ميكانيك الإنتاج

العلوم الصناعية الخاصّة والتدريب العملي

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الثاني

12

فريـق التأليـف

د. زبيدة حسن أبو شويمة (رئيسًا)

م. «محمد أمين» جبر أبو دوش (منسقًا)

م. ثامر سامي الحلايبة　　رائد تيسير العقايلة　　م. محمود فتحي القدح

م. سيف الدين محمد الحراسيس

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 / 235　06-5376266　P.O.Box: 2088 Amman 11941

@nccdjor　feedback@nccd.gov.jo　www.nccd.gov.jo

قـرّرت وزارة التربيـة والتعليـم تدريـس هذا الكتاب في مـدارس المملكة الأردنية الهاشـمية جميعهـا، بناءً على قـرار مجلس التربيـة والتعليم رقم (121/ 2022) تاريـخ 6/ 12/ 2022م، بدءًا من العـام الدراسي 2022/ 2023م.

ISBN: 978 - 9923 - 41 - 403 - 3

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2022/11/5716)

373,19

الأردن. المركز الوطني لتطوير المناهج

ميكانيك الإنتاج: العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي : الصف الثاني عشر (الفصل الدارسي الثاني)

المركز الوطني لتطوير المناهج. – عمان: المركز، 2022

(242) ص.

ر.إ.: 2022/11/5716

الواصفات: / **المناهج** / / **التطوير التربوي** / / **العلوم الصناعية** / **التعليم الثانوي** /

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الطبعة الأولى (التجريبية) 1443 هـ/ 2022 م

قائمة المحتويات

الفصل الدراسي الثاني

الوحدة		الموضوع	الصفحة
الإرشادات والتعليمات			
الرابعة: ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC)	أولًا	التحكّم الرقمي.	6
	ثانيًا	أنظمة الإحداثيات (Coordinate systems).	21
	ثالثًا	عناصر البرنامج ولغة البرمجة.	27
	رابعًا	إضافة أداة قطع جديدة ونقاط الصفر إلى ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC)، في المحورين X، Z. وتركيب البرنامج والتحقّق منه.	40
	خامسًا	التمارين العملية.	54
الخامسة: التفريز الآلي المحوسب	أولًا	ماكِنات التفريز المحوسب.	98
	ثانيًا	محاور ماكِنات التفريز المحوسبة الأساسية والإضافية	102
	ثالثًا	برمجة ماكِنات التحكّم الرقمي التفريز.	108
	رابعًا	أنظمة التحكّم.	118
	خامسًا	التمارين العملية.	144
السادسة: القطع بالبلازما	أولًا	عملية القطع بالبلازما (Plasma Cutting Process)	186
	ثانيًا	التمارين العملية	196
السابعة: اللحام بالأُكسي أستلين	أولًا	اللحام بالأُكسي أستلين (Oxy-Acetylene Welding)	208
	ثانيًا	التمارين العملية	226
مسرد المصطلحات			239
المصادر والمراجع			241

الوحدة الرابعة

ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC)

- بِمَ يُستفاد من ماكِنات الخراطة ذات التحكّم الرقمي الحاسوبي (CNC)؟
- ما أشكال قِطَع العمل التي يُمكن إنتاجها على ماكِنات الخراطة المحوسبة؟
- هل وفّرت هذه التقنيات المبنية على الحاسوب إمكانية تصنيع منتجات على دفعات صغيرة بدقّة عالية وتكلفة منخفضة؟

4

كان للحرب العالمية الثانية تأثير كبير في تطوّر تصنيع ماكِنات (NC)؛ لأنّ الحاجة أمّ الاختراع. لقد كانت صناعة الطائرات في ذلك الوقت تُعاني من مشكلات كثيرة؛ نتيجة للتطوّر الكبير في تصميم أجزائها ذات التعقيدات الكبيرة في الشكل، والدقّة العالية في المقاسات التي لا يمكن الحصول عليها باستعمال ماكِنات القطع التقليدية، إضافة إلى الحاجة إلى تكرار إنتاج هذه الأجزاء بالمواصفات نفسها سواء في الشكل أم الدقّة المطلوبة التي لم يكن ضمانها ممكنًا باستعمال الأساليب التقليدية. ومنذ منتصف القرن العشرين حدثت تطوّرات علمية وتقنية، وكان من أبرزها اختراع الحاسوب الذي يُشكّل العمود الفقري لتطوير تقنيات عدّة صناعية من تحكّم رقمي، وتصنيع مدعّم بالحاسوب (CAM)، ونظم تصنيع مرنة (FMS). وقد وفّرت هذه التقنيات المبنية على الحاسوب إمكانية تصنيع منتجات على دفعات صغيرة بدقّة عالية وتكلفة منخفضة، وقد ساعد الحاسوب العامل البشري على اتّخاذ القرار؛ فصُنعت أوّل ماكِنة تشغيل تعمل بالتحكّم الرقمي واستعملت لأوّل مرّة في الصناعة الامريكية عام 1957م، ثمّ عرضت الشركات الألمانية أوّل ماكِنات تعمل بالتحكّم الرقمي من إنتاجها في هانوفر عام 1960م.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

يُتوقّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف ماكِنات الخراطة ذات التحكّم الرقمي بالحاسوب.
- يُميّز بين أنواع التحكّم الرقمي المستعمل.
- يكتشف أهمّية التحكّم الرقمي بالحاسوب.
- يُقارن بين ماكِنات الخراطة التقليدية وماكِنات الخراطة بالحاسوب.
- يستعمل آلة (CNC) استعمالًا صحيحًا، ويتعرّف أجزاءها.
- يُحدّد محاور الحركة الرئيسة في ماكِنات الخراطة (CNC).
- يُميّز بين أنظمة الإحداثيات (Path Systems) المطلقة والنسبية.
- يتعرّف إلى طرائق البرمجة اليدوية والآلية.
- يفهم عناصر البرنامج ولغة البرمجة.
- يتعرّف لغة البرمجة والأوامر المستخدمة.
- يكتب البرنامج بلغة (G-Code).
- يُضيف أداة قطع، ويُميّز نقاط الصفر على ماكِنة الخراطة (CNC).
- يُثبّت نقاط صفر المشغولة على ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC) في المحورين X, Z.
- يُركّب برنامجًا ويفحصه ويتحقّق منه؛ لبدأ العمل على الماكِنة.
- يؤدّي التمارين العملية على الماكِنة في مشغل ميكانيك الإنتاج.

أوّلًا: التحكّم الرقمي

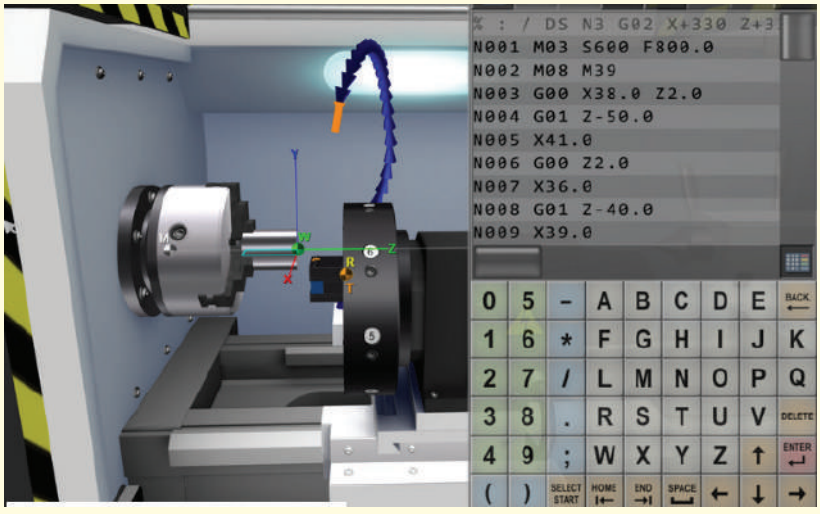
النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف ماكِنات الخراطة ذات التحكّم الرقمي بالحاسوب.
- يُميّز بين أنواع التحكّم الرقمي المستعمل.
- يكتشف أهمّية التحكّم الرقمي بالحاسوب.
- يُقارن بين ماكِنات الخراطة التقليدية وماكِنات الخراطة بالحاسوب.
- يستعمل ماكِنة (CNC) استعمالًا صحيحًا، ويتعرّف أجزاءها.
- يُحدّد محاور الحركة الرئيسة في ماكِنات الخراطة (CNC).

انظر وتساءل

كيف أُدخلت البرمجة المحوسبة على ماكِنات الخراطة التقليدية؟ وما الأثر المترتّب في الوقت والجهد ودقّة قِطَع العمل؟



استكشف

ناقش زملاءك ومعلمك في آلات الخراطة المحوسبة، وتعرُّف أجزائها ومبدأ عملها، ولغة البرمجة الخاصّة بها.

اقرأ وتعلّم

1- التحكّم الرقمي NC (Numerical Control)

هو طريقة للتشغيل الآلي لماكِنات التشغيل بالاعتماد على مجموعة من الإشارات الخاصّة؛ وهي مجموعة كاملة من التعليمات المعدّة لتنفيذ عملية تشغيل تُسمّى البرنامج (Program). هذا البرنامج يُترجم إلى إشارات كهربائية متوافقة (Corresponding) لتتلقّاها المحرّكات التي تُشغّل ماكِنات التشغيل. وتكوّن مجموعة من هذه الجمل (التعليمات) ما يُسمّى برنامج التحكّم الرقمي (NC)، وتُنظّم هذه التعليمات بطريقة منطقية؛ إذ توجّه الماكِنة لأداء عمل محدّد ويكون في الغالب إنتاج مشغولة أو جزء منها.

أهم مزايا التحكّم الرقمي:

1- اختصار زمن تهيئة الأجزاء وتصنيعها.

2- الحصول على مشغولات دقيقة.

3- تقليل نسب رفض المنتوجات نتيجة أخطاء العاملين.

4- عدم الحاجة إلى مهارات يدوية أو جهد عالٍ.

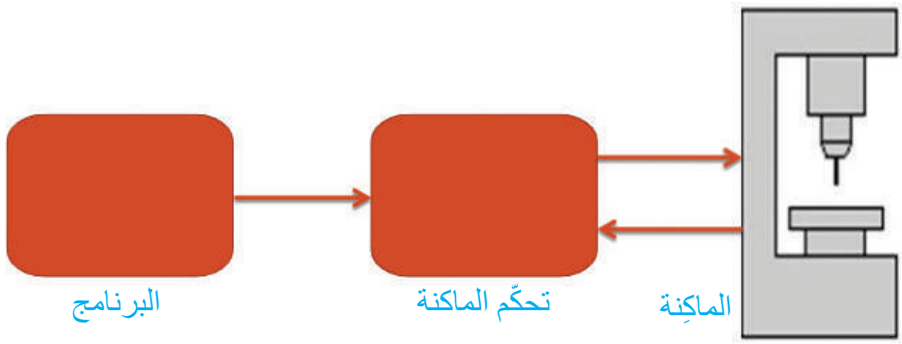
5- إنتاج مشغولات معقّدة لا يمكن إنتاجها بالطرائق التقليدية.

ويتكوّن نظام التحكّم الرقمي من الأجزاء الرئيسة الآتية، كما هو موضّح في الشكل (1):

1- برنامج من التعليمات أو البرنامج الجزئي (Program of instructions).

2- وحدة تحكّم الماكِنة (Machine Control Unit).

3- مَعدّات التصنيع (الماكِنة) (Processing Equipment).

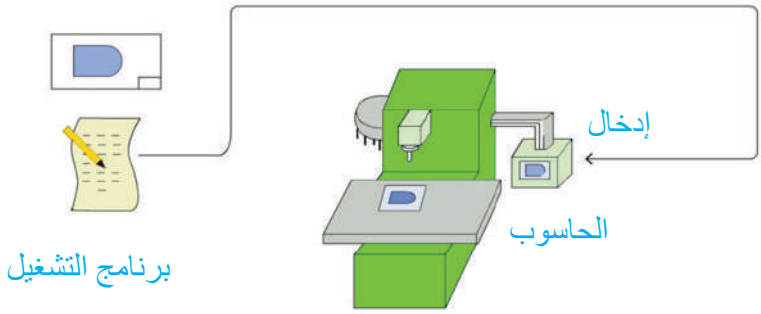


الشكل (1): الأجزاء الرئيسة لنظام التحكّم الرقمي (NC).

2- التحكّم الرقمي بالحاسوب CNC

يحتفظ التحكّم الرقمي بالحاسوب (CNC) بالمبادئ الأساسية نفسها لماكِنات التحكّم الرقمي (NC) ولكن معَ إضافة حاسوب يحتوي على وحدة تحكّم Machine Control Unit (MCU) تُعالج برنامج التشغيل وتقارنه بالحركات العامّة التي تستطيع الماكِنة إنجازها كما في الشكل (2). تحتوي وحدة التحكّم على برمجيات (Soft Ware) التي تُخزّن برامج التشغيل بحيث تبقى في الذاكرة عندما تتوقّف الماكِنة عن العمل؛ لذا، يمكن إعادة تشغيل البرنامج بشكل متكرّر للحصول على آلاف المشغولات المُصنّعة. كما يحتوي الحاسوب على لوحة مفاتيح ذات أحرف وأرقام لإدخال برنامج التشغيل يدويًّا، وهو مزوّد بشاشة تعرض برنامج التشغيل ومسار الأداة القاطعة الناتج الذي يمكن عن طريقه معرفة الأخطاء في برنامج التشغيل. إنّ العديد من ماكِنات (CNC) المحوسبة ما زالت تحتفظ بكثير من تصميم ماكِنات (NC).

- مخطط المشغولة
- بيانات العدّة
- الحاسوب

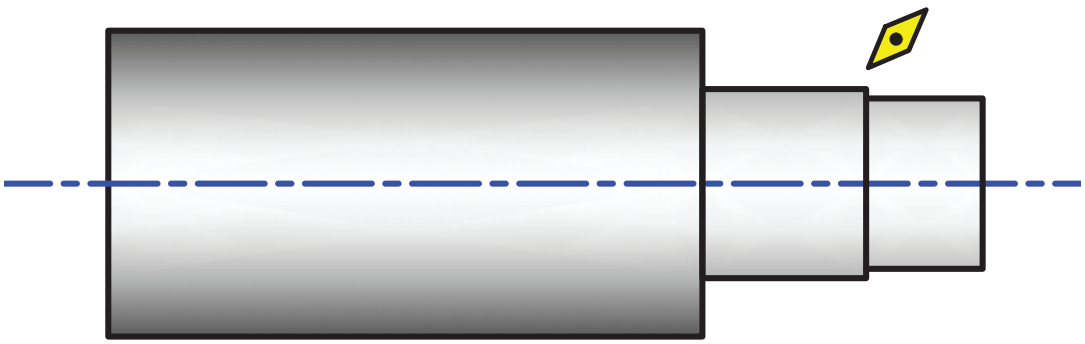


الشكل (2): الأجزاء الرئيسة لنظام التحكّم الرقمي (CNC)

أنواع التحكّم المستعملة في المخارط المحوسبة

1- النوع الأوّل (التحكّم الخطّي) (Linear path control):

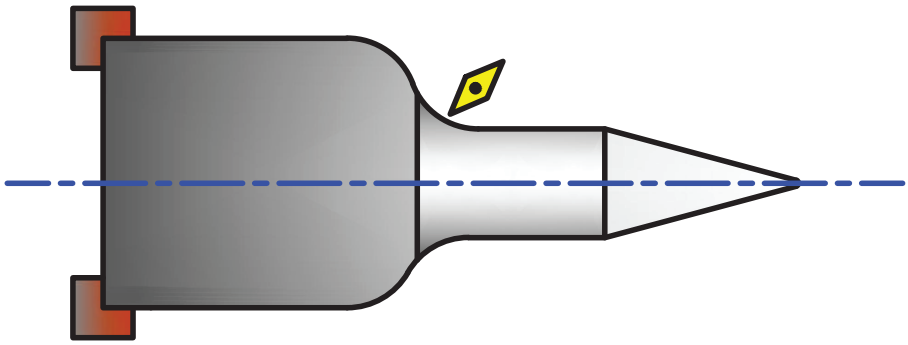
- يُستعمل التحكّم الخطّي في مخارط وفرائز (CNC).
- يكون استعماله في محور واحد فقط؛ إمّا محور (X) وإمّا محور (Z).



الشكل (3): التحكّم الخطّي.

2- النوع الثاني (التحكّم الكنتوري) Contouring control

- يُستعمل التحكّم الكنتوري في مخارط وفرائز (CNC).
- يكون استعماله في محورين في آن واحد (X) و(Z) مع بعضهما.
- يكون التحكّم الكنتوري على شكلين؛ خط مائل (سِلبّة) وقوس.



الشكل (4): التحكّم الكنتوري.

أهم الخصائص لماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC):

1- البرامج المخزّنة (Stored Programs)

أصبح في الإمكان الاحتفاظ بالبرامج الجزئية داخل ذاكرة الحاسوب؛ إذ يُمكن تُشغيل ماكِنات (CNC) عن طريقه مرّات عديدة ومتكرّرة لإنتاج الجزء نفسه، مع الاحتفاظ بالبرنامج في ذاكرة الحاسوب حتّى بعد انتهاء العمل.

2- خصائص التعديل (Editing Facilities)

أضاف إدخال الحاسوب على أنظمة التحكّم إمكانية إجراء تعديلات على برامج القطعة الموجودة في الذاكرة؛ لذا، فإنّ التعديلات والتحسينات وإصلاح الأخطاء، يمكن إجراؤها على الماكِنة في ضوء وحدة الحاسوب، وبعد ذلك يُمكن الاحتفاظ بالنسخة المعدّلة من البرامج على الحاسوب.

3- البرامج الفرعية (Sub Programs)

من الخصائص التي استُنبِطت في ماكِنات (CNC) خاصّية تعريف برامج فرعية يمكن استدعاؤها وتنفيذها في ضوء البرنامج الرئيس عدّة مرّات، وتفيد هذه الخاصّية في حالة تجزئة عملية إنتاج معيّنة مرّات عديدة في أثناء البرنامج، ما يُقلّل من طول البرنامج. ومن أمثلة عمليات الإنتاج التي يمكن تكرارها في أثناء البرنامج مجموعة من الثقوب المتماثلة في أماكن مختلفة من المشغولة.

4- استعمال ظروف القطع المثلى (Optimized Machining Condition)

نتيجة للتطوّر الهائل في صناعة الحاسوب وقدرته السريعة على عمل الحسابات المعقّدة في وقت قصير، أمكن التحكّم في استعمال عوامل القطع المناسب في أثناء عملية القطع. مثال ذلك، إمكانية التغيير المستمرّ لسرعة عمود الدوران في المخرطة لتناسب سرعة القطع المناسبة في حالة تغيّر عمق القطع، وذلك في أثناء عمليات القطع الوجهي.

5- خصائص الاتّصالات (communications Facilities)

أعطى استعمال الحاسوب في ماكِنات (CNC) إمكانية اتّصاله بأنظمة الحاسوب الأخرى المتوافرة في المصنع؛ لذا، أصبح بالإمكان إنزال برنامج القطع إلى وحدة التحكّم عن طريق توصيل الماكِنة بحاسوب خارجي.

6- اكتشاف الأعطال (Diagnostics)

تأتي ماكِنات (CNC) الحديثة مجهّزة بحزم برامج ذكية لاكتشاف الأعطال؛ نتيجة لإجراء اختبار شخصي لوظائف الدوائر الإلكترونية الموجود في الماكِنة.

7- المعلومات الإدارية (Management Information)

نتيجة تحكّم نظام (CNC) في غالبية الوظائف على الماكِنة عن طريق الحاسوب، يُمكن توصيله في أيّ نظام حاسوب آخر وإرسال بعض البيانات عن عملية الإنتاج التي تُفيد في اتّخاذ بعض القرارات الإدارية. ومن أمثلة هذه البيانات التي يمكن الوصول إليها من حاسوب الماكِنة، زمن تشغيل عمود الدوران وزمن تشغيل الجزء، وغيرها...

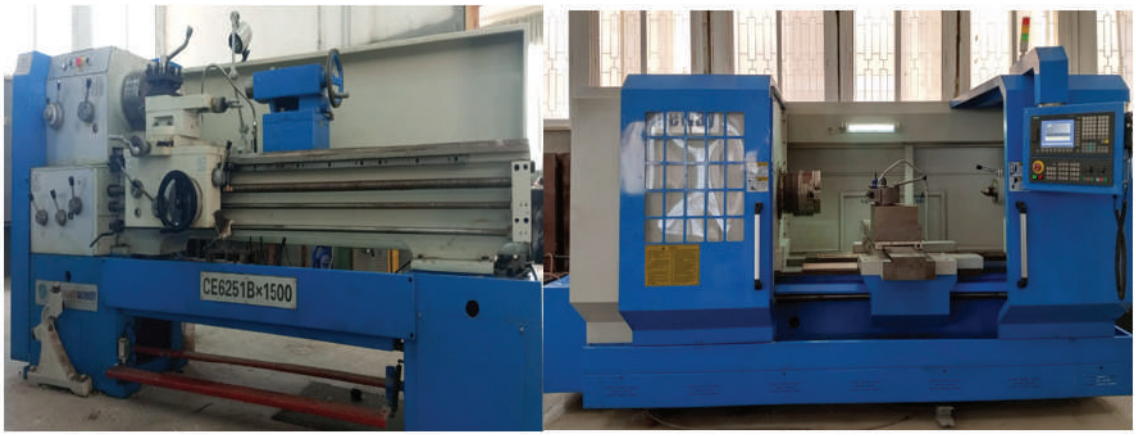
8- اختبار البرنامج (Program Providing Facilities)

كثير من ماكِنات (CNC) تحتوي على حزم برامج تُنفّذ المعلومات الموجودة في برنامج واختبار شكل الجزء المنتَج قبل عملية الإنتاج الفعلية. ويجري تنفيذ ذلك وإظهاره بالرسم على وحدة إظهار مرئية (الشاشة).

مقارنة ماكِنات (CNC) المحوسبة والماكِنات التقليدية للقطع

تعتمد عمليات قطع المعادن بالطريقة التقليدية بصورة أساسية، على مهارة العامل وقدرته على ضبط الماكِنة من أجل الوصول إلى الجزء المطلوب إنتاجه. ويُراجع العامل في كلّ مرّة الرسم ويقيس أبعاد العيّنة ليحدّد القِيَم المطلوب قطعها. ومن ثمّ، تزداد عمليات الحسابات اليدوية بوساطة العامل في أثناء القطع. تجري عمليات تغيير العدّة وضبطها وكذلك ضبط العيّنة المراد تشغيلها في أثناء عملية القطع على الماكِنة. وبالنظر إلى ذلك، يتّضح أنّ معظم الوقت المخصّص للإنتاج يُستهلك في أعمال ليس لها علاقة بعملية القطع للجزء، ويظهر هذا العيب بصورة واضحة في حالة تكرار إنتاج الجزء نفسه بأعداد كبيرة.

ومن العيوب الموجودة في بعض الماكِنات التقليدية صعوبة الحصول على عوامل القطع المناسبة؛ نتيجة التحكّم في السرعات والتغذية بوسائل ميكانيكية تعتمد على نسبة النقل للتروس المتوافرة فيها. وخلال السنوات الماضية صُمّمت ماكِنات مختلفة للتغلّب على المشكلات السابقة كالمخارط الناسخة والمخارط البرجية والمخارط الأتوماتيكية باستعمال الكامات. ولكن كلّ هذا التطوّر نتج عنه عمليات ضبط طويلة بوساطة أشخاص متخصّصين ذوي خبرة عالية. وعلى العكس من ذلك فإنّ ماكِنات (CNC) تغلّبت على معظم هذه المشكلات. يوضّح الشكل (5) ماكِنة خراطة تقليدية وماكِنة خراطة (CNC).



الشكل (5): ماكِنة خراطة تقليدية وماكِنة خراطة (CNC).

الجدول (1): مقارنة بين الماكِنات التقليدية وماكِنات (CNC) للقطع

الرقم	الماكِنات التقليدية	الماكِنات المحوسبة
1	وقت ضبط الماكِنة والعيّنة طويل في أثناء القطع.	وقت ضبط الماكِنة والعيّنة قصير جدًّا في أثناء القطع.
2	التحكّم يدويًّا في محور واحد.	التحكّم آليًّا في كلّ المحاور مع شروط القطع المناسبة.
3	صعوبة الحصول على دقّة عالية في المقاسات، مع عدم القدرة على تكرار الأجزاء بالمواصفات والدقّة المطلوبة نفسها.	دقّة عالية في المقاسات، وقدرة عالية على تكرار الأجزاء بالمواصفات المطلوبة نفسها، ما يُقلّل من تكلفة التجميع والتفتيش.
4	الحاجة الكبيرة إلى المثبّتات والمرشدات.	تقليل الحاجة إلى المثبّتات والمرشدات.
5	مناسبة للإنتاج الفردي، وغير مناسبة للإنتاج الكمي.	مناسبة للإنتاج الكمي.
6	استهلاك وقت الماكِنة في تجهيزها لكل منتج؛ ما يؤثّر في انتاجية الماكِنة.	الاستفادة الكاملة من وقت تشغيل الماكِنة في الإنتاج الفعلي؛ نتيجة تجهيز البرنامج بوساطة متخصّصين في مكان بعيد عن الماكِنة.

3- الماكِنات المحوسبة (CNC):

يرمز الاختصار CNC إلى (Controlled Numerically Computer)؛ ويُقصد بها أيّ ماكِنة يجري التحكّم بها رقميًّا عن طريق الحاسوب، ويندرج تحت هذا المفهوم الواسع الكثير من أنواع الماكِنات التي تشترك في المبدئ نفسه، ومنها:

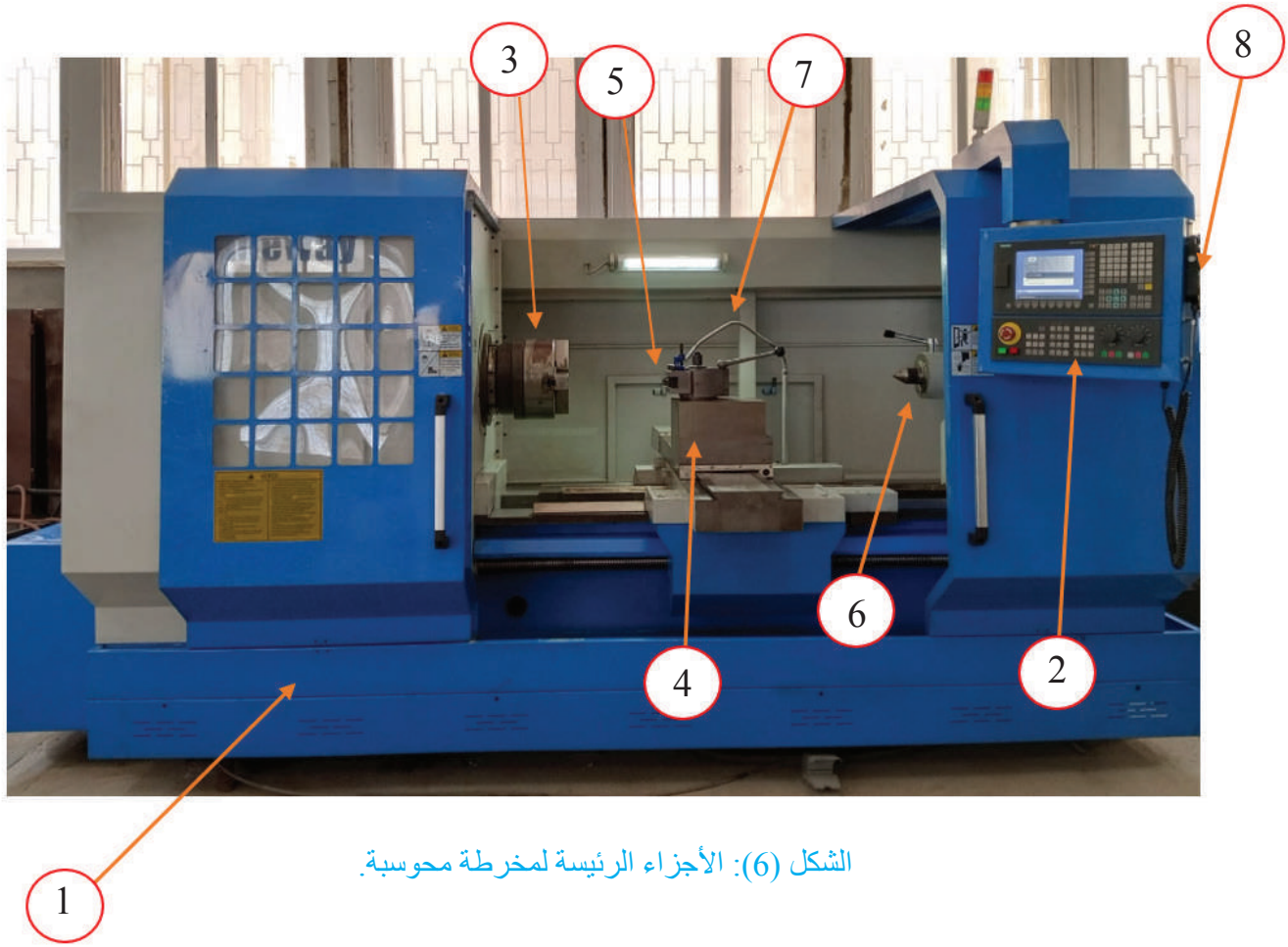
- المخارط المحوسبة.
- الفرايز المحوسبة.
- ماكِنات الحفر بالشرار (EDM).
- ماكِنات القصّ بالبلازما المحوسبة.
- ماكِنات القصّ بالليزر المحوسبة.
- ماكِنات القصّ بالماء (jet water).
- الطابعات ثلاثية الأبعاد.

مراحل العمل على الماكِنات المحوسبة:

- تحديد قياسات القطعة المراد إنتاجها ومواصفاتها.
- تحديد مراحل إنتاج القطعة وتجهيز البرنامج للماكِنة المحوسبة.
- تجهيز الماكِنة المحوسبة، ومعايرة الأدوات ومعايرة قطعة العمل.
- نقل البرنامج إلى الماكِنة ومطابقة صفر القطعة للتأكّد من صحّة البرنامج، والبدء بتصنيع القطعة مع متابعة الماكِنة لتلافي الأخطاء.

تحتوي هذه الماكِنات على جهاز حاسوب يتحكّم عن طريق البرامج الحاسوبية، بتزويد الماكِنة بالتطبيقات اللازمة لتشغيلها وتشغيل ملحقاتها. وتمتاز هذه المخارط بدقّة قياسات المشغولات المصنّعة بوساطتها، إضافة إلى خفض الزمن اللازم لعملية الإنتاج، وبخاصّة في حالة الإنتاج الكمّي للمشغولات، ويمكن إنتاج مشغولات ذات أشكال معقّدة لا يمكن إنتاجها على المخارط التقليدية. يُبيّن الشكل (6) الأجزاء الرئيسة لمخرطة محوسبة، ويُبيّن الشكل (7) جهاز تنظيم فرق الجهد وقشاط خروج الرائش، وهي:

1- قاعدة الماكِنة.
2- جهاز الحاسوب ولوحة التحكّم.
3- عمود الدوران الرئيس (Main Spindle).
4- برج العدّة (Tool Turret) وتُحمّل عليه العدد المستعملة في البرنامج.
5- أداة القطع (Cutting Tool)
6- الغراب المتحرّك (سُنبك).
7- خرطوم سائل التبريد.
8- مكان خروج الرائش.
9- جهاز تنظيم فرق الجهد.

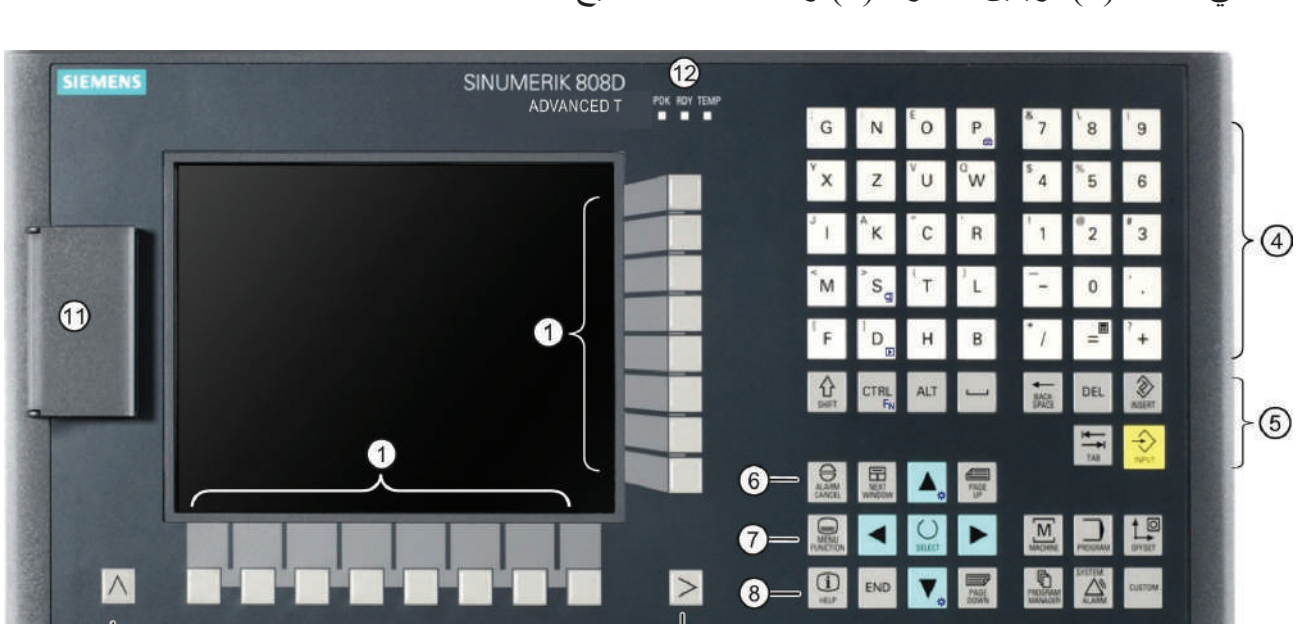


الشكل (6): الأجزاء الرئيسة لمخرطة محوسبة.

الشكل (7): جهاز فرق الجهد وقشاط خروج الرائش.

4- لوحة التحكّم في ماكِنة الخراطة المحوسبة CNC

تُقسم لوحة التحكّم في ماكِنة الخراطة المحوسبة إلى قسمين: الجزء العلوي من مفاتيح لوحة التحكّم الذي يحتوي على الأرقام والحروف ومفاتيح التحكّم والتنبيه ومفاتيح منطقة التشغيل وغيرها، وهي موضّحة في الشكل (8). ويُبيّن الجدول (2) وظائف هذه المفاتيح.

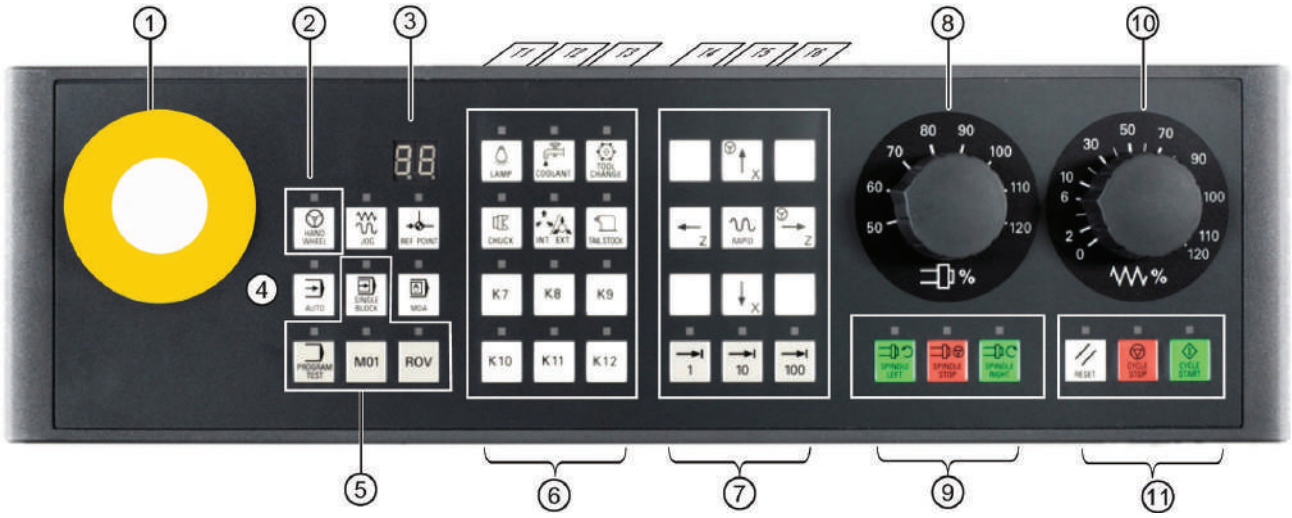


الشكل (8): المفاتيح العلوية للوحة التحكّم على ماكِنة الخراطة المحوسبة.

الجدول (2): مفاتيح لوحة التحكّم العلوية ووظائف هذه المفاتيح.

1	(Vertical and horizontal softkeys): المفاتيح الليّنة الرأسية والأفقية لاستدعاء وظائف قائمة محدّدة.	7	(On-board wizard key): مفتاح يوفّر أدلة خطوة بخطوة حول التكليف الأساسي وإجراءات التشغيل.
2	(Return key): مفتاح الإرجاع والعودة إلى قائمة المستوى الأعلى التالية.	8	(Help key): مفتاح المساعدة ومعلومات مساعدة الاستدعاء.
3	(Menu extension key): مفتاح ملحق القائمة يفتح قائمة المستوى الأدنى التالية، أو ينتقل بين القوائم من المستوى نفسه.	9	(Cursor keys): مفاتيح المؤشّر.
4	(Alphabetic and numeric keys): المفاتيح الأبجدية والرقمية.	10	(Operating area keys): مفاتيح منطقة التشغيل.
5	(Control keys): مفاتيح التحكّم.	11	(USB interface): مدخل USB.
6	(Alarm cancellation key): معرفة التنبيه.	12	(Status LEDs): أضواء الحالة.

والجزء السفلي من مفاتيح لوحة التحكّم الذي يحتوي على مفتاح التوقّف للحالات الطارئة ومفاتيح المعرفة من قِبَل العامل، مثل الإضاءة والتبريد وفتح الغراب الثابت وإغلاقه وغيرها من المفاتيح، وهي موضّحة في الشكل (9). ويُبيّن الجدول (3) وظائف هذه المفاتيح.



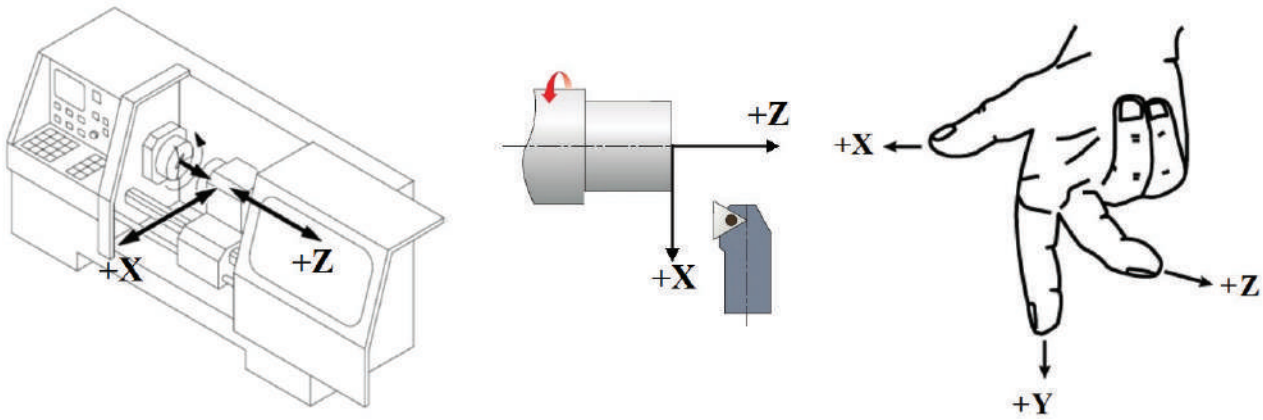
الشكل (9): المفاتيح السفلية للوحة التحكّم على ماكِنة الخراطة المحوسبة.

الجدول (3): يُبيّن مفاتيح لوحة التحكّم السفلية ووظائف هذه المفاتيح.

1	Reserved hole for emergency) زرّ التوقّف في حالات الطوارئ.(stop button:	7	(Axis traversing keys): مفاتيح عبور المحور والتحرّك لرأس المقلمة وحامل السكين في الاتّجاهات الأربعة (يمين، يسار، أمام، خلف).
2	(Hand wheel key): مفتاح عجلة يد التحكّم في حركة المحور باستعمال عجلات يدوية خارجية.	8	(Spindle override switch): مفتاح تجاوز الغراب الثابت.
3	(Tool number display): عرض رقم الأداة الحالي.	9	(Spindle state keys): مفاتيح حالة عمود الدوران تشغيل وإطفاء.
4	(Operating mode keys): مفاتيح وضع التشغيل.	10	(Feedrate override switch): مفتاح تجاوز معدّل التغذية المحدّد.
5	(Program control keys): مفاتيح التحكّم في البرنامج.	11	Keys for program start, stop, and) مفاتيح بدء تشغيل البرنامج وإيقافه وإعادة تعيينه.(reset:
6	(User-defined keys): مفاتيح المعرفة من قِبَل العامل، مثل الإضاءة والتبريد وفتح الغراب الثابت وإغلاقه.		

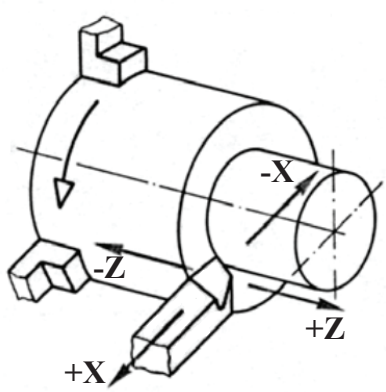
5- محاور الحركة الرئيسة في ماكِنات الخراطة CNC

المحور هو قدرة الماكِنة على التحرّك باتّجاه معيّن، مع القدرة على التحكّم بموضع الحركة وسرعتها. إنّ الأساس الذي بُنيت عليه عملية تعريف المحاور هو النظام الإحداثي الديكارتي، الذي يُستعمل في عملية الرسم البياني في الرياضيات. وفي حالة استعماله في الماكِنات؛ فإنّ المحاور تكون مناظرة للمستويات الطولية والعرضية والرأسية، وتُعرّف الاتّجاهات الثلاثة للحركة بالأحرف الإنجليزية (X، Y، Z). ويجب أن يُحدّد اتّجاه الحركة إمّا في الاتّجاه الموجب وإمّا في الاتّجاه السالب للمحور الذي يجري التحكّم فيه. ويُعرّف اتّجاه الحركة بوساطة وضع العلامة الموجبة (+) أو العلامة السالبة (-)، ويُحدّد الاتّجاه الموجب أو السالب بالنسبة إلى نقطة أصل الماكِنة. ويُبيّن الشكل (10) المحورين الأساسيين لماكِنة الخراطة المحوسبة.



الشكل (10): المحوران الأساسيّان لماكِنة الخراطة المحوسبة.

ويجري تعرّف إحداثيّات ومحاور ماكِنة الخراطة ذات التحكّم الرقمي (X – Z) بحيث يكون المحور (Z) موازيًا لمحور عمود التشغيل أو متطابقًا معه، ويكون الاتّجاه الموجب للمحور (Z) من المشغولة إلى العدّة. وتكون حركة المحور (X) في اتّجاه قُطري للمشغولة كلّما ابتعدنا عن مركز المشغولة كان موجبًا، كما هو موضّح في الشكل (11).



الشكل (11): المحور (Z) والمحور (X) بالنسبة إلى قطعة العمل.

وتُصنّف الماكِنة المحوسبة حسب عدد المحاور الحركية (axis's):

- ماكِنات بمحورين حركيّين مثل المخرطة المحوسبة (2- axis's).
- ماكِنات بثلاثة محاور مثل الفريزا المحوسبة (3- axis's).
- ماكِنات متعدّدة المحاور، وهي ماكِنات تجمع بين وظائف الفريزا والمخرطة المحوسبة (multi-axis's).

6- طرائق البرمجة

هي تحويل العمليات التشغيلية إلى معطيات يمكن للماكِنة المحوسبة رقميًّا أن تتقبّلها، وتكون المعطيات على شكل حروف ورموز وإشارات، وتُكتب داخل البرنامج التشغيلي. ويوجد نوعان من البرمجة:

أ - البرمجة اليدوية:

هي الإعداد المباشر للبرنامج التشغيلي عن طريق فني البرمجة. وكي يكون فني البرمجة قادرًا على إعداد البرنامج التشغيلي يجب أن تتوافر له:

1- بيانات المشغولة.

2- بيانات عدد القطع.

3- مهارات فنّية.

ثمّ يعمل الفني على:

1- تحديد المعلومات الفنّية (الأبعاد، وأدوات القطع).

2- تحديد أفضل ترتيب لخطوات التشغيل (بما يناسب عمليات التشغيل والعدد المستعملة).

3- المعلومات البرمجية (كيفية كتابة برمجة عمليات التشغيل).

تتلخّص خصائص البرمجة اليدوية بما يأتي:

- تتطلّب البرمجة اليدوية مواصفات خاصّة لفني البرمجة.
- تُفيد البرمجة اليدوية عند برمجة المشغولات غير المعقّدة.
- يمكن للبرمجة اليدوية أن تستغرق وقتًا طويلًا.

