جامعة دمشق
الكلية التطبيقية
قسم الميكاترونيكس

آلات التشغيل الميكانيكي CNC

سنة ثالثة

م. رشـــــــــا الكيـــــــالي

مفهوم التحكم الرقمي : Numerical Control Definition

التحكم الرقمي هو طريقة للتشغيل الآلي لآلات التشغيل بالاعتماد على مجموعة من الأحرف والأرقام أو اشارات خاصة تسجل على شريط مثقب او شريط مغناطيسي أو تحفظ في الذاكرة والتي تسمى بالبرنامج program والذي يترجمها إلى اشارات كهربائية متوافقة تتلقاها محركات الآلة لتقوم بتشغيلها وفق منظومة محددة.

عملية التحكم الرقمي

تحوي ثلاث خطوات رئيسية:

التخطيط: عبارة عن معلومات عن الرسومات وأشكال يطلب تنفيذها.

البرمجة: كتابة البرنامج والذي يحدد حركات الآلة لتنفيذ الرسومات .

التنفيذ: هو عملية تشغيل على الآلة وفق البرنامج الذي تم إعداده والذي يحوي على إحداثيات المشغولة مخطط تنفيذ العمل.

يحتوي أي برنامج تشغيل على ما يلي:

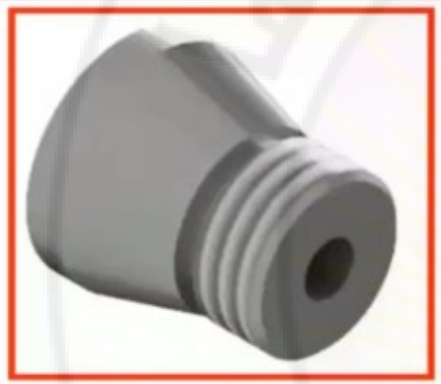
التعريف بشكل القطعة المراد تشغيلها وبارامتراتها.

مخطط حركة التشغيل وأداة القطع.

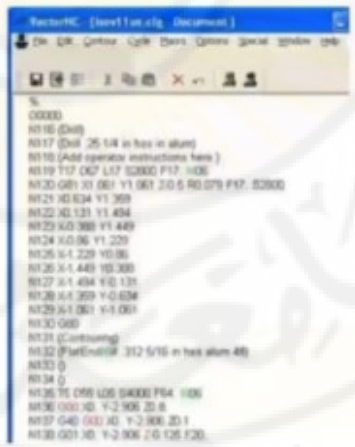
التحكم في عملية التشغيل وفقاً للبرنامج المعتمد.

معلومات إضافية ضرورية.

1-CAD file

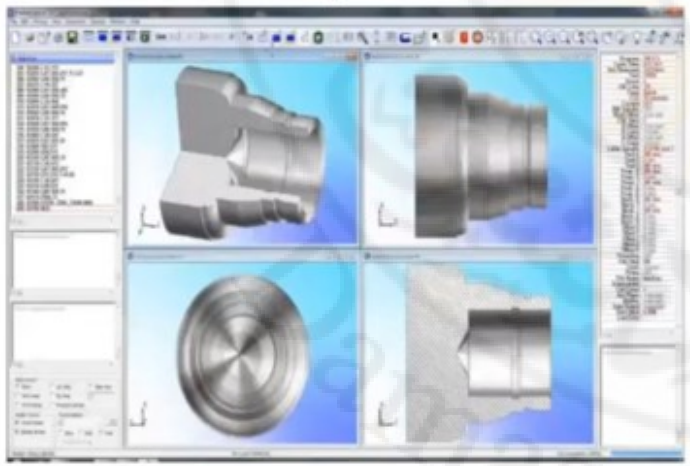


3-G-code



4-CNC

2-CAM or Workshop oriented



5-Product

المكونات الأساسية لنظام التحكم الرقمي:

بسبب المتحكمات الصغرية قل حجم هذه الأنظمة وتطورت ولكنها أصبحت أكثر تعقيداً.

يتألف نظام التحكم الرقمي من :

البرنامج: مجموعة الأوامر التي توجه الآلة نحو الهدف، يحوي تعليمات التصميم والتشغيل، يتم إدخاله إلى وحدة التحكم إما يدوياً Manual Data Input أو عن طريق الربط المباشر بالحاسوب Direct Numerical Control DNC

وحدة التحكم: تقوم بقراءة البرنامج وتفسيره وتحويله إلى فعل ميكانيكي قابل للتنفيذ من قبل الآلة وتتضمن:

١-قارئ الشريط : Tape Readerجهاز كهروميكانيكي يقوم بلف الشريط المثقب وقراءته، يحتوي على توجيهات البرنامج.

٢ -منطقة البيانات: يتم فيها قراءة البيانات على الشريط وتخزين المعلومات على شكل كتل .

٣ -قنوات اشارات الخرج: ترتبط بالمحرك، يتم إرسال التعليمات من وحدة التحكم -إلى الآلة من خلال هذه القنوات.

٤ -قنوات التغذية العكسية: يتم إرسال بيانات تغذية عكسية من الآلة إلى وحدة التحكم عبر هذه القنوات للتأكد من أن التعليمات المرسلة من وحدة التحكم للآلة قد تم تنفيذها وأيضا التأكد من أن موقع المشغولة والطاولة للآلة صحيحين.

٥ - متحكمات التسلسل: تقوم بالتحكم بسلسلة التعليمات وقد تكون جزء اً من وحدة التحكم أو لوحة التحكم تحتوي على الأزرار والتي يتم من خلالها تشغيل النظام.

الجدير بالذكر أن كل أنظمة التحكم الرقمي الحديثة مجهزة بحاسوب ولذلك سميت بأنظمة التحكم الرقمي Computer Numerical Control CNC

آلة التشغيل: وهي الجزء الذي يقوم بإنجاز العمل المحدد، تتألف من عمود الدوران وطاولة أو العربات المتحركة وحامل أدوات القطع والمثبتات ومعدات أخرى مساعدة

الأنواع المختلفة لوحدات التحكم الرقمي:

أنظمة التحكم الرقمي : Numerical Control NCبعد تشغيل البرنامج يتم قراءة أول وثاني تعليمة ومن ثم تبدأ الآلة بتنفيذ الأولى وفي هذا الوقت تكون التعليمة الثانية ضمن ذاكرة جهاز التحكم، بعد تنفيذ الأولى تبدأ الآلة بتنفيذ التعليمة الثانية وبعد تنفيذ الثانية تقوم الآلة بقراءة الثالثة .. وهكذا دواليك..
عند القراءة والتنفيذ يمكن للآلة ان تتلكأ حيث أن بعض التعليمات تتطلب سرعة في حين أن جهاز التحكم لا يستطيع خلال هذه الفترة من إنجاز قراءة التعليمة التي تليها مما يؤدي إلى التوقف.

أنظمة التحكم الرقمي المخزن : Stored Numerical Control SNC
تحتفظ بكل خواص النظام السابق ولكن حجم ذاكرتها أكبر والشريط يقرأ مرة واحدة مما يقلل من اهتراءه كما أن هذه الأنظمة تسمح بعملية إدخال البرنامج مرة واحدة فقط كما أن المشغولات تصنع بأوامر قادمة من الذاكرة

أنظمة التحكم بالصوت : Voice Numerical Controlيحول الصوت إلى برنامج تحكم ومن ثم إلى مخطط بياني ونص يظهر على الشاشة مما يحقق ضبطً مرئياً يساعد في التصميم والتنفيذ، هذه الطريقة لم تلق انتشار اً واسع اً في الصناعة.

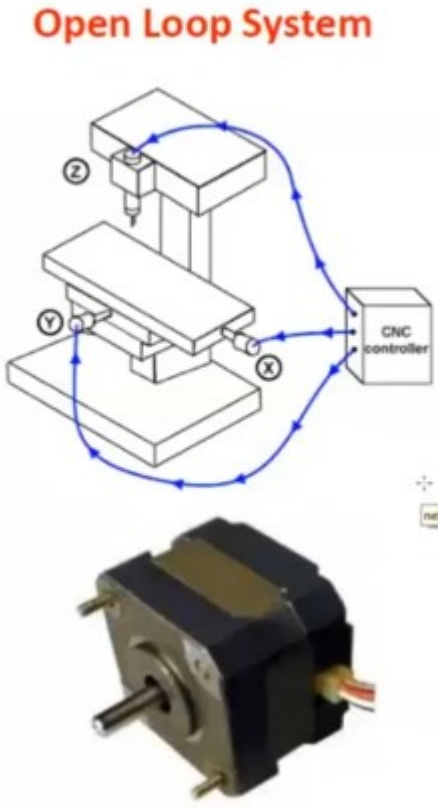
التحكم بواسطة مقبض : Handed Numerical Control HNCتسمح بإدخال البرنامج يدوياً إلى ذاكرة الحاسب.

التحكم الرقمي عن طريق الحاسوب : Computer Numerical Control CNCإمكانية الاستبدال والتصحيح خلال الاستخدام لبرنامج التحكم لتشغيل المشغولات.

التحكم الرقمي المباشر DIRECT NUMERICAL CONTROL: وهنا يستخدم حاسب كبير للتحكم بعدة ألات تشغيل من خلال خطوط نقل البيانات ويجب أن يحتوي هذا النظام على الأقل من ٥ الى ١٠ الات تشغيل ليصبح اقتصادي وفعال ويسمح هذا النظام بتكامل عمليات التشغيل مع الأنظمة المؤتمتة

Damascus University

أنواع أنظمة التحكم:

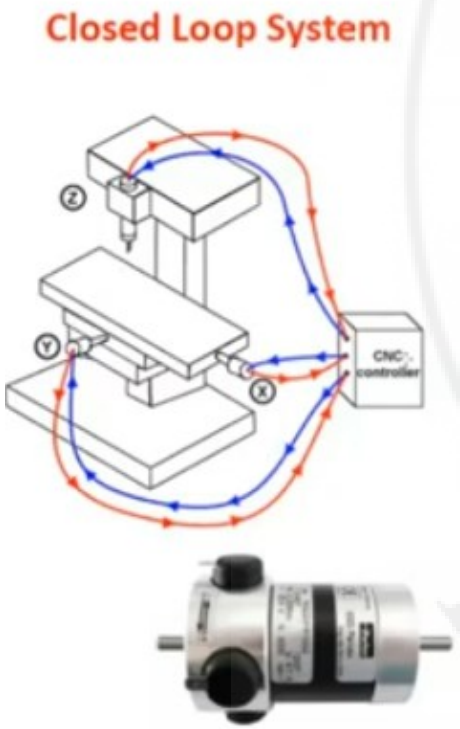


نظام الحلقة المفتوحة:

- يعمل هذا النظام دون التحقيق الدقيق من ان الموضع الفعلي مطابق للموضع المطلوب
- يستعمل هذا النوع من الأنظمة المحركات الخطوية
- يتم التحكم بمعدل إزاحة المحركات الخطوية من خلال التحكم بعدد النبضات
- ويتم التحكم بمعدل التغذية من خلال التحكم بمعدل النبضة

نظام الحلقة المغلقة:

- يستخدم هذا النظام التغذية الراجعة للتحقق من أن الموضع الفعلي مطابق للموضع المطلوب
- يستخدم عادة محركات السيرفو مع أنظمة الحلقة المغلقة
- يستخدم endcoder و الحساسات و tachometer



مقارنة بين الآلات المبرمجة والتقليدية لنفس النوع والحجم:

١- مصدر الحركة للتقليدية محرك بتيار متناوب بينما مصدر الحركة للمبرمجة محرك سيرفو أو خطوي.
٢- الجساءة التقليدية أقل منها للمبرمجة.
٣ -دقة المشغولات على المبرمجة أكبر منها على الآلات التقليدية.
٤- تكلفة المبرمجة أكبر من تكلفة الآلات التقليدية.
٥- عدد دورات رأس الآلة المبرمجة أكبر من عدد دورات التقليدية.
٦- التحكم في التقليدية يدوي أو ميكانيكي أما بالمبرمج تحكم رقمي.

Damascus University

مقارنة بين نظام NC,CNC:

إن نظامCNC يتفوق على نظام NC بما يلي:

١- إدخال البرنامج مباشرة من على الآلة وحفظه في ذاكرة الحاسب الملحق بالآلة.

٢- سهولة تصحيح البرنامج ومراجعته.

٣- التخفيض في سرعة تنفيذ البرنامج وكمية المعلومات الواجب إدخالها.

٤- إمكانية توسيع الإمكانيات التكنولوجية من خلال إدخال برامج التحكم وإضافات أخرى.

٥- تعتبر معقدة بسبب إدخال برامج متعددة.

ميزات ومساوئ آلات التحكم الرقمي:

انتشر استخدام هذه الآلات في كل من مجالات صناعات الطائرات و الدارات الهيدروليكية وصناعة القوالب المعدنية نظراً لدقتها العالية.

الميزات:

١- الإقلال من الزمن الضائع.

٢ -المثبتات المستخدمة أكثر بساطة منها في التقليدية.

٣ -المرونة في جدولة الإنتاج.

٤-زيادة دقة التصنيع وتقليل أخطاء العمال.

المساوئ:

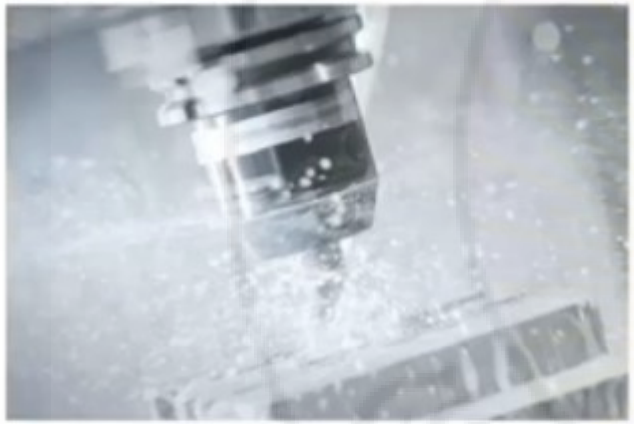
١ -ارتفاع حجم الصيانة الكهربائية في المصنع.

٢ -ارتفاع التكلفة الأولية لآلات CNC

٣-ارتفاع تشغيل الآلات.

٤- اتباع دورات تدريبية لكل المستويات من تشغيل وصيانة.

أشهر شركات ألات التشغيل CNC:



HEIDENHAIN

FANUC

SIEMENS

FAGOR

المكونات الأساسية لآلات التشغيل :

Mechanical

1. **Machine frame** *'Bed, Column, spindle head, table, carriage, etc.'*
2. **Tool magazines & changers**
3. **Tool holders**
4. **Mechanisms** 'Gear units, power screws, rack & pinion'
5. **Guideways**

Electrical

1. **MCU** *'Machine Control Unit.'*
2. **Interface** *'Breakout board'*
3. **Drives**
4. ***Stepper/Servo motors***
5. ***Encoders & Sensors***

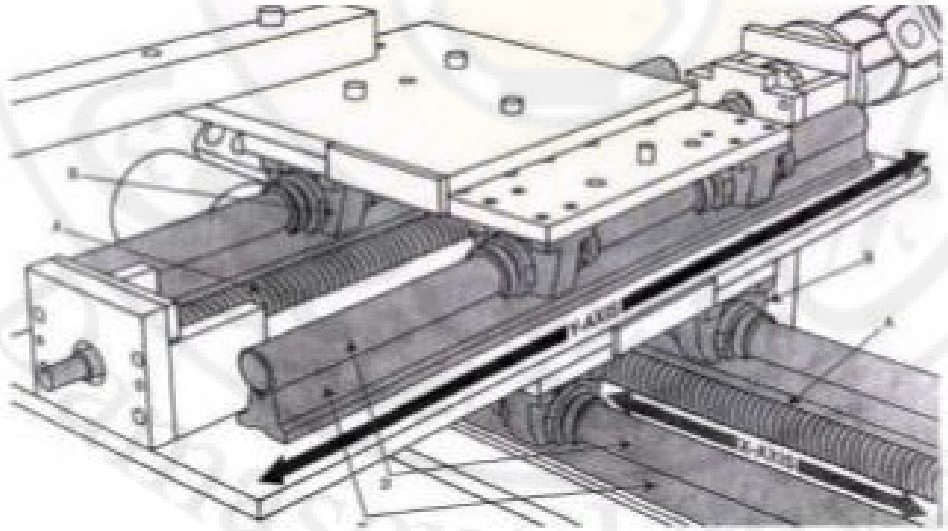
Activate Windows
Go to Settings to activate Wi

مكونات آلات التشغيل المبرمجة:

- المكونات الميكانيكية
- نظم القيادة
- نظم المساعدة

المكونات الميكانيكية:

- وهي عبارة عن محاور التشغيل وأدوات القطع وميكانيزمات تثبيت القطع التي يجري تشكيلها
- تتصل هذه الميكانيزمات مباشرة بالمفعلات التي قد تكون محركات كهربائية أو هيدروليكية أو هوائية أو حتى يدوية في بعض الأحيان



الجسم الميكانيكي لآلات التشغيل الرقمية:

- جسم الآلة
- المنزلقات
- المحاور الدوارة
- جمل نقل الحركة
- المحركات
- الحساسات أجهزة قياس السرعة الوضع والزاوية
- منظومة أداة القطع

جسم الآلة:

- **المتطلبات:**
- .- متانة
- - جساءة
- - تخميدٌ الاهتزازات
- - التبديد الحراري
- **مادة الجسم:**
- - فونت
- - صفائح ملحومة
- **الشكل:**
- - فارزة
- - مخرطة
- - مجلخة
- - مكبس

المنزلقات:

المتطلبات:

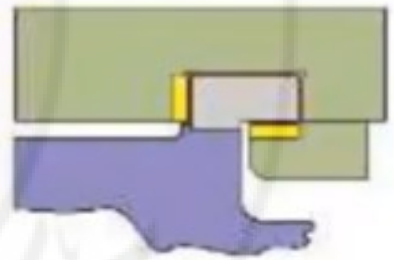
- المتانة
- تحمل السرعات العالية
- تخميد الاحتكاك والاهتراء

أنواع المنزلقات المستخدمة:

- منزلقات اسطوانية: مع مدارج كروية خطية
- منزلقات مسطح: مستوية بشكل حرف V ، هيدروستاتيك، ذات مدارج دحروجية خطية، سطوح مغطاة بمادة ذات معامل احتكاك منخفض

Dovetail

Flat



Round

V-Type

Activate Windows

المحاور الدوارة:

المتطلبات:

.- متانة

- سرعات عالية قابلة للتغيير من ١ إلى ٤٠٠٠٠ دورة في الدُقيقة

- استقرار و عدم الاهتزازات

- التبديد الحراري

أنواعها

- بسيطة: هيدروستاتيكية أو هيدرودنياميكية

- ذات مدارج دحروجيةٌ أو كروية

محاور الحركة:

محاور آلات التشغيل المبرمج تتبع محاور الاحداثيات الديكارتية، والتي تتجه وفق قاعدة اليد اليمنى

المحور Z وهو يعبر عن حركة محور الدوران الرئيس والذي يوافق محور أداة القطع و الاتجاه الموجب يكون بالابتعاد عن المشغولة.

