاتها الموجبة ، وأيضاً تستخدم لتحديد اتجاهات الدوران الموجبة حول هذه المحاور الأساسية.

كما هو موضح في شكل (٢. ٥ أ) فإننا نضع أصابع اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام (Thumb) ، السبابة (Forefinger) والأصبع الوسطى (Middle Finger) متعامدة مع بعضها ، مع ترك بقية الأصابع مغلقة على راحة اليد . فيكون الإبهام في هذه الحالة هو محور X ، السبابة هو محور Y ، والوسطى هو محور Z .

كما أن رؤوس الأصابع (موضع الأظافر) الثلاثة يشير كل منها إلى الاتجاه الموجب للمحور الذي يمثله .

لإيجاد الاتجاه الموجب للحركات الدورانية حول المحاور الأساسية – أو بعبارة أخرى اتجاه الدوران مع عقارب الساعة عند النظر في اتجاه المحور الذي يتم حوله الدوران – فإننا نغلق أصابع اليد اليمنى باستثناء الابهام الذي نجعله يشير إلى أعلى كما هو موضح في شكل (٢. ٥ ب) . ويكون الإبهام في هذه

الحالة يمثل أي من المحاور الثلاثة X , Y , Z ، ويكون اتجاه عقل الأصابع الأربعة المتبقية هو الاتجاه الموجب للحركة الدورانية حول المحور المعني . ونسمي الدوران الموجب حول المحور X بالحركة الدورانية A+ ، وحول المحور Y تسمى B+ ، وحول المحور Z تسمى C+ .

١.٥.٢ تطبيق قاعدة اليد اليمنى على ماكينات الـ (CNC) :

لبرمجة أي ماكينة (CNC) يكون من الضروري إنشاء نظام إحداثيات قياسي يكون بمثابة المرجع لكل تحركات أداة القطع بالنسبة لقطعة الشغل ، ويمكن تصنيف ماكينات الـ (CNC) على أساس عدد المحاور التي يُتحكم فيها رقمياً من بين المحاور الكاريتزية الثلاث : (Z,X,Y) وأن تكون هنالك اتجاهات أخرى للحركة لا يتم التحكم فيها رقمياً .

ولتسهيل عملية البرمجة فإننا دائماً نفترض أن أداة القطع هي التي تتحرك بينما تكون قطعة الشغل ثابتة ونتمسك بهذا الافتراض مهما كانت حقيقة الأمر من ناحية الحركة في الوضع الفعلي الحادث في الماكينة ، وهذا يسهل من مهمة المبرمج ، فمثلاً في ماكينة مثقاب (CNC) نجد أن أداة التثقيب تكون في مستوى أفقي ثابت بينما الذي يتحرك فعلاً هو المنضدة (وفوقها قطعة الشغل) ولكن على الرغم من ذلك فإننا نعتبر أن أداة القطع متحركة بينما قطعة الشغل ساكنة .

وعندما نصف ماكينة (CNC) بأنها ذات نظام محورين فإننا نعني أن التحكم الرقمي يتم في محورين بينما المحور الثالث يتم التحكم فيه إما يدوياً أو ميكانيكياً . أما الماكينات (CNC) الثلاثية المحاور فإن التحكم الرقمي يتم فيها بالنسبة للمحاور الثلاثة . فإذا أخذنا ماكينة مثقاب (CNC) كمثال فإننا نقول أنها ثنائية المحاور إذا كان التحكم الرقمي فقط في المحور في اتجاه طول المنضدة وكذلك المحور في الاتجاه المستعرض بينما محور البنطة (المثقاب) لا يتم التحكم فيه رقمياً . فإذا كان التحكم في محور البنطة أيضاً رقمياً بالإضافة إلى المحورين السابقين فإننا نقول عن ماكينة المثقاب (CNC) بأنها ثلاثية المحاور في هذه الحالة الأخيرة الذكر .

لتحديد الاتجاهات الموجبة أو السالبة للمحاور فإننا نفترض الآتي : (طبقاً للمواصفة الألمانية DIN 66217) :

١. أن المبرمج يقف خلف الماكينة وينظر في اتجاه قطعة الشغل في موضعها على منضدة الماكينة .
٢. أن أداة القطع هي التي تتحرك بالنسبة لقطعة الشغل مهما كانت حقيقة التحركات الفعلية في الماكينة .

٣. أن المحور "Z" يتم اختياره إما مواز للمحور الأفقي لعمود الدوران أو هو منطبق عليه (الزاوية بينهما صفر) . فإذا كان محور الدوران رأسي فإن "Y" يحل محل "Z" في موازاة محور الدوران أو الانطباق عليه .

وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى شكل (٢. ٥ أ) على أساس الافتراضات أعلاه نحصل على نظام المحاور المطلوب .

ونستخدم قاعدة اليد اليمنى كالآتي :

١. المبرمج في موقعه خلف الماكينة .
٢. يضع أصابعه الثلاث " الإبهام ، السبابة ، الوسطى " متعامدة على بعضها.
٣. باطن كف اليد اليمنى يكون في مقابل وجه المبرمج .
٤. جعل الاتجاه المعلوم " Z في حالة محور الدوران الأفقي ، (Y في حالة محور الدوران الرأسي) هو نقطة البداية لتحديد اتجاهات بقية الأصابع ، ففي حالة المحور الأفقي يكون الأصبع الوسطى هو الذي يحكم بقية الاتجاهات ، أما في حالة المحور الرأسي فإن السبابة يكون هو نقطة البداية لتحديد الاتجاهات .

٢ .٥ .١ .١ تطبيق قاعدة اليد المينى على ماكينات التفريز (CNC) :

أ.فريزة ذات محور دوران أفقي :

تبدو المحاور كما هو مبين في شكل (٢. ٦) حيث يمثل المحور X حركة المنضدة الطولية والمحور Z - وهو المحور الموازي لمحور الدوران في هذه الحالة - يمثل حركة المنضدة في الاتجاه المستعرض أما المحور Y فيمثل الاتجاه الرأسي .

الاتجاهات الموجبة للمحاور الثلاث كما هو مبين نحصل عليها بتطبيق قاعدة اليد اليمنى وجعل الوسطى مواز لمحور الدوران بصفته يمثل محور Z وبحيث يكون المبرمج يقف خلف قطعة الشغل (فيكون اتجاه نظره في اتجاه Z المبين) وبذلك نحصل على الاتجاهات الآتية (الآن بالنسبة للعامل الذي يقف أمام الماكينة) :

(i) + X : الإحداثي (X) الموجب لأداة القطع عندما تكون أداة القطع في اتجاه اليسار من مركز الإحداثيات .

(ii) + Y : الإحداثي Y الموجب لأداة القطع فوق (أعلى) مركز الإحداثيات .

(iii) + Z : الإحداثي Z الموجب لأداة القطع عندما تكون في الاتجاه المبتعد عن العامل من مركز الإحداثيات (Z+ يبتعد عن العامل) .

ب.فريزة ذات محور دوران رأسي :

في هذه الحالة يمثل محور الدوران الإحداثي Y ، مع ملاحظة أنه في نفس اتجاهه الرأسي الذي كان عليه في حالة الفريزة الأفقية المحور . ويظل X كما هو عليه في حالة الفريزة الأفقية المحور فيمثل اتجاه الحركة الطولية للمنضدة وكذلك Z يمثل اتجاه الحركة المستعرضة .

والاتجاهات تبدو كما هو مبين في شكل (٢. ٧) .

٢. ٥. ١. ٢ تطبيق قاعدة اليد اليمنى على مخارط الـ (CNC) :

إن المخارط لهي مكائن ذات محورين فقط . وطالما أن محور عمود الدوران (دوران قطعة الشغل في هذه الحالة) هو محور أفقي فإننا نعتبر أنه هو المحور Z وبتطبيق قاعدة اليد اليمنى من جهة غراب الذنب (Tailstock) والنظر ناحية غراب الرأس (Headstock) نحصل على الآتي :

١. المحورين هما " X " و " Z " .

٢. إن الاتجاهات الموجبة لهذين المحورين كما هو مبين في شكل (٢. ٨) ، مع ملاحظة أن الاتجاه الموجب لمحور " X " يعتمد على موضع أداة القطع هل هو جهة الواجهة للماكينة حيث يقف العامل لتشغيل الماكينة أو هو من الجهة الخلفية للماكينة . أما المحور " Z " فإن الاتجاه

الموجب لحركة أداة القطع فهو اتجاه الأداة مبتعدة عن غراب الرأس والذي هو (الاتجاه الموجب) عادة ناحية اليمين بالنسبة للعامل الواقف أمام الماكينة . بالنسبة للمكائن ذات أدوات القطع من جهة المؤخرة فإن الاتجاه الموجب لـ " X " هو الاتجاه البعيد عن العامل ، أما بالنسبة للمكائن ذات أدوات القطع من جهة المقدمة فإن الاتجاه الموجب لمحور " X " هو الاتجاه المقترب من العامل ، وكل ذلك مبين في شكل (٢. ٨) .

٣. لا وجود أو لا حاجة لمحور Y إذا كان محور دوران ظرف المخرطة أفقياً .

٢ – ٦ أنواع الحركة في ماكينات الـ (CNC) :

يمكن تقسيم ماكينات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) إلى ثلاث مجموعات على أساس نوع التحكم في الحركة النسبية بين أداة القطع وقطعة الشغل وذلك كما يلي:

١. ماكينات تحكم موضعي (Positional) أي تحكم من نقطة إلى نقطة (Point – to - Point).
٢. ماكينات تحكم في مسار خطي (Linear Path) .
٣. ماكينات تحكم في مسار مستمر "كنتوري" (Continuous Path) .

والقائمة المذكورة أعلاه مرتبة تصاعدياً من ناحية مستوى تعقيد وحداثة نظام التحكم أي أن ماكينات التحكم في مسار مستمر هي أكثر الأنواع تطوراً .

وفيما يلي تفصيل كل نوع من الأنواع الثلاثة للتحكم في حركة ماكينات الـ (CNC) :

٢. ١. ٦ التحكم الموضعي :

إن الهدف من نظام تحكم الماكينة في هذا النوع من نظم التحكم هو تحريك أداة القطع إلى موقع محدد سلفاً ، دون أن تكون هنالك أهمية للسرعة أو المسار الذي تتبعه أداة القطع للوصول إلى هذا الموقع ، وبمجرد وصول أداة القطع إلى الموقع المطلوب تبدأ عملية التشغيل (Machining) في ذلك الموقع، ولا يتم أي تشغيل إلا بعد انتهاء الحركة المطلوبة . انظر شكل (٢. ٩ أ) .

أحسن مثال لهذا النوع من أنواع التحكم هو ماكينات التثقيب ذات التحكم الرقمي بالحاسب.. غم عدم أهمية المسار الذي تتبعه أداة القطع للوصول إلى نقطة التشغيل ، يجب التأكد تماماً في عملية البرمجة من عدم اصطدام أداة القطع بقطعة الشغل أو تجهيزات التثبيت التي تثبت القطعة .

هذا النظام للتحكم هو أبسط النظم الموجودة وبالتالي فهو أرخص النظم الثلاثة.

عادة في مثل هذا النظام نجد أن التغذيات والسرعات لأداة القطع بالنسبة لقطعة الشغل يتم التحكم فيها بواسطة عامل التشغيل أكثر من أن يكون ذلك بواسطة البرنامج المعد لقطعة الشغل .

وتكون السرعة التي يتم بها تحريك أداة القطع إلى الموقع المطلوب في حدود ٥٠٠٠ إلى ١٠,٠٠٠مم في الدقيقة وذلك حسب إمكانيات ماكينة التحكم الرقمي .

٢.٦.٢ التحكم في مسار خطي (Straight – Cut) (Linear Path) :

تتميز هذه النظم بالقدرة على تحريك أداة القطع في اتجاه مواز لأي من المحاور الأساسية بسرعة متحكم فيها تكون مناسبة للتشغيل ، و الماكينات من هذا النوع هي أيضاً لها قدرة تحكم موضعي انظر شكل (٢. ٩ ب) . مثال هذا النوع فرايز التحكم الرقمي بالحاسب والتي يمكن استخدامها لماكينات تثقيب والأخيرة كما ذكرنا مثال للتحكم الموضعي . في مثل هذا النظام لا يمكن الحصول على حركة آنية في اكثر من محور ، ولذلك لا يمكن تنفيذ عمليات قطع مستقيمة في اتجاه مائل (أي بزاوية) على أي من المحاور الأساسية . العبارة الأخيرة صحيحة إذا أخذنا فقط بالتعريف التقليدي للتحكم في مسار خطي ، ولكن إذا أخذنا بالتعريف غير التقليدي وهو يعني مقدرة نظام التحكم في تحريك أداة القطع في اتجاه محورين في نفس اللحظة ، فإنه بالتأكيد يمكن تنفيذ عمليات قطع مستقيمة في اتجاه مائل على المحاور الأساسية .

٢.٦.٣ التحكم في مسار مستمر (Continuous Path) :
أو التحكم الكنتوري (Contouring) :

هذا النوع من أنواع التحكم هو أكثر الأنواع الثلاثة تعقيداً وأكثرها مرونة وأكبرها تكلفة ، وهو يحوي في داخله على مقدرات كل من نظام التحكم الموضعي ونظام التحكم في مسار خطي بالإضافة إلى صفته المميزة وهي القدرة على التحكم الآني على حركة الماكينة في اتجاه أكثر من محور ، ففي هذا النظام يمكن الحصول على حركة في خط مستقيم أو في مستوى مسطح بأي زاوية ، وكذلك مسارات دائرية أو مخروطية أو أي منحنى يمكن تعريفه بعلاقة رياضية محـــددة . (انظر شكل (٢. ٩ ج).

مثال لهذا النوع من أنواع التحكم في الحركة النوع المستخدم في ماكينات الفرايز والمخارط ذات التحكم الرقمي بالحاسب . التعريف غير التقليدي للنظام هو مقدرته على تحريك أداة القطع في اتجاه أكثر من محورين آنياً .

٢.٦.٤ تصنيف ماكينات التحكم الرقمي بالحاسب على أساس عدد محاور التحكم في مسار مستمر:

لقد ظل تصنيف ماكينات الـ CNC يثير في الماضي مشكلة والتباساً وذلك لأنه كان يتم فقط على أساس نوع التحكم المستمر . وكانت الماكينات التي لها نظام تحكم مستمر في محورين تعرف بـ 2D أي ثنائية الأبعاد ، وإذا كان ذلك التحكم المستمر في ثلاثة محاور عرفت بـ 3D أي ثلاثية الأبعاد ، أما إذا كانت الماكينة ذات تحكم مستمر في محورين أما المحور الثالث فمتحكم في تغذيته لبلوغ موقع محدد أي له تحكم في مسار خطي فيعرف في هذه الحالة بـ 2.5 D (أنظر شكل (٢. ٩ ج) .

ولإزالة هذا الالتباس ابتدع نظام التصنيف الذي يأخذ في الاعتبار نوع التحكم أي كان وكذلك عدد المحاور التي يعمل عليها ، حيث رمز للتحكم الموضعي بالرمز P ، والتحكم في مسار خطي بالرمز L ، والتحكم في مسار مستمر بالرمز C ، فبدلاً أن يقال 2.5 D يقال : 2C , L لتصنيف الماكينة المذكورة أعلاه .

٢.٧ تحريك المحاور يدوياً بطريقة الخطوة وبطريقة التعليم :

توجد ثلاث طرق مختلفة للتحكم في حركة ماكينات الـ (CNC) بخلاف التحكم عن طريق برنامج الـ (CNC) وهي كالآتي :

٢. ٧. ١ تحريك المحاور يدوياً :

يعني هذا استخدام عجلة الإدارة اليدوية (Handwheel) الخاصة بكل محور للحصول على الحركة في اتجاه هذا المحور ، وتكون ماكينة الـ (CNC) في هذه الحالة كأنها فقط وسيلة للدلالة على الموضع (Position) الذي تم بلوغه بالنسبة لكل محور X أو Y أو Z .

ويتم اختيار مفتاح حالة (Mode) التشغيل اليدوي (Manual) من على لوحة التحكم لتحقيق الحركة بطريقة يدوية ، وكذلك يمكن الحصول على هذه الحالة عن طريق الضغط على المفاتيح التي تحدد اتجاه التحريك (موجب أو سالب) مثل (X+) أو (X-) في حالة المحور X .

٢. ٧. ٢ تحريك المحاور بطريقة الخطوة البطيئة : (Jog Step)

يتم اختيار المفتاح الخاص بحالة التحريك بالخطوة البطيئة من على لوحة التحكم طبقاً لمقدار الخطوة المطلوبة وفي اتجاه المحور الذي يتم اختياره ، ويكون المحور المعني في حالة حركة بقيمة الخطوة المعينة طالما استمر الضغط على المفتاح الخاص بهذا المحور ، ويمكن الحصول على حركة مستمرة في اتجاه محور معين – دون الحاجة لاستمرار الضغط على مفتاح المحور المطلوب – إذا تم الضغط بشكل متزامن في بداية التشغيل على كل من مفتاح الـ (Start) ومفتاح المحور المعني. لإيقاف الحركة في اتجاه محور ما يمكن تحقيق ذلك بالضغط على مفتاح إيقاف التغذية (Feed Stop) .

٢. ٧. ٣ تحريك المحاور بطريقة التعليم : (Teach in)

بعد اختيار حالة التشغيل بطريقة التعليم من على لوحة التحكم يتم تحريك المحور المراد تحريكه عن طريق الإدخال اليدوي لقيمة الموضع المراد بلوغه بالنسبة للمحور المعني سواءً كان X أو Y أو Z . ولا يتم أي حفظ في ذاكرة نظام التحكم لهذه المعلومات المدخلة يدوياً .

٢. ٨ نقاط الصفر لمخارط وفرايز الـ (CNC) :

٢. ٨. ١ نقطة الصفر :

إن الغرض من وجود نظام إبعاد في ماكينات الـ (CNC) هو توفير وسيلة يستطيع عن طريقها المبرمج من تحديد موضع أداة القطع بالنسبة لقطعة الشغل المعينة . وفي العادة توجد عدة خيارات أمام الشخص المبرمج لتحديد الموضع وذلك حسب نوع ماكينة الـ (CNC) .

وأحد هذه الخيارات يعتمد على نوع صفر إحداثيات الماكينة ، هل هو من نوع الصفر الثابت (Fixed Zero) أم هو من نوع الصفر المتحرك (Floating Zero) .

وقبل أن نتناول بالشرح كل نوع يجدر بنا أن نعرف الآتي :

٢. ٨. ١. ١ نقاط الصفر لفرايز الـ (CNC) :

١.نقطة الصفر للماكينة : (Machine Zero Point) (M)

هي النقطة الموجودة على منضدة الماكينة بحيث أنه إذا وضعت المنضدة عند هذه النقطة بالنسبة للمحورين "X" و "Z" فإن محور عامود الماكينة إذا كان رأسياً سيكون مباشرة فوق هذه النقطة وإذا كان أفقياً فإن المحور "Y" - وهو متعامد على محور الماكينة في هذه الحالة – يمر بمركز أداة القطع . نقطة الصفر للماكينة تمثل النقطة (X0 و Y0 و Z0) في نظام محاور الماكينة .

٢.نقطة الصفر لقطعة الشغل : (Workpiece Zero Point) (W)

هي النقطة التي يختارها المبرمج على قطعة الشغل حسب ما يكون ملائماً لعملية البرمجة لتكون مركزاً لإحداثيات قطعة الشغل . فمثلاً إذا كانت قطعة الشغل ذات محور تماثل فقد يختار المبرمج مركز محور التماثل كمركز لإحداثيات قطعة الشغل .

٣.نقطة الإسناد (المرجع) : (Reference Point) (R)

هي النقطة التي تحدد أبعد مسافة ممكنة لتحرك منضدة الماكينة في الاتجاه الموجب لمحاور المنضدة حيث أن صفر الماكينة في الأصل منسوب إلى هذه النقطة . أنظر الشكل (٢. ١٠)

والآن بعد هذه التعريفات نستطيع الحديث عن نوع صفر الماكينة :

ففي حالة الصفر الثابت فإن مركز الإحداثيات بالنسبة للمبرمج ثابت وهو نفسه مركز إحداثيات الماكينة والذي يوجد في العادة في مثل هذه الحالة في الركن الجنوبي الغربي لمنضدة الماكينة .

أما في حالة الصفر المتحرك (العائم) كما هو الغالب في الماكينات الحديثة ، فإن الحرية متاحة للمبرمج ليضع الصفر في أي مكان على الماكينة يكون مناسباً للقطعة التي يقوم بعمل البرنامج لها ، ثم يقوم الشخص المبرمج بإبلاغ عامل تشغيل الماكينة بهذا الاختيار (الذي يحدده المبرمج) . وهذا الاختيار قد يكون اختيار الصفر على قطعة الشغل أو على الماكينة ، فإذا اختار المبرمج نقطة مناسبة للمبرمجة لتكون نقطة صفر على قطعة الشغل ، فإنه عندما يقوم عامل التشغيل بربط قطعة الشغل على الماكينة فإن صفر الماكينة لن ينطبق في العادة على صفر قطعة الشغل . فلإيجاد علاقة بين موضع قطعة الشغل على الماكينة والمسافات الإحداثية المطلوبة حسب ما هو موجود في برنامج قطعة الشغل ، فإن الماكينة تتمتع بخاصية مقدرة إزاحة نقطة الصفر إلى أي نقطة تقع بين نقطة صفر الماكينة ونقطة الإسناد أي بعبارة أخرى يقوم العامل بتثبيت قطعة الشغل في أي مكان يقع ضمن نطاق تحركات إحداثيات الماكينة وليس خارج نطاق تحركاتها. وعملية إزاحة نقطة الصفر – والتي هي نقل لاختيار نقطة الصفر إلى الماكينة وبالتحديد لنظام التحكم فيها - يقوم بها عامل التشغيل باستخدام محدد الحواف (Edge Finder) الذي يتم تركيبه على محور الماكينة في نفس مكان عدة القطع ، ويجري تنفيذها (إزاحة نقطة الصفر) كما هو موضح في شكل (٢. ١١) ، حيث استخدم محدد حواف قطره ١٠ مم ، فحسب تعريف نقطة الصفر للماكينة فإن محور محدد الحواف إذا وضع فوق صفر قطعة الشغل مباشرة فيجب تعديل وضع الصفر ونقل هذا التعديل لجهاز التحكم في الماكينة باستخدام الأمر : **(Reset Axis Xo Zo)** وطالما أننا الآن لا نضع محدد الحواف فوق الصفر "لقطعة الشغل" مباشرة بل نقوم بعملية التعديل لكل من المحورين X و Z كل على حدة ، بحيث يلامس محدد الحواف السطح الخارجي لقطعة الشغل في اتجاه كل من المحورين ، فعندما نجعل محدد الحواف مواز للمحور Z فيجب إيصال الآتي لجهاز التحكم : **Reset Axis X-5** وذلك لأن قطر محدد الحواف هو 10 mm .

وفي الخطوة التالية تجعل محدد الحواف مواز لمحور X وندخل الآتي عن طـــــــريق لوحة التحكم : **Reset Axis Z-5**

وذلك كما هو مبين في شكل (٢. ١١) . هذا بالنسبة للمحورين X و Z الموجودين على سطح منضدة الماكينة ، أما بالنسبة للصفر في اتجاه محور أداة القطع ، فإن طول أداة القطع يجب أخذه في الحسبان ووضع هذا الطول في ذاكرة الماكينة في الجزء المخصص لأداة القطع . وعملياً توجد حالتين للتشغيل بالنسبة لتسجيل طول أداة القطع في ذاكرة الماكينة وذلك كما يلي :

(١) حالة التشغيل باستخدام أداة قطع واحدة :

كما هو مبين في شكل (٢ - ١٢ أ) فإن أداة القطع تثبت في محور الماكينة بحيث يلامس سطح قطعة الشغل النهاية السفلية لأداة القطع ونسجل في لوحة التحكم الآتي :

INPUT (Reset Axis) Yo T1 L0

والذي يعني أنه عند وضع الصفر في اتجاه محور Y (وهو محور أداة القطع) فإن طول أداة القطع T1 مأخوذ في الاعتبار على أساس أنه صفر وبالتالي في العمليات اللاحقة وذلك لاعتباره أصلاً في وضع Y0 بعد ضغط مفتاح Reset Axis .

(٢) حالة التشغيل باستخدام أكثر من أداة قطع :

كما هو مبين في شكل (٢ - ١٢ ب) فإنه يجري تعديل محور Y بدون تركيب أي أداة قطع ويسجل التعديل بقيمة Y الجديدة بعد ضغط مفتاح Reset Axis ثم بعد ذلك يسجل في ذاكرة الماكينة في (الجزء الخاص بأدوات القطع) رمز كل أداة قطع وطول تلك الأداة كما هو مبين وذلك لأن الطول في هذه المرة لم يؤخذ في الاعتبار أصلاً عند تعديل قيمة Y فيقوم نظام التحكم تلقائياً ، بوضع طول كل أداة قطع - عند استخدامها - في الحسبان بالنسبة للمحور Y .

٢. ٨. ١. ٢ نقاط الصفر لمخارط الـ (CNC) :

توجد ثلاثة تعريفات هامة لنقاط الصفر المستخدمة في برمجة ماكينات الخراطة ذات التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) وهي كما يلي :

١.نقطة صفر الماكينة (M) (Machine Zero Point) :

هي النقطة الموجودة على محور دوران العامود الرئيسي للمخرطة من جهة الوجه وهي تمثل نقطة الأصل لنظام محاور المخرطة (Xo Zo) .

٢.نقطة المرجع لتثبيت قلم المخرطة (N) (Tool Mount Reference Point) :

هي النقطة الموجودة على محور فتحة التثبيت على وجه برج العدة وبها يحدد نظام التحكم موقع أداة القطع بالنسبة لصفر المحاور سواءً كان أصلياً أم معدلاً .

٣.نقطة صفر قطعة الشغل (W) (Workpiece Zero Point):

هي النقطة الموجودة على محور قطعة الشغل (وهو نفسه محور دوران العامود الرئيسي للمخرطة) من نهايتها في جهة الوجه . وعادة ما ينسب موقع رأس أداة القطع (P) إلى النقطة (W) عند كتابة برامج التشغيل لمخارط الـ (CNC) ، وهذا يتطلب استخدام أوامر إزاحة أداة القطع (ذات العنوانT)) لتحل (P) مكان (N) في تحديد موقع أداة القطع بالإضافة إلى أمر بإزاحة صفر البرمجة من نقطة صفر الماكينة (M) إلى النقطة (W) (أنظر شكل (٢ -١٣) وشكل (٢ -١٤)) .

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

٢. ٨. ١. ٢. ١ نظام الأبعاد في مخارط الـ (CNC) :

كما ذكرنا فإن هذه الماكينات لها محورين (Z-Y) في العادة كحد أدنى وعليه فإن العلاقة بين أداة القطع وقطعة الشغل يتم تحديدها بناءً على هذين المحورين ، إن المشاكل المرافقة لعملية تجهيز مخارط الـ (CNC) وضبط محاورها تمهيداً لتنفيذ عمليات التشغيل المطلوبة عليها تختلف عن فرايز ومثاقيب الـ (CNC) ففي الأخيرة (الفرايز والمثاقيب) فإن قطعة الشغل مثبتة على منضدة الماكينة ولها بالضبط نفس تحركات المنضدة .

ولذلك فإن حجم وأبعاد قطعة الشغل وشكلها الهندسي إنما يتم التحكم فيه بالتحكم في حركة المنضدة ، ولكن في المقابل فإننا نجد في مخارط الـ (CNC) أن أداة القطع هي التي تتحرك فعلاً في المحورين وبذلك فإن حجم وأبعاد قطعة الشغل إنما يتحدد بموضع نقطة القطع الموجودة على أداة القطع بالنسبة لخط محور قطعة الشغل وعادة ما ينسب موضع نقطة القطع إلى نقطة على محور قطعة الشغل من نهايتها في جهة الوجه (شكل ٢ -١٣) وفي هذه الحالة فإن محور قطعة الشغل يمثل مستوى الصفر لمحور X (X0) ، ونهاية طول قطعة الشغل البعيد من ظرف المخرطة يمثل مستوى الصفر لمحور Z(Z0) وتضبط الماكينة كذلك بحيث أن الوضع الذي تكون فيه أداة القطع ملامسة لنهاية وجه قطعة الشغل يمثل Z0 بالنسبة لنظام التحكم وأيضاً فإن نظام التحكم يوزن على X0 عندما تكون نقطة رأس أداة القطع على محور قطعة الشغل.

٢. ٨. ١. ٢. ٢ إزاحة أقلام المخرطة (Tool Offsets) :

إن أقلام الخراطة تتفاوت في الشكل والسمك وكذلك تختلف الأطوال البارزة منها من مربط العدد .

ولذلك فإن موقع النقطة (P) بالنسبة للنقطة (N) (نقطة المرجع لأداة القطع) يتغير حسب تغير أبعاد الأداة المستخدمة . أن نظام التحكم في الأصل يحسب الأبعاد أي موقع أداة القطع على أساس بعد النقطة (N) من صفر المحاور والذي هو في الأصل صفر الماكينة (M). أما إذا جرت عملية إزاحة لصفر المحاور من النقطة(M)إلى النقطة (W)(صفر قطعة الشغل) فإن نظام التحكم في هذه الحالة سوف يحسب موقع أداة القطع ببعد النقطة (N) من النقطة (W).لذا يوجد في ملف الذاكرة لأدوات القطع تصحيح لقيم المحاور(Z)و(X) والتي هي القيم التي يستخدمها المبرمج لكتابة برنامج التشغيل الخاصة بالقطعة المعينة . أي لابد من قيام نظام التحكم بإجراء تصحيح بمقادير معينة حسب ما هو موجود في ملف ذاكرة أدوات القطع لهذه القيم المبرمجة (Xpr. & Zpr.) (Programmed Values) .

هذا التصحيح يسمى إزاحة أداة القطع (Tool Offset) أي الإحداثي X (كنصف قطر) مقاساً أيضاً من النقطة (N) إلى رأس أداة القطع (P) وكذلك الإحداثي Z مقاساً أيضاً من النقطة (N) إلى رأس أداة القطع (P) كما هو موضح في شكل (٢ -١٤) . يتم تنشيط هذه الإزاحة (Tool Offest Activation) عند كتابة البرنامج بكلمة البرمجة ذات العنوان (T (T-Address) يليها رقم من ٤ خانات حيث يمثل الرقمان الأولان (ناحية اليسار) رقم الموقع المثبت فيه أداة القطع في برج العدة والرقمان الأخيران يمثلان موقع وجود قيم التصحيح أي الإزاحة الخاصة بهذه الأداة في الملف ومن المستحسن أن يحدد موقع الإزاحة في ملف ذاكرة أدوات القطع بنفس الأرقام التي تحملها أداة القطع فمثلاً (T0303) تمثل أداة قطع موجودة في برج العدة في الموقع رقم (03) وموقع مقادير التصحيح في قائمة التصحيحات (الإزاحات) لمختلف أدوات القطع وهو الموقع (03) أيضاً . عندما ينادي العنوان (T) فالمخاطب به وحدة تغيير أدوات القطع والتي تتحرك إلى الموقع المحدد حسب الرقمان الأولان مع الحرف (T) وفي نفس الوقت فإن نظام التحكم يستخدم مقادير الإزاحة الموجودة في ملف الذاكرة في الموقع المحدد بالرقمين الأخيرين وذلك ليتمكن من وضع أداة في الموقع الذي طلبه المبرمج .