ب- البرمجة الآلية باستعمال التصميم والتصنيع بالحاسوب (CAD / CAM):

هي الإعداد غير المباشر للبرنامج التشغيلي؛ عن طريق الاستعانة بنظام التصميم والتصنيع بالحاسوب (CAD / CAM). مع توافر المعطيات الآتية:

1- بيانات المشغولة (نوعها، أبعادها، أعماق القطع).

2- بيانات العدد (نوعها، أرقامها، أقطارها، أطوالها).

3- حدود التشغيل ومساره (مسار حركة العدّة بالنسبة إلى حدود تشغيل الخامة).

4- مهارات فنّية (قدرة الفني على استعمال الدورات وتحديد لغة البرنامج).

ثمّ يعمل على إدخال:

1- العمليات الحسابية والفنّية (سرعة الدوران والتغذية).

2- مسار أداة القطع (حسابات هندسية، CAD/CAM).

ثمّ يحوّل المعالج هذه المعطيات إلى برنامج تشغيلي، استعدادًا لتحويله إلى لغة النظام المحكوم رقميًّا بوساطة المعالج المتقدّم (Post Processor)، ثمّ يُنقل إلى الماكِنة بوساطة الوصلة البينية أو الذاكرة (Flash Memory).

تتلخّص خصائص البرمجة الآلية بما يأتي:

- تُقلّل البرمجة الآلية من وقت إنشاء البرنامج التشغيلي.
- تختبر البرمجة الآلية صحّة البرنامج باستمرار قبل نقله إلى الماكِنة.
- تحول البرمجة الآلية البرنامج التشغيلي بأيّ لغة برمجة تناسب أيّ ماكِنة تحكّم.

ابحث عن أنواع ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC) المصنوعة بموديلات مختلفة، وجد الفرق بينها ولغة البرمجة فيها، واكتبه في دفترك واعرضه على زملائك.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أُميّز بين ماكِنات الخراطة المحوسبة والخراطة التقليدية.			
2	أُوضّح أهمّية التحكّم الرقمي بالحاسوب.			
3	أُحدّد المحاور الرئيسة في ماكِنات الخراطة المحوسبة.			

أسئلة الدرس

1- ماذا تعني ماكِنة الخراطة (CNC)؟

2- اذكر أهم الخصائص الجديدة التي أضيفت إلى ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC)، التي تُميّزها عن بقية ماكِنات الخراطة الأخرى.

3- قارن بين ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC) والماكِنات التقليدية للقطع.

4- اذكر مراحل العمل على الماكِنات المحوسبة.

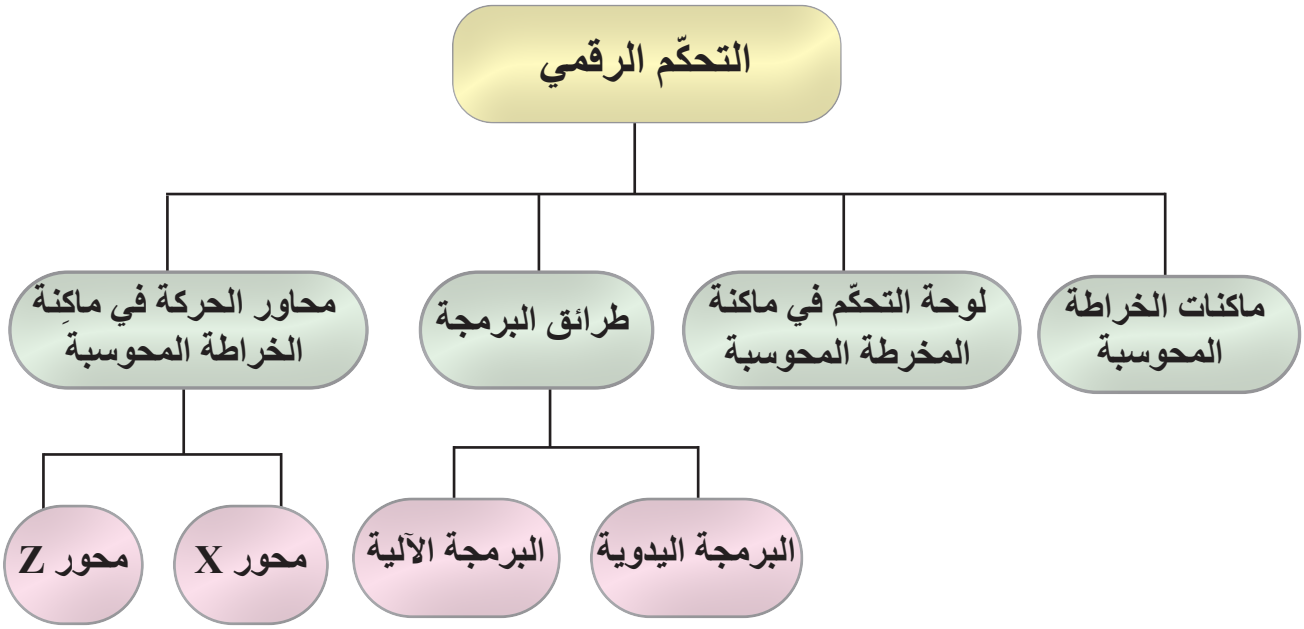
5- اذكر أهم الأجزاء الرئيسة لمخرطة محوسبة.

6- وضّح وظائف الأزرار الموجودة في الشكل الآتي:

7- عرّف المحور، ووضّح المحاور الرئيسة لماكِنة الخراطة المحوسبة.

8- عدّد أنواع البرمجة واذكر الفرق بينها.

الخريطة المفاهيمية



ثانيًا: أنظمة الإحداثيات
(Coordinate Systems)

النتاجات

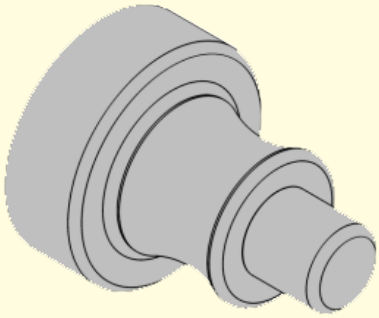
يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية.
- يُميّز بين أنظمة الإحداثيات (Path Systems) المطلقة والنسبية.
- يُطبّق أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية.

انظر وتساءل

هل فكّرت كيف تنتقل سكين القطع على قطعة العمل من نقطة إلى نقطة أخرى؟

ما نظام الإحداثيات المستعمل في ماكِنات الخراطة المحوسبة؟



استكشف

قارن بين أنظمة الإحداثيات المستعملة في ماكِنات الخراطة المحوسبة؟

المسار الإحداثي هو الطريق الذي يسلكه الجسم المتحرّك للانتقال من نقطة إلى أخرى، وقد يكون المسار مستقيمًا (مباشرًا) من نقطة البداية إلى نقطة النهاية، أو متقطّعًا (عبر نقاط فرعية) بين نقطة البداية ونقطة النهاية.

تُقسم أنظمة الإحداثيات إلى نوعين، هما:

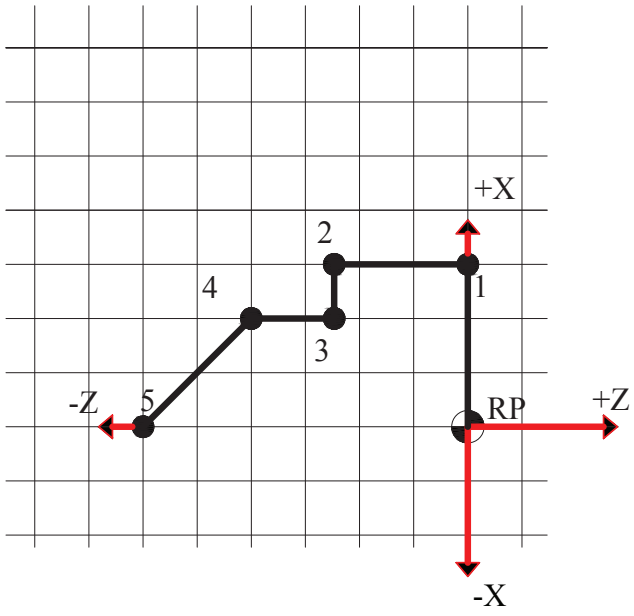
1- نظام الإحداثيات المطلقة (Absolute coordinate system)

أو نظام البرمجة المطلق (G90 Absolute programming). وهذا النظام يجري فيه احتساب كلّ إحداثيات النقاط المنسوبة لنقطة مرجعية ثابتة (Reference Point (RP)) وهي صفر المشغولة، ويُستعمل الكود (G90) لتفعيل نظام الإحداثيات المطلق.

مثال (1)

يوضّح الشكل الآتي مثالًا على نظام الإحداثيات المطلق؛ إذ يُمثّل كلّ مربّع وحدة واحدة، ويُبيّن الجدول إحداثيات النقاط الخمس للشكل.

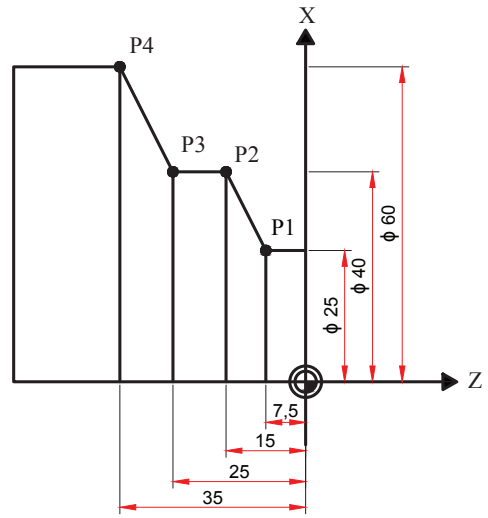
النقطة	X	Z
RP	0	0
1	3	0
2	3	-2.5
3	2	-2.5
4	2	-4
5	0	-6



وعند تطبيق نظام الإحداثيات المطلقة على ماكِنة الخراطة المحوسبة، يُحسب محور (X) بالقطر كما في المثال الآتي:

مثال (2)

اذكر الإحداثيات المطلقة للنقاط في الشكل الآتي:



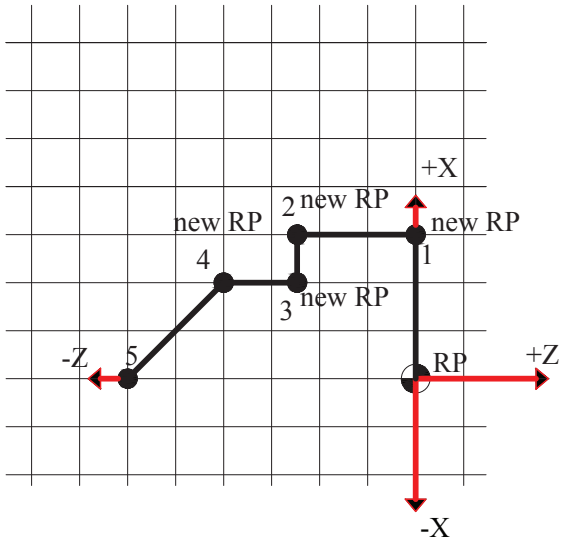
النقطة	X	Z
Rp	0	0
P1	25	-7.5
P2	40	-15
P3	40	-25
P4	60	-35

2- نظام الإحداثيات النسبي (Relative coordianate System)

أو نظام البرمجة النسبي (G91 Relative coordianate Programing). هذا النظام تُحسب فيه إحداثيات النقاط منسوبة لآخر نقطة قد بُرمجت، وبمعنى آخر فإنّ نقطة الصفر تُعدّ آخر نقطة بُرمِجت ويُستعمل فيها الكود (G91) لتفعيل نظام الإحداثيات النسبي.

مثال (1)

يُبيّن الشكل الآتي (5) نقاط في الإحداثيات النسبية.



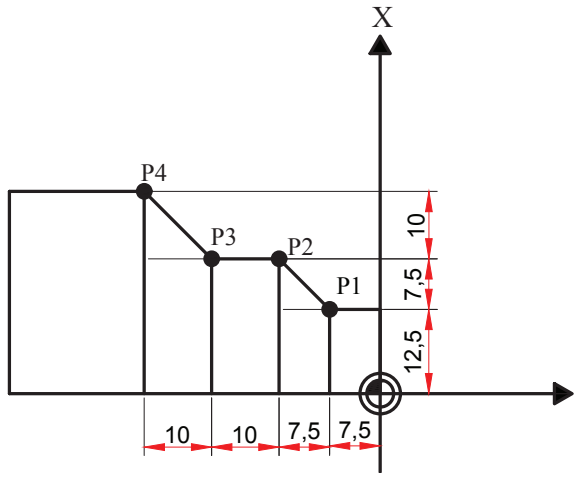
النقطة	X	Z
Rp	0	0
1	3	0
2	0	-2.5
3	-1	0
4	0	-1.5
5	-2	-2

وعند تطبيق نظام الإحداثيات النسبية على ماكِنة الخراطة المحوسبة، يُحسب محور (X) بالقطر كما في المثال الآتي:

مثال (2)

اذكر الإحداثيات النسبية للنقاط في الشكل الآتي:

النقطة	X	Z
Rp	0	0
P1	12.5	-7.5
P2	7.5	-7.5
P3	00	-10
P4	10	-10



الإثراء والتوسّع

ابحث في مصادر المعرفة المختلفة عن أمثلة لأنظمة المسارات المطلقة والنسبية لقطع بأشكال مختلفة، واكتبها في دفترك واعرضها على معلمك وزملائك.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

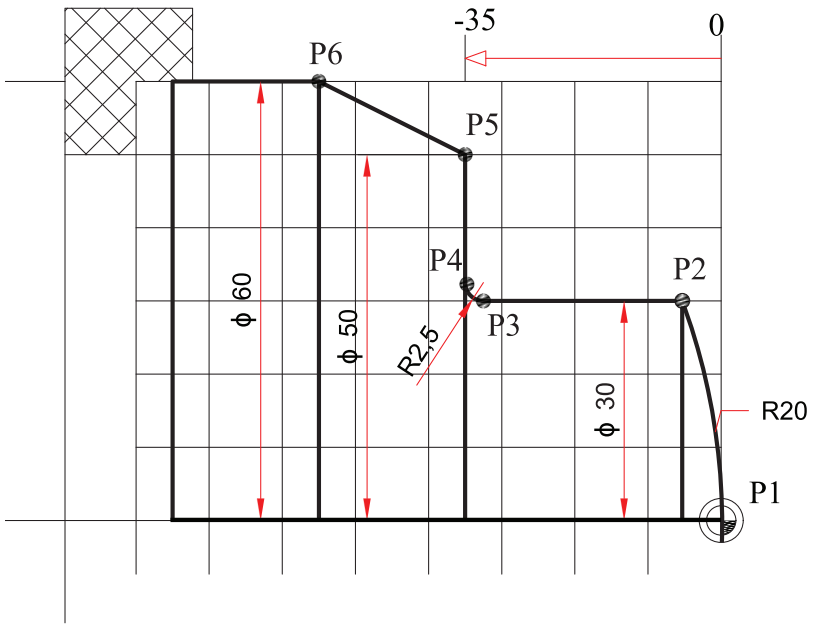
الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية.			
2	أُميّز بين أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية.			
3	أُطبّق أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية في ماكِنات الخراطة المحوسبة.			

أسئلة الدرس

1- عرّف المسار الإحداثي.

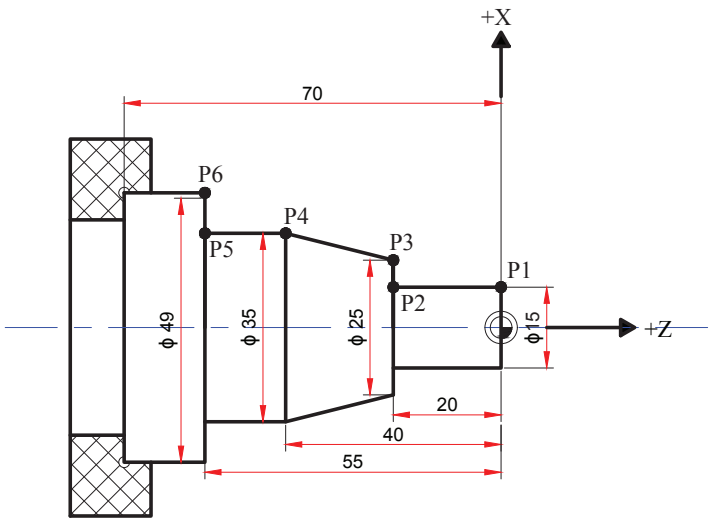
2- اذكر أنواع أنظمة الإحداثيات موضّحًا الفرق بينها.

3- اكتب الإحداثيات الموجودة في الرسم المجاور بنظام المسارات المطلقة.



4- املأ الجداول الآتية بإحداثيات النقاط الموجودة على الرسم بطريقة:

أ- الأبعاد المطلقة. ب- الأبعاد النسبية.



الأبعاد المطلقة		
إحداثيات نقاط الكنتور من 0 إلى P6		
النقطة	X	Y
0		
P1		
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		

الأبعاد النسبية			
مسارات الحركة			
من نقطة	إلى نقطة	X	Y
0	P1		
P1	P2		
P2	P3		
P3	P4		
P4	P5		
P5	P6		

الخريطة المفاهيمية

منهاجي
منصة التعليم الهادف

ثالثًا: عناصر البرنامج ولغة البرمجة

النتاجات

يُتوقع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف لغة البرمجة في الخراطة المحوسبة.
- يُبيّن الأوامر التقنية في لغة البرمجة للخراطة المحوسبة.
- يُميّز بين الأوامر التنفيذية والأوامر المساعدة في لغة البرمجة.
- يُبيّن كيفية كتابة البرنامج لماكِنات الخراطة المحوسبة.

انظر وتساءل

ما لغة البرمجة؟ كيف تُعرّف الرموز المستعملة في البرمجة؟ هل ترى في الجدول (4) جزءًا من لغة في برنامج يمكن الاستفادة منها؟

الجدول (4): جزء من لغة في برنامج خراطة محوسبة.

N0010 T1D1
N0020 G54
N0030 G58 X0 Z100
N0040 S2000 F0.10 M04 M08

استكشف

ناقش زملاءك ومعلمك في ماكِنة الخراطة المحوسبة، وتعرّف لغة البرمجة (G-Code) المستعملة فيها. حاول تعلّم هذه اللغة واكتب أهم الكودات فيها، وقسّم هذه الكودات إلى مجموعات ليسهل حفظها ومراجعتها والرجوع إليها.

لغة البرمجة أحرف وأرقام ورموز وإشارات تكوّن البرنامج التشغيلي، تختلف هذه المعطيات باختلاف اللغة التي تستعملها ماكِنات التحكّم الرقمي، علمًا بوجود عدّة شركات من جنسيات مختلفة تُصنّع هذه التقنية. ويجب على العاملين على ماكِنات الخراطة (CNC) الاطّلاع على خصائص لغتها البرمجية وقوائم تعليمات وبرمجة هذ المكائن. ومن أمثلة لغات البرمجة: لغة (G-Code)، التي سندرسها في هذا الفصل والمتوافرة على ماكِنات الخراطة المحوسبة في مشغل ميكانيك الإنتاج.

تتكوّن لغة (G-Code) في الماكِنات المحوسبة من عدّة أسطر، وكلّ سطر يتكوّن من عدّة كلمات، والكلمة تتكوّن من شقّين:

- عنوان (حرف).
- معلومة (رقم).

وتُستعمل العناصر الرئيسة الاتية:

1- رمز (N):

يُستعمل لتحديد عمليات الترقيم ولا يؤثّر في البرنامج، ويُستعمل لترقيم الأمر أو السطر. مثل (N8).

2- أمر تحديد المحاور (X ، Z):

تُعطي هذه الكلمات محاور موضع أداة القطع، وتُكتب الأرقام الدالة على قيمة كلّ محور بالطريقة العادية (مثلًا X10.5) في استعمال الفاصلة العشرية، وإشارة القيمة الموجبة (+) اختيارية أمّا اشارة القيمة السالبة (-) فهي إجبارية، ونستعمل في حالة المخرطة محورين فقط وهما (X) الذي يُشير إلى تقدّم أداة القطع بالاتّجاه العمودي على محور دوران المشغولة، و(Z) الذي يُشير إلى تقديم أداة القطع في موازاة محور المشغولة.

3- الأوامر المساعدة (التجهيزية) (M-CODE)

يُرمز لها بالرمز (M) وتتولّى هذه الأوامر تحريك الأجهزة والملحقات المساعدة في عمليات الخراطة، وهي الأوامر التي تتطلّب من جانب الآلة مثل أوامر تشغيل وإيقاف دوران محور الدوران الرئيس، والتحكّم في تشغيل وإطفاء سائل التبريد وغيرها... ويُبيّن الجدول (5) تفاصيل الأوامر المساعدة لماكِنة الخراطة المبرمجة نوع: SINUMERIK 808D ADVANCED (Turning)

الجدول (5): الأوامر المساعدة (التجهيزية) (M-CODE).

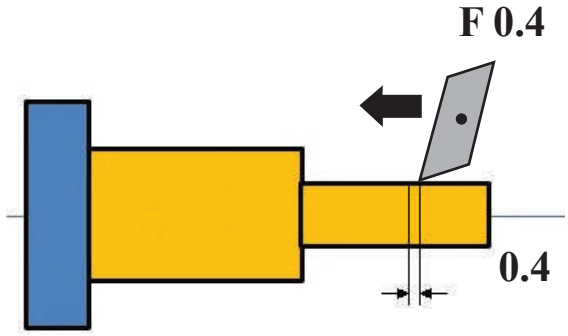
1	M00	إيقاف اجباري للبرنامج في أثناء التنفيذ.
2	M01	إيقاف اختياري للبرنامج في أثناء التنفيذ.
3	M02	نهاية البرنامج.

4	M03	دوران المحور في اتّجاه حركة عقارب الساعة.
5	M04	دوران المحور في اتّجاه عكس حركة عقارب الساعة.
6	M05	إيقاف الظرف (إيقاف محور الدوران).
7	M08	تشغيل مضخّة سائل التبريد.
8	M09	إيقاف مضخّة سائل التبريد.
9	M30	نهاية البرنامج والعودة إلى السطر الأول.
10	M41	الجير البطيء.
11	M42	الجير السريع.
12	M43	الجير المحايد؛ لا يوجد تعشيق مسنّنات.
13	M98	استدعاء برنامج فرعي.
14	M99	انتهاء البرنامج الفرعي.

4- الأوامر التقنية: وتُقسم إلى الأوامر الآتية:

أ - أمر التغذية (F):

تُحدّد قيمة تغذية أداة عملية تشغيل معيّنة، التي تأخذ وحدات (mm / rev) (مم / دورة) إذا كان النظام متريًّا، وتكون (Inc / rev) (بوصة / دورة) إذا كان النظام بريطانيًّا، ولا تُكتب هذه الوحدات في البرنامج، مثل (F0.4) الذي يعني أنّ التغذية قيمتها 0.4 (مم / دورة) في النظام المتري كما في الشكل (12).



الشكل (12): مقدار التغذية 0.4 (مم/دورة).

ب- أمر تحديد السرعة (S):

تُحدّد سرعة القطع الدورانية المستعملة في عملية التشغيل، أو في عبارة أخرى تُحدّد سرعة دوران عمود رأس المخرطة، وتُعطى بوحدات (دورة / الدقيقة) (rpm) ولا تُكتب هذه الوحدات في البرنامج، مثال (S800) تعنى دوران عمود رأس المخرطة، بسرعة 800 (دورة / دقيقة)، ويجري اختيار السرعة المطلوبة عادة حسب نوع المعدن وقطره. (راجع درس حساب سرعة القطع في فصل سابق).

ج- أمر تحديد أداة القطع (T):

تُحدّد أداة القطع المستعملة في عملية التشغيل، مثلًا (T1) يدلّ على أداة القطع من نوع معيّن وبقطر وطول مُعيّنين، ولكن بالنسبة إلى المخارط فإنّ الكلمة (T) تُستعمل بحيث يليها رقم مع حرف D لتحديد الموقع على رأس أداة القطع؛ مثلًا (T1D1) وتُشير إلى المخزن.

5- الجملة والأوامر (Block):

تتكوّن من مجموعة من الكلمات المتتابعة مثل (G00 X155 Z100)، وتُستعمل هذه العناصر في كتابة البرنامج بوساطة لوحة المفاتيح إلى الحاسوب؛ إذ يحتوي السطر الواحد على أمر واحد أو أكثر. وتُقسم الأوامر إلى نوعين رئيسين، هما: الأوامر التنفيذية (G-CODE) والأوامر المساعدة (التجهيزية) (M-CODE). ويُبيّن الجدول (6) الرموز المستعملة في البرمجة.

الجدول (6): الرموز المستعملة في البرمجة.

تعريف الرموز المستعملة في البرمجة		
1	رقم تسلسل خطوات البرنامج.	N
2	طول المشوار في اتّجاه كل محور.	Z, X, Y
3	أبعاد مركز الأقواس بالنسبة إلى نقطة بداية القوس أو بالنسبة إلى نقطة الأصل.	K, J, I
4	رقم العدّة.	T
5	سرعة دوران العمود الرئيس أو سرعة القطع.	S
6	قيمة التغذية.	F
7	أمر الوظائف المساعدة.	M
8	أمر الوظائف الرئيسة.	G
9	حجب ما بين القوسين عن نظام التحكم.	( )

6- الأوامر التنفيذية (G-Code): ولغة البرمجة على ماكِنة الخراطة المحوسبة.

لغة البرمجة هي أحرف وأرقام ورموز وإشارات تكوّن البرنامج التشغيلي في ماكِنات (CNC)، ومن الأمثلة على لغات البرمجة: لغة (G-Code)، وسمُيّت بذلك نسبة إلى أهمّيتها. تُستعمل لتحضير نظام التحكّم للتعليمات التي ستُذكر، مثلًا: الكلمة (G02) تُستعمل لتحضير نظام تحكّم لماكِنة (CNC) لإجراء عمليات تشغيل في اتّجاه دائري مع عقارب الساعة. ومن دون هذه الكلمات التحضيرية لن يستطيع جهاز التحكّم إعطاء التفسير الصحيح للمعلومات الخاصّة بحركة أدوات القطع، وسيجري التطرّق إلى هذه الأوامر بالتفصيل. يُبيّن الجدول (7) تفاصيل الأوامر (G-Code) لماكِنة الخراطة المحوسبة نوع SINUMERIK 808D ADVANCED (Turning)

الجدول (7): الأوامر (G-Code) لماكِنات الخراطة المحوسبة.

الرقم	الأمر	الحركة / الدلالة
1	G00	تحريك أداة القطع حركة خطّية بسرعة عالية.
2	G01	تحريك أداة القطع حركة خطّية مع تحديد مقدار التغذية.
3	G02	تحريك أداة القطع حركة قوسية وفي اتّجاه حركة عقارب الساعة.
4	G03	تحريك أداة القطع حركة قوسية وفي اتّجاه عكس عقارب الساعة.
5	G04	توقّف أداة القطع عن التحرّك لمدة زمنية (بالثانية).
6	G71	إدخال البيانات بالمليمتر.
7	G70	إدخال البيانات بالإنش.
8	G33	حركة تسنين شوط واحد / حركة مفردة.
9	G40	إلغاء تعويض نصف قطر السكين.
10	G41	تعويض نصف قطر العدّة شمال.
11	G42	تعويض نصف قطر العدّة يمين.
12	G90	القيمة المطلقة.
13	G91	القيمة النسبية.
14	G96	القطع بسرعة سطحية ثابتة.
15	G97	إلغاء السرعة السطحية (الغاء G96).
16	G94	التغذية الطولية ملم / دقيقة.
17	G95	التغذية المحيطية ملم / دورة.
18	G54-G59	أماكن تخزين أصفار القطعة.

تختلف دلالات بعض رموز البرمجة حسب اختلاف الشركة الصانعة لنظام التحكّم في الماكِنة المحوسبة. ومن ثمّ، فمن الضروري قبل العمل على الماكِنة المحوسبة مراجعة كُتيّب الإرشادات الخاصّ بالماكِنة؛ للتأكّد من معاني رموز وكلمات البرمجة؛ إذ يُتيح نظام التحكّم (SIEMENSE) الموجود لدينا في المدارس العمل بنظامين، هما نظام (ISO) المقارب لأغلب الماكِنات، ونظام (SIEMENSE) الذي يُتيح بعض الأوامر الخاصّة التي تُسهّل العمل أحيانًا.

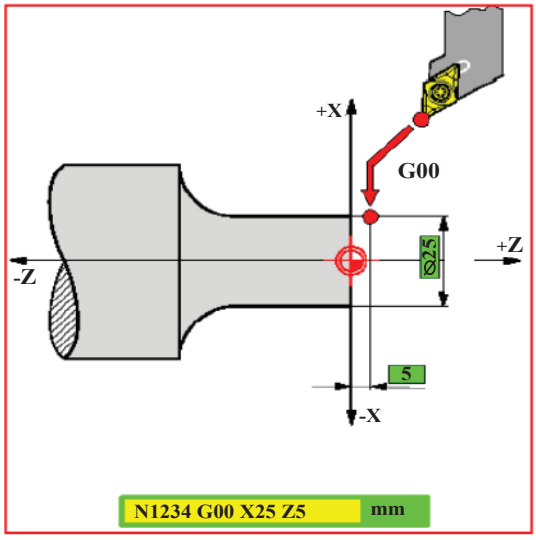
- G290: تفعيل البرمجة بنظام الأيزو (ISO).
- G291: تفعيل البرمجة بنظام (SIEMENS).

- **الانتقال السريع Rapid Traverse G00:**

تتحرّك فيه المنزلقات بالعدّة أو المشغولة بأقصى سرعة إلى النقطة أو المكان المطلوب، مثل مكان تغيير العدّة، أو مكان استقراب لبداية عملية تشغيل جديدة، أو غير ذلك من الأماكن بحيث تكون الحركة في الهواء من دون قطع.

يُستعمل هذا الكود (G00) لتوفير الوقت في أثناء تنفيذ البرنامج، وتُحدّد أقصى سرعة للماكِنة عن طريق المُصنّع للماكِنة، وفي بعض الماكِنات تكون (3) أمتار / دقيقة، أو (8) أمتار / دقيقة، أو 12 مترًا / دقيقة، وقد تصل الى أعلى من ذلك بكثير حسب مواصفات وإمكانيات كلّ ماكِنة.

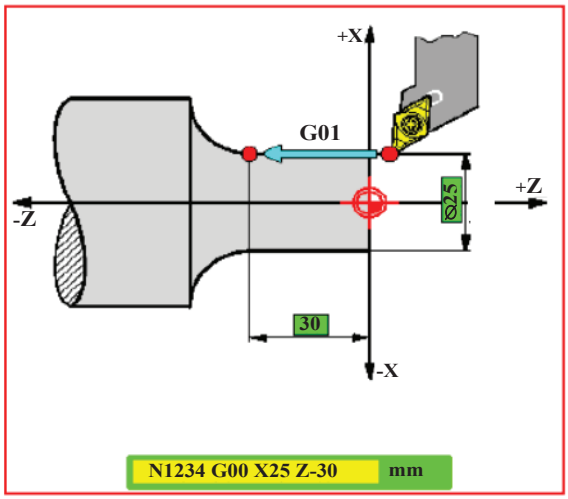
يوضّح المثال الآتي في الشكل (13)، أنّ العدّة تتحرّك سريعًا (G00) إلى المكان (X25,Z5) لبداية عملية تشغيل محدّدة وتُكتب كالآتي: G00 X25 Z5



الشكل (13): العدّة تتحرّك سريعًا (G00) إلى المكان (X25,Z5).

- **حركة القطع الخطّية G01 Linear Inter Polation:**

باستعمال هذا الكود، تتحرّك العدّة حركة خطيّة أفقية أو خطّية رأسية أو مائلة بتغذية تُبرمج سابقًا؛ بحيث تقطع العدّة الخاصة المشغولة قطعًا خطّيًا، ويوضّح الشكل (14) حركة العدّة حركة خطّية داخل المشغولة نحو النقطة (X25,Z-30) بتغذية تُبرمج سابقًا.

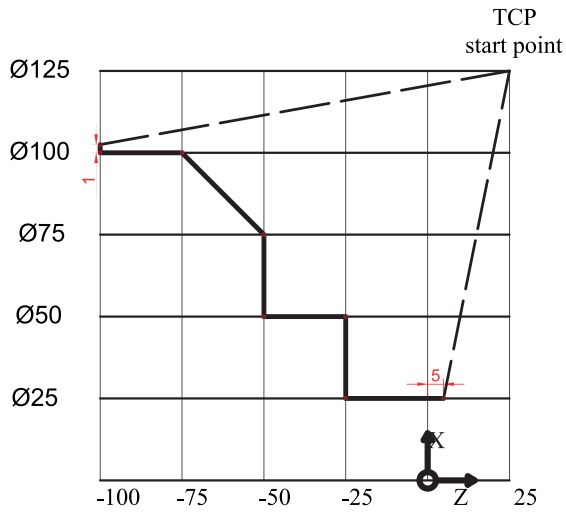


الشكل (14): حركة العدّة حركة خطّية داخل المشغولة نحو النقطة (X25,Z-30).

مثال

G00 و G01:

N	G	X	Z
N1	G00	X25	Z5
N2	G01		Z-25
N3	G01	X50	
N4	G01		Z-50
N5	G01	X75	
N6	G01	X100	Z-75
N7	G01		Z-100
N8	G01	X101	
N9	G00	X125	Z25



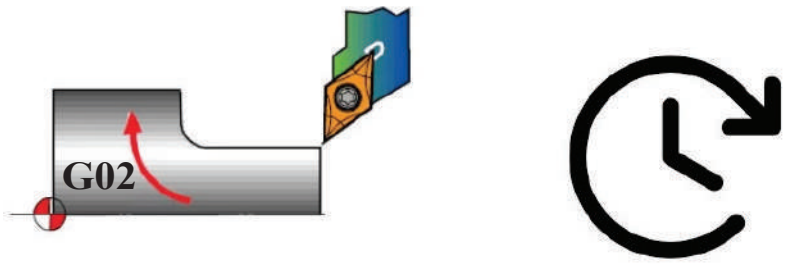
- (G02) حركة القطع الدائرية في اتّجاه عقارب الساعة.

Circular Interpolation Clockwise

- (G03) حركة القطع الدائرية في اتّجاه عكس عقارب الساعة.

Circular Interpolation counterclockwise

يُستعمل هذا الكود عندما يُراد تشكيل أيّ قوس دائري، والتحرّك داخل المشغولة بتغذية وحركة دائرية في اتّجاه عقارب الساعة (G02) كما في الشكل (15)، أو في اتّجاه عكس عقارب الساعة باستخدام (G03) كما في الشكل (16).

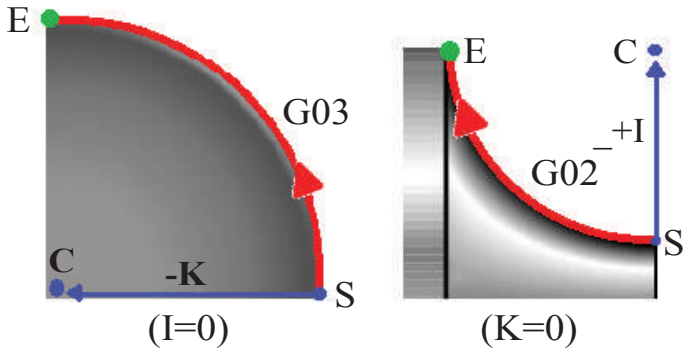


الشكل (15): الكود (G02) تشكيل قوس دائري في اتّجاه عقارب الساعة.

الشكل (16): الكود (G03) تشكيل قوس دائري عكس عقارب الساعة.

كيفية كتابة الكود باستخدام G02,G03:

- يُكتب هذا الكود (G02) أو (G03) يليه إحداثي نقطة نهاية الدوران P(Z,X) وكذلك نصف قطر الدوران كما يأتي: (G02,or G03 X…. Z… CR=….;)
- تكون قيمة نصف قطر الدوران (CR) موجبة؛ إذا كان الدوران أقلّ من نصف دائرة (أصغر من 180 درجة).
- تكون قيمة نصف قطر الدوران (CR) سالبة؛ إذا كان الدوران أكبر من نصف دائرة (أكبر من 180 درجة).
- ملحوظة مهمّة: يمكن كتابة (I,K) الموجب والسالب عوضًا عن كتابة حرف الـ (CR) حسب القوس المحدب والمقعّر كما في الشكل (17).

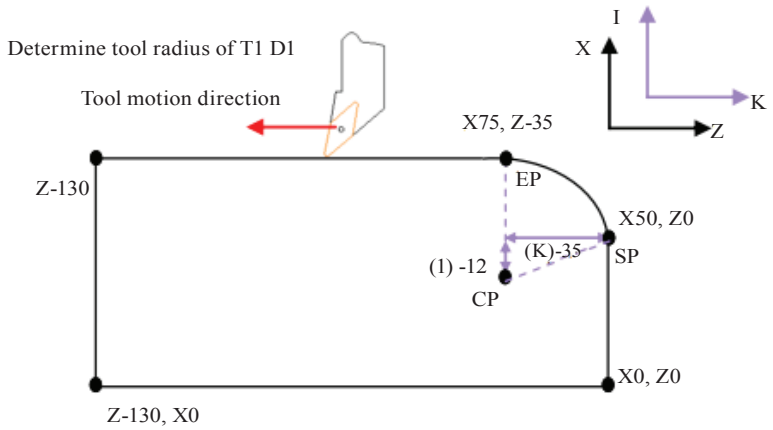


الشكل (17): الكود (I,K) باستخدام G02,G03.

مثال

يوضّح الشكل (18) حركة انتقال سكّين القطع الخطي وعمل قوس؛ إذ يوضّح السطر (N45) عمل قوس عكس عقارب الساعة باستعمال الكود (G03).

```
N5 G17G90 G500 G71
N10 T1 D1
N15 S5000 M3 G95 F0.3
N20 G00 X 0 Z2
N25 G01 Z0
N30 G42 X 50
N45 G03X75 Z-35 CR=37
N50 G01 Z-130
N60 G40 X 120 Z-140
N35 G00X300 Z500
```

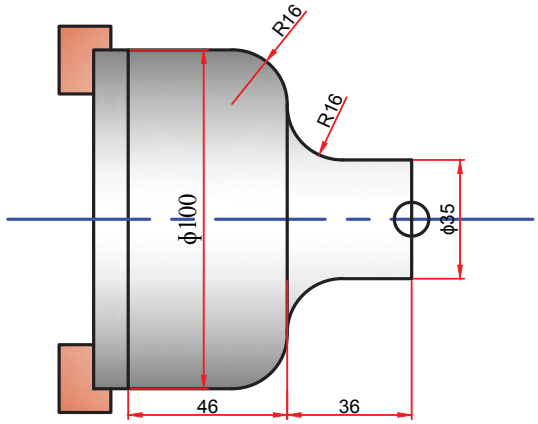


الشكل (18): حركة انتقال سكّين القطع وعمل قوس.

- **ملحوظة مهمّة:** يمكن كتابة السطر (N45) كما يأتي بدلًا من الرمز CR=37

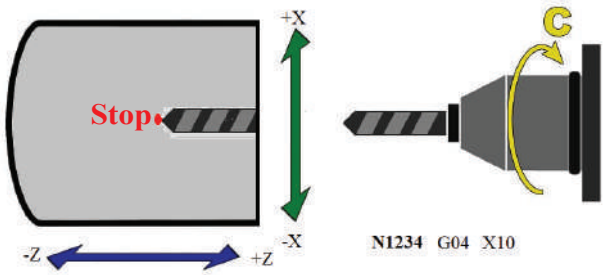
N45 G03 X75 Z-35 I-12 K-35

نشاط: كيف يُكتب كود عند عمل قوس مقعّر كما في الشكل الآتي؟



- **أمر زمن التوقّف Dwell G04**

- تتوقّف العدّة عن الحركة، مع استمرار دوران الظرف في آخر موضع جرت برمجته، ويجري التوقّف بمقدار قيمة الزمن المعطى، كما هو موضّح في الشكل (19).
- يُستعمل هذا الكود للتخلّص من الحوافّ الحادّة؛ لتنظيف أرضية الثقب إلى غير ذلك.
- يُستعمل أيضًا للتوقّف في نهاية المجرى.
- يُكتب الكود يليه قيمة زمن التوقّف بالثواني مثل (G04 X2.5) أي زمن التوقّف هنا (2.5) ثانية.
- أقصى زمن توقّف يكون مسموحًا به (2000) ثانية، وأقل زمن توقّف مسموح به هو (0.1) ثانية، ويعتمد ذلك حسب نوع الماكِنة.

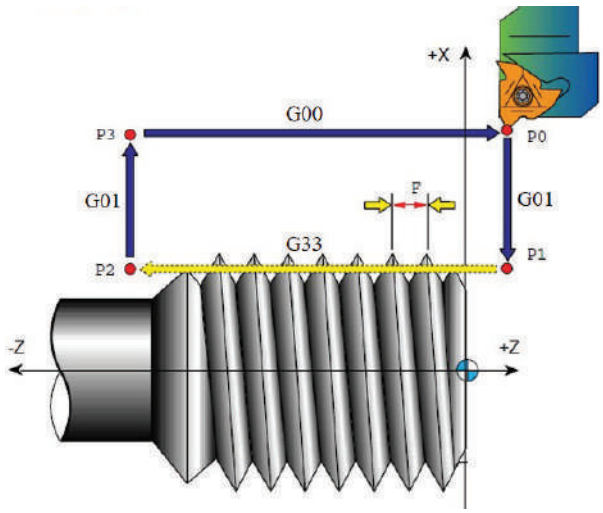


الشكل (19): حركة انتقال سكّين القطع وعمل قوس.

- **قطع السنّ Thread Cutting G33**

- تُستعمل العدّة المناسبة مع هذا الكود لعدّة التسنين.
- يُكتب الكود (G33) يليه قطر أوّل عمق سنّ، ثمّ قيمة التغذية (قيمة الخطوة) وكذلك تحديد اتّجاه دوران الظرف يمين مثلًا (M3) وذلك لعمل سنّ يمين.

يوضّح الشكل (20) تشغيل سنّ يمين؛ إذ تتحرّك العدّة بالعمق المطلوب بتغذية أو بخطوة قيمتها (1) مم لكلّ دورة، بدوران الظرف باتّجاه حركة عقارب الساعة.



الشكل (20): قطع السن G33.

- **وحدة القياس بالمليمتر G71 Mertric Data Input**

يُستعمل الكود (G71) عندما يُراد تحويل نظام الماكِنة بالمليمتر كالنظام المتري.

- **وحدة القياس بالإنش G70 Inch Data Input**

يُستعمل الكود (G70) عندما يُراد تحويل نظام الماكِنة بالإنش كالنظام الإنجليزي. ولكن، بعض الأماكن تضطرّ للعمل بالنظامين فيُختار نوع القياس المطلوب باستعمال الكود المناسب (G71/G70).

- **القطع بسرعة ثابتة G96 Constant Cutting Speed**

تُكتب سرعة الدوران في أثناء عملية القطع بسرعة ثابتة كالآتي: N--G96 S175

- **سرعة القطع**

إذا جرى اختيار الدالة (G96) (سرعة القطع الثابتة) يمكن في الوقت نفسه برمجة قِيَم التغذية بالمليمتر لكلّ دورة.

- **استعمال سرعة دوران ثابتة (G97)**

سرعة دوران الظرف دورة لكلّ دقيقة (spindle Speed in rpm). يُستعمل هذا الكود عند إجراء عملية الثقب بريشة محورية أو بوساطة (القلاووظ)، وكذلك خراطة المسنّنات الخارجية أو الداخلية، وتُكتب سرعة دوران الظرف كالآتي: N-- G97 S2000 ومعنى ذلك أنّ سرعة دوران الظرف (2000) دورة لكلّ دقيقة.

ملحوظة: بالنسبة إلى سرعة الدوران n فهي متغيّرة بسبب تغيّر الأقطار؛ فكلّما صغر القطر زادت سرعة الدوران والعكس صحيح، وتُحسب سرعة الدوران أوتوماتيكيًّا عن طريق حاسوب الماكِنة بالقانون:

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d}$$

n: سرعة الدوران.

Vc: سرعة القطع.

d: قيمة محور X.

تحديد عدد الدورات في الدقيقة:

يُراد أحيانًا تحديد عدد دورات عمود الدوران في الدقيقة، بحيث لا تصل إلى أعلى سرعة دوران ممكنة للماكِنة، وبذلك بوضع الرمز (S) تليه السرعة المطلوبة في سطر قبل الكود (G96).

البرمجة: S500

G96 S500

- **معدل أو سرعة التغذية ملليمتر لكلّ دورة Feed Rate in Revolution (G95)**

تُكتب سرعة التغذية كالآتي: N--- G95 F0.15 ومعنى ذلك أنّ سرعة التغذية هي (0.15) ملليمتر لكلّ دورة. ومعدل أو سرعة التغذية تكون قيمتها ملليمتر (أو إنش) لكلّ دورة حسب نظام القياس المستعمل.

يجري إيجاد قيمة سرعة التغذية (S) من الجداول الاسترشادية، ويتوقّف اختيارها حسب المعدن المشغّل ونوع المعدن المصنوعة منه العدّة المستعملة، ونوع عملية التشغيل، والدرجة المطلوبة للتشطيب النهائي، وعزم الماكِنة.