المحور X وهو يعبر عن حركة المحور الطويل طاولة الآلة، والاتجاه الموجب يكون نحو اليمين بالنسبة للعامل الواقف أمام الآلة

المحورY وهو يعبر عن حركة المحور القصير لطاولة الآلة ، والاتجاه الموجب يكون بالابتعاد بالنسبة للعامل الواقف أمام الالة

محاور الحركة:

المتطلبات:

- متانة
- سرعة استجابة
- دقة(دون خلوصات)
- اهتزازات قليلة

أنواعها:

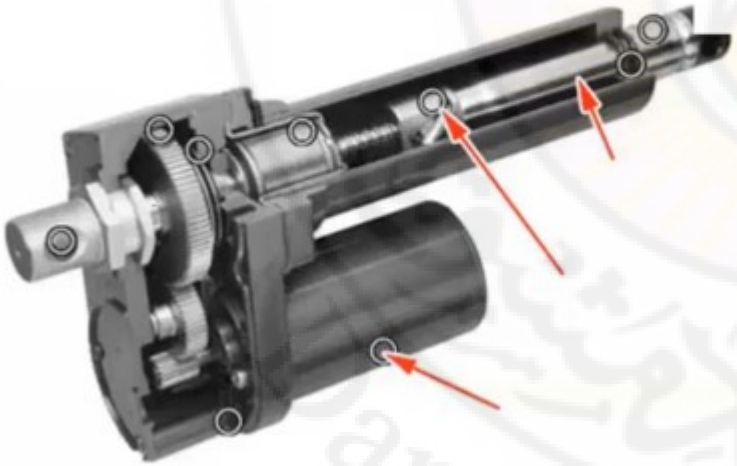
- محور مقلوظ مع صامولة بكريات: للاشواط القصيرة والمتوسطة
- جريدة مسننة مع مسنن: للاشواط الطويلة، قطر مسنن كبير لزيادة التعشيق

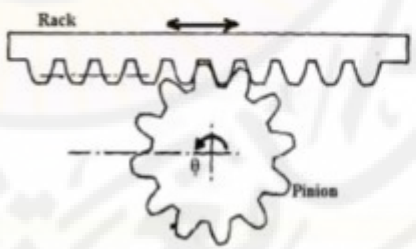
جمل نقل الحركة:

4. MECHANISMS

Gear Units

Power screws





Rack & Pinions

Activate Windows
Go to Settings to activate Win

المحركات

كهربائية: وهي الأكثر استخداما

- ذات تيار متناوب : تكلفة أقل، وثوقية جيدة، صيأنة سهلة، التحكم بالسرعة يتم من خلال تغيير التردد.
- ذات تيار مستمر : يستخدم عند الحاجة إلى مجال واسع من السرع.
- محركات خطوية
- محركات السيرفو

هيدروليكية

- تستعمل عند الحاجة إلى قوى كبيرة.

هوائية:

الحساسات:

تكمن أهمية الحساسات من خلال تزويد نظام التحكم في الآلات الرقمية بالقراءات المخصصة لقراءاتها حيث تسمى تلك الشارات التي ترسلها الحساسات بالتغذية الراجعة Feedback

أنواع القياسات:

قياس الموضع أو المسافة

قياس السرعة

قياس درجة الحرارة

قياس عزم الفتل

قياس التدفق

قياس الضغط

مرمز الموضع Encoder:

هو جهاز لتحول معلومات الموضع الخطي أو الدوراني الى إشارات كهربائية

نظم القيادة:

تتلخص مهمة نظام القيادة:

١-التحكم والتنسيق والتزامن كامل النظام

٢-معالجة الإشارات الداخلة وتعليمات برنامج التشغيل وتوليد إشارات خرج مناسبة

٣- التحكم الرقمي بمحاور الآلة لتحقيق الحركات المطلوبة في برنامج التشغيل للمشغولة

٤- إجراءات العمليات الحسابية اللازمة لتحقيق الانتقالات الخطية و الدائرية

٥-إمكانية التخاطب مع حواسيب أخرى

نظم القيادة

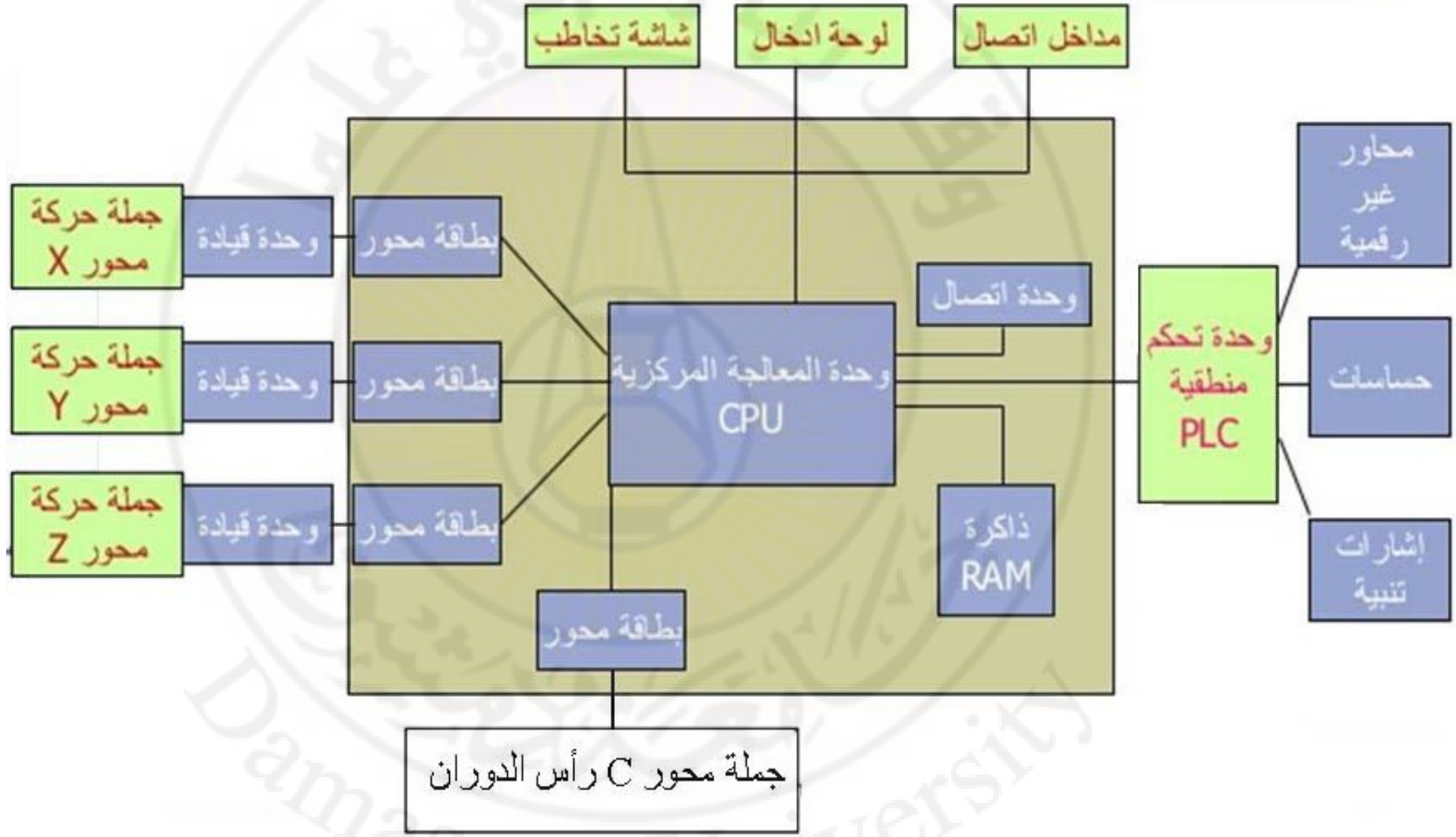
تتألف نظم القيادة بشكل أساسي من:

- وحدة التحكم الرقمي
- وحدة التحكم المنطقي PLC
- الطرفيات (لوحة مفاتيح، شاشة اظهار)

وحدة التحكم الرقمي:

تتألف من :

- وحدة المعالجة الرئيسية المركزية
- الذاكرة
- وحدات التحكم بالمحاور الرقمية
- ربط مع وحدة التحكم المنطقي PLC


شاشة تخاطب
لوحة ادخال
مداخل اتصال
محاور غير رقمية
حساسات
إشارات تنبية
وحدة تحكم منطقية PLC
وحدة اتصال
وحدة المعالجة المركزية CPU
ذاكرة RAM
بطاقة محور
بطاقة محور
بطاقة محور
بطاقة محور
وحدة قيادة
وحدة قيادة
وحدة قيادة
جملة حركة محور X
جملة حركة محور Y
جملة حركة محور Z
جملة محور C رأس الدوران

وحدات التحكم بالمحاور الرقمية

وتتألف من:

- دارارت القيادة للمحركات
- حساسات الموضع
- تتصل وحدات القيادة مباشرة مع وحدة المعالجة فترسل لها بيانات عن الموضع والسرعة وتستقبل أوامر التحريك

الذاكرة:

تؤمن الذاكرة حفظ المعلومات التالية:

- برنامج التحكم الخاص بالآلة الرقمية، ويعتبر بمثابة نظام التشغيل في الحاسب ويخزن ذاكرة قابلة للقراءة فقط
- المعلومات الخاصة بالآلة مثل شوط الحركة الأعظمي والتوابع الأساسية للآلة والتسارع الأعظمي للمحاور وتخزن هذه المعلومات في ذاكرة قابلة للقراءة فقط
- البرامج اللازمة لتنفيذ القطع

وحدات التحكم المنطقي PLC:

تستخدم وحدة التحكم المنطقي PLC لتنفيذ أوامر التحكم التسلسلي في الأجهزة والآلات. سابقاً استخدمت وحدة التحكم المنطقي المبدلات، العدادات، المؤقتات والدارات

يتم تأمين وصل مباشر بين وحدة التحكم الرقمي و PLC عبر خطوط اتصال مباشرة، مما يؤدي الى تحقيق مجال أوسع من الوظائف وتكلفة أقل

تعمل هذه الوحدة على تنفيذ وظائف التحكم لمحاور التحكم الغير رقمية في الآلة مثل:

- فتح أو اغلاق الترس في المخرطة
- تبديل أدوات القطع من مخزن أدوات القطع
- الإشارات الضوئية المختلفة

تشمل آلات CNC على عدد من الوحدات الخاصة وهي:

وحدات الحاسب و إدخال بيانات التشغيل .
- وحدة تحكم إلكترونية لتشغيل البيانات.
- وحدة تحكم بمحركات التغذية لكل محور من محاور الآلة.
- وحدة تحكم إلكترونية بدوران المحور الرئيس.
- وحدة تحكم في برج تبديل أدوات القطع.
- نظم قيا س إلكترونية لكل محور.
- وحدة التزييت المركزية .
- التغذية الكهربائية للآلة.

النظم المساعدة:

وهي نظم مهمتها تسريع لعملية الإنتاجية وتحسين أدائها منها

- الروبوت
- نظم التبريد
- نظم إزالة الرايش
- DNC

نظام المراقبة والقياس

عمل الآلة بشكل مستقل و آمن يحتاج الى:

- مراقبة اهتراء وانكسار أداة القطع
- قياس أبعاد القطع المشغلة

طرق قياس اهتراء أداة القطع:

- الطريقة الأولى: يتم حساب زمن العمل لكل أداة قطع إما باستخدام الحسابات النظرية (تايلور، جلبرت) أو بتنفيذ تجارب الاهتراء المسبقة، ويخزن في نظام القياس
- الطريقة الثانية: قياس اهتراء أداة القطع بشكل فعلي، وذلك وفق أحد الشكلين التاليين:
- الشكل المباشر
- الشكل الغير مباشر

الشكل المباشر: يمكن أن يتم بعدة طرق:

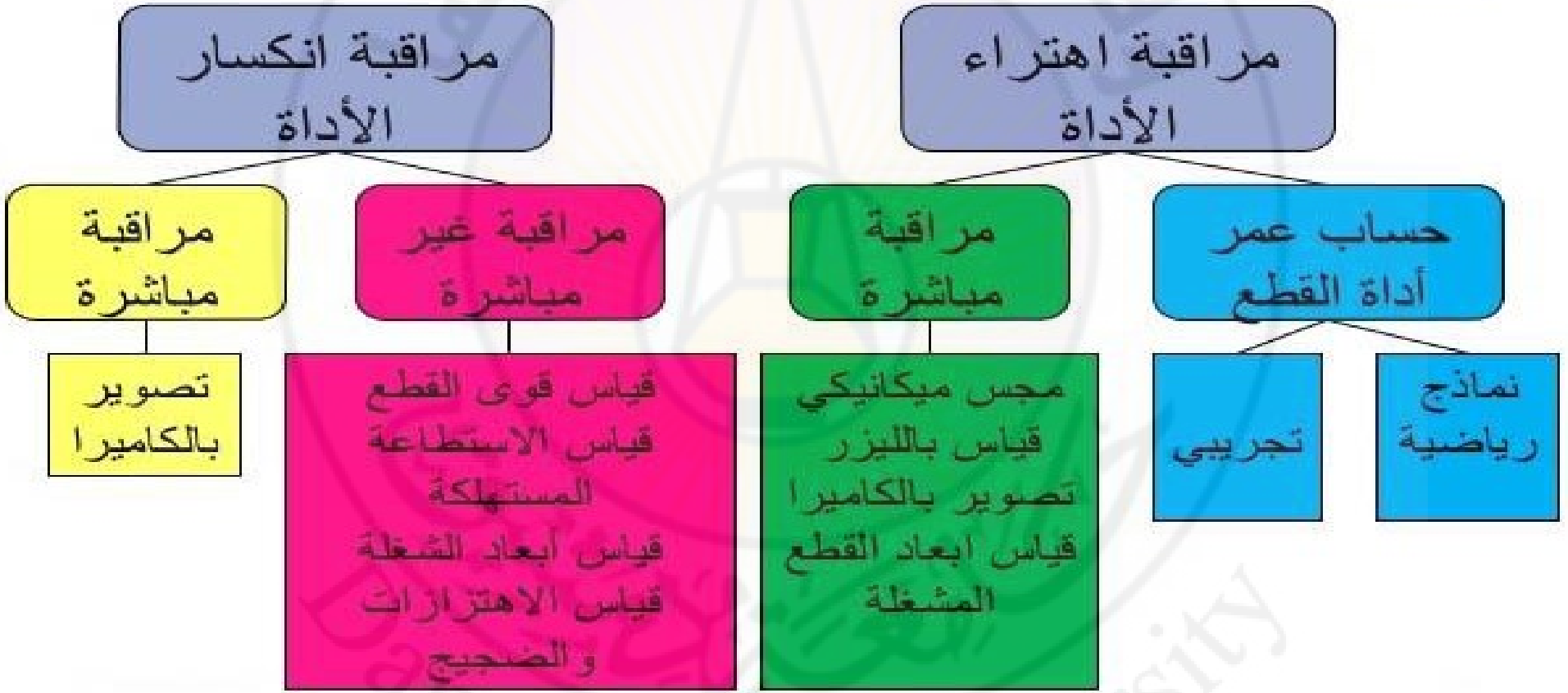
- بواسطة مجس كهر وميكانيكي.
- قياس بالليزر: يتم قياس سطح الاهتراء على أداة القطع باستخدام شعاع من الليزر.
- تصوير بالكاميرا للسطح المهترء وقياس سطح الاهتراء بمعالجة رقمية للصورة.