٢. ٨. ١. ٢. ٣ الخطوات العملية لإزاحة صفر البرمجة من نقطة المرجع (N) إلى راس أداة القطع (P):

يستخدم في هذه الإزاحة الجهاز المسمى الأداة البصرية لإيجاد المركز (Optical Centre Finder) كالنوع المبين في شكل (٢ -١٥) ، وذلك لإيجاد المسافة بين رأس أداة القطع (P) (وهي النقطة النظرية التي يكتب البرنامج على أساسها بالنسبة للمحورين (X) و (Z)) ونقطة المرجع لتثبيت قلم الخراطة (N) بالنسبة للمحورين (X) و (Z) كما هو مبين في شكل (٢ -١٤) .

ويتم هذا الإجراء عبر الخطوات العملية التالية (باعتبار أن N قد تم تحديدها مسبقاً باستخدام محدد قياس) :

١. اربط قلم الخراطة (أداة القطع) المعنى في موقعه على برج العدة (حامل أقلام الخراطة) .
٢. حرك برج العدة يدوياً (Manual) باستخدام مفتاح الـ (MAN.JOG) والأسهم الموجودة مع مفتاح (DIRECTION) (طبقاً لنظام الـ EMCOTRONIC TM 02) ، مع مراعاة عدم الاصطدام ، حتى يتم ضبط راس أداة القطع (P) في منتصف العدسة الخاصة بجهاز الأداة البصرية .

٣. قم باستدعاء الإدارة التلقائية (أي الأتوماتية) لأداة القطع بإدخال رقم الأداة حسب موقعها على برج العدة (مثلاً T 06) (ومن الأفضل استخدام نفس الترقيم الموجود على برج العدة) ، تم بالضغط على مفتاح (ENTER) بدون إدخال لقيمة X أو قيمة Z ، فيقوم النظام بشكل تلقائي بحساب قيمة كل من X و Z وإظهارها على الشاشة في الموقع الخاص بقلم الخراطة المستخدم

.

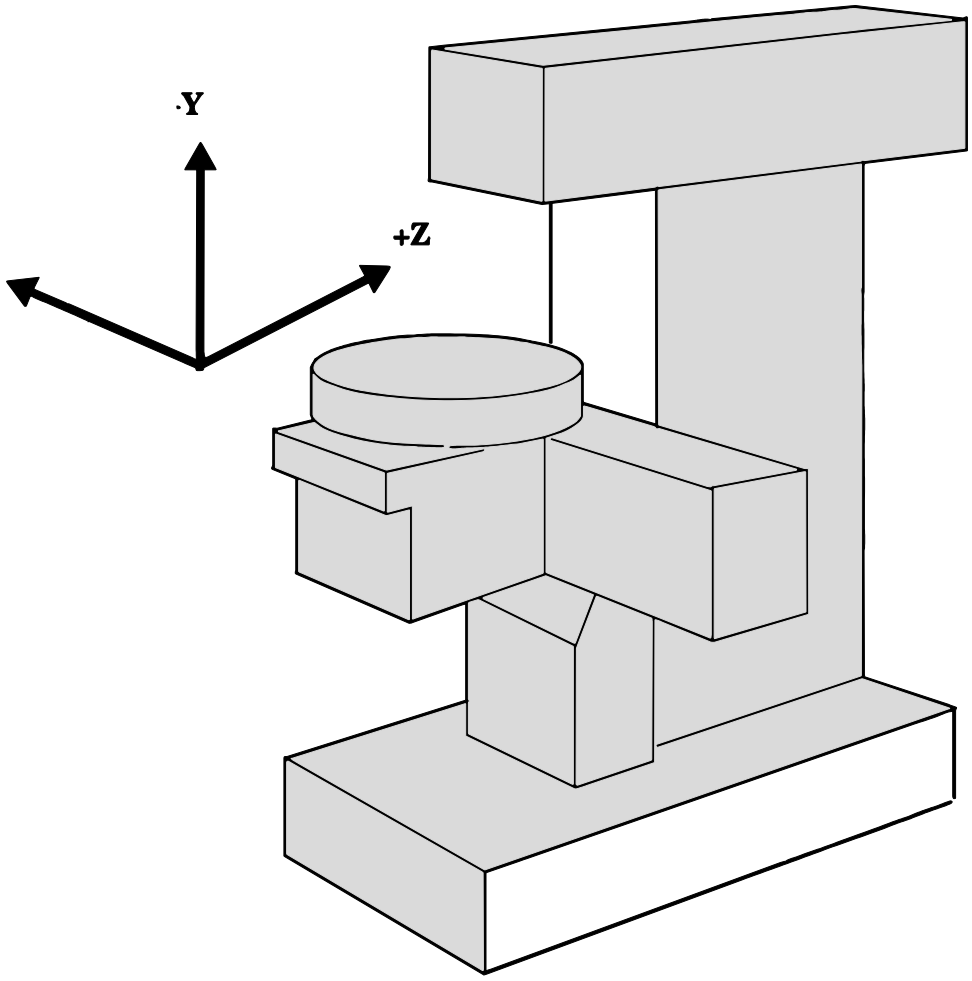
ويكون موقع قلم الخراطة بالنسبة لعدسة الأداة البصرية حسب شكل ونوع قلم الخراطة وذلك كما هو مبين في شكل (٢ -١٦) .

ويتحدد وضع الحد القاطع في قلم الخراطة بناءً على موقع نقطة راس أداة القطع (P) بالنسبة لمركز الاستدارة (دائرة نظرية) لحد القطع ، أي النقطة (S) .

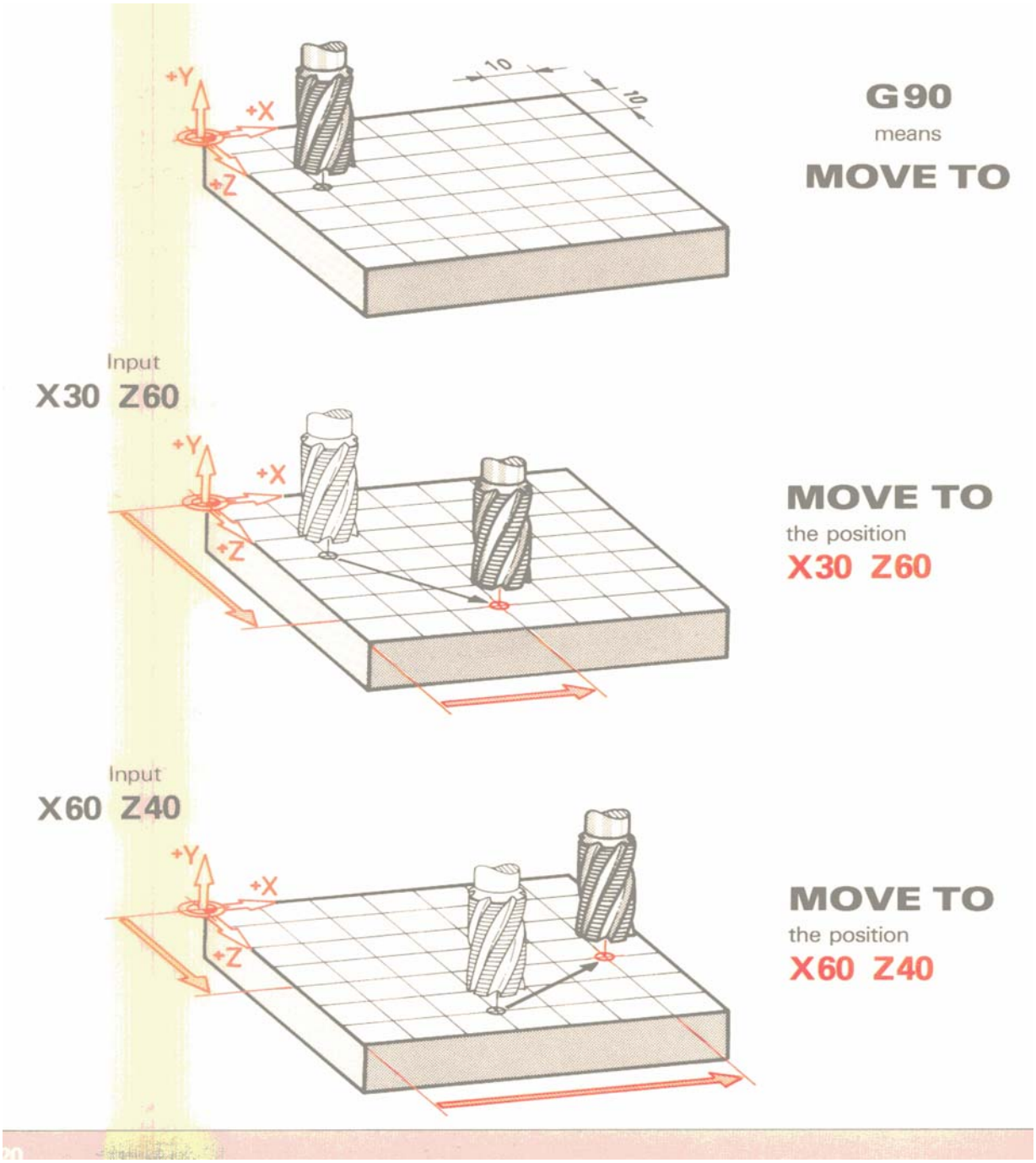
ويبين الشكل (٢ -١٧) العلاقة بين شكل قلم الخراطة وموضع مركز الاستدارة (S) وذلك حين تتم عملية الإزاحة لصفر البرمجة من (N) إلى (P) ، أي بعبارة أخرى فإن هذه العلاقة تمثل الوضع المطلوب وضع قلم الخراطة فيه بالنسبة لمركز عدسة الأداة البصرية . ويلاحظ أن نقطة مركز العدسة تقسم دائرة العدسة إلى أربعة مربعات بحيث يكون المربع (الموقع) الأول في الركن الجنوبي الغربي للعدسة ، ثم ندور في اتجاه عكس اتجاه دوران عقارب الساعة لنحصل بالترتيب على المربعات (المواقع) الثاني (L2) ، والثالث (L3) ، والرابع (L4) ، ثم نحصل على المواقع الخامس (L5) والسادس (L6) والسابع (L7) والثامن (L8) بالترتيب التالي وذلك بالاستمرار في الدوران في اتجاه عكس عقارب الساعة :

- الموقع الخامس (L5) : تكون الأداة في موقع مشترك بين (L1) و (L4) .
- الموقع السادس (L6) : تكون الأداة في موقع مشترك بين (L1) و (L2) .
- الموقع السابع (L7) : تكون الأداة في موقع مشترك بين (L2) و (L3) .
- الموقع الثامن (L8) : تكون الأداة في موقع مشترك بين (L3) و (L4) .

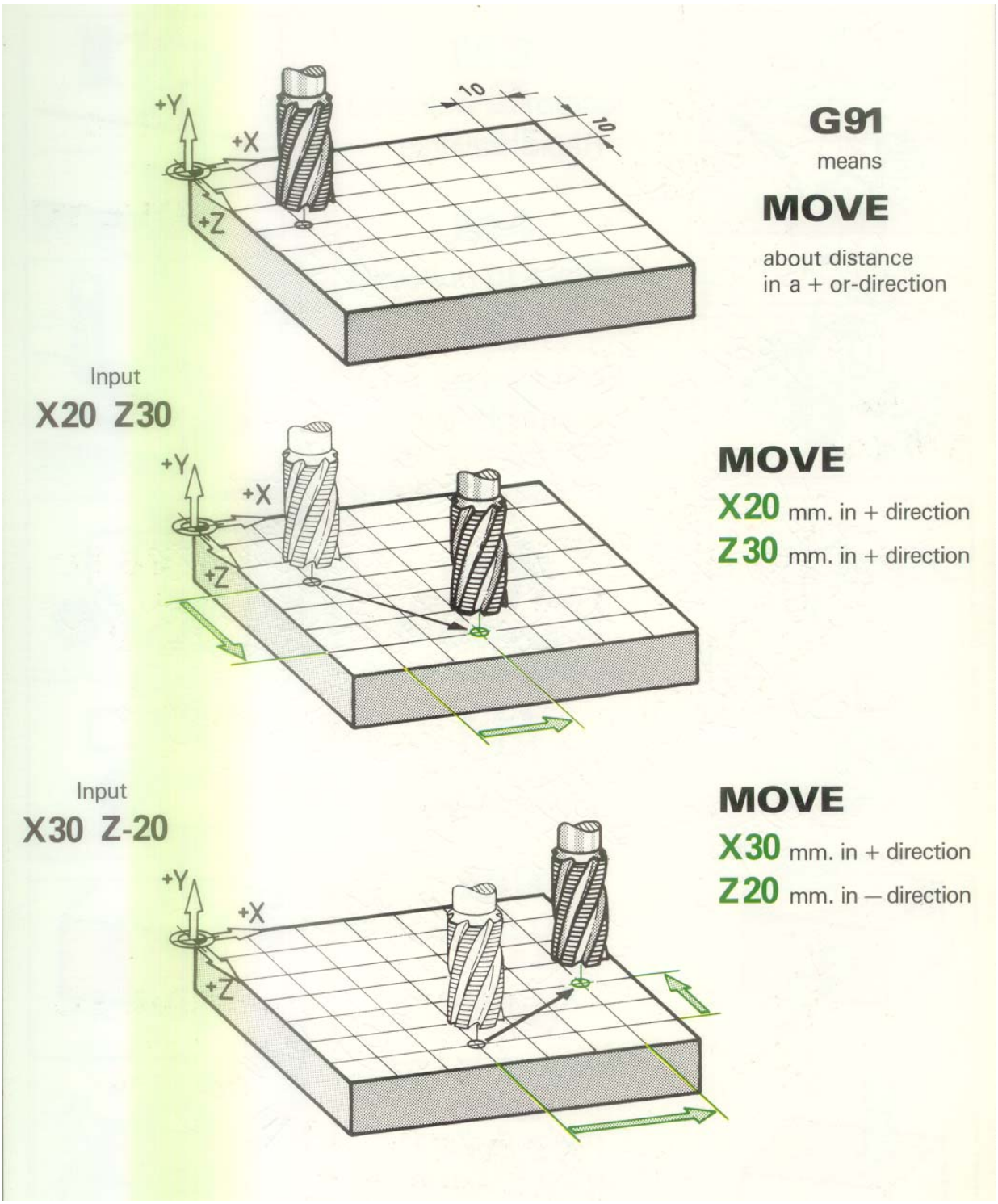
ونحتاج في عمليات الخراطة الخارجية لعدة أنواع من أقلام الخراطة تشمل أقلام التخشين (Roughing) والتنعيم (Finishing) والقلووظة والقطع ، وذلك كما هو مبين في شكل (٢ -١٨) .



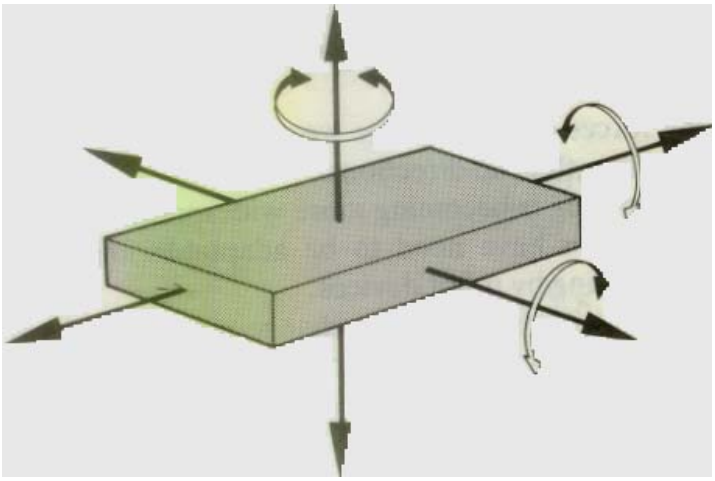
شكل (٢ -١) : اتجاهات المحاور الأساسية (Z,Y,X) في فرايز الـ (CNC)



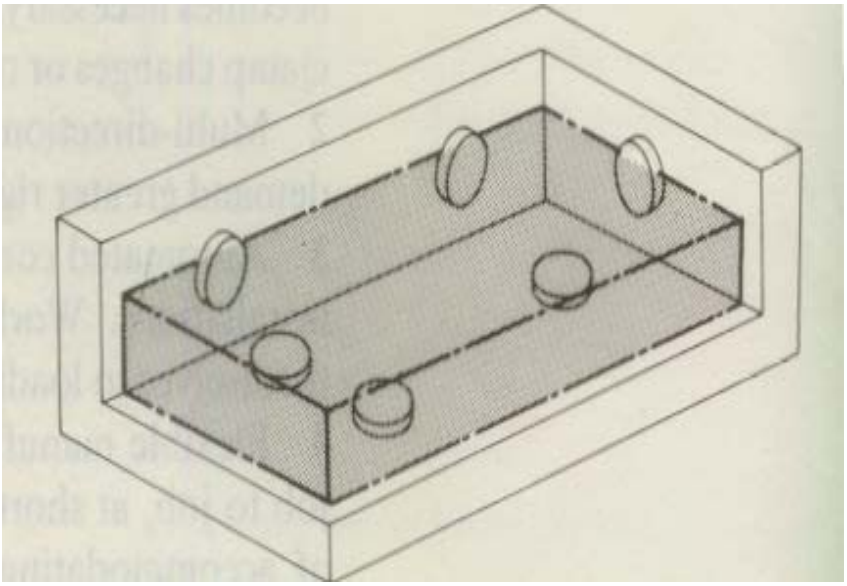
شكل (٢ -٢) : تحديد موضع أداة القطع بالنظام المطلق



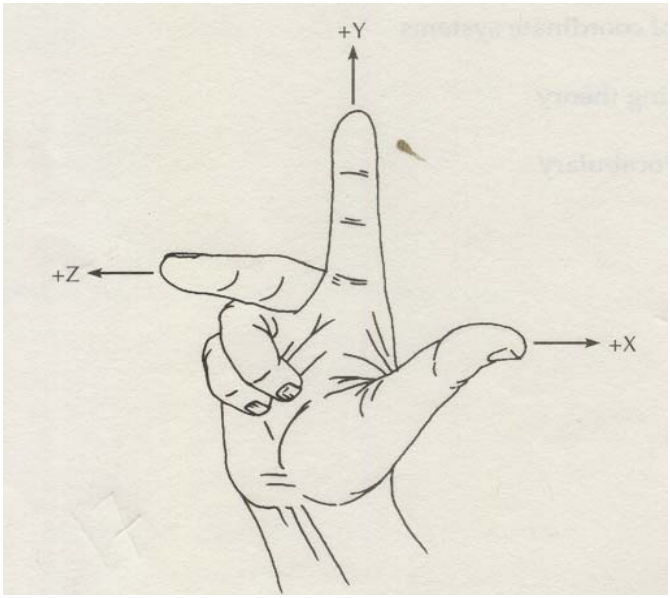
شكل (٢ -٣) : تحديد موضع أداة القطع بنظام الإضافة (تزايدياً)



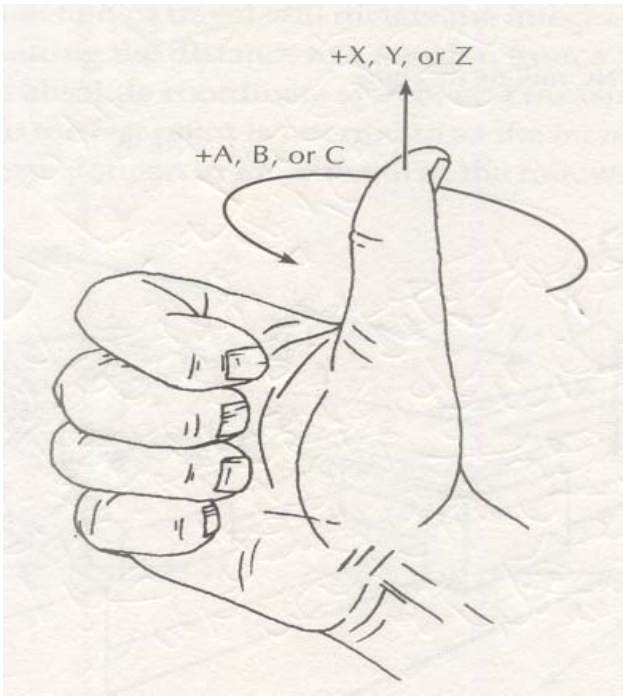
ل (٢ -٤ أ) : درجات الحرية وعلاقتها بعدد المحاور

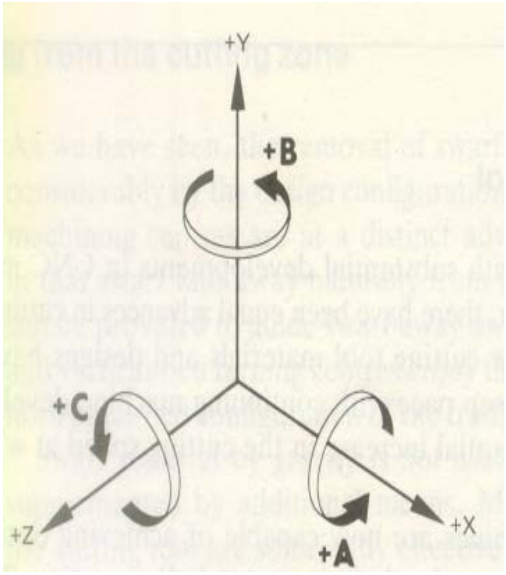


شكل (٢ -٤ب)

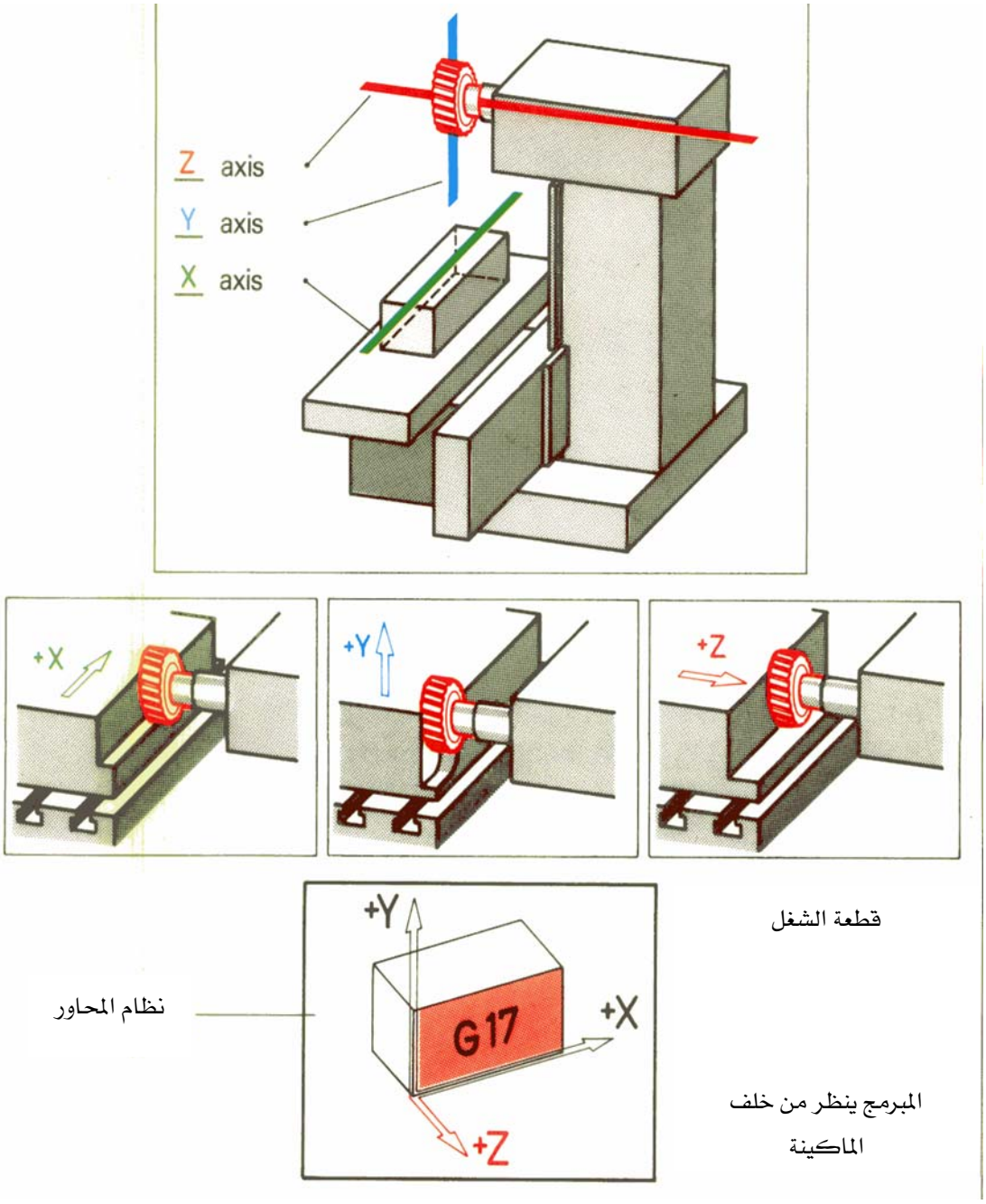


شكل (٢ -٥ أ) إتجاهاتها الموجبة

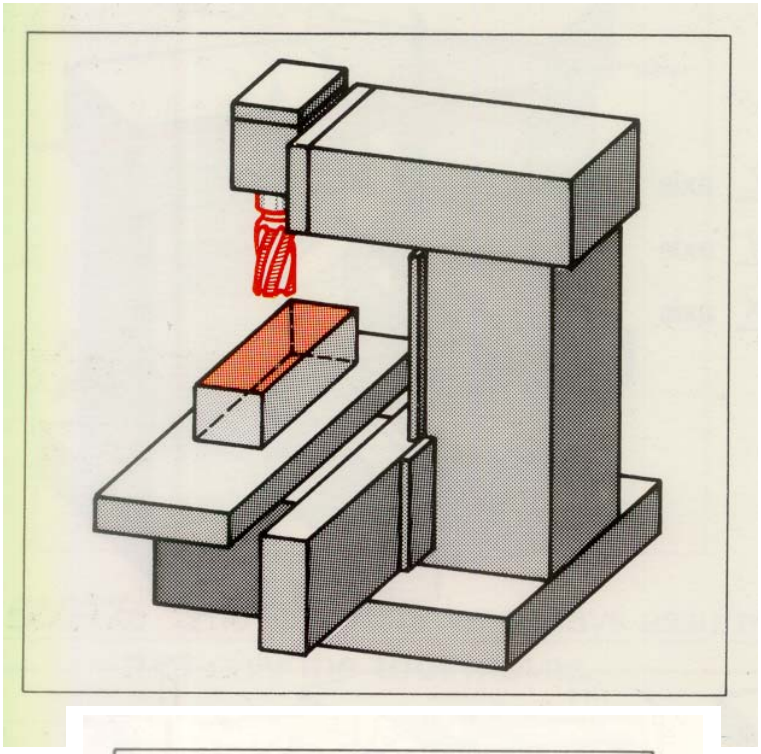


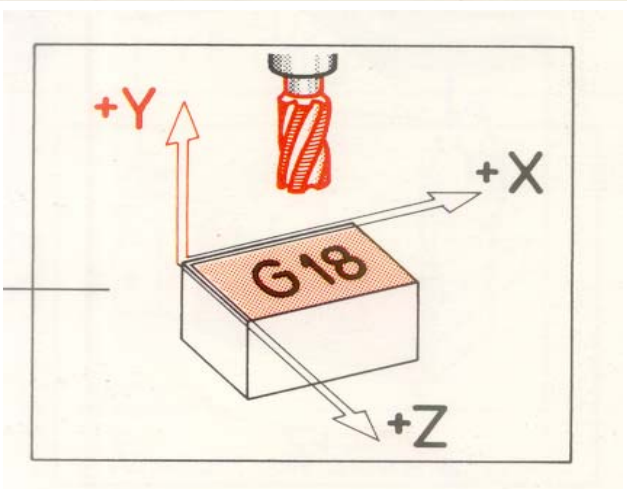


شكل (٢ - ٥ ب) : قاعدة اليد اليمنى لإيجاد اتجاه الحركة الدورانية الموجبة (اتجاه الحركة الدورانية لعقارب الساعة عند النظر في الاتجاه الموجب لكل محور) حول المحاور الأساسية (X,Y,Z)



شكل (٢ - ٦) : اتجاهات المحاور عندما يكون محور دوران عامود الماكينة أفقياً بتطبيق قاعدة اليد اليمنى