ابحث عن لغة البرمجة (HIDEN HIGHN) المستعملة في ماكِنات الخراطة المحوسبة، وحاول معرفة أيّ نوع من الماكِنات المحوسبة يجري إدخال هذه اللغة عليها، وقارن بينها وبين لغة البرمجة (G-Code)، وجد الفرق بينهما، واعرضه على معلمك وزملائك.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

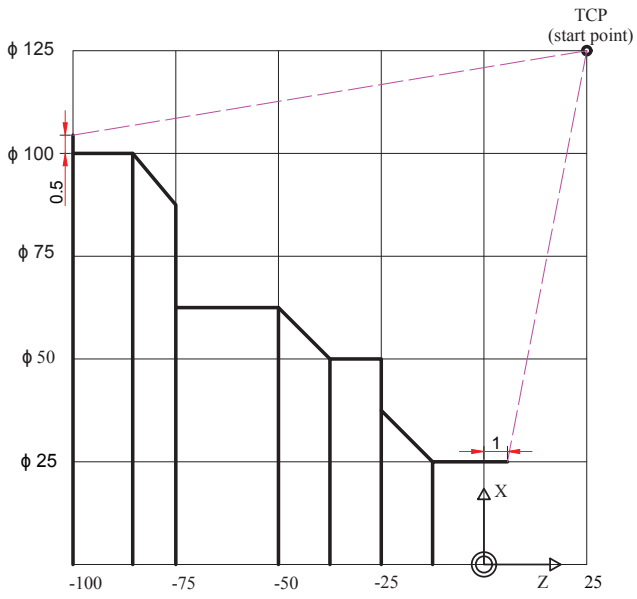
الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف لغة البرمجة في ماكِنات الخراطة المحوسبة.			
2	أُبيّن الأوامر التقنية في لغة برمجة الخراطة المحوسبة.			
3	أُميّز بين الأوامر التنفيذية والأوامر المساعدة في لغة البرمجة.			
4	أُوضّح عناصر البرنامج لماكِنات الخراطة المحوسبة.			

أسئلة الدرس

1- اذكر نوع الأمر الذي يدل عليه كلّ من الأحرف الآتية:

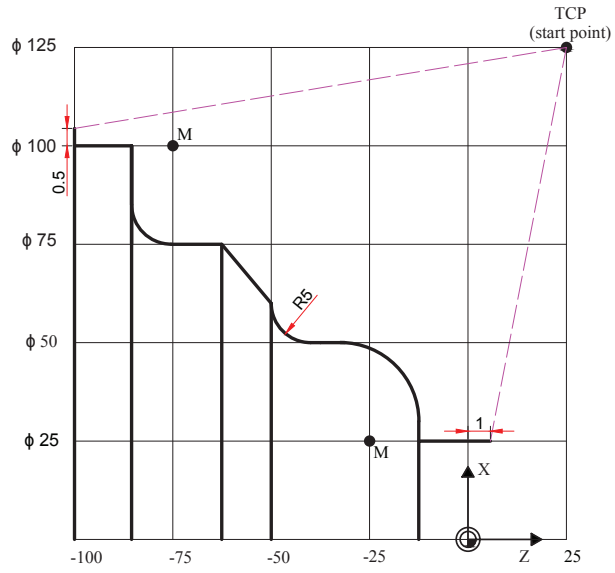
أ - S　　ب- F　　ج- N　　د- X,Z

2- عن طريق الشكل والمعطيات الموجودة في الرسم الآتي، اكتب باستعمال أوامر G00,G01 وبالمسار المطلق، انتقال سكين القطع على قطعة العمل:



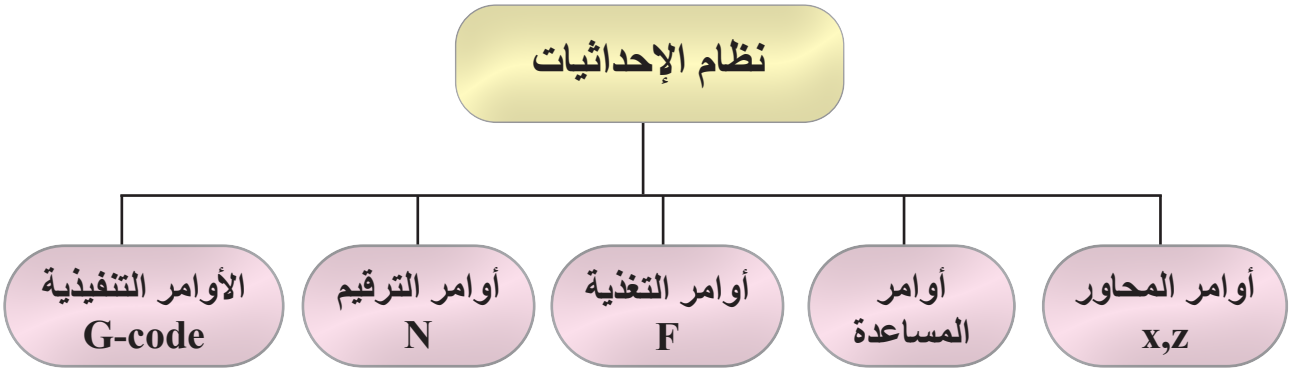
N	G	X	Z
N1			
N2			
N3			
N4			
N5			
N6			
N7			
N8			
N9			
N10			
N11			
N12			

3- عن طريق الشكل والمعطيات الموجودة في الرسم الآتي وبالإحداثي المطلق، اكتب باستعمال أوامر G03,G02,G01,G00 انتقال سكين القطع على قطعة العمل:



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

الخريطة المفاهيمية



رابعًا: إضافة أداة قطع جديدة ونقاط الصفر إلى ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC) في المحورين X, Z. وتركيب البرنامج والتحقّق منه.

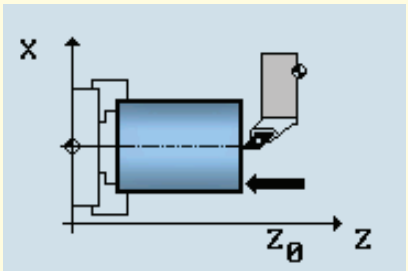
النتاجات

يُتوقع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف شاشة المخارط المحوسبة.
- يُحدّد نقاط الصفر على المخارط المحوسبة.
- يكتب برنامج على المخارط المحوسبة.

انظر وتساءل

كيف تُضاف أداة قطع تناسب قطعة العمل على ماكِنة الخراطة المحوسبة؟ وهل تحتاج إلى حساب مقدمة أداة القطع كي لا تصطدم بقطعة العمل؟



استكشف

ناقش معلمك وزملاءك في الأوامر الموجودة على ماكِنة الخراطة المحوسبة، التي تقوم بعمل الخراطة الخشنة والناعمة والكنتور والمجرى والثقب وغيرها.

1- تعويض موقع رأس أداة القطع Tool Correction Compensation

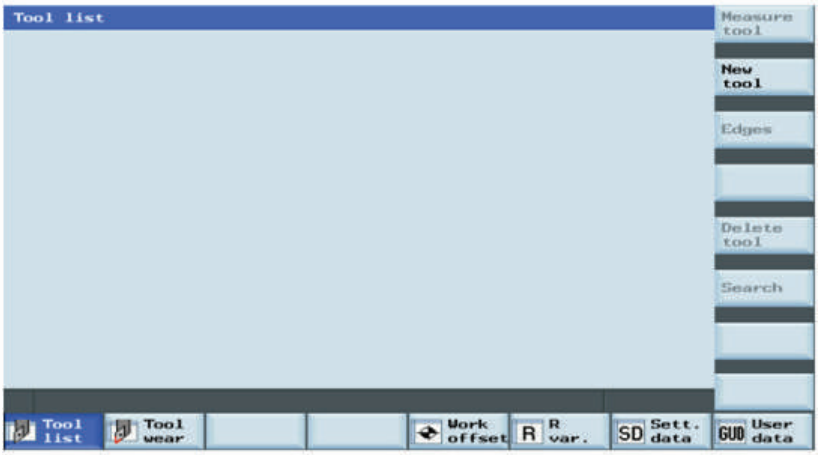
عند كتابة كود معيّن مثل (G00) للذهاب بحركة سريعة إلى نقطة ما، من دون كتابة العنوان (T1D1) يجري التعامل مع نقطة أصل تثبيت العدّة (N) وليس مع مقدّمة عدّة القطع (P)، ما قد يُسبّب مشكلة مثل اصطدام العدّة بظرف الماكِنة أو المشغولة، الرمز الآتي يوضّح طريقة استدعاء العدّة داخل البرنامج: (T1D1)، وتُستعمل الكودات (G41) لتعويض نصف قُطر أداة القطع لجهة اليسار و(G42) من اليمين والكود (G40) لإلغاء التعويض.

- **إضافة أداة قطع جديدة:**

عند تركيب أداة قطع جديدة على مكان الحامل، لا تكون بيانات الأداة معرّفة على الماكِنة، وهنا يجب تعريف بيانات الأداة الجديدة لنظام التحكم. وتُضاف أداة جديدة حسب الخطوات الآتية:

1- اختر صفحة offset.

2- انقر على قائمة الأدوات tool list.



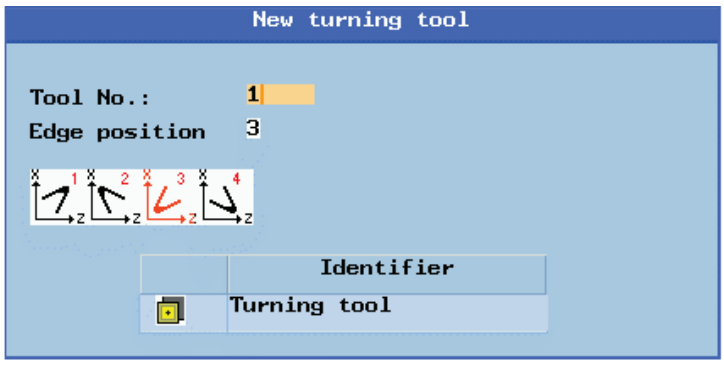
3- انقر على أداة قطع جديدة new tool.

4- حدّد نوع أداة القطع المطلوب إدخالها.

5- أدخل رقم السكين tool no. .

منهاجي
منصة التعليم الهادف

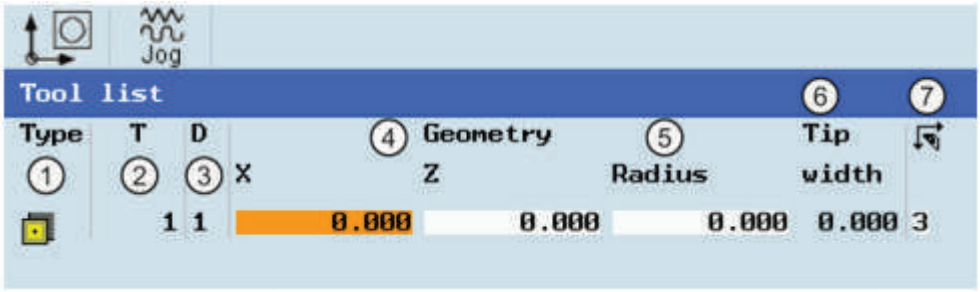
6- حدّد اتّجاه الحدّ القاطع حسب نوع السكين واتّجاهها عن طريق edge position.



7- انقر على ok.

8- تظهر سكّين جديدة في قائمة Tool List كما في النقطة رقم (9).

9- حدّد نصف قطر مقدّمة الأداة وبيانات السكّين، ثمّ انقر input.



- **تنشيط أداة القطع وتنشيط عمود الدوران الرئيس:**

1- اختر صفحة الماكِنة عن طريق الزرّ Machine.

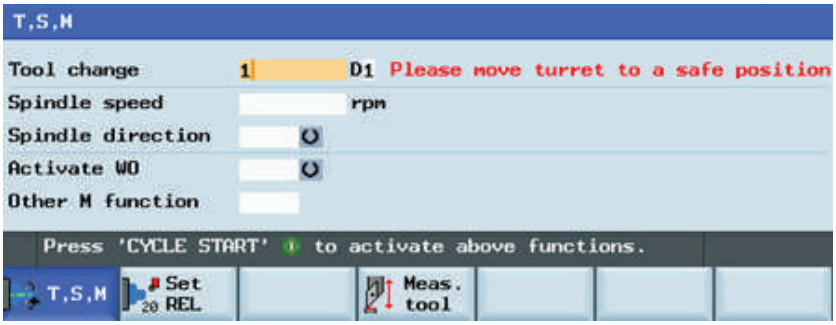
2- بدّل إلى وضع (JOG) التحكّم اليدوي.

3- افتح نافذة (T, S, M).

4- أدخل رقم الأداة المطلوب (على سبيل المثال 1) في نافذة (T, S, M).

5- أدخل القيمة المطلوبة لسرعة الغراب الثابت في نافذة (T, S, M). ولتكن 300 rpm.

6- انقر على هذا المفتاح؛ لتحديد اتّجاه عمود الدوران.



7- استعمل هذا المفتاح، أو حرّك المؤشّر لتأكيد إدخالاتك.

8- انقر على هذا المفتاح على (Cycle start) لتنشيط الأداة.

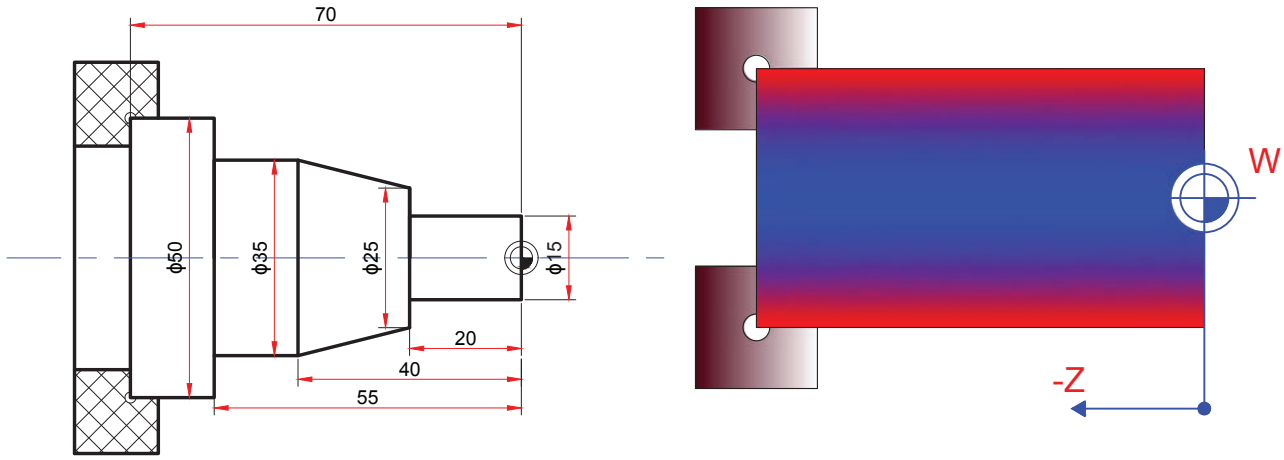
2- نقاط الصفر على ماكِنة الخراطة (CNC)

SINUMERIK 808D ADVANCED (Turning)

تقع نقطة صفر الماكِنة (Machine Zero Point) (M) في مخارط (CNC) خلف الظرف مباشرة على محور الدوران، وهذه النقطة من الصعب أن تُنسب إليها إحداثيات النقط في البرنامج المراد تصميمه، والتي تُشكّل المسارات المختلفة للمنتج المراد الحصول عليه؛ لذا، فمن المتاح اختيار نقطة بديلة تقع على محور الدوران أيضًا وتنسب أبعادها إلى نقطة (M)، ولكن في مكان يسهل على المبرمج أن ينسب نقاطه إليها. وهذا يجري بطريقة يختارها المبرمج مثل اختيار نقطة الصفر الجديدة Work piece Zero Point (W) على مرحلة واحدة وهي نقطة تقع على وجه المشغولة؛ وذلك باستعمال أمر إزاحة الصفر (Zero Offset).

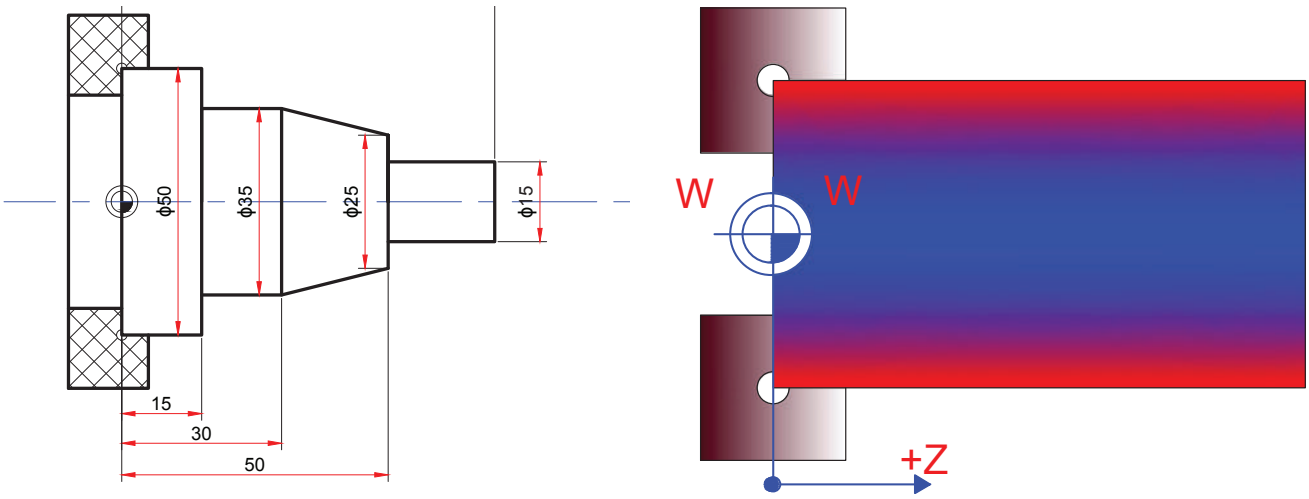
- **أنواع نقطة صفر المشغولة**

النوع الأول: نهاية وجه المشغولة (End Face) ويُفضل استعمالها في البرمجة، كما في الشكل (21).



الشكل (21): نهاية وجه المشغولة (End Face).

النوع الثاني: سطح الاتّصال (Contact Surface or Locating Face) كما يُبيّن الشكل (22).

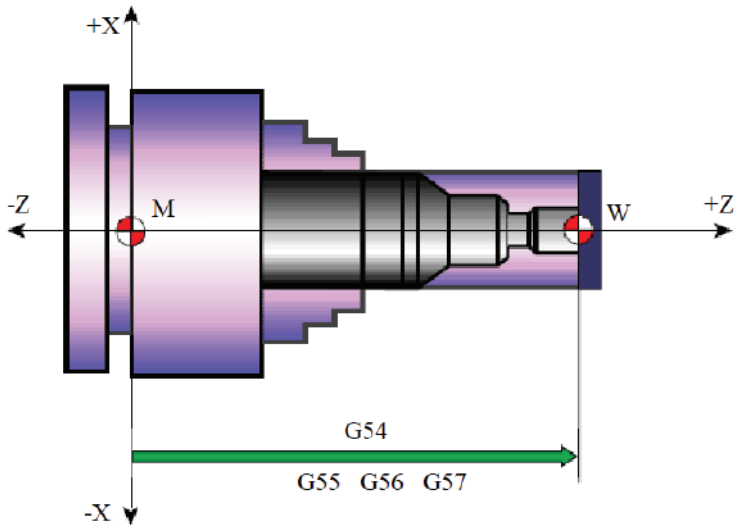


الشكل (22): سطح الاتّصال Contact Surface or Locating Face.

وهنا نجد مجموعة كودات تعمل المهمّة نفسها، وهي إزاحة الصفر ألّا وهي:

(G54, G55, G56, G57, G58, G59)

فللمبرمج مطلق الحرية في اختيار أيّ من هذه الكودات لإعطاء أمر إزاحة الصفر داخل البرنامج. ولترحيل صفر الماكنة M (Zero Offset) يستعمل أمر إزاحة الصفر (G54) لاختيار صفر جديدة على مرحلة واحدة، وهي نقطة تقع على وجه المشغولة (W) كما في الشكل (23).



الشكل (23): كود إعطاء أمر إزاحة الصفر داخل البرنامج باستخدام (G54)

3- كيفية تثبيت نقاط صفر المشغولة على ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC) في المحورين X,Z

- **قياس الأداة في اتجاه X,Z**

1- اختر صفحة الآلة عن طريق الزرّ Machine.

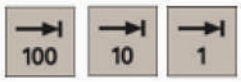
2- بدّل إلى وضع (JOG).

3- افتح نافذة القياس اليدوي للأداة (Meas. tool).

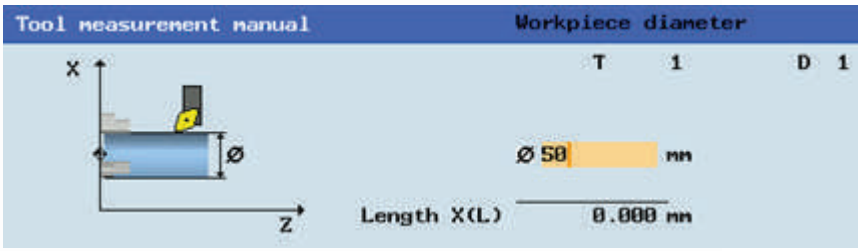
4- انقر على هذا المفتاح البرمجي الرأسي لقياس الأداة في اتّجاه (X).

5- حرّك الأداة للاقتراب من قطعة العمل في اتّجاه (X) أو (Z).

6- بدّل إلى وضع التحكّم في عجلة اليد (HAND WHEEL).

7- حدّد معدّل تغذية تجاوز مناسب، ثمّ استعمل عجلة اليد لتحريك الأداة لخدش حافّة قطعة العمل المطلوبة (أو حافّة كتلة الإعداد إذا استُعملت). 

8- أدخل قطر قطعة العمل في حقل (Ø) (على سبيل المثال 50).



9- احفظ قيمة الطول في المحور (X). يؤخذ قطر الأداة ونصف قطرها وموضع القطع في الحسبان.

10- أدخل المسافة بين طرف الأداة وحافّة قطعة العمل في الحقل (Z)، على سبيل المثال (0). (هذه القيمة هي سُمك كتلة الإعداد إذا استُعملت).

11- احفظ قيمة الطول في المحور (Z). Set length Z

12- انقر على هذا المفتاح البرمجي، ويمكنك أن ترى أنّ قِيَم بيانات التعويض قد أُضيفت تلقائيًّا Tool list إلى بيانات الأداة.

4- تركيب البرنامج: Program Structure

يعتمد إعداد أيّ برنامج لماكِنات التحكّم الرقْمي على ثلاث مجموعات مختلفة من التعليمات:

1- مجموعة تعليمات بداية البرنامج:

تشمل عنوان البرنامج ورقمه والتعريف بنقطة الأصل للمثبّت ونقطة الأصل للمشغولة، وتختلف حسب نظام التحكّم، فمثلًا في حالة الخراطة في نظام:

SINUMERIK 808D ADVANCED (Turning)

N0010 M06 T1D1	استدعاء العدّة.
N0020 G54	إزاحة المحاور الإحداثية من صفر الماكِنة إلى صفر المشغولة.
N0030 G58 X0 Z100	إزاحة المحاور الإحداثية من صفر الماكِنة إلى صفر المشغولة، وكتابة الإحداثيات (المطلقة أو النسبية) في البرنامج نفسه.

2- مجموعة تعليمات شروط التشغيل:

تشمل اختيار العدّة وقِيَم التغذية وسرعة الدوران وإدارة العمود الرئيس وسائل التبريد، وتحريك العدّة إلى المواضع المطلوبة خلال التشغيل:

N0040 M04 S2000 F0.10 M08	تحديد اتّجاه الدوران والسرعة والتغذية وسائل التبريد.
N0050 G00 X50 Z2	حركة سريعة إلى موضع البداية.
N0060 G01 Z-50	حركة تغذية طولية لمسافة (50) مم بالاتّجاه السالب.

3- مجموعة تعليمات نهاية البرنامج، وتشمل:

N0080 G00 X60	تحريك العدة بعيدًا عن المشغولة.
N0100 Z20 M05	إيقاف عمود الدوران.
N0120 M30	نهاية البرنامج.

بعد إتمام كتابة البرنامج، يجب مراجعته بدقّة قبل الشروع في تنفيذه؛ إذ إنّ بعض الأخطاء قد تؤدّي إلى حدوث إتلاف جسم في أجزاء الماكِنة، أو العدّة القاطعة، أو المشغولة، أو المثبّت الخاص بها، ما يستلزم مراجعة البرنامج للتأكّد ممّا يأتي:

1- مسار الحركة السريعة: يجب ألّا تتصادم العدّة مع المشغولة أو المثبّتات المستعملة، بل يجب أن تُبعد عنها بمسافات كافية وآمنة.

2- صحّة كتابة المعلومات العددية على الشاشة.

3- تطابق البرنامج مع رسم المشغولة، وهذا يعني مطابقة المشغولة المصنّعة للرسم.

4- الاختيار الصحيح لقِيَم السرعات والتغذية وعمق القطع، بما يناسب المادّة المشغولة والعدّة المستعملة وطاقة الماكِنة.

5- أن تُجرى أيّ تعديلات على البرنامج بوساطة من أعدّ البرنامج دون غيره، أو شخص مطّلع عليه بشكل مفصّل.

تحقيق البرنامج

يجري وَفقًا للترتيب الآتي:

1- فحص البرنامج الذي أُدخل في ذاكرة الحاسوب كما تقدّم.

2- استعمال الحاسوب في محاكاة العملية؛ برسم المشغولة ومسار العدّة خلال مراحل التشغيل المختلفة على شاشة الحاسوب.

3- تشغيل البرنامج آليًّا، ولكن من دون قطع، ومراقبة مسار العدّة واحتمالات التصادم بين العدّة والمشغولة أو المثبّتات، وإجراء أيّ تعديل لازم في المسار بناءً على ذلك.

4- تشغيل البرنامج بعد التأكّد من سلامته خطوة بخطوة، مع تقليل سرعات التغذية وسرعة الدوران مع إبعاد العدّة عن المشغولة.

5- تشغيل مشغولة بالكامل وفقًا للبرنامج، ومراجعة أبعادها وجودة تشطيب سطحها، وتعديل شروط القطع إن لزم الأمر.

الجدول (9): مثال لوصف برنامج.

رقم البرنامج.	%0001
ضبط نقطة الصفر للقطعة.	N0030 G54
اختيار العدّة الثانية (قلم خراطة جانبية يمين).	N0020 T2D1 (Side tool right)
التوجّه إلى موقع (25,0) بسرعة عالية كتقريب.	N0040 G00 X25 Z0
تحديد التغذية وسرعة قطع ثابتة واتجاه دوران العيّنة، باتجاه حركة عقارب الساعة.	N0050 G96 F0.07 S175 M03
فتح سائل التبريد.	N0060 M08
الحركة في اتّجاه مركز المشغولة لعمل Facing.	N0070 G01 X0

حركة سريعة إلى موقع (22,1).	N0080 G00 X22 Z1
حركة قطع على المستوى المائل.	N0090 G01 X18 Z-15
حركة قطع بمسافة (25mm) في اتّجاه (X).	N0100 X25
حركة قطع في اتّجاه محور (Z) بمسافة (30mm).	N0110 Z30
التوقّف وإنهاء البرنامج.	N0150 M30

الانتهاء من البرنامج Program End M30

1- سحب أداة القطع إلى مستوى الأمان باستعمال الكود (G00) في اتّجاه بعيد عن المشغولة، وغالبًا ما يكون محور (Z).

2- إيقاف سائل التبريد باستعمال الكود (M09).

3- إيقاف عمود الدوران باستعمال الكود (M05).

4- في النهاية، إيقاف البرنامج نفسه باستعمال الكود (M30) أو الكود (M02)، والفرق بينهما هو أنّ الكود (M02) يُنهي البرنامج ويتوقّف عند نهايته، بينما الكود (M30) يُنهي البرنامج ويُعيده إلى بدايته لينتظر التشغيل مرّة أخرى إذا لزم الأمر.

قبل البدء بالعمل على ماكِنة الخراطة المحوسبة، لا بد من قائمة مراجعة الصيانة الوقائية:

النظام الميكانيكي

1- تحقّق من وصول التزييت إلى رأس الدوران.

2- تحقّق من أقشطة نقل الحركة.

3- افحص وضع السلبّة الداخلية لرأس الدوران والغراب المتحرّك.

4- افحص سلامة حوامل السكاكين.

5- افحص صحّة دوران الرأس.

6- افحص سلامة فرش الماكِنة والمنزلقات.

نظام التبريد

1- افحص خراطيم سائل التبريد، وتأكّد من عدم وجود تسريب.

2- تحقّق من تشغيل مضخّة التبريد بالكامل.

3- نظّف مرشّحات سائل التبريد.

4- تأكّد من لزوجة سائل التبريد وصلاحيته.

نظام التشحيم والتزييت

1- افحص الفلتر.

2- تأكّد من عدم وجود تسريبات في نظام التزييت.

3- تحقّق من عمل مضخّة الزيت.

4- تحقّق من مستوى الزيت، وحافظ عليه في المستوى المطلوب.

النظام الكهربائي

1- حافظ على نظافة الكابينة الكهربائية.

2- تحقّق من فولتية المصدر الداخلة للماكِنة.

3- افحص سلامة التوصيلات والأسلاك.

4- تحقّق من عمل مراوح التبريد.

5- نظّف أو استبدل فلاتر المراوح.

نظام الهواء والتبريد الهوائي

1- تحقّق من خطوط الهواء.

2- تحقّق من عدم وجود تسريب في نظام الهواء.

3- تأكّد من صلاحية ضاغط الهواء.

4- تأكّد من وصول ضغط الهواء للحدّ المناسب.

ابحث في برامج الرسم المخصّصة في إنتاج القطعة الميكانيكية مثل (Master Cam) وحاول تعرّف كيفية الرسم والأوامر الخاصّة بالبرنامج، وكيفية تحويل الرسمة للغة البرمجة (G-Code) وانقلها على ماكِنة الخراطة باستعمال (Flash Memory) بعد وضعها في المكان المخصّص لها.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف شاشة البرمجة في ماكِنات الخراطة المحوسبة.			
2	أُحدّد نقاط الصفر على ماكِنات الخراطة المحوسبة.			
3	اكتب برنامجًا لماكِنات الخراطة المحوسبة.			

أسئلة الدرس

1- كيف تُضاف أداة قطع جديدة إلى ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC)؟

2- وضّح طريقة تنشيط أداة القطع، وتنشيط عمود الدوران.

3- اذكر أنواع نقطة صفر المشغولة على ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC).

4- ما كود إعطاء أمر إزاحة الصفر داخل البرنامج؟

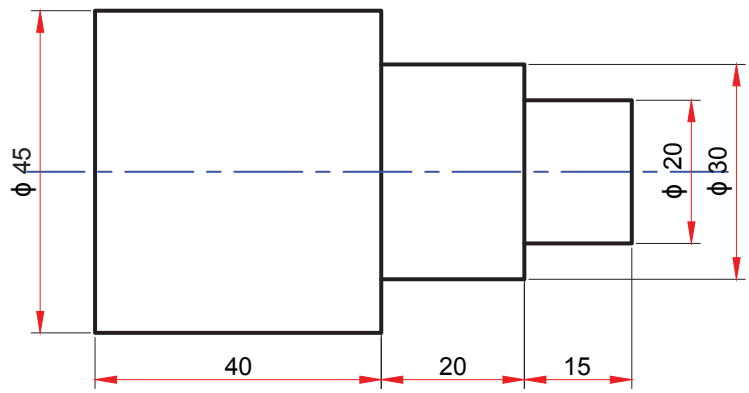
5- كيف تُثبّت نقاط صفر المشغولة على ماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC) في المحورين X,Z؟

6- يعتمد إعداد أي برنامج لماكِنات التحكّم الرقمي على ثلاث مجموعات مختلفة من التعليمات. اذكرها مع الشرح.

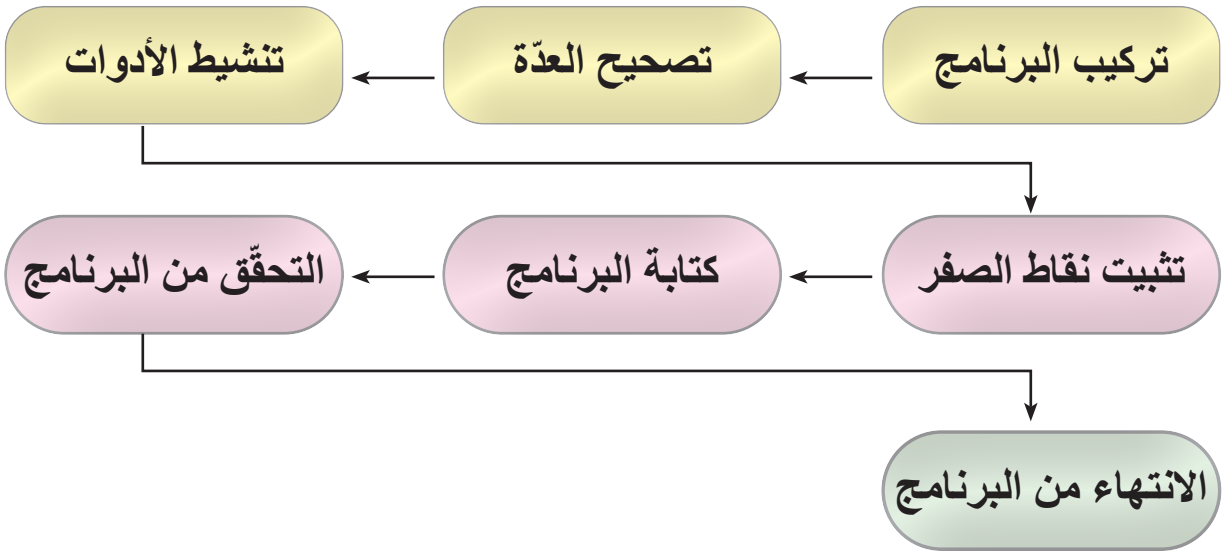
7- ما الفرق بين الكود (M02) والكود (M30) عند الانتهاء من البرنامج؟

8- لا بدّ قبل العمل على ماكِنات الخراطة المحوسبة عمل صيانة وقائية دورية للمحافظة عليها والتأكّد من عدم استهلاك عمرها التشغيلي. اذكر أهم أعمال الصيانة الوقائية الواجب القيام بها.

9- اكتب برنامجًا على ماكِنة خراطة محوسبة للقطعة المبيّنة في الشكل الآتي:



الخريطة المفاهيمية

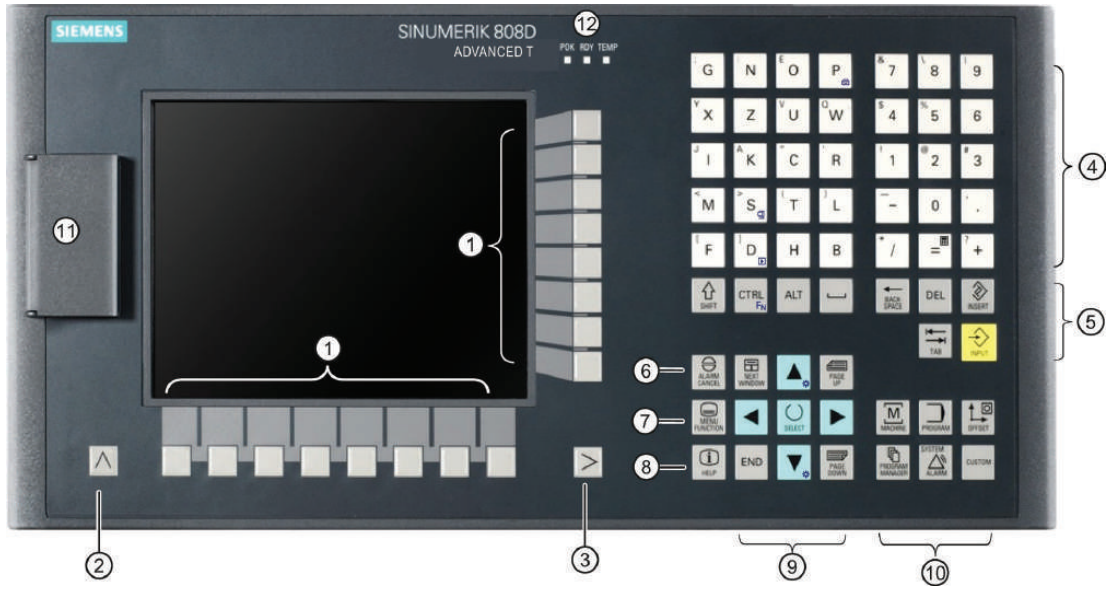


1- ماذا تعني ماكِنة الخراطة (CNC)؟

2- قارن بين ماكِنات الخراطة المحوسبة (CNC) والماكِنات التقليدية للقطع.

3- عرّف المحور، ووضّح المحاور الرئيسة لماكِنة الخراطة المحوسبة.

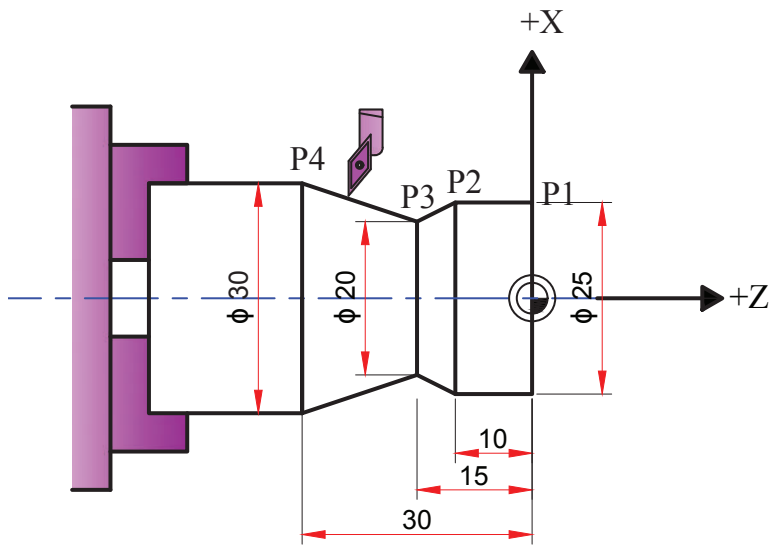
4- وضّح وظائف الأزرار الموجودة في الشكل:



5- املأ الجداول الآتية بإحداثيات النقاط الموجودة على الرسم بطريقة:

أ- الأبعاد المطلقة.

ب- الأبعاد النسبية.



الأبعاد المطلقة		
إحداثيات نقاط الكنتور من 0 إلى P4		
النقطة	X	Y
0		
P1		
P2		
P3		
P4		

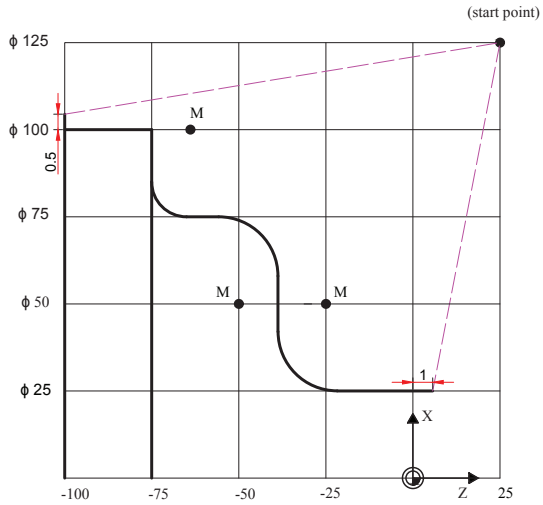
الأبعاد النسبية			
مسارات الحركة			
من نقطة إلى نقطة		X	Y
0	P1		
P1	P2		
P2	P3		
P3	P4		

6- ما وظيفة الأوامر الآتية في برنامج ماكِنة الخراطة CNC؟

أ - G00 ب- G01 ج- G54 د- G96

هـ- T1D1 و - M04 ز- M30

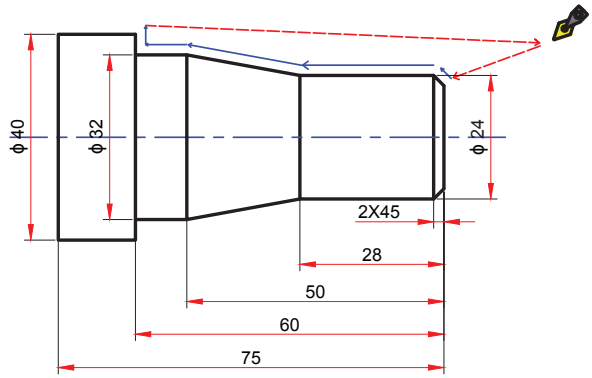
7- عن طريق الشكل والمعطيات الموجودة في الرسم الآتي وبالإحداثي المطلق، اكتب باستخدام أوامر G03,G02,G01,G00 انتقال سكّين القطع على قطعة العمل.



8- كيف تُثبّت نقاط صفر المشغولة على آلة الخراطة المحوسبة (CNC) في المحورين X, Z.

9- ما الفرق بين الكود (M02) والكود (M30) عند الانتهاء من البرنامج؟

10- اكتب برنامجًا على ماكِنة خراطة محوسبة للقطعة المبيّنة في الشكل الآتي:



التمارين العملية :

التمرين الأول: الأجزاء الرئيسة لماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC).

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

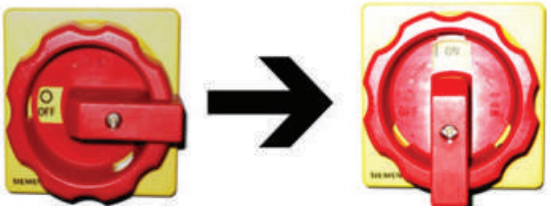
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استخدام ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يتعرّف أجزاء ماكِنة الخراطة المحوسبة، ووظيفة كلّ منها.
- يفكّ السكاكين على ماكِنة الخراطة المحوسبة ويُركّبها بطريقة صحيحة.
- يفكّ لُقَم الغراب الثابت ويُركّبها، بما يتناسب مع قطعة العمل.
- يستعمل ماكنةِ الخراطة المحوسبة استعمالًا صحيحًا.

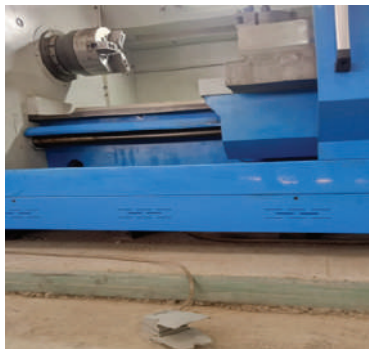
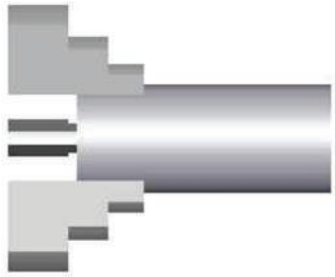
متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية. • ماكِنة خراطة محوسبة. • كليبر، مبيّن قياس، مفاتيح شقّ، مفتاح سداسي.	• قطع عمل أسطوانية قياس (45) mm، قطعة قماش قطنية.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل، والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
2	- تعرّف القاطع الكهربائي الرئيس لماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)

منهاجي
منصة التعليم الهادف

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	- تعرّف جهاز تنظيم الجهد وكيفية تشغيله وإطفائه، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
4	- تعرّف القاطع الكهربائي لماكِنة الخراطة المحوسبة، وكيفية إدارته لوضع التشغيل ON وOFF، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	- تعرّف جهاز الحاسوب لماكِنة الخراطة المحوسبة ومفتاح التشغيل الأخضر ومفتاح إطفاء الماكِنة الأحمر وكبسة الطوارئ، كما في الشكل (5).	الشكل (5)
6	- تعرّف طاولة العمل والمحاور الرئيسية X,Z ومكان العمل على ماكِنة الخراطة المحوسبة. كما في الشكل (6).	الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7	- تعرّف حامل السكاكين وكيفية فكّه وتركيبه باستعمال المفتاح المناسب بعد ضبط السكين داخله، كما في الشكل (7).	الشكل (7)
8	- تعرّف عمود الدوران الرئيس Main Spindle ودعسة فتحها وإغلاقها، كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	- أحضر قطعة عمل، وتعلّم معايرة اللقم بعد فكّها بالمفتاح السداسي بما يتناسب مع قطعة العمل، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	- تعرّف خرطوم سائل التبريد واستعمل سائل التبريد المناسب، كما في الشكل (10).	الشكل (10)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
11	- تعرّف مكان تعبئة زيت الهيدروليك ومكان وجود الأقشطة والمسنّنات، كما في الشكل (11).	الشكل (11)
12	- تعرّف قاعدة الماكِنة ومكان خروج الرائش، كما في الشكل (12).	الشكل (12)
13	- بعد الانتهاء من الماكِنة أطفئها ونظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها، وافصل القاطع وجهاز الجهد أيضًا.	
14	- دوّن في دفترك أجزاء ماكِنة الخراطة المحوسبة التي تعرّفتها في هذا التمرين.	

1- اذكر الأجزاء الرئيسة لماكِنة الخراطة المحوسبة.

2- وضّح كيفية فكّ حامل السكاكين وتركيبه، في ماكِنات الخراطة المحوسبة.

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أعرف مفاتيح التشغيل والإطفاء وقواطع الكهرباء الرئيسة.			
4	أفكّ حامل السكاكين وأُركّبه بالطريقة الصحيحة.			
5	أفكّ اللقم على الغراب الثابت وأُركّبها، بما يتناسب مع قطعة العمل.			
6	أُشغّل ماكِنة الخراطة المحوسبة من مفاتيح التشغيل الخاصّة.			
7	أستعمل سائل التبريد ووسائل الحماية الخاصّة.			
8	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الثاني: وصف لوحة التحكّم لماكِنة الخراطة المحوسبة (CNC).