الشكل غير المباشر: يمكن تحقيقه بطرق مختلفة من أهمها:

- قياس قوى القطع: يتم القياس باستخدام حساس قوى يوضع عند المحاور المناسبة.
- قياس الاستطاعة المستهلكة من قبل المحرك الكهربائي لمحور الحركة للآلة.
- قياس الاهتزازات في الآلة.
- قياس الضجيج الناتج عن الآلة.

Damascus University

مراقبة أدوات القطع:



نظام قياس أبعاد القطع المشغلة:

هناك طريقتان للقياس

١-القياس خارج الآلة

٢-القياس ضمن الآلة

1- القياس خارج الآلة

يتم القياس بإحدى الطريقتين:

- **جهاز خاص مزود بمقياس** أبعاد يركب قرب آلة التشغيل، والجهاز يعد مسبقاً لقياس قيم محددة مسبقاً. وهو يستخدم عندما يكون عدد القطع كبير وذلك لأن الجهاز يحتاج لتدخل البشري لإعادة معايرته عند تغير الانتاج.
- **آلة قياس ثلاثية الأبعاد:** هذه الآلة عامة و مبرمجة، فهي باهظة الثمن، تستعمل في الانتاج المرن المؤتمت، وهي قابلة للتشغيل المباشر من قبل العامل.

1- القياس ضمن الآلة

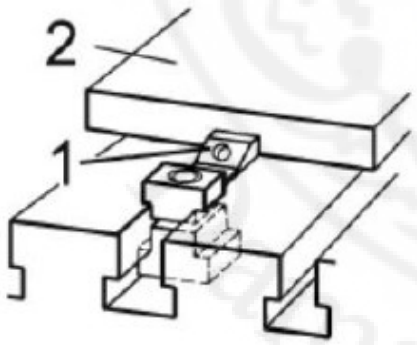
يوجد العديد من الطرق أهمها

- **الليزر**
- **الصور الرقمية**
- **المجسات الالكتروميكانيكية :** هي الأكثر شيوعاً حيث يوضع المجس بدلاً من أداة القطع، وعند إجراء القياس يحدث تماس بين القطعة و المجس فيرسل المجس إشارة كهربائية إلى وحدة التحكم الرقمي للآلة وذلك عن طريق سلك أو أشعة تحت الحمراء أو بواسطة التحريض المغناطيسي.

أجهزة التثبيت المستخدمة في الفارزة

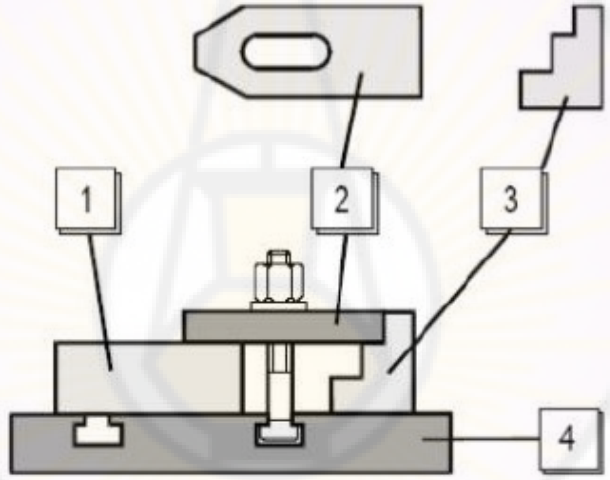
- ميكانيكية
- مغناطيسية
- هوائية
- هيدروليكية
- كهربائية

أجهزة التثبيت الميكانيكية:



1 : work part

2 : shallow clamp

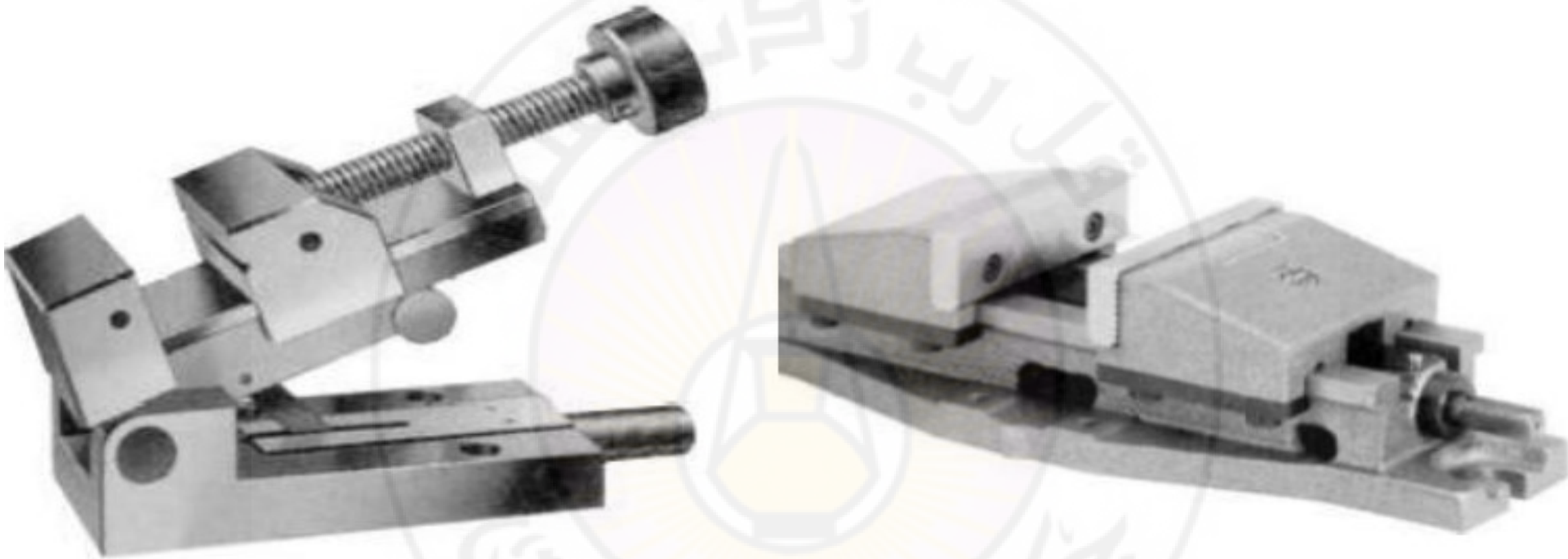


1 : work part

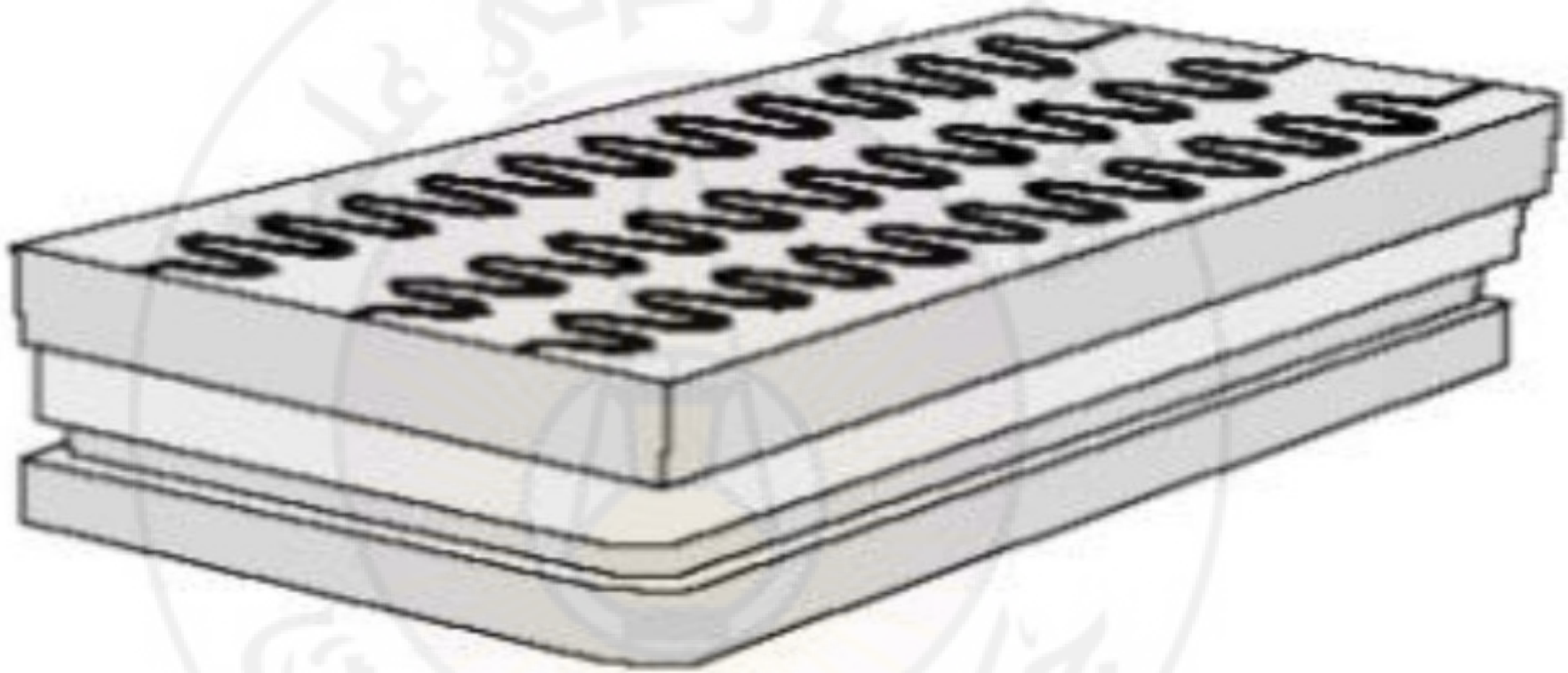
2 : clamping iron

3 : clamping board

4 : machine table



ملزمة لتثبيت المشغولات صغيرة الأبعاد



مثبت مغناطيسي

Damascus University

الاستيفاء

الاستيفاء هي عملية التحكم بالانتقال من نقطة (بداية) إلى نقطة (نهاية) مع تحقيق عملية التزامن بين المحورين عندما تتم الحركة في مستوي ثنائي البعد، أو التزامن بين ثلاثة محاور عندما تتم الحركة في الفراغ (ثلاثية الأبعاد)، مع مراعاة السرعة و الازاحة .

يلعب المستوفي (Interpolator) دورا مهما في توليد معطيات حركة المحاور وفق كتلة البيانات المولدة من المترجم، حيث يعتبر المستوفي أحد أهم مميزات الآلة في تحديد دقتها.

Damascus University

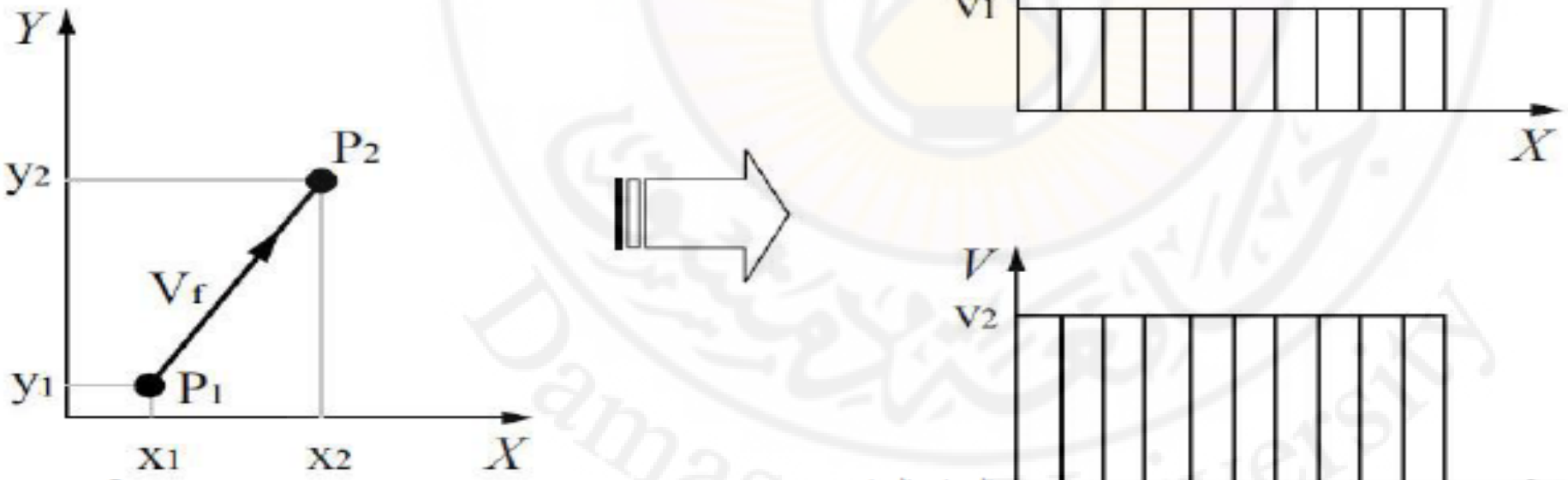
عادة ما تمتلك الآلات المبرمجة أكثر من محورين يتم التحكم بهم لإنجاز الأشكال المعقدة، وهناك طريقتان شائعتان للتحكم هما:

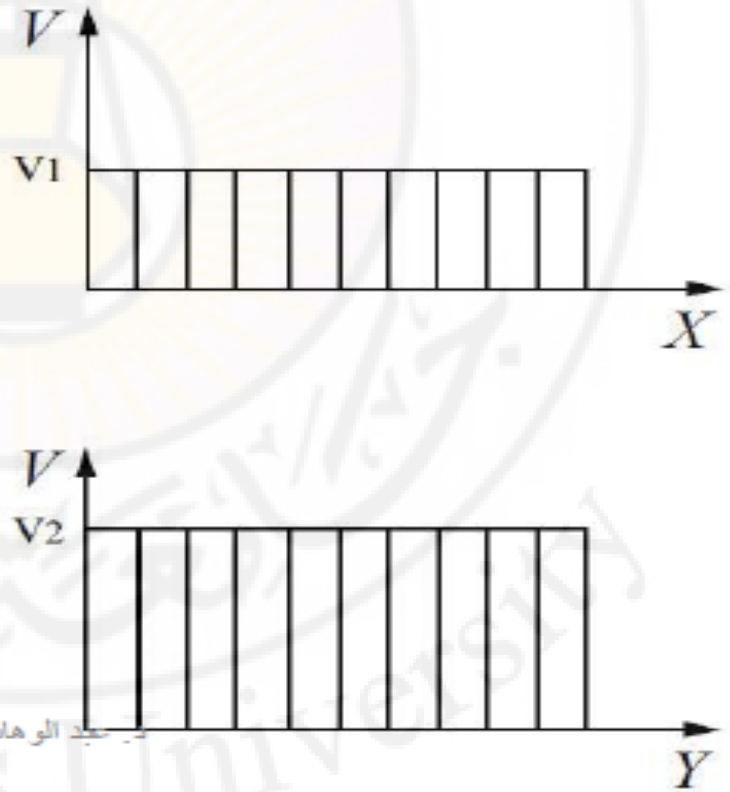
- **طريقة التحكم من نقطة إلى نقطة** (مثل عمليات التثقيب) لنقل المحور إلى الموقع المطلوب.
- **طريقة التحكم المحيطي** المستخدمة في نقل المحور على منحني مسبق التحديد (عملية تفريز في تماس مستمر مع القطعة).

من أجل تنفيذ طرق التحكم السابقة بنجاح يجب تقسيم الحركة بما ينسجم مع كل محور على حدى، وعندئذ يحدد في النهاية مكان الأداة العاملة من خلال جمع الإزاحات المفردة على كل محور.

مثال:

إذا كان المطلوب انتقال أداة القطع في المستوي XY من النقطة P1 إلى النقطة P2 بمعدل تغذية V_F . فإن المستوفي سيقوم بعملية تقسيم الحركة الكلية إلى إزاحات مستقلة لكل محور من المحورين X , Y اعتمادا على التغذية المحددة مسبقا V_F، ثم يولد السرعة المناسبة لكل محور.





بناء على ما سبق يحتاج المستوفي إلى شكل القطعة و قيمة التغذية المحددة مسبقاً من أجل توليد الحركات على المحاور وتحقيق معدل تغذية صحيح للمحاور المتحركة .

إن المعطيات القادمة من المستوفي يجب أن تكون قريبة جداً من الشكل الفعلي للقطعة.

يجب على المستوفي أن يقوم بمراعاة محدودية سرعة الآلة والناجمة عن محددات خاصة في محركات السيرفو و ذلك خلال عملية حساب السرعة .

يجب تجنب الأخطاء الناجمة عن المستوفي من أجل الوصول الصحيح للموقع المطلوب.