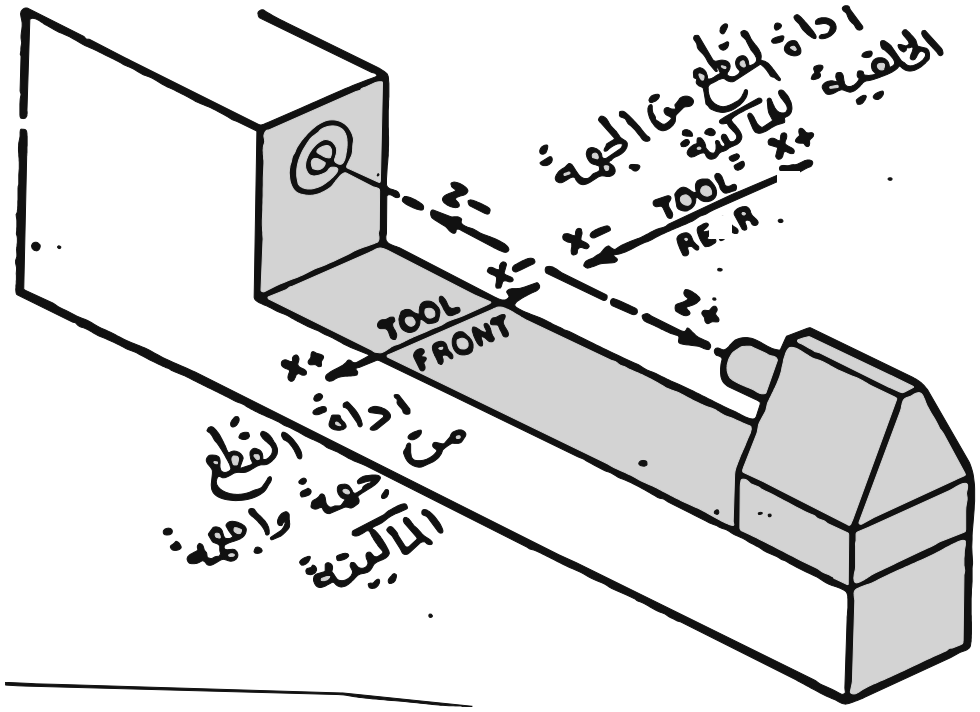




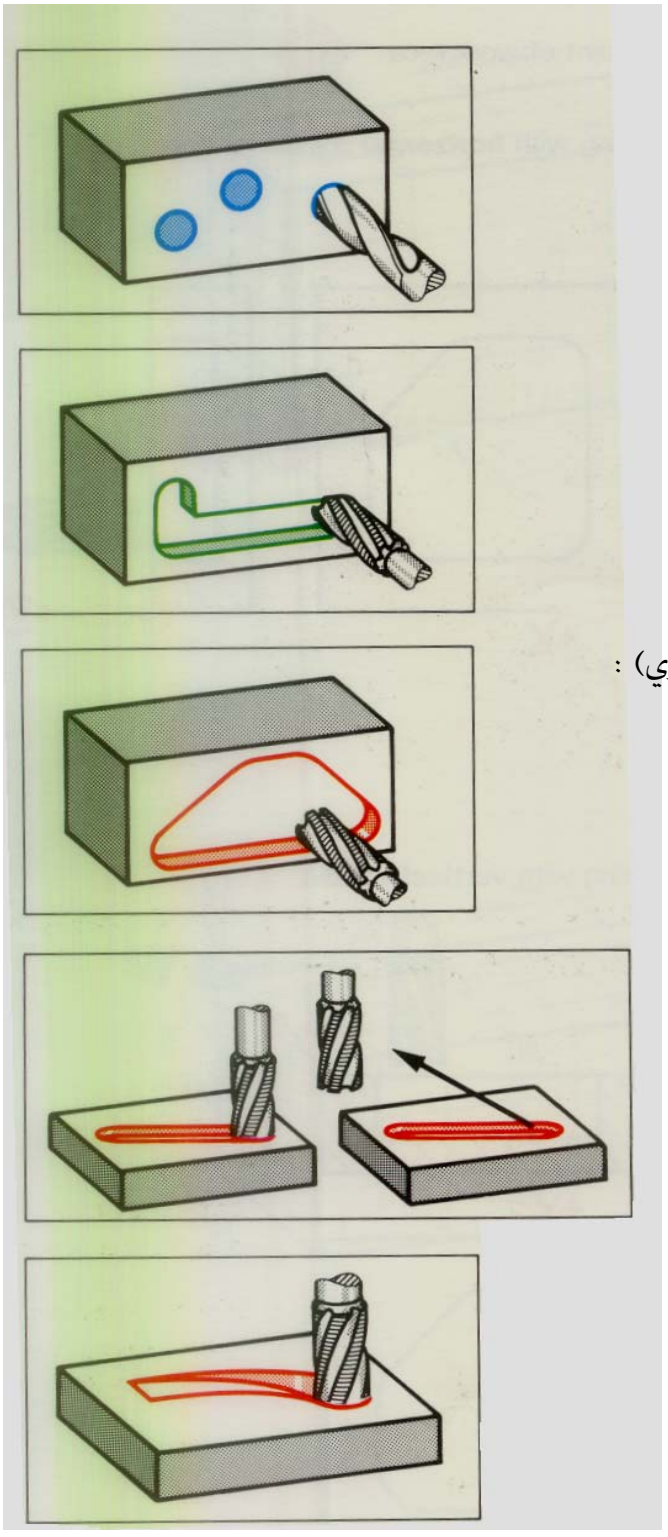
نظام المحاور

طباعة

شكل (٢ - ٧) : اتجاهات المحاور عندما يكون محور دوران عامود الماكينة رأسياً بتطبيق قاعدة اليد اليمنى



شكل (٢ - ٨) : تسمية محاور مخارط الـ (CNC) واتجاهاتها الموجبة بتطبيق قاعدة اليد اليمنى



(٢ -٩أ) تحكم موضعي

(٢ -٩ب) تحكم في مسار خطي

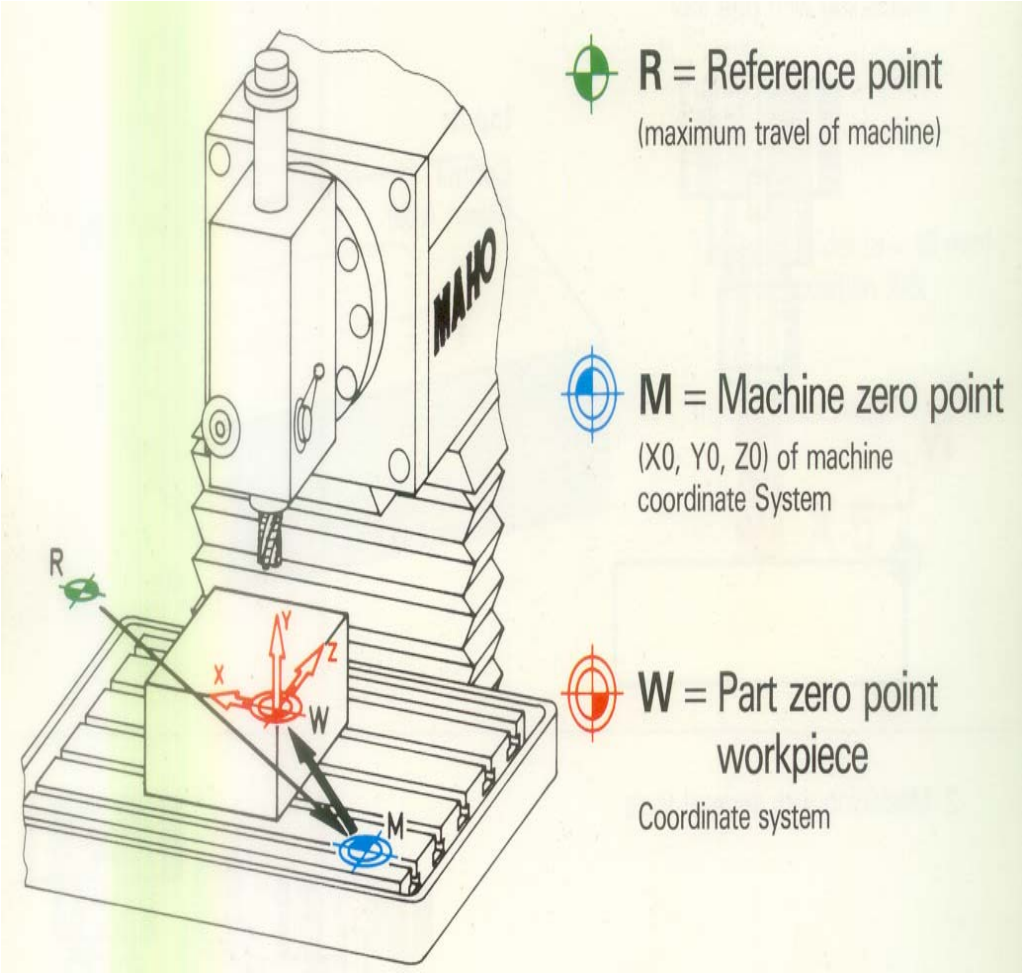
(٢ -٩ج) تحكم في مسار مستمر (كنتوري) :

١.تحكم مستمر ثنائي الأبعاد

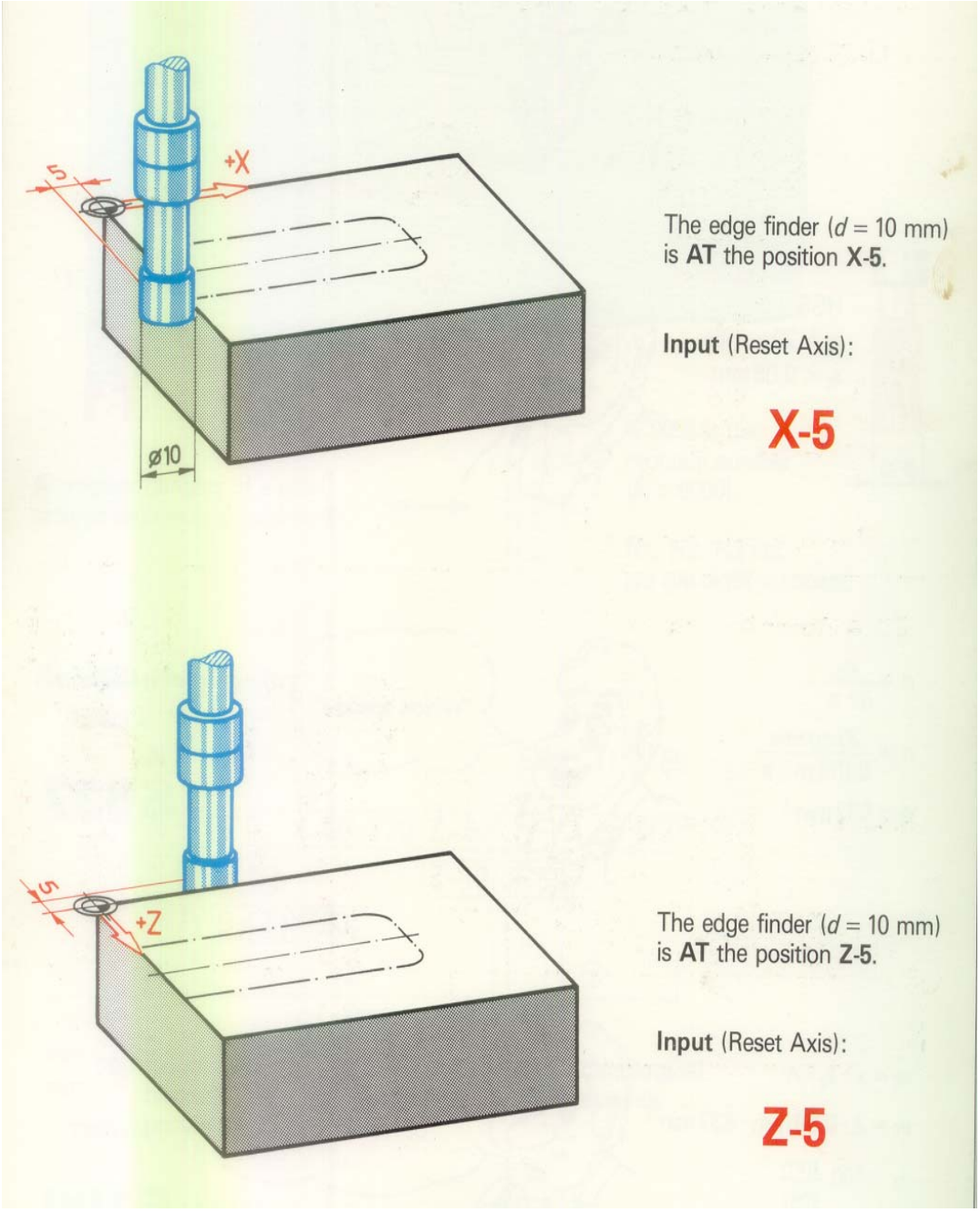
٢.تحكم مستمر في بعدين ونصف

٣.تحكم مستمر ثلاثي الأبعاد

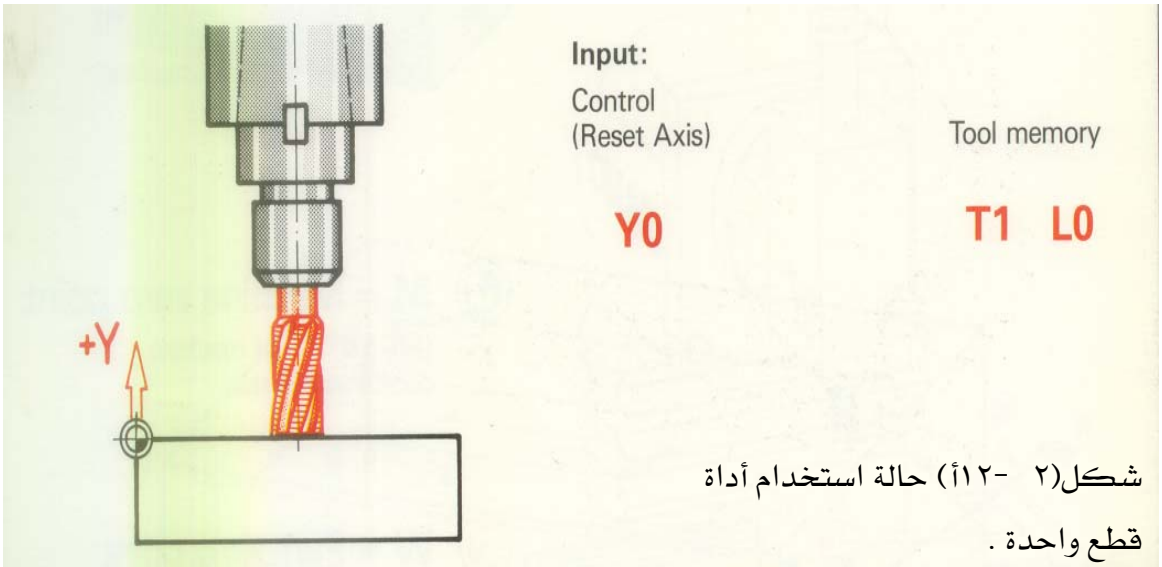
(شكل (٢ - ٩) : أنواع التحكم في حركة ماكينات الـ (CNC)



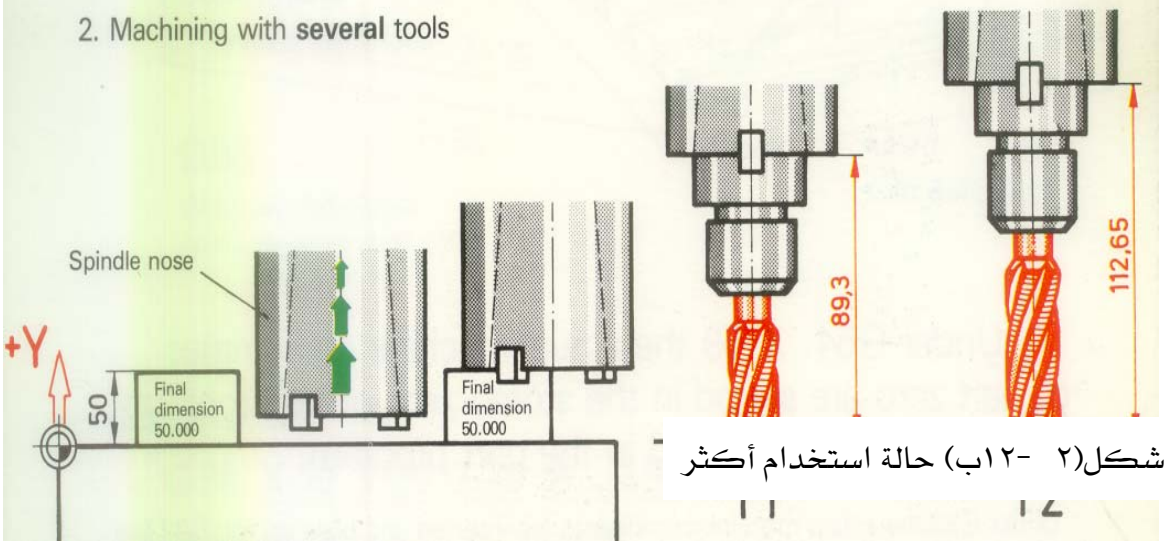
شكل (٢ - ١٠) : العلاقة بين نقطة صفر الماكينة وصفر قطعة الشغل ونقطة الإسناد (المرجع)



شكل (٢ - ١١) : إزاحة صفر البرمجة لينطبق على صفر قطعة الشغل (W) بالنسبة للمحورين X , Z باستخدام محدد الحواف

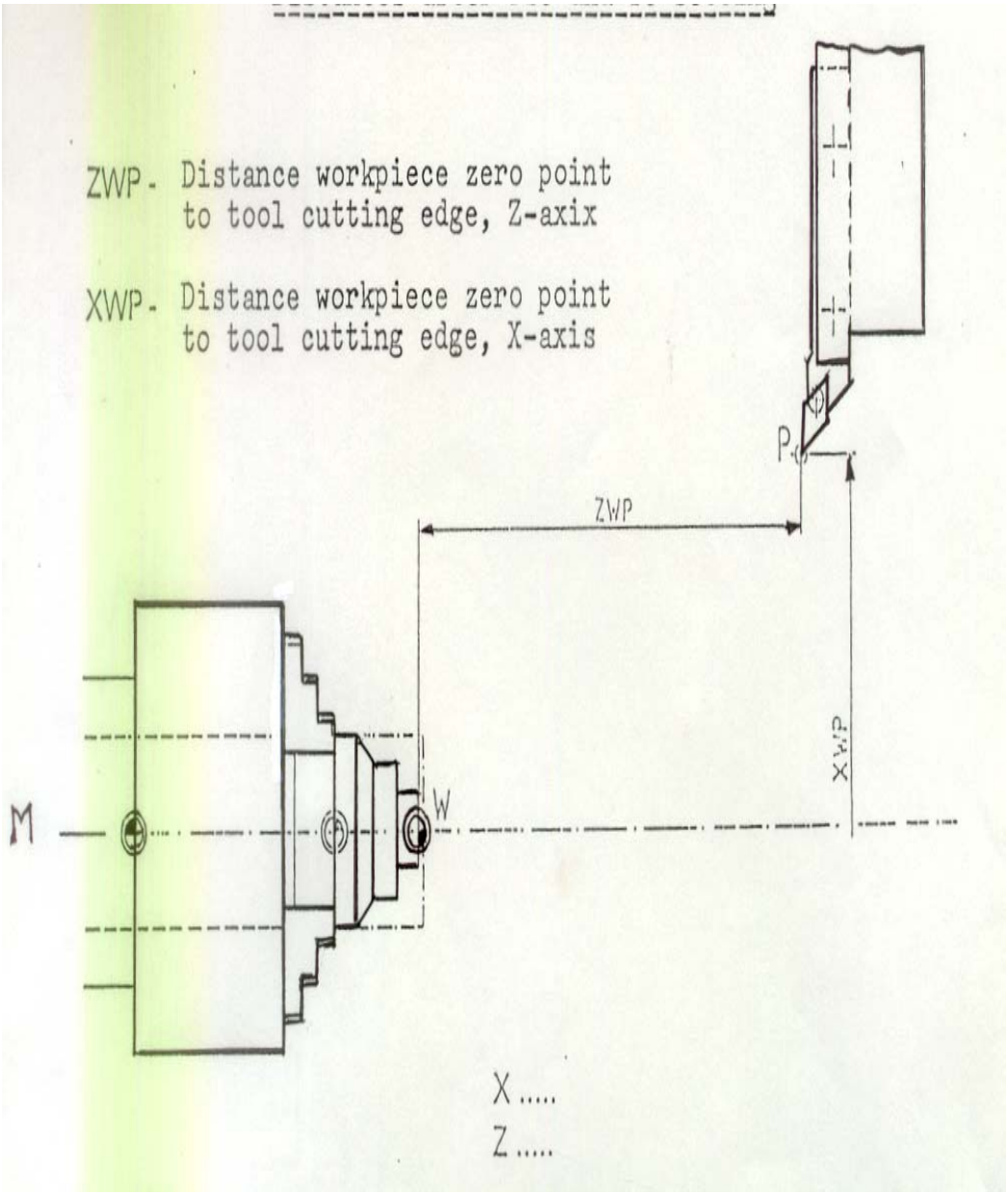


شكل(٢ -١٢أ) حالة استخدام أداة قطع واحدة .

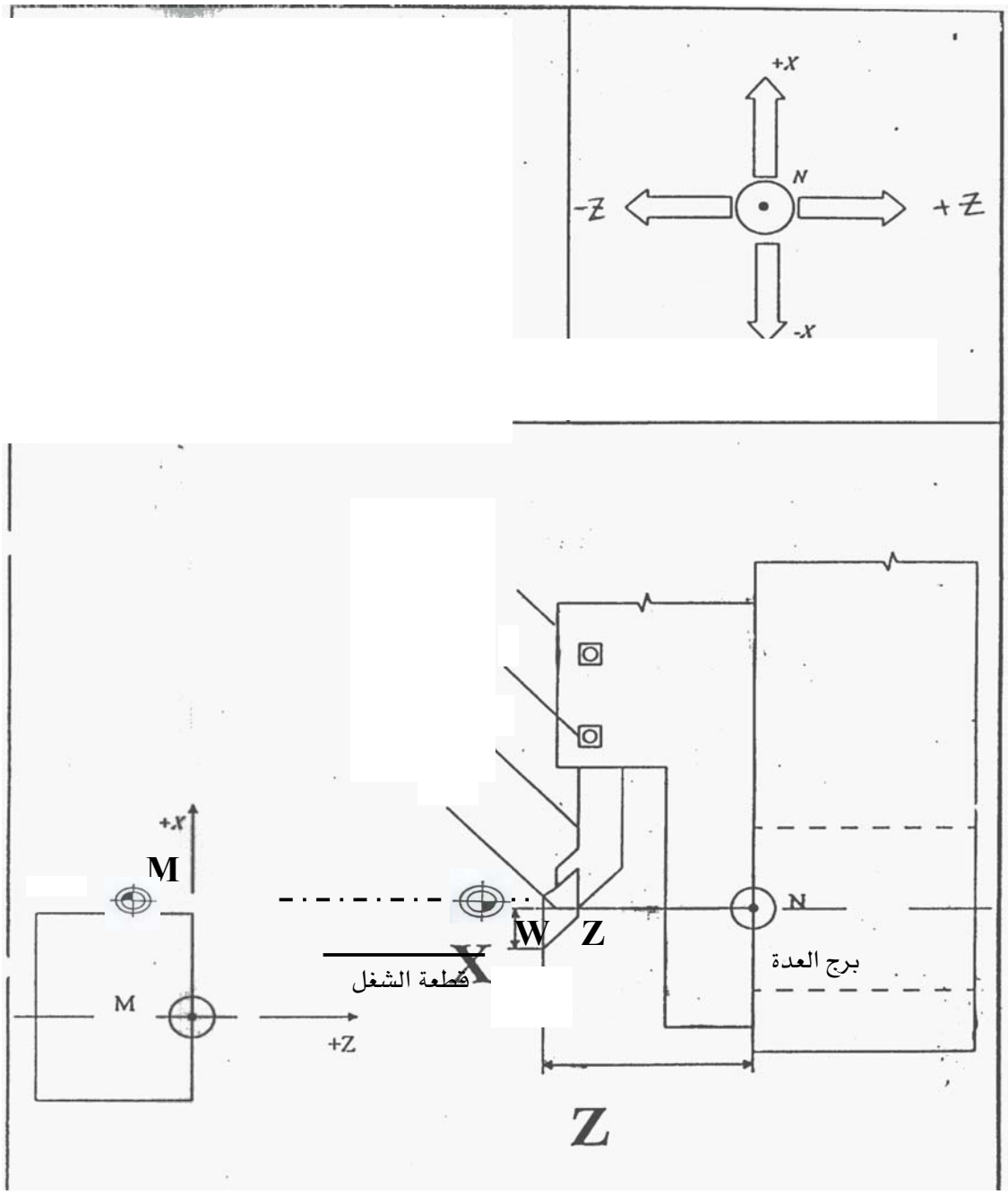


شكل(٢ -١٢ب) حالة استخدام أكثر

شكل (٢ - ١٢) : إزاحة صفر البرمجة لينطبق على صفر قطعة الشغل بالنسبة لمحور أداة القطع (Y)

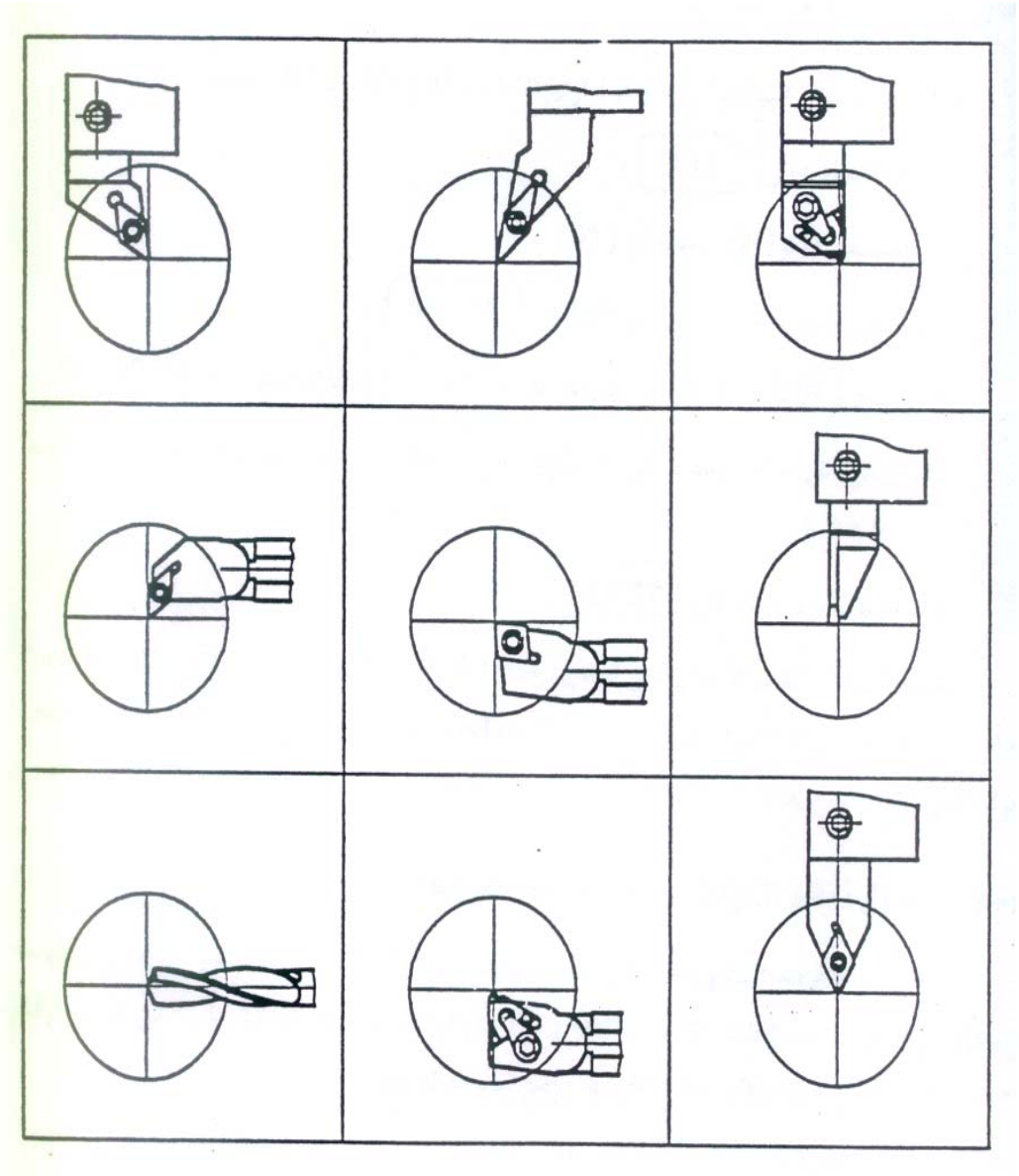


شكل (٢ -١٣) : نقطة راس أداة المقطع (P) منسوبة إلى صفر قطعة الشغل (W) كصفر للبرمجة

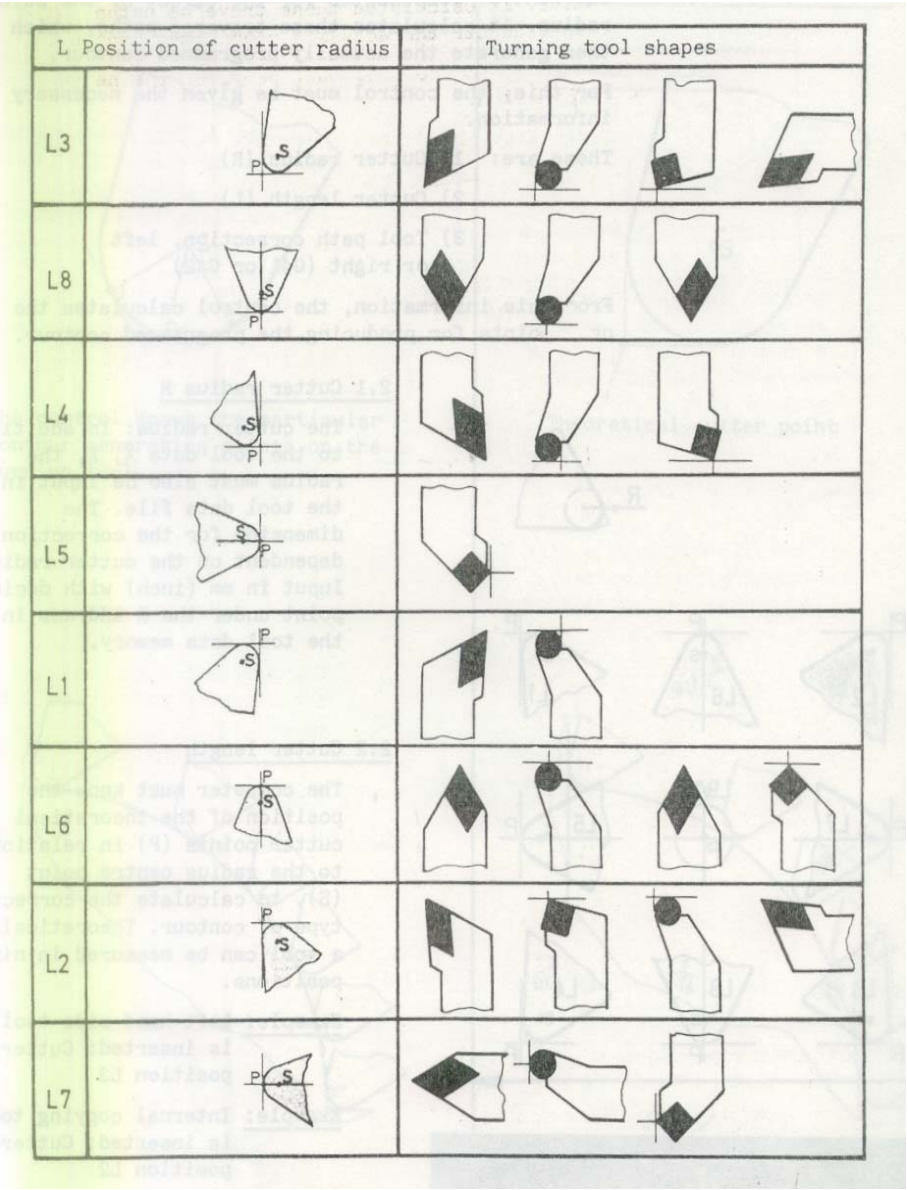


شكل (٢ -١٤) : إزاحة موقع آداة القطع من نقطة المرجع (N) إلى نقطة راس آداة القطع (P)