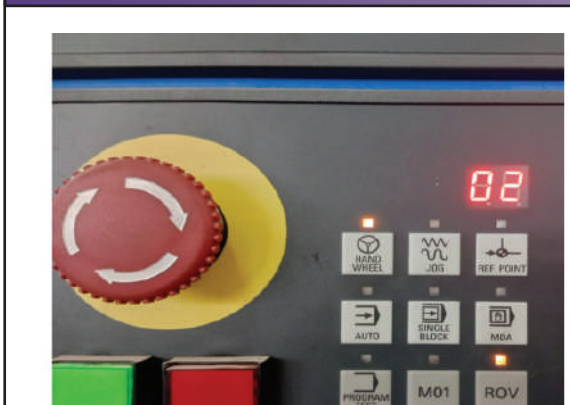
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

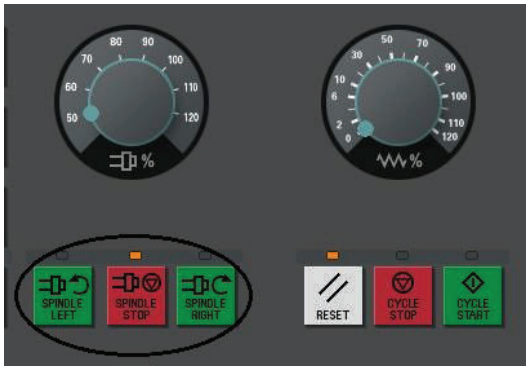
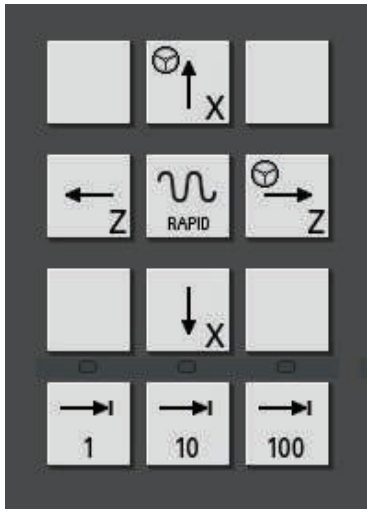
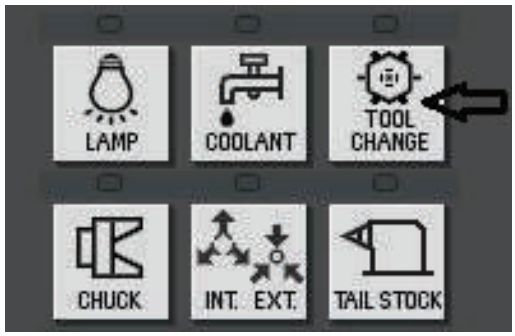
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استخدام ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يتعرّف لوحة التحكّم لماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يتعرّف وظيفة كلّ مفتاح في لوحة التحكّم.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة خراطة محوسبة	• قطع عمل أسطوانية قياس (45) mm، قطعة قماش قطنية.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل، والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (1)	الشكل (1)
2	- شغّل القاطع الكهربائي الرئيس وجهاز تنظيم الجهد لماكِنة الخراطة المحوسبة، ثمّ شغّل القاطع الكهربائي على وضع ON، كما تعلّمت في التمرين السابق.	

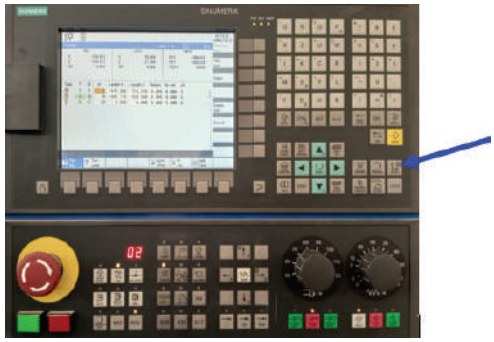
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	- شغّل جهاز الحاسوب لماكِنة الخراطة المحوسبة ومفتاح التشغيل الأخضر، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
4	- تعرّف Reset التي تُعيد تشغيل البرنامج وتزُيل الإنذارات وتُلغي أيّ رسالة تظهر بعد قراءتها وعمل الإجراء الصحيح، وكذلك إعادة تعيين البرنامج، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
5	- تعرّف Cycle Start Cycle Stop التي تُشغّل البرنامج وتوقفه، كما في الشكل (4).	الشكل (4)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6	- تعرّف SPINDLE START / SPINDLE STOP لتدوير أو إيقاف دوران محور عمود الدوران مع أو عكس عقارب الساعة، كما في الشكل (5)	 الشكل (5)
7	- تعرّف MANUAL AXIS MOVEMENT لتحريك المحاور يدويًّا بالضغط على مفتاح المحور المطلوب، ولا بدّ من اختيار الوضع (JOG) سابقًا، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
8	- تعرّف مفتاح TOOL CHANGE المبدّل الأوتوماتيك للسكاكين، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
9	- تعرّف مفتاح التبريد COOLANT، كما في الشكل (8).	الشكل (8)
10	- تعرّف مفتاح الإضاءة LAMP كما في الشكل (9).	الشكل (9)
11	- تعرّف مفتاح فتح لقم SPANDLE وإغلاقها CHUCK، كما في الشكل (10).	الشكل (10)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
12	- تعرّف REFERENCE POINT IN ALL AXES للوصول إلى النقطة المرجعية لكلّ المحاور، كما في الشكل (11).	الشكل (11)
13	- تعرّف مفتاح JOG وHANDL WHEEL لتحريك يدوي بالأسهم وتحريك يدوي بالريموت، كما في الشكل (12)	الشكل (12)
14	- تعرّف مفتاح AUTO لتشغيل البرنامج، كما في الشكل (13).	الشكل (13)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
15	- تعرّف مفتاح SINGLE BLOCK لتشغيل البرنامج سطرًا سطرًا، كما في الشكل (14).	الشكل (14)
16	- تعرّف مفتاحPROGREM TEST لاختبار البرنامج وتشغيل المحاكاة، كما في الشكل (15).	الشكل (15)
17	- تعرّف مفتاح MDA كتابة برنامج مؤقّت، كما في الشكل (16).	الشكل (16)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
18	- تعرّف مفتاح MACHINE لصفحة وضع الماكِنة، كما في الشكل (17).	الشكل (17)
19	- تعرّف مفتاح Program Manger لصفحة البرنامج الفعّال، كما في الشكل (18).	الشكل (18)
20	- تعرّف مفتاح OFFSET لتعريف أدوات القطع وخصائصها، كما في الشكل (19).	 الشكل (19)
21	- تعرّف مفتاح PROGREM MANNGER لصفحة مدير البرامج، كما في الشكل (20).	الشكل (20)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
22	- تعرّف مفتاح SYSTEM ALARM لصفحة التحذيرات والأعطال، كما في الشكل (21).	الشكل (21)
23	- بعد الانتهاء من الماكِنة أطفئها ونظّف مكان العمل، وافصل القاطع وجهاز الجهد أيضًا لوضع OFF.	
24	- دوّن في دفترك الأجزاء التي تعرفت إليها في هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- اذكر المفاتيح الرئيسة لماكِنة الخراطة المحوسبة.

2- اكتب وظيفة كل من المفاتيح الآتية في ماكنة الخراطة المحوسبة:

Tool change

Coolant

Spandle chuck

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُميّز بين التحريك اليدوي بالريموت والتحريك اليدوي بالأسهم.			
4	أعرف وظيفة كلّ مفتاح من مفاتيح لوحة التحكّم في ماكِنة الخراطة المحوسبة.			
5	أعرف مفتاح صفحة وضع الماكِنة MACHINE.			
6	أُميّز الفرق بين صفحة البرنامج الفعّال وصفحة مدير البرامج.			
7	أعرف صفحة التحذيرات والأعطال.			
8	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

منهاجي
منصة التعليم الهادف

التمارين العملية :

التمرين الثالث: تشغيل ماكِنة الخراطة المحوسبة، وتبديل أداة القطع.

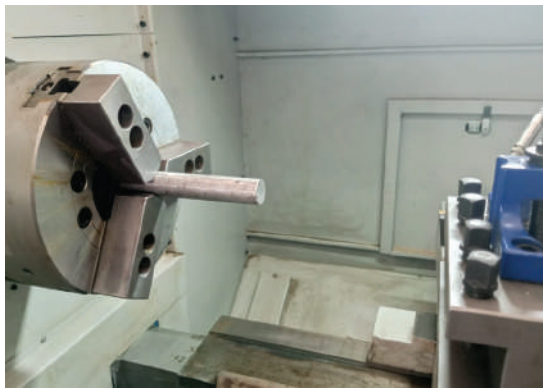
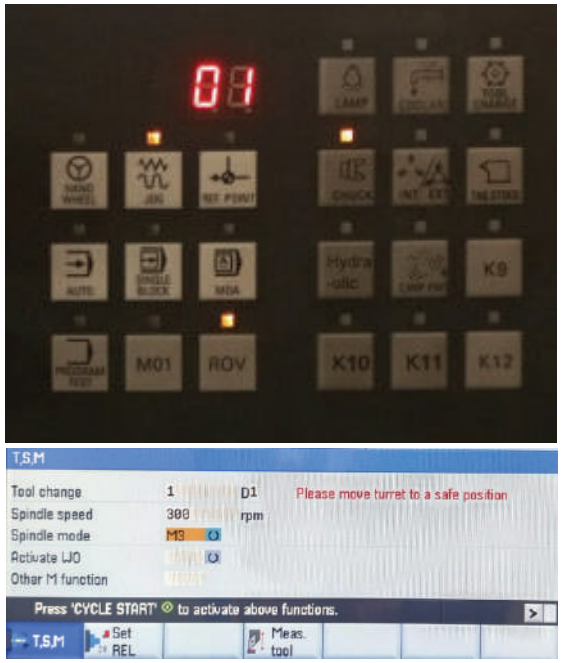
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

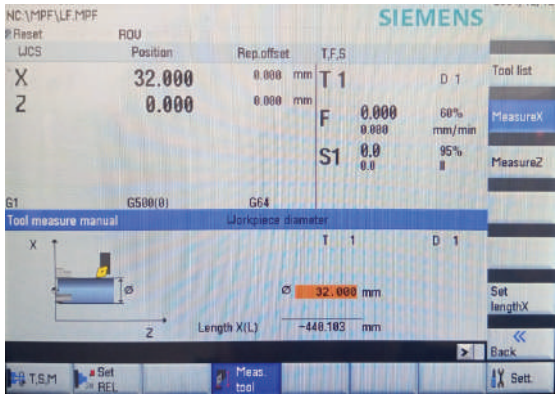
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يتعرّف طريقة تشغيل ماكِنة الخراطة المحوسبة وإطفائها.
- يُركّب قطعة العمل ويُحدّد إحداثيّاتها على ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يستعمل ماكِنة الخراطة المحوسبة استعمالًا صحيحًا.

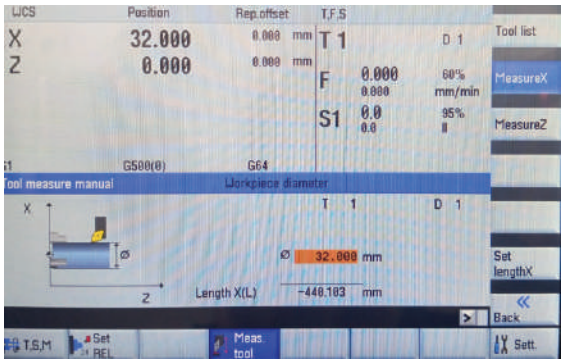
متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية. • ماكِنة خراطة محوسبة، كليبر، مبيّن قياس، مفاتيح شقّ، مفتاح سداسي.	• قطع عمل أسطوانية قياس (45) mm، قطعة قماش قطنية.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل، والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
2	- شغّل القاطع الكهربائي الرئيس وجهاز تنظيم الجهد لماكِنة الخراطة المحوسبة، ثمّ شغّل القاطع الكهربائي على وضع ON، كما تعلّمت في التمرين السابق، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	- اضغط على مفتاح التشغيل الموجود على اللوحة الرئيسة لجهاز الحاسوب التابع لماكِنة الخراطة المحوسبة، وستبدأ الماكِنة بالعمل وتظهر الصفحة الرئيسة وتُكتب الإنذارات باللون الأحمر لتجنّبها، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
4	- ركّب قطعة العمل على الغراب الثابت بعد الضغط على قدم فتح أُقَم الغراب الثابت الثلاثي، ثمّ الضغط على القدم مرّة أخرى لإغلاق اللقم على قطعة العمل، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	- شغّل رأس الدوران Main Spindle ودوران رأس الدوران لليمين أو اليسار، بعد تحديد السكين المناسبة ولتكن السرعة (300) من خيار T,S,M، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6	- من صفحة OFFSET اضغط على قائمة الأدوات TOOL LIST، ثمّ اضغط على أداة قطع جديدة NEW TOOL، وبعدها حدّد نوع أداة القطع المطلوبة، ثمّ أدخل رقم السكين TOOL NO ثمّ OK، ثمّ حدّد نصف قطر مقدّمة الأداة وبيانات السكين، ثمّ اضغط على INPUT، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
7	- ابدأ بتحديد إحداثيات القطعة على الماكِنة؛ وذلك بدءًا بتقريب حامل السكين إلى قطعة العمل، واستعمل الوضع Handle لسهولة معاينة السكين وملامسة قطعة العمل عند إضافة أداة قطع جديدة، كما في الشكل (7).	الشكل (7)
8	- من الـ MEASURE TOOL وبعد ملامسة السكين لقطعة العمل، امسح الوجه الأمامي للقطعة، ثمّ ثبّت إحداثيات المحور (Z) على set length Z، كما تعلّمت في الجزء النظري، كما في الشكل (8).	 الشكل (8)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
9	- قِس قطعة العمل باستعمال الكليبر، وثبّت إحداثيات القياس على محور (X) في خانة set length (X)، كما تعلّمت في الجزء النظري، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	- بعد الانتهاء من الماكِنة أطفئها ونظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها، وافصل القاطع وجهاز الجهد أيضًا.	
11	- دوّن في دفترك الخطوات التي اتّبعتها في تنفيذ هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- كيف تُحدّد الإحداثيات على كلّ من المحور X, Z؟

2- كيف تُضاف أداة قطع جديدة من صفحة OFFSET؟

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أعرف صفحة تحديد الإحداثيات على الماكِنة.			
4	أعرف كيفية تحديد الإحداثيات على المحور X, Z.			
5	أُضيف أداة قطع جديدة من صفحة OFFSET.			
6	أُحدّد نصف قطر مقدّمة الأداة وبيانات السكّين.			
7	أُحدّد نوع أداة القطع المطلوبة، وأُدخل رقم السكّين.			
8	أُنظّف الآلة بعد الانتهاء من العمل.			

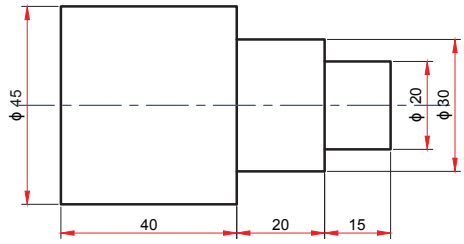
التمارين العملية :

التمرين الرابع:

كتابة برنامج (G-Code) على ماكِنة الخراطة المحوسبة، بعد معرفة قياسات القطعة المطلوب الشغل عليها.

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

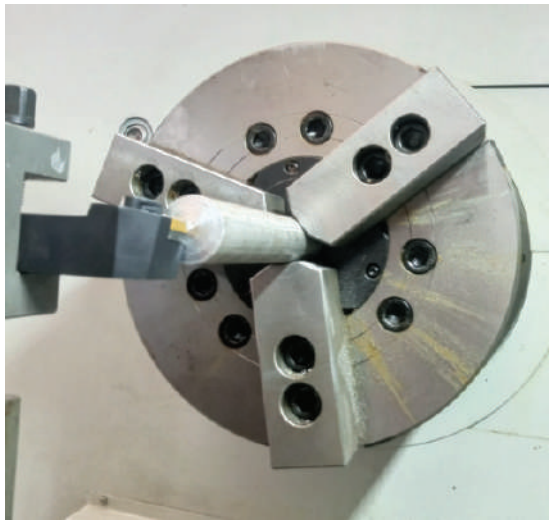
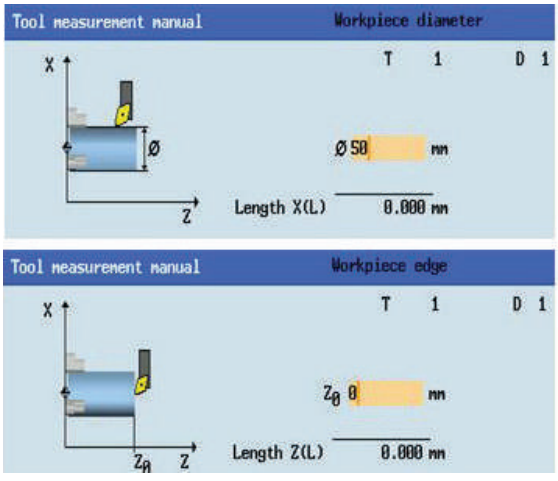
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يستعمل ماكِنة الخراطة المحوسبة استعمالًا صحيحًا.
- يكتب برنامجًا بلغة (G-Code) من دون أخطاء، مع فهم الأوامر الخاصّة بها.
- يُطبّق البرنامج على قطعة عمل تطبيقًا صحيحًا.

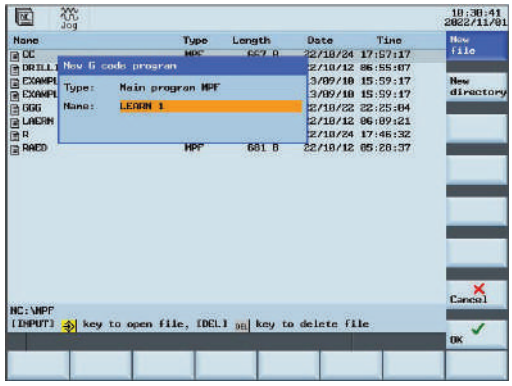
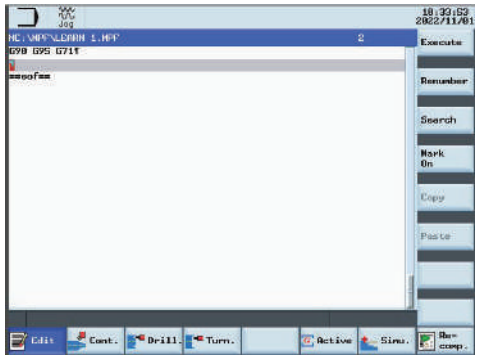
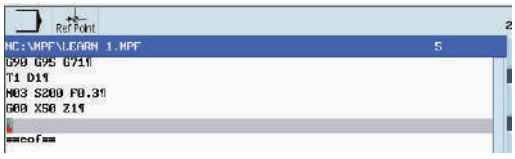
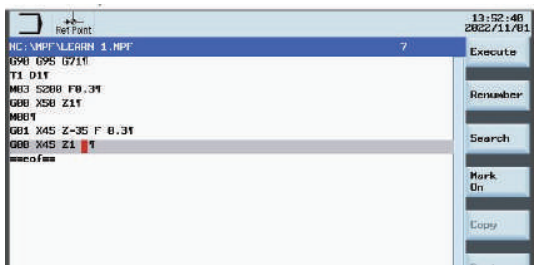


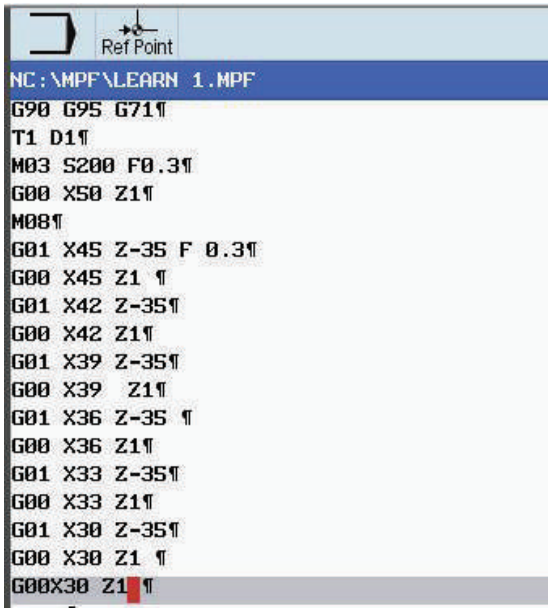
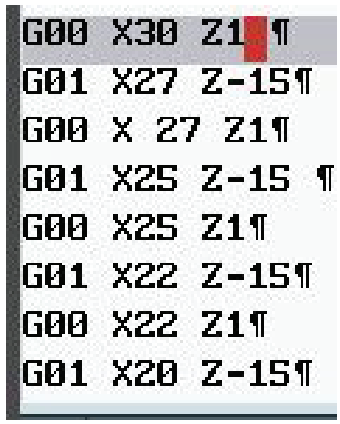
متطلّبات تنفيذ التمرين:

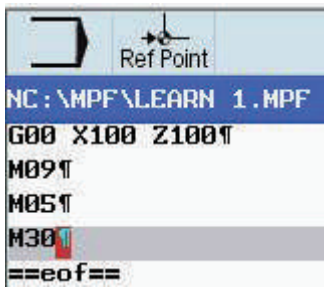
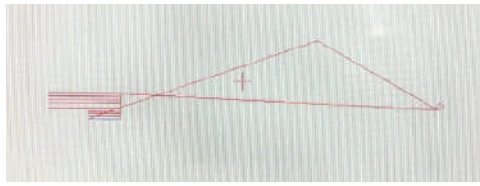
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة خراطة محوسبة، كليبر، مبيّن قياس، مفاتيح شقّ، مفتاح سداسي.	• قطع عمل أسطوانية قياس (45) mm، قطعة قماش قطنية.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل، والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	- شغّل القاطع الكهربائي الرئيس وجهاز تنظيم الجهد لماكِنة الخراطة المحوسبة، ثمّ شغّل القاطع الكهربائي على وضع ON، كما تعلّمت في التمارين السابقة، كما في الشكل (2).	الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	اضغط على مفتاح التشغيل الموجود على اللوحة الرئيسة لجهاز الحاسوب التابع لماكِنة الخراطة المحوسبة، وستبدأ الماكِنة بالعمل وتظهر الصفحة الرئيسة وتُكتب الإنذارات باللون الأحمر لتجنّبها، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
4	- ركّب قطعة العمل على الغراب الثابت، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
5	- حدّد النقطة المرجعية وهي الإحداثيات على المشغولة، وحدّد نوع السكين المطلوبة كما تعلّمت سابقًا، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6	- من أمر Program Manger أنشئ برنامجًا جديدًا وأطلق عليه اسم Learn1 على سبيل المثال، ثمّ ابدأ بكتابة البرنامج والأوامر الخاصّة به، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
7	- اكتب G-codes مبتدأ G71, G95, G90, والتي تعني قيمة مطلقة، (مم / دورة)، والقياس بالملليمتر، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	- حدّد نوع السكين T1D1، ثمّ اتجاه دوران الرأس M03 وسرعة القطع S200 وقيمة التغذية F 0.3 ، كما في الشكل (8).	الشكل (8)
9	- ابدأ بتقريب السكّين على قطعة العمل بكتابة الكود G00 X50 Z1، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	- ابدأ بعملية الخراطة، وضع مقدار التغذية، وشغّل سائل التبريد باستخدام الكود، كما في الشكل (10): M08 G01 X45 Z-35.0 F0.3 G00 X45 Z1.0,	 الشكل (10)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
11	- أكمل كتابة البرنامج باستخدام الكود، كما في الشكل (11): G01 X42 Z-35.0, G00 X42.0 Z1.0, G01 X39.0 Z-35, G00 X39.0 Z1.0, G01 X36 Z-35.0, G00 X36 Z1.0, G01 X33 Z-35; G00 X33 Z1.0, G01 X30 Z-35; G00 X30 Z1.0	 الشكل (11)
12	- أكمل الجزء الأسفل بالطريقة نفسها، وبما يتناسب مع الرسم، كما في الشكل (12): G00 X30 Z1.0, G01 X27 Z-15; G00 X27 Z1.0, G01 X25 Z-15; G00 X25 Z1.0; G01 X22 Z-15; G00 X22 Z1.0; G01 X20 Z-15;	 الشكل (12)
13	- بعد الانتهاء من الخراطة كما في الشكل المطلوب، نعود بالسكين بعيدًا عن راس الدوران بكتابة الكود، كما في الشكل (13). G00 X100 Z100	 الشكل (13)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
14	أوقف سائل التبريد باستخدام الكود M09، كما في الشكل (14). - أوقف رأس الدوران باستخدام الكود M05. - أنهي البرنامج باستخدام الكود M30.	 الشكل (14)
15	- بعد الانتهاء من كتابة البرنامج اعمل Execute، ثمّ اضغط على program test لفحص البرنامج والتأكّد بأنّه سليم من دون أخطاء، قبل البدء في العمل على قطعة العمل، كما في الشكل (15). وعند التأكد من أن البرنامج خالٍ من الأخطاء، شغّل البرنامج على الماكِنة بالضغط على cycle start بعد إلغاء أمر program test. 	 الشكل (15)
16	- بعد الانتهاء من الماكِنة أطفئها ونظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها، وافصل القاطع وجهاز الجهد أيضًا.	
17	- دوّن في دفترك الخطوات التي اتّبعتها في تنفيذ هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- كيف يُعمل ملفّ جديد على ماكِنة الخراطة المحوسبة؟

2- اكتب برنامجًا مختصرًا تُحدّد فيه أهم الأوامر الرئيسة بلغة (G-Code) على ماكِنة الخراطة المحوسبة.

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُعدّ البرنامج، وأُحدّد النقطة المرجعية.			
4	أكتب برنامج بلغة (G-Code).			
5	أعمل Execute للبرنامج، وابدأ بعملية فحص البرنامج قبل تطبيقه.			
6	أُحدّد الأخطاء الموجودة في البرنامج، وأذهب الى السطر الخطأ وأُعدّله.			
7	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

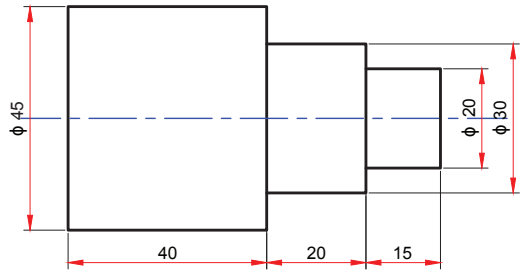
التمارين العملية :

التمرين الخامس:

كتابة الإحداثيات في الرسم التنفيذي بطريقة الإحداثيات المطلقة؛ باستعمال الكنتور (Contour).

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يتعرّف نظام الإحداثيات المطلقة والنسبية.
- يكتب الإحداثيات بطريقة المسارات المطلقة.
- يستعمل ماكِنة الخراطة المحوسبة استعمالًا صحيحًا.
- يُعد الكنتور ويُدخل القِيَم الصحيحة للوصول إلى الرسم التالي.
- يُطبّق ما تعلّمة على قطعة عمل، وخراطتها كما في الشكل.

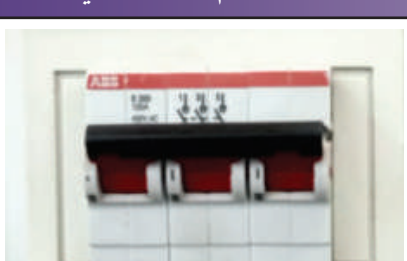
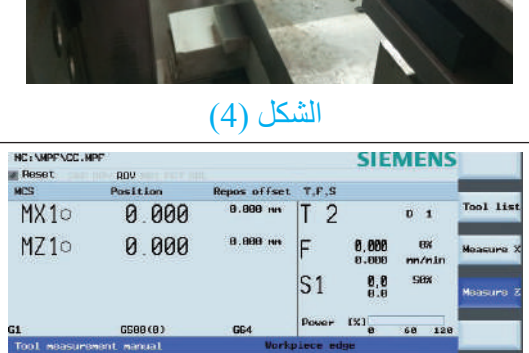


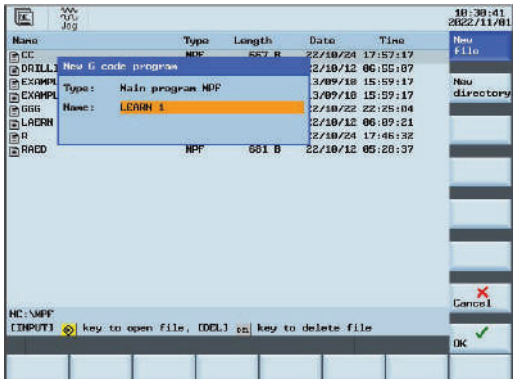
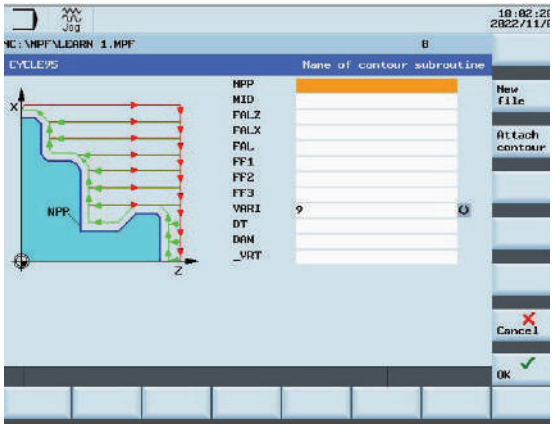
متطلّبات تنفيذ التمرين:

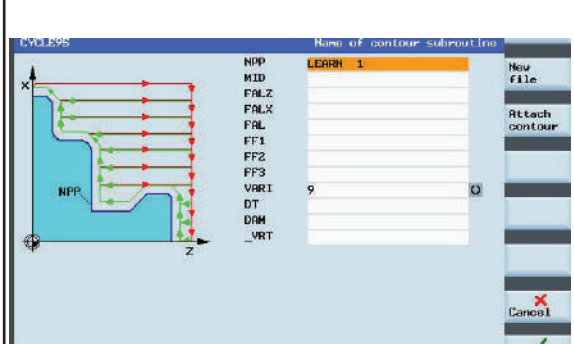
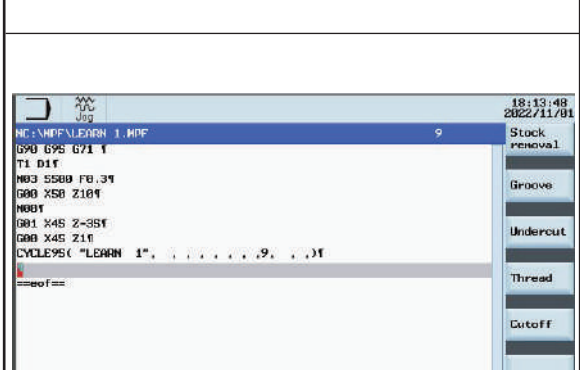
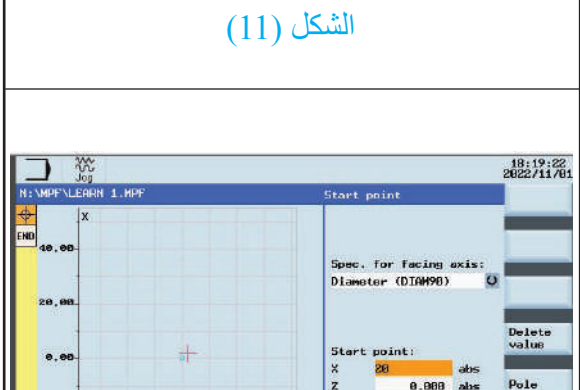
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة خراطة محوسبة، كليبر، مبيّن قياس، مفاتيح شقّ، مفتاح سداسي.	• قطع عمل أسطوانية قياس (45) mm، قطعة قماش قطنية.

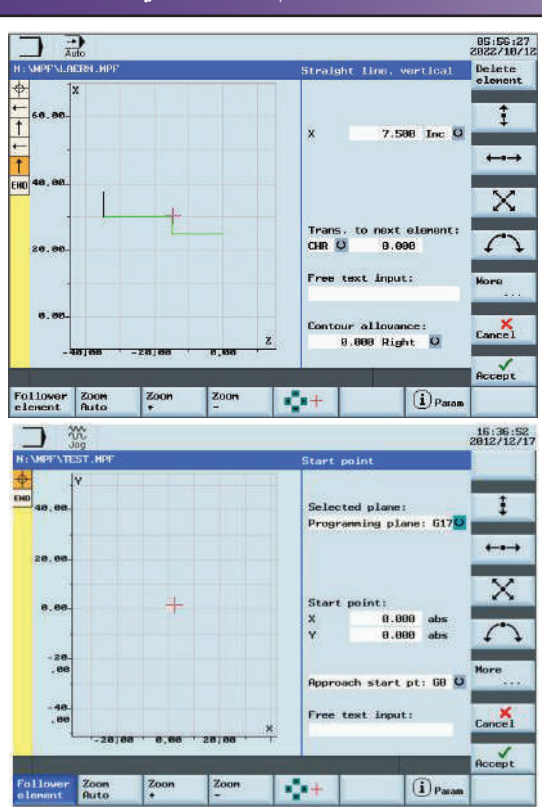
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل، والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة الخراطة المحوسبة، كما في الشكل (1).	الشكل (1)

منهاجي
منصة التعليم الهادف

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
2	- شغّل القاطع الكهربائي الرئيس وجهاز تنظيم الجهد لماكِنة الخراطة المحوسبة، ثمّ شغّل القاطع الكهربائي على وضع ON كما تعلّمت في التمرين السابق، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	- اضغط على مفتاح التشغيل الموجود على اللوحة الرئيسة لجهاز الحاسوب التابع لماكِنة الخراطة المحوسبة، وستبدأ الماكِنة بالعمل وتظهر الصفحة الرئيسة وتُكتب الإنذارات باللون الأحمر لتجنّبها، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
4	- ركّب قطعة العمل على الغراب الثابت، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
5	- حدّد قيمة (Z) ثم اضغط على Set Length Z، ثم حدّد قيمة (X) ثمّ اضغط على Set Length X (لتصفير قطعة العمل)، كما في الشكل (5) والشكل (6).	 الشكل (5) الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6	- من أمر Program Manger أنشئ برنامجًا جديدًا وأطلق عليه اسم Learn1 على سبيل المثال ثمّ اضغط عليه، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
7	- اكتب G-codes؛ G71, G95, G90, والتي تعني قيمة مطلقة، (مم/دورة)، والقياس بالملليمتر، ثمّ حدّد نوع السكين T1D1 ثمّ سرعة القطع S200. - شغّل الرأس باستخدام الكود M03 ثمّ ابدأ بتقريب السكين على قطعة العمل بكتابة الكود G00 X50 Z1. - ضع مقدار التغذية وشغّل سائل التبريد باستعمال الكود: G01 X45 Z-35 F0.3 M08 G00 X45 Z1.0, كما في الشكل (8).	الشكل (8)
8	- ستظهر لائحة بنوع الأمر المراد: كنتور، خراطة، ثقب. اختر أمر الخراطة: Turn. اختر بعد ذلك: Stock removal لتظهر النافذة كما في الشكل (9).	 الشكل (9)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
9	- اكتب اسم الكنتور في الجدول، واختر أمر: Attach contour بعد ذلك ok، كما في الشكل (10).	 الشكل (10)
10	- تأكّد أنّ المؤشّر في موضع التحرير (كما هو موضّح في الشكل على اليسار). اضغط على Cont على PPU لفتح نافذة إعداد البيانات الكنتورية، كما في الشكل (11).	 الشكل (11)
11	- ابدأ بإدخال القيم المراد رسمها واختيار القيم المطلقة، وحدّد قِيَم X20,Z0، ثمّ اضغط على Accept element، كما في الشكل (12).	 الشكل (12)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
12	- استعمل العناصر الموجودة على PPU لاختيار الاتّجاه وشكل الكنتور، وأدخل معلومات الإحداثيات، وابدأ برسم الكنتور إلى أعلى وأسفل ويمين ويسار أو بشكل زاوي أو دائري، وإدخال القيم المراد رسمها، ثمّ اضغط على Accept للحصول على الرسم كما يُراد تطبيقه على قطعة العمل، كما في الشكل (13).	 الشكل (13)
13	- عند ظهور نافذة الشاشة كما في الشكل (14) اضغط على خيار interface Tech لحفظ شكل الكنتور وأبعاده، والدخول الى نافذة الشاشة الشكل (15) وكتابة المعلومات الخاصة في الكنتور. - احفظ القيم التي وضعتها. - أنهي البرنامج؛ لأن الكنتور يبقى عاملًا باستعمال M30.	الشكل (14) الشكل (15)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
14	- اعمل Progerm Test للبرنامج للتأكّد من سلامته وصحّة المدخلات قبل المباشره بالخراطة على قطعة العمل، وفي حالة وجود أخطاء اذهب إلى السطر الخطأ وعدّله، وبعد الانتهاء أزِل الفحص وابدأ بالخراطة بالضغط على زرّ Cycle start، كما في الشكل (16).	الشكل (16)
15	- بعد الانتهاء من الماكِنة أطفئها ونظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها، وافصل القاطع وجهاز الجهد أيضًا.	
16	- دوّن في دفترك الخطوات التي اتّبعتها في تنفيذ هذا التمرين.	

1- كيف يُعمل كنتور في برنامج على ماكِنة الخراطة المحوسبة؟

2- ما أهمّية الكنتور عند إضافته إلى برنامج بدلًا من استعمال التعديل اليدوي؟

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُشغّل الماكنة تشغيلًا صحيحًا.			
4	أختار أداة القطع، وأثبّتها على البرنامج.			
5	أعمل الكنتور.			
6	أُثبّت قِيَم X, Z على قطعة العمل.			
7	أرسم الكنتور باستعمال القِيَم المطلقة.			
8	أتوخّى الدقّة والنظافة في الرسم.			
9	أُميّز بين المحور (X) والمحور (Z).			
10	أُنظّف الماكنة بعد الانتهاء من العمل.			

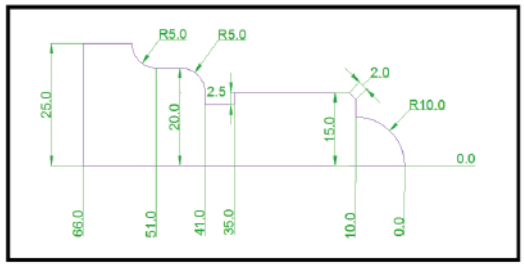
التمارين العملية :

التمرين السادس:

رسم تمرين باستعمال برنامج (MASTER CAM)، وتطبيقه على ماكِنة الخراطة المحوسبة.

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

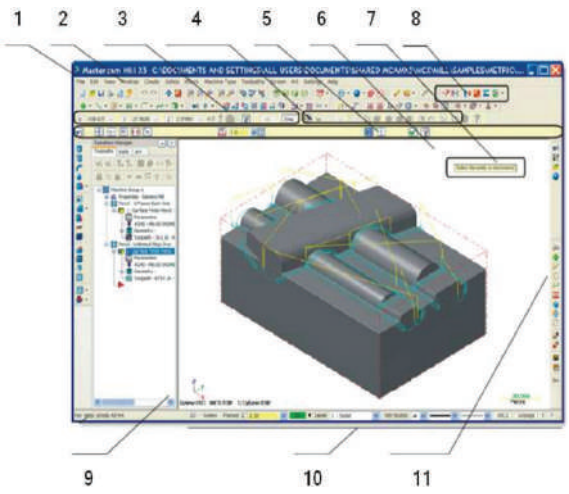
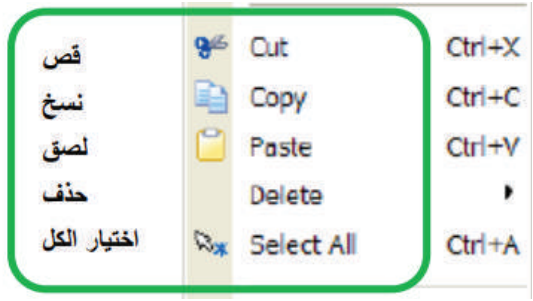
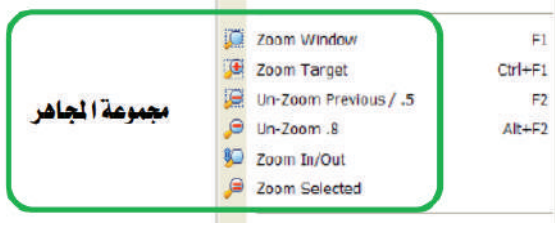
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الخراطة المحوسبة.
- يستعمل ماكِنة الخراطة المحوسبة استعمالًا صحيحًا.
- يتعلّم على برنامج (MASTER CAM).
- يتعلّم استعمال البرنامج وأوامر الرسم والتعديل.
- يرسم الشكل المطلوب باستعمال برنامج (MASTER CAM).

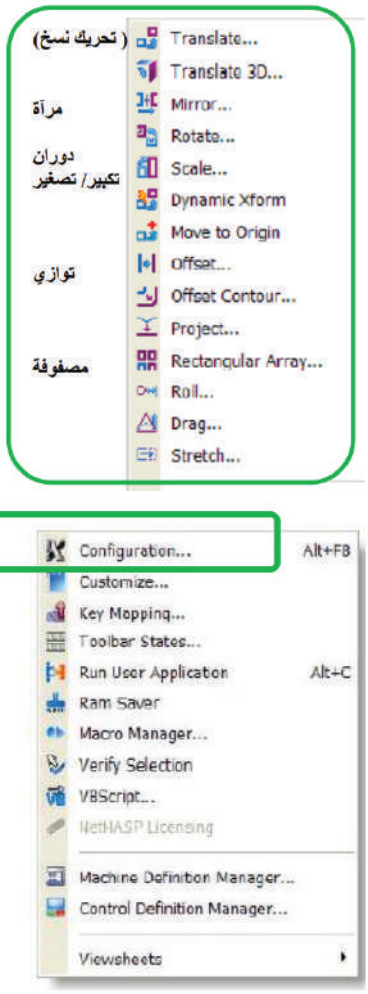
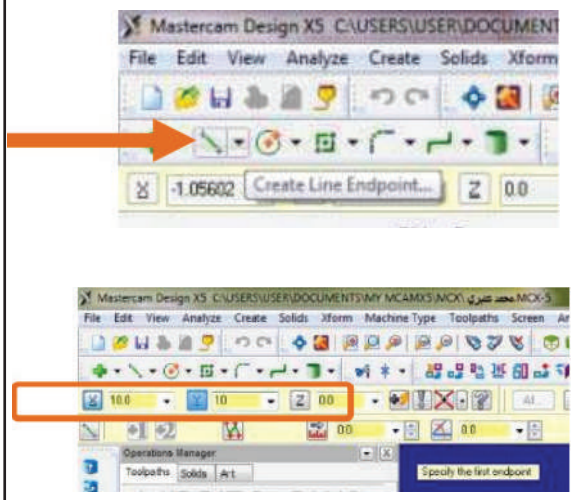


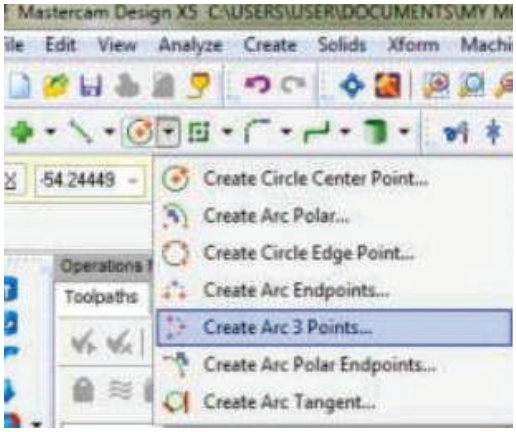
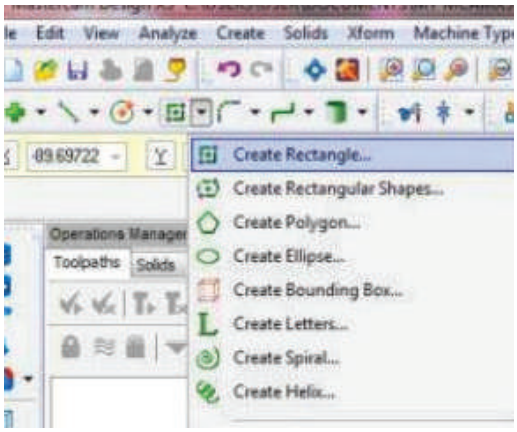
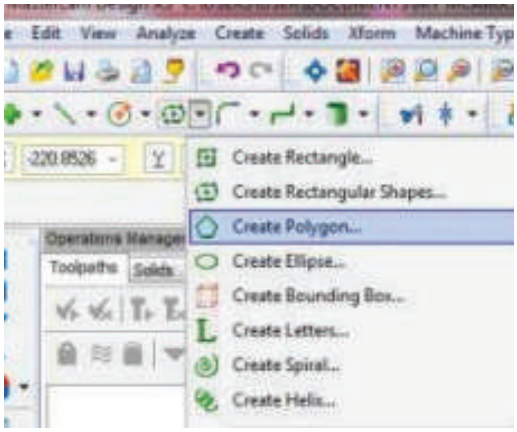
متطلّبات تنفيذ التمرين:

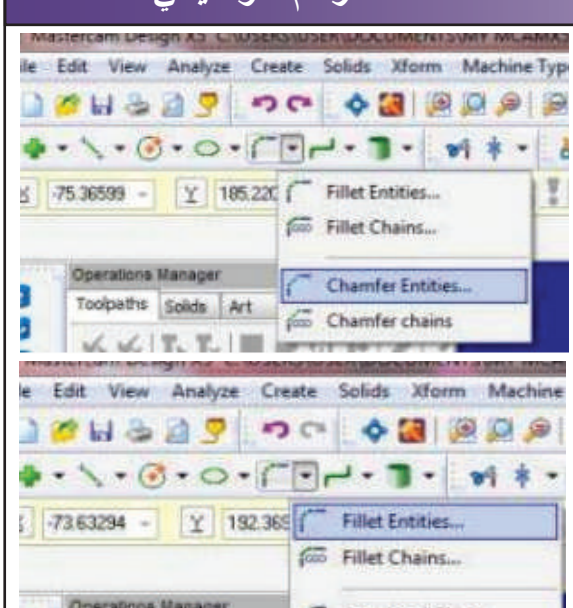
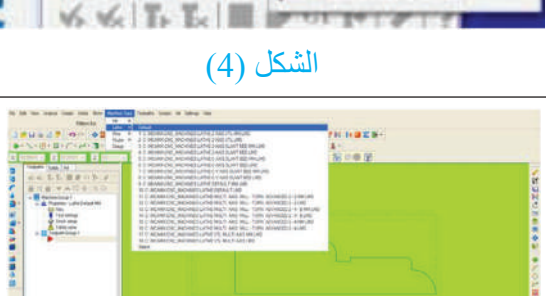
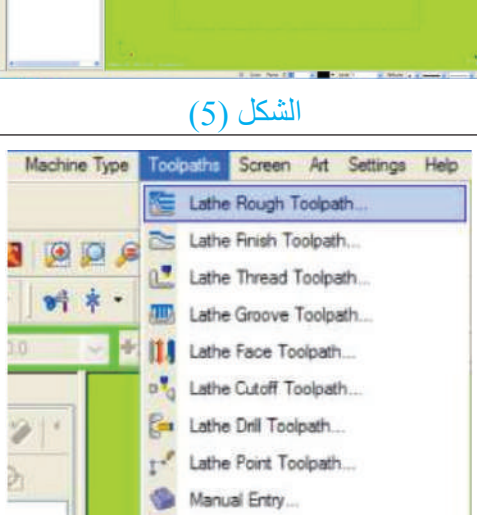
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• جهاز حاسوب يحتوي على برنامج ماستر كام (MASTER CAM)، ذاكرة تخزين لنقل البرنامج بعد الانتهاء من رسمه إلى جهاز الحاسوب للمخرطة المحوسبة.	• ورق وأقلام لتسجيل الملاحظات اللازمة.