المستوفي نوعان:

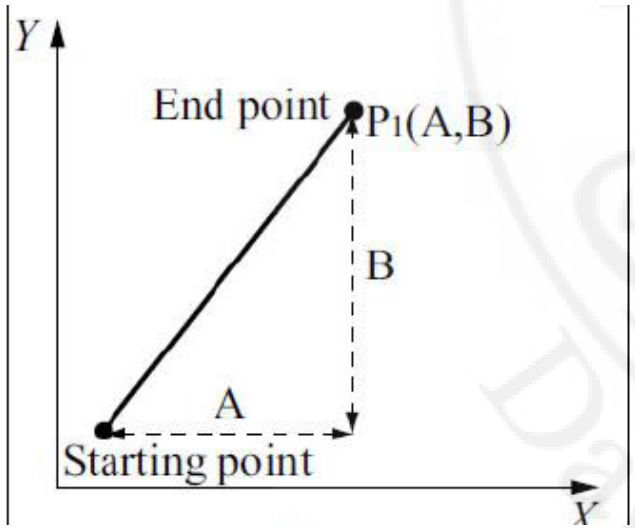
- **مستوفي برمجي**
- **مستوفي عتادي (صلب)**

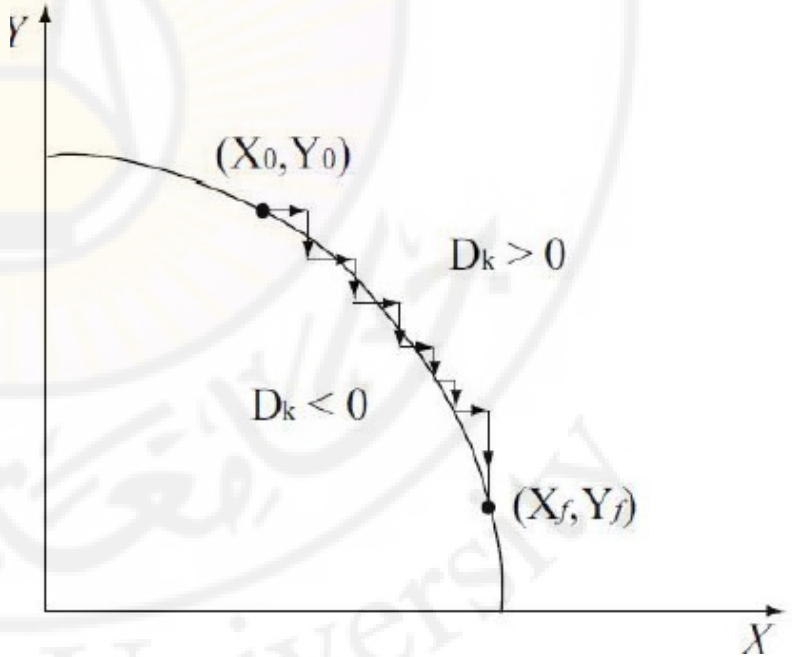
استخدام المستوفي الصلب مع بدايات تطوير آلات ذات التحكم الرقمي المبرمج، حيث يتكون المستوفي الصلب من دارات تحكم الكترونية و هي محدودة للأنظمة البسيطة، مع الأخذ بعين الاعتبار الزمن المطلوب لتنفيذ عمله.

أما المستوفي البرمجي فيعتمد على الحاسب وبرمجياته ويمتاز بدقته العالية .

الاستيفاء نوعان:

خطي ودائري





أسس توصيف آلات التشغيل المبرمجة:

١-محرك الظرف:

يوصف محرك الظرف بثلاث مميزات رئيسة:

١- الاستطاعة (KW أو HP)

٢- أكبر عزم

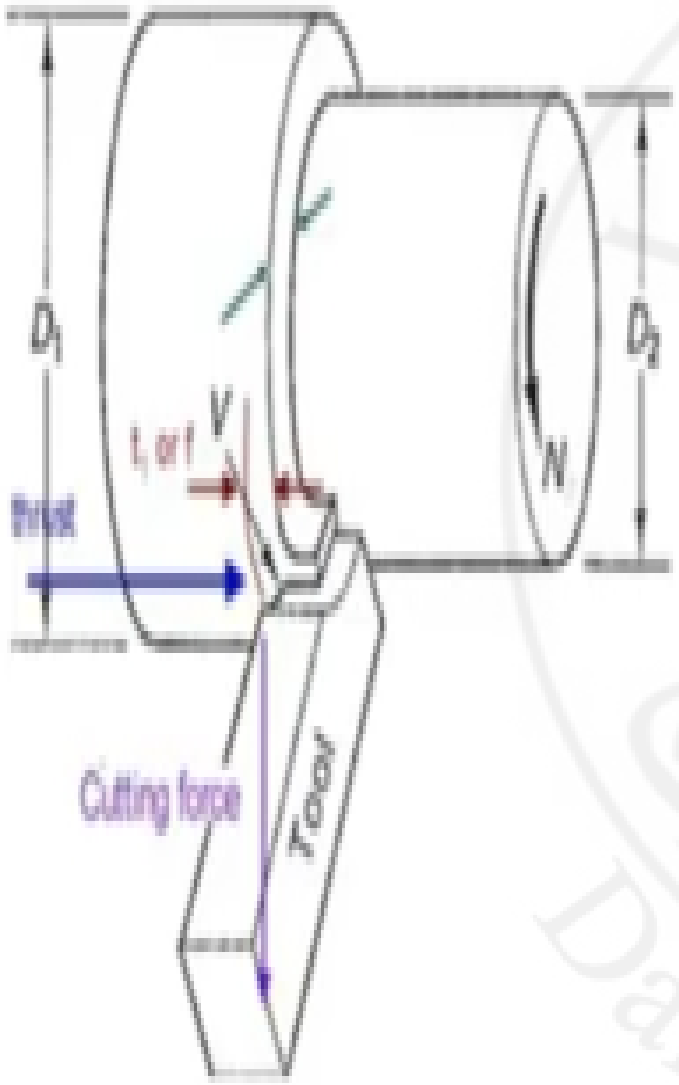
٣- مجال السرعة (Nmaxو Nmin)

لتحديد مواصفات محرك الظرف يجب معرفة ما يلي:

١- أكبر قوة قطع

٢- أكبر وأصغر سرعة قطع

٣- اكبر و أصغر أقطار القطعة المشغلة



$$T_{max} = F_{c\text{-}max} * (D_{max}/2)$$

$$P_{max} = F_{c\text{-}max} * V_{max}$$

$$N_{max} = 1000 * V_{max} / \pi D_{min}$$

$$N_{min} = 1000 * V_{min} / \pi D_{max}$$

Damascus University
Activate Windows

٢- محرك التغذية:

يوصف محرك التغذية بمواصفتين أساسيتين:

١- الدقة (deg/pulse) أو (rev/pulse)

٢- أكبر وأصغر معدل تغذية (pulse/sec) أو (HZ)

و لتحديد مواصفات محرك التغذية يجب معرفة مايلي:

١- اكبر و أصغر معدل تغذية (Fmax & Fmin)

٢-معدل حركة بالنبضة feed travel resolution

Feed travel resolution (mm/pulse) =

Motor resolution (rev/pulse) * **Gear ratio** * **Pitch** (mm/rev)

Motor pulse rate (pulse/sec) =

Feed rate (mm/min) / [60 * **Feed travel resolution** (mm/pulse)]

Lead screw speed (rpm) = **Feed rate** (mm/min) / **Pitch** (mm/rev)

Motor speed (rpm) = **Lead screw speed** (rpm) / **Gear ratio**

Damascus University

مسائل:

المسألة ١ :

اذا كانت نسبة تخفيض المسننات ٤ ، وخطوة لولب نقل القدرة القائد 10mm ودقة المحرك 6degree/ pulse احسب المسافة التي تقطعها الطاولة في النبضة الواحدة travel feed resolution

Feed travel resolution (mm/pulse) =
Motor resolution (rev/pulse) * **Gear ratio** * **Pitch** (mm/rev)

Feed travel resolution = (6/360)*(1/4)*10= 0.04 mm/pulse

مسألة ٢:

اذا كانت نسبة تخفيض المسننات 4 وخطوة لولب نقل القدرة القائد 6 mm ويولد encoder المرتبط بلولب نقل القدرة 200 pulse/rev احسب المسافة التي تقطعها الطاولة خلال نبضة واحدة .

Feed travel resolution = 6/200 = 0.03 mm/pulse

مسألة 3:

ألة CNC ذات تحكم مغلق تتألف من محرك سيرفو و لولب نقل قدرة و ENCODER خطوة لولب نقل القدرة P = 5mm ومتصل مع المحرك عن طرق علبة سرعة معدل التخفيض 1:4 يولد encoder نبضات 250 pulse/rev اذا كان عدد النبضات 2250 HZ و معدل النبضات 200 HZ احسب:

١- دقة الآلة

٢- سرعة المحرك

٣- سرعة الطاولة

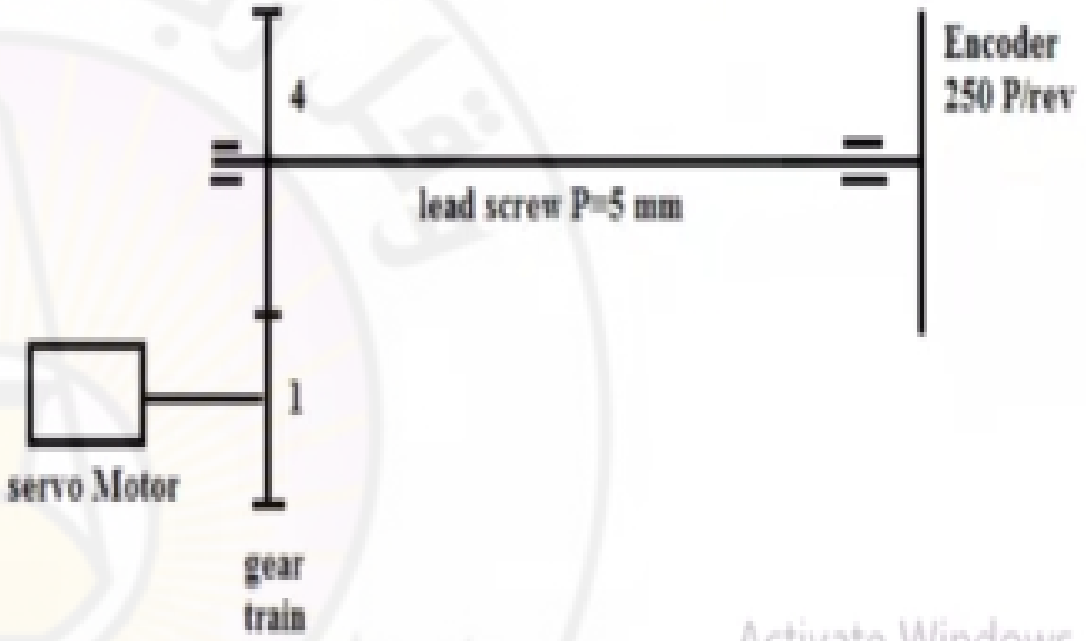
٤- المسافة الكلية المقطوعة للطاولة

$$Machine\ resolution = \frac{5}{250} = 0.02\ mm$$

$$motor\ RPM = 4 \times 60 \times \frac{200}{250} = 192\ RPM$$

$$Table\ speed = \frac{200}{250} \times 5 = 4mm/sec = 240\ mm/min$$

$$Traveled\ Distance = \frac{2250}{250} \times 5 = 45\ mm$$



Activate Windows

مسألة 4:

صمم آلة CNC تستطيع تحقيق شروط القطع التالية ، يستخدم الظرف محرك DC و محركات خطوية للتغذية

أكبر قطر و أصغر قطر للعينة المشغلة 10 AND 80 mm

أكبر و أصغر سرعة قطع 5 and 20m/min

أكبر قوة قطع 20KN

اكبر و أصغر معدل تغذية 5 AND 100 mm/min

مسافة انتقال الطاولة خلال نبضة واحدة feed travel resolution 0.01 mm/pulse

Dc motor specification:

Max torque = 20*1000*0.04= 800 Nm.

Max rpm= 20*1000/(10*π)= 636 rpm.

Min rpm= (5*1000)/(80*π) = 19 rpm.

Max power= 20*1000*(20/60)= 6666W= 6.7KW.

Feed motor specification: *"Assume gear ratio=5 and lead screw pitch=10mm"*

Feed motor resolution= 0.01/[(1/5)*10]= 0.005 rev/pulse= 1.8 deg/pulse.

Max feed motor pulse rate= 100/(60*0.01)= 167 Hz.

Min feed motor pulse rate= 5/(60*0.01)= 9 Hz.

Damascus University

مقدمة:

- آلة التشغيل الرقمية هي آلة تشغيل مؤتمتة جزئياً أو كلياً تزود بالأوامر المتعلقة بتشغيل كل قطعة على شكل رقمي بفضل نظام إحداثيات مرتبط لهذه الأوامر. تعرف الأوضاع المتتالية للآلة بشكل رقمي بفضل نظام إحداثيات مرتبط بالآلة.
- تأخذ التعليمات والأوامر التنفيذية المتعلقة بتشغيل قطعة ما شكل برنامج مؤلف من سطور مؤلفة من تعليمات خاصة تدعى G-code or NC program

لابد قبل البدء بالعمل على كتابة برنامج تشغيل أي قطعة من توفر المعلومات التالية:

- معلومات عن القطعة (المشغولة):
  - نوع المادة الخام
  - الأبعاد الهندسية للقطعة المطلوبة
  - التسامحات والدقة المطلوبة
- معلومات عن الآلة:
  - عدد المحاور العاملة وأشواط الحركة لكل منها
  - سرعات الدوران واستطاعات ودقة حركة المحاور
  - المواد الخام الممكن تنفيذها على الآلة

مراحل العمل :

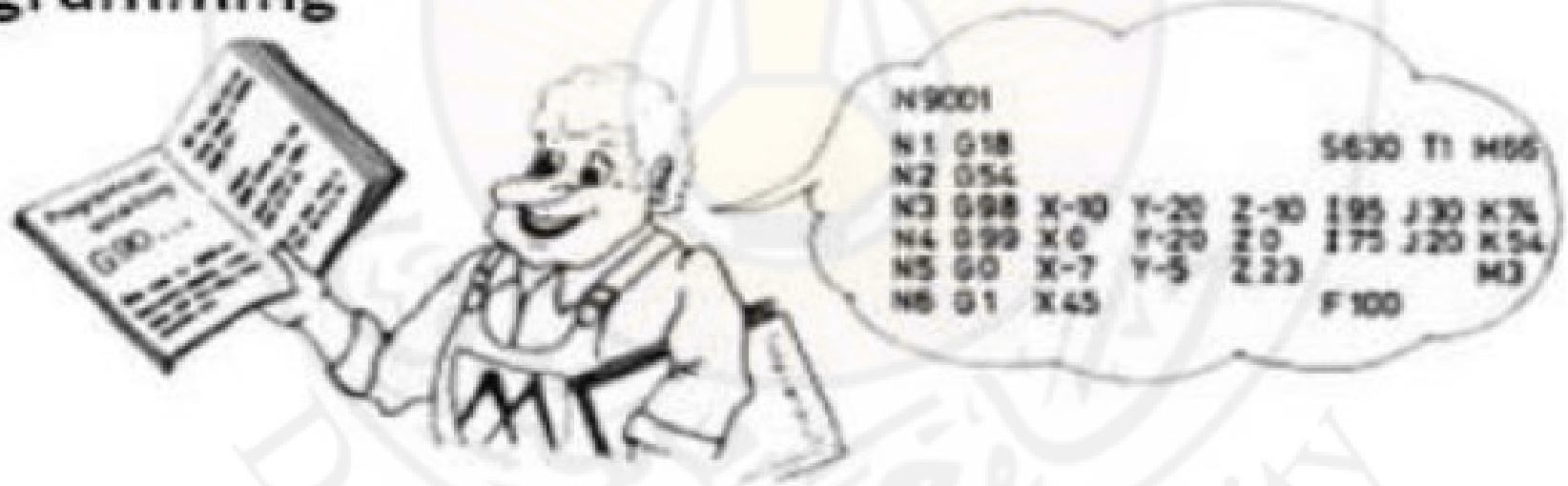
1. Reading drawing

- قراءة المخططات الهندسية ودفتر الشروط للقطعة المطلوب تنفيذها (المادة الخام، الأبعاد الأساسية، جودة الأسطح، الدقة...
- دراسة إمكانية الآلة/ الآلات الرقمية المتوفرة مع الإضافات المرفقة تحديد المناسب منها.
- تحديد أدوات القطع المطلوبة.
- تحديد المثبتات والدلائل.

Damascus University

كتابة برنامج واضح، صغير الحجم،
دقيق ومستوفٍ للمتطلبات التصنيعية.

2. Programming



Damascus University

3. Inputting programm

4. manufacturing

أنماط العمل:

غالباً يوجد أربعة أنماط للعمل على آلات التشغيل الرقمية يتم اختيارها من خلال مفتاح اختيار النمط على لوحة القيادة:

- آلي Automatic
- يدوي manual
- التشغيل سطر- سَطر
- نمط إدخال المعلومات Edit

لوحة العمل:

لغات البرمجة:

لغات البرمجة للآلات الرقمية موصفة في نظام القياس العالمي ISOومن أهم هذه اللغات هي:

- G code
- ATP Language (Automatically Programmed Tool)
- L Code

مفردات اللغات الموجودة في الآلات تختلف من آلة إلى أخرى، وذلك حسب الشركة المصنعة للمتحكم المرتبط معها و بما يناسب خصوصية الآلة.