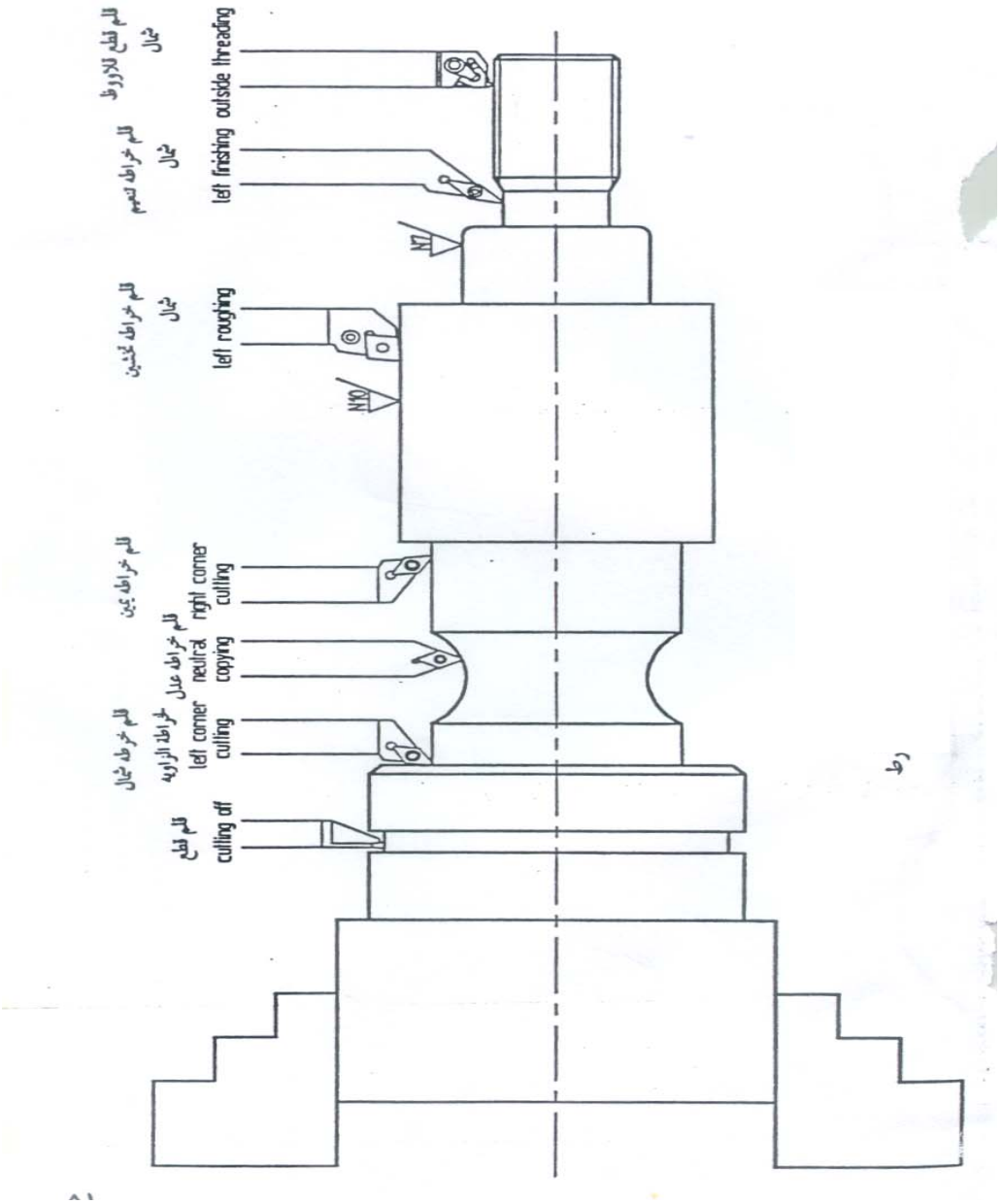
شكل (٢ -١٥) : جهاز الأداة البصرية لإيجاد المركز لتحديد المسافة بين (P) و (N)



شكل (٢ -١٦) : المواضع المختلفة لأقلام الخراطة داخل عدسة جهاز الأداة البصرية لإيجاد المركز



شكل (٢ -١٧) : العلاقة بين شكل قلم الخراطة والموقع (L) لمركز الاستدارة (S)



شكل (٢ -١٨) : أنواع أقلام عمليات الخراطة الخارجية

خلاصة الوحدة الثانية

- تمثل المحاور الكارتيزية (Z,Y,X) المحاور الأساسية المستخدمة في ماكينات الـ (CNC) ويتم استخدام قاعدة اليد اليمنى لتسمية هذه المحاور وتحديد اتجاهاتها الموجبة .
- في قاعدة اليد اليمنى تستخدم الأصابع الثلاثة الأولى في اليد اليمنى وذلك كما يلي : الإبهام والسبابة والوسطى تكون متعامدة مع بعضها مع ترك بقية الأصابع مغلقة على راحة اليد ، بحيث يمثل الإبهام محور X ، السبابة محور Y ، والوسطى محور Z. كما أن رؤوس الأصابع الثلاثة يشير كل منها إلى الاتجاه الموجب للمحور الذي يمثله .
- نظام الأبعاد المطلق يعني أن موضع أداة القطع ينسب دائماً وأبداً لنقطة صفر البرمجة (صفر قطعة الشغل) .
- نظام الأبعاد بالإضافة (أو السلسلة) يعني أن موضع أداة القطع ينسب لآخر موضع زود به البرنامج لتحديد موضع أداة القطع (أي الموضع السابق) .
- بالنسبة لفرايز الـ (CNC) التي لها طاولة دوارة حول محور من المحاور الأساسية فإن محاور الدوران تحدد بالحروف C,B,A وذلك حول المحاور Z,Y,X بالترتيب .
- لإيجاد الاتجاه الموجب للحركات الدورانية حول المحاور الأساسية يتم إغلاق أصابع اليد اليمنى باستثناء الإبهام الذي يترك يشير إلى أعلى ، ويكون الإبهام في هذه الحالة ممثلاً لأي من المحاور Z,Y,X ، فيكون اتجاه عقل الأصابع الأربعة المتبقية هو الاتجاه الموجب للحركة الدورانية حول المحور المعني .
- لتحديد الاتجاهات الموجبة للمحاور على فرايز الـ CNC) فإننا نستخدم قاعة اليد اليمنى بناءً على الافتراضات التالية (طبقاً للمواصفة الألمانية DIN 66217) :
  ١. أن المبرمج يقف خلف الماكينة وينظر إلى قطعة الشغل في موضعها .
  ٢. الحركة النسبية ترجع إلى أداة القطع .
  ٣. يتم تسمية محور عمود الدوران كما يلي :
     - المحور Z في حالة الفرايز الأفقية .
     - المحور Y في حالة الفرايز الرأسية .
- تحتاج مخارط الـ (CNC) إلى محورين أساسيين هما Z,X ، بحيث يكون الاتجاه الموجب لمحور Z هو اتجاه ابتعاد قلم الخراطة عن غراب الرأس ، والاتجاه الموجب لمحور X هو اتجاه ابتعاد قلم الخراطة عن محور دوران ظرف المخرطة .

- توجد ثلاثة أنواع من الحركة النسبية بين أداة القطع وقطعة الشغل في ماكينات الـ (CNC) :

١ – حركة موضعية . ٢ – حركة خطية . ٣ – حركة مستمرة .

- الغرض من وجود نظام أبعاد في ماكينات الـ ()CNC هو توفير وسيلة يستطيع المبرمج عن طريقها تحديد موضع أداة القطع بالنسبة لقطعة الشغل .
- تتمتع فرايز الـ (CNC) بثلاثة نقاط صفر وهي : نقطة صفر الماكينة (M) ، ونقطة صفر قطعة الشغل (W) ، ونقطة الإسناد (R) .
- يستخدم محدد الحواف في فرايز الـ (CNC) لإيجاد العلاقة بين صفر الماكينة وصفر قطعة الشغل بالنسبة للمحورين X و Z . كما تستخدم مجموعة من قوالب القياس معلومة الارتفاع لأخذ طول أداة القطع في الحسبان عند استخدام أكثر من أداة قطع .
- تتمتع مخارط الـ (CNC) بثلاثة نقاط صفر وهي : نقطة صفر الماكينة (M) ، ونقطة المرجع لتثبيت قلم الخراطة (N) ، ونقطة صفر قطعة الشغل (W) .
- يستخدم جهاز الأداة البصرية لإيجاد المركز في إزاحة صفر البرمجة من النقطة (N) إلى نقطة رأس الأداة (P)، وذلك للتوفيق بين استخدام نظام التحكم في مخارط الـ (CNC) للنقطة (N) لتحديد موقع قلم الخراطة وبين استخدام المبرمج للنقطة (P) لكتابة برامج الخراطة (CNC) .

تمارين – ٢ –

(١) أجب بـ (نعم) أو (لا) فيما يلي :

١. في قاعدة اليد اليمنى يمثل الإبهام محور Z . ( )
٢. يكون صفر البرمجة في حالة استخدام نظام الإضافة لتحديد الأبعاد عبارة عن صفر متحرك. ( )
٣. من الافتراضات المستخدمة في قاعد اليد اليمنى هو افتراض أن قطعة الشغل ثابتة . ( )
٤. بالنسبة للفرايز الأفقية فإن محور عمود الدوران يمثل المحور Y . ( )
٥. في حالة الحركة الموضعية يجب على المبرمج أن يحدد سرعة تغذية أداة القطع . ( )

(٢) أكمل العبارات التالية بوضع الكلمات المناسبة في محل الفراغات :

١. يتميز نظام التحكم المطلوب لإيجاد حركة خطية بالمقدرة على تحريك أداة القطع في اتجاه ..... لأي من المحاور ..... بـ ..... متحكم فيها تكون مناسبة للتشغيل .
٢. نقطة الإسناد (R) لفرايز الـ (CNC) هي النقطة التي تحدد .... ممكنة لتحرك منضدة الماكينة في الاتجاه ..... لمحاور المنضدة .
٣. نقطة المرجع لتثبيت قلم الخراطة (N) هي النقطة الموجودة على .... على وجه ..... العدة ، وبها يحدد نظام التحكم موقع أداة القطع بالنسبة لـ ..... المحاور سواءً كان ..... أم ..... .

(٣)

١. اذكر ثلاثة طرق لتحريك محاور ماكينات الـ (CNC) بخلاف طريقة برنامج الـ (CNC) نفسه.
٢. اشرح كيفية تطبيق قاعدة اليد اليمنى في حالة فريزة (CNC) ذات محور دوران رأسي لتسمية المحاور الأساسية وتحديد اتجاهاتها الموجبة .
٣. عرف نقطة صفر الماكينة (M) لفريزة (CNC) ذات محور دوران أفقي .

ورشة التحكم الرقمي بالحاسب ١

أوامر (CNC) الأساسية

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الأهـــــداف

بإكمال هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على أن :

- يشرح عملياً الأوامر التحضيرية (دوال G) التي تمكن نظام التحكم من إعطاء التفسير الصحيح لمعلومات حركة أداة القطع التي ستأتي تبعاً في البرنامج .
- يشرح عملياً الأوامر المساعدة (دوال M) ويبين المهام المتنوعة التي تؤديها .
- يشرح عملياً الأوامر التقنية الخاصة بتحديد أدوات القطـــــع واختيار سرعاتها وتغـــذياتها (F,S,T). كل ما سبق ذكره يكون في إطار صيغة عنوان الكلمة لكل من الفرايز والمخارط .

أوامر (CNC) الأساسية (٣)

١.٣ مقـــــدمة :

إن برنامج تصنيع أي قطعة على ماكينة (CNC) هو عبارة عن وثيقة مختصة بتخطيط وترتيب العمليات المطلوب إجراؤها بواسطة ماكينة الـ (CNC) للحصول على القطعة المعنية ، والشخص الذي يقوم بهذه العملية يسمى مبرمج القطع (Part Programmer) ، وتكون له معرفة بالرموز الدالة على كل عملية هذا بالإضافة إلى معرفته بتقنية عمليات التشغيل المختلفة في حالة قيامه بالمهمة ككل دون مساعدة مهندس مختص بتخطيط وترتيب عمليات التشغيل .

إن برمجة ماكينات التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC) للقيام بعمليات تشغيل القطع المختلفة تحتاج إلى كل المعلومات المطلوب تحديدها في عمليات التشغيل في ماكينات العدد العادية ، من تحديد لسرعة القطع ومقدار التغذية ونوعية أدوات القطع المطلوبة وأبعاد قطعة الشغل نفسها ... الخ .

إن المبرمج يقوم بترجمة الرسم الفني للقطعة وخطة تشغيلها ، إلى برنامج مكتوب، ثم يقوم بإدخال ذلك البرنامج إلى كمبيوتر الماكينة ليتم بعد ذلك تنفيذ هذا البرنامج بواسطة عامل "فني" التشغيل (قد يكون نفس الشخص المبرمج) للحصول على القطعة المصنعة .

٢.٣ تركيب برنامج التحكم الرقمي بالحاسب :

يتركب البرنامج لتصنيع قطعة شغل معينة من مجموعة أوامر متتابعة بترتيب محدد ، حيث يشكل كل أمر سطراً منفصلاً يمتد أفقياً ، ويتكون الأمر من مجموعة كلمات (Words) .

وترتيب الكلمات في داخل كل أمر يتخذ طابع صيغة معينة حسب نوع النظام المستخدم في البرمجة ، وتوجد ثلاثة أشكال رئيسية لهذه الصيغة :

١. صيغة عنوان الكلمة (Word Address Format) .
٢. الصيغة التتابعية (Tab Sequential Format) .
٣. الصيغة الثابتة للأمر (Fixed Block Format) .

في نظام الصيغة التتابعية لا نحتاج لكتابة عنوان للكلمات لأنها ذات ترتيب معين سلفاً ويفصل بينها بضغط المفتاح TAB أو ما يقابله . أما نظام الصيغة الثابتة للأمر فهو في الحقيقة أقل الأنظمة الثلاثة شيوعاً وذلك لعدم مرونته الناتجة من شروطه المحددة لشكل تركيب الكلمة والحاجة لإعادة الكلمات التي لا يطرأ عليها تغيير في الأوامر التالية للأمر الذي ذكرت فيه . وسنكتفي هنا بتفصيل النوع الأول لأن كل ماكينات الـ (CNC) الحديثة تتبع صيغة عنوان الكلمة .

١.٢.٣ صيغة عنوان الكلمة : (Word Address Format) :

في هذا النظام لابد أن تبدأ كل كلمة بحرف معين يحدد نوع الكلمة ويوجه كل المعلومات التي تتلو هذا الحرف إلى موقع معين في وحدة تحكم الماكينة فمثلاً الحرف X يرمز أو يدل على محور الإحداثيات في اتجاه X ، والحرف S يدل على سرعة دوران عمود الماكينة وهكذا .

والحروف المستخدمة لمختلف الكلمات التي تكون الأوامر في ماكينات الـ(CNC) مذكورة أدناه بالترتيب الذي تأخذه اصطلاحاً في الأوامر المختلفة ، ولكن ليس بالضرورة أن كل ماكينات الـ (CNC) تستخدم هذه الكلمات أو تتقيد بحرفية هذا الترتيب المذكور :

١.١.٢.٣ رقم الأمر (N-Word) :

تستخدم لتحديد رقم الأمر ، مثل (N6) .

٢.١.٢.٣ الأوامر التحضيرية (G-Words) :

أولاً : في ماكينات التفريز (CNC) :

تستخدم لتحضير نظام التحكم للتعليمات التي ستتلو مثلاً الكلمة G2 تستخدم لتحضير نظام تحكم ماكينة الـ (CNC) للقيام بعمليات تشغيل في اتجاه دائري مع عقارب الساعة . وبدون هذه الكلمات التحضيرية لن يستطيع جهاز التحكم من إعطاء التفسير الصحيح للمعلومات (خاصة بحركة أدوات القطع) التي ستتلو وتوجد في الجدول أدناه قائمة لبعض الـ (G-Words) المهمة ومعانيها طبقاً لاستخدامها في ماكينات التفريز (CNC):

المعـــنى	الأمر
تستخدم في نظم التحكم المستمر للتحضير للتحرك دون تشغيل من نقطة إلى نقطة	**G 0**
تستخدم في نظم التحكم المستمر للتحضير للتحرك أو التشغيل في خط مستقيم	**G 1**
التحرك (أو القطع) الدائري مع عقارب الساعة	**G 2**
التحرك (أو القطع) الدائري عكس عقارب الساعة	**G 3**
تحديد سطح التشغيل بالمحورين (X) و (Y) (مستوى رأسي)	**G 91**
تحديد سطح التشغيل بالمحورين (X) و (Z) (مستوى أفقي) (انظر الشكل (٣ -١))	**G18**
تنشيط القيم المعدلة لصفرالمحاور التي بموجبها يحل صفر قطعة الشغل محل صفر الماكينة	**G51** **G90** **G91**

الأمر	المعـــــنى
G41	إلغاء G 52 ، أي العودة للعمل بصفر الماكينة كصفر للمحاور
G43	برمجة موقع أداة القطع بالنظام المطلق (وهو وضع التشغيل العادي للماكينة)
G44	برمجة موقع أداة القطع بنظام الإضافة
G40	وضع مركز أداة القطع بمسافة مقدارها نصف قطر الأداة على يمين السطح (الكنتور) المبرمج له
G99	وضع مركز أداة القطع قبل السطح المبرمج له (الكنتور) بمسافة مقدارها نصف قطر الأداة (وهذا يعني أن الاتجاه القادمة منه الأداة يتقاطع مع اتجاه هذا السطح)
	وضع مركز أداة القطع بعد السطح المبرمج له (الكنتور) بمسافة مقدارها نصف قطر الأداة
G98	أمر تحضيري يلغي كل مجموعة الأوامر من G41 إلى G44 وهو يعني وضع مركز أداة القطع فوق حافة الكنتور بالضبط أي لا يسار الكنتور ولا يمينه ولا قبله ولا بعده (أنظر الشكل (٣ -٢))
	أمر تحضيري يستخدم لتعريف قطعـــــة الشـــغل وذلك كما يلي : (أنظر الشكل (٣ -٣))

I J K — أبعاد قطعة الشغل في اتجاهات Z,Y,X بالترتيب

G99 X Y Z — الاتجاه والبعد من صفر قطعة الشغل إلى ركن قطعة الشغل تحت نقطة الصفر (الركن السفلي الأيسر)

أمر تحضيري يستخدم لتحديد النافذة أو الإطار الذي ستوضع بداخله قطعة الشغل لعمل الاختبار البياني للتأكد من صحة البرنامج وعدم حدوث مشاكل أثناء التصنيع الفعلي للقطعة : (أنظر الشكل (٣ -٣))

I J K — أبعاد الإطار في

G98 X Y Z — الاتجاه والبعد من صفر قطعة الشغل إلى

الأمر	المعـــــنى
	في اتجاهات Z,Y,X بالترتيب الركن السفلي للإطار الأقرب إلى نقطة الصفر (الركن السفلي الأيسر)

ثانياً : مخارط الـ (CNC) :

الجدول المعطى أدناه يبين أهم الأوامر التحضيرية المستخدمة طبقاً لمعانيها في برمجة مخارط الـ (CNC) "بالوحدات المترية" :

الأمر	المعنـــــــــــى
G 00 G 01 G 02 G 03	انتقال سريع من نقطة إلى نقطة حركة أو قطع في مسار خطي حركة أو قطع في مسار دائري مع أو عكس عقارب الساعة بالترتيب
G 96 G 97	سرعة قطع ثابتة بوحدات متر / الدقيقة (M/NIN) برمجة مباشرة لسرعة دوران عمود المخرطة الرئيسي "دورة/الدقيقة" (RPM) وهو الوضع العادي
G 94 G 95	تغذية أداة القطع (F) محسوبة بوحدات مم/الدقيقة تغذية أداة القطع (F) محسوبة بوحدات ميكرومتر/دورة وهو وضع التشغيل العادي للماكينة
G 53 G 54 G 55	إلغاء الأوامر (G 54 & G55) الخاصة بإزاحة صفر الماكينة نداء لاستخدام صفر قطعة الشغل الموجود في الموقع (١) في سجل الإزاحة نداء لاستخدام صفر قطعة الشغل الموجود في الموقع (٢) في سجل الإزاحة
G 92	١. إذا استخدمت مع (S) فهي تعني السرعة الدورانية القصوى (RPM) . ٢. إذا استخدمة مع (X و Z) تعني تسجيل مقادير إزاحة صفر الماكينة إلى صفر قطعة الشغل في سجل الإزاحة في الموقع رقم 5 (G 59) في داخل البرنامج .
G56 G57	إلغاء الأوامر (G57,G58,G59) الخاصة بإزاحة الصفر

الأمر	المعنـــــــــــى
G58 G59	نداء لاستخدام صفر قطعة الشغل الموجود في الموقع (3) في سجل الإزاحة نداء لاستخدام صفر قطعة الشغل الموجود في الموقع (4) في سجل الإزاحة نداء لاستخدام صفر قطعة الشغل الموجود في الموقع (5) في سجل الإزاحة

٣.١.٢.٣ المحـاور(X,Y,Z – Words) :

تعطى هذه الكلمات محاور موضع أداة القطع ، تكتب الأرقام الدالة على قيمة كل محور بالطريقة العادية (مثلاً X13.5) في استخدام العلامة العشرية وأن إشارة القيمة الموجبة (+) اختيارية أما إشارة القيمة السالبة (-) فهي بالطبع إجبارية وكما ذكرنا في الوحدة الثانية فإننا نستخدم محورين فقط وهما X و Z في حالة المخرطة .

٤.١.٢.٣ الأوامر التقنية :

(١) (F-Word) :

هذه تحدد قيمة تغذية أداة القطع لأداء عملية تشغيل معينة والتي تأخذ وحدات (mm/min) (مم/الدقيقة) إذا كان النظام متري وتكون (Inch/min) (بوصة/ الدقيقة) إذا كان النظام بريطاني ولا تكتب هذه الوحدات في البرنامج ، فنكتب مثلاً F100 والذي يعني أن التغذية قيمتها ١٠٠مم/الدقيقة في النظام المتري .

(٢) (S-Word) :

وهذه تحدد سرعة القطع الدورانية المستخدمة في عملية التشغيل المعينة أو بعبارة أخرى تحدد سرعة دوران عمود الماكينة ، وتعطى بوحدات (rev/min) (دورة /الدقيقة) وأيضاً لا تكتب هذه الوحدات في البرنامج فمثلاً S800 تعني دوران عمود الماكينة بسرعة 800 دورة/الدقيقة .

وعادة يختار المهندس الذي يخطط عملية التشغيل السرعة المطلوبة بالمتر/الدقيقة (m/min) فيجب تحويلها إلى وحدات دورة / الدقيقة (rev/min) .

(٣) (T-Word) :

هذه تحدد أداة القطع المستخدمة في عملية التشغيل مثلاً T2 يدل على أداة قطع من نوع معين وبقطر وطول معين، هذا في ما يخص الفرايز . ولكن بالنسبة للمخارط كما ذكرنا في الوحدة الثانية عند حديثنا عن نقاط الصفر – فإن الكلمة T تستخدم بحيث يليها رقم من أربع خانات لتحديد الموقع على برج العدة وموقع وجود قيم الإزاحة .

٥.١.٢.٣ الأوامر المساعدة :

(M-Words) :

أولاً : الفرايز :

هذه تدل على عملية تنتمي إلى نوع المهمات المتنوعة أو المساعدة الموجودة في ماكينة التشغيل . وتستخدم هذه الكلمات لختام أمر ما . وأهم هذه المهمات المساعدة معطى في الجدول التالي طبقاً لاستخدامها في ماكينات التفريز :

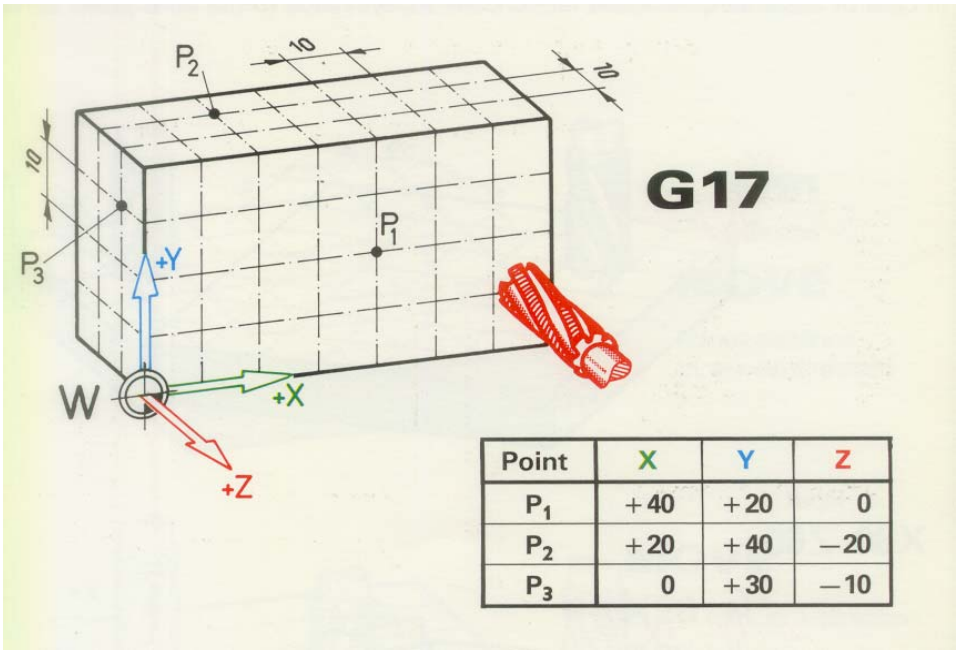
المعـــــنى	الأمر
تشغيل عمود دوران الماكينة الذي يحمل أداة القطع في اتجاه عقارب الساعة	**M 3**
تشغيل عمود دوران الماكينة وعكس عقارب الساعة	**M 4**
تشغيل سائل التبريد رقم (١)	**M 8**
إيقاف سائل التبريد	**M 9**
نهاية البرنامج "اكتمال الأوامر"	**M 30**
تغيير أداة القطع مع تراجع تلقائي (أوتوماتي) للعمود الذي يحمل أداة القطع إلى أعلى موقع ممكن له .	**M 6**
تغيير أداة القطع في نفس موقعها الفعلي قبل التغيير ، أي مع الاحتفاظ بنفس قيم المحاور .	**M 66**

ثانياً : المخـــــارط :

أما بالنسبة للمخارط فإن أهم الأوامر المساعدة المستخدمة فهي كالآتي :

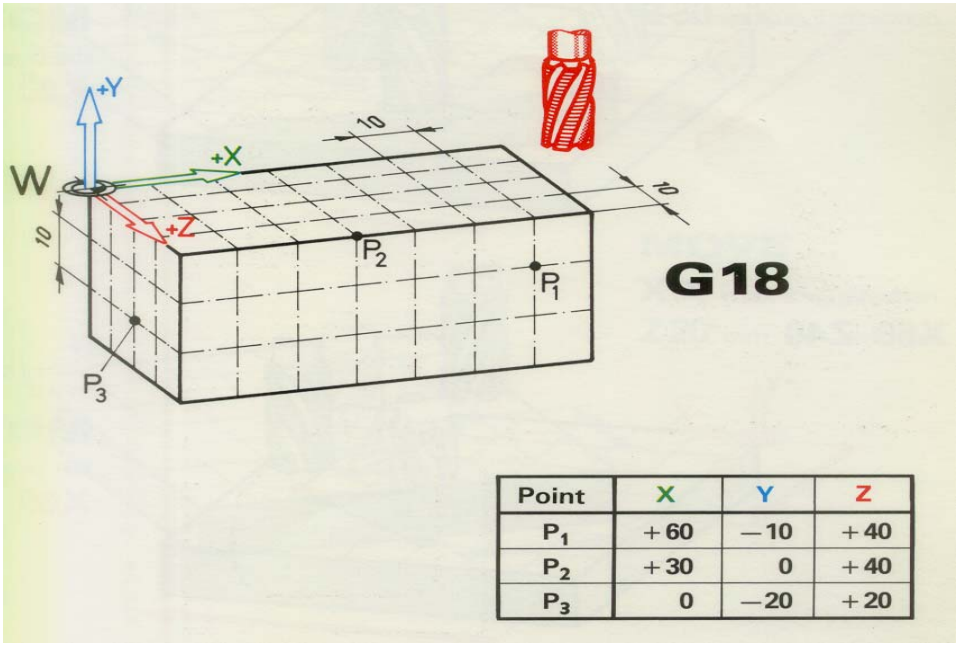
المعنـــــــــــــــى	الأمر
أمر بدوران عمود المخرطة الرئيسي مع عقارب الساعة	M03
أمر بدوران عمود المخرطة الرئيسي عكس عقارب الساعة	M04
أمر بإيقاف دوران العمود الرئيسي	M05

المعنـــــــــــــــى	الأمر
نهاية البرنامج الرئيسي والعودة للبداية	M 30
تشغيل سائل التبريد	M 08
إيقاف تشغيل سائل التبريد وهو الوضع العادي	M 09



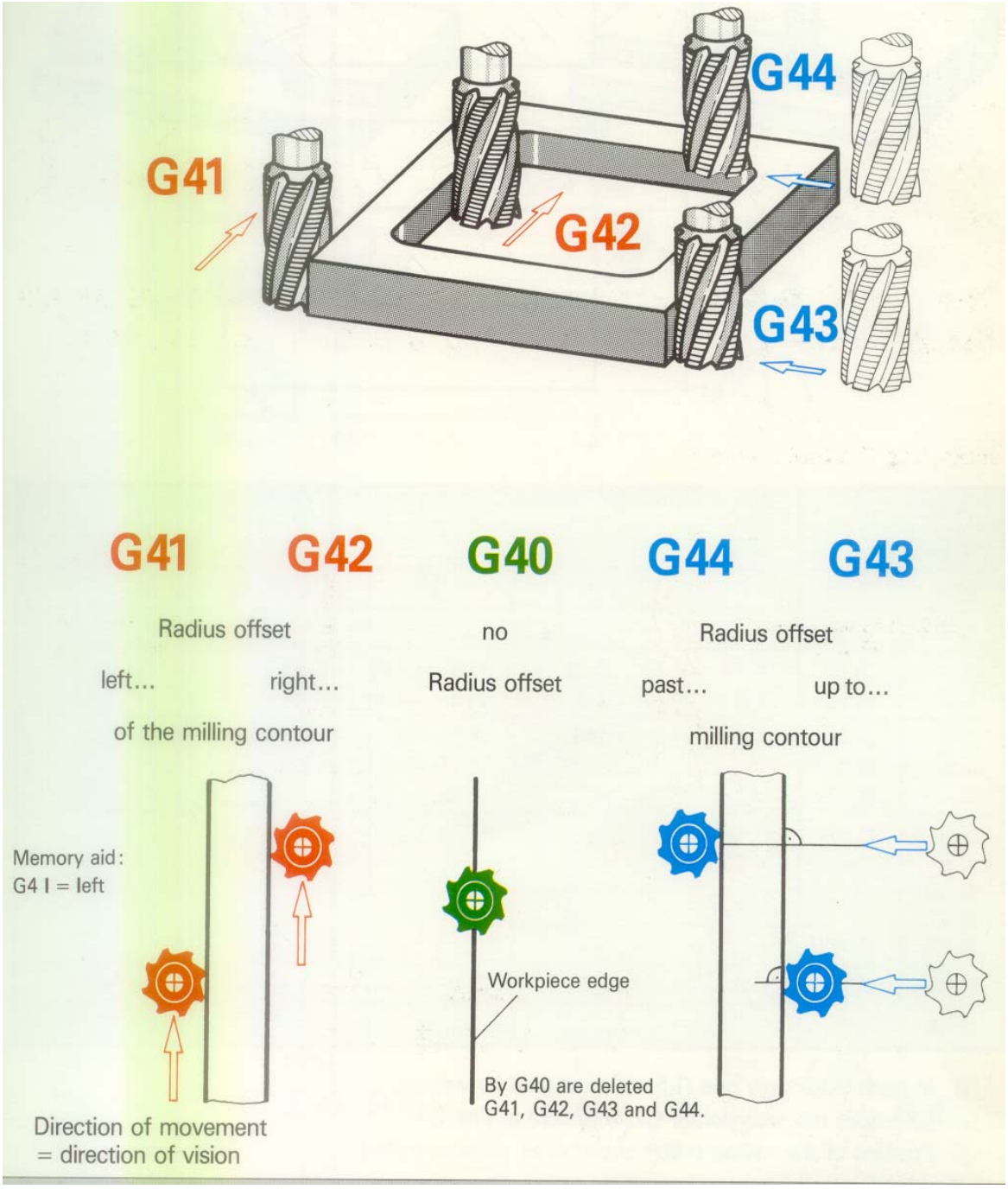
Point	X	Y	Z
P_1	+40	+20	0
P_2	+20	+40	−20
P_3	0	+30	−10