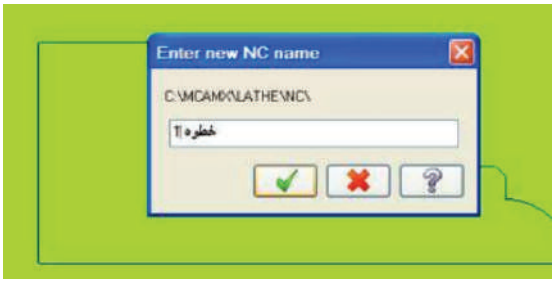
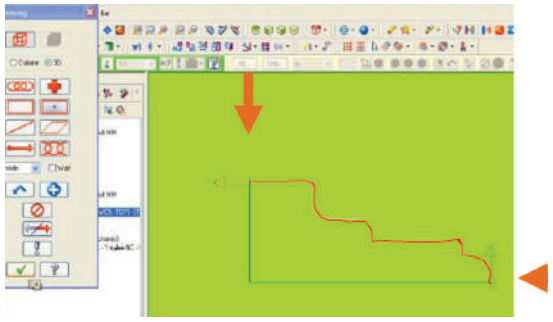
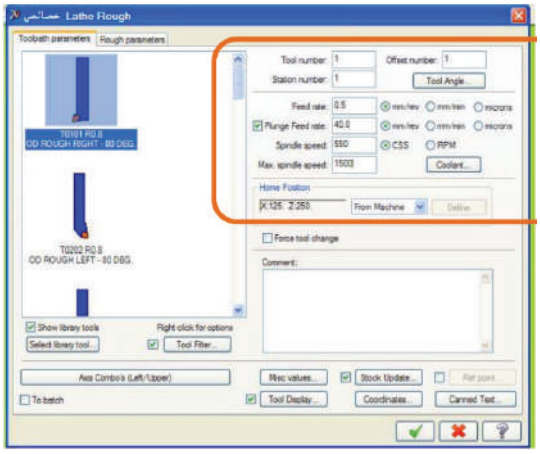
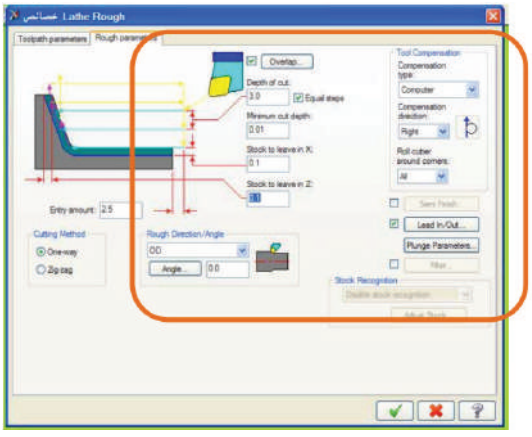
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- شغّل برنامج ماستر كام (MASTER CAM)، إمّا بالضغط المزدوج على أيقونة البرنامج الموجودة على سطح المكتب، وإمّا عن طريق قائمة البرامج الموجودة في Windows، كما في الشكل (1).	الشكل (1)

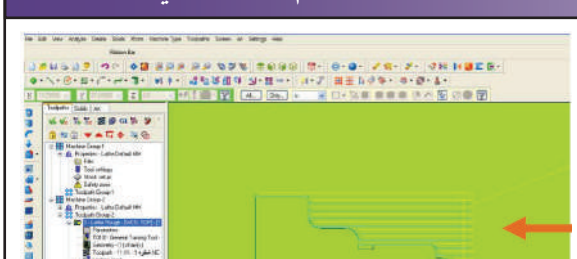
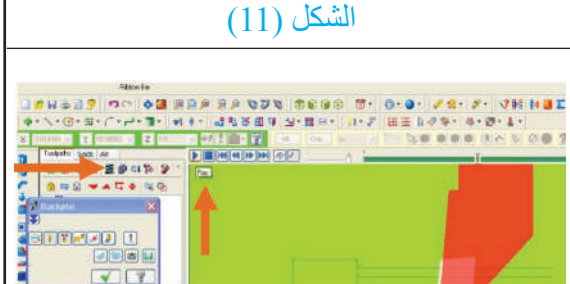
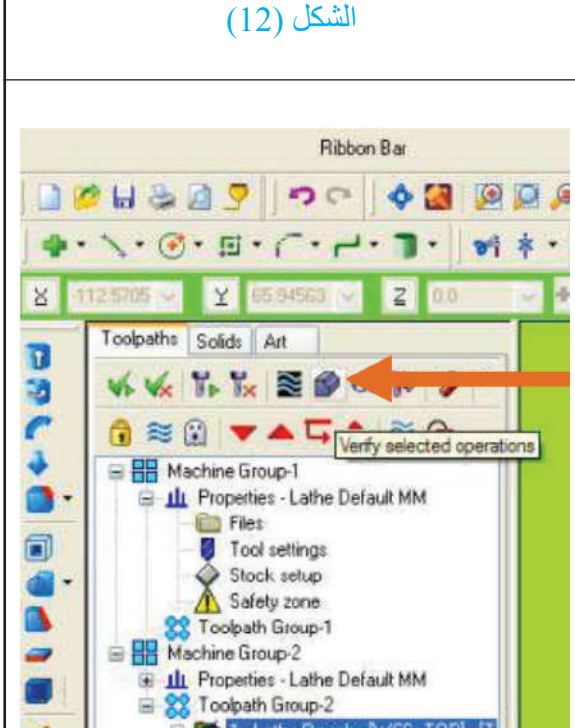
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
2	- ستظهر لك واجهة البرنامج التي تحتوي على الأيقونات، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
3	- توجد مجموعة من القوائم التي يجب تعرّفها، مثل: 1- قائمة ملفّ. 2- قائمة التحرير. 3- قائمة العرض. 4- قائمة إنشاء الرسومات. 5- قائمة التعديل. 6- قائمة الإعدادات. كما في الشكل (3).	 

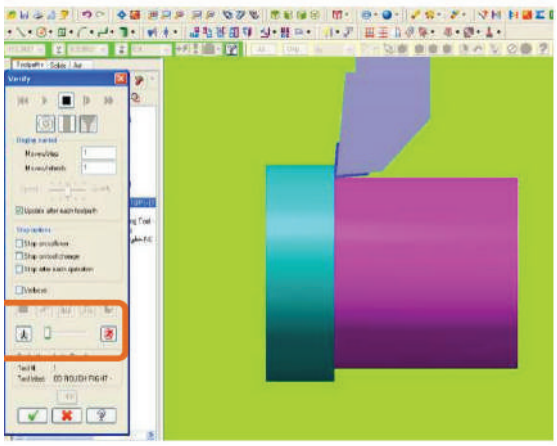
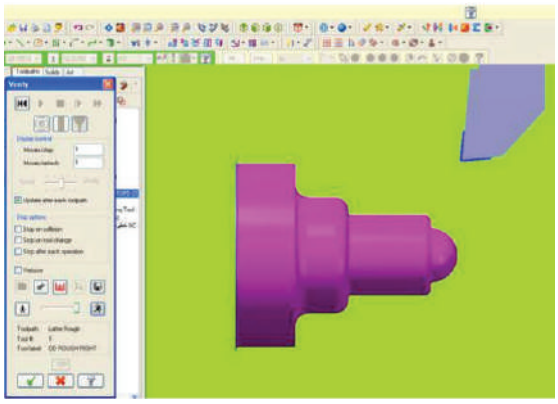
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
		 الشكل (3)
4	- تعرّف أوامر أدوات الرسم في برنامج الماستر كام (MASTER CAM)، كما في الشكل (4). 1- أمر الخطّ LIN. 2- أمر تحديد الإحداثيات X, Y, Z.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
	3- أمر رسم قوس ARC. 	
	4- أمر رسم دائرة CIRCLE. 	
	5- أمر رسم مستطيل RECTANGLE. 	
	6- أمر رسم مضلّع POLYGON. 	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
	7- أمر الشطفة الدائرية FILLET. 8- أمر الشطفة الزاويّة CHAMFER. 	 الشكل (4)
5	- اختر نوع ماكِنة التشغيل، واختر منها Latue، ومن ثم Defoult، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	- اختر مسار أداة القطع، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7	- ستظهر لك شاشة لكتابة اسم مسار القطع، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	- حدّد مسار أداة القطع وذلك من نقطة البداية حتى نقطة النهاية، كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	- اختر خصائص أداة القطع، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	- حدّد عمق القطع في كلّ شوط، وأصغر عمق قطع ممكن، والمسافات المتروكة للتنعيم في محوري X, Z، كما في الشكل (10).	 الشكل (10)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
11	- يُظهر البرنامج مسارات القطع من قِبَل البرنامج، كما في الشكل (11).	 الشكل (11)
12	- شغّل عملية محاكاة مسارات القطع، كما في الشكل (12).	 الشكل (12)
13	- يمكن أيضًا تشغيل عملية المحاكاة لعمليات التشغيل المختارة، كما في الشكل (13).	 الشكل (13)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
14	- ابدأ عملية المحاكاة، كما في الشكل (14). ويُمكن أيضًا تحديد سرعة تشغيل المحاكاة، كما هو مخطّط في المربّع.	 الشكل (14)
15	- استمرّ في عملية المحاكاة إلى انتهاء التمرين، كما في الشكل (15).	 الشكل (15)
16	- بعد الانتهاء من العمل، احفظ الرسم ليجري تحويله إلى كود يُنقل إلى جهاز الحاسوب على المخرطة.	
17	- دوّن في دفترك الخطوات التي اتّبعتها في تنفيذ هذا التمرين.	

1- ما أهم الأوامر المستعملة في برنامج ماستر كام (MASTER CAM)؟

2- ما مراحل تصميم قطعة عمل على برنامج ماستر كام (MASTER CAM)؟

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل جهاز الحاسوب.			
3	أُشغّل برنامج ماستر كام (MASTER CAM)، تشغيلًا صحيحًا.			
4	أختار نوع الماكِنة التي أُريد العمل عليها عن طريق برنامج ماستر كام (MASTER CAM).			
5	أتعرّف قوائم برنامج ماستر كام (MASTER CAM).			
6	أتعرّف أوامر أدوات الرسم في برنامج ماستر كام (MASTER CAM).			
7	أُحدّد مسار أداة القطع من بداية التمرين إلى نهايته.			
8	أُشغّل عملية محاكاة مسارات القطع.			
9	أُنهي العمل وأُحافظ على جهاز الحاسوب.			

الوحدة الخامسة

التفريز الآلي المحوسب

- ما ماكِنة الفريزة المحوسبة؟
- كيف تُبرمج ماكِنة الفريزة المحوسبة؟

5

بعد التطوّر الذي حدث في التصميمات للحصول على الوظائف المطلوبة ومتطلّبات الإنتاج، طُوّرت ماكِنة الفريزة التقليدية إلى ماكِنة التحكّم الرقمي باستعمال الحاسوب (CNC).

تحتفظ ماكِنة التحكّم الرقمي باستعمال الحاسوب بكلّ الأساسيات والمبادئ الأساسية لماكِنة الفريزة التقليدية، ولكن أُضيف الحاسوب إلى وحدة التحكّم فيها، وقد أضاف الحاسوب أمورًا كثيرة في التحكّم بالماكِنة، منها كتابة البرنامج وتخزينه في ذاكرة الحاسوب. وأصبحت عملية التحديث والتطوير أكثر بساطة باستعمال هذا النظام، وأصبح من السهل على المبرمج أن يعُدّل في البرنامج بكل سهولة وذلك للإمكانات التي أضافها الحاسوب.

إنّ كلمة (CNC) لا تعني ماكِنة، ولكنّها تعني نظام التحكّم في الماكِنة لأنّ تطوير أيّ ماكِنة لزيادة السرعة والدقّة لا بدّ أن يعتمد اعتمادًا كلّيًا وأوّليًّا على تطوّر النظام المتحكّم بها، وبعد ذلك يتبعه التطوّر في الشكل والهيكل وطريقة العمل.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

يُتوقّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف طريقة تشغيل الفريزة المحوسبة وصيانتها.
- يُبيّن أنواع ماكِنات التفريز المختلفة وأجزاءها.
- يتعرّف طريقة فكّ الأجزاء الرئيسة لماكِنات التفريز المحوسبة وتركيبها.
- يُميّز طرائق تركيب قطع العمل لماكِنات التفريز المحوسبة.
- يوضّح طرائق تصفير قطع العمل على ماكِنة التفريز المحوسبة.
- يتعرّف لغتَي البرمجة (M-CODE) (G-CODE).
- يُبيّن طرائق إعداد برامج التفريز التشغيلية والتحضيرية المحوسبة.
- يعرف طريقة عمل الصيانة لماكِنة التفريز المحوسبة والمحافظة عليها.
- يتعرّف طرائق تحديد إحداثيات البرمجة.
- يُجري عمليات التفريز التشكيلية.
- يُبيّن المحاور الأساسية والإضافية لماكِنة التفريز المحوسبة ويُميّز بينها.
- يتعرّف مكوّنات البرنامج.
- يتعرّف مواصفات أدوات القطع.
- يتعرّف برمجة الفريزة المحوسبة لعمل دوائر التشغيل (Cycles).

أوّلًا: ماكِنات التفريز المحوسب

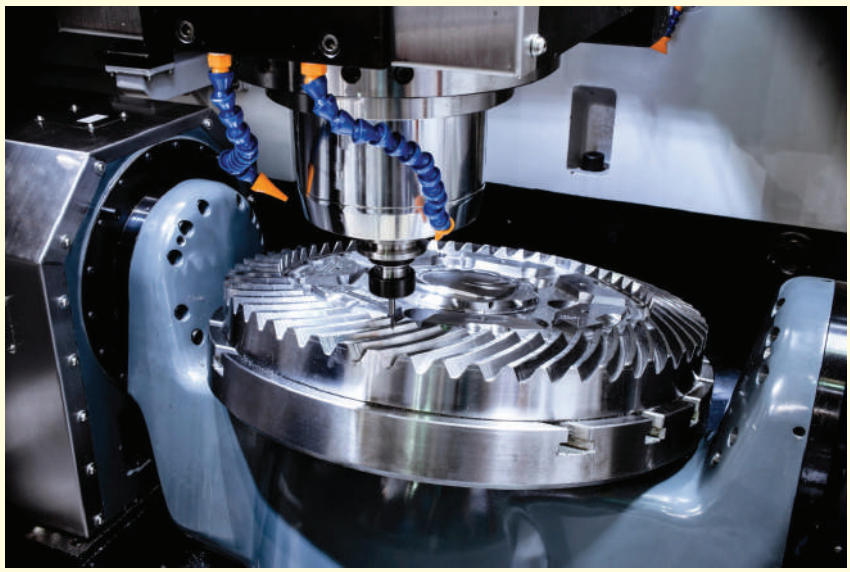
النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف مزايا الفريزة المحوسبة وعيوبها.
- يتعرّف استعمالات الفريزة المحوسبة.
- يُبيّن الفرق بين الفريزة المحوسبة والفريزة التقليدية.
- يوضّح آلية عمل الفريزة المحوسبة.

انظر وتساءل

كيف تُنتج القوالب باستعمال الفريزة المحوسبة؟ انظر إلى الشكل (1).



الشكل (1)

استكشف

كيف يُبرمَج الحاسوب لإنتاج القطع بسرعة ودقّة عالية في التفريز الآلي المحوسب؟ ناقش زملاءك ومعلمك.

اقرأ وتعلّم

تعرّفنا في ما سبق معنى الخراطة المحوسبة، وفي هذه الوحدة سنتعرّف ملخّص الفريزة المحوسبة ومزايا استعمالها وعيوبها.

تعتمد عمليات قطع المعادن في الفريزة التقليدية على مهارة الفنّي الذي يعمل عليها، وعلى مدى قدرته على ضبط الماكِنة والتحكّم في البكرات من حيث عمق القطع والتغذية، بالإضافة إلى مراجعة الرسم وقياس أبعاد القطع بشكل مستمرّ، لضمان الوصول إلى القياس المطلوب، وتبديل أدوات القطع حسب العملية المطلوبة، ومع التطوّر الصناعي أصبح لدينا ماكِنات التفريز المبرمجة بالحاسوب.

تُعدّ ماكِنات التفريز المبرمجة المزودة بحاسوب إحدى أهمّ وسائل الإنتاج التي تتطلّبها عمليات التصنيع الحديثة، وتُستعمل في الورش الإنتاجية، وتُعدّ الفريزة المحوسبة تطويرًا للفريزة التي تعمل بشكل يدوي من دون وجود الحاسوب، وتُستعمل في إنتاج الأجزاء التي تتطلّب تسوية سطحية وتثقيب وتوسيع وفتح مجرى، وغيرها من العمليات التي تتطلّبها مراحل تصنيع الأجزاء الميكانيكية، وتعمل هذه الماكِنات عن طريق التحكّم بحركة المحاور والعمليات الأخرى، مثل تبديل أداة القطع وفتح سائل التبريد وإغلاقه، ودوران أداة القطع باتّجاه أو بعكس اتّجاه حركة عقارب الساعة، وعمليّات أخرى لا مجال لحصرها. ويكون التحكّم بهذه الفعاليّات عن طريق برنامج يحتوي على رموز وأرقام مثل (T) المتعلّق برقم أداة القطع المطلوب تبديلها ويشمل الجمل التحضيرية (G-CODE)، والجمل المساعدة (M-CODE)، والرمز (S) المتعلّق بالسرعة الدورانية لعدّة القطع، وعناوين أخرى يجري التطرّق إليها عند كتابة البرامج. والجدير بالذكر، أنّ الفريزة المحوسبة تتميّز بالإمكانات نفسها المتاحة في المخرطة المحوسبة.

مزايا ماكِنات التفريز المحوسبة وعيوبها

من أهمّ مزايا ماكِنات التفريز المحوسبة ما يأتي:

1- توفير الوقت المستهلك في عملية ضبط وتجهيز العمل، مقارنة مع الماكِنات التقليدية في الإنتاج الكمّي.
2- الدقّة العالية في إنتاج القِطَع.
3- القدرة على تكرار الأجزاء المنتجة بالدقّة نفسها للأجزاء جميعها.
4- القدرة على التحكّم في ظروف القطع المناسبة.
5- سهولة إنتاج الأشكال المعقّدة وغير المنتظمة التي يصعب إنتاجها في ماكِنات التفريز التقليدية.
6- تقليل الوقت في عملية تغيير أداة القطع المطلوبة في عملية التشغيل في أثناء عملية القطع.

7- القدرة على إنتاج أكثر من منتج أو مشغولة على فرش واحد في وقت واحد، ويمكن أن تكون العمليات مختلفة من قطعة إلى قطعة أخرى أو قطعة متماثلة.

من عيوب ماكِنات التفريز المحوسبة ما يأتي:

1- التكلفة الكبيرة للماكِنة.
2- يجب توفير عمالة على أعلى مستوى من التدريب للتعامل مع هذه النوعية من الماكِنات.
3- قلّة المتخصّصين في صيانة هذه النوعية من الماكِنات، وتكاليف الخدمات عالية جدًّا.
4- أكثر حساسية من الماكِنات التقليدية.
5- زمن التجهيز طويل؛ وذلك بسبب تجهير البرنامج في البداية وتجهيز العدد، ولكن هذا العيب يتلاشى مع تشغيل منتَجات كثيرة على الماكِنة.

استعمالات ماكِنات التفريز المحوسبة

يشهد استعمال ماكِنات التفريز المحوسبة انتشارًا واسعًا في المجال الصناعي؛ وذلك بسبب الحاجة إلى منتوجات ذات مواصفات عالية، لا تستطيع الفريزة التقليدية إنجازها بالدقّة والجودة نفسها، ويمكن استعمال ماكِنات التفريز المحوسبة في الحالات الآتية:

1- صعوبة الأجزاء المطلوب إنتاجها على الآلات التقليدية، وبخاصّة عندما تكون الأجزاء ثلاثية الأبعاد.
2- الدقّة العالية المطلوبة في الأجزاء المراد إنتاجها.
3- إنتاج تصاميم يُعدّل عليها وتُطوّر باستمرار.
4- تعدّد عمليات التفريز والقطع المختلفة في الجزء الواحد.

الإثراء والتوسّع

ابحث في مصادر المعلومات المتاحة عن ماكِنات التفريز المحوسبة، وقارنها مع ماكِنة الفريزة المتوافرة في مدرستك، وشارك زملاءك ما توصّلت إليه.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف مزايا الفريزة المحوسبة وعيوبها.			
2	أُبيّن استعمالات الفريزة المحوسبة.			
3	أُميّز الفرق بين الفريزة المحوسبة والفريزة التقليدية.			

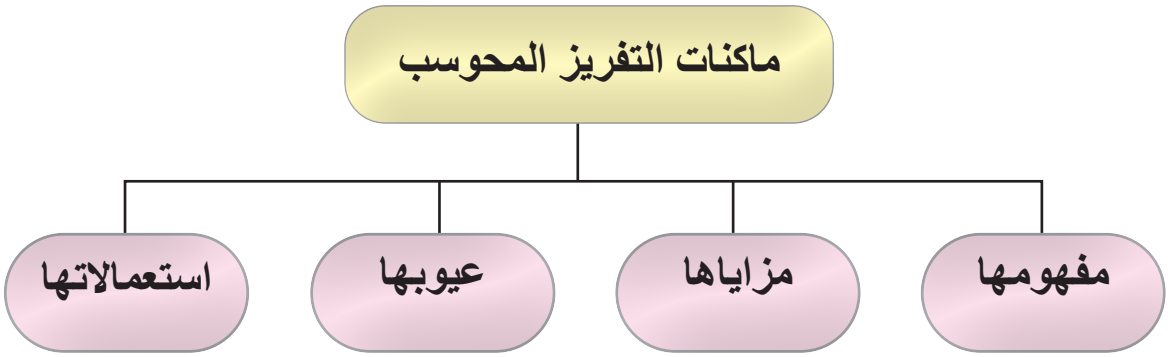
أسئلة الدرس

1- قارن بين الفريزة المحوسبة والفريزة التقليدية، من حيث طبيعة المشغولات التي يُمكن إنتاجها؟

2-اذكر ثلاثة عيوب لماكِنات التفريز المحوسبة؟

3- من مزايا الفريزة المحوسبة توفير الوقت المستهلَك في عملية ضبط وتجهيز المشغولات عند الإنتاج الكمّي. وضّح ذلك.

الخريطة المفاهيمية



ثانيًا: محاور ماكِنات التفريز المحوسبة الأساسية والإضافية

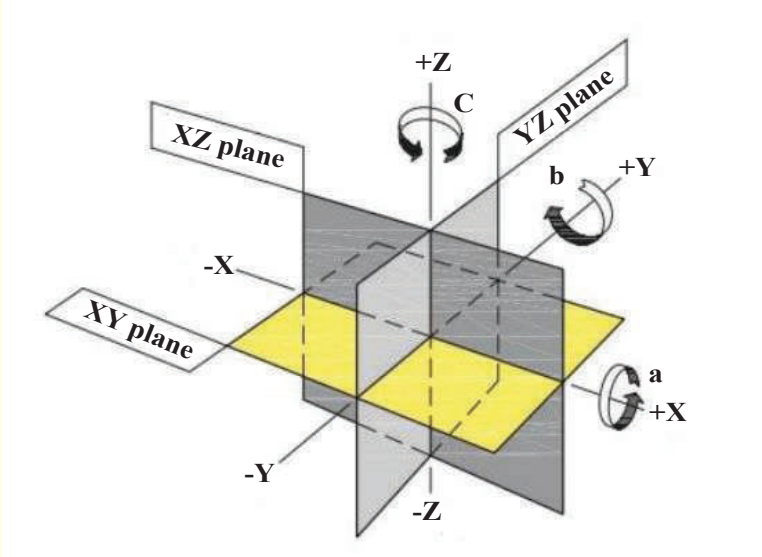
النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف المحاور الأساسية والإضافية لماكِنات التفريز المحوسبة.
- يُميّز بين محاور المخرطة المحوسبة والفريزة المحوسبة.
- يُوضّح أهمّية توافر المحاور الإضافية لماكِنات التفريز المحوسبة.
- يُميّز بين أنظمة الإحداثيات النسبية والمطلقة.

انظر وتساءل

ما الغاية من وجود المحاور الإضافية في الفريزة المحوسبة؟ انظر إلى الشكل (2).



الشكل (2): نظام المحاور.

استكشف

ناقش زملاءك في الاختلاف بين المحاور الأساسية والإضافية في المخرطة المحوسبة، وقارنها مع المحاور الأساسية والإضافية في الفريزة المحوسبة.

اقرأ وتعلّم

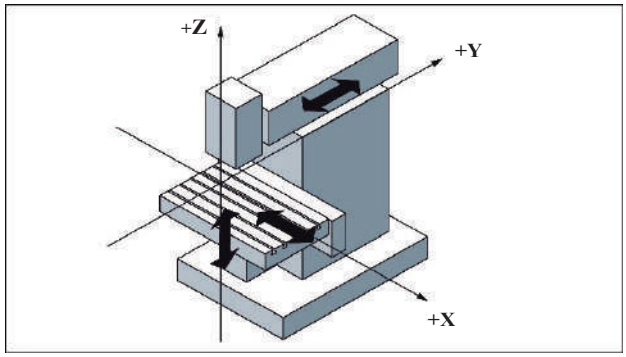
المحاور الأساسية لماكِنات التفريز المحوسبة في اتّجاه (X, Y, Z) هي حركات خطّية في الفريزة المبرمجة بالحاسوب (CNC)، وتكون غالبًا موازية في الاتّجاه للمحاور الأساسية (X,Y,Z)، ومن المعتاد وجود محاور إضافية هي (Movement of Axis Additional) تُساعد على تنفيذ حركات دورانية بالنسبة إلى الماكِنات التي تتمتّع بطاولة دوّارة حول محور من المحاور الأساسية، وتُحدّد هذه المحاور بالحروف:

A إذا كان دوران الطاولة حول المحور (X).

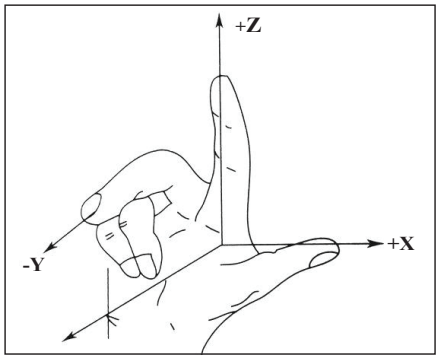
B إذا كان دوران الطاولة حول المحور (Y).

C إذا كان دوران الطاولة حول المحور (Z).

يعتمد اتّجاه نظام المحاور في ما يتعلّق بالماكِنة على أنواع الماكِنة المعنيّة؛ إذ يُمكن تدويره في أوضاع مختلفة. وتتبع اتّجاهات المحاور قاعدة الأصابع الثلاثة لليد اليمنى؛ عند رؤيته من مقدّمة الماكِنة يُشير الإصبع الأوسط إلى اليد اليمنى في الاتّجاه المعاكس لتغذية رأس الدوران، انظر إلى الشكلين (3) و(4).



الشكل (3)



الشكل (4)

نظام المحاور في الفريزة المحوسبة.

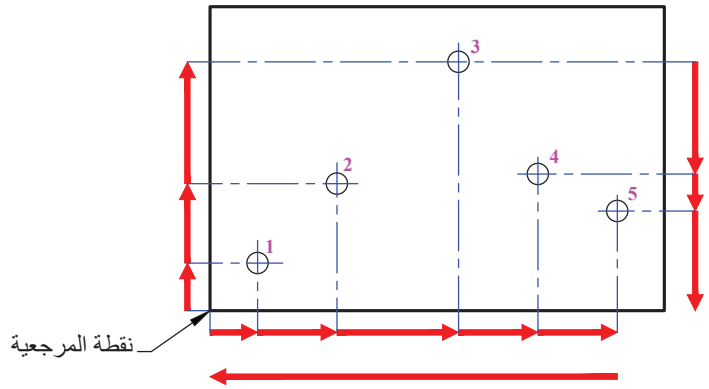
أصل نظام الإحداثيات هذا هو صفر الماكِنة، وهذه النقطة ليست سوى نقطة مرجعية تُحدّدها الشركة المصنّعة للماكِنة ويجب ألّا تكون ملزمة؛ إذ يُمكن أن يكون مجال اجتياز محاور الماكِنة في النطاق السلبي.

نظم الإحداثيات

يوجد نظامان لتعريف الإحداثيات في البرمجة لماكِنات التفريز كما في المخرطة، إلّا أنّه في الفريزة المحوسبة يكون عمق القطع (z) هو المحور الثالث.

1 - نظام الإحداثيات في البرمجة بالقيم المطلقة (Absolute value programming)

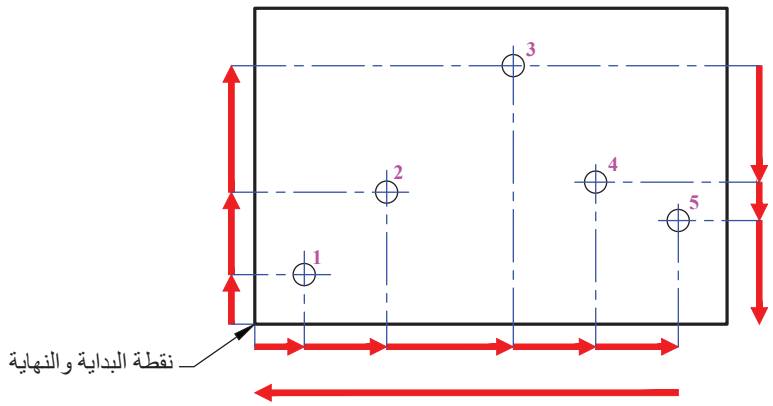
تقع نقطة الصفر لنظام الإحداثيات في البرمجة بالقِيَم المطلقة في نقطة صفر الماكِنة (M) أو نقطة صفر المشغولة (W)، ويقع محور الإحداثيات (X) موازيًا للحافّة العلوية من الواجهة الأمامية لفرش الآلة، ويقع محور الإحداثيات (Y) موازيًا للحافّة الجانبية لفرش الآلة، ويقع محور الإحداثيات (Z) متعامدًا على فرش الآلة. تُوصف أيّ نقطة داخل مساحة التشغيل بمقدار مسافة التباعد عن نقطة الصفر لنظام الإحداثيات في اتّجاه كلّ من المحاور الثلاثة X, Y, Z، ونظام البرمجة باستعمال الإحداثيات المطلقة هو النظام الافتراضي للماكِنة، ويُستعمل لذلك الكود (G90)، كما في الشكل (5).



الشكل (5): نظام الإحداثيات المطلق.

2- نظام الإحداثيات في البرمجة بالقِيَم النسبية (Incremental value programming)

تقع نقطة الصفر لنظام الإحداثيات في البرمجة بالقِيَم النسبية في النقطة المرجعية لمثبّت أداة القطع (N)، أو في مركز وجه أداة القطع بعد إدخال التعويض في طول أداة القطع، ويكون الاتّجاهان الموجب والسالب لنظام الإحداثيات مماثلين لنظام الإحداثيات في البرمجة بالقِيَم المطلقة. تُدخل إحداثيات كلّ نقطة في مسار أداة القطع منسوبة للنقطة السابقة لها في المسار، ويُستعمل لذلك الكود (G91)، ويكون مؤثّرًا في الجمل جميعها التي تليه (modal)، انظر إلى الشكل (6).



الشكل (6): نظام الإحداثيات النسبي.

ويُبيّن الجدول (1) مقارنة بين أنظمة الإحداثيات المطلقة والنسبية.

الاحداثيات المطلقة (Absolute)	الاحداثيات النسبية (Incremental)
• طريقة يجري فيها وصف مكان النقاط بحيث تُقاس الأبعاد جميعها من نقطة الأصل (Origin) للمشغولة.	• طريقة يجري فيها وصف مكان النقاط بحيث تُقاس الأبعاد جميعها بشكل تتابعي من النقطة السابقة.
• نقطة الأصل ثابتة.	• نقطة الأصل متغيرة، تُعدّ في النقطة السابقة.

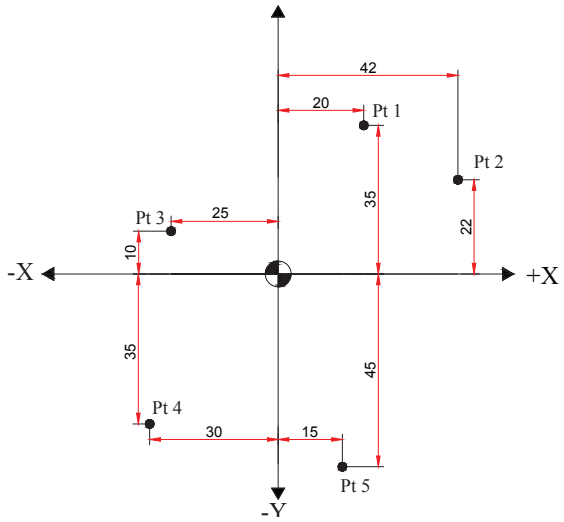
الجدول (1): مقارنة بين الإحداثيات المطلقة والنسبية.

مثال (1)

يُبيّن الشكل (7) تنسيب النقاط جميعها في نظام البرمجة، جد الإحداثيات بالنسبة إلى:

1- نظام البرمجة المطلق.

2- نظام البرمجة النسبي.



الشكل (7): نظام الإحداثيات.

الحل:

1- نظام البرمجة المطلق:

Point	X axis	Y axis
1	20	35
2	42	22
3	-25	10
4	-30	-35
5	15	-45

2- نظام البرمجة النسبي:

تُعدّ كلّ نقطة نقف عليها كأنّها نقطة الصفر بوصفها بداية جديدة للحسابات.

Point	X axis	Y axis
1	20	35
2	22	-13
3	-67	-12
4	-5	-45
5	45	-10

ابحث في الإنترنت عن البرمجة بالإحداثيات المطلقة والنسبية، واكتب تقريرًا واعرضه على معلمك وزملائك.

التقويم الذاتي

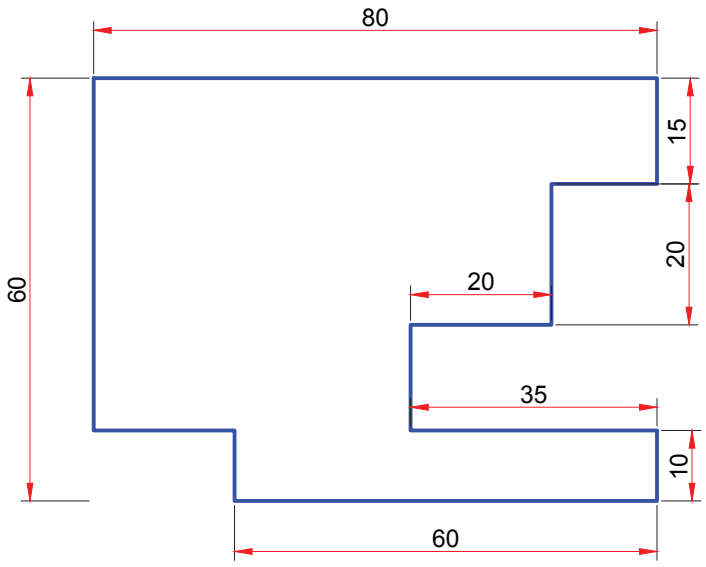
أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف المحاور الأساسية والإضافية وأُميّز بينها.			
2	أُوضّح أهمّية المحاور الإضافية ولماذا تُستعمل.			
3	أُميّز بين أنظمة الإحداثيات النسبية والمطلقة.			
4	أُحدّد نقاطًا على الرسم باستعمال نظام الإحداثيات المطلقة والنسبية.			

أسئلة الدرس

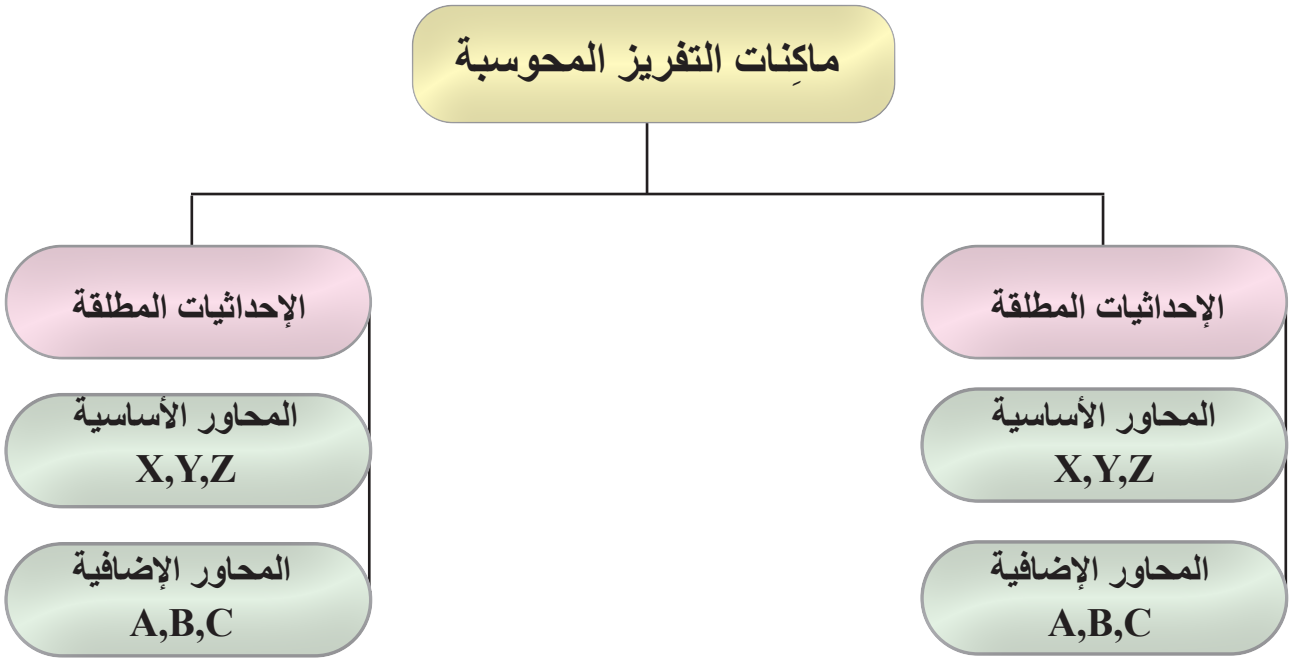
1- جد نقاط الإحداثيات في الشكل (8)، حسب أنظمة البرمجة:

أ- النسبية. ب- المطلقة.



الشكل (8): الرسم التنفيذي.

الخريطة المفاهيمية



ثالثًا: برمجة ماكِنات التحكّم الرقمي التفريز

النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف طرائق إعداد برامج التفريز المحوسبة التشغيلية والتحضيرية.
- يتعرّف مكوّنات برنامج التحكّم الرقمي.
- يتعرّف لغتَي البرمجة (G-CODE) و(M-CODE).
- يتعرّف مواصفات أدوات القطع.

انظر وتساءل

ماذا تعني الأحرف والأرقام؟ انظر إلى الشكل الآتي.

G54 G17 G71 G91
M06 T1 D1
M03 S500 F200

رموز لغة البرمجة.

استكشف

تتعدّد أنظمة التحكّم في ماكِنات التفريز المحوسبة، وتختلف من ماكِنة إلى أخرى حسب الشركات المصنّعة لهذه الماكِنات. ما أوجه الشبه والاختلاف في أنظمة التحكّم؟ ناقش زملاءك ومعلمك.

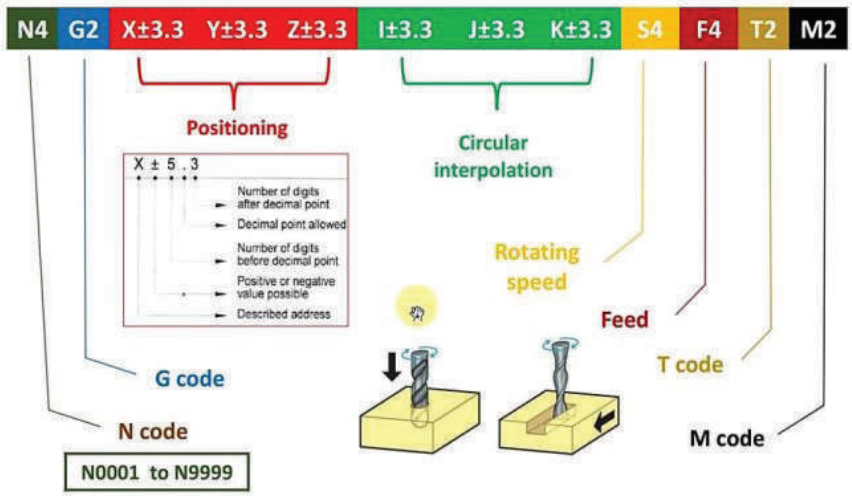
يُعدّ برنامج تصنيع أيّ قطعة على ماكِنة (CNC) وثيقة مختصّة بتخطيط العمليات المطلوب إجراؤها بوساطة ماكِنة (CNC) وترتيبها للحصول على القطعة المعيّنة، والفنّي الذي يقوم بهذه العملية يُسمّى مبرمج القطع، وتكون له معرفة بالرموز الدالّة على كلّ عملية، بالإضافة إلى معرفته بتقنية عمليات التشغيل المختلفة في حال قيامه بالمهمّة كلّها من دون مساعدة مهندس مختصّ بتخطيط عمليات التشغيل وترتيبها.

إنّ برمجة ماكِنات التحكّم الرقمي بالحاسوب (CNC) لإنجاز عمليات تشغيل القطع المختلفة تحتاج إلى معرفة عناصر القطع في عمليات التشغيل في ماكِنات العدد التقليدية؛ من تحديد سرعة القطع ومقدار التغذية ونوعية أدوات القطع المطلوبة وأبعاد قطعة المشغولة نفسها.

يترجم المبرمج الرسم الفنّي للقطعة وخطّة تشغيلها إلى برنامج مكتوب، ثمّ يُدخل ذلك البرنامج إلى حاسوب الماكِنة ليُنفّذ بعد ذلك البرنامج للحصول على القطعة المصنّعة.

مكوّنات برنامج التحكّم الرقمي

يُركّب البرنامج لتصنيع قطعة مشغولة معيّنة من مجموعة أوامر متتابعة بترتيب محدّد؛ إذ يُشكّل كلّ أمر سطرًا منفصلًا (جملة) يمتدّ أفقيًّا، ويتكوّن الأمر من مجموعة كلمات، وترتيب الكلمات في داخل كل أمر، يتّخذ طابع صيغة معيّنة حسب نوع النظام المستعمل في البرمجة، انظر إلى الشكل (9).



الشكل (9): مكوّنات نظام التحكّم الرقمي.

أشكال رئيسة لهذه الصيغة:

1- صيغة عنوان الكلمة (Word Address Format).

2- الصيغة التتابعية (Tab Sequential Format).

3- الصيغة الثابتة للأمر (Fixed Block Format).