- (Automatically Programmed Tool) ATP Language

هي لغة برمجة عالية المستوى، تستخدم لتوليد تعليمات للآلات التشغيل ذات التحكم الرقمي.

تم استخدام هذه اللغة في على نطاق واسع في 1970 و لا تزال.

وقد وضعت مشتقات الـ APT في وقت لاحق ولها معياراً دوليا.

الـ APT تم إنشاؤها قبل الواجهات الرسومية التي كانت متاحة، فكانت تعتمد على النص للتحديد الهندسي لمسار أداة القطع.

تم إنشاء النسخة الأولى لها قبل لغة FORTRAN.

هذه اللغة عالية المستوى قادرة على العمل بـ 5D .

- L Code

- وهي ثمرة تطور تقنيات البرمجة و أجهزة الآلة، حيث أنجزت هذه التقنية في معهد MIT . وهو عبارة عن برنامج نصي يتكون من بيان واحد أو عدة بيانات. قد تكون هذه البيانات قابلة للتنفيذ، متغير أو من نوع الإعلانات، أو عبارات برمجية مخصصة لتحديد التوجهات في عملية الانجاز. مهام البيانات الخارجة تكون على أعلى مستوى لتنفيذها وفق ترتيب ظهورها.

ليس من الضروري وجود الوظيفة الرئيسية، ولكن إذا وجدت يتم تنفيذها بعد جميع البيانات ذات المستوى الأعلى.

طرق برمجة الآلات الرقمية:

- الطريقة اليدوية المباشرة: أي باستخدام مفاتيح لوحة قيادة الآلة.
- الطريقة التخاطبية MDI: أي من خلال دارات التشغيل MC المرفقة مع الآلة المتوافقة مع لغة G-codeأو ISO يتم إدخال الدارات بمساعدة منقح النصوص الخاص الملحق بالآلة.
- باستخدام برنامج CAD-CAM التي يتم فيها توليد برنامج التشغيل على حاسب خارجي، ينقل بعدها إلى الآلة للتنفيذ.
- برمجة بلغة عالية المستوى بمؤازرة الحاسب:
  - APT(UNIAPT,EXAPT,ADAPT...)
  - Compact II

الإختلاف بين لغات البرمجة للآلات الرقمية:

- تختلف رموز لغة البرمجة G-code عن لغة البرمجة المؤتمتةAPT حيث نجد في الأولى رموز معينة أما الثانية فنجد تعليمات نصية برمجية.
- في لغة البرمجة التقليدية G-code يتم تعريف كل من العمليات التشغيلية، أدوات القطع، المادة الخام، تسلسل العمليات التكنولوجية من خلال المشغل ومن أجل آلة تشغيل معينة.
- في لغة البرمجة المؤتمتةAPT يتم تحويل الرسم الخاص بالمشغولة يدويا أو أوتوماتيكياً بمساعدة الحاسب إلى إجرائيات تشغيل محددة سابقاً تسقط بشكل ألي في برنامج التنفيذ.

برمجة آلات التشغيل الرقمية:

- يحتاج نظام تحكم آلات التشغيل الرقمي إلى المعلومات التالية:
  - برنامج التشغيل للقطعة وهو سلسلة من التعليمات تصف عمليات التشغيل اللازمة للحصول على الشكل النهائي للمشغولة المطلوبة. كل سطر من التعليمات يحتوي على المعلومات التالية
    - المعطيات الهندسية
    - المعطيات التكنولوجية
    - معلومات عن أدوات القطع
  - معطيات أولية عن أدوات القطع وتعويضاتها

برنامج آلات التشغيل:

- المعلومات الهندسية:
  - نوع الحركة: خطية أو دورانية أو.....
  - محور / محاور الحركة
  - جملة الإحداثيات: ديكارتي، قطبي،
  - نوع الإحداثيات: نسبي، مطلق
  - وحدة أبعاد الإحداثيات: عالمي، إنكليزي

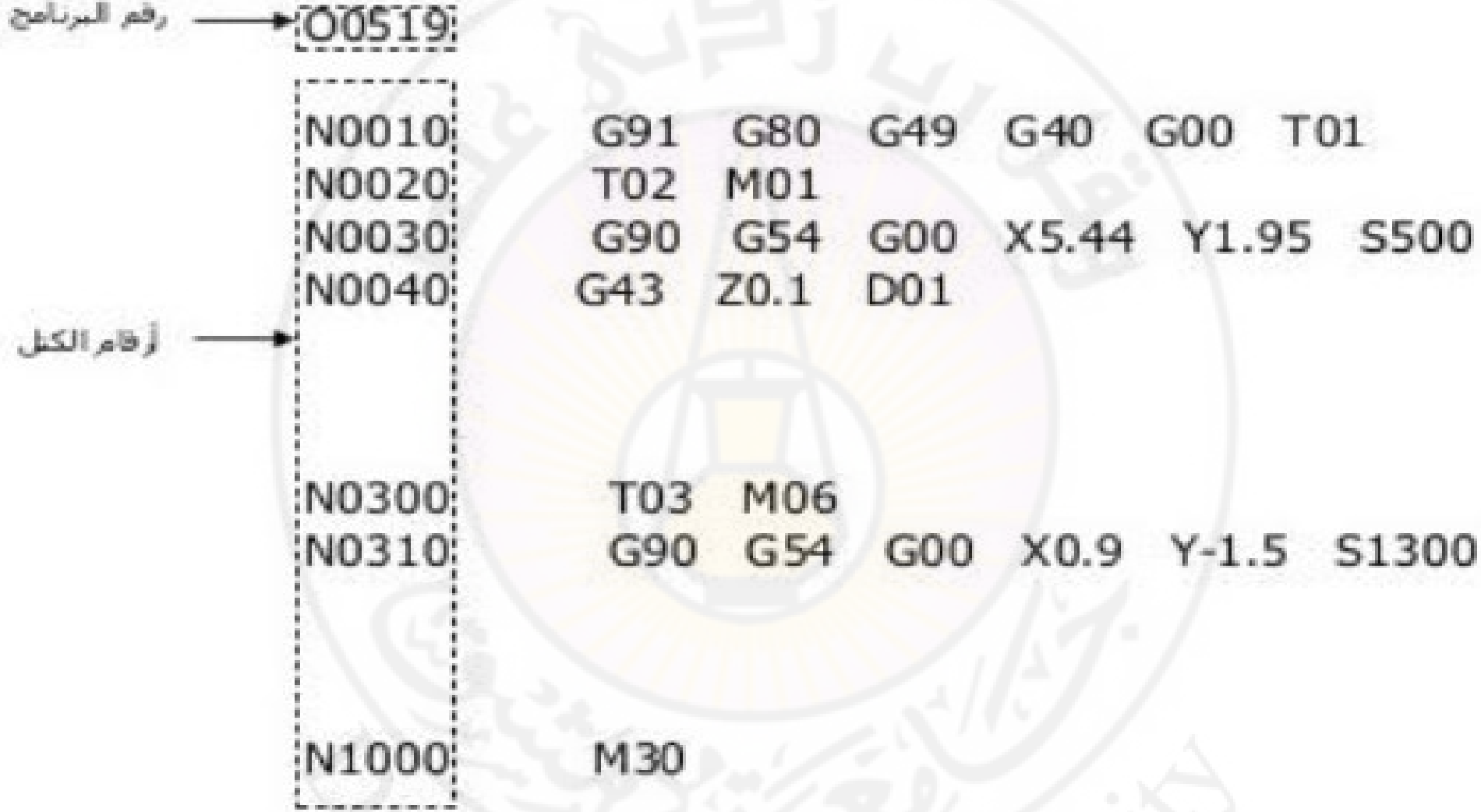
- المعلومات التكنولوجية:
  - أدوات القطع ومصححاتها
  - سرعة محور الدوران الرئيسي
  - سرعة التغذية
  - معلومات ثانوية:
    - سائل التبريد
    - تبديل أداة القطع آلي.
    - جهة دوران أداة القطع
    - إزالة الرايش آلي.

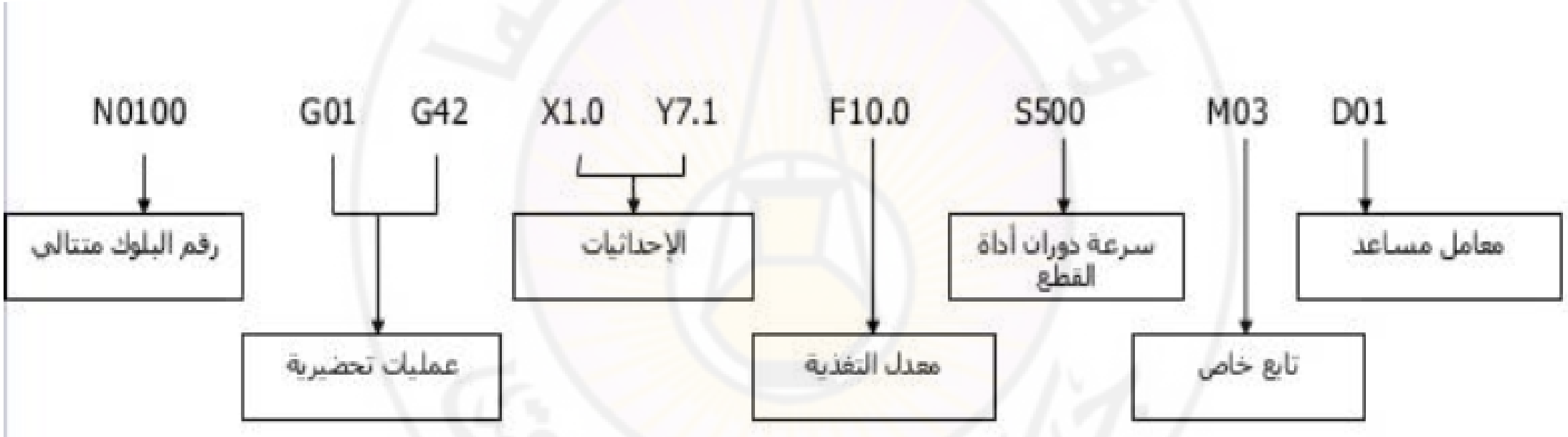
T
S
F
M

Damascus University

G& M code

- O: رقم البرنامج
- N: رقم سطر التعليمات التنفذية او المساعدة في البرنامج
- G: عملية تحضيرية
- M: عمليات خاصة
- F: معدل التغذية، يحدد السرعة النسبية لأداة القطع بالنسبة للمشغولة
- S: يحدد سرعة محور أداة القطع rpm
- P0,..., P7 , D0,..., D7: معاملات مساعدة
- T: لتحديد رقم أداة القطع وتعويضها
- L: لتحديد رقم البرنامج الفرعي وعدد مرات تكراره


رقم البرنامج
O0519
N0010 G91 G80 G49 G40 G00 T01
N0020 T02 M01
N0030 G90 G54 G00 X5.44 Y1.95 S500
N0040 G43 Z0.1 D01
أوامر الكتل
N0300 T03 M06
N0310 G90 G54 G00 X0.9 Y-1.5 S1300
N1000 M30


N0100
G01
G42
X1.0
Y7.1
F10.0
S500
M03
D01
رقم البلوك متتالي
عمليات تحضيرية
الإحداثيات
معدل التغذية
سرعة دوران أداة القطع
تابع خاص
معامل مساعد

G code for Milling

G00	Rapid Linear Positioning
G01	Linear Feed Interpolation
G02	CW Circular Interpolation
G03	CCW Circular Interpolation
G04	Dwell
G07	Imaginary Axis Designation
G09	Exact Stop
G10	Offset Value Setting
G17	XY Plane Selection
G18	ZX Plane Selection
G19	YZ plane Selection
G20	Input In Inches
G21	Input In Millimeters
G22	Stored Stroke Limit On
G23	Stored Stroke Limit Off
G27	Reference Point Return Check
G28	Return To Reference Point
G29	Return From Reference Point
G30	Return To 2nd, 3rd and 4th Ref. Point
G31	Skip Cutting
G33	Thread Cutting
G40	Cutter Compensation Cancel
G41	Cutter Compensation Left
G42	Cutter Compensation Right
G43	Tool Length Compensation + Direction
G44	Tool Length Compensation - Direction
G45	Tool Offset Increase
G46	Tool Offset Double
G47	Tool Offset Double Increase
G48	Tool Offset Double Decrease
G49	Tool Length Compensation Cancel
G50	Scaling Off
G51	Scaling On
G52	Local Coordinate System Setting
G54	Work Coordinate System 1 Selection

G code for Milling

G55	Work Coordinate System 2 Selection
G56	Work Coordinate System 3 Selection
G57	Work Coordinate System 4 Selection
G58	Work Coordinate System 5 Selection
G59	Work Coordinate System 6 Selection
G60	Single Direction Positioning
G61	Exact Stop Mode
G64	Cutting Mode
G65	Custom Macro Simple Call
G66	Custom Macro Modal Call
G67	Custom Macro Modal Call Cancel
G68	Coordinate System Rotation On
G69	Coordinate System Rotation Off
G73	Peck Drilling Cycle
G74	Counter Tapping Cycle
G76	Fine Boring
G80	Canned Cycle Cancel
G81	Drilling Cycle, Spot Boring
G82	Drilling Cycle, Counter Boring
G83	Peck Drilling Cycle
G84	Tapping Cycle
G85	Boring Cycle
G86	Boring Cycle
G87	Back Boring Cycle
G88	Boring Cycle
G89	Boring Cycle
G90	Absolute Programming
G91	Incremental Programming
G92	Programming Of Absolute Zero
G94	Feed Per Minute
G95	Feed Per Revolution
G96	Constant Surface Speed Control
G97	Constant Surface Speed Control Cancel
G98	Return To Initial Point In Canned Cycles
G99	Return To R Point In Canned Cycles

M code for Milling operations

M00	Program Stop	M21	Tool Magazine Right
M01	Optional Stop	M22	Tool Magazine Left
M02	End of Program	M23	Tool Magazine Up
M03	Spindle On CW	M24	Tool Magazine Down
M04	Spindle On CCW	M25	Tool Clamp
M05	Spindle Stop	M26	Tool Unclamp
M06	Tool Change	M27	Clutch Neutral On
M07	Mist Coolant On	M28	Clutch Neutral Off
M08	Flood Coolant On	M30	End Program, Stop and Rewind
M09	Coolant Off	M98	Call Sub Program
M19	Spindle Orientation On	M99	End Sub Program
M20	Spindle Orientation Off		

قواعد لغة البرمجة:

- يبدأ البرنامج بالحرف O وإلى جانبه رقم البرنامج؛ مثلاً O13
- تبدأ كل كتلة في البرنامج بالحرف N وإلى جانبه رقم الكتلة؛مثلاً N0010
- ينتهي البرنامج بـأحد التعليمات التالية M30,M00
- إذا اجتمعت تعليمتا G Code (أو M Code) من المجموعة نفسها في كتلة واحدة فإن الأخيرة هي التي تنفذ
- تستخدم الأرقام الصحيحة للتعبير عن رقم البرنامج(خانتان)، رقم الكتلة (أربع خانات)، ولتحديد نوع التعليمة G Code/ M Code (خانتان)
- تكتب الأبعاد(X, Y, Z, U, V, W I, J, K) وقيم المعاملات المساعدة (P, D,...) باستخدام الأعداد الحقيقية (أربع خانات قبل الفاصلة وثلاث بعدها)

تفعيل و الغاء G & M Code

- تبقى التعليمة (G/M) فعالة إلى أن يرد تابع آخر من مجموعتها أو يجري إلغاء فعاليتها بواسطة توابع الإلغاء في المجموعة نفسها (للتوابع التي تتمتع بهذه الخاصة مثل G40)، أو إذا أطفئت الآلة أو ضغط زر RESET.

أمثلة:

N 0100 G00 X -20. Y 5. Z 40 .
N 0110 X 10. Y 5. Z 5.
N 0120 G01 X -20. Y 5. Z -5.

G00 ACTIVE

G00 Deactivated by G01

O 12 البرنامج الأساسي

N0000

N0020 .....G54

N0030 .....G57

N0040 .....M30

O 20 البرنامج الفرعي

N0000

N0100 .....G00

G54 & G57 are still active

Damascus University

O 12
البرنامج الأساسي
N0000
.
N0100 G00 X1 Y1 Z1
N0200 .....M30
O 20
البرنامج الفرعي
N0000
G00 is still active
N0100 X2 Y2
N0200 G02 X2 Y2
G02 is deactivated now by G02

- تبقى أداة القطع فعالة إلى أن يجري استبدالها بأخرى
- تبقى محتويات سجلات التخزين كما هي ما لم تعدل بواسطة التعليمة الموافقة (مثل G92 التي تسمح بتعديل السجل الخامس)؛ أو لم يضغط زر RESET أو لم يعد تشغيل الآلة
- تعطي الآلة المستخدمة في العملي إمكانية تجاوز أجزاء يحددها المستثمر من برنامجه بالضغط على الزر المبين في الشكل التالي:

وذلك على النحو التالي:

```
N0090   G00   X20.   Y25.   W30.
N0100    /..........................  Block to be skipped
```

إذا لم يضغط الزر المبين أعلاه تنفذ الكتلة N0100 ويجري تجاوزها عند ضغطه.