(أ) تحديد سطح التفريز بالمحورين YX : G17

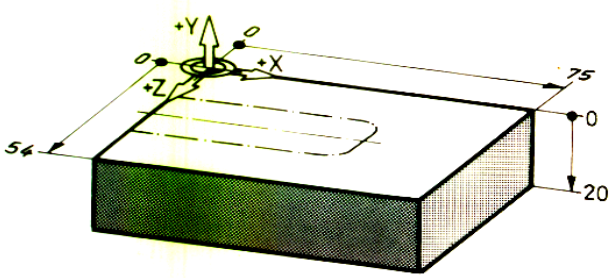


Point	X	Y	Z
P_1	+60	−10	+40
P_2	+30	0	+40
P_3	0	−20	+20

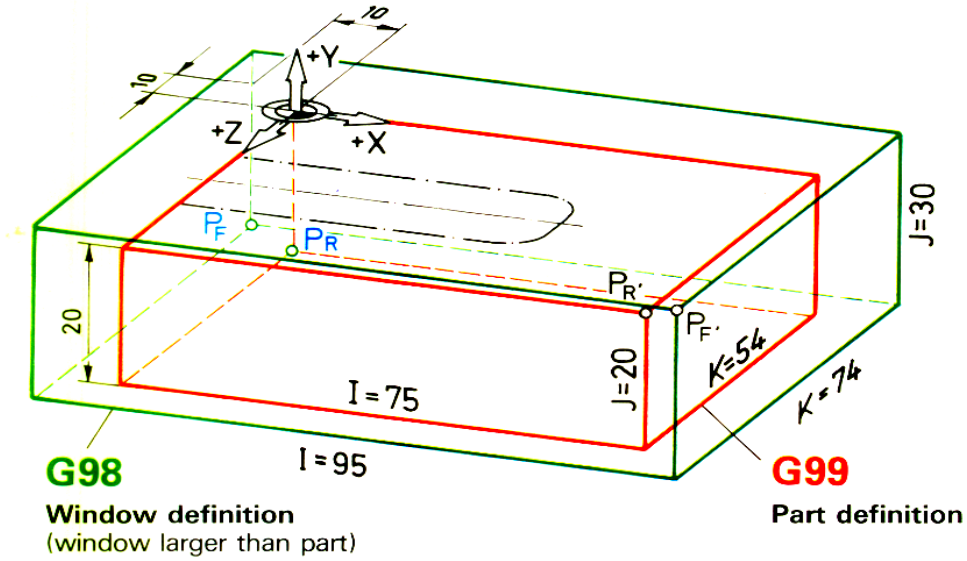
شكل (٣ -١) تحديد المستوى الذي سيتم فيه التفريز



شكل (٣ -٢) : مجموعة الأوامر : (G41/G42,G40,G43/G44) لتمكين نظام التحكم من تحديد سطح التفريز مستخدماً معلومات البرنامج عن موقع أداة القطع وكذلك المعلومات في الذاكرة الخاصة بالأداة



Graphic blocks are inserted into program following plane selection. Zero shift should be block deleted.



Window definition

G98 X-10 Y-20 Z-10 B... I95 J30 K74 B1=...

- X-10 Y-20 Z-10: Direction and distance from part zero to P_F point
- B...: X axis rotation (default B-60)
- I95 J30 K74: Actual length
- B1=...: Y axis rotation (default B1 = −30)

Part definition

G99 X0 Y-20 Z0

Direction and distance from part zero to P_R point

I75 J20 K54

Actual length

شكل (٣ -٣) : الأمر التحضيري (G98) لتحديد الإطار (أو النافذة) والأمر التحضيري (G99) لتعريف قطعة الشغل

خلاصة الوحدة الثالثة

- ترتيب الكلمات في داخل كل أمر من أوامر البرمجة يتخذ صيغة معينة حسب نوع النظام المستخدم ، ومن أهمها صيغة عنوان الكلمة .
- تتصف صيغة عنوان الكلمة بالآتي :

١. لابد أن تبدأ كل كلمة بحرف معين يحدد نوع الكلمة ويوجه كل المعلومات الرقمية التي تتلو هذا الحرف إلى موقع معين في وحدة تحكم الماكينة .

٢. يوجد ترتيب اصطلاحي للكلمات في داخل كل أمر برمجي ولكنه غير ملزم .

- الترتيب الاصطلاحي طبقاً لصيغة عنوان الكلمة هو كالآتي :

١. رقم الأمر (N - Word) .
٢. الأمر التحضيري (G - Word) .
٣. أمر تحديد المحاور (X,Y,Z - Words) .
٤. أمر تحديد التغذية (F - Word) .
٥. أمر تحديد السرعة (S - Word) } الأوامر التقنية.
٦. أمر تحديد أداة القطع (T - Word)
٧. الأمر المساعد (M - Word)

- يمكن تقسيم الأوامر التحضيرية الأساسية للمجموعات التالية :

١. الأوامر التحضيرية الخاصة باختيار نوع التحكم في الحركة :
للفرايز : (G0 , G1 , G2 , G3) للمخارط : (G00, G01,G02,G03) .
٢. الأوامر التحضيرية لتحديد سطح التشغيل : (G17,G18) .
٣. الأوامر التحضيرية لأخذ قطر أداة القطع في الاعتبار : (G40,G41,G42,G43,G44) .
٤. الأوامر التحضيرية لتحديد صفر البرمجة :
للفرايز : (G51 , G52) .
للمخارط : (G53 ⟵ G59) .

٥. الأوامر التحضيرية الخاصة باختيار نظام الأبعاد : (G 90 , G91) .

- المجموعات الأساسية للأوامر المساعدة يمكن تصنيفها كما يلي :

١. الأوامر المساعدة للتحكم في عامود دوران الماكينة : للفرايز (M3,M4,M5) .

للمخارط (M03,M04,M05)

٢. الأوامر المساعدة للتحكم في استخدام سائل التبريد :

للفرايز (M8 , M9) ، للمخارط : (M08,M09)

٣. الأوامر المساعدة للتحكم في تغيير أداة القطع : للفرايز : (M6 , M66) .

٤. الأمر المساعد لإنهاء البرنامج : M 30 .

٥. الأوامر التقنـــية هي الأوامر الخاصة باختيار أداة القطع وسرعة تشغيلها ومقدار التغذية (F,S,T).

تمارين – ٣ –

(١) أجب بـ (نعم) أو (لا) فيما يلي :

١. يفسر نظام التحكم الكلمات حسب ترتيبها داخل الأمر عند استخدام صيغة عنوان الكلمة . ( )

٢. الترتيب الاصطلاحي طبقاً لصيغة عنوان الكلمة شرط في صحة كتابة الأوامر لبرنامج الـ (CNC) . ( )

٣. يختلف الأمر التحضيري (G2) عن الأمر التحضيري (G3) فقط في اتجاه الدوران ( )

٤. لا تكتب وحدات تغذية أداة القطع أو سرعة دورانها في داخل برنامج الـ (CNC) . ( )

٥. مجموعة الأوامر التحضيرية (G44 ← G40) تمكن المبرمج من كتابة البرنامج على أساس السطوح (الكنتور) المكونة لقطعة الشغل . ( )

(٢) أكمل العبارات التالية بوضع الكلمة المناسبة في محل كل فراغ :

١. يستخدم الأمر التحضيري ..... لتعريف قطعة الشغل ، بينما يمثل الأمر ..... تعريف النافذة وذلك لعمل .... للتأكد من صحة ..... .

٢. الأمر .... يعني اكتمال برنامج ..... أو ..... .

٣. إذا رافق الأمر ..... S700 الأمر التحضيري ..... في برنامج خراطة (CNC) فإن ذلك يعني أن .... المسموح بها هي 700 ..... في الدقيقة.

(٣) اشرح معنى الأوامر التالية :

١. G96 . ٢. M05 . ٣. G18 .

٤. G44 . ٥. G56 .

ورشة التحكم الرقمي بالحاسب ١

إنشاء وتنفيذ وبرامج الـ (CNC)

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الأهـــــداف

بإكمال الوحدة الرابعة يكون المتدرب قادراً على أن :

* يشرح عملياً إنشاء وتنفيذ برامج (CNC) لماكينات التفريز والخراطة ويشمل ذلك :

١. المقدرة على فهم الرسم التنفيذي لقطعة الشغل .
٢. تحديد أدوات القطع واختيار السرعة والتغذية .
٣. تحديد طريقة التثبيت للقطعة .
٤. تمثيل البرنامج بيانياً على شاشة الحاسب .

إنشاء وتنفيذ برامج الـ (CNC)

١.٤ مقـــــدمة :

توجد ثلاث مراحل أساسية لتصنيع قطعة شغل على ماكينة (CNC) :

١. تحويل الشكل الهندسي للقطعة إلى برنامج تحكم رقمي بالحاسب (CNC) طبقاً لترتيب عمليات التشغيل اللازمة لتصنيع القطعة .
٢. إدخال البرنامج وحفظه في الذاكرة الخاصة ببرامج الـ (CNC) في الماكينة .
٣. تصنيع قطعة الشغل بالتحكم في الحركات المطلوبة على الماكينة لتصنيع القطعة حسب البرنامج الذي تم تجهيزه .

إن برنامج الـ (CNC) هو في الأساس سجل للحركة النسبية بين أداة القطع وقطعة الشغل ، ويمكننا أن نصنف نوعية المعلومات المطلوبة لنظام التحكم من خلال برنامج الـ (CNC)إلى ثلاثة أنواع كما يلي :

١. معلومات خاصة بعلاقة (أداة القطع / قطعة الشغل) من حيث الموقع والاتجاه ومقدار الإزاحة .
٢. معلومات خاصة بمقدار تغير علاقة (أداة القطع / قطعة الشغل) وتحدد بالتغذية والسرعة .
٣. معلومات متنوعة ضرورية لتوفير بيانات متكاملة وشاملة ، وهي تشمل كل ما لا يقع ضمن النوعين الأول والثاني من المعلومات ، وذلك مثل اختيار أداة القطع ، ونوعية وحدات القياس المستخدمة (مم أو بوصة) ، واستخدام سوائل التبريد .

٢.٤ دراسة الرسم التنفيذي لقطعة الشغل :

المهمة الأولية للرسم الفني اللازم لتنفيذ أي قطعة شغل هي وصف الشكل الهندسي لتلك القطعة. وبالإضافة لهذه المعلومة الأولية يمكن أن يصاحب الرسم الفني للقطعة قدر كبير من المعلومات الهامة والملحوظات ، والتي يمكن بسهولة إهمالها من جانب أية مبرمج قليل الخبرة ولهذا يجب دراسة الرسم الفني للقطعة دراسة وافية للتعرف على الشكل الكلي للقطعة ، وبالتالي تحديد مواصفات عدة القطع اللازمة لتشغيل القطعة ، وأيضاً اختيار ظروف التشغيل المناسبة من تغذية وسرعة قطع ، وكذلك تحديد الطريقة المناسبة لتثبيت قطعة الشغل أثناء التشغيل ، بحيث يكون هذا التثبيت محكماً وفي نفس الوقت لا يعوق حركة أداة القطع لتنفيذ عمليات التشغيل المطلوبة على قطعة الشغل . وهذا العمل يتطلب جهداً مضنياً في حالة تعقيد الشكل الهندسي للقطعة .

ومن المفيد في كثير من الحالات رسم شكل منظور كرسم يدوي تقريبي بدون استخدام أدوات رسم أو قياس ، حيث يتم استنتاج ذلك من المساقط المبينة للقطعة في الرسم الفني . ويجب مراجعة هذا المنظور للتأكد من اشتماله على كل الخطوط والدوائر والجيوب والمجاري والثقوب وغيرها الممثلة في الرسم الفني للقطعة .

ويجب بشكل خاص التأكد من مقدار التفاوت المحدد لكل ثقب (إذا كانت قطعة الشغل تحتوي على ثقوب) من ناحية قطر الثقب وموقع مركز الثقب ، حيث أن مقدار التفاوت يحدد طريقة التشغيل اللازمة لتنفيذ الثقب المطلوب .

وقد نحتاج لعملية تجويف (Boring Operation) إذا كان موقع مركز الثقب يصاحبه تفاوت أقل من 0.050مم ، ويتم تنفيذ ذلك بأداة تجويف ذات نقطة قطع واحدة (Single - Point) ، وهذا يعني أن تتم عملية التثقيب بقطر أقل من القطر الأساسي المحدد بما يكفي لإجراء عملية التجويف .

أما أقطار الثقوب التي تكون مصحوبة بتفاوت أقل من 0.075مم فهذه تحتاج في العادة لعملية برغلة (Reaming) أو تجويف للقطر المطلوب .

من الضروري أيضاً مراجعة العنوان الرئيسي الذي يحدد اسم القطعة في الرسم ، والتأكد من صحة القطعة المراد تصنيعها ورقم الإصدار ، كما يجب الاهتمام بمواصفات الخامات المستخدمة وإيجاد التفاوتات المصاحبة للزوايا والأرقام الكسرية والعشرية . ومن المهم جداً إعطاء عناية خاصة للمذكرات الخاصة بالآتي : درجة نعومة السطح ، مواصفات التمركز للدوائر ، مواصفات اللوالب (والتي سنتناولها بالدراسة ضمن منهج ورشة التحكم الرقمي بالحاسب –٢ -) ، المعالجات الحرارية والتي قد يتم تنفيذها قبل التشغيل النهائي للقطعة ، مواصفات كسر السطوح الحادة ، ومدى الحوجة لعمل تخويش للثقوب الموجودة .

٤. ٢. ١ مواصفات عدة القطع :

أكثر الخامات المستخدمة لأدوات القطع في التطبيقات المختلفة للتصنيع على ماكينات الـ (CNC) هي الصلب عالي السرعات (HSS) ، وكربيد التنجستون (WC) ، والسيراميك (الخزفيات) (Ceramics) . وتؤثر نوعية عملية التشغيل على اختيار الخامة المناسبة لأداة القطع ، حيث نجد أنه في حالة الخراطة تتعرض أقلام الخراطة إلى قوى تحميل مستمرة ومستقرة ، ونجد أن هندسة شكل حامل أقلام الخراطة يتوفر لها من الأبعاد الهندسية مما يمكنها من مقاومة وامتصاص قوى الدفع الجانبي من النوع الثقيل .

وهذه الظروف تشجع على استعمال التنجستون الكربيدي لصناعة الحد القاطع لأقلام الخراطة وذلك في شكل لقم قياسية قابلة للتغيير ، حيث تثبت على جسم قلم خراطة مصنوع من الصلب السبائكي ، وفي مقابل هذا نجد أن سكاكين ماكينات التفريز تتعرض لتحميل اهتزازي وهذا يشجع استخدام الحديد الصلب العالي السرعات (HSS) الذي يقاوم هذه الصدمات التي تحدث أثناء التشغيل بدلاً عن التنجستون الكربيدي . والصلب عالي السرعات أقل تكلفة ولكنه يوفر سرعات قطع أقل مدى من التنجستون الكربيدي .

أما أدوات القطع المصنوعة من السيراميك فيمكن استخدامها في سرعات قطع أعلى مما هو متاح في حالة التنجستون الكربيدي ، حيث يتمتع السيراميك بمقاومة أعلى للتآكل ، ولا يوصي باستخدام السيراميك في حالة التشغيل المتقطع سواءً كان ذلك في حالة الخراطة أو التفريز .

كما يعتمد اختيار أداة القطع المناسبة على نوعية خامة قطعة الشغل كما هي محددة في الرسم التنفيذي للقطعة .

٢.٢.٤ ظروف التشغيل (معدل التغذية وسرعة القطع) :

يشكل تحديد ظروف التشغيل من تغذية وسرعة قطع ، واحداً من القرارات المبكرة التي يجب على المبرمج اتخاذها ، عند قيامه بالتخطيط لترتيب عمليات التشغيل اللازمة لتصنيع قطعة الشغل المعينة .

سرعة القطع لعملية تشغيل معينة تعني السرعة التي يتحرك بها الحد القاطع في أداة القطع بالنسبة لسطح قطعة الشغل التي يجري تشغيلها وعادة ما تحدد بالمتر / الدقيقة (m/min) . وتوجد عدة عوامل تحدد اختيار سرعة القطع المناسبة ، وهذه العوامل هي كما يلي :

١. خامة قطعة الشغل :

الخامات الصلدة تحتاج إلى سرعات قطع أقل من الخامات الطرية (Soft) .

٢. خامة أداة القطع :

وهذا ما بيناه أعلاه عند حديثنا عن مواصفات عدة القطع .

٣. سائل التبريد :

استخدام سوائل التبريد المناسبة يحسن من ظروف التشغيل التي تعطي الفرصة لاستخدام سرعات قطع ومعدلات تغذية قياسية .

٤. حالة ماكينة العدد :

ماكينات العدد القديمة التي تعاني من وجود تآكل في بعض أجزائها أو عدم تثبيت كافي سواءً بالنسبة لأداة القطع أو قطعة الشغل ، لا تتحمل سرعات قطع عالية .

٥. حجم الرائش المزال :

عموماً ، يمكن استخدام سرعات قطع عالية في عمليات التشطيب أكثر مما هو ممكن في حالة عمليات التخشين ، حيث تحدد متطلبات نعومة السطح وسرعة الإنتاج مقدار عمق القطع (depth of cut) والتغذيات التي يمكن السماح بها .

٤. ٢. ٢. ١ حسابات سرعة القطع وسرعة دوران عمود دوران الماكينة :

تحدد سرعة القطع عادة لتركيبة معينة من خامة أداة القطع وخامة قطعة الشغل وذلك بوحدات متر/الدقيقة ، ثم يتم تحويل هذه السرعة ، إلى سرعة دورانية عند عمود دوران الماكينة .

ولا يهم هنا إذا كان الذي يدور هو أداة القطع (كما في حالة التفريز وأيضاً التقيب) أو هو قطعة الشغل (كما في حالة الخراطة).

العلاقة بين سرعة القطع وسرعة الدوران تعطي بالمعادلة التالية :

سرعة الدوران (دورة / الدقيقة) =

(1000 × سرعة القطع (متر/الدقيقة)) ÷ (3.14 × قطر قطعة الشغل (أو قطر أداة القطع) (مم)) .

حيث الآتي :

١. الثابت الذي مقداره (1000) يتم به تحويل المتر إلى مم .

٢. الثابت الذي مقداره (3.14) عند ضربة في قيمة القطر يعطي محيط قطعة الشغل (أو محيط أداة القطع) .

فإذا رمزنا لسرعة القطع بـ (Vc) وسرعة الدوران بـ (N) والقطر بـ (d) ، فإنه يمكننا إعادة كتابة المعادلة كما يلي :

$$N = \frac{1000 \times Vc}{3.14 \times d}$$

كموجه عام فإن السرعات التالية تكون مناسبة للقطع عند ظروف تشغيل متوسطة وذلك كما يلي :

خامة أداة القطع	سرعة القطع (متر / الدقيقة)			
	خامة قطعة الشغل			
	سبائك الألمونيوم	نحاس أصفر	حديد زهر	صلب طري
صلب عالي السرعات (HSS)	120	75	18	30
كربيد التنجستون (WC)	500	180	120	200

ملحوظة :

N في المعادلة تمثل S في برمجة الفرايز وكذلك برمجة المخارط (في حالة البرمجة المباشرة لسرعة الدوران) .

٢.٢.٢.٤ حسابات التغذية :

يحكم معدل التغذية مدى السرعة التي تنتقل بها أداة القطع عبر سطح قطعة الشغل ، حيث أن حجم الرائش المزال يحدد بمعدل التغذية وعمق القطع . وعموماً فإنه من الأفضل إزالة الرائش باستخدام عمق قطع كبير مع سرعة تغذية منخفضة وليس العكس (عمق قطع قليل ومعدل تغذية عالية) . وعندما يكون الاختيار بين زيادة سرعة دوران العمود وزيادة معدل التغذية ، فإنه من الأفضل في هذه الحالة زيادة معدل التغذية . وعند استخدام أدوات قطع من نـــــوع كربيد التنجستون فإن أقل معدل للتغـذية هو 0.1مم/دورة (mm/rev). الوحدات المستخدمة للتغذية هي مم/ دورة (لعمود الدوران) أو (مم/ الدقيقة) ، حيث تكون العلاقة بين هذين النوعين من وحدات التغذية كما يلي :

معدل التغذية (مم/الدقيقة) = معدل التغذية (مم/دورة) × السرعة الدورانية للعمود (دورة / الدقيقة)

ويلاحظ أن معدل التغذية عند كتابة برامج الـ (CNC) يرافق الكلمة التقنية (F) .

عندما تكون عمليات الخراطة باستخدام سرعة قطع ثابتة (أي باستخدام G96) فإنه من المناسب برمجة الـ F بوحدات ميكرومتر/ دورة (أي يرافقها G95) وذلك لضمان استخدام معدل تغذية ثابت لا

يتغير بتغير سرعة دوران العمود . تعتمد قيمة معدل التغذية على التركيبة المستخدمة لأداة القطع وقطعة الشغل، ويمكن استخدام الجداول العامة كموجهات للاختيار وذلك كما هو موضح هنا كمثال :

عمليات التفريز	معدل التغذية (مم/سن)	
خامة قطعة الشغل	الصلب عالي السرعات (HSS)	كربيد التنجستون (WC)
	مقطع تفريز طرفي (جبهي) (End Mill)	مقطع تفريز واجهي (Face Mill)
صلب طري	0.13	0.25
حديد زهر	0.20	0.40
نحاس أصفر	0.18	0.36
سبائك الألمنيوم	0.28	0.56

عمليات الخراطة	معدل التغذية (مم/دورة)	
خامة قطعة الشغل	الصلب عالي السرعات (HSS)	كربيد التنجستون (WC)
صلب طري	0.20	0.8
حديد زهر	0.40	1.00
فاس أصفر	0.80	1.50
سبائك الألمنيوم	0.30	1.00

عمليات التثقيب	معدل التغذية (مم/دورة)	
قطر المثقاب (مم)	الصلب عالي السرعات (HSS)	كربيد التنجستون (WC)
2	0.05	0.15
4	0.10	0.15
6	0.12	0.15
8	0.15	0.15
10	0.18	0.25
12	0.20	0.25

ويلاحظ أن مقادير معدل التغذية المعطاة في صيغة (مم/سن) تحتاج للتحويل إلى (مم/دورة) أو (مم/دقيقة) لتكون صالحة للاستخدام في برامج الـ (CNC) ، حيث يمكن استخدام المعادلة التالية لإجراء هذه التحويل المطلوب :

معدل التغذية (مم/دورة) = معدل التغذية (مم/سن) × عدد أسنان أداة القطع .

هذا بالإضافة للعلاقة التي تربط بين معدل التغذية بوحدات (مم/دورة) ووحدات (مم/دقيقة) .

٤. ٢. ٣ أدوات التثبيت :

يمثل التثبيت المحكم لقطع الشغل قضية محورية لأي عملية تشغيل ناجحة يتم فيها إنتاج قطع دقيقة ومنتظمة الدقة بأقل تكلفة ممكنة . ومع ماكينات العـــــدد ذات التحكـــم الرقمي بالحاسب (CNC) توجد متطلبات إضافية لعملية التثبيت ، وذلك للأسباب التالية :

١. توجد حاجة ماسة للوصول لكل أوجه قطعة الشغل بدون إعادة لتنظيم عملية التثبيت بتغيير مواضع عناصر التثبيت أو موضع قطعة الشغل ، كسباً للوقت والجهد .

٢. قوى القطع المتعددة الاتجاهات تتطلب وجود نظام تثبيت قاسي وقادر على مقاومة هذه القوى في كل الاتجاهات .

٣. استخدام عمليات المناولة الآلية يتطلب أن تكون وسائل التثبيت مناسبة للتحميل والإنزال بواسطة آليات المناولة الأتوماتية مثل الروبوت .

الأدوات المثالية لتثبيت قطع الشغل على ماكينات الـ (CNC) ويجب أن تتوفر فيها المواصفات المرغوب فيها لتحقيق عمليات تشغيل ناجحة وذلك على النحو التالي :

١. توفير التثبيت الإيجابي الذي يمنع حركة أو دوران قطع الشغل حول نقاط تثبيتها .

٢. توفير السند لقطعة الشغل الذي يحميها من الانحناء أو التشويه في شكلها أو الخدش بسبب عناصر التثبيت أو قوى القطع ، وهذا يتطلب أيضاً عدم إجراء عمليات القطع في اتجاه مضاد لقوى التثبيت .

٣. توفير الوضع الذي يمنع أخذ قطعة الشغل لموقع خاطيء في أداة التثبيت ، بما يضمن الدقة في الموقع وتكراره .

٤. التميز بالبساطة والسرعة في الاستخدام .

٥. تحقيق السهولة في تنظيف وإزالة الرائش .

٦. التميز بتحقيق أمن وسلامة العاملين خاصة عند استخدام وسائل تثبيت ذات حث (تشغيل) نيوماتي أو هيدرولي أو كهربي .

٧. عدم التداخل مع عمليات تشغيل الماكينة أو تحركها في المحاور المختلفة .

وكما ذكرنا في الوحدة الثانية أن المبدأ الأول لتحديد الموضع هو تخفيض درجات الحرية الستة – التي يتمتع بها أي جسم موجود في الفراغ – إلى الصفر ، وهذا يعني أنه عند استخدام أكثر من ست نقاط لتحديد موضع قطعة الشغل ، فإن النقاط الإضافية ستكون عديمة الجدوى . إن استخدام ثلاث نقاط لتحديد الموضع في المستوى الأفقي يضمن أنه في حالة عدم استواء سطح قطعة الشغل (ناتجة بالسباكة مثلاً) فإنها ستستقر في وضعها دون تأرجح . عمليات التثبيت لاتحتاج لست نقاط ولكن القاعدة التي شرحناها أعلاه تظل صحيحة . يعتمد التثبيت الإيجابي على استدام محددات طبيعية أو تأثير الاحتكاك الملازم لعناصر التثبيت .

وعند تصميم عناصر تحديد الموضع يجب مراعاة الآتي :

١. استخدام نفس السطح المشغل كمرجع لعدة عمليات تشغيل بأقصى حدود الممكن .
٢. استخدام ثلاث نقاط لتحديد الموضع عندما تكون العمليات الأولى للتشغيل على سطوح غير مشغلة أصلاً " غير مستوية " .
٣. أن يكون من سمات عناصر تحديد الموضع تلقيها لعمليات تصليد (معالجة حرارية) وتشطيب بالتجليخ لتقليل التآكل بما يضم انتظام الدقة .
٤. أن لا تكون عناصر تحديد الموضع مكان لتجمع الرائش وانحشاره .
٥. ضمان سلامة الاستخدام بتفادي استخدام الحواف الحادة أو الأماكن الضيقة التي من الممكن أن تنحشر في داخلها أصابع العاملين على هذه الماكينات .

عملياً نستخدم الدسارات (Dowels) المبسطة أو كتل تأمين في شكل محضن لقطعة الشغل (Nesting Blocks) لتأمين تحديد موضع آمن وكافي لمعظم قطع الشغل كما هو مبين في الشكل (٤ -١).

يمكن تصنيف أدوات التثبيت لقطع الشغل بشكل عام كما يلي :

١. أدوات التثبيت لقطع الشغل ذات الحركة الدورانية أثناء التشغيل (مثل ماكينات الخراطة) .
٢. أدوات التثبيت لقطع الشغل على الماكينات التي تكون فيها أدوات القطع ذات حركة دورانية (مثل ماكينات التفريز وماكينات التثقيب) .

بالنسبة للنوع الأول المستخدم مع قطع الشغل ذات الحركة الدورانية تستخدم عادة الظروف (Chucks) أو الظروف الزناقية (Collet Chucks) ، وعادة تكون الظروف ذات نظام تشغيل نيوماتي أو هيدرولي (في حالة المخارط الضخمة) .

وتستخدم الظروف الزناقية مع قطع الشغل غير المكتملة الاستدارة ، كما يستخدم الشياق (Mandrel) أيضاً في المخارط ، وهو يعمل على تثبيت قطع الشغل من خلال القطر الداخلي للثقب الذي يكون في هذه القطع .

أما بالنسبة للنوع الثاني وهو المستخدم في الفرايز عادة فنجد أن أهم أداة تثبيت هي الملزمة (Vice) المعروفة ، والتي يجب أن يراعى وضعها في منتصف منضدة الماكينة بالنسبة للمحور الطولي (X) لتوفير أقصى درجة مساندة ، كما يراعى أن تكون قريبة من قائم الماكينة (M/C Column) بقدر المستطاع (اتجاه المحور Z) .

٤.٣ إنشاء برنامج التشغيل وتمثيله على شاشة الحاسب :

٤.٣.١ برمجة الفرايز (CNC) :

يجب في عملية البرمجة تحديد السطح الذي سيتم فيه التشغيل بواسطة الفريزة لتحديد سطح أو مستوى التشغيل تحديداً كاملاً يجب تعريف هذا المستوى بمحورين وذلك كالآتي :

إذا كان مستوى التشغيل في قطعة الشغل هو المستوى الذي يحدده المحورين X و Z نستعمل الأمر التحضيري G18 .

أما إذا كان المستوى محدد بالمحورين X و Y نستعمل الأمر التحضيري G17 ، وذلك كما ذكرنا في الوحدة الثالثة (انظر الشكل (٣ -١)) .