في نظام الصيغة التتابعية لا نحتاج إلى كتابة عنوان للكلمات؛ لأنّها ذات ترتيب معيّن سلفًا ويُفصل بينها بضغط المفتاح (TAB) أو ما يقابله. أمّا نظام الصيغة الثابتة للأمر فهو في الحقيقة أقلّ الأنظمة الثلاثة شيوعًا؛ وذلك لعدم مرونته الناتجة من الشروط المحدّدة لشكل تركيب الكلمة، والحاجة إلى إعادة الكلمات التي لا يطرأ عليها تغيير في الأوامر التالية للأمر الذي ذكرت فيه. وسنكتفي هنا بتفصيل النوع الأول؛ لأنّ كلّ ماكِنات (CNC) الحديثة تتبع صيغة عنوان الكلمة.

صيغة عنوان الكلمة (Word Address Format)

في هذا النظام، لا بدّ أن تبدأ كلّ كلمة بحرف معيّن يُحدّد نوع الكلمة، ويوجّه كلّ المعلومات التي تتلو هذا الحرف إلى موقع معيّن في وحدة تحكّم الآلة، فالحرف (X) مثلًا يرمز أو يدلّ على محور الإحداثيات في اتّجاه (X)، والحرف (S) يدلّ على سرعة دوران عمود الماكِنة وهكذا، والحروف المستعملة للكلمات المختلفة التي تكون الأوامر في ماكِنات (CNC) مذكورة أدناه بالترتيب الذي تأخذه اصطلاحًا في الأوامر المختلفة، ولكن ليس بالضرورة أنّ كلّ ماكِنات (CNC) تستعمل هذه الكلمات أو تتقيّد بحرفية هذا الترتيب المذكور، انظر إلى الجدول (2).

الجدول (2): مكوّنات الجمل للماكِنة.

N	G	X,Y,Z	I,J,K	F	S	T	M
رقم السطر	أوامر تحضيرية	الإحداثيات والمحاور	إحداثيات مركز الدائرة أو القوس	التغذية	سرعة دوران المحور (سرعة القطع)	رقم أداة القطع	وظائف إضافية

يُكتب البرنامج في صورة مشفرة (Word Address Format) وتُستعمل العناصر الآتية:

1- العنوان (Characters or Address):

يُرمز له بحرف مثل X, Y, Z, G, M, T تتبعه المعلومات الرقمية لهذا العنوان.

2- الكلمة (Word):

تتكوّن من العنوان متبوعًا بالمعلومات الرقمية الخاصة به، مثل (X155) وتعني إزاحة أداة القطع القاطعة بالنسبة إلى صفر قطعة العمل مسافة مقدارها (155mm)، في الاتّجاه الموجب لمحور (X).

3- الجملة (Block):

تتكوّن من مجموعة من الكلمات المتتابعة مثل: (Y100) (X155) (G00).

تُستعمل هذه العناصر في كتابة البرنامج، ويُستخرج البرنامج ويوصل أوتوماتيكيًّا من برامج التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD-CAM)، أو يُدخل مباشرة بطريقة يدوية (MDI) أو (MDA) عن طريق لوحة مفاتيح الماكِنة إلى الحاسوب.

الأوامر (العمليات) التحضيرية (G-Groups) بالنسبة إلى الفرايز المحوسبة.

تُستعمل لتحضير نظام التحكّم للتعليمات التي تليها، مثل الكلمة (G02) تُستعمل لتحضير نظام تحكّم ماكِنة (CNC) لإجراء عمليات تشغيل في اتّجاه دائري مع عقارب الساعة. ومن دون هذه الكلمات التحضيرية لن

يستطيع جهاز التحكّم إعطاء التفسير الصحيح للمعلومات الخاصّة بحركة أدوات القطع المتتالية، وتوجد في الجدول أدناه قائمة لبعض أكواد (G-code)، انظر إلى الجدولين (3) و(4).

الجدول (3): بعض الأوامر التحضيرية.

الكود G-Code	Description الوصف	
G00	Rapid traverse	الانتقال السريع من موقع إلى آخر(من دون قطع – من دون تلامس مع الشغل – من دون تغذية).
G01	Linear interpolation	الانتقال في خطّ مستقيم لقطع بسرعة تغذية (أفقي أو رأسي أو مائل).

الجدول (4): G00-Code.

الكود G-Code	Description الوصف	
G02	Helical interpolation clockwise	القطع الدائري أو اللولبي في اتّجاه عقارب الساعة.
G03	Helical interpolation counterclockwise	القطع الدائري أو اللولبي في اتّجاه عكس عقارب الساعة.
G04	Dwell time	وقت سكون أداة القطع (دوران من دون تشغيل).
G09	Exact stop	أمر التوقّف الدقيق من جملة إلى جملة في البرنامج.
G17	Selection of XY work planning	اختيار عملية القطع في المستوى XY.
G18	Selection of XZ work planning	اختيار العمل في المستوى XZ.
G19	Selection of YZ work planning	اختيار العمل في المستوى YZ.
G40	Disconnect radius compensation	إلغاء تعويض نصف قطر أداة القطع.
G41	Tool radius compensation left	تعويض نصف قطر أداة القطع من جهة اليسار.
G42	Tool radius compensation right	تعويض نصف قطر أداة القطع من جهة اليمين.
G53	Machine coordinate system	صفر الماكِنة.
G54 to G59	Workpiece coordinate system	إحداثيات نقطة صفر القطعة.
G70	English system (Inch)	النظام الإنجليزي (بوصة).
G71	Metric system (mm)	النظام المتري (ميليمتر).
G73	High-speed peck drilling cycle	دورة التثقيب على مراحل وبسرعات عالية؛ التثقيب العميق.
G90	Absolute coordinates system	البرمجة بالإحداثيات المطلقة
G91	Incremental coordinates system	البرمجة بالإحداثيات النسبية.
G94	feed programming (mm/min) or (Inch/min)	التغذية بالدقيقة (مم / د) أو (بوصة / د).
G95	feed programming (Inch/rev) or (mm/rev)	التغذية لكلّ دورة من دورات محور الماكِنة.

الانتقال الخطي السريع (الكود G00)

يُستعمل الأمر (G00) لتحريك أداة القطع في الهواء بانتقال سريع آلي، بهدف الإعداد لعملية التشغيل، مثل الذهاب إلى موضع تغيير أداة القطع، أو الذهاب بأداة القطع إلى موضع الاقتراب من قطعة العمل قبل القطع، ويجري ذلك بنظام الإحداثيات المطلقة أو النظام النسبي، إذا كان النظام مطلقًا فإنّنا نُبرمج إحداثيات نقطة النهاية التي تنتقل إليها أداة القطع، أمّا في النظام النسبي فإنّنا نُبرمج المسافة التي تتحرّكها أداة القطع.

مثال

(G00) (X20) (Y20) (Z20)

عن طريق متغيّرات النظام، يُمكن التحكّم في سلوك مسار أداة القطع باستعمال الكود (G00)؛ إذ يُمكن أن تنتقل أداة القطع في مسار مستقيم بانتقال سريع، أي الشرط هو الالتزام بسرعة الانتقال السريع لكلّ محور، للوصول إلى الموضع المطلوب وهو ما يُسمّى الانتقال غير الخطّي السريع.

القطع الخطّي الكود (G01)

تتحرّك أداة القطع إلى الموضع المحدّد بمعدل تغذية محدّد بالكود (F) ويبقى الكود (G01) فعّالًا بمعدّل التغذية نفسه وحتّى تحديد قيمة جديدة من دون الحاجة إلى تكرار الكود (F) لكلّ جملة.

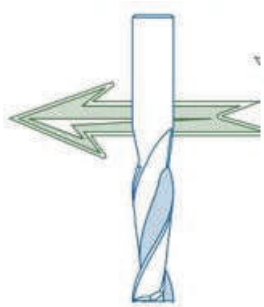
G01 X……., Y……, Z…., F 20

ملحوظة مهمّة:

عند تنفيذ الكود (G54)؛ فإنّ الماكِنة تنتقل إلى صفر القطعة بأقصى سرعة للوصول الى الإحداثيات (X Y Z) إذ نحتاج هنا إلى إضافة أمر حركة G00 / G01

التغذية (F) (Feed Function)

هي السرعة التي تجري بها تغذية مادّة المشغولة في سكّين القطع، وتتراوح القِيَم القياسية من (20 - 5000 mm/min)، وتُحدّد قيمة تغذية أداة القطع لأداء عملية تشغيل معيّنة التي تأخذ وحدات (mm/min) (مم/الدقيقة) إذا كان النظام متريًّا، وتكون (Inch/min) (بوصة/الدقيقة) إذا كان النظام بريطانيًّا، ولا تُكتب هذه الوحدات في البرنامج، فنكتب (F100) مثلًا والذي يعني أنّ التغذية قيمتها (100) (مم/الدقيقة) في النظام المتري، انظر إلى الشكل (10).



الشكل (10): اتّجاه التغذية.

تذكّر أنّ: $F = f \times N \times Z$

سرعة عمود الدوران (S) (SPINDLE)

تُحدّد سرعة القطع الدورانية المستعملة في عملية التشغيل المعيّنة، أو بعبارة أخرى تُحدّد سرعة دوران عمود الماكِنة، وتُعطى بوحدات (rev/min) (دورة / الدقيقة)، ولا تُكتب هذه الوحدات في البرنامج، فمثلًا (S800) تعني دوران عمود الماكِنة بسرعة (800) دورة / الدقيقة. ويختار المهندس الذي يُخطّط عملية التشغيل عادة السرعة المطلوبة بـ (المتر / الدقيقة) (m/min)، فيجب تحويلها إلى وحدات (دورة / الدقيقة) (rev/min)، انظر إلى الشكل (11).

الشكل (11): سرعة الدوران.

وكما ورد معنا سابقًا في الخراطة الآلية، يُحسب مقدار سرعه الدوران بالقانون الآتي:

الدوران (S) $N = \dfrac{100 \times V}{\pi \times D}$

حيث سرعة القطع (V) تساوي $\dfrac{\pi \times D \times N}{1000}$

أداة القطع (T) (Tool Function)

تُحدّد رقم أداة القطع المستعملة في عملية التشغيل. (T2) مثلًا يدلّ على رقم أداة القطع وموقعها، حسب ما جرى برمجته وحسب مكان التخزين.

مخزن أدوات القطع (D1):

تُحمّل العدد اللازمة لعمليات التشغيل المختلفة في برج أداة القطع، انظر إلى الشكل (12) الموجود في ماكِنة الفريزة المحوسبة؛ لذا، يجب تركيب كلّ العدد في حامل أداة القطع الخاص بها وتحميلها في برج أداة القطع بتسلسل معين.

الشكل (12): مخزن أدوات القطع (برج أداة القطع).

هذا الرمز يأتي دائمًا بعد رقم السكين (T)، مثل: (T1D1) ويعني أنّ أداة القطع رقم (1) موجودة في مخزن أدوات القطع (D1).

مواصفات أدوات القطع في آلات التفريز (CNC)

عدّة القطع المستعملة في الماكِنات المبرمجة (CNC) لها أشكال متعدّدة، وتوجد مجموعة من عدد القطع تُستعمل للقطع الخارجي وأخرى للقطع الداخلي.

قديمًا استُعمل الصلب الكربوني لصنع أدوات القطع، ولكنّه يفقد صلادته عند (200º). ومن ثمّ، لا يمكن استعماله في القطع بسرعة أو بتغذية عالية، عندما يتطلّب الحصول على أسطح ناعمة وعلى إنتاجية كبيرة.

في بداية القرن العشرين، صُنّعت أدوات القطع من سبيكة تعتمد على الكروم والنيكل الذي يفقد صلادته عند (600º)، ما أتاح عند استعماله إمكانية القطع بسرعات عالية؛ لذا، أُطلق عليه اسم صلب السرعات العالية (High- Speed Steel HSS).

وفي ثلاثينيات القرن العشرين، طوّرت الكربيدات (carbide) واستُعملت تكنولوجيا المساحيق في صنع اللقم الكربيدية (carbide inserts) من مساحيق الكربيدات. والكربيدات تتكوّن في الأساس من كربيد التنجستون (Tungsten) والتيتانيوم (Titanium) والكوبالت (Cobalt)، وتُركّب اللقم في حامل أداة القطع عن طريق اللحام أو الربط بمسامير على سطح حامل أداة القطع المصنوع من الصلب كربوني. كما أصبح تصميم شكل حامل اللقم قويًّا، أصبح أكثر متانة وأكثر سهولة وسرعة في طريقة الفكّ والتركيب، كما يُبيّن الشكل (13).

الشكل (13): أدوات القطع.

ثمّ تطوّرت تكنولوجيا المساحيق، وتطوّر السيراميك الذي يتكوّن في الأساس من أُكسيد الألمنيوم في الستينيات من القرن الماضي والذي يفقد صلادته عند (1200°)، كذلك حدثت تطوّرات عديدة في تصميم شكل حامل أداة القطع؛ فأصبح أكثر متانة وأكثر سهولة وسرعة في آلية الفكّ والتركيب، كما يُبيّن الشكل (14).

الشكل (14): حامل أداة القطع.

الجمل المساعدة الإضافية عند البرمجة (M) Functions Miscellaneous

تدلّ على عملية تنتمي إلى نوع المهمّات المساعدة الموجودة في ماكِنة التشغيل. وتُستعمل هذه الأوامر لختام أمر ما. ويوضّح الجدول (5) أهمّ الأوامر وفقًا لاستعمالها في ماكِنة التفريز المحوسبة؛ إذ تقوم بوظيفة تشغيل أو إيقاف مكوّن من مكوّنات الماكنة سواء أكانت المادية (Hardware) أم البرمجية (Software)، مثل: تشغيل مضخّة سائل التبريد، إيقاف البرنامج.

يُرمز للأوامر التشغيلية بالرمز (M)، وتعمل الأوامر التشغيلية عادة منفردة وليست بحاجة إلى محدّدات أخرى لإتمام عملها، ويُفضّل عدم كتابة أمرين تشغيليّين في السطر نفسه.

1- إذا بُرمِج أمران M فاعلان داخليًّا ومتعارضان أمام بعضهما بعضًا؛ فإنّ الذي يعمل في هذه الجملة هو الأمر (M) المُبرمج أخيرًا.
2- الجمل (M0) (M1), (M2), (M17), (M30), يجب أن تُكتب منفصلة في جملة.

الجدول (5): الأوامر المساعدة.

الوظيفة	الأمر Command
إيقاف إجباري للبرنامج	M00
إيقاف اختياري	M01
نهاية البرنامج الرئيس	M30
دوران محور الدوران الرئيس مع عقارب الساعة	M03
دوران محور الدوران الرئيس عكس عقارب الساعة	M04
تشغيل التبريد	M08
إيقاف التبريد	M09
تغيير أداة القطع	M06

ابحث في مصادر المعرفة المتاحة عن أكواد البرمجة المختلفة، واكتب تقريرًا عنها وناقش معلمك وزملاءك فيه.

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف مكوّنات برنامج التحكّم الرقمي للفريزة.			
2	أُبيّن طرائق إعداد برامج التفريز المحوسبة التشغيلية والتحضيرية.			
3	أُوضّح مواصفات أدوات القطع الخاصة بالتفريز المحوسب.			
4	أحسب مقدار سرعة الدوران ومقدار التغذية.			
5	أتعرّف (G-CODE) و(M-CODE)، ووظائف كل منهما.			

أسئلة الدرس

- اكتب مخرجات الجمل الآتية:

N1 G54 G17 G71 G90

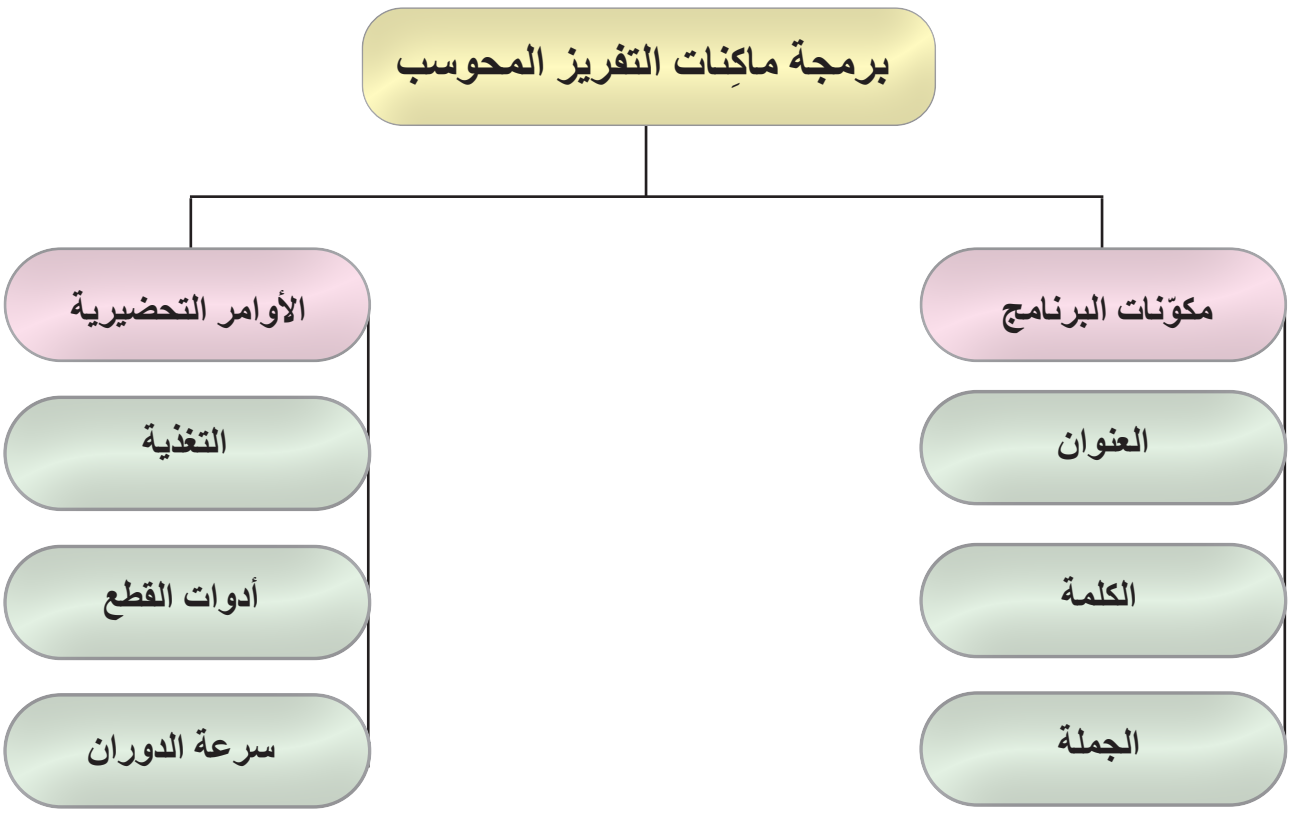
N2 M06 T4 D1

N3 M03 S1000 F250

N4 G00 X50 Y50 Z5

N 30 M30

الخريطة المفاهيمية



رابعًا: أنظمة التحكّم

النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف الواجهة لنظام التحكّم (SINUMERIK 808D).
- يتعرّف الفرق بين نظامَي التحكّم في المخرطة والفريزة المحوسبة.
- يتعرّف الواجهة الخاصّة بتصفير الماكِنة

انظر وتساءل

مع التطوّر الصناعي المستمر والمتسارع، وتعدّد الدول والشركات المصنّعة لأنظمة التحكّم بشكل عام، ما الرابط المشترك بين أنظمة التحكم المختلفة؟ انظر إلى الشكل (15).

الشكل (15): نظام التحكّم (SINUMERIK) و(Fanuc).

استكشف

تختلف صيغة الامتداد في بعض أنظمة التحكّم، فلكلّ نظام تحكّم امتداد معيّن. في نظام التحكّم (SINUMERIK 808D) مثلًا، يكون الامتداد (mpf). ناقش معلمك في امتداد أنظمة التحكّم الأخرى.

اقرأ وتعلّم

من المعروف أنّ أيّ ماكِنة مزوّدة بنظام تحكّم عددي بوساطة الحاسوب، تُسمّى ماكِنة تشغيل ذات تحكّم عددي (CNC Machine)، وتشبه وحدة التحكّم المزوّدة بهذه الماكِنات العقل في جسم الإنسان، الذي يبعث الإشارات المختلفة إلى أعضاء الجسم لتنجز الفعل المناسب لهذه الإشارات. وعندما نُطبّق هذا على ماكِنة الفريزة (CNC) نجد أنّها غير مزوّدة بأذرع التحكّم في الحركة الموجودة في الماكِنات التقليدية مثل أذرع تغيير سرعات الدوران والتغذية وبكرات تحريك الطاولة في الاتّجاهات المختلفة، وإنّما تتحرّك بوساطة محرّكات خاصّة تتلقّى إشارات كهربائية عن طريق وحدات تحكّم منطقية يتعامل معها المبرمج عن طريق المفاتيح أو الكود التي يكتبها بوساطة البرنامج المنشأ على الحاسوب المزودة به الماكِنة، هذا البرنامج يُسمّى (control system) أي نظام التحكّم.

أنظمة التحكّم شائعة الاستعمال

أنظمة التحكم مرتّبة حسب نسبة الاستعمال:

1- Fanuc.

2- Sinumerik

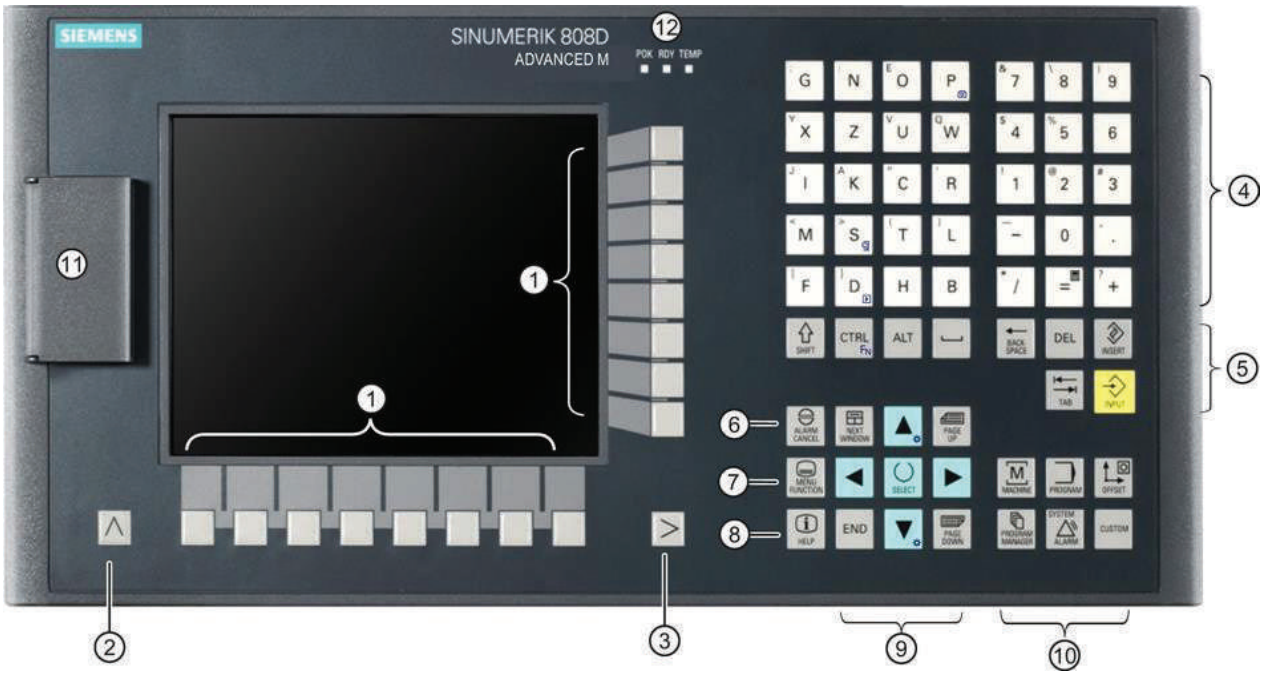
3- Heidenhain.

4- Fagor.

وسنتناول في هذه الوحدة الشرح المفصّل لنظام (SINUMERIK 808D) من شركة (SIEMENS) كما يُبيّن الشكل (16).

الشكل (16): لوحة تحكّم رئيسة.

تنقسم لوحة التحكّم إلى قسمين أفقي وعمودي؛ إذ إنّ مكوّنات لوحة التحكّم العمودية بين المخرطة المحوسبة والفريزة المحوسبة متشابهة، ويُوضّح الشكل (17) المكوّنات الأساسية ووظائف الأزرار مشتركة بين المخرطة المحوسبة والفريزة المحوسبة.



الشكل (17): مكوّنات لوحة التحكّم الرئيسة.

وفي الشكل (18) عناصر التحكّم المتاحة على اللوحة الأفقية، وهي مختلفة عن المخرطة المحوسبة. ويُبيّن الجدول (6) مكوّنات الشاشة الأفقية.

الشكل (18): مكوّنات لوحة التحكّم - الجزء الأفقي.

الجدول (6): مكوّنات الشاشة الأفقية.

1	مفتاح الطوارئ (التوقّف الاضطراري).	7	مفاتيح التنقل بين المحاور.
2	Hand wheel key يتحكّم في حركة المحور بعجلة يدوية خارجية.	8	عجلة التحكّم في نسبة السرعة.
3	شاشة عرض رقم أداة القطع.	9	مفتاح حالة رأس الدوران.
4	مفاتيح وضع التشغيل. (Auto-Manual)	10	عجلة التحكّم في نسبة التغذية.
5	مفاتيح التحكّم في البرنامج.	11	مفاتيح لبدء البرنامج وإيقافه وإعادة تعيينه.
6	مفاتيح معرّفة من قِبَل العامل والمتعلقة ببعض وظائف الماكِنة.		

الإعدادات المسبقة للماكِنة

عند العمل على ماكِنات (CNC)، تحتاج إلى إعداد الماكنة والأدوات وما إلى ذلك على النحو الآتي:

1- إنشاء الأدوات وتجهيز حوافّ القطع.

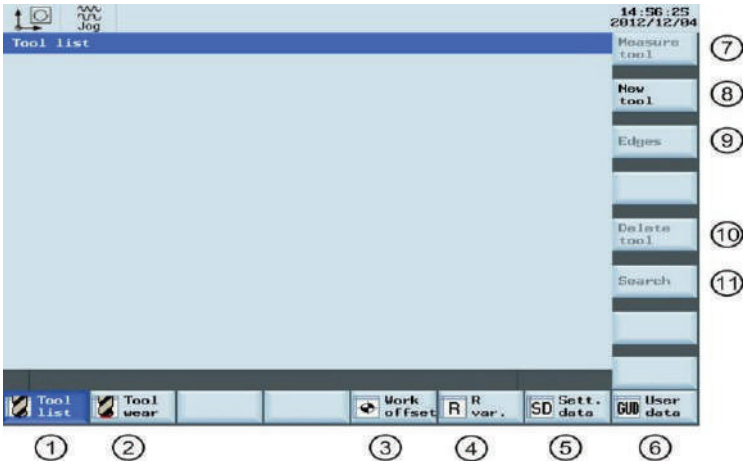
2- إدخال / تعديل خصائص أداة القطع وتعويضات التآكل في العمل.

3- إعداد وإدخال البيانات.

4- وظائف Soft key.

يُتيح لك الضغط على هذا المفتاح

فتح الشاشة كما في الشكل (19). والجدول (7) يوضّح مكوّنات منطقة التشغيل.



الشكل (19): شاشة البرنامج.

الجدول (7): مكوّنات منطقة التشغيل.

1	يعرض تعويض أداة القطع ويعدّلها.	7	يقيس الأداة يدويًّا أو تلقائيًّا.
2	يعرض بيانات تآكل الأداة ويعدّلها.	8	يُنشئ أداة جديدة.
3	يعرض تعويضات قطع العمل ويعدّلها.	9	يُحدد شكل وعدد حواف أداة القطع.
4	يعرض المتغيّرات (R) ويعدّلها.	10	يُزيل الأداة المحدّدة حاليًّا من قائمة الأدوات.
5	يكوّن قوائم بيانات الإعداد ويعرضها.	11	يبحث عن الأداة التي تريدها برقم الأداة.
6	يعرض بيانات العامل المحدّدة.		

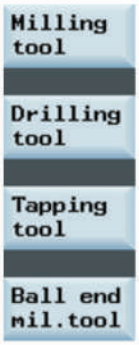
إعداد أدوات القطع وتجهيزها، وتعريفها إلى الكونترول

إضافة أداة قطع جديدة حسب التسلسل الآتي:

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

2- افتح نافذة قائمة الأدوات.

3- افتح القائمة لتحديد نوع الأداة.



4- حدّد نوع الأداة المطلوب باستعمال المفتاح الوظيفي المقابل (Milling tool) وتعني الفريزة.

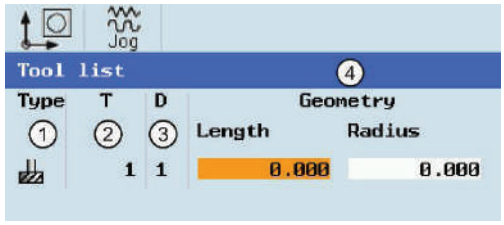
5- أدخل رقم الأداة الجديدة كما في الشكل (20)، بعد تحديد نوعها.

الشكل (20): الشاشة بعد تحديد نوع الأداة.

6- استعمل هذا المفتاح الوظيفي

لتأكيد الإعدادات الخاصّة بك.

توضّح النافذة في الشكل (21)، معلومات الأداة الجديدة التي أُنشِئت.



الشكل (21): الشاشة بعد إدخال المعلومات.

1- نوع الأداة.
2- رقم الأداة.
3- مخزن الأداة.
4- طول الأداة ونصف القطر.

ملحوظة: تُفعّل الأداة (Activating the tool) للفريزة، كما في المخرطة بالطريقة نفسها.

قياس الأداة Measuring the tool (manually)

يمكنك تحديد طول الأداة ونصف قطرها وقطرها، إمّا عن طريق قياس الأداة وإمّا إدخال القِيَم في قائمة الأدوات، وفي ما يأتي خطوات تصفير أداة القطع (نقطة صفر أداة القطع).

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

2- بدّل إلى وضع JOG

3- افتح قائمة المستوى الأدنى لقياس الأداة.

4- افتح نافذة قياس الأداة اليدوية.

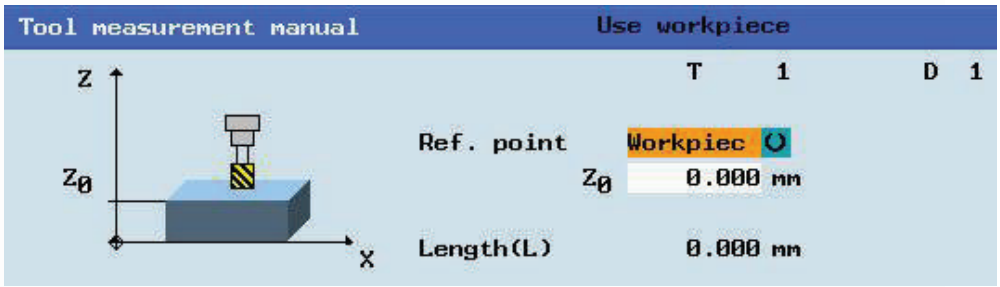
5- استعمل مفاتيح تحديد المحور لتحريك الأداة للاقتراب من قطعة العمل في الاتجاه (Z).

6- فعّل عجلة التدوير.

7- حدّد معدّل تغذية تجاوز مناسب، ثمّ استعمل العجلة اليدوية لتحريك الأداة لملامسة سطح قطعة العمل المطلوبة أو حافّتها؛ إذ يُمثّل السهم معدّل التغذية.

8- اضغط على هذا المفتاح؛ لتعيين النقطة المرجعية كما هو مطلوب (على سبيل المثال، قطعة العمل).

9- أدخل المسافة بين رأس الأداة والنقطة المرجعية في خانة (Z0)، على سبيل المثال، (0). (هذه القيمة هي سماكة القطعة المرجعية إذا استُعملت)، انظر إلى الشكل (22).



الشكل (22): إدخال قيمة السماكة.

10- احفظ قيمة طول الأداة في المحور (Z). يؤخذ كلّ من قطر الأداة ونصف القطر وموضع حافة القطع في الحسبان.

تحديد صفر قطعة العمل

يُحدّد صفر قطعة العمل على ماكِنات التفريز المحوسبة حسب شكل قطعة العمل في حالتين:

1- عند العمل على القطع المستطيلة.

2- عند العمل على القطع الأسطوانية.

تحديد صفر قطعة العمل المستطيلة

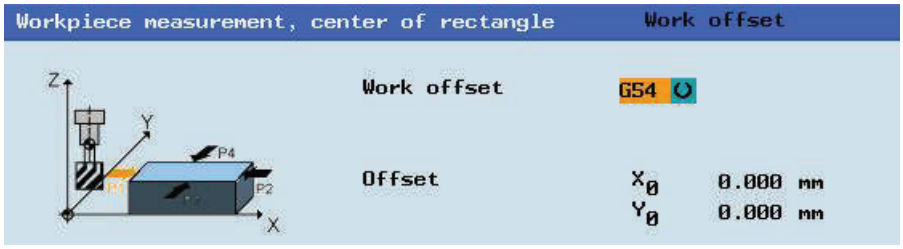
1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

2- بدّل إلى وضع التحكّم (JOG).

3- افتح القائمة السفلية لقياس قطعة العمل.

4- اضغط على هذا المفتاح الوظيفي الرأسي؛ لفتح النافذة لقياس قطعة العمل المستطيلة.

ويكون ذلك بتحديد نقاط على الحوافّ الأربع للقطعة P1,P2,P3,P4 كما في الشكل (23).



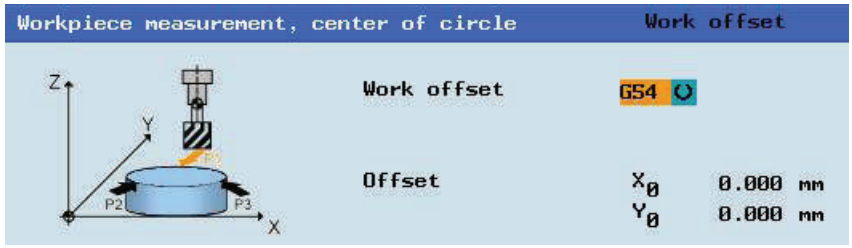
الشكل (23): تحديد الحوافّ للقطع المستطيلة.

فكّر

حدّد صفر قطعة العمل المستطيلة بطريقة أخرى.

تحديد نقطة الصفر على القطع الأسطوانية

يُحدّد قياس قطع العمل الأسطوانية بالخطوات السابقة نفسها مع اختيار قطعة العمل الأسطوانية، انظر إلى الشكل (24).



الشكل (24): تحديد الحوافّ للقطع الأسطوانية.

آلية التحقّق من موضع أداة القطع عن طريق "MDA"

يوفّر نظام التحكّم إمكانية كتابة الأوامر عن طريق خيار (MDA)؛ إذ يوفّر مساحة لكتابة البرامج القصيرة والتأكّد من بعض العمليات الصغيرة؛ كالتأكّد من عملية ضبط صفر المشغولة، ويجري ذلك بالخطوات الآتية:

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

2- بدّل إلى وضع (MDA).

3- أدخل برنامج الاختبار، على سبيل المثال: G54 T1 D1 G00 X0 Y0 Z5

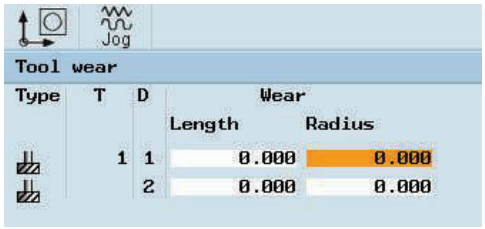
4- شغّل الماكِنة.

تتعرّض أدوات القطع مع طول الاستخدام إلى التآكل، ولتعويض هذا التآكل في الأداة؛ فإنّنا نُعوّض هذه القيمة عن طريق اتّباع الخطوات الآتية:

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

2- افتح نافذة اهتراء (تآكل) الأداة.

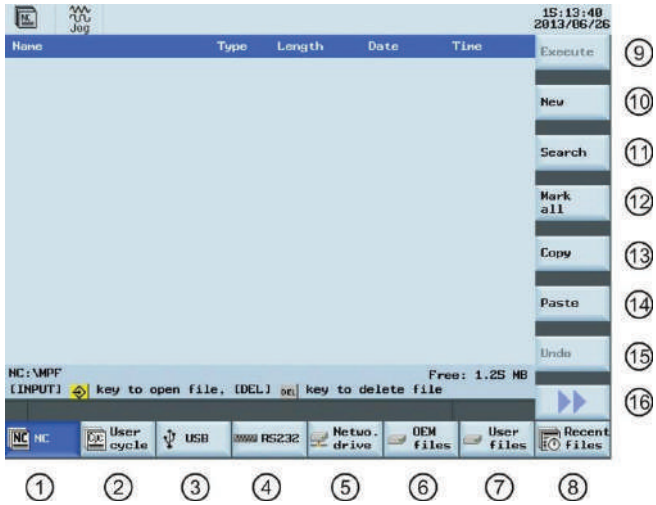
3- أدخل قيمة تآكل طول الأداة وقيمة تآكل نصف قطر الأداة كما في الشكل (25)؛ إذ القيمة الموجبة تبتعد الأداة عن قطعة العمل، والقيمة السالبة تقترب الأداة من قطعة العمل.



الشكل (25): قيمة التآكل.

جزء البرمجة

انظر إلى الشكل (26)، كيف يُمكننا الوصول إليها في البرنامج؟



الشكل (26): لوحة إنشاء البرامج.

يُبيّن الجدول (8) بيانات شاشة البرمجة وأجزاءها.

الجدول (8): أجزاء شاشة البرمجة.

1	تخزين برامج (NC) للعمليات اللاحقة.	9	تنفيذ الملف المحدّد؛ إذ لا يسمح بالتحرير في عملية التنفيذ.
2	إدارة دوائر التشغيل ونقلها.	10	إنشاء ملفّات جديدة.
3	قراءة ملفّات الإدخال / الإخراج عبر (USB)، وتنفيذ البرنامج من وسائط التخزين الخارجية.	11	بحث في الملفّات.
4	قراءة ملفات الإدخال / الإخراج عبر وصلة خاصة.	12	اختيار الملفات جميعها.
5	قراءة ملفات الإدخال / الإخراج عبر وصلة (Ethernet).	13	نسخ الملفّات المحدّدة إلى الحافظة.
6	نسخ احتياطي لملفّات الشركة المصنّعة.	14	لصق الملفّات المحدّدة من الحافظة.
7	نسخ الملفات المخزّنة احتياطيًّا.	15	التراجع عن آخر خطوة.
8	إظهار الملفّات التي فُتحت أخيرًا.	16	فتح نافذة لوحة مفاتيح المستوى الثاني مثل إعادة تسمية. Rename

إنشاء برنامج جزئي (Creating a part program)

من الأهمّية بمكان تعرّف خطوات إنشاء برنامج بوصفها بداية لمعرفة العمل على نظام التحكّم (Sinumerik)، لنتعرّف كيفية إنشاء برنامج نتّبع الخطوات الآتية:

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة بالضغط على: PROGRAM MANAGER

2- أدخل مجلد البرنامج الجديد الذي سيجري إنشاؤه. NC

3- إذا كنت ترغب في إنشاء ملفّ برنامج جديد مباشرةً، فاضغط على هذا المفتاح الوظيفي، وانتقل إلى الخطوة التي تليها. New

تحرير البرامج الجزئية

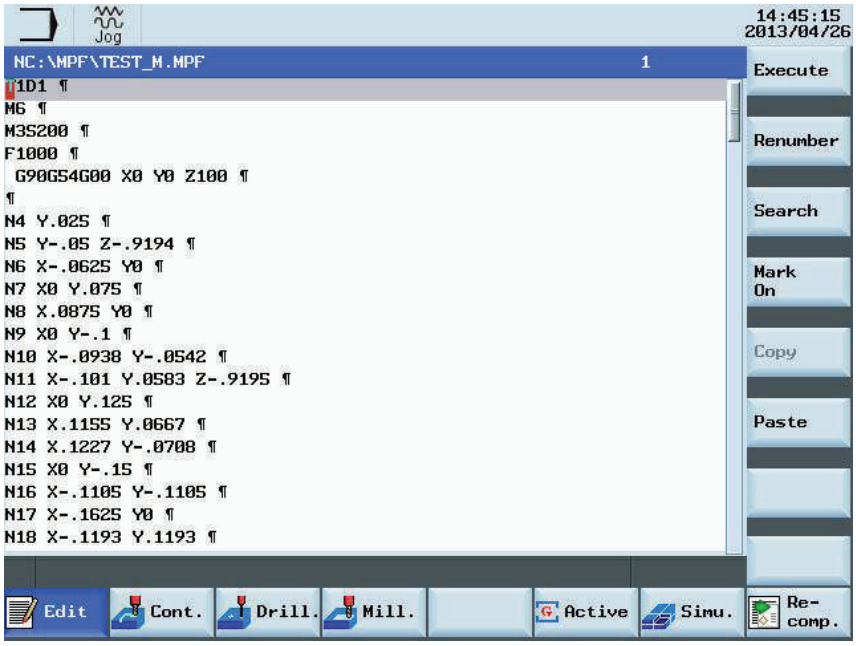
لا يمكن تحرير برنامج أو أجزاء من برنامج جزئي، إلّا إذا لم يُنفّذ حاليًا؛ إذ تُخزّن أيّ تعديلات على البرنامج الجزئي على الفور.

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة. PROGRAM MANAGER

2- أدخل دليل البرنامج. NC

3- حدّد ملفّ البرنامج الذي ترغب في تحريره. يُمكنك أيضًا البحث عن ملفّ أو دليل عن طريق الضغط على المفتاح الوظيفي التالي وتحديد المعايير المطلوبة في مربع حوار البحث، أو إدخال الحرف الأول على الشاشة الرئيسة لدليل البرنامج. ينتقل النظام مباشرة إلى الملفّ الأول بدءًا من هذا الحرف. Search

4- اضغط على هذا المفتاح INPUT لفتح ملف البرنامج. ينتقل النظام إلى نافذة محرّر البرنامج كما في الشكل (27).



الشكل (27): نافذة محرّر البرنامج.

5- حرّر الجمل في النافذة كما هو مطلوب؛ إذ تُخزّن أيّ تغييرات في البرنامج تلقائيًّا.

6- بعد الانتهاء من التحرير، يُمكنك الضغط على هذا المفتاح الوظيفي لتنفيذ البرنامج. يتحوّل النظام إلى وضع (AUTO) في منطقة المعالجة.

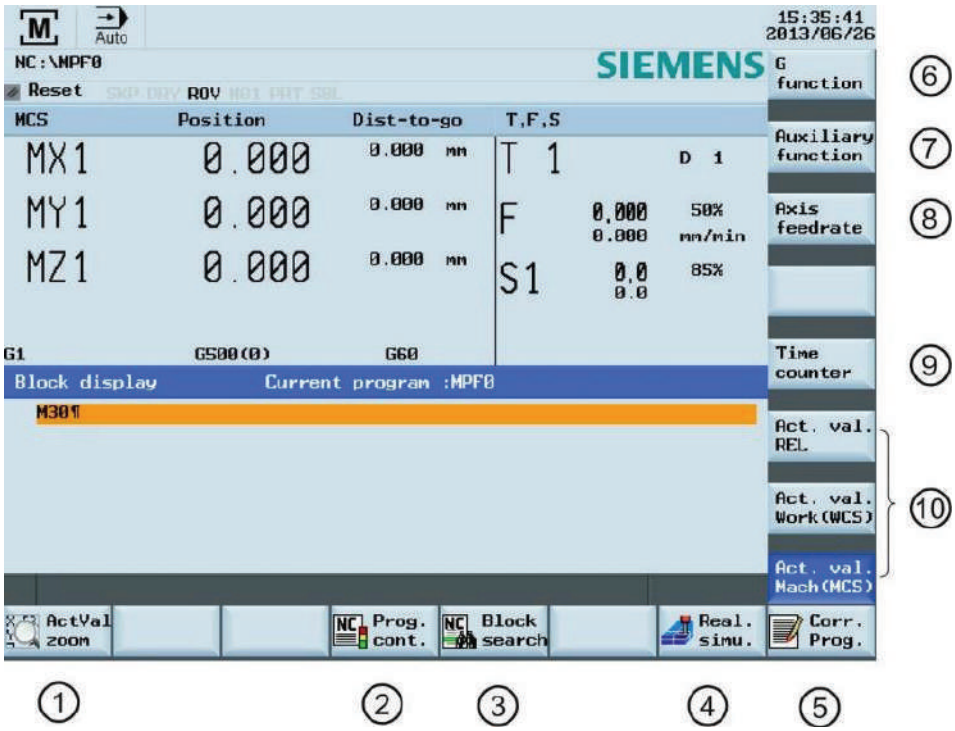
معلومة

يُمكنك إعادة ترقيم الكتل باستعمال هذه الوظيفة Renumber وكذلك يُتيح لنا كونترول (سيمينز) خاصيّة البحث والنسخ واللصق في البلوكات في البرنامج. Search Paste Copy

التشغيل الآلي (Automatic machining)

في حالة التشغيل الآلي، يجب أن يكون الجهاز قد أُعدّ على الوضع (AUTO) وفقًا لمواصفات الشركة المُصنّعة للجهاز؛ إذ يُمكنك إجراء عمليات مثل بدء البرنامج وإيقافه والتحكّم فيه وحظر البحث والمحاكاة في الوقت الحالي.

وللوصول إلى صفحة التشغيل الآلي اضغط على MACHINE ثمّ اضغط على AUTO للوصول إلى الشاشة التالية، انظر إلى الشكل (28).



الشكل (28): نافذة التشغيل.