كتابة البرنامج:

- التهيئة initialization
  - تحديد واحدة قياس المسافة
  - تحديد جملة الإحداثيات (ديكارتية، قطبية)
  - تحديد مستوي العمل
  - تحديد النقطة المرجعية
  - تحديد آلة القطع وتعويض أبعادها
  - تحديد معدل التغذية
  - تحديد سرعة دوران أداة القطع وجهة دورانها
- الكتلة الأساسية

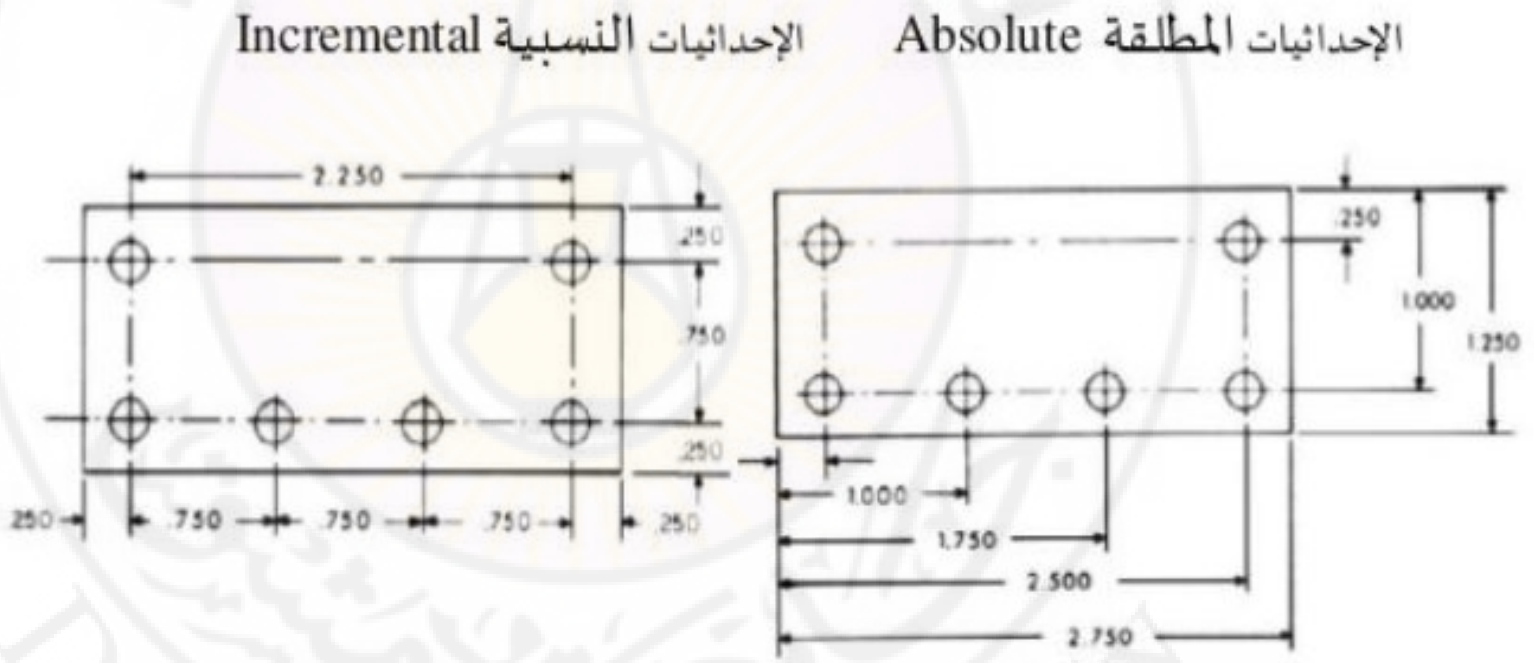
- تحديد جملة محاور الإحداثيات : ويتم باستخدام إحدى تعليمات المجموعات 9.

G17 : 1st axis switching
G18 : 2nd axis switching
G19 : 3rd axis switching
G20 : 4th axis switching
G21 : 5th axis switching
G22 : 6th axis switching

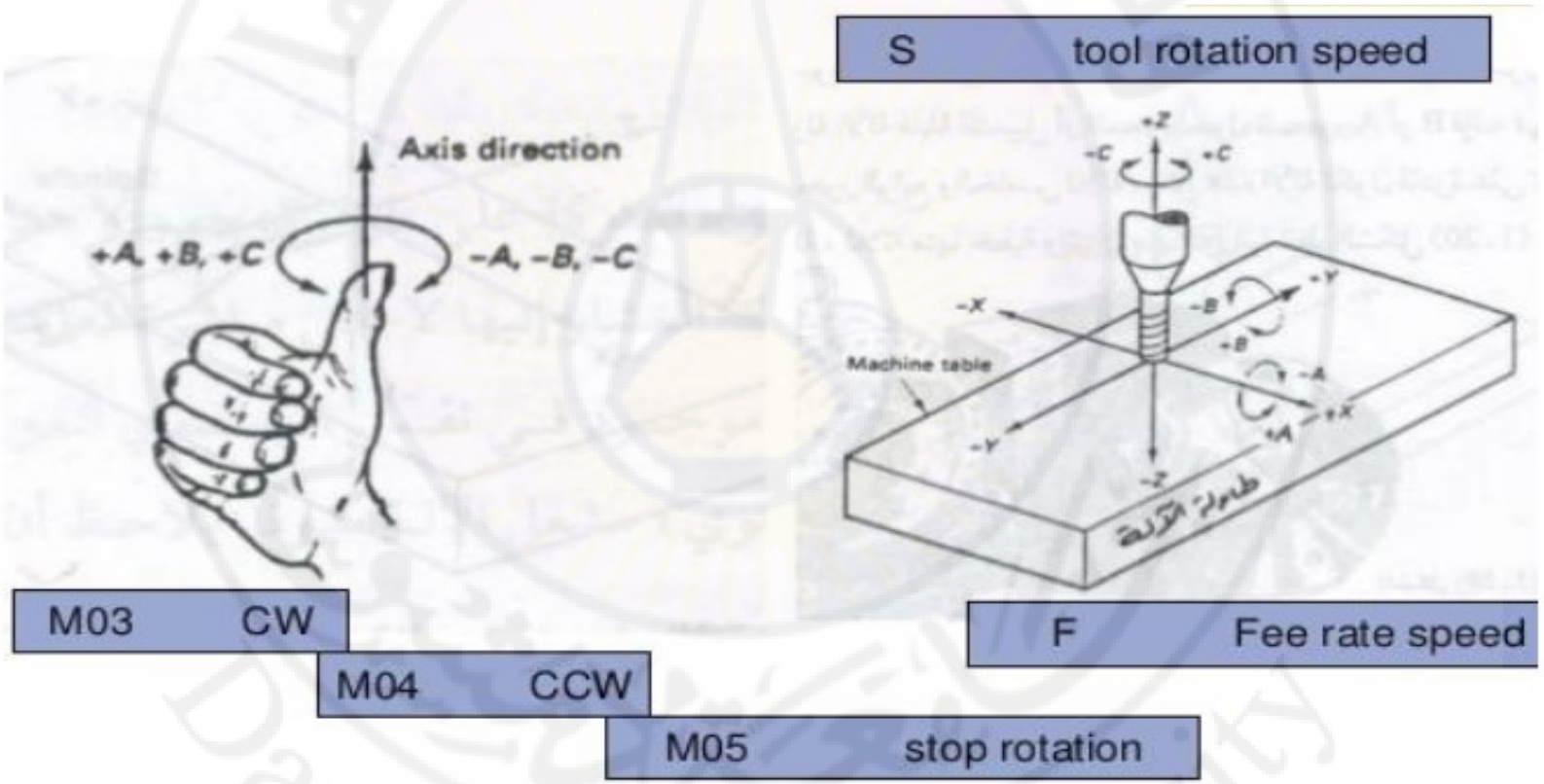
اختيار وحدات القياس:

- تحديد واحدة قياس المسافة
  - G70 واحدة القياس الإنكليزي inch
  - G71 واحدة القياس العالمي mm

أنماط الإحداثيات:



سرعة وجهة دوران القطع:



S tool rotation speed

F Fee rate speed

M03 CW

M04 CCW

M05 stop rotation

أوامر حركة أدوات القطع:

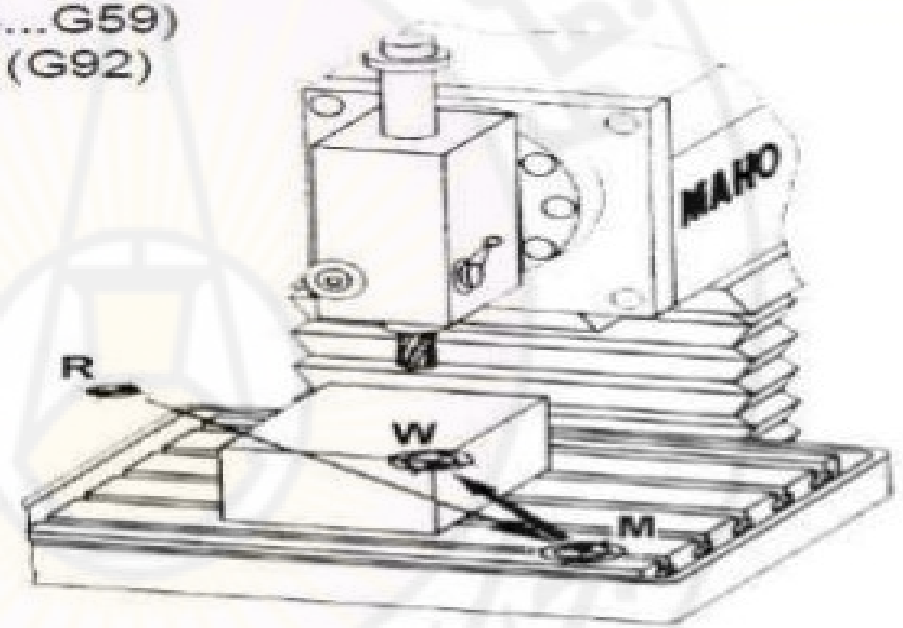
- معدل التغذية
- سرعة دوران أداة القطع
- جهة دوران أداة القطع

```
N0001   F300.
N0002   S500
N0005   M03    clock wise direction
                    OR
N0005   M04    counter clock wise direction

N00010  M05    Stop rotation
```

النقطة المرجعية:

Stored zero shifts (G54...G59)
Programmed zero shift (G92)



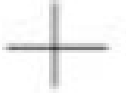
R = Reference point (maximum travel of machine)
M = Machine zero point (X0,Y0,Z0) of machine coordinate system.
W = Part zero point workpiece coordinate system.

CNC Programming Hints - MILLING

Machine reference point (maximum travel of machine)

Machine X Y zero point (could be tool change point)

Part X Y zero point (programming start point)



Indicates the tool change position. A G92 code will reset the axis register position coordinates to this position.

Damascus University

CNC Programming Hints - TURNING

Indicates the X Z 0 (zero) location which is the starting point for programming.

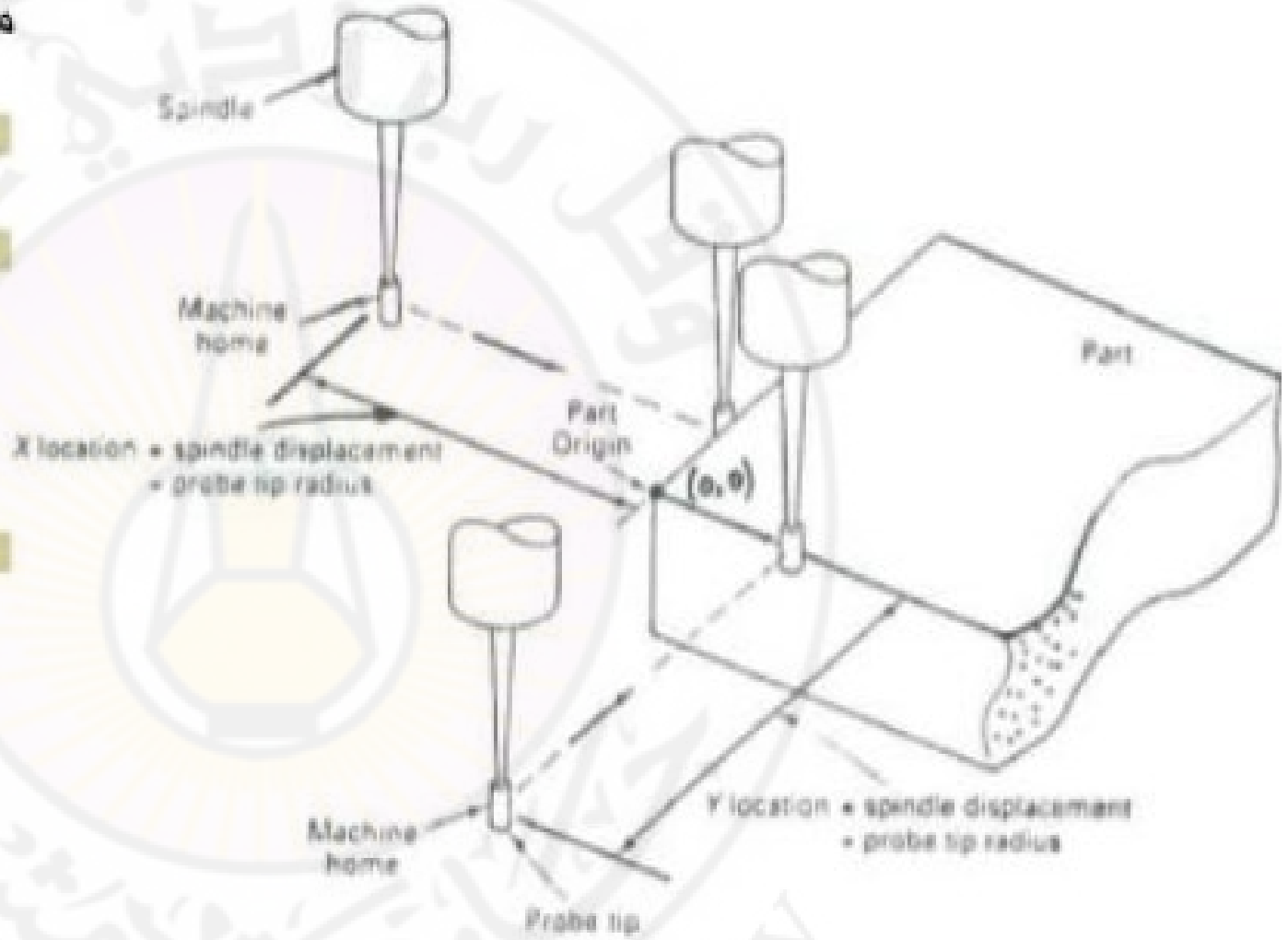
Indicates the tool-change position.

A G92 code will reset the axis register position coordinates to this position.