ولكتابة برنامج التفريز لكنتور قطعة شغل ، نستطيع كتابة البرنامج للكنتور (السطح المراد تشغيله) نفسه مع استعمال أوامر تحضيرية معينة تمكن نظام التحكم من حساب خط مسار أداة القطع تلقائياً وهي تتحرك لتشغيل الكنتور المطلوب وذلك باعتبار قيمة نصف قطر أداة القطع ، والأوامر التحضيرية المستعملة في هذه الحالة هي :

G41 , G42 , G43 و G44 طبقاً لمعانيها التي تناولناها بالشرح في الوحدة الثالثة (أنظر الشكل (٣ -٢)) .

إذن باستخدام الأوامر من G41 ⟵ G44 نستطيع أن نبرمج باستخدام أبعاد قطعة الشغل المطلوبة ، ونترك لنظام التحكم حساب مسار مركز أداة القطع على أساس قيمة نصف قطرها .

أما إذا أردنا الاستغناء عن استعمال هذه الأوامر G41⟵ G44 فيمكن في هذه الحالة برمجة مسار مركز أداة القطع مباشرة واستعمال الأوامر مثل G0 و G1 . وبذلك يتضح لنا الآن خياران لكتابة برنامج تفريز كنتور ما على النحو التالي :

١. برنامج تفريز على أساس مسار مركز أداة القطع .
٢. برنامج تفريز على أساس أبعاد قطعة الشغل .

مثال (٤. ١) :

أ. اكتب برنامج التفريز للمجرى الموضح في قطعة الشغل في الشكل (٤ -٢) وذلك بكتابة البرنامج لمسار مركز أداة القطع وهي أداة تفريز قطرها 10 mm (١٠مم) .

الحل :

```
%MP
N 9001
N1  G18          S630 T1 M66
N2  G52
N3  G0   X-7     Y-5     Z23          M3
```

```
N4   G1    X45                  F100
N5                    Z31
N6         X-7
N7   G0    X0     Y50    Z0
N8   G51                              M30
```

من عيوب هـــذا النوع من البرمجة أن تغيير أداة القطع "ذات قطر مختلف" يعني كتابة برنامج جديد .

ب.أعد كتابة البرنامج أعلاه مستخدماً أبعاد قطعة الشغل نفسها .

الحل : (انظر الشكل (٤ -٢) (ب)) **%MP**

```
N  9002
N1   G18                                   S630 T1  M66
N2   G52
N3   G0    X-7    Y-5    Z25                      M3
N4   G1                        F100
N5   G43                  Z18
N6   G42
N7         X50
N8                        Z36
N9         X-7
N10 G40
N11 G0     X0     Y50    Z0
N12 G51                                    M30
```

يلاحظ أن G43 لابد أن تسبقها G1 أي أنها لا تحتوي على معنى القطع في خط مستقيم وهذا ينطبق أيضاً على G41 , G42 , G44 .

مما تقدم يتضح أن خطوات كتابة البرنامج هي كالآتي :

١. السطر الأول : يكتب فيه رقم البرنامج (< 9000) .
٢. السطر الثاني : يحدد فيه السطح الذي سيتم فيه التفريز (سواءً كان G18 أو G17) .
٣. السطر الثالث : جعل صفر البرنامج هو صفر قطعة الشغل وليس صفر الماكينة (G52) واختيار سرعة التفريز وأداة القطع المستخدمة (S,T) .
٤. ثم يتلو برنامج تفريز قطعة الشغل .

أما إذا أردنا عمل رسم بياني تجريبي للبرنامج يظهر على شاشة حاسب الماكينة فنحتاج في هذه الحالة إلى استخدام مهمتين تحضيرتين هما : G99 , G98 وذلك طبقاً لمعانيها التي بيناها في الوحدة الثالثة

حيث أن G99 تستخدم لتعريف قطعة الشغل ، أما G98 فتستخدم لتحديد النافذة أو الإطار الذي ستوضع بداخله قطعة الشغل لعمل الاختبار البياني للتأكد من صحة البرنامج وعدم حدوث مشاكل أثناء التصنيع الفعلي للقطعة .

وفي حالة استخدام هذين الأمرين (G99، G98) فإن السطر الرابع تذكر فيه G98 لتعريف النافذة أو الإطار ثم السطر الخامس تذكر فيه G99 لتعريف قطعة الشغل ثم يكون برنامج تفريز قطعة الشغل بعد ذلك ، وكما هو واضح أن هذين السطرين لا علاقة لهما بعملية تنفيذ البرنامج على الماكينة وذلك بمعنى اكتمال البرنامج بدونهما .

وبذلك يمكن إضافة سطرين في برنامج مثال (٤ -١) مع إعادة الترقيم لسطور البرنامج كالآتي :

N3 G98 X-10 Y-20 Z-10 I95 J30 K74 (السطر الرابع)

N4 G99 X0 Y-20 Z0 I75 J20 K54 (السطر الخامس)

ثم تأتي بعد ذلك بقية البرنامج كما ذكرناها سابقاً .

الآن لتناول أمثلة تحتوي على عمليات قطع في مسار دائري نحتاج لتفصيل ما ذكرناها مختصراً في الوحدة الثالثة عن الأمرين التحضيريين G2 و G3 وذلك كما يلي :

٤. ٣. ١. ١ تفريز الأقواس الدائرية حتى ١٨٠° :

١. باستخدام الأمرين التحضيريين G3 و G2 نستطيع تفريز أقواس دائرية لا يزيد طول محيطها عن نصف دائرة أي بزاوية لا تزيد عن ١٨٠° وذلك بطريقتين :

أ.باستخدام نصف القطر :

G 2 X Y Z R

قطع دائري في اتجاه عقارب الساعة — احداثيات لنقطة نهاية — نصف قطر

القوس — قوس الدائرة

أو

G 3 X Y Z R

قطع دائري في اتجاه عكس عقارب الساعة

أنظر المثالين لاستخدام G3 و G2 في الشكل (٤ -٣) .

ب.باستخدام احداثيات مركز القوس :

إذا تعذر استخدام نصف القطر R فيمكن أن تتم البرمجة باستخدام احداثيات مركز القوس ، فإذا كان تفريز القوس في المستوى G17 تكون الإحداثيات هي **I J** ، وإذا كان التفريز في المستوى G18 تكون الإحداثيات هي **I K** وذلك كما هو مبين في الشكل (٤ -٤) :

G2 X Z I K (G18)
G2 X Y I J (G17)

إحداثيات نقطة نهاية القوس **إحداثيات المركز**

٤. ٣. ١. ٢ تفريز الأقواس الدائرية أكبر من ١٨٠ : (> ١٨٠)

أيضاً باستخدام الأمرين التحضيريين G3 و G2 يمكن تفريز أقواس دائرية يزيد طول محيطها عن نصف دائرة (أي بزاوية تزيد عن ١٨٠) وذلك بطريقة إحداثيات مركز القوس فقط كما هو مبين في (ب) أعلاه (انظر الشكل (٤ -٤)) .

الشكل (٤ -٥) يبين مثال للبرمجة باستخدام إحداثيات مركز القوس بطريقة الأبعاد المطلقة .

٤. ٣. ١. ٣

مثال (٤ -٢) :

يراد تفريز الكنتور (الشكل) الخارجي لقطعة الشغل المبينة في شكل (٤ -٦) وذلك من قطعة من الخام أبعادها 150x150مم٢ وبعمق ٥مم ، وذلك باستخدام سكينة تفريز قطرها 10 mm . المراد كتابة البرنامج اللازم على أساس أبعاد الشكل المطلوب (أي نظام إزاحة نصف قطر أداة القطع) :

الحل :

```
%MP
N 9009
N1  G18                                          S630  T1  M66
N2  G52
N3  G98    X-20  Y-20   Z-22.5   I170   J30   K170
N4  G99    X-10  Y-20   Z-12.5   I150   J20   K150
N5  G0     X-17  Y-5    Z125                            M3
N6  G1                                                F100
N7  G43    X0
N8  G41                 Z50
N9  G2     X20.836      Z21.434            R30
N10 G1     X85.418      Z 0.717
```

N11 G2	X99.642	Z26.491	R16	
N12 G1	X 58.821	Z60.743		
N13 G3	X69.106	Z89	R16	
N14 G1	X114			
N15 G2	X130	Z105	R16	
N16 G1	X113.218	Z125		
N17	X34.641			
N18	X0	Z105		
N19		Z100		
N20 G40				
N21 G0	X-17	Y100 Z125		
N22 G51				M30

٤. ٣. ٢ برمجة مخارط الـ (CNC) :

٤. ٣. ٢. ١ تكوين البرنامج لمخارط الـ (CNC) :

توجد ثلاثة أنواع رئيسية من البرامج هي :

١.البرنامج الرئيسي (Main Programme) :

والذي يبدأ برقم البرنامج للدلالة عليه ويستعمل الحرف (O)

كعنوان لهذا الرقم (O 6999 ⟵ O 000) وينتهي بـ (M30) .

٢.البرنامج الفرعي (Subroutine Programme) :

والذي يبدأ برقم البرنامج الفرعي ويستعمل الحرف (O)

كعنوان لهذا الرقم (O 0755 ⟵ O 0080) وينتهي بـ (M17) .

٣.برامج المحاكاة البيانية (Graphic Simulation Prog.) (Polygon) :

والتي تبدأ برقم برنامج المحاكاة ويستعمل أيضاً الحرف (O)

كعنوان لهذا الرقم (O 9999 ⟵ O 7000) .

ترقم أوامر البرنامج تحت الحرف N (N 9999 ⟵ N 0000) ومن المستحسن ترقيم أوامر البرنامج بالعشرات مثلاً :

O 0013
N 0000
N 0010
N 0020

وهكذا حتى يمكن بسهولة إدخال أي أوامر توجد حاجة لها في الموقع المناسب بدون أي تأثير على ترقيم بقية الأوامر .

الأوامر تتكون طبقاً لطابع عنوان الكلمة من كلمات والكلمة عبارة عن حرف يمثل العنوان لهذه الكلمة يتلوه أرقام .

لا يوجد إلزام بترتيب الكلمات داخل الأمر إلا في بعض الحالات الخاصة (دورات الخراطة الطولية والوجهية (G84) ، ودورة القلووظة (G85) ، دورة التجويف (G86)) والتي سيتم تناولها في منهج ورشة التحكم بالحاسب الرقمي – ٢ - ، ولكن يستحسن ترتيبها (والتي لها في الغالب نفس المعاني المستخدمة في برامج التفريز) داخل الأمر كالآتي (كما بينا في الوحدة الثالثة):

١. رقم الأمر : (N - Words)
٢. الأوامر التحضيرية : (G - Words)
٣. كلمات المحاور : (Co-Ordinate-Words) (X(U) , Z (W))
٤. كلمات تحديد السرعة اللازمة للتغذية : (F-Words)
٥. كلمات تحديد السرعة الدورانية (أو سرعة القطع) : (S-Words)
٦. كلمات تحديد أدوات القطع : (T-Words)
٧. الكلمات الإضافية أو المتنوعة : (M-Words)

٤. ٣. ٢. ٢ كتابة البرنامج :

لبرمجة عمليات خراطة عدلة أو وجهية فإننا نتبع نفس الخطوات التي نقوم بها للتشغيل على المخارط العادية أي تتبع نفس ترتيب التحركات اللازمة :

(١) الخراطة الوجهية : (Face Turning)

نحرك القلم بسرعة (G00) فوق رأس قطعة الخام على بعد حوالي ١,٠٠ مم أي في قطر أكبر من قطر قطعة الخام بـ ٢ مم وذلك في موقع يبعد ١ مم من نهاية الخام في اتجاه المحور وذلك استعداداً للخراطة الوجهية (شكل (٤ -٧) (أ)) .

تحرك القلم بسرعة تغذية معينة (G 01) لقطع الوجهية لنقطة أسفل مركز القطعة بـ ١,٠٠ مم (X-2.0) شكل (٤ -٧) (ب) .

نبعد القلم بسرعة (G 00) من وجه القطعة ثم إلى أعلى في مستوى عملية الخرط العدل المطلوبة (شكل (٤ -٧) (ج) .

(٢) الخراطة العدلة : (Longitudinal Turning)

١. نقوم بعملية الخرط العدل إلى الحد المطلوب (G 01) (شكل (٤ -٧) (د) .
٢. نقوم بخرط الركنية إلى ارتفاع أعلى من قطعة الشغل بمقدار ١,٠٠ مم أي في قطر أكبر بـ ٢ مم (G 01) (شكل (٤ -٧) (هـ) .

ومما يجدر ذكره هنا أنه من الممكن استخدام عدة أساليب لإنتاج المنتج الواحد، ولكن لترجيح استخدام أسلوب معين فلابد لهذا الأسلوب من تحقيق إنتاج المنتج المطلوب بتكلفة مقبولة اقتصادياً مع ضمان توفير سلامة مشغل الماكينة والماكينة نفسها.

قبل كتابة البرنامج فإنه من الضروري مراعاة الآتي :

أ. موقع صفر البرمجة (X0 و Z0) .
ب. حجم قطعة الخام التي ستصنع منها القطعة المطلوبة .
ج. ترتيب العمليات اللازمة للتصنيع .
د. أدوات القطع المطلوب استخدامها .
ه. السرعات والتغذيات اللازمة .

هذا الترتيب لا علاقة له بالأهمية ولكن كل هذه العوامل يجب النظر إليها كعوامل مرتبطة ببعضها بحيث أن بعضها يؤثر على البعض الآخر .

٤. ٣. ٢. ٣ :

مثال (٤ -٣) :

اكتب برنامج للحصول على الشكل المعطى (شكل (٤ -٨)) لقطعة شغل من سبائك الألمنيوم حيث أن الخام عبارة عن عمود قطره (40) مم المطلوب الحصول على جزء من هذا العمود طول (60) مم بقطر (30) مم . يمكن استخدام سرعة قطع مقدارها (250) متر/الدقيقة وتغذية مقدارها (100) Micro m/rev) .

الحـــل :

```
O 0019
N 0000    G54 G92    X 0.000    Z 90.000
N 0010    G59
N 0020    G95 G96    S 250      F100       T 0202      M04
```

N 0030	**G00**	**X 42.000**	**Z0.000**		
N 0040	**G01**	**X-2.000**			
N 0050	**G 00**	**X35.000**	**Z 2.000**		
N 0060	**G01**		**Z-60.000**		
N 0070	**G01**	**X 42.000**			
N 0080	**G00**	**X35.000**	**Z 2.000**		
N 0090	**G00**	**X 30.000**			
N 0100	**G01**		**Z-60.000**		
N 0110	**G01**	**X42.000**			
N 0120	**G00**	**X 50.000**	**Z 20.000**		
N 0130	**G53 G 56**			**T0000**	**M 30**

٤. ٣. ٢. ٤ خراطة الأقواس الدائرية :

لبرمجة الأقواس الدائرية على مخارط الـ (CNC) سواءً كانت مع عقارب الساعة (G02) أو عكس عقارب الساعة (G03) فإننا نتبع الصيغة التالية طبقاً لنظام (EMCO TRONIC TM 02) :

G 02 X Z I K

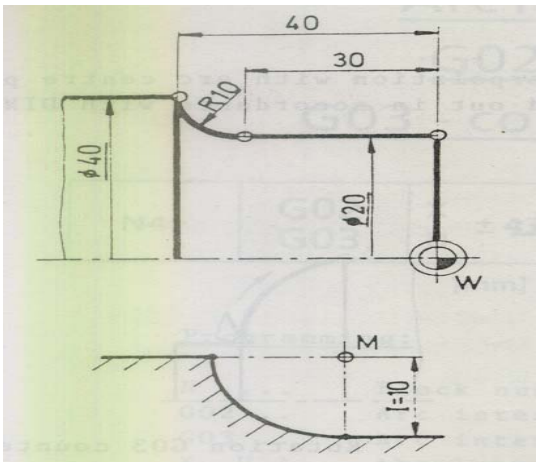
(أو G 03)

حيث :

- (Z , X) هي إحداثيات نقطة نهاية القوس .
- (K, I) هي إحداثيات نقطة مركز القوس مقاسة بالنظام التزايدي من نقطة بداية القوس.

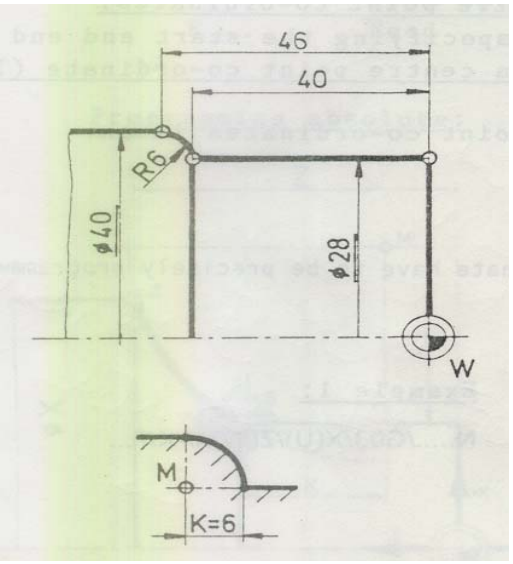
ويمكن التعرف عملياً على تطبيق برمجة الأقواس الدائرية في مخارط الـ (CNC) من خلال الأمثلة التالية :

مثال (٤. ٤) :



…. N G 01 X20.0 Z – 30.0 F …..
…. N G02 X40.0 Z – 40.0 I 10 K0.0 F…..

مثال (٤. ٥) :



…. N G 01 X28.0 Z – 40.0 F …..
…. N G02 X40.0 Z – 46.0 I 0.0 K - 6.0 F…..

٣. ٣ تمثيل البرنامج على شاشة الحاسب :

أصبح من الشائع جداً استخدام برامج المحاكاة (Simulation) لمراجعة البرامج الخاصة بتصنيع قطع الشغل على ماكينات الـ (CNC) والتأكد من صحتها قبل التشغيل الفعلي. في هذه البرامج يتم تمثيل التحركات التي تحدث في الماكينة أثناء التشغيل على هيئة أداة قطع (Tool) تتحرك على الشاشة . فمثلاً عندما تتحرك أداة القطع فوق المساحة المظللة (Shaded) التي تمثل قطعة الشغل فإنها تمسح الجزء الذي مرت عبره من هذه المساحة المظللة ، بحيث يمثل الشكل الذي يبقى في النهاية (نهاية البرنامج) الشكل النهائي لقطعة الشغل المراد تصنيعها . أهم ما في الموضوع أن أية حيودات أساسية عن المسار المفترض أن تتبعه أداة القطعة يكون ظاهراً بالنسبة للمبرمج ، كما يمكن أيضاً الكشف عن أية احتمالات لتعرض أداة القطع للاصطدام أثناء تحركها .

بالنسبة للماكينات (CNC) المتوفرة في ورش الكليات التقنية نجد أن ماكينة MH600C ذات النظام المسمى CNC 432 يتم فيها إجراء التمثيل البياني على الشاشة كجزء من برنامج الـ (CNC) الخاص بالقطعة نفسها وذلك باستخدام الأمرين التحضيريين G98 (تعريف النافذة أو الإطار) و G99

(تعريف قطعة الشغل) كما ذكرنا في الوحدة الثالثة – ويمكن في هذه الحالة الحصول على الرسم البياني في عدة صور وهي :

١ – دورة الاختبار – ٥ (Testrun -5) :

وهي عبارة عن رسم بياني سلكي (Wire Plot) في بعدين ونصف (2.5D) ، ويظهر كنتور قطعة الشغل في ثلاثة مساقط ، ويرافقه بيان لحركة أداة القطع ، حيث تمثل الخطوط المتقطعة الحركة السريعة (G0) والخطوط المتصلة حركة التغذية (مثل G1) .

٢ – دورة الاختبار – ٦ (Testrun-6) :

وهي عبارة عن رسم بياني سلكي ثلاثي الأبعاد (3D) .

٣ – دورة الاختبار – ٧ (Testrun-7) :

وهي عبارة عن محاكاة تشغيل قطعة الشغل بالكامل في ثلاثة مساقط .

ويبين الشكل (٤ -٩) مثالاً لدورة الاختبار – ٧ لقطعة شغل حيث يبين الخط الأسود السميك شكل الكنتور الخارجي للقطعة (أي مسار أداة القطع أثناء التشغيل) ، كما تظهر أيضاً إحداثيات أخر نقطة بلغتها أداة القطع أثناء المحاكاة .

يمكننا معرفة الخطوات العامة لإجراء هذه الاختبارات البيانية المذكورة أعلاه بمتابعة ذلك من خلال لوحة التحكم لنظام CNC 432 المشروحة في ملحق (١ -٤) وذلك كما يلي :

١. اختيار نمط التشغيل (SINGLE) أو (AUTO) باستخدام المفتاحين (42) أو (43) .
٢. استخدام مفتاح 16 (MENU) وذلك لاختيار دورة الاختبار المطلوبة (5 أو 6 أو 7) من خلال لوحة مفاتيح الأرقام .
٣. تشغيل المفتاح (48) الذي يتم به بدء التشغيل .

الشكل (٤ -١٠) يبين مختلف المفاتيح المتوفرة على لوحة تحكم نظام الـ (CNC 432) .

وبالنسبة لمخارط الـ (CNC) التي تستخدم نظام (EMCOTRONIC TM 02) فنجد أن برامج الحاكاة تستخدم العنوان الذي يبدأ بالحرف (O) والذي ترافقه أرقام تبدأ من الرقم 700 إلى أقل من 10000. ويمكن أن تتم المحاكاة بإنشاء برامج لقطع شغل غير مشغلة (خام) باستخدام مجموعة خاصة من الأوامر التحضيرية (G-Functions) (G63 : لإيجاد مقياس للرسم لرسم المحاكاة البيانية ، G64: لنقل صفر البرمجة ، G68 : لرسم صفر الماكينة (M) ، G62 : نقطة البداية لحركة أداة القطع) ، حيث تبدأ عملية المحاكاة في نمط (حالة) تشغيل أوتوماتي (AUTOMATIC) ، ثم يتم الضغط على مفتاح بداية الدورة (CYCLE START) ، ثم إدخال رقم برنامج القطعة الخام .

٤.٤ نقل البرنامج إلى الماكينة وإدخال بيانات العدة وبيانات التشغيل :

لنقل البيانات بين جهاز حاسب وجهاز طرفي - كما في حالة التحكم الرقمي المباشر (DNC) أو حالة نقل البيانات من الحاسب الموجود في المختبر إلى حاسب ماكينة الـ (CNC) – لابد من وجود كيبل (CABLE) يصل بين الحاسب المرسل والحاسب المستقبل . وهذا النقل للبيانات إما أن يتم بطريقة متوازية (Parallel Transmission) أو بطريقة متتالية (Serial Transmission) ، والطريقة الأخيرة هي المستخدمة في مجال الـ (CNC) ، وهي تعني نقل البيانات في شكل متتالي عبر سلك واحد ، ويستعمل لهذا الغرض الوصلة البينية القياسية RS 232C . ولتحقيق نقل البيانات لابد من توافق سرعة نقل البيانات من الحاسب المرسل مع سرعة استقبال البيانات بواسطة الحاسب المستقبل ، وهذا ما يعبر عنه بعدد الخانات المرسلة في الثانية ويسمى الـ (Baud Rate) .

وإذا أخذنا نظام الـ CNC 432 كمثال فإن نقل البيانات يتم عن طريق اختيار نمط التشغيل الخاص بنقل البيانات (Data IN/OUT) (وهو المفتاح رقم ٩ كما في الشكل (١٠٠٤)) والمفتاح F1 لقراءة الدخل (input) والمفتاح F2 لقراءة الخرج (Output) ، ويكون هذا النقل بصيغة Baud 300 وصيغة أسكى (ASCII) .

ويتم استخدام المفتاح F3 لاختيار رقم البرنامج (مثلاً N 9018) المراد نقله .

٤. ٤. ١ بيانات العدة :

يمكن تخزين بيانات العدة في فرايز الـ CNC العاملة بنظام CNC 432 تحت رقم العدة (مثلاً T4) وهي تشمل طول العدة (L) ونصف قطر العدة (R)، وذلك كله في ذاكرة بيانات العدة (.TOOL MEM) (المفتاح رقم 7 في شكل (٤ -١٠)) . ويمكن البحث عن أداة قطع معينة بإدخال رقم العدة T المراد البحث عنها من خلال استخدام المفتاح 17 (ENTER) والمفتاح 21 (SEARCH) .

بالنسبة لمخارط الـ (CNC) فإن البيانات الخاصة بالعدة تشمل قيمة X و Z لنقطة القطع (P) مقاسة من نقطة المرجع لتثبيت قلم الخراطة (N) ، حيث تكون X كنصف قطر ، كما تشمل أيضاً قيمة نصف قطر الاستدارة (R) للحد القاطع ، وموضع الحد القاطع (L) .

٤. ٤. ٢ بيانات التشغيل :

يتم بدء برنامج الـ (CNC) في حالة فرايز الـ (CNC) العاملة بنظام CNC 432 إما باختيار المفتاح 42 (SINGLE) أو المفتاح 43 (AUTO) ، ثم المفتاح 16 ، للوصول إلى الـ (MENU) لاختيار رقم دورة اختبار البرنامج المطلوبة (1 أو 2 أو 4) ، فإذا تم مثلاً اختيار الرقم 1 فإن الاختبار التشغيلي سترافقه حركة مع إدخال أو إخراج للبيانات ، أما إذا تم اختيار الرقم 4 فلا توجد حركة ولا إدخال أو إخراج للبيانات .

أما بالنسبة لمخارط الـ (CNC) من نوع (EMCOTRONIC TM02) فتحتاج عملية التشغيل لإغلاق باب الماكينة عن طريق المفتاحين (MAN. JOG) و (DOOR KEY) معاً في نفس الوقت ثم مفتاح (AUX.ON) لتشغيل الوسائل الإضافية المساعدة ، ثم تنشيط نقطة الإسناد عن طريق المفتاحين (F5) و (CYCLE START) .

٥.٤ إجراء تشغيل تمثيلي بدون عدة :

الغرض من هذا الإجراء التأكد من عدم وجود تحركات غير صحيحة على الماكينة نتيجة لأخطاء ما في عملية البرمجة ، ويتم هذا باستخدام نمط التشغيل (SINGLE) حيث يتم قراءة البرنامج وتنفيذه سطراً بسطر مع استخدام قيمة منخفضة لمعدل التغذية .

والمطلوب من مشغل الماكينة مراقبة تحركاتها في المحاور المختلفة ، حيث يكون على أتم الاستعداد لإيقافها فوراً إذا لاحظ أي تحرك غير صحيح وذلك لضمان عدم حدوث أي اصطدام لأداة القطع مع أي عائق وبالتالي ضمان أن أداة القطع تتبع المسار الصحيح المطلوب .

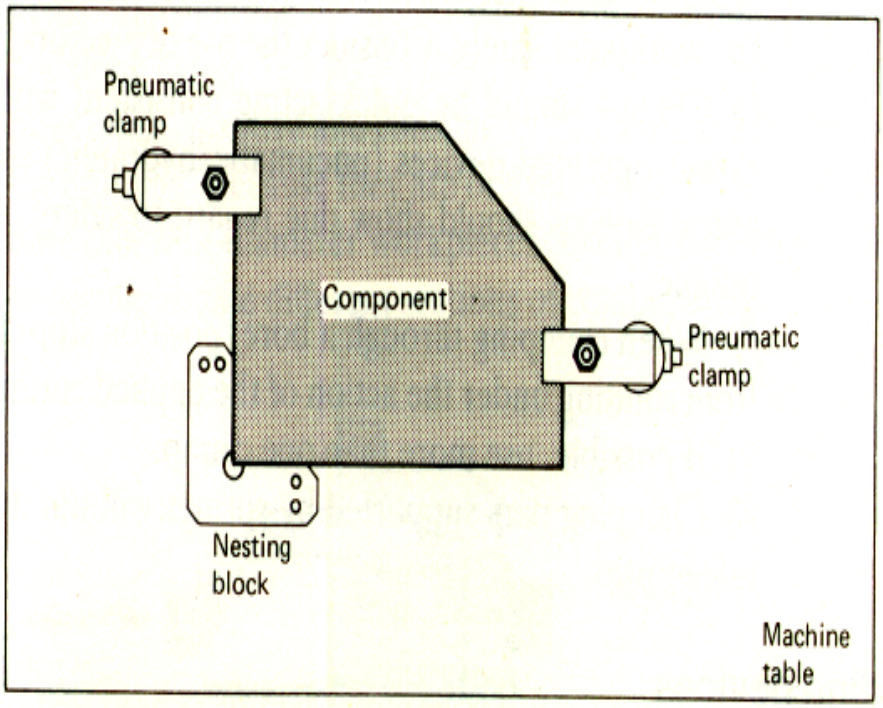
يسمى التشغيل في هذه الحالة التشغيل الجاف (DRY RUN) .

٦.٤ إجراء التشغيل الحقيقي :

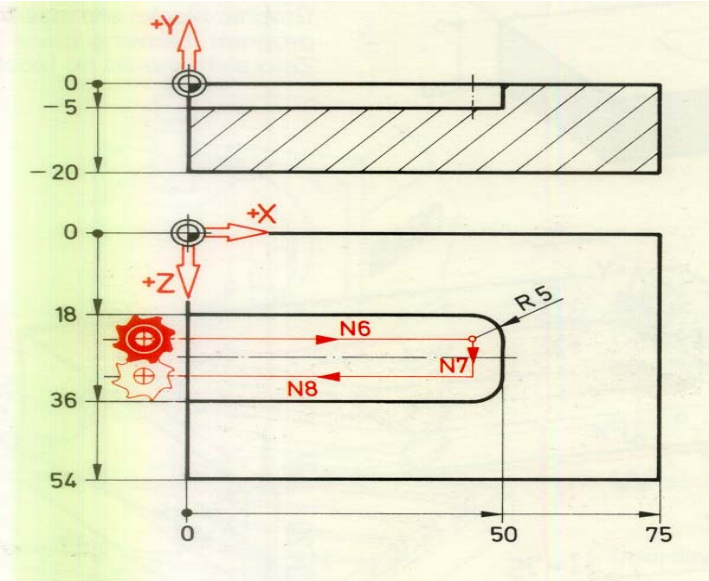
إن طرق المحاكاة البيانية أو التشغيل الجاف لاختبار صحة البرنامج هي في الواقع طرق تركز أساساً على جوانب السلامة بالنسبة لتحركات الماكينة ، وفي نفس الوقت تختبر صحة الشكل النهائي للقطعة المشغلة بشكل عام ،ولكن يجب أن يلاحظ أن هذه الأساليب لا تختبر دقة الأبعاد أو الشكل الهندسي للقطعة . وعليه فإن الاختبار الكامل لصحة البرنامج لا يتأتى إلا من خلال إجراء تشغيل حقيقي للقطعة . ومن ثم يجب بعد ذلك أن تكون هذه القطعة المنتجة تحت الاختبار والفحص من ناحية الأبعاد

والشكل الهندسي . ويمكن استخدام الخامات الفعلية للتشغيل الحقيقي في حالة أن تكون القطع صغيرة وغير مكلفة وهذا يمثل الوضع المثالي .