مكوّنات هذه الشاشة:

1- تكبير نافذة القيمة الفعلية.

2- إنجاز عدّة وظائف متمثّلة في إجراء اختبار للبرنامج، والتشغيل الجافّ، والتوقّف الشرطي، وتخطّي الكتلة.

3- البحث عن مكان الكتلة المطلوب داخل البرنامج.

4- فتح شاشة المحاكاة للبرنامج.

5- تصحيح أيّ خطأ في الكتلة؛ إذ تُخزّن أيّ تغييرات على الفور.

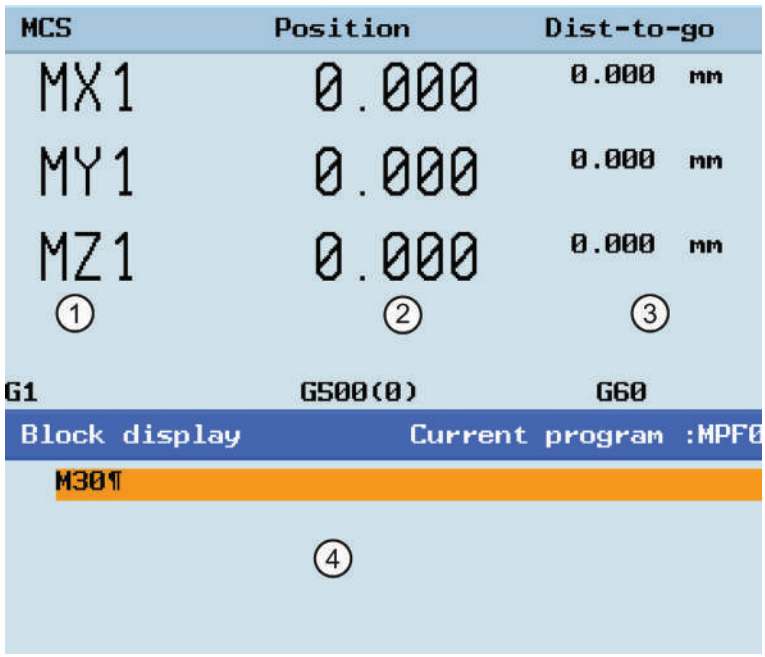
6- عرض الوظائف.

7- عرض الوظائف الإضافية والوظائف النشطة حاليًّا.

8- عرض معدّل تغذية المحور في نظام الإحداثيات المحدّد.

9- عرض معلومات وقت التشغيل الجزئي (جزء المؤقّت) وعدد القطع.

10- التحويل عبر نظام الإحداثيات في نافذة القيمة الفعلية (Parameters)، كما في الشكل (29). ويوضّح الجدول (9) بيانات هذه الصفحة.



الشكل (29): صفحة التشغيل.

الجدول (9): مكوّنات صفحة التشغيل.

1	عرض المحاور الموجودة في نظام إحداثيات الماكِنة، أو نظام إحداثيات قطعة العمل، أو نظام الإحداثيات النسبي.	3	عرض المسافة المتبقّية لاجتياز المحاور.
2	عرض الوضع الحالي للمحاور في نظام الإحداثيات المحدّد.	4	عرض (7) كتل لاحقة من ملفّ برنامج الجزء النشط. عرض كتلة واحدة يقتصر على عرض النافذة.

المحاكاة (simulation)

يتميّز نظام (سيمنز) بوجود أداة المحاكاة التي تُبيّن باستعمال الرسومات ذات الخطوط المقطوعة؛ إذ يُمكن تتبّع مسار الأداة المبرمجة. وقبل المعالجة الآلية، تحتاج إلى إجراء المحاكاة للتحقّق إذا كانت الأداة تتحرّك في الاتّجاه الصحيح.

ويُمكننا الوصول إليها عن طريق تتبّع الخطوات الآتية:

1- حدّد منطقة التشغيل المطلوبة.

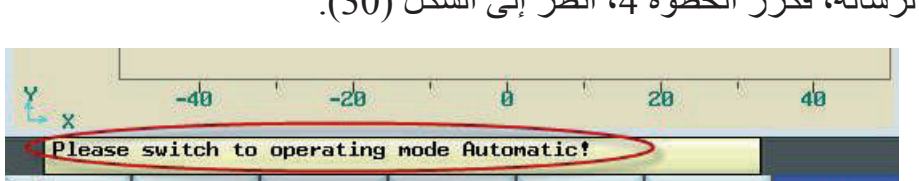
2- حدّد برنامجًا جزئيًّا للمحاكاة.

3- اضغط على هذا المفتاح لفتح البرنامج.

4- بدّل إلى الوضع (AUTO).

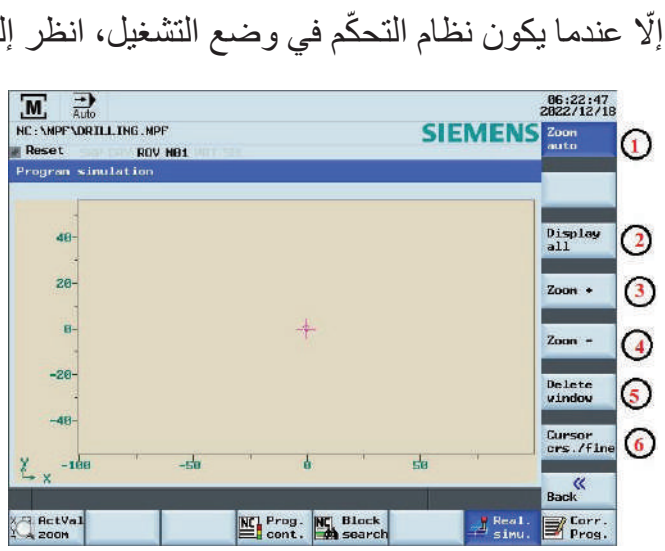
5- اضغط على المفتاح الوظيفي (Simu)؛ لفتح نافذة محاكاة البرنامج، وسيُنشّط وضع التحكّم في البرنامج (PRT) تلقائيًّا.

إذا لم يكن نظام التحكّم في وضع التشغيل الصحيح، فستظهر رسالة أسفل الشاشة على النحو الآتي. إذا ظهرت هذه الرسالة، فكرّر الخطوة 4، انظر إلى الشكل (30).



الشكل (30): خطأ في نظام التحكّم.

6- اضغط على هذا المفتاح؛ لبدء المحاكاة القياسية لتنفيذ برنامج الجزء المحدّد. يُرجى ملاحظة أنّه لا يُمكن تنفيذ وظيفة المحاكاة إلّا عندما يكون نظام التحكّم في وضع التشغيل، انظر إلى الشكل (31).



الشكل (31): نظام التحكّم في وضع التشغيل.

في ما يأتي وصف لوظائف الأزرار الوظيفية على الشاشة الرئيسة للمحاكاة:

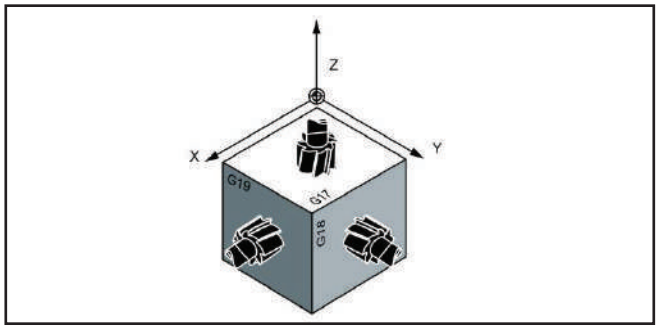
1- ظهور مسار المحاكاة تلقائيًّا.

2- الدخول إلى قائمة المستوى الأدنى لعرض الكتلة؛ إذ تتوافر (3) خيارات للعرض، انظر إلى الجدول (10).

الجدول (10): مستويات العمل الثلاثة.

وظيفة G	مستوى الإحداثيات	المحور الرأسي على المستوى
G17	X/Y	Z
G18	Z/X	Y
G19	Y/Z	X

انظر إلى الرسم التوضيحي في الشكل (32)، للمسارات والمحاور عند القطع:



الشكل (32): محاور القطع.

3- تكبير الشاشة كاملة.

4- تصغير الشاشة كاملة.

5- حذف مسار المحاكاة الحالي.

6- جعل الخطّ المتقاطع يتحرّك بخطوات كبيرة أو صغيرة بالمؤشّر.

دوائر التشغيل (Cycles)

الدورات هي إجراءات فرعية تقنية قابلة للتطبيق تطبيقًا عامًّا، ويمكن استعمالها لتنفيذ عملية تصنيع محدّدة، مثل الثقب أو تفريز الجيب؛ إذ تُكيّف هذه الدورات للمهمّات الفردية عن طريق تعيين المعلومة، ومن الدورات التي سنُنفّذها على الفريزة:

1- CYCLE71 (تسوية السطح) Face milling

2- CYCLE 72 (تفريز مسار خارجي) counter milling

3- CYCLE 82 (ثقب، تخويش) counterboring Drilling

4- CYCLE 840 (تسنين) Rigid tapping

5- POCKET (تفريز جيب مستطيل) Milling a rectangular pocket

6- CYCLE83 (ثقب عميق) Deep–hole drilling

مثال

تنفيذ دورة CYCLE-71 (تسوية السطح) Face milling

لتنفيذ هذه الدورة؛ يجب تتبّع هذه الخطوات:

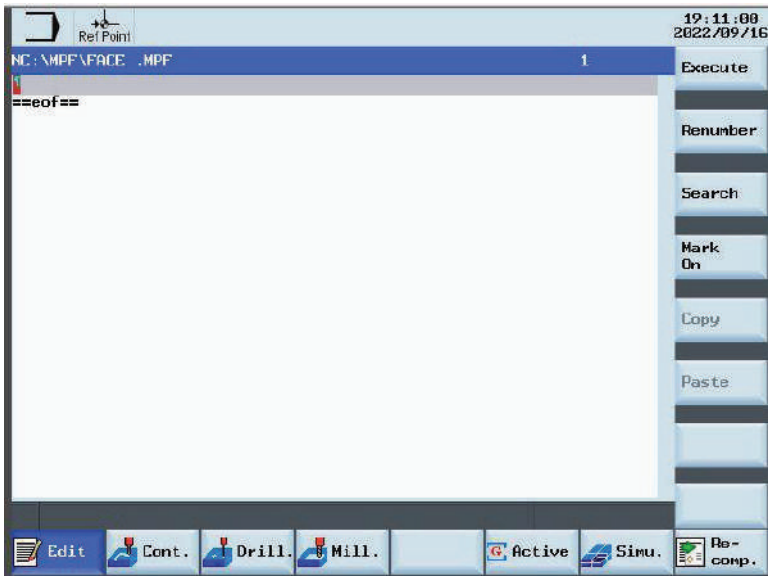
1- إضافة أداة القطع المناسبة للعملية، وذلك كما ورد معنا سابقًا من أيقونة:

2- الذهاب إلى أيقونة ادارة البرامج وإنشاء برنامج جديد

3- تسمية البرنامج وليكن (Face)، انظر إلى الشكل (33).

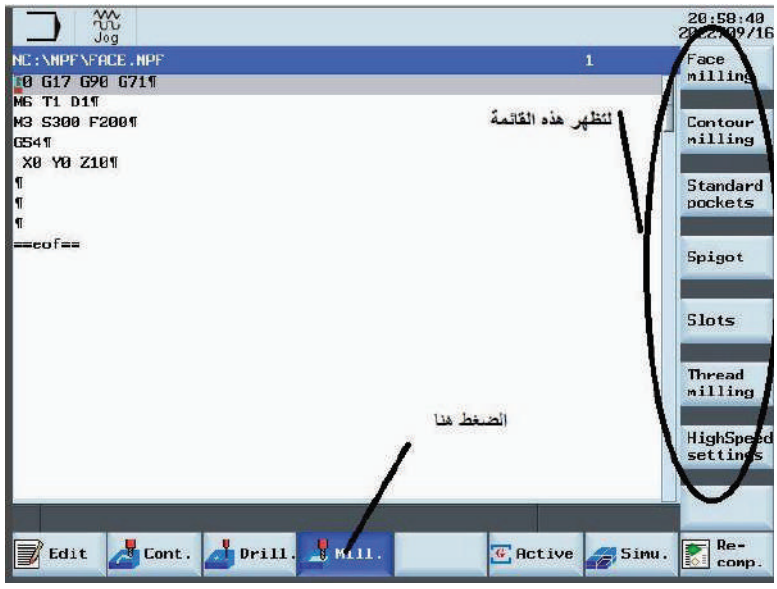
الشكل (33): اختيار تسوية السطح.

لتظهر أمامنا الشاشة كما في الشكل (34).



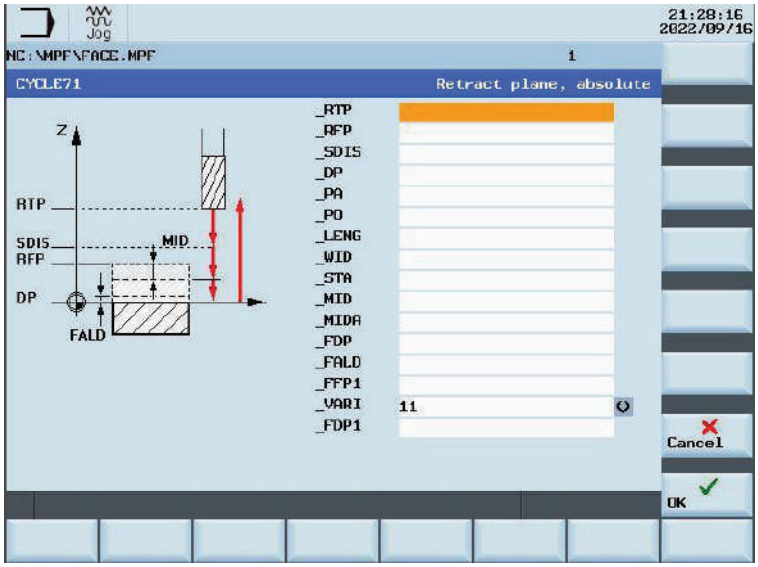
الشكل (34): شاشة تسوية السطح.

يجب كتابة (HEADAR) قبل البدء بعمل أي برنامج؛ إذ يُعدّ الترويسة الرئيسة والتعريفية للبرنامج، ويُوضّح كيفية عمل البرنامج من موقع صفر المشغولة ونظام الإحداثيات والأبعاد، ونظام الحركة والسرعة ونقطة البداية، انظر إلى الشكل (35).



الشكل (35)

نختار (Face milling) لتظهر الشاشة الآتية، انظر إلى الشكل (36).



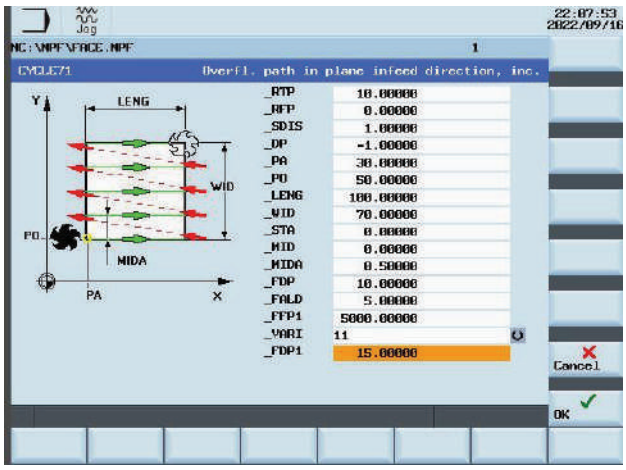
الشكل (36)

يعرض الجدول (11) مثالًا توضيحيًّا حسب القِيَم.

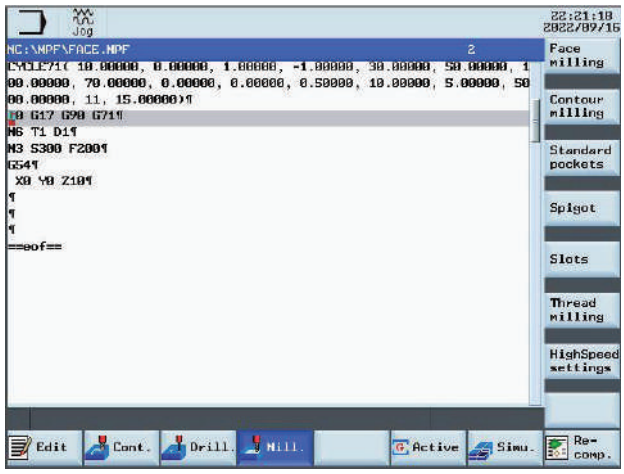
الجدول (11): أمثلة للقيم المختارة.

parameter	Example	الوصف
RTP	10	مستوى إرجاع الريشة Z
RFP	0	المستوى المرجعي
SDIS	1	ارتفاع الأمان للتغذية
DP	-1	عمق القطع
PA	30	نقطة بداية المحور 1
PO	50	نقطة البداية المحور 2
LENG	100	الطول (موجب أو سالب حسب الاتّجاه من PA)
WID	70	العرض (موجب أو سالب حسب الاتّجاه من PO)
STA	0	زاوية ميلان الطول نسبة إلى المحور الأول
MID	0.5	أقصى عمق للتغذية لكلّ شوط
MIDA	10	التغذية العرضية
FDP	5	مستوى إرجاع الريشة في بداية الشوط X OR Y
FALD	0	المتبقّي من المشغولة لشوط التنعيم
FFP1	500	سرعة الجرّ
VARI	11	نوع العمل (تخشين أو تنعيم).
FDP1	15	تسوية إضافية في اتّجاه التغذية العرضية

وتُملأ الشاشة بالقيم كما هو موضّح في الشكلَين (37) و(38).



الشكل (37)



الشكل (38)

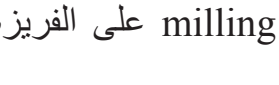
يجب إضافة (M30) في آخر البرنامج لتوقّف الماكِنة عند الانتهاء.

مثال

لتطبيق CYCLE-72 (تفريز مسار خارجي) milling counter على الفريزة المحوسبة، اتّبع الخطوات الآتية:

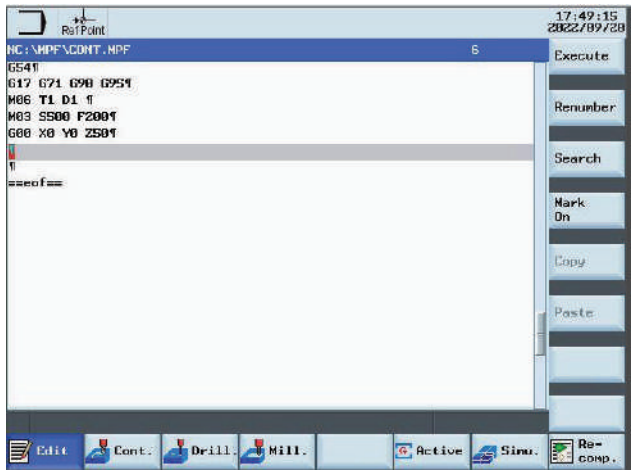
1- إضافة أداة القطع المناسبة للعملية، كما ورد معنا سابقًا من أيقونة:

2- الذهاب إلى أيقونة إدارة البرامج وإنشاء برنامج جديد.



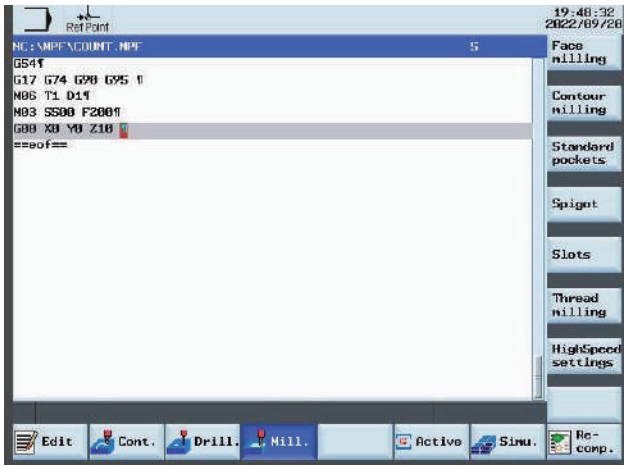
3- تسمية البرنامج وليكن (count).

4- إضافة (Headar) كما في المثال السابق.



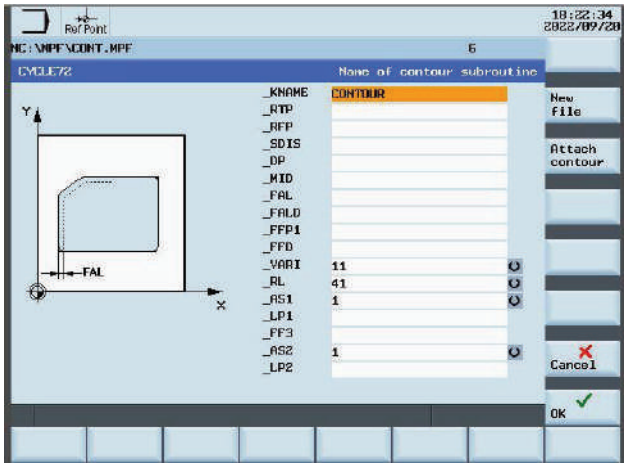
الشكل (39)

5- الانتقال إلى الخطوة التالية باختيار (milling) ثمّ (contour milling) من القائمة، كما هو موضّح في الشكل (40).



الشكل (40)

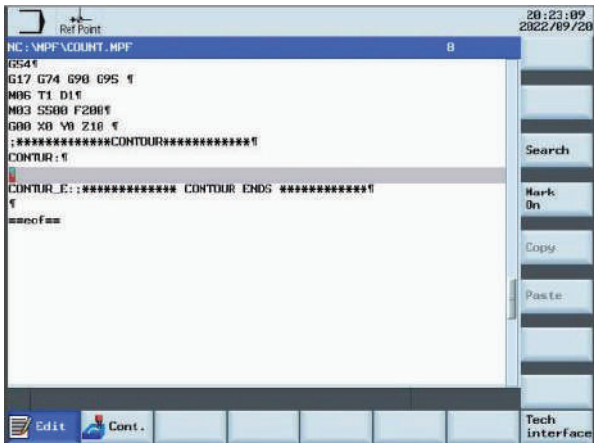
لتظهر الشاشة الآتية:



الشكل (41)

8- تسمية (KNAME) باسم (CONTOUR) كما جرت تسميته سابقًا عند إنشاء البرنامج.

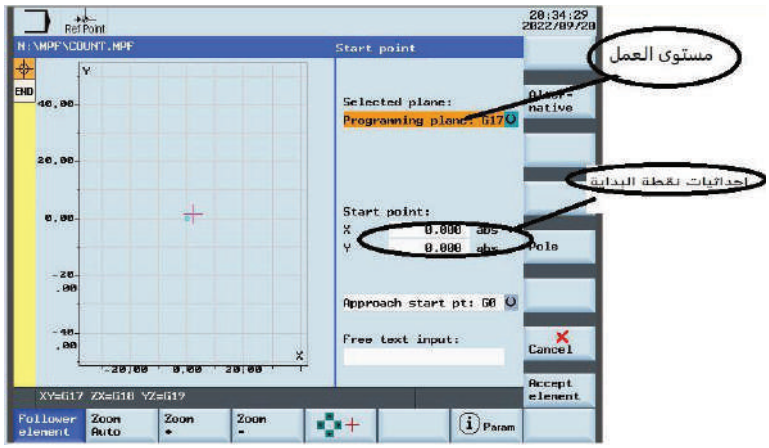
7- اختيار Attach contour لتظهر الشاشة الآتية، انظر إلى الشكل (42).



الشكل (42)

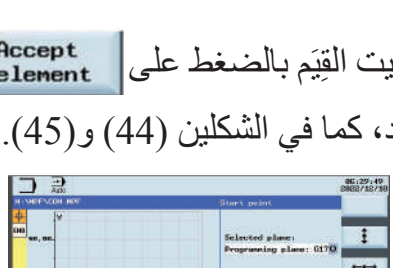
8- اختيار Cont. لتظهر أمام الشاشة، كما في الشكل (43).

9- تحديد مستوى العمل (selected plan)؛ إذ يكون للفريزة (G17) وإحداثيات نقطة البداية X, Y كما في الشكل.



الشكل (43)

10- تثبيت القِيَم بالضغط على Accept element والبدء برسم الكنتور، ويجب تحديد نظام الإحداثيات عند رسم كلّ بعد، كما في الشكلين (44) و(45).

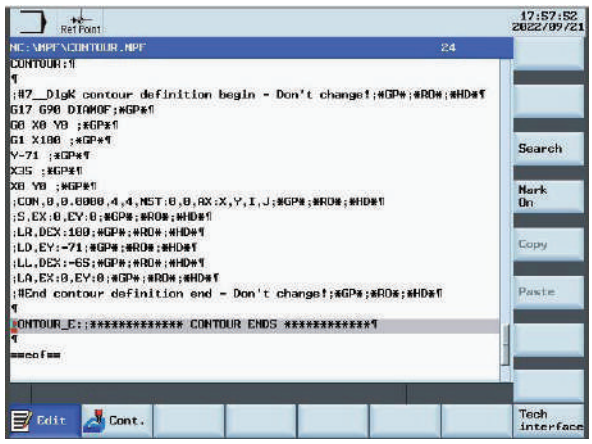


الشكل (44)

الشكل (45)

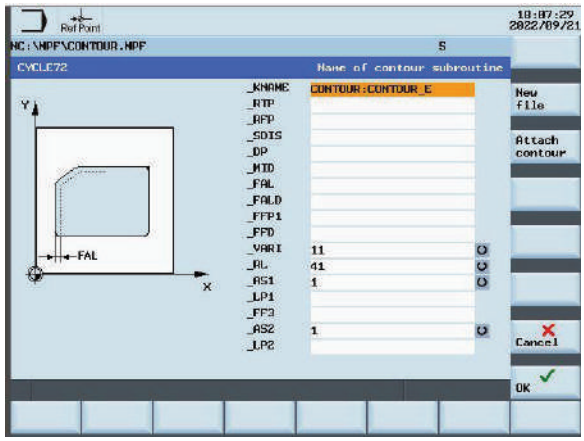
وتثبيت الأبعاد بعد كلّ مرّة بالضغط على Accept element وعند الانتهاء من الرسم نضغط على (Accept)

لتظهر الشاشة كما في الشكل (46)، لنختار Tech interface



الشكل (46)

لتظهر لنا الشاشة كما في الشكل (47).



الشكل (47)

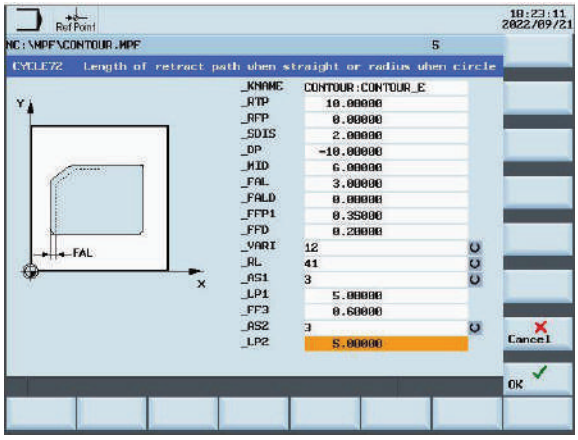
وضع القيم حسب المطلوب، انظر إلى الجدول (12).

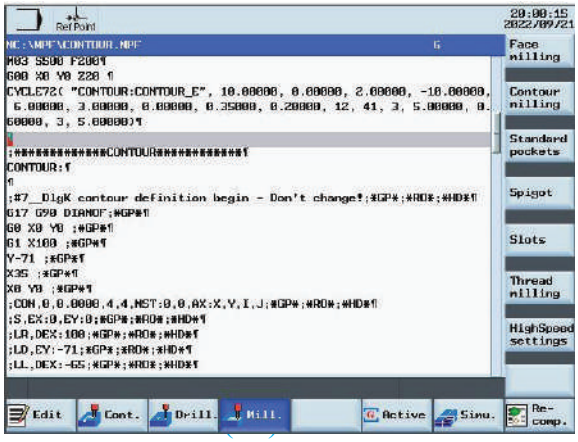
الجدول (12): أمثلة على القِيَم.

الوصف	Example	parameter
اسم المسار المرفق	CONTOUR	NAME
مستوى إرجاع الريشة Z	10	RTP
المستوى المرجعي	0	RFP
ارتفاع الأمان للتغذية	2	SDIS
عمق القطع	-10	DP
أقصى عمق تغذية	0.5	MID

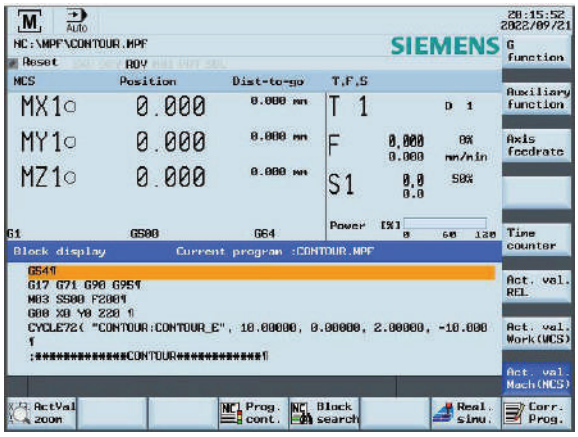
المتبقّي لتنعيم حوافّ المسار	0.2	FAL
المتبقّي لتنعيم الأرضية	0.2	FALD
سرعة الجرّ للتفريز	500	FFP1
سرعة الجرّ لدخول الريشة	150	FFD
نوع العمل	1	VARAI
طريقة حركة الريشة بالنسبة إلى الكنتور	41	RL
طريقة الدخول إلى المسار	1	AS1
طول مسار الدخول	5	LP1
سرعة الجرّ	0.6	FF3
الخروج من المسار	1	AS2
طول مسار الخروج	5	LP2

تُملأ القِيَم المطلوبة كما في الشكل (48)، وبعد التأكيد (ok) لتظهر الشاشة كما في الشكل (49).





نضغط على



الشكل (50)

الإثراء والتوسّع

ابحث في مصادر المعرفة المتاحة، عن الفرايز ذات (5) محاور، وقارن بينها وبين الفرايز ذات (3) محاور من حيث الإمكانات، واكتب تقريرًا ثم اعرضه على معلمك وزملائك.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف أنظمة التحكّم المختلفة.			
2	أتعرّف الواجهة لنظام التحكّم (SINUMERIK 808D).			
3	أُميّز بين نظام التحكّم في المخرطة والفريزة المحوسبة.			
4	أُوضّح الواجهة الخاصّة بتصفير الآلة.			
5	أُبيّن كيفية إنشاء برنامج جديد.			
6	أكتب (Header) حسب عملية معينة مثل تصفير القطعة.			

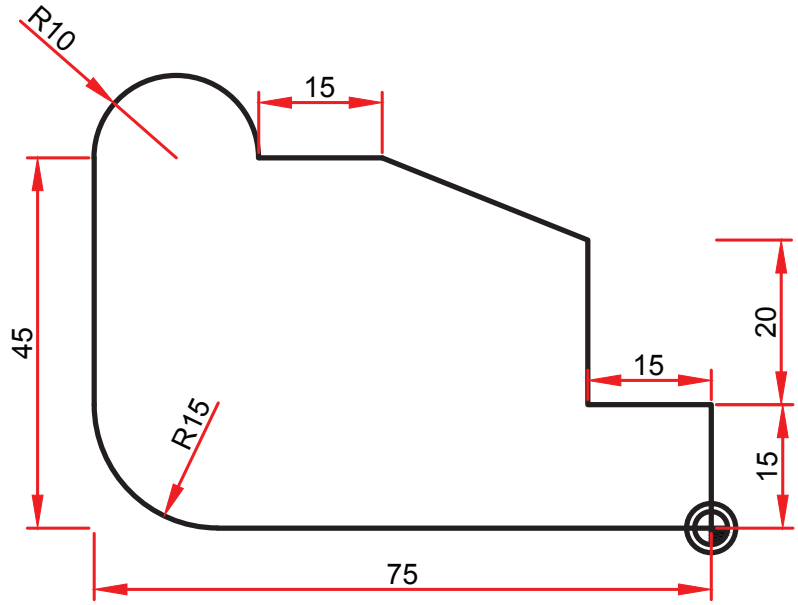
أسئلة الدرس

1- اكتب برنامج القطعة للجزء الموضّح في الشكل (51)، مع مراعاة ما يأتي:

أ - مستوى التشغيل XY.

ب- ظروف القطع: سرعة الدوران 1250 rpm والتغذية 400 (mm/min)

ج- استعمال النظام المتري والنظام النسبي.



الشكل (51)

2- بيّن الفرق بين مفهوم الإحداثيات بالنظام المطلق والنظام النسبي.

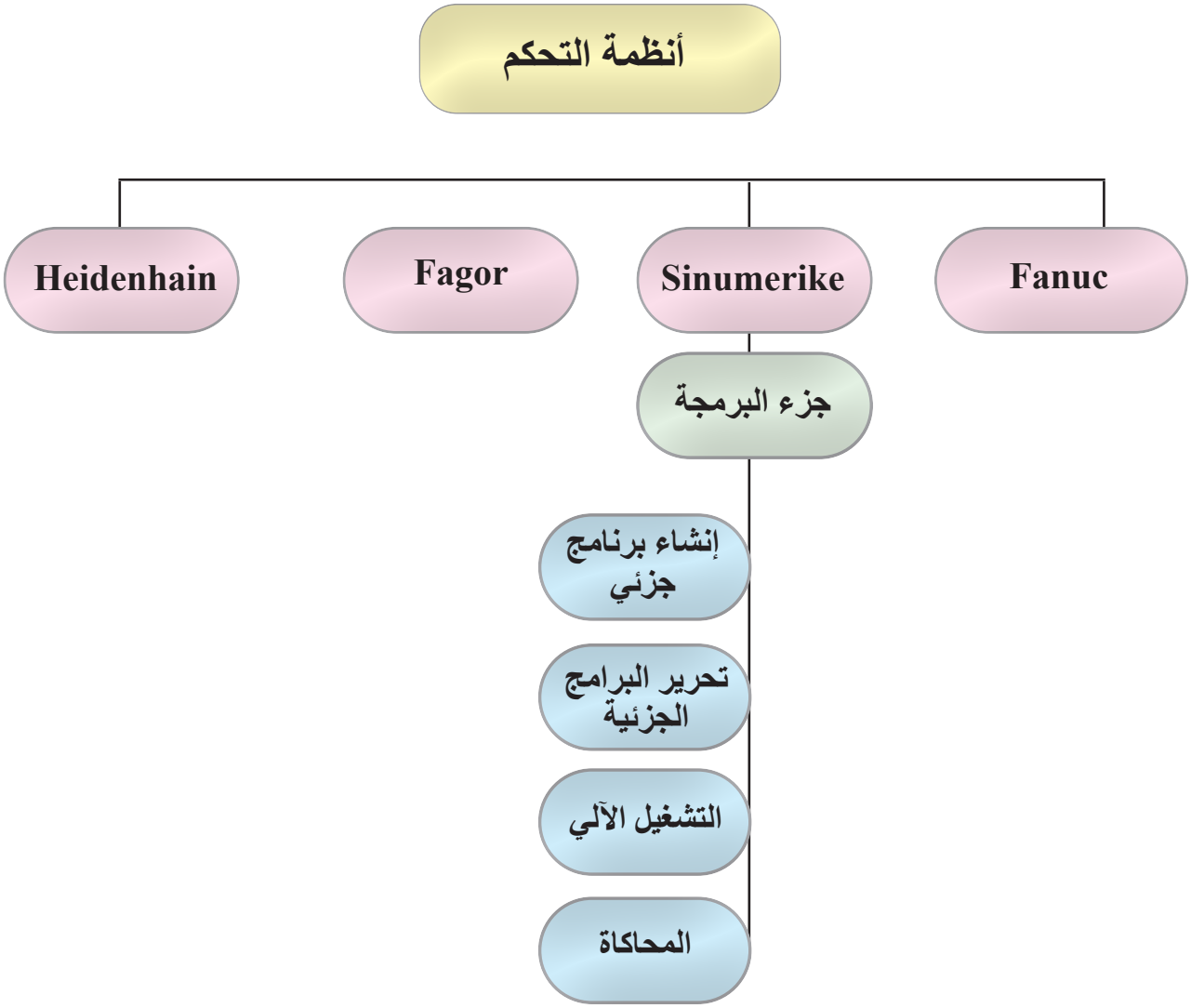
3- اذكر وظائف كل من الجمل التالية: M06, M08, M30, G02, F, S

4- ما الفرق بين الجمل الآتية؟

1- (G00, G01)

2- (G40, G41, G42)

الخريطة المفاهيمية



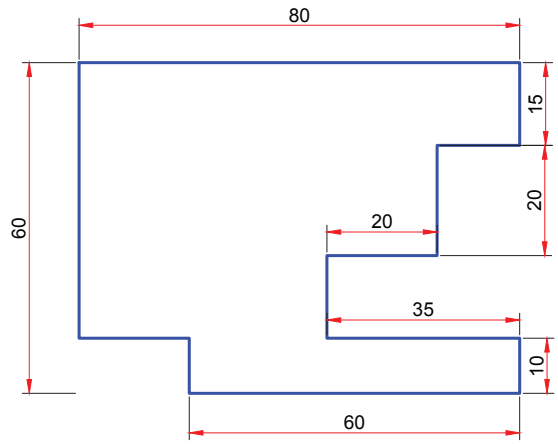
1- قارن بين ماكِنة التفريز المحوسبة وماكِنة التفريز التقليدية، من حيث طبيعة المشغولات التي يمكن إنتاجها.

2- اذكر ثلاثة عيوب لماكِنات التفريز المحوسبة.

3- من مزايا الفريزة المحوسبة توفير الوقت المستهلك في عملية ضبط وتجهيز المشغولات عند الإنتاج الكمّي. وضّح ذلك.

4- جد نقاط الإحداثيات في الشكل الآتي حسب أنظمة البرمجة:

أ - النسبية. ب- المطلقة.



5- وضّح المقصود بالجمل الآتية:

N1 G54 G17 G71 G90

N2 M06 T4 D1

N3 M03 S1000 F250

N4 G00 X50 Y50 Z5

N 30 M30

6- بيّن الفرق بين مفهوم الإحداثيات بالنظام المطلق والنظام النسبي.

7- اذكر وظائف كلّ من الجمل الآتية:

أ - M06 ب- M08 ج- M30 د- G02 هـ- F

8- املأ الفراغات الآتية:

أ - تكون ماكِنات التفريز المبرمجة ملائمة لـ .....

ب- يكون الإدخال اليدوي لبرنامج القطعة في ماكِنات التفريز المبرمجة باستعمال .....

ج- الدالّة (G00) تعني .....

د- الدالّة (G01) تعني .....

هـ- الدالّة (G03) تعني .....

و- الدالّة (G17) تعني .....

ز- الدالّة (G18) تعني .....

ح- الدالّة (G90) تُستعمل في .....

9- صحّح الخطأ في الجمل الآتية:

أ- لتنفيذ حركة دائرية بعكس اتّجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالّة (G02).

ب- لتنفيذ حركة دائرية باتّجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالّة (M03).

ج- لتدوير عمود الدوران بعكس اتّجاه حركة عقرب الساعة نستعمل الدالّة (G03).

د- عند الحاجة لتنفيذ توسيع مستطيل Pocket بعمق 20 mm نستعمل سكّين تفريز ذا أربعة حدود قطع.

ز- تُستعمل الدالّة (G70) لتحديد النظام المطلق.

10- صِف الجمل التي تُمثّل مقطعًا من برنامج في الجدول الآتي:

البرنامج	الوصف
N10 G18 G54 G71 G90	
N30 S1250 G94 F400 M03 M08	
N40 G59 X75 Z75	
N50 G00 X0 Y5 Z0	
R05 8 R06 11 R07 20 20	

التمارين العملية :

التمرين الأول: الأجزاء الرئيسة لماكِنة التفريز المحوسبة (CNC).

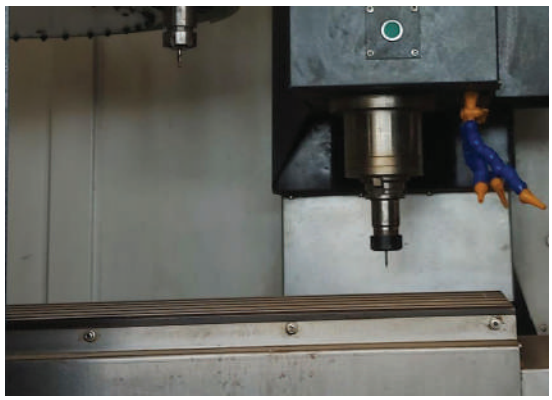
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

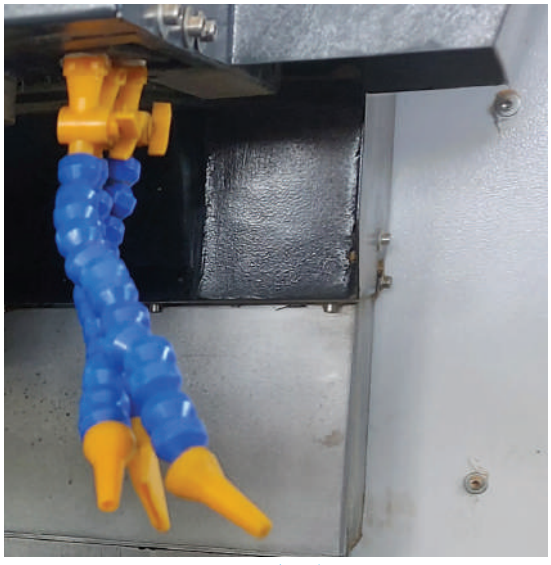
- يتعرّف أجزاء ماكِنة الفريزا المحوسبة، ووظيفة كلّ جزء.
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استخدام ماكِنة الفريزا المحوسبة.
- يتعرّف كيفية العناية بماكِنة الفريزا المحوسبة ونقاط الصيانة.
- يتعرّف نظام التحكّم للماكِنة.

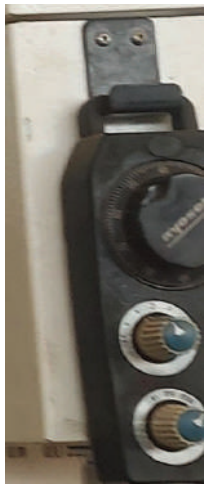
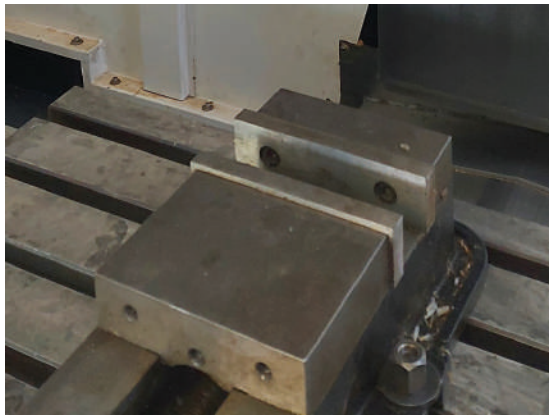
متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة محوسبة، ضاغط هواء، فريزة نظام تحكّم (Sinumerik 808).	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أن المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهز قلمًا ودفترًا لتدوين ملاحظاتك.	
2	- تعرّف ضاغطة الهواء الملحقة وكيفية معايرتها.	
3	- تعرّف القاطع الكهربائي لماكِنة الفريزا المحوسبة، وكيفية إدارته لوضع التشغيل ON و OFF، كما في الشكل (1).	الشكل (1)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
4	- تعرّف جهاز الحاسوب لماكِنة التفريز المحوسبة ومفاتيح الماكِنة، كما في الشكل (2).	الشكل (2)
5	- تعرّف طاولة العمل والمحاور الرئيسة Z, Y, X ومكان العمل على ماكِنة التفريز المحوسبة، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
6	- تعرّف حامل السكاكين وكيفية فكّه بعد ضبط السكين في داخله، كما في الشكل (4).	الشكل (4)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7	- تعرّف مبدّل السكاكين (برج أداة القطع)، كما في الشكل (5).	الشكل (5)
8	- تعرّف عمود الدوران الرئيس Main Spindle، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
9	- تعرّف خرطوم سائل التبريد وخرطوم الهواء المضغوط، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
10	- تعرّف مكان تعبئة زيت الهيدروليك وكيفية معايرة المؤقّت للمضخّة، كما في الشكل (8).	الشكل (8)
11	- تعرّف عجلة التحكّم بالمحاور اليدوية Hand Weel، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
12	- تعرّف طرائق تثبيت المشغولات على طاوله آلة التفريز، كما في الشكل (10).	 الشكل (10)
13	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	
14	- دوّن في دفترك الأجزاء التي تعرفت إليها في هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- اذكر الأجزاء الرئيسة لماكِنة التفريز المحوسبة.

2- قارن بين ماكِنة التفريز المحوسبة وماكِنة الخراطة المحوسبة، من حيث المحاور وتبديل السكاكين.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أختار قطعة العمل، وأُطبّق مهارات القياس تطبيقًا صحيحًا.			
4	أعرف مفاتيح التشغيل والإطفاء وقواطع الكهرباء الرئيسة.			
5	أُشغّل ماكِنة الفريزا المحوسبة من مفاتيح التشغيل الخاصّة.			
6	أتعرّف الأجزاء الرئيسة لماكِنة التفريز المحوسبة.			
7	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الثاني: وصف لوحة التحكّم لماكِنة التفريز المحوسبة (CNC).