Damascus University

مراحل تحديد موضع نقطة العمل:

- تركيب حساس الموضع.
- ملامسة السطوح الجانبية للقطعة الخام باستخدام لوحة التحكم المباشرة
- تخزين القيم في سجلات الانزياح مع مراعاة التعويض لنصف قطر المجس



Damascus University

تعليمات G01 // G00

G00
الانتقال الخطي السريع

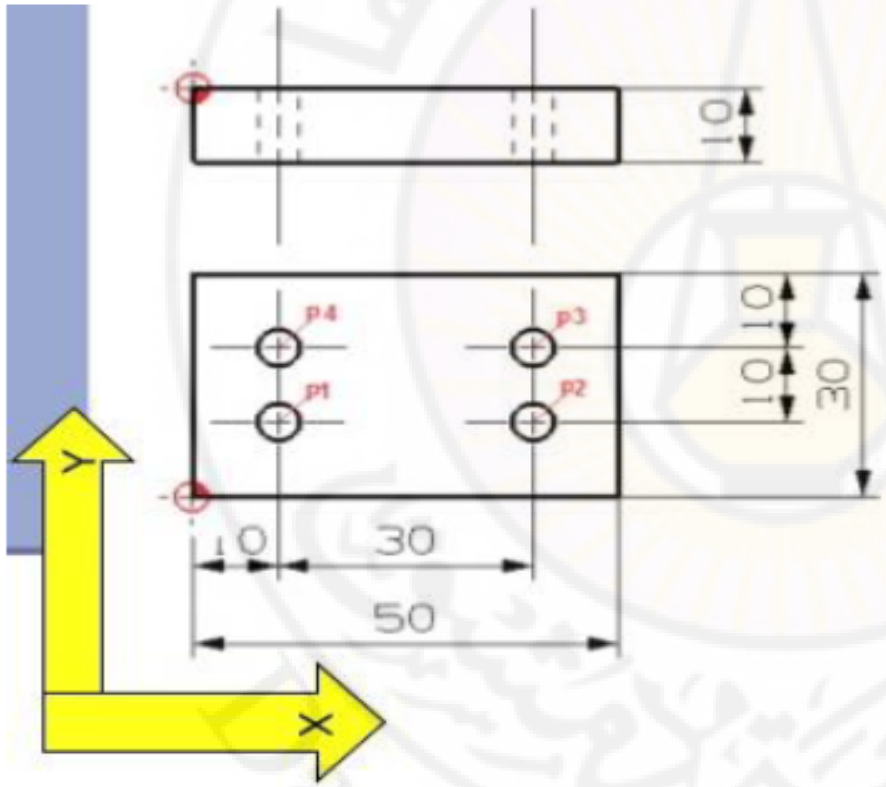
N0005 G00 X Y Z
U V W

G01
الاستيفاء الخطي

N0005 G01 X Y Z F
U V W

Damascus University

مثال ١



- اكتب برنامج تنفيذ الثقوب في القطعة الموصفة بالشكل التالي، علماً أن صفر القطعة معرف للآلة بالتسجيل G54. الأبعاد بالمليمتر، لا تحتوي الآلة الرقمية على دارات تثقيب.
- S=2500 RPM
- F=100 mm/min

Damascus University

الحل بالأبعاد المطلقة:

- O0001
- N0010 G54G17G90G71
- N0020.T1M06
- N0030 G00 X0.0Y0.0Z10.0
- N0040 X10.0Y10.0
- N0050 Z3.0
- N0060 G01 Z-15.0 F100 S2500 M03
- N0070 G00 Z3.0
- N0080 X40.0

- N0090 G01 Z-15.0
- N0100 G00 Z3.0
- N0110 Y20.0
- N0120 G01 Z-15.0
- N0130 G00 Z3.0
- N0140 X10.0
- N0150 G01 Z-15.0
- N0160 G00 Z10.0
- N0170 M30

Damascus University

الحل بالأبعاد النسبية:

- O0002
- N0010 G54G17G90G71
- N0020.T1M06
- N0030 G00 X0.0Y0.0Z10.0
- N0040 G91X10.0Y10.0
- N0050 Z-7.0
- N0060 G01 Z-15.0 F100 S2500 M03
- N0070 G00 Z15.0
- N0080 X30.0

- N0090 G01 Z-15.0
- N0100 G00 Z15.0
- N0110 Y10.0
- N0120 G01 Z-15.0
- N0130 G00 Z15.0
- N0140 X-30.0
- N0150 G01 Z-15.0
- N0160 G00 Z30.0
- N0170 M30

Damascus University

تعليمة G02 / G03

G02

الاستيفاء الدائري مع عقارب الساعة

N0005 G02 X Y Z I J K
U V W I J K

G03

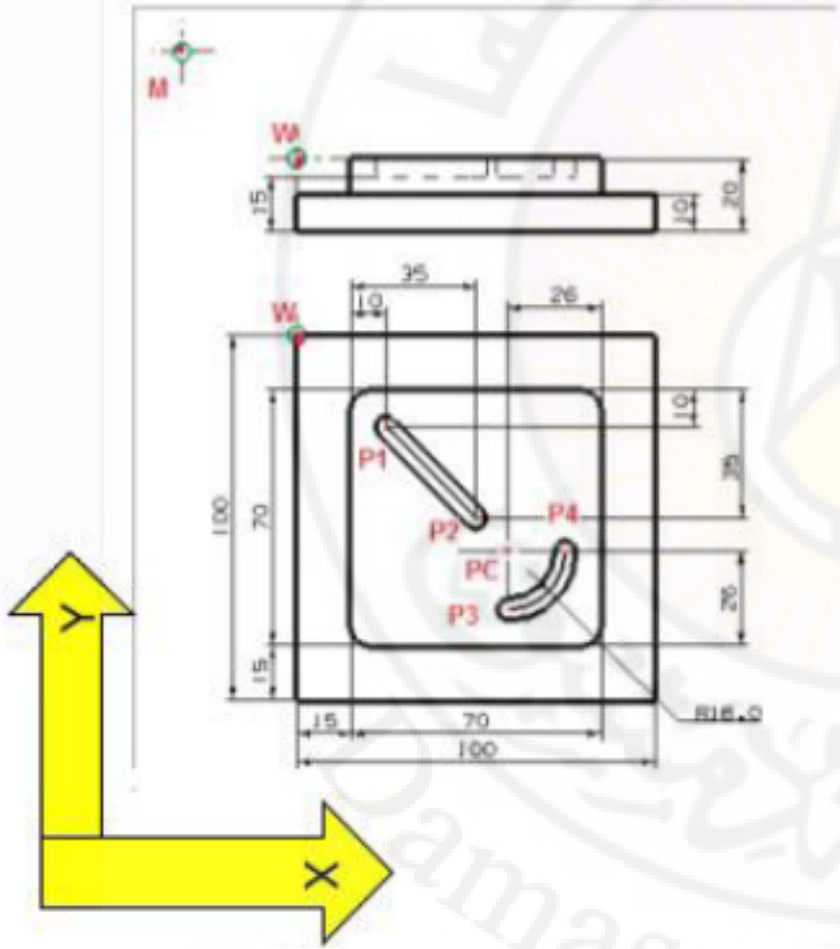
الاستيفاء الدائري عكس عقارب الساعة

N0005 G03 X Y Z I J K
U V W I J K

Damascus University

مثال ٢

- اكتب برنامج تنفيذ المجرى المائل والنصف دائري في القطعة الموصفة بالشكل التالي، علماً أن صفر القطعة معرف للآلة بالتسجيل G55. الأبعاد بالمليمتر.
- S=2500 RPM
- F=100 mm/min



الحل بالأبعاد المطلقة:

- O0003
- N0010 G55G17G90G71G21
- N0020 T1M06
- N0030 G00 X25.0Y-25.0Z10.0
- N0040 Z2.0
- N0050 G01 Z-5.0 F100 S2500 M03 M08
- N0060 X50.0Y-50.0
- N0070 G00 Z2.0
- N0080 X59.0Y-75.0

- N0090 G01 Z-5.0
- N0100 G03 X75.0Y-59.0 I0.0J+16.0
- N0110 G00 Z15.0
- N0120 M30

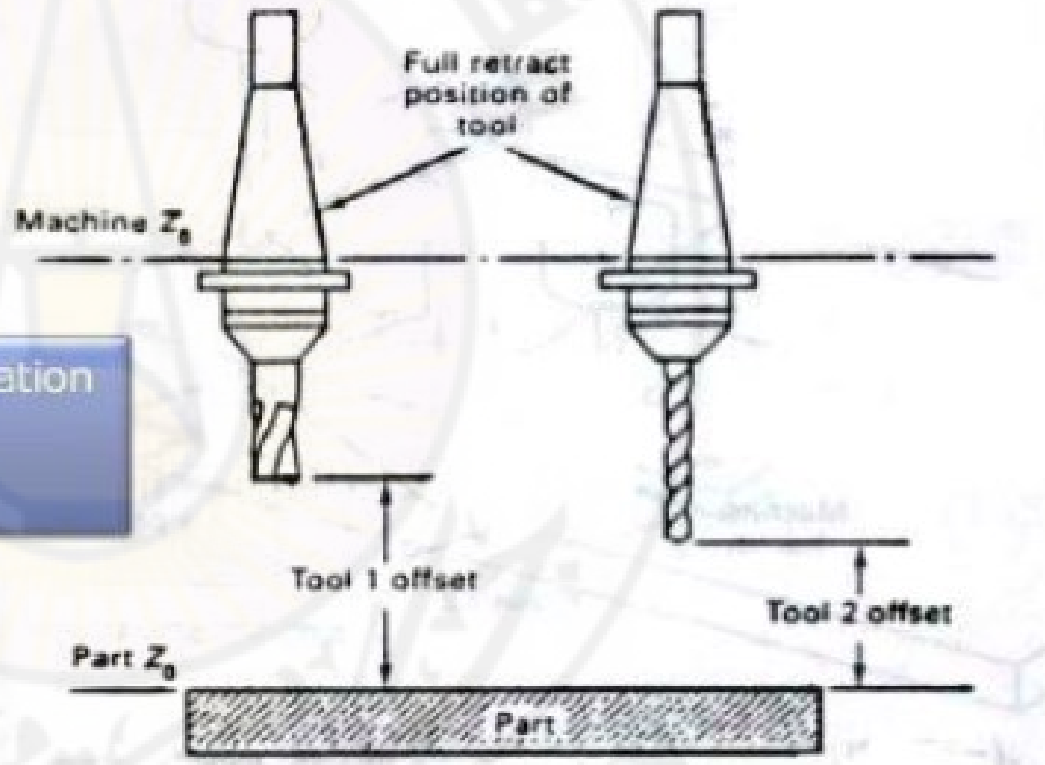
Or

- N0100 G03 X75.0Y-59.0 R16.0

Damascus University

تعويض طول أداة القطع G43

G49 : Cancellation of the tool length compensation
G43 : Cutter length compensation + VALUE
G44 : Cutter length compensation _ VALUE

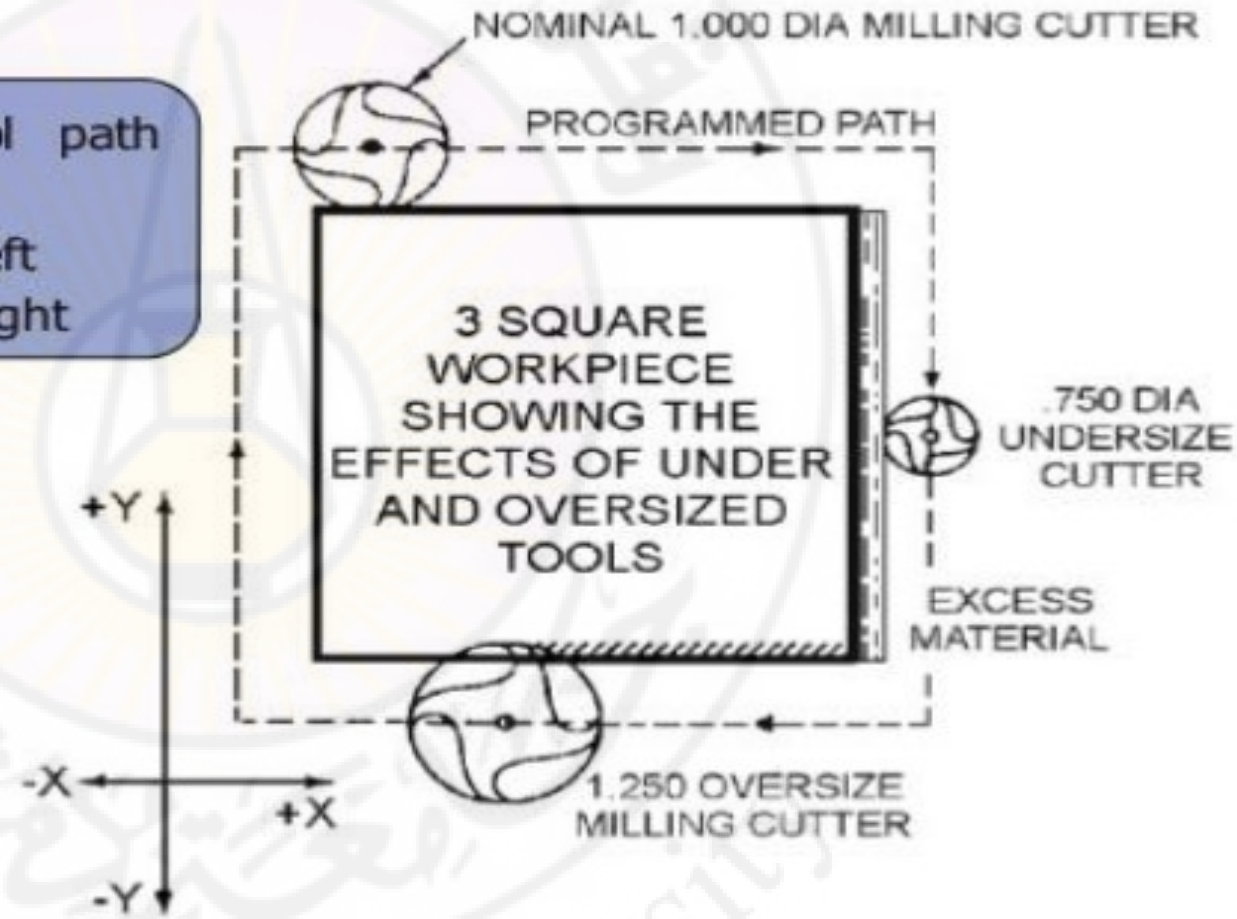


Tool length offsets

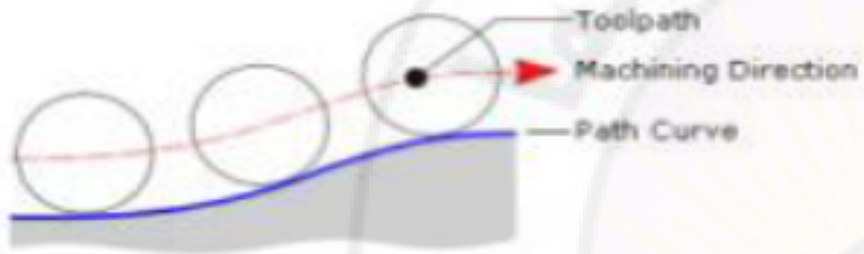
Damascus University

تعويض نصف أداة القطع G41 \ G42

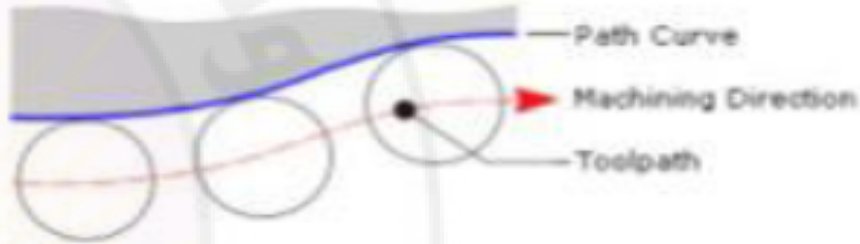
G40 : Cancellation of the tool path compensation
G41 : Cutter path compensation left
G42 : Cutter path compensation right



انزياح مسار أداة القطع

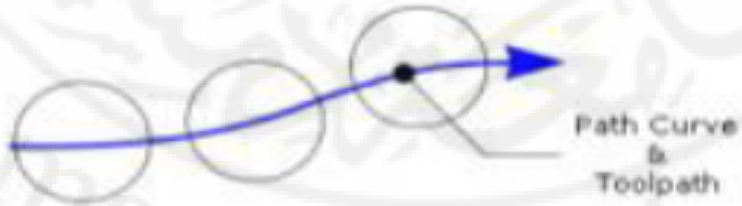


G41
Offset Direction = Left

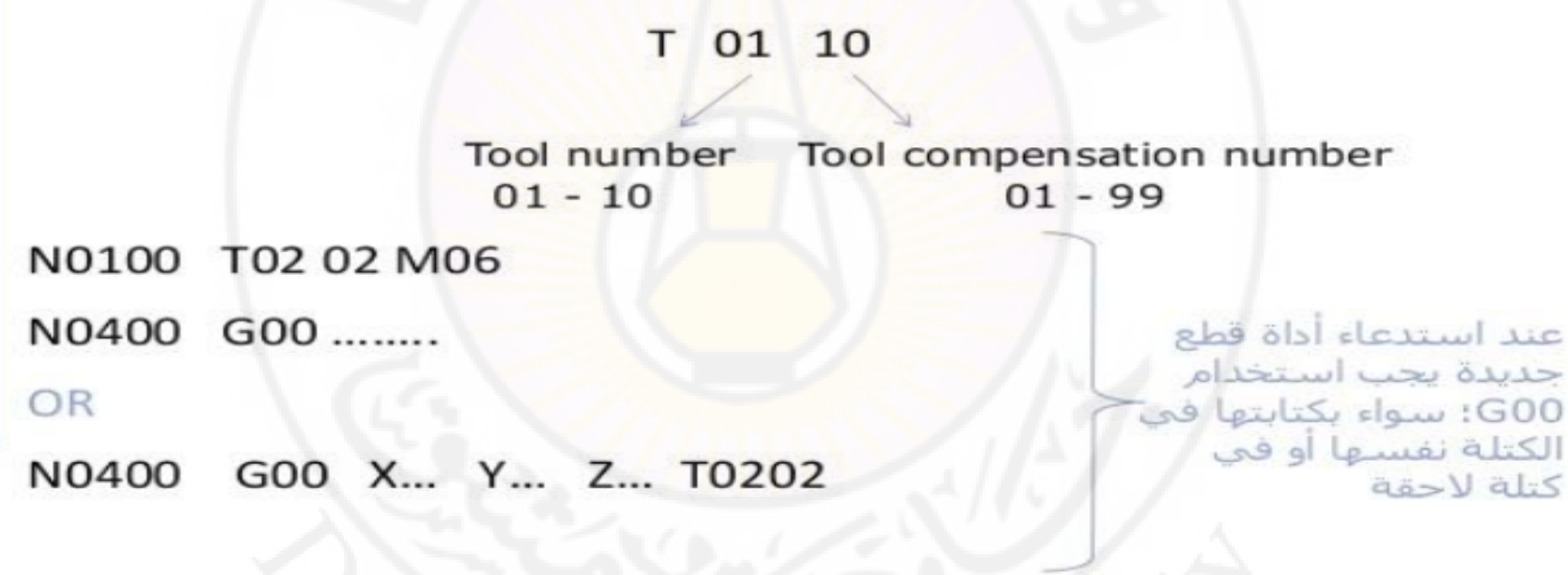


G42
Offset Direction = Right

G40
Offset Direction = Off



اختيار أداة القطع وإدخال المعلومات الخاصة بها:



استدعاء تابع فرعي

N0020 G25 L01 10

عنوان التابع الفرعي

عدد التكرار

L01 عنوان التابع الفرعي
N G00 X... Y...
N G81.....
N
N
N
M17 تعليمة مساعدة من أجل العودة للبرنامج الأم

الإحداثيات القطبية

G16 ;	Polar coordinate command mode ON

G15 ;	Polar coordinate command mode OFF

Damascus University

مراحل كتابة برنامج وتنفيذه

1. تشغيل الآلة Power on
2. اختيار نمط إدخال المعلومات Edit
3. كتابة البرنامج وتخزينه
4. اختيار نمط العمل الآلي Automatic
5. إعادة تهيئة الآلة بالضغط على RESET
6. اختبار البرنامج بعيداً عن القطعة
7. تنفيذ البرنامج على القطعة

Damascus University

أنظمة المخازن المؤتمتة

مقدمة: تعمل الشركات الى تخفيض مخزوناتها من المنتجات والمشغولات غير مكتملة التصنيع ولقد ساهمت الانظمة الآلية المرنة وبرامج تخفيض أعداد آلات التشغيل وفكرة التخزين في نقطة الاستخدام في هذا التخفيض ،علاوة على ذلك فلا بد من توافر المخازن في المنشآت الصناعية وعلى وجه التحديد المنتجات الجاهزة للتوزيع وكذلك قطع الغيار اللازمة للخطوط الانتاجية ،فمثلا لابد من وجود مخزون بالحد الادنى من قطع الغيار لتفادي التوقف المفاجئ والطويل للآلات منعا للتكاليف الباهظة للتوقف عند عدم توفر هذه القطع.

تقسم أنظمة التخزين عادة الى يدوية (رافعات شوكية...)والى أنظمة تخزين مؤتمتة ومختلطة أحيانا حسب الحاجة (أي واقعة بين اليدوية والمؤتمتة)شكل ().

ان مشاكل أنظمة التخزين تشمل أحيانا اختيار مواقع التخزين ،تصميم كيفية تخزين المنتج ووسائله ،ترتيب أوامر التخزين والاستدعاء.. الخ..

وظائف و أهداف أنظمة التخزين :

١-تأمين طلبيات الزبائن وحل أي تغيرات في حجم الطلبيات.
٢-التصدي للتغيير في حجم مستويات الانتاج.
٣-وضع الحلول عند التوسع في انتاجية الآلات .
٤-المرونة المناسبة بالجداول الانتاجية وتوزيعها للأقسام الانتاجية .
٥-تخزين المواد الخام.
٦-تخزين الانتاج الفائض.
٧-تداول المواد بالأحجام الاقتصادية .
٨-الاستفادة من الاسعار المنخفضة للمواد الخام في أوقات معينة .
٩-تعويض انتاج أيام العطل والمناسبات الرسمية .
١٠-انتظار الشحن لتلبية طلب محدد أو متوقع.

وسائل التخزين والعوامل المؤثرة في اختيارها وتصميمها :

الوسائل:

١-رفوف تخزين لحمولات الرافعات الشوكية :عبارة عن فتحات للتخزين في اتجاهين الطول والارتفاع بحيث تكفي كل فتحة لتخزين شحنة لرافعة شوكية أحجامها القاسية نظامية 50*80cm و120*120cm مع عمق لأكثر من عمق شحنة واحدة شكل ().

٢-رفوف كابوليه لتخزين المواد الطويلة مثل الأنابيب

٣-منصات دوارة (Rotating Carousels)لإعطاء امكانية التخزين والطلب من المواقع التي توجد في نهاية الممرات في قسم التخزين. ليس من الضروري استخدام الرفوف في كل الاحيان.

٤-نظام تكديس الكتل (Block Stacking)فوق بعضها البعض مما يوفر في تكلفة التخزين ويؤمن فراغا في قسم التخزين ،مع ملاحظة أن ارتفاع التكديس محدد بوزن المنتج الجاري تكديسه ويحدد هذا الارتفاع بمقدار المحافظة على توازن الكتل المكدسة وضمان عدم تعرضها للسقوط وما ينتج عنه من أضرار. يتم التفريغ لهذا النوع للصف بشكل كامل عند الطلب ليتيح المجال لتخزين منتج آخر وهكذا يسمى الصف الفارغ بفقد (ثقب)قرص العسل (Honey Comb Loss)وذلك بغرض الوصول الى الاحمال المخزنة سابقا (بالداخل)

العلاقة بين نظامي المناولة والتخزين للمواد:

اتجه التركيز حديثا في نظم التصنيع في اعتماد تصميم نظامي مناولة وتخزين المواد الى تحقيق الكفاءة الانتاجية بالمجمل عوضا عن تحقيق أفضل كفاءة لحركة المواد وتخزينها، ينتج عن ذلك توفير في طاقة المناولة والتخزين عند تصميم هذه الانظمة بهدف تمكين نظام التصنيع من التجاوب مع التغيرات في ظروف الانتاج،مما أدى الى اعادة ترتيب أولويات نظام المناولة والتخزين حيث أصبحت عملية التقليل من الحركة ومهام التخزين في الدرجة الثانية من الأهمية بعد عملية رفع كفاءة المنظومة الانتاجية بمجملها.

العلاقة بين نظامي المناولة والتخزين:

١-عند تصميم المخطط الداخلي لقسم التخزين وفي حال استخدام رافعة شوكية فمن الشائع ان نترك حوالي 50% من مساحة أرضية المخزن للممرات التي تتحرك فيها الرافعة الشوكية. أما في حال استخدام أنظمة آلية للتخزين نحتاج الى ممرات أضيق وعادة يكون عرض الممر أكبر من عمق المواد المنقولة (الذي يكون عموديا على اتجاه الممر) بحوالي 15cm.

٢-اذا كان التخزين لارتفاعات عالية (أكبر مما هو للرافعات الشوكية) فتستخدم أنظمة آلية للتخزين والطلب وبشكل عام فان التوجه الحديث يعمل على دمج أنشطة المناولة والتخزين ضمن منظومة متكاملة للتشغيل تشمل الاستلام والتفتيش والتخزين والانتاج والتجميع والتغليف ومخازن المنتجات النهائية والشحن والنقل.

مزايا وعيوب كل من التخزين العشوائي والتخزين غير العشوائي :

في الخزين العشوائي (Dedicated)فان كل منتج أو مادة خام يكون له موقع محدد ودائم في منطقة التخزين وعند طلب المنتج المخزن فان موقعه يحدد بنوعية المنتج ومجال التخزين المحدد له.

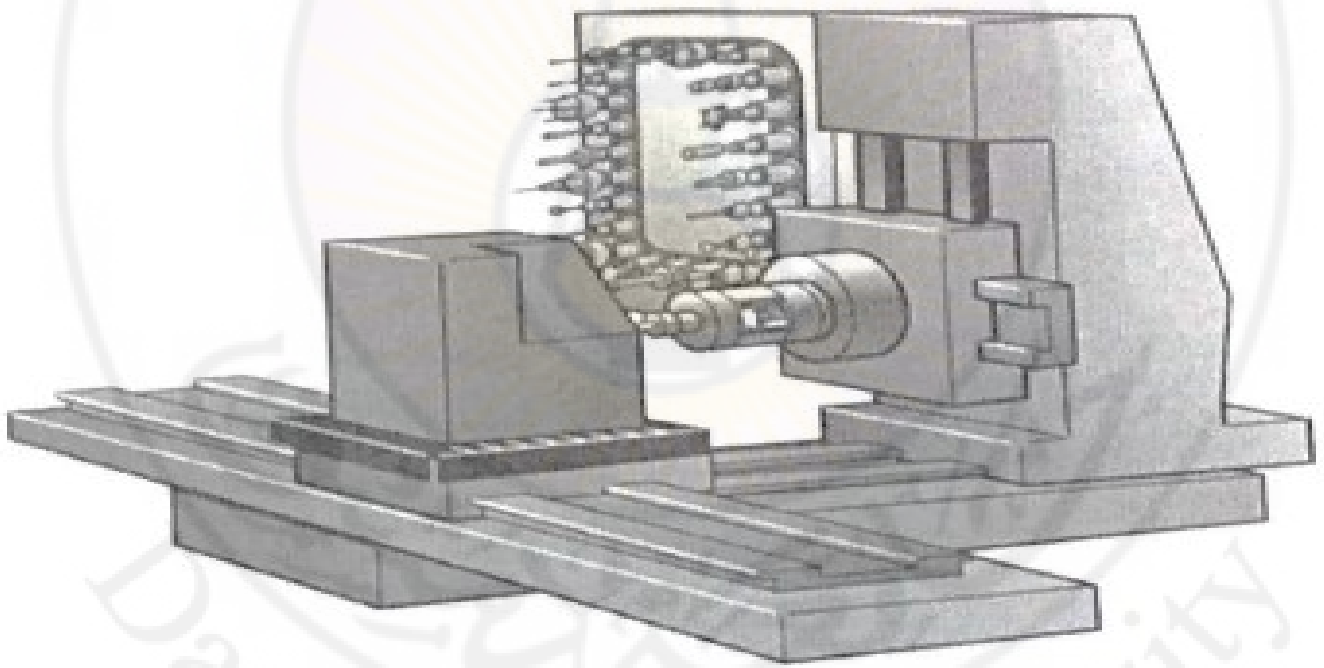
في التخزين العشوائي (Randomized) ويسمى بالتخزين المفتوح (open)يسمح بوضع المنتج أو المادة الخام في أي مكان من قسم التخزين. وفي هذه الحالة لابد من توافر معلومات كاملة عن المواقع الخالية المتاحة حاليا للتخزين.

ان المفاضلة بين التخزين العشوائي وغير العشوائي تعتمد على نوعية المنتج المطلوب تخزينه ،حجم المخزون معدل أوامر التخزين والطلب.

المقارنة بين النظامين :

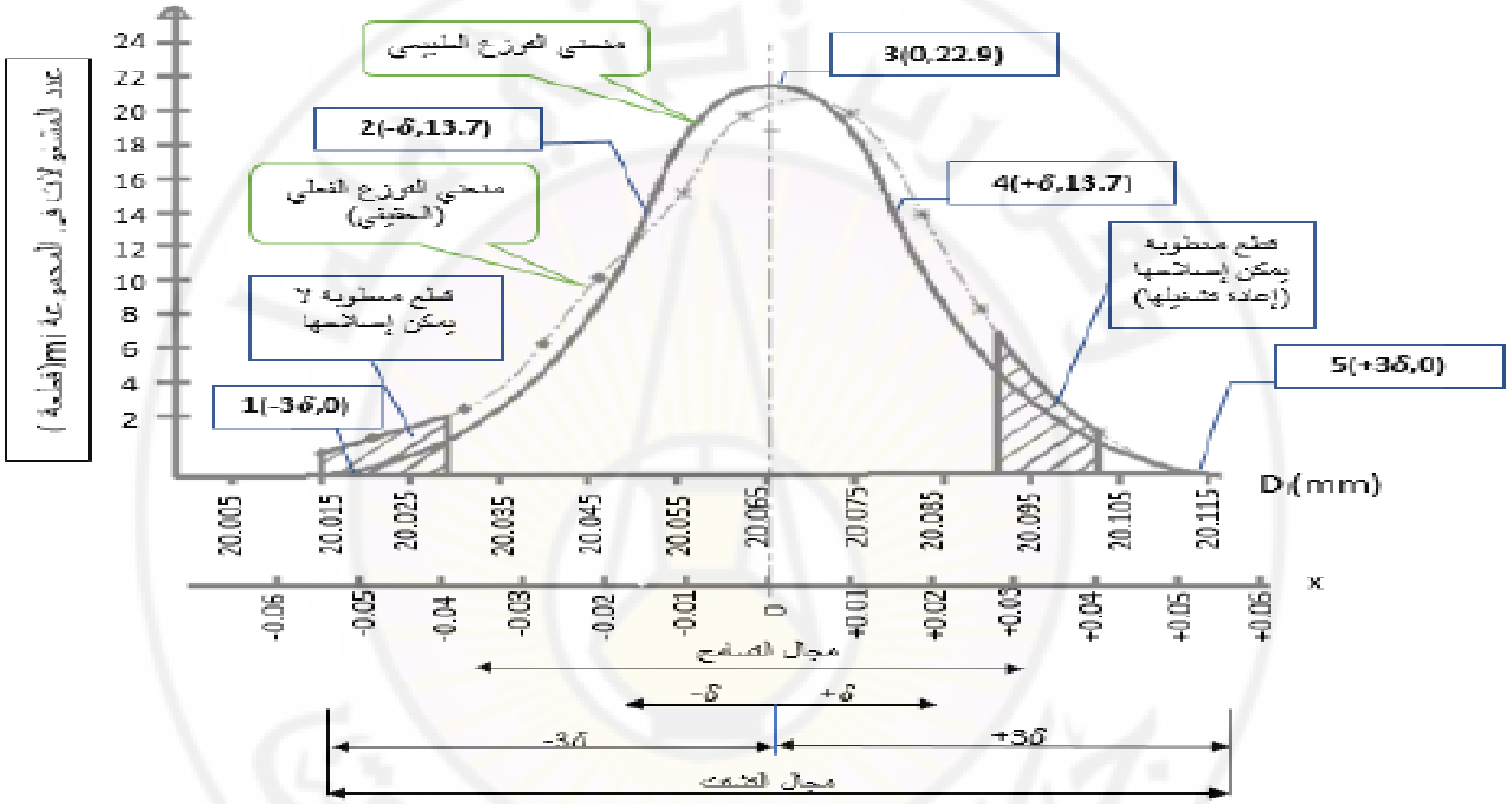
١-التخزين العشوائي يحتاج لعدد أقل من مواقع التخزين.
٢-في التخزين العشوائي حجم قسم التخزين المطلوب لقبول أعلى مستوى من التخزين الكلي يكون أقل بكثير في حالة التخزين العشوائي من الحجم المطلوب وذلك لأن الحجم المطلوب في حالة التخزين غير العشوائي سيكون عبارة عن مجموع أحجام التخزين لكل المنتجات بأعلى مستوى تخزين لكل منتج على حدى، مما ينتج عنه مستوى استغلال منخفض لمعظم حجم التخزين المتاح.
٣-يعطي التخزين العشوائي فعالية أكبر لاستخدام مبدأ التخزين المبني على سهولة امكانية الوصول الى المخزون عند الطلب. يكتسب نظام التخزين العشوائي فعالية اضافية في هذا الاتجاه بفضل امكانية استخدام التخزين المبني على تصنيف المخزون الى مستويات طبقا للزمن المتوقع لبقاء كل حمولة في المخزن قبل الحاجة لطلبها. تقسم مواقع التخزين في هذه الحالة الى درجات مقابلة لهذه المستويات حسب بعدها من موقع المدخل\المخرج الخاص بالمخزن وبالتالي فان أي حمولات داخلة للمخزن يتم الحاقها بمستوى معين حسب الزمن المتوقع لبقائها في المخزن.
أما في حالة التخزين غير العشوائي فان المخزون من المنتج المعين يكون كله في نفس الموقع حسب ما هو محدد له. ومن غير المتوقع طلب كل المخزون من هذا المنتج دفعة واحدة بل المتوقع أن يتم الطلب تدريجيا خلال الدورة الزمنية لتواجده في المخزن

آلة بمستودع لأدوات القطع مؤتمت: عادة تعطى أداة القطع رمزا (T)مع رقم بجانبها فإما ان تكون أداة تفريز وأداة تثقيب اوغيرها يحدده الرقم ويتم تضمينه في البرنامج مع الاخذ بالاعتبار تعويض طول او قطر أداة القطع او حتى طول أداة القطع ويمكن ان يكون التعويض يميني او يساري.



تعويض اهتراء أداة القطع: مع استمرار العمل لكل جزء من الالة عمر محدد ومنها أداة القطع والتي تهترئ فلذلك لابد من تعويض ذلك من خلال البرنامج تبعا لنوع مادة أداة القطع ولبارامترات عملية القطع المستخدمة.

ضبط الجودة: يطبق على ضبط الجودة منحني غوص والذي يبين نسبة المنتجات المرفوضة الى المنتجات المقبولة وفي نهاية الخط الإنتاجي والمؤلف من عدة آلات نقطة للفحص والتفتيش يحدد فيها المنتجات المقبولة والمرفوضة، المنتجات المقبولة يوضع عليها لصاقة معينة تعني انها سليمة وتؤخذ الى مستودع تخزين المنتجات والقطع المرفوضة تعاد اذا امكن معالجة الخلل والا تعتبر من النفايات.



يبين الشكل منحنى التوزع الطبيعي (غوص) نسبة المنتجات المقبولة والمرفوضة بالاعتماد على مجال التسامح للمشغولة.