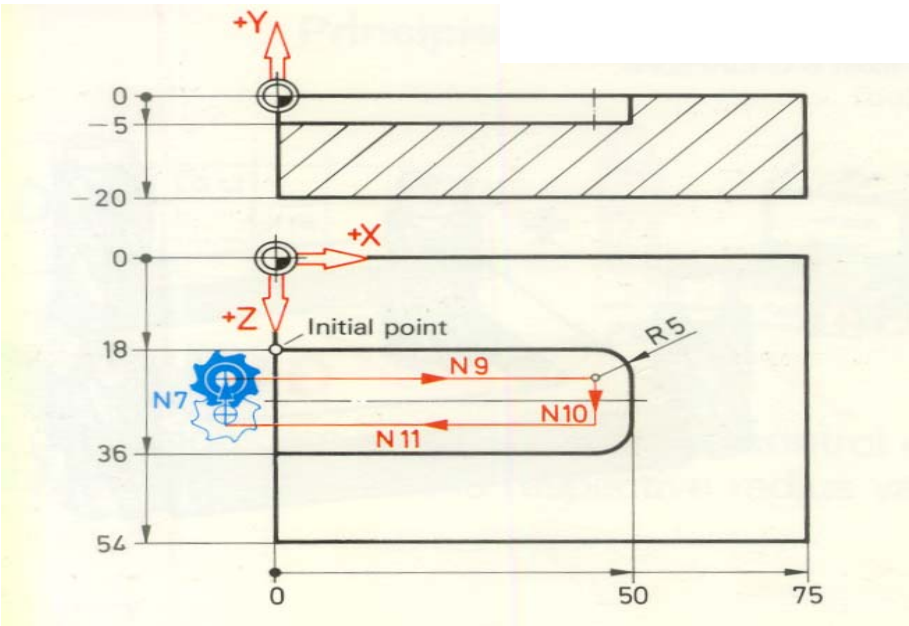
أما إذا كانت قطعة الشغل مكلفة فيمكن في هذه الحالة استخدام مادة بديلة مثل الخشب ولكن بشرط أن تتوفر فيها قابلية التشغيل بدون أن تتعرض للتمزق أو نشوء حواف حادة فيها وكذلك قابلية فحص أبعادها وشكلها الهندسي .



شكل (٤ -١) : كتلة تأمين محضن للمساعدة في تحديد موضع قطعة شغل



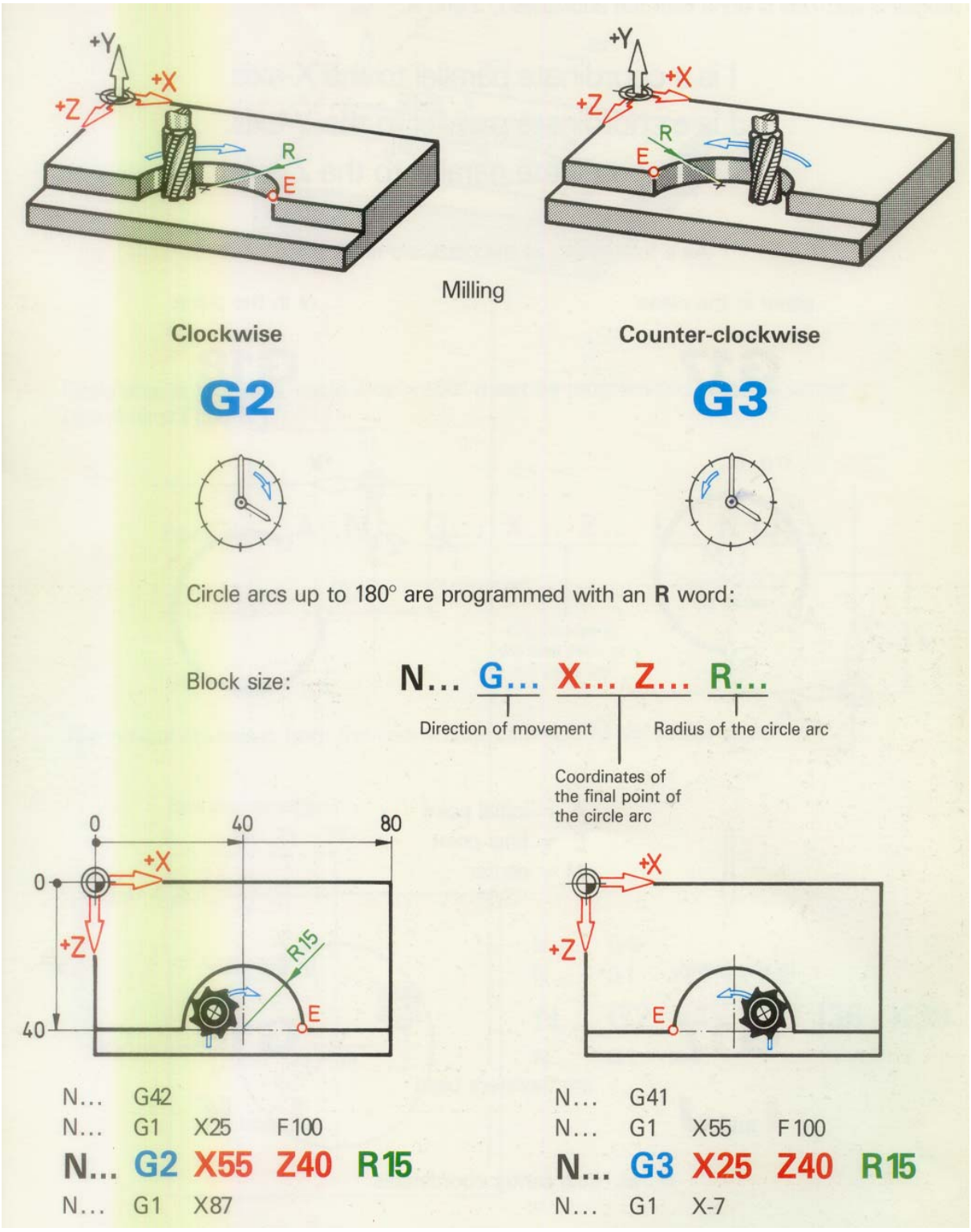
(أ) برمجة مسار مركز أداة القطع لتفريز المجرى



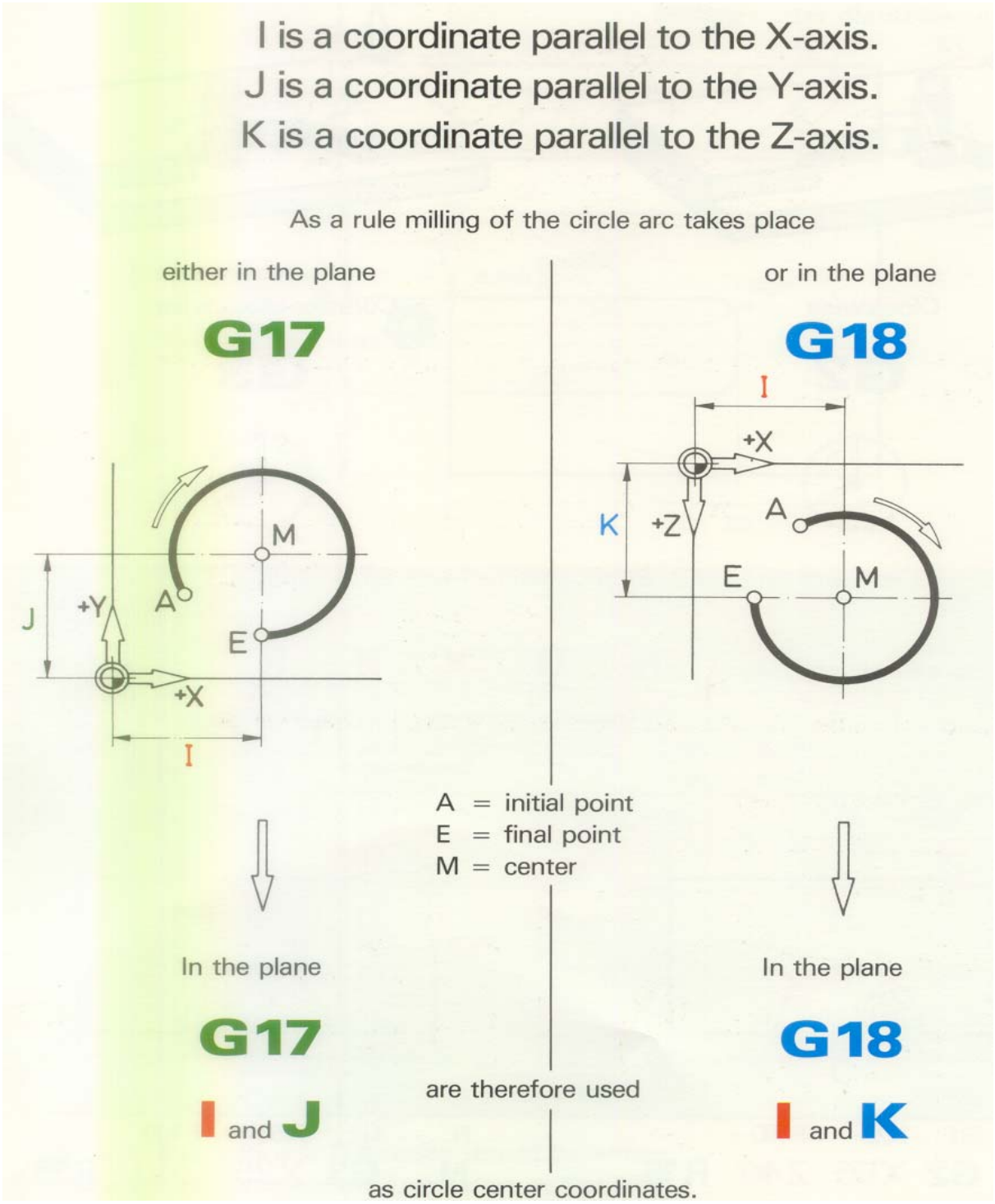
(ب) برمجة سطوح (كنتور) قطعة الشغل لتفريز المجرى (إزاحة نصف القطر)

شكل (٤ -٢) : تفريز مجرى على قطعة شغل

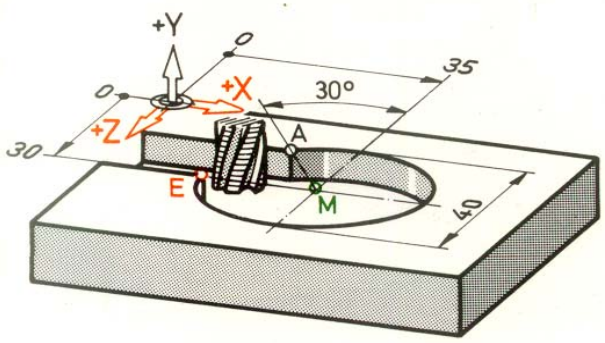
(ملحوظة : أرقام سطور البرنامج الموضحة في الشكل مبينة بعد إدخال N3 , N4 لعمل الرسم البياني التجريبي)



شكل (٤ -٣) : تفريز الأقواس الدائرية بزاوية أقل من أو تساوي 180°



شكل (٤ -٤) : تفريز الأقواس الدائرية باستخدام إحداثيات مركز القوس



Circle arcs ≦ 180° **can**, circle arcs > 180° **must** be programmed with the center coordinates I and K (J).

Block size: N... G... X... Z... I... K (J)...

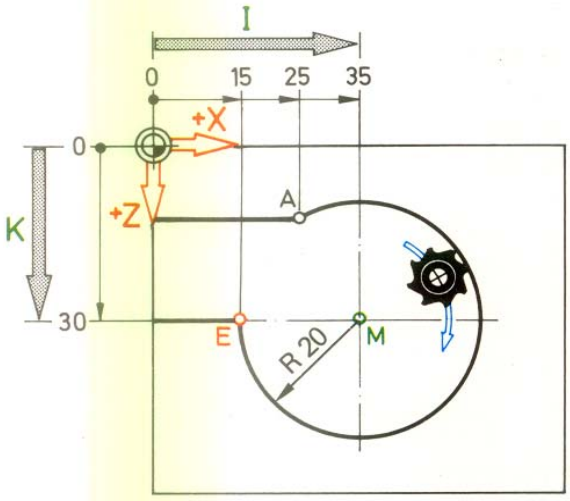
G18 G17

Direction of movement

Coordinates of the final point of the circle arc

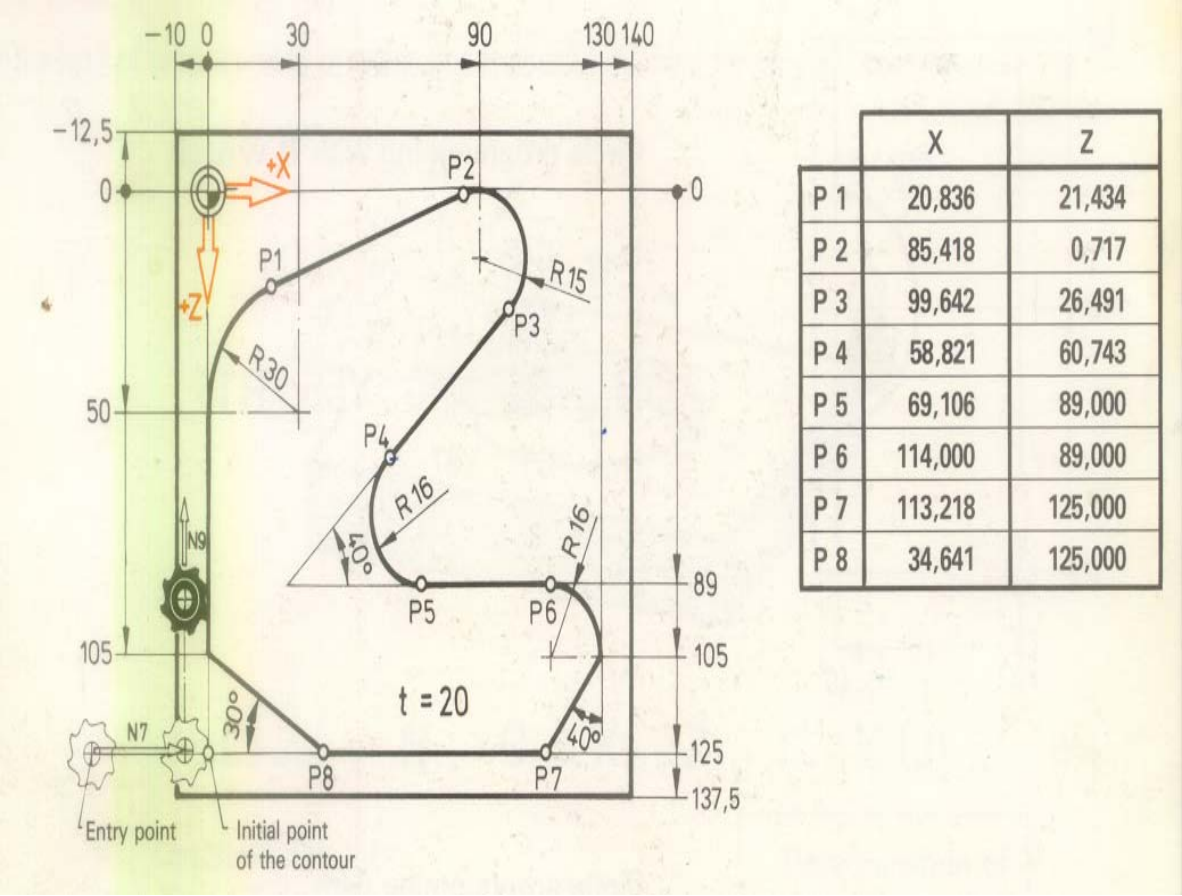
Coordinates of the center

The control calculates from the coordinates of A and M the radius value.



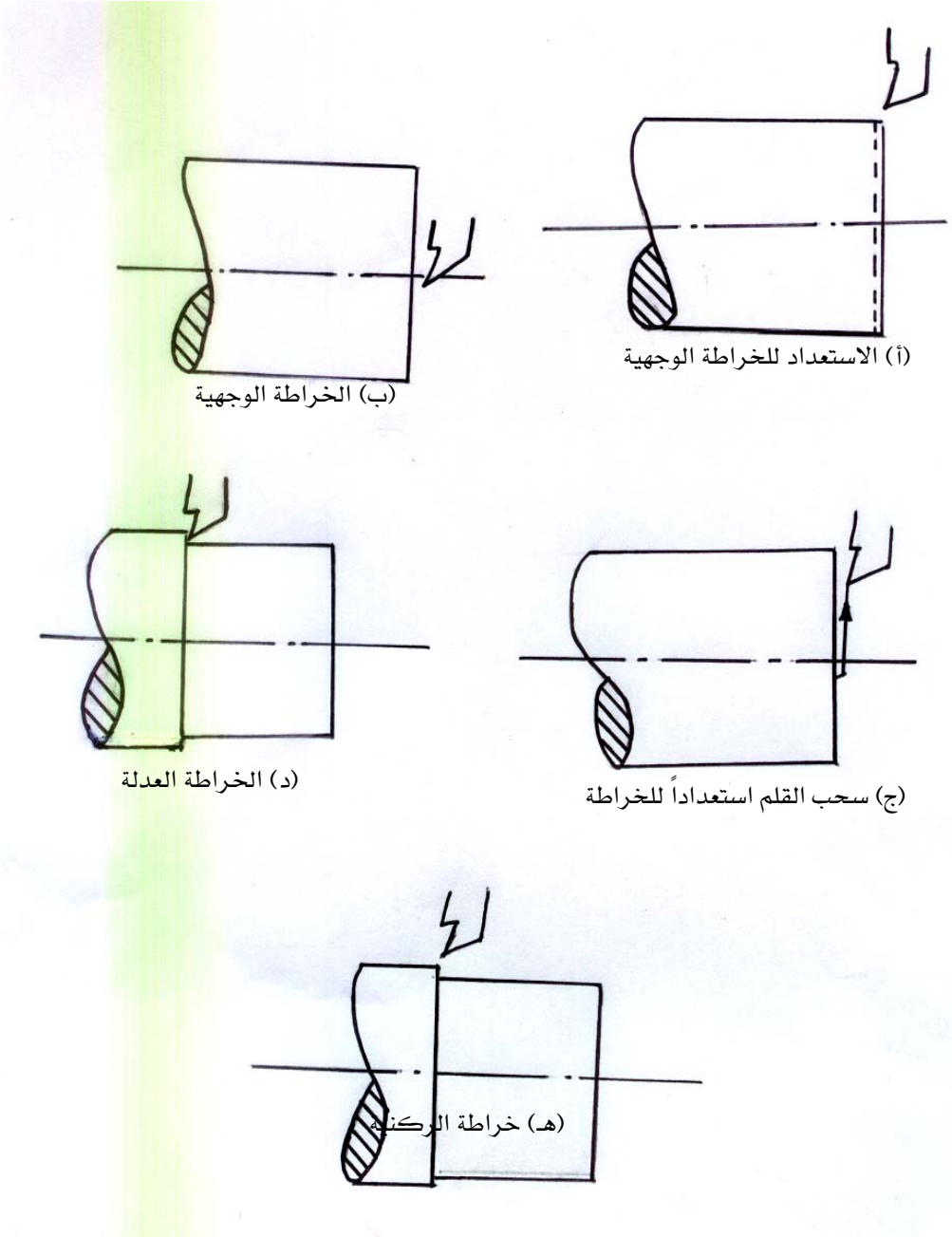

```
N...  G42
N...  G1   X25   F100
N...  G2   X15  Z30  I35  K30
N...  G1   X-7
```

شكل (٤ -٥) : مثال لتفريز قوس دائري باستخدام إحداثيات المركز (بطريقة الأبعاد المطلقة)

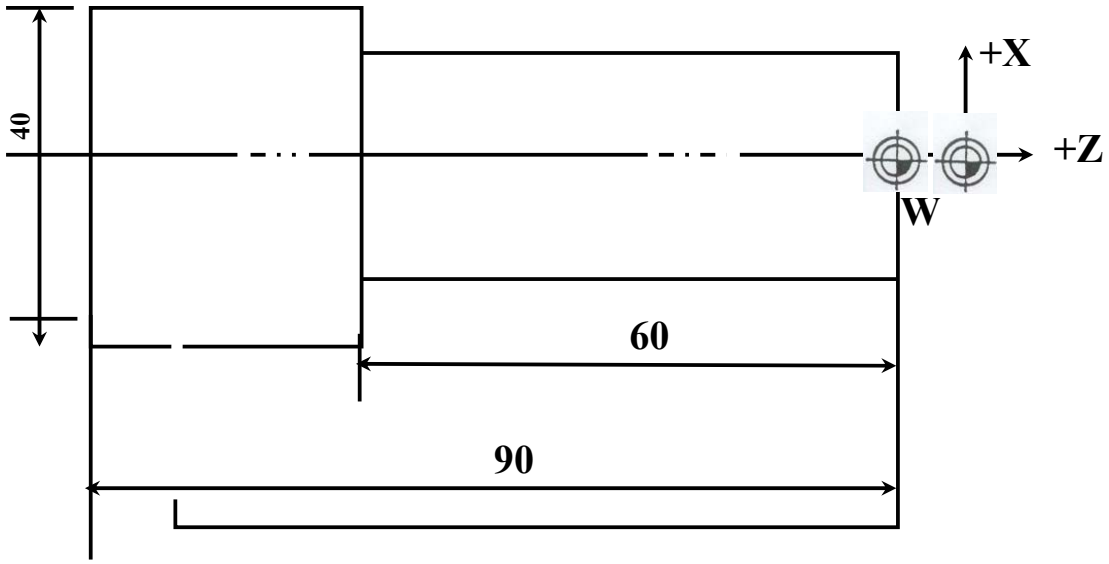


	X	Z
P 1	20,836	21,434
P 2	85,418	0,717
P 3	99,642	26,491
P 4	58,821	60,743
P 5	69,106	89,000
P 6	114,000	89,000
P 7	113,218	125,000
P 8	34,641	125,000

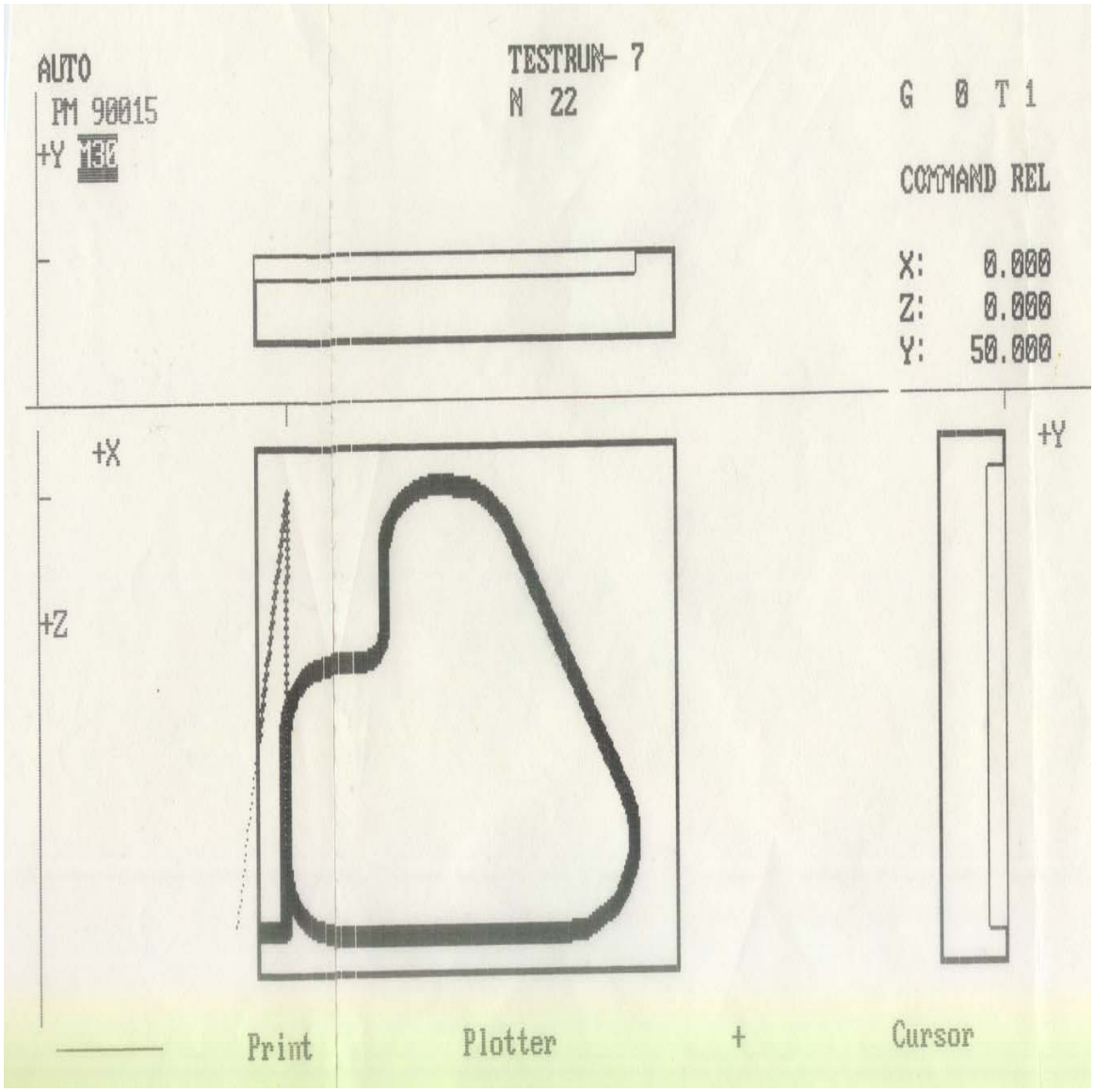
شكل (٤ -٦) : الكنتور الخارجي لقطعة الشغل المراد تفريزه في المثال (٤ -٢)



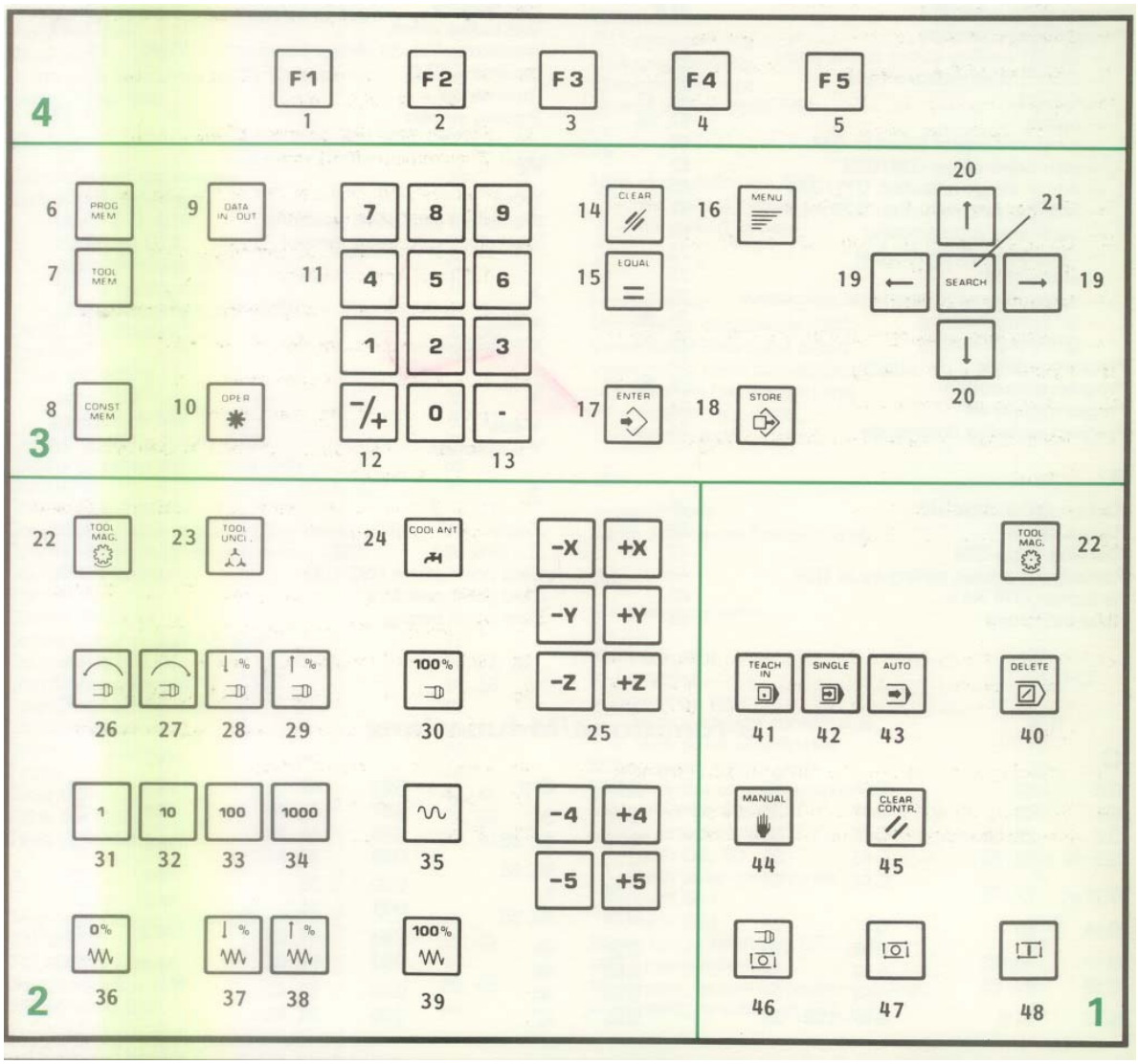
شكل (٤ -٧) : خطوات الخراطة الوجهية والعدلة



شكل (٤ -٨) : قطعة الشغل المراد خراطتها في مثال (٤ -٣)



شكل (٤ -٩) : مثال لدورة الاختبار –٧ لقطعة شغل



شكل (٤ -١٠) : لوحة التحكم الخاصة بنظام الـ (CNC 432)

ملحق (٤. ١)

مهام المفاتيح في لوحة التحكم CNC 432 المبينة في شكل (٤ -١٠)

(أ) اللوحة مقسمة إلى أربعة أقسام وذلك كما يلي :

١. لوحة اختيار نمط التشغيل .
٢. لوحة نمط التشغيل اليدوي .
٣. لوحة البرمجة .
٤. لوحة المفاتيح المتعددة الوظائف .

(ب) وظائف المفاتيح :

١. مفتاح متعدد الوظائف (F1) .
٢. مفتاح متعدد الوظائف (F2) .
٣. مفتاح متعدد الوظائف (F3) .
٤. مفتاح متعدد الوظائف (F4) .
٥. مفتاح متعدد الوظائف (F5) .
٦. اختيار ذاكرة البرنامج الرئيسي .
٧. اختيار ذاكرة بيانات العدة .
٨. اختيار ذاكرة ثوابت الماكينة .
٩. اختيار نمط التشغيل الخاص بنقل البيانات .
١٠. إدخال إشارات الحساب .
١١. لوحة مفاتيح الأعداد .
١٢. إشارات الـ (+) والـ (-) .
١٣. العلامة العشرية .
١٤. المسح .
١٥. علامة التساوي .
١٦. اختيار القائمة .
١٧. استقبال البيانات ضمن ذاكرة البيانات .