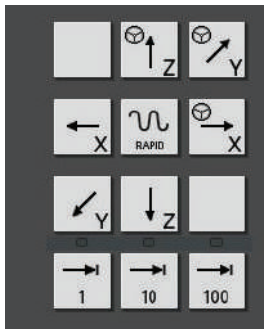
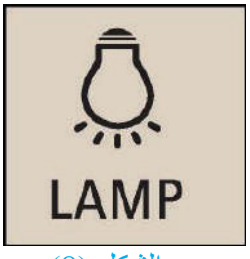
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

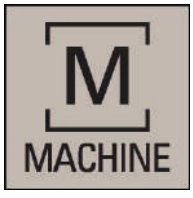
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الفريزا المحوسبة.
- يتعرّف لوحة التحكّم لماكِنة الفريزا المحوسبة.
- يتعرّف وظيفة كلّ مفتاح في لوحة التحكم.

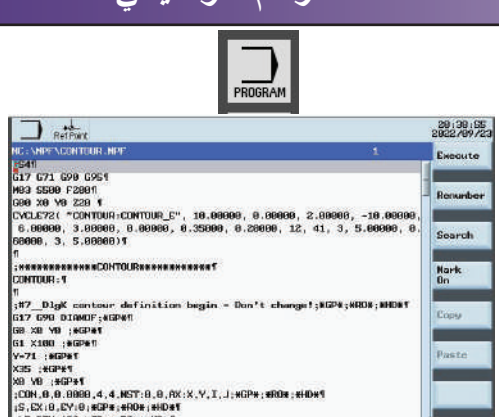
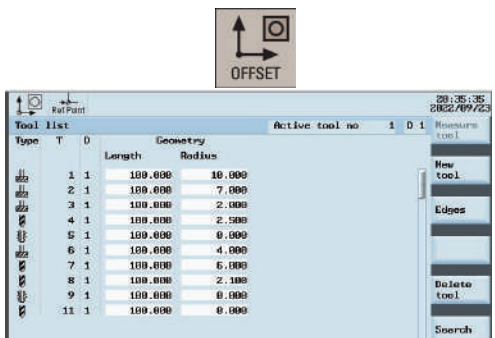
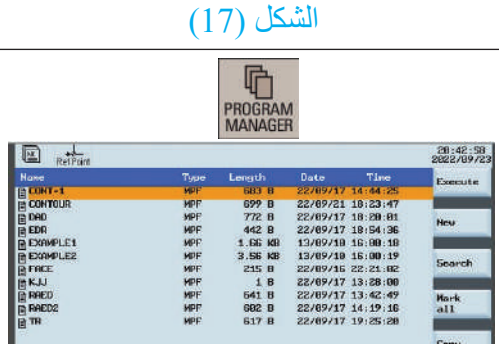
متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة تفريز محوسبة.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أن المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز ماكِنة التفريز المحوسبة.	
2	- شغّل القاطع الكهربائي لماكِنة الفريزا المحوسبة ON، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
3	- شغّل جهاز الحاسوب لماكِنة الفريزا المحوسبة ومفتاح التشغيل الأخضر، كما في الشكل (2).	الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
4	- تعرّف زرّ Reset الذي يُعيد تشغيل البرنامج ويُزيل الإنذارات ويُلغي أيّ رسالة تظهر بعد قراءتها وعمل الأجراء الصحيح ويوقف البرنامج، كما في الشكل (3).	الشكل (3)
5	- تعرّف Cycle Start Cycle Stop التي تُشغّل البرنامج وتوقفه، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
6	- تعرّف SPINDLE START / SPINDLE STOP لتدوير أو إيقاف دوران محور عمود الدوران نحو اليمين أو اليسار، كما في الشكل (5)	الشكل (5)
7	تعرّف MANUAL AXIS MOVEMENT لتحريك المحاور يدويًّا بالضغط على مفتاح المحور المطلوب، ولا بدّ من اختيار الوضع (JOG) سابقًا، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
8	تعرّف مفتاح TOOL CHANGE المبدّل الأوتوماتيك للسكاكين، كما في الشكل (7).	الشكل (7)
9	تعرّف مفتاح الإضاءة LAMP كما في الشكل (8).	 الشكل (8)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
10	- تعرّف زرّ الهواء لفكّ Holder وتركيبه عندما تكون الماكِنة متوقّفة عن العمل، كما في الشكل (9).	الشكل (9)
11	- تعرّف مفتاح HANDL WHEEL لتحريك يدوي باستعمال الريموت، كما في الشكل (10).	الشكل (10)
12	- تعرّف مفتاح AUTO لتشغيل البرنامج، كما في الشكل (11).	الشكل (11)
13	- تعرّف مفتاح SINGLE BLOCK لتشغيل البرنامج سطرًا سطرًا، كما في الشكل (12).	الشكل (12)
14	- تعرّف مفتاح PROGREM TEST لاختبار البرنامج وتشغيل المحاكاة، كما في الشكل (13).	الشكل (13)
15	- تعرّف مفتاح MDA لكتابة الأوامر وتنفيذها بشكل مؤقّت، كما في الشكل (14).	الشكل (14)
16	- تعرّف مفتاح MACHINE لصفحة وضع الماكِنة، كما في الشكل (15).	 الشكل (15)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
17	- تعرّف مفتاح PROGRAM لصفحة البرنامج الفعّال، كما في الشكل (16).	 الشكل (16)
18	- تعرّف مفتاح OFFSET لعمليات التصفير، كما في الشكل (17).	 الشكل (17)
19	- تعرّف مفتاحPROGREM MANNGER لصفحة مدير البرامج، كما في الشكل (18).	 الشكل (18)
20	- أطفئ الماكِنة بعد الانتهاء منها وأنزل القاطع لوضع OFF، ثمّ نظّف مكان العمل.	
21	- دوّن في دفترك مفاتيح التحكّم التي تعرّفت إليها في هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- اذكر وظيفة كلّ من المفاتيح الآتية:

أ -

ب-

ج -

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُميّز بين التحريك اليدوي بالريموت والتحريك اليدوي بالأسهم.			
4	أعرف وظيفة كلّ مفتاح من مفاتيح لوحة التحكّم في ماكِنة التفريز المحوسبة.			
5	أعرف مفتاح صفحة وضع الماكِنة MACHINE.			
6	أُميّز بين صفحة البرنامج الفعّال وصفحة مدير البرامج.			
7	أُنظّف الآلة بعد الانتهاء من العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الثالث: تجهيز حوامل أدوات القطع (Holder) وفكّها وتركيبها واستبدالها.

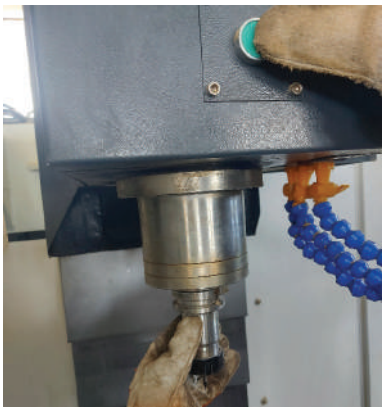
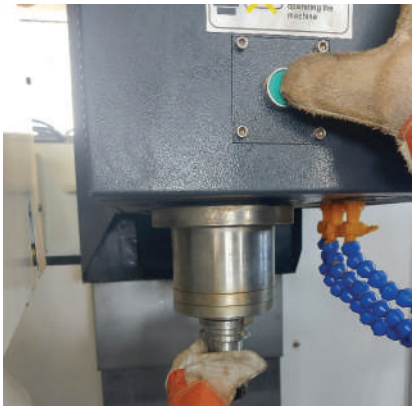
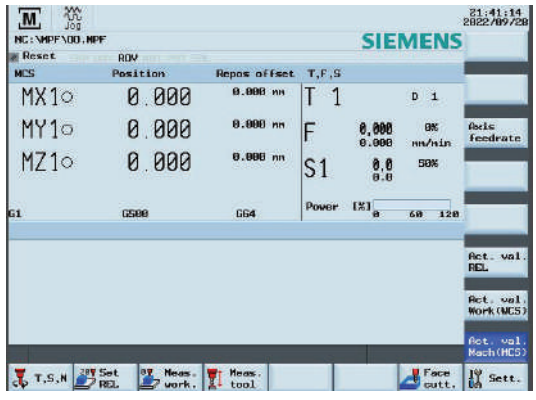
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

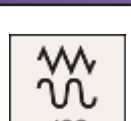
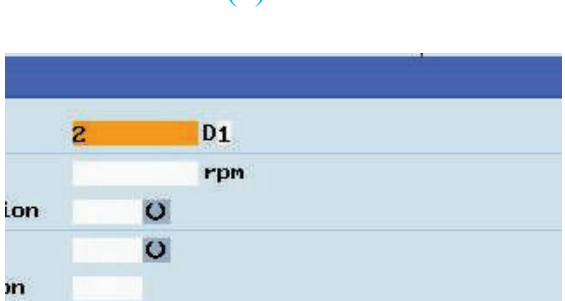
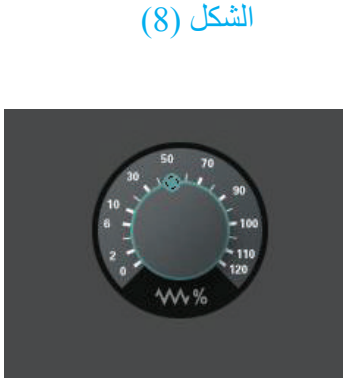
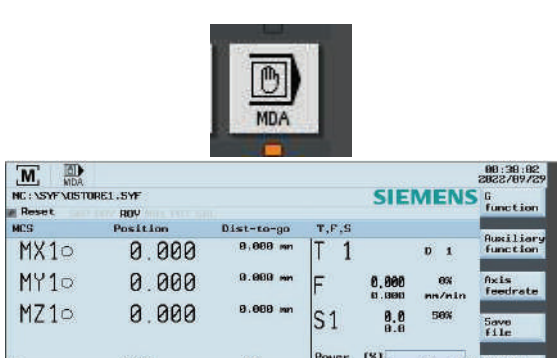
- يتعرّف طريقة فكّ أداة القطع وتركيبها.
- يتعرّف طريقة تغيير حوامل أداة القطع (Holder) باستخدام الكود (M06).
- يتعرّف تعليمات السلامة الواجب اتّباعها، عند استعمال ماكِنة الفريزا المحوسبة.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة تفريز محوسبة، مفتاح حرف C.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل.	
2	- شغّل القاطع الكهربائي الرئيس لماكِنة التفريز المحوسبة، ثمّ شغّل ضاغطة الهواء وجهاز الحاسوب للماكِنة كما تعلّمت سابقًا.	
3	- اعمل Reset للماكِنة على الزرّ، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
4	- حرّك محور (Z) إلى الأعلى بالاتّجاه (+Z) بمسافة أمان كافية لاستبدال حامل أداة القطع، كما في الشكل (2).	الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
5	- اضغط على المفتاح الأخضر الموجود على محور (Z) مع إمساك حامل أداة القطع، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
6	- تدرّب على فكّ أداة القطع واستبدالها، واختيار (الكولت) المناسب لها وتركيبها في الحامل، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
7	- تعرّف كيفية تركيب Holder بطريقة صحيحة، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
8	- تعرّف كيفية استبدال أداة القطع TOOL CHANGE. الطريقة الأولى: باستعمال الكود M06: - اذهب إلى الصفحة الرئيسة (M) كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
- فعّل أمر JOG، كما في الشكل (7). - اختر صفحة T,S,M واكتب رقم أداة القطع المراد إحضارها في خانة TOOL change، كما في الشكل (8). - اختر سرعه مناسبة feed، كما في الشكل (9). - أغلق باب الماكِنة. - فعّل كبسة التشغيل CYCLE STAR وراقب الماكِنة عند تبديلها أداة القطع. - استعمل الطريقة الثانية بكتابة الكود M06 T2 D1، حيث T2 رقم أداة القطع المراد اختيارها، و D1 مكان التخزين كما تعلمنا سابقًا. الطريقة الثانية: - اذهب إلى صفحة MDA وفعّلها، كما في الشكل (10).	 الشكل (7)  الشكل (8)  الشكل (9)  الشكل (10)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
	- اكتب الكود السابق M06 T2 D1 في المكان المخصّص، كما في الشكل (11). - أغلق باب الماكِنة وضع سرعه مناسبة feed كما في الشكل (12). - فعّل كبسة التشغيل CYCLE STAR وراقب الماكِنة عند تبديلها أداة القطع.	 الشكل (11) الشكل (12)
9	- اجمع الأدوات وأرجعها إلى مكانها المخصّص لها.	
10	- دون ملاحظاتك في دفتر التقرير اليومي.	

القياس والتقويم

1- استبدل أداة القطع، بحيث تكون الأداة المفعّلة هي T7، باستعمال الطريقتين تحت إشراف المعلّم.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُركّب حامل أداة القطع وسكاكين القطع، في برج أداة القطع بطريقة سليمة.			
4	أستطيع إيقاف الماكِنة في حالة الطوارئ.			
5	أفكّ حامل أداة القطع وسكاكين القطع، من برج أداة القطع بطريقة سليمة.			
6	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الرابع: تصفير أداة القطع والمشغولة في ماكِنة التفريز المحوسبة (CNC).

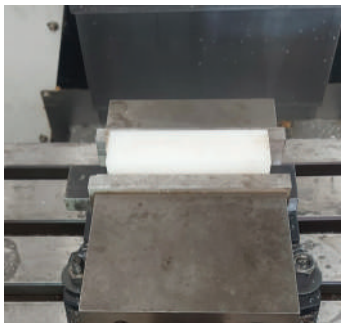
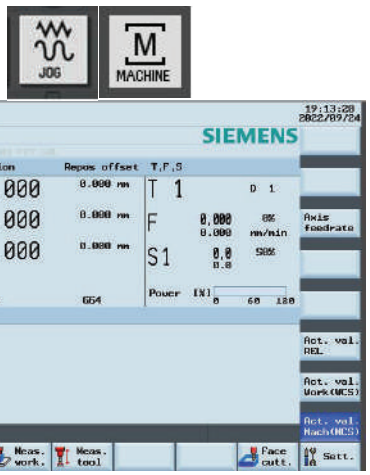
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

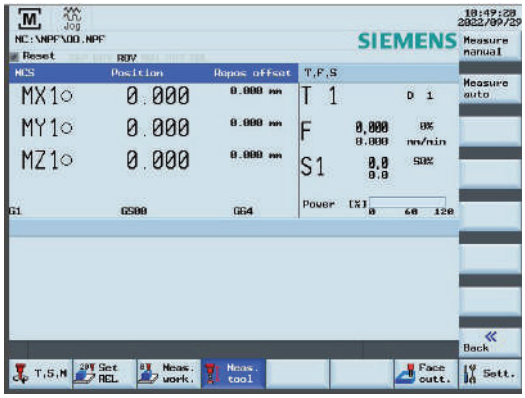
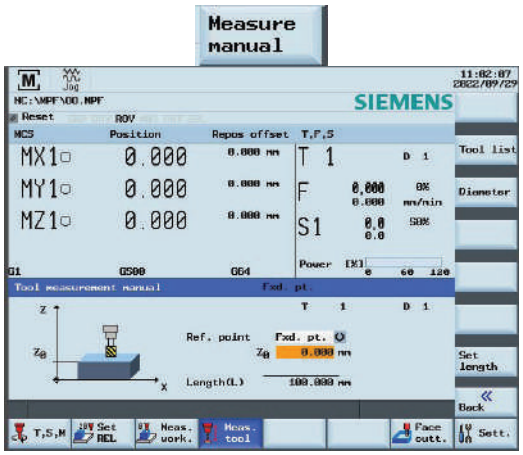
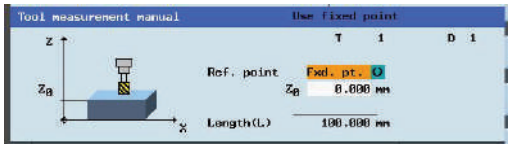
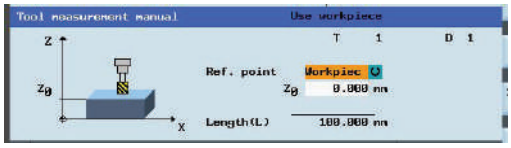
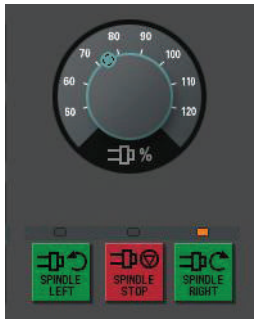
- يستعمل ماكِنة التفريز استعمالًا صحيحًا.
- يُركّب أداة القطع ويستبدلها بطريقة صحيحة.
- يُصفّر أداة القطع في محور (Z).
- يعرف ترحيل صفر القطعة.

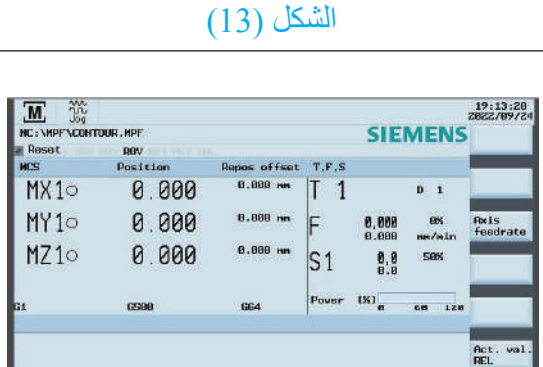
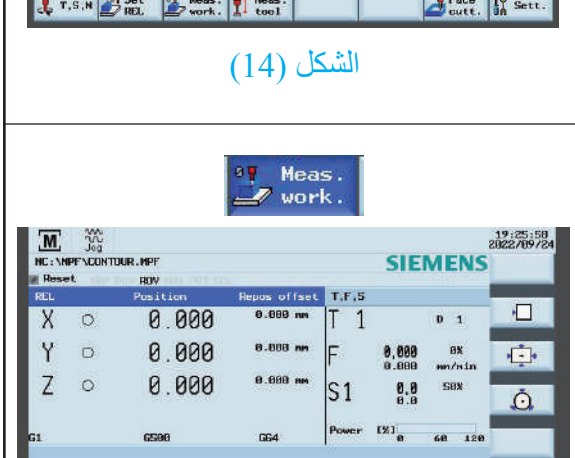
متطلّبات تنفيذ التمرين:

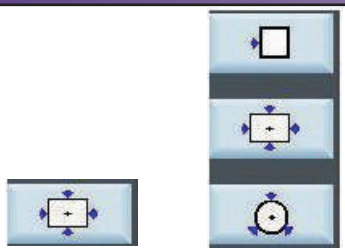
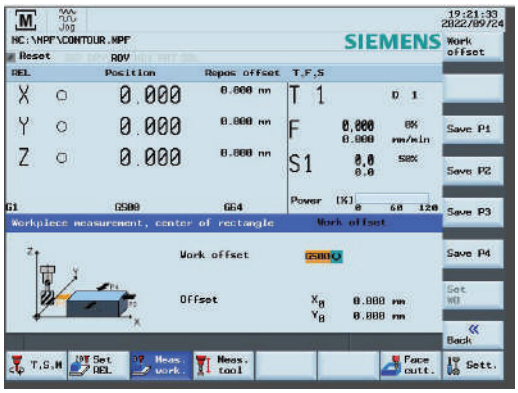
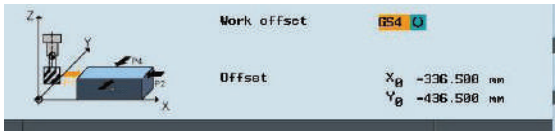
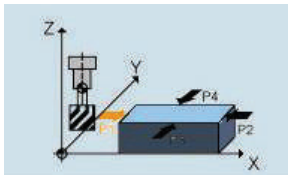
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• فريزة نظام تحكّم Sinumerik 808، مُبيّن قياس End mills، سكاكين تفريز.	• ملابس العمل، قطعة عمل.

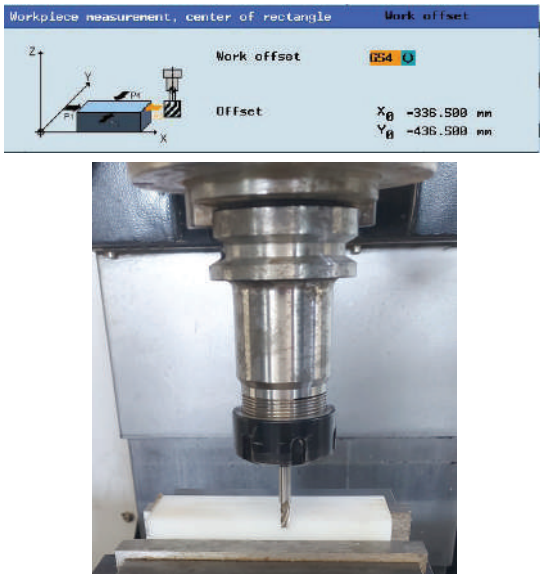
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارفع القاطع الرئيس للماكِنة لتشغيلها، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
2	- افتح خطّ الهواء الخارج من الضاغط للماكِنة، وتأكّد من أنّ قيمة الضغط المقروءة هي (6) بار، كما في الشكل (2).	الشكل (2)
3	- شغّل النظام بالضغط على الزرّ الأخضر، وانتظر تحميل نظام التشغيل للماكِنة، كما في الشكل (3).	الشكل (3)

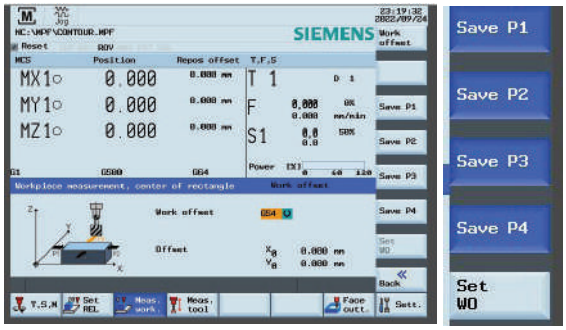
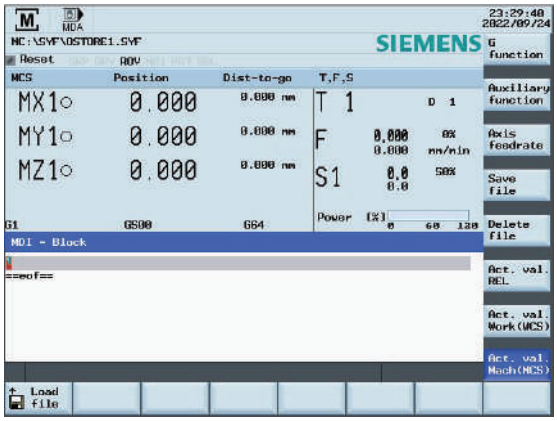
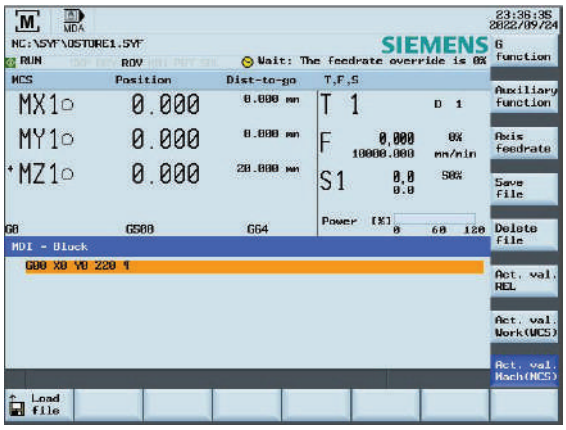
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
4	- حرّك محور (Z) إلى الأعلى لمسافة آمنة، بحيث تضمن تركيب قطعة العمل بوضع آمن على الملزمة، كما في الشكل (4).	الشكل (4)
5	- ثبّت قطعة العمل على ملزمة الماكِنة، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
6	- افحص استوائية سطح قطعة العمل باستعمال ساعة القياس، كما في الشكل (6).	الشكل (6)
7	- اضغط على زرّ (M)، ثمّ زرّ jog، للتحويل إلى الوضع اليدوي لتظهر الشاشة، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
8	- اضغط على كبسة Meas tool لتظهر النافذة، كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	- اختر طريقة التصفير اليدوية، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
10	- غيّر الخيار fixed إلى workpiec، كما في الشكلين (10) و(11).	 الشكل (10)  الشكل (11)
11	- شغّل رأس الدوران spindle باتّجاه عقارب الساعة بالضغط على SPINDLE RIGHT ووضع سرعة مناسبة، كما في الشكل (12).	 الشكل (12)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
12	- قرّب أداة القطع من سطح القطعة باتّجاه (Z-) وعند ملامستها اضغط على set length، كما في الشكل (13).	الشكل (13)
13	- أبعد أداة القطع عن سطح قطعة العمل باتجاه (Z+)، ثمّ أوقف رأس الدوران عن العمل، ولترحيل صفر المشغولة اتّبع الخطوات الآتية:	 الشكل (14)
14	- اضغط على كبسة (M) ثمّ كبسة jog؛ للتحويل إلى الوضع اليدوي لتظهر الشاشة، كما في الشكل (14).	
15	- اضغط على كبسة Meas work لتظهر النافذة في الأسفل، كما في الشكل (15).	 الشكل (15)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
16	- أبعد أداة القطع عن سطح قطعة العمل باتجاه (+Z)، كما في الشكل (16).	 الشكل (16)
17	- اختر مكان التصفير بحيث تُوضّح القائمة ثلاثة مواضع للتصفير واختر المنتصف، كما في الشكل (17).	 الشكل (17)
18	- حدّد work offset صفر القطعة (G54)، كما في الشكل (18).	 الشكل (18)
19	- شغّل رأس الدوران spindle باتّجاه عقارب الساعة؛ بالضغط على SPINDLE RIGHT ووضع سرعة مناسبة، كما في الشكل (19).	الشكل (19)
20	- قرّب أداة القطع من الحافّة اليسرى ولامسها لتحديد النقطة (P1)، ثمّ اضغط على Save P1 ، كما في الشكل (20).	 الشكل (20)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
21	- انتقل إلى النقطة التي تليها، وحدّد (P2)، كما في الشكل (21).	 الشكل (21)
22	- انتقل إلى النقطة الثالثة (P3) وحدّدها، كما في الشكل (22).	 الشكل (22)
23	- انتقل إلى النقطة الرابعة (P4) وحدّدها، كما في الشكل (23).	 الشكل (23)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
24	- بعد تحديد النقاط الأربع، اضغط على SET WORK لتظهر الشاشة، كما في الشكل (24).	 الشكل (24)
25	- تأكّد من أنّ ترحيل صفر المشغولة جرى بنجاح، وذلك بالذهاب إلى كبسة MDA، كما في الشكل (25).	  الشكل (25)
26	- اكتب الكود: G00 X0 Y0 Z20 ثمّ اضغط على زرّ بعد وضع السرعة المناسبة، كما في الشكل (26)	 الشكل (26)

القياس والتقويم

1- بمساعدة المعلّم، صفّر قطع العمل الأسطوانية.

2- استعمل (G53) عند عملية ترحيل صفر المشغولة، ولاحظ الفرق.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الماكِنة.			
3	أُركّب حامل أداة القطع وسكاكين القطع، في برج أداة القطع بطريقة سليمة.			
4	أُحدّد النقاط المرجعية على الفرايز.			
5	أضبط إحداثيات أداة القطع بطريقة صحيحة.			
6	أُشغّل ماكِنة الفريزا المحوسبة من مفاتيح التشغيل الخاصّة.			
7	أُنفّذ وضع الحركة اليدوي.			
8	أُنظّف الماكنة بعد الانتهاء من العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الخامس: تفريز جيب مستطيل (POCKET).

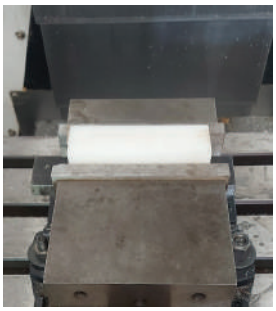
المطلوب	تنفيذ جيب مستطيل بعمق قطع (6) mm على قطعة العمل، حسب الأبعاد 80×40 وأبعاد الجيب 60×30.

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

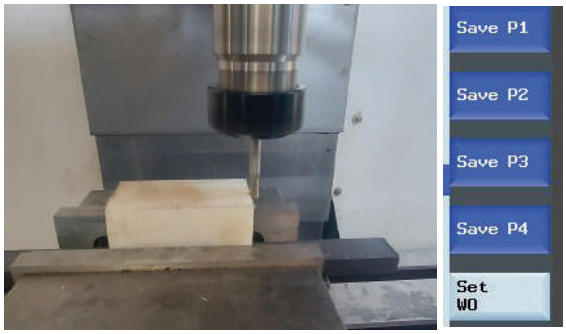
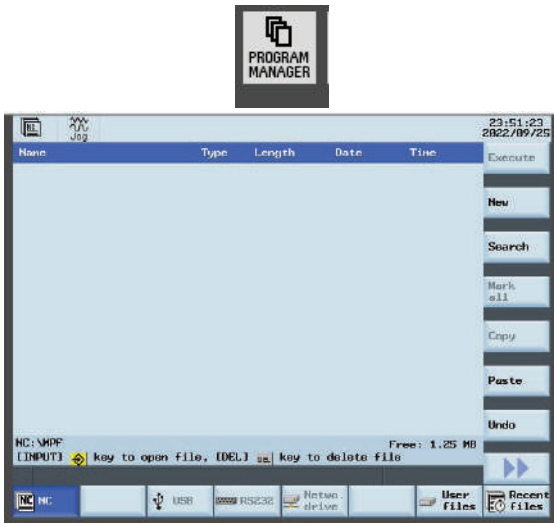
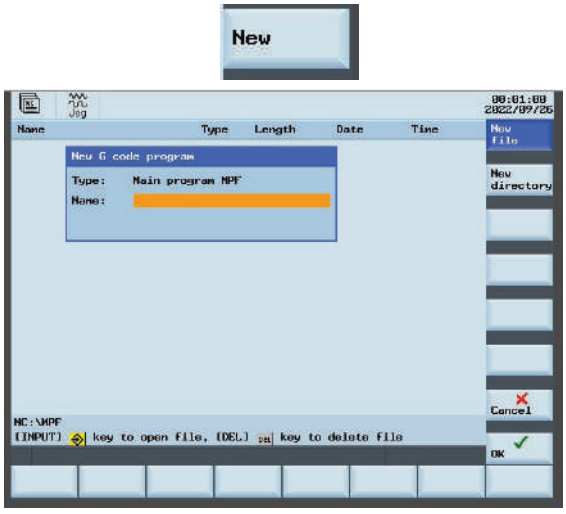
- يستعمل ماكِنة التفريز استعمالًا صحيحًا.
- يُركّب أداة القطع ويستبدلها بطريقة صحيحة.
- يُصفّر أداة القطع في محور (Z).
- يعرف ترحيل صفر القطعة.

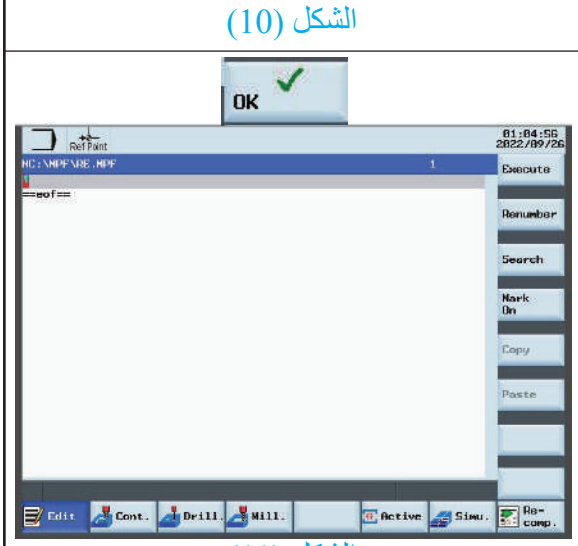
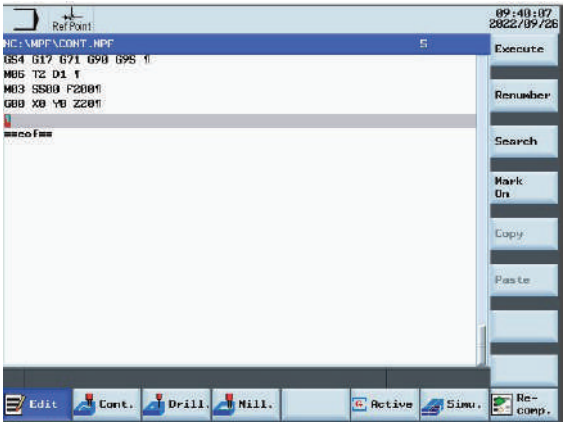
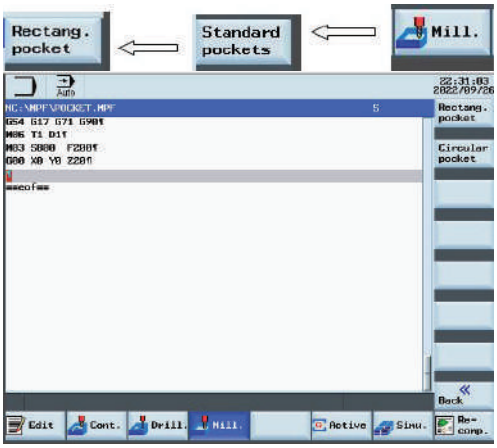
متطلّبات تنفيذ التمرين:

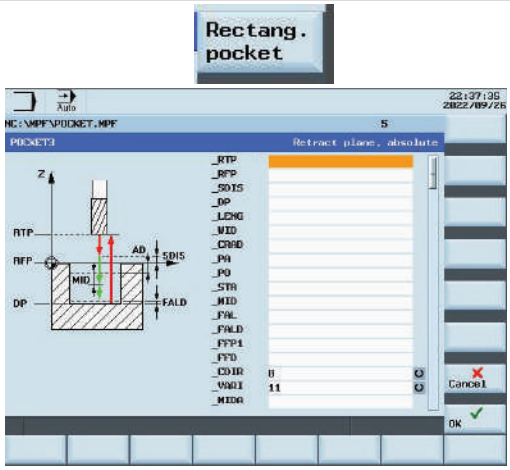
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة فريزا محوسبة، ضاغط هواء، ساعة قياس فريزة نظام تحكّم Sinumerik 808، أدوات قطع طرفية بقطر 5mm.	• قطعة من الألمنيوم أو التيفلون (80×40) mm

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز قلمًا ودفترًا لتدوين ملاحظاتك.	
2	- ثبّت قطعة العمل بشكل مناسب، وتأكّد من استوائها، كما في الشكلين (1) و(2).	 الشكل (1) الشكل (2)

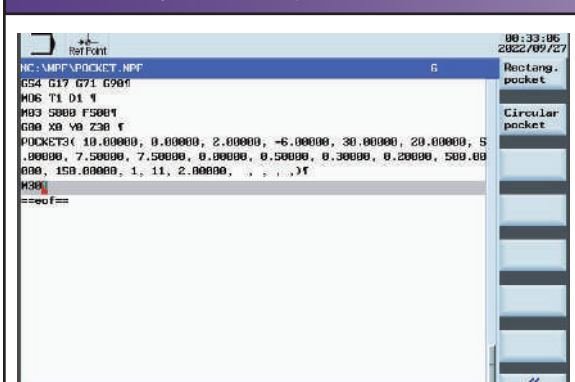
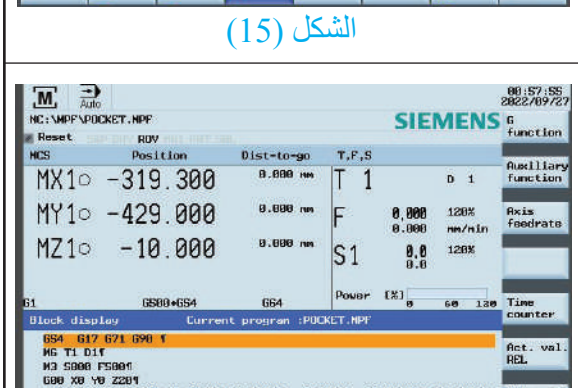
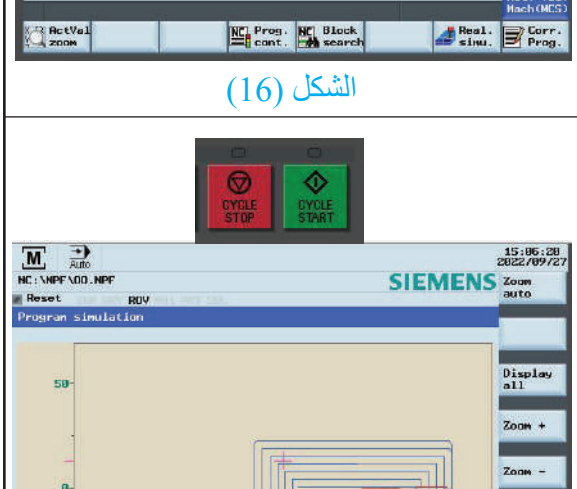
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	- ارفع القاطع الرئيس للماكِنة، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
4	- شغّل النظام بالضغط على الزرّ الأخضر في الشكل (4)، وانتظر تحميل نظام التشغيل للماكِنة، كما في الشكل (5).	 الشكل (4)
5	- جهّز ماكِنة الفريزا كما تعلّمت في التمارين السابقة.	 الشكل (5)
6	- صفّر أداة القطع كما تعلّمت في التمرين السابق، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7	- رحّل صفر أداة القطع كما تعلمت سابقًا، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
8	- اضغط على مدير البرامج لتظهر الشاشة، كما في الشكل (8).	 الشكل (8)
9	- اذهب إلى خيار إنشاء برنامج جديد، كما في الشكل (9).	 الشكل (9)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
10	- سمِّ البرنامج (Pocket) ثمّ OK، كما في الشكل (10).	الشكل (10)
11	- بعد تعين اسم للبرنامج ستفتح شاشة أخرى، كما في الشكل (11).	 الشكل (11)
12	- اكتب الأوامر الرئيسة (Header) للبرنامج كما مرّ معك سابقًا، كما في الشكل (12). G54 G17 G71 G90 G95 M06 T2 D1 M03 S500 F200 G00 X0 Y0 Z20	 الشكل (12)
13	- اضغط على كبسة milling ثمّ اختر pocket ثم اخترRectang pocket، كما في الشكل (13). لتظهر الشاشة كما في الشكل (14).	 الشكل (13)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
		 الشكل (14)
14	- اكتب القِيَم المناسبة حسب الجدول (1).	الجدول (1)

الوصف	القيمة	parameter
مستوى إرجاع الريشة Z	10	RTP
المستوى المرجعي	0	RFP
ارتفاع الأمان للتغذية	2	SDIS
العمق الكلي	-6	DP
طول الجيب	30	LENG
عرض الجيب	20	WID
قطر زوايا الجيب	5	CRAD
نقطة البداية المحور 1	0	PA
نقطة البداية المحور 2	0	PO
زوايا الميلان نسبة إلى المحور الأول	0	STA
أقصى عمق للتغذية	0.5	MID
المتبقّي للتنعيم حوافّ الجيب	0.3	FAL
المتبقّي للتنعيم أرضية الجيب	0.2	FALD
سرعة التغذية	500	FFP1
سرعة التغذية لدخول الريشة	150	FFD
اتّجاه التفريز		1
نوع العمل	11	VARI
التغذية العرضية	2	MIDA

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
15	- بعد إدخال القِيَم السابقة والموافقة عليها؛ ستظهر الشاشة كما في الشكل (15).	 الشكل (15)
16	- اكتب أمر نهاية البرنامج وهو 30M كما في الشكل (15).	
17	- اختر أمر Edit ثمّ اختر Execcute من القائمة؛ لتظهر الشاشة كما في الشكل (16).	 الشكل (16)
18	- تأكّد من محيط الماكنة جيّدًا، وأغلق باب الماكِنة وخفّض السرعة قبل التشغيل.	 الشكل (17)
19	- شغّل الماكِنة بالضغط على كبسة CYCLE STAR وراقب الماكِنة جيّدًا، وتتبّع مسار أداة القطع عن طريق صفحة ، كما في الشكل (17).	
20	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	
21	- دوّن في دفترك الخطوات التي اتّبعتها في تنفيذ هذا التمرين.	

القياس والتقويم

1- اعمل Pocket مستطيل بطول mm (100) وعرض mm (80) وليكن بعمق mm (6)، علمًا بأنّ الحواف مستديرة بقطر mm (12).

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

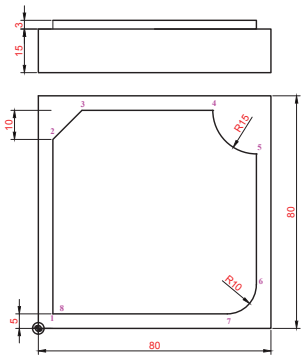
الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُنشئ ملفّ برنامج تشغيل جديد.			
3	أختار قطعة العمل، وأُطبّق مهارات القياس تطبيقًا صحيحًا.			
4	أعرف مفاتيح التشغيل والإطفاء وقواطع الكهرباء الرئيسة.			
5	أفكّ حامل السكاكين وأُركّبه بالطريقة الصحيحة.			
6	أتعامل مع قوائم البرنامج بمهارة عالية.			
7	أُشغّل ماكِنة الفريزا المحوسبة من مفاتيح التشغيل الخاصّة.			
8	أستعمل سائل التبريد ووسائل الحماية الخاصّة.			
9	أعمل Pocket بقياسات مختلفة على ماكِنة التفريز المحوسبة.			

التمارين العملية :

التمرين السادس: تفريز مسار خارجي Contour milling Cycle-72

المطلوب

تنفيذ مسار خارجي (Contour) بعمق قطع (3) mm على قطعة العمل المبيّنة في الشكل، حسب الأبعاد على الرسم

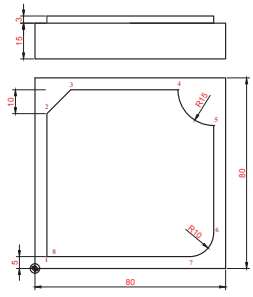


يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

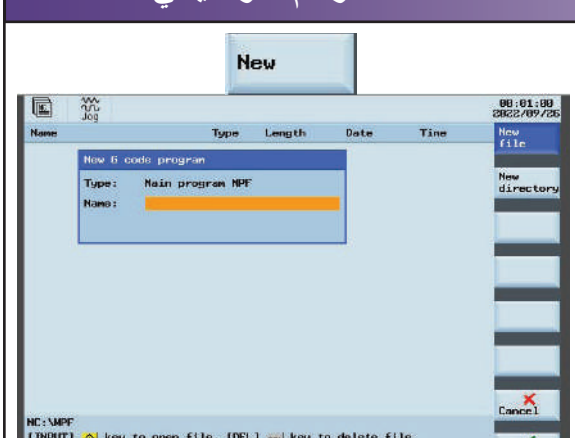
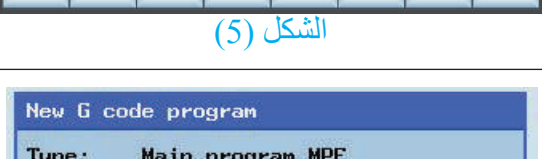
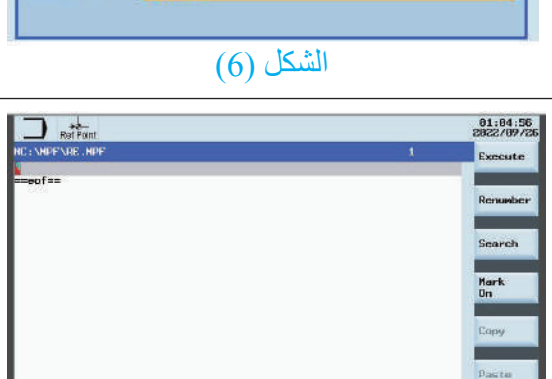
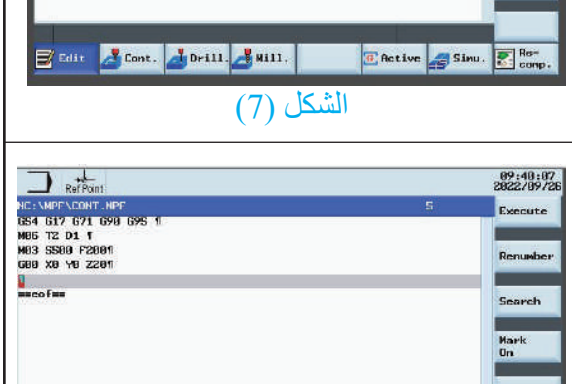
- يعرف تحديد نقطة صفر البرنامج.
- يُحدّد تعويض نصف قطر أداة القطع يمين أم يسار، وفى هذا التمرين (يسار).
- يستخرج إحداثيات قطع الحوافّ وحركاته.
- يُبرمج برنامج تفريز مسار خارجي ويُشغّله.

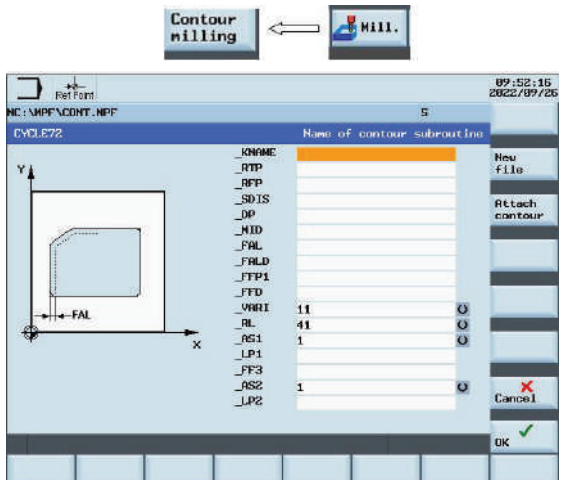