١٨. تخزين البيانات .
١٩. التحكم في مؤشر الشاشة يميناً ويساراً .
٢٠. التحكم في مؤشر الشاشة إلى أعلى وإلى أسفل .
٢١. البحث .
٢٢. إدارة مخزن أدوات القطع يميناً أو يساراً .
٢٣. فك وتثبيت العدة في عمود الدوران .
٢٤. فصل ووصل مضخة سائل التبريد .
٢٥. تحديد المحاور وتحريكها يدوياً .
٢٦. دوران العمود عكس عقارب الساعة بسرعة بطيئة .
٢٧. دوران العمود مع عقارب الساعة بسرعة بطيئة .
٢٨. تصحيح سرعة عمود الدوران بالتخفيض .
٢٩. تصحيح سرعة عمود الدوران بالزيادة .
٣٠. الرجوع إلى سرعة دوران العمود المبرمجة .
٣١. تحريك المحاور خطوة متزايدة واحدة (0.001 mm) .
٣٢. تحريك المحاور ١٠ خطوات متزايدة (0.01 mm) .
٣٣. تحريك المحاور ١٠٠ خطوة متزايدة (0.1 mm) .
٣٤. تحريك المحاور ١٠٠٠ خطوة متزايدة (1.0 mm) .
٣٥. إلغاء اختيار تحريك المحاور على شكل خطوات .
٣٦. تصحيح سرعة التغذية صفر ٪ .
٣٧. تصحيح سرعة التغذية إلى أسفل .
٣٨. تصحيح سرعة التغذية إلى أعلى .
٣٩. الرجوع إلى سرعة التغذية والحركة السريعة طبقاً للبرمجة .
٤٠. اختيار أو إلغاء اختيار دالة حجب الجمل .
٤١. اختيار نمط التشغيل بالتعليم .
٤٢. اختيار نمط تشغيل الجمل فردياً .
٤٣. اختيار نمط التشغيل الأتوماتي .
٤٤. اختبار نمط التشغيل اليدوي .

٤٥. إرجاع نظام التحكم إلى وضع التشغيل .

٤٦. إيقاف التغذية وعمود الدوران .

٤٧. إيقاف التغذية .

٤٨. بدء التشغيل .

خلاصة الوحدة الرابعة

- المراحل الأساسية لتصنيع قطعة شغل على ماكينة (CNC) هي :
  ١. تحويل الرسم التنفيذي لقطعة الشغل إلى برنامج (CNC) طبقاً لترتيب عمليات التشغيل المطلوبة .
  ٢. إدخال البرنامج وحفظه في الذاكرة الخاصة ببرامج الـ (CNC) في الماكينة وتجريبه بيانياً.
  ٣. إجراء تشغيل تمثيلي بدون عدة وذلك لضمان سلامة تحركات الماكينة .
  ٤. إجراء التشغيل الحقيقي بتصنيع القطعة الأولى وفحصها من ناحية الأبعاد والشكل الهندسي.
- سرعة الدوران (دورة / الدقيقة) = (1000 × سرعة القطع (متر/الدقيقة) ÷ (3.14 × القطر(مم))
  أي أن : $N = (1000\ Vc) \div (3.14 \times d)$
  حيث (N) تمثل (S) في برمجة الفرايز ، وكذلك المخارط في حالة البرمجة المباشرة للسرعة الدورانية.
- معدل التغذية (مم/الدقيقة) = معدل التغذية (مم/دورة) × السرعة الدورانية للعمود (دورة/الدقيقة).
  حيث إن معدل التغذية هو القيمة التي ترافق الكلمة التقنية (F) عند كتابة برامج الـ (CNC) .
  وأيضاً :
  معدل التغذية (مم/دورة) = معدل التغذية (مم/سن) × عدد أسنان أداة القطع .
- يتم تفريز الأقواس الدائرية بزاوية لا تزيد عن ١٨٠° بطريقتين :
  ١. باستخدام نصف القطر (R) .
  ٢. باستخدام إحداثيات مركز القوس (I , J في حالة G17 , I , K في حالة G18) .
  أما إذا زاد القوس عن 180° فتستخدم الطريقة الثانية فقط .
- يوجد خياران لكتابة برامج التفريز (CNC) .
  ١. البرمجة لمسار مركز أداة القطع .
  ٢. البرمجة على أساس أبعاد قطعة الشغل (إزاحة نصف القطر) .

- خطوات كتابة برنامج تفريز (CNC) هي كما يلي :
  ١. السطر الأول : رقم البرنامج (< 9000) .
  ٢. السطر الثاني : تحديد سطح التفريز (G17 أو G18) .
  ٣. السطر الثالث : نقل صفر البرمجة من (M) إلى (W) ، واختيار السرعة وأداة القطع .
  ٤. تفاصيل برنامج تحركات أداة القطع .
- لبرمجة عمليات خراطة عدلة أو وجهية فإننا نتبع نفس الخطوات التي نقوم بها للتشغيل على المخارط التقليدية .
- توجد متطلبات إضافية لعمليات التثبيت لقطع الشغل على ماكينات الـ (CNC) لأسباب متعددة ، كما أن أدوات التثبيت المثالية المستخدمة مع ماكينات الـ (CNC) يجب أن تتوفر فيها عدة مواصفات لتحقيق عمليات تشغيل ناجحة .
- مع مخارط الـ (CNC) نستخدم الظروف والظروف الزناقية والشياق لتثبيت قطع الشغل ، أما بالنسبة للفرايز (CNC) فإن الملزمة هي أهم أداة تثبيت .
- في فرايز الـ (CNC) التي تستخدم نظام التحكم CNC 432 تكون عملية التمثيل البياني على شاشة الحاسب جزء من برنامج الـ (CNC) لتصنيع القطعة وذلك باستخدام الأمرين (G98) و (G99) .
- بيانات العدة بالنسبة لفرايز الـ (CNC) تشمل طول العدة (L) ونصف القطر (R) وتحفظ في ذاكرة أدوات القطع . أما بالنسبة للمخارط فإن بيانات العدة تشمل قيمة (X) وقيمة (Z) (للنقطة P مقاسة من N) ، وكذلك نصف قطر الاستدارة (R) وموضع الحد القاطع (L) .

تمـــــارين – ٤ –

(١) أجب بـ (لا) أو (نعم) فيما يلي :

١. برنامج الـ (CNC) هو أساساً سجل للحركة النسبية بين أداة القطع وقطعة الشغل . ( )
٢. الدراسة الوافية للرسم الفني للقطعة تؤدي إلى تحديد مواصفات عدد القطع واختيار ظروف التشغيل المناسبة . ( )
٣. يمكن استخدام سرعات قطع أعلى مع أدوات القطع المصـــــنوعة من الصلب عالي السرعات (HSS) أكثر مما هو ممكن في حالة كربيد التنجستون (WC) . ( )
٤. يناسب الـ (HSS) سكاكين التفريز أكثر من مناسبة كربيد التنجستون لها . ( )
٥. لا تأثير لاستخدام سائل التبريد من عدمه على اختيار سرعة القطع . ( )

(٢) أكمل العبارات التالية بوضع الكلمات المناسبة في محل الفراغات :

١. مـــن الأفضـــل إزالـــة الـــرائش باســـتخدام عمـــق قطـــع ..... مـــع ســـرعة تغذيـــة .....
٢. من عيوب البرمجة على أساس مسار مركز أداة القطع أن تغيير .... يعني ....
٣. لا يمكن برمجة قوس .... ١٨٠° باستخدام ....
٤. يجب عدم إجراء عمليات القطع في .... عمل قوي التثبيت .
٥. عندما تكون العمليات الأولى للتشغيل على سطح غير مشغل أصلاً نستخدم ..... نقاط لـ ..... موضع قطعة الشغل .

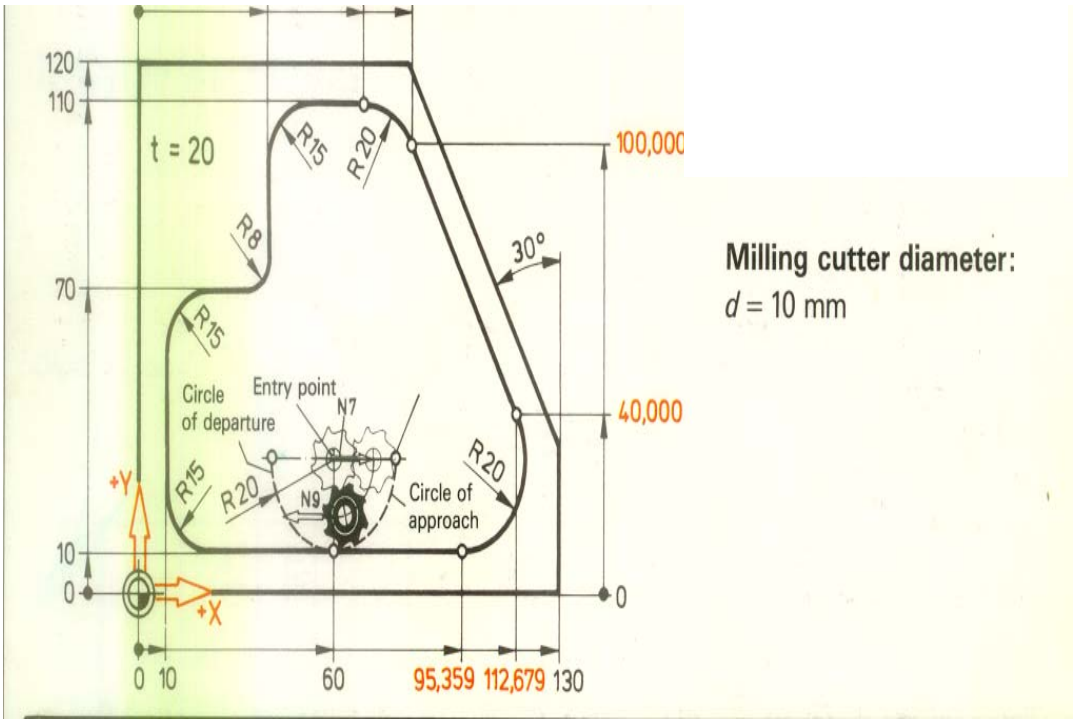
(٣)

١. اذكر باختصار أنواع دورات الاختبار التي يمكن الحصول عليها باستخدام نظام CNC 432 على فرايز الـ (CNC) .
٢. في أي شيء نستخدم الوصلة البيانية القياسية RS 233C ؟
٣. ما هي البيانات المطلوب توفيرها عن أدوات القطع لمخارط الـ (CNC) ؟ .

(٤) الكنتور الداخلي المبين أدناه مشغل تشغيل أولي بعمق 10 mm ، والمطلوب إنجاز هذا الكنتور .

تحركات أداة القطع (قطرها 10 mm) في اتجاه الكنتور لبدء التفريز وكذلك بعيداً عن الكنتور بعد اكتمال الإنجاز تكون كما هو مبين في الرسم أدناه في ربع دائرة لكل منهما – بنصف قطر R20 .

اكتب برنامج الـ (CNC) المطلوب لإنجاز هذا الكنتور الداخلي واختبر صحة البرنامج بيانياً .



سلامة صناعية

السلامة في مكان العمل

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الأهـــــداف

بإكمال الوحدة الخامسة يكون الطالب قادراً على أن :

- يقوم بتنفيذ مشاريع تطبيقية تشمل إنشاء وتنفيذ برامج تشغيل أساسية متنوعة على مخارط وفرايز الـ (CNC) متبعاً طريقة منهجية عبر إعداد وثائق قياسية ممثلة في :
  - وثيقة جدول عمليات التشغيل .
  - وثيقة إعداد برنامج قطعة الشغل .

مشاريع تطبيقية (٥)

١.٥ مقـــــدمة :

تركز هذه الوحدة الخامسة والأخيرة في هذا المنهج على تنفيذ مشاريع تطبيقية لإنشاء وتنفيذ برامج أساسية ومتنوعة على مخارط وفرايز الـ (CNC) ، وذلك تتويجاً لكل ما درسناه في الوحدات الأربعة الأولى ولنتمكن من جني ثمار ما تعلمناه من معارف وخبرات . والمطلوب الآن الوصول إلى هذا الهدف بطريقة منهجية وعلمية عبر خطوات محددة ومدروسة ، حيث يتم اختيار المعلومات والخبرات المناسبة لكل خطوة .

٢.٥ المطلوب معرفته من جانب المبرمج :

إن كتابة برنامج الـ (CNC) ليست هي فقط تحديد الشكل الهندسي للقطعة المراد تصنيعها ولا هي فقط تحديد المسار المفترض أن تتبعه أداة لقطع أثناء التشغيل ، ولكنه ذو أبعاد أكبر من ذلك ، فهذه الكتابة تحتاج لخبرة ومقدرة على اختيار أدوات القطع المناسبة ، وتحتاج لمعرفة وخبرة في تحديد طريقة تثبيت قطعة الشغل المطلوبة ، وأيضاً معرفة كيفية اختيار وحساب سرعة القطع ومعدل التغذية وعمق القطع . ولكتابة برنامج كامل الكفاءة لابد من تحلي المبرمج بخبرة كافية وعميقة بأساليب وتقنيات التشغيل .

ومن الأهمية بمكان أن يدرك المبرمج دائماً وأبداً أن البرنامج الذي يقوم بإعداده هو خاص بماكينة عدد (CNC) معينة ، ولذلك يجب أن تتوافق الأوامر المستخدمة في هذا البرنامج مع نظام التحكم المستخدم والماكينة التي يتحكم فيها هذا النظام ، ومتطلبات نظام التحكم المعين وماكينة العدد العاملة معه، والمرجع لها كتيبات التشغيل التي تصدرها الجهة المصنعة .

وقبل أن يشرع المبرمج في كتابة برنامج الـ (CNC) يجب أن يكون ملماً بكل العوامل المرتبطة بالرسم الفني للقطعة ، والعوامل الخاصة بقطعة الشغل ، والعوامل المتعلقة بماكينة العدد ونظام التحكم (CNC) الذي يشغلها .

٣.٥ عملية التخطيط للتصنيع على ماكينات الـ (CNC) :

من المألوف جداً أن يقوم المبرمج بتخطيط عمليات التشغيل ، لأنه في الواقع للوصول إلى أفضل النتائج لابد من عدم الفصل بين البرمجة وتخطيط العمليات . تخطيط العمليات يعني تحديد عمليات التشغيل، ومن ثم ترتيب هذه العمليات ، وكذلك تحديد أدوات القطع المطلوبة ووسائل تثبيت قطع الشغل.

تأتي كلٌ من عملية البرمجة وعملية التخطيط بعد تجهيز الرسم الفني للقطعة .

ويمكن ترتيب الأعمال المطلوبة لإنجاز مشروع عملي على ماكينات الـ (CNC) في الخطوات التالية :

١. تحديد السطوح المرجعية لقطعة الشغل ، ويلاحظ دائماً أن السطوح الموازية لاتجاهات محاور الماكينة هي السطوح المفضلة لهذا الغرض .
٢. تحديد طريقة تثبيت قطعة الشغل ومواقع عناصر التثبيت على القطعة ، ومتى قد تنشأ حاجة لتغيير مواقع هذه العناصر ، ومراعاة تحقيق أكبر عدد من عمليات التشغيل دون حاجة لتغيير وضع القطعة أو وضع عناصر التثبيت .
٣. تحديد ترتيب عمليات التشغيل ومراعاة سلامة المسار الذي تأخذه أدوات القطع .
٤. اختيار أدوات القطع وتحديد الأقطار أو الأطوال لهذه الأدوات .
٥. جدولة الأبعاد للمحاور المختلفة عند نقاط تغيير شكل الكنتور (مثلاً من خط مستقيم إلى قوس دائري أو العكس ، وكذلك مراكز الثقوب مقاسة كلها من السطوح المرجعية للقطعة) .
٦. التأكد من الطابع البرمجي المستخدم وذلك طبقاً للصيغة المعينة والرموز المستخدمة في نظام الـ (CNC) المعين .
٧. إنشاء البرنامج الخاص بالقطعة طبقاً لصيغة البرمجة ومعاني الكلمات كما هي محددة في نظام الـ (CNC) المعين ، وكذلك بما يتوافق مع ماكينة العدد المعينة المستخدمة .
٨. مراجعة البرنامج والتأكد من صحته وتعديله إذا لزم الأمر .
٩. تجهيز وثائق البرنامج وحفظها كمرجع مستقبلي .

٤.٥ الوثائق الضرورية لتجهيز المشاريع التطبيقية :

لتنظيم عملية إعداد المشاريع التطبيقية نحتاج لاستخدام وثائق قياسية يتم فيها جدولة العمليات التشغيلية وذلك ببيان ترتيب هذه العمليات وتفاصيلها وأدوات القطع المستخدمة والسرعات والتغذيات اللازمة لكل عملية وذلك كما هو موضح في شكل (٥ -١) ونحتاج أيضاً لوثيقة أخرى لإعداد برنامج الـ (CNC) الخاص بالقطعة وذلك كما هو مبين في شكل (٥ -٢) .

الكلية التقنية	اسم المبرمج :	اسم القطعة : .....
شعبة الإنتاج	التـــــاريخ :	رقم البرنامج : .....
خامة قطعة الشغل : ..... أبعاد الخامة :		
طريقة التثبيت :		
الماكينة : ..... نظام التحكم :		
خامة أداة القطع :		

جدول عمليات التشغيل

رقم العملية	تفاصيل عملية التشغيل	التغذية	السرعة الدورانية	أدوات القطع	ملاحظات

شكل (٥ -١) : وثيقة جدول عمليات التشغيل

برنامج قطعة الشغل

رقم البرنامج : .....

اسم المبرمج : .....

التاريـــــــخ : .....

اسم القطعة : ..... الماكينة : .....

نظام التحكم : .....

عملية التشغيل	N	G	X	Y	Z	I	J	K	F	S	T	M

شكل (٥ -٢) : وثيقة إعداد برنامج قطعة الشغل

خلاصة الوحدة الخامســـــة

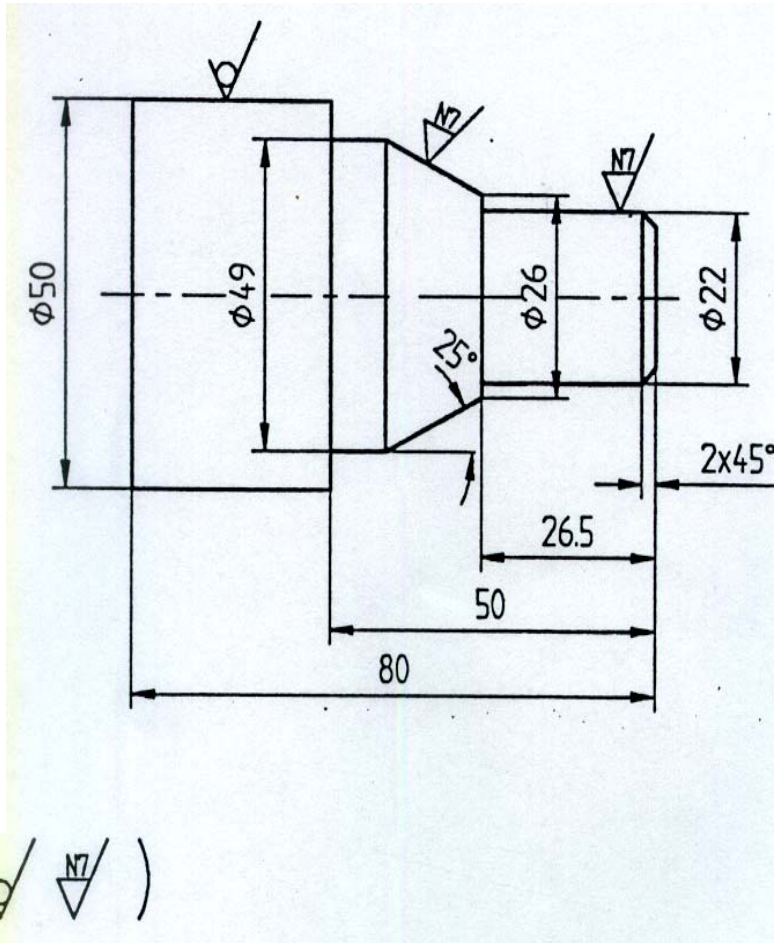
- يصل الطالب إلى إجراء المشاريع التطبيقية عبر خطوات محددة ومدروسة ، حيث يتم اختيار المعلومات والخبرات المناسبة لكل خطوة مما تم دراسته في الوحدات السابقة .
- يمكن تلخيص الأعمال المطلوبة لإنجاز مشروع تطبيقي للتفريز أو الخراطة على ماكينات الـ (CNC) فيما يلي :

١. رسم الشـــكل الهندسي للقطعة بالأبعاد المطلوبة بصورة تناسب التنفيذ على ماكينات الـ (CNC) .
٢. تحديد ترتيب عمليات التشغيل واختيار أدوات القطع وتحديد السرعات والتغذيات .
٣. تحديد طريقة تثبيت قطعة الشغل .
٤. تكوين برنامج الـ (CNC) طبقاً لنظام الـ (CNC) المستخدم وماكينات العدد التي يجري تنفيذ التصنيع عليها .
٥. الالتزام بطريقة قياسية لتجهيز الوثائق اللازمة مثل وثيقة جدول عمليات التشغيل ووثيقة إعداد البرنامج .

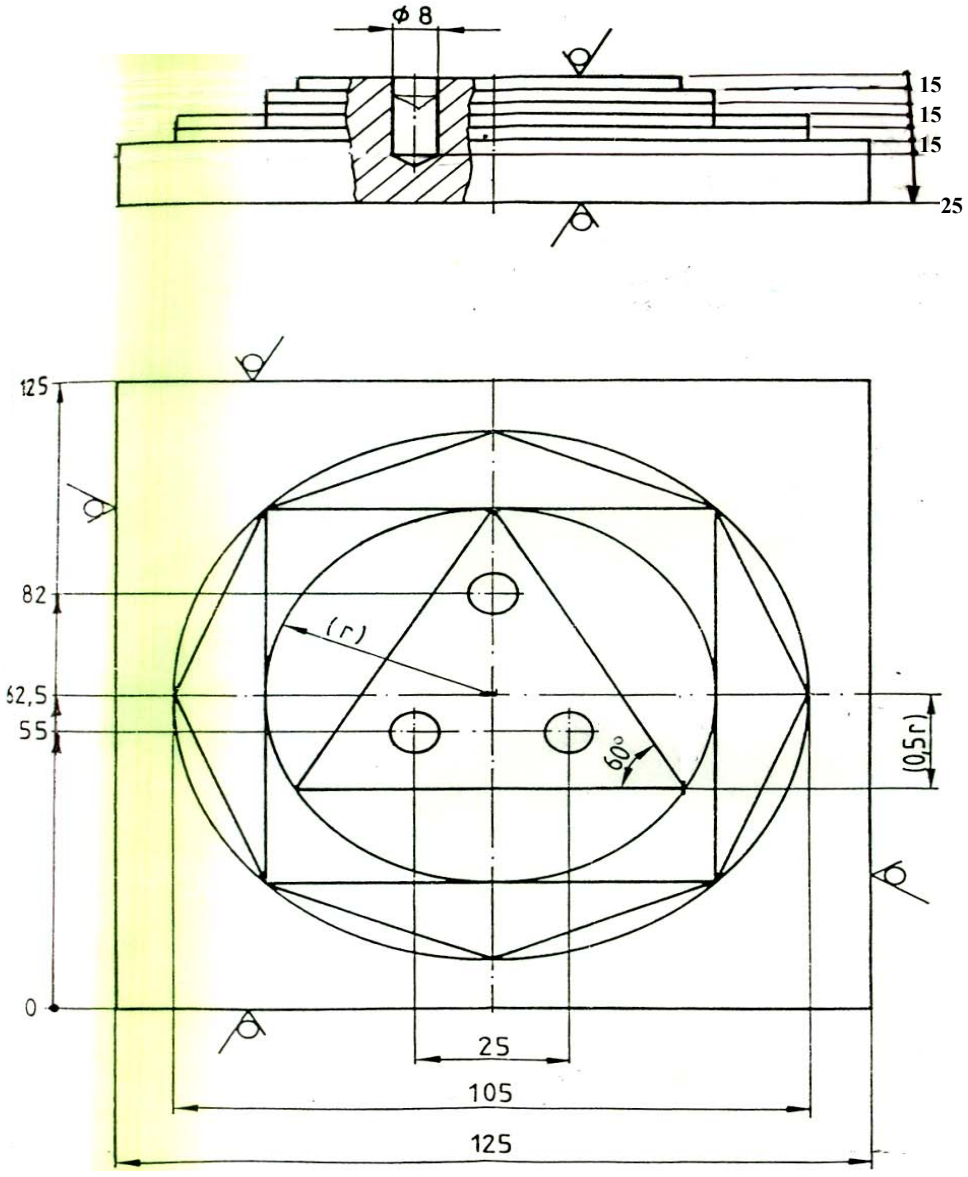
تمارين – ٥ –

استخدم كلاً من وثيقتي جدول عمليات التشغيل وإعداد برنامج قطعة الشغل لتنفيذ مشاريع تطبيقية على ماكينات الـ (CNC) وذلك لقطع الشغل التالية :

(١) قطعة شغل من سبائك الألمونيوم يراد تصنيعها من عمود قطره 50 مم وذلك طبقاً للرسم التالي:



(٢) قطعة شغل من سبائك الألمونيوم يراد تصنيعها من قطعة مربعة بأبعاد 125 x 125 (مم) وهي عبارة عن عدة أشكال متداخلة : مثلث ، ودائرة ، ومربع ، وثماني ثم دائرة كما هو مبين في الشكل أدناه :



المراجع

أولاً : المراجع العربية :

١. تشابمان ، و.أ.ج ، ترجمة عمام ، عبد المنعم عبد الحي وآخرون ، ١٩٩٠م ، تكنولوجيا الإنتاج وأعمال الورش ، الدار العربية للنشر والتوزيع ، القاهرة .

ثانياً : المراجع الأجنبية :

1. Berg M. , and Keller S. , 1987 , MAHO Training Literature CNC 432, Germany.
2. EMCO Technics, 1992, Instruction Book Training System EMCOTRONIC TM 02, emco, Austria.
3. Jones B.L. , 1994 , Introduction to Computer Numerical Control , Pitman Publishing , Singapore .
4. Mayer K.H , and Al – Ghahtany K. , Handout for Students Workshop Exercises, Jeddah college of Technology , Saudi Arabia .
5. Seames W.S. , 1990 , Computer Numerical Control : Concepts and Programming , Delmar, USA.
6. Thyer G.E. , 1988 , Computer Numerical Control of Machine Tools , Industrial Press , New York.

المحتـــــــــويات

الوحدة الأولى

تكنولوجيا التحكم الرقمي بالحاسب (CNC) : تمهيد

الأهداف ١
١. ١ مقدمة ٢
١. ٢ الآلية ٢
١. ٣ التطور التاريخي لتقنية التحكم الرقمي ٣
١. ٤ تعريف لنظم التحكم الرقمي والمقارنة بينها ٤
١. ٥ المقارنة بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات الـ (CNC) ٦
١. ٦ المزايا والعيوب الاقتصادية لماكينات التحكم الرقمي بالكمبيوتر (CNC) ٧
خلاصة الوحدة الأولى ١٤
تمارين –١ - ١٦

الوحدة الثانية

محاور الحركة ونقاط الصفر لمكائن الـ (CNC)

الأهداف ١٨
٢. ١ مقدمة ١٩
٢. ٢ المحاور الأساسية (X, Y, Z) ٢٠
٢. ٣ المحاور الإضافية ٢١
٢. ٤ درجات الحرية وعلاقتها بعدد المحاور ٢٢
٢. ٥ اتجاهات الحركة (قاعدة اليد اليمنى) ٢٢
٢. ٦ أنواع الحركة في ماكينات الـ (CNC) ٢٦
٢. ٧ تحريك المحاور يدوياً وبطريقة الخطوة وبطريقة التعليم ٢٨
٢. ٨ نقاط الصفر لمخارط وفرايز الـ (CNC) ٣٠
خلاصة الوحدة الثانية ٥٥
تمارين – ٢ – ٥٧

الوحدة الثالثة

أوامر (CNC) الأساسية

الأهداف ٥٨
٣. ١ مقدمة ٥٩
٣. ٢ تركيب برنامج التحكم الرقمي بالحاسب ٥٩
٣. ٢. ١ صيغة عنوان الكلمة ٦٠
٣. ٢. ١. ١ رقم الأمر (N- Word) ٦٠
٣. ٢. ١. ٢ الأوامر التحضيرية (G-Words) ٦٠
٣. ٢. ١. ٣ المحاور (X,Y,Z- Words) ٦٣
٣. ٢. ١. ٤ الأوامر التقنية ٦٣
٣. ٢. ١. ٥ الأوامر المساعدة (M-Words) ٦٥
خلاصة الوحدة الثالثة ٧٠
تمارين – ٣ – ٧٢

الوحدة الرابعة

إنشاء وتنفيذ برامج الـ (CNC)

الأهداف ٧٤
٤. ١ مقدمة ٧٥
٤. ٢ دراسة الرسم التنفيذي لقطعة الشغل ٧٥
٤. ٢. ١ مواصفات عدة القطع ٧٦
٤. ٢. ٢ ظروف التشغيل (معدل التغذية وسرعة القطع) ٧٧
٤. ٢. ٣ أدوات التثبيت ٨١
٤. ٣ إنشاء برنامج التشغيل وتمثيله على شاشة الحاسب ٨٤
٤. ٣. ١ برمجة فرايز الـ (CNC) ٨٤
٤. ٣. ٢ برمجة مخارط الـ (CNC) ٨٨
٤. ٤ نقل البرنامج إلى الماكينة وإدخال بيانات العدة وبيانات التشغيل ٩٤
٤. ٥ إجراء تشغيل تمثيلي بدون عدة ٩٥

٤. ٦ إجراء التشغيل الحقيقي ٩٥
ملحق (٤ – ١) ٤٠٧
خلاصة الوحدة الرابعة..... ١١٠
تمارين – ٤ – ١١٢

الوحدة الخامسة

مشاريع تطبيقية

الأهداف ١١٤
٥. ١ مقدمة ١١٥
٥. ٢ المطلوب معرفته من جانب المبرمج ١١٥
٥. ٣ عملية التخطيط للتصنيع على ماكينات الـ (CNC) ١١٦
٥. ٤ الوثائق الضرورية لتجهيز المشاريع التطبيقية ١١٧
خلاصة الوحدة الخامسة..... ١٢٠
تمارين – ٥ – ١٢١

المراجع ١٢٣
المحتويات..... .....

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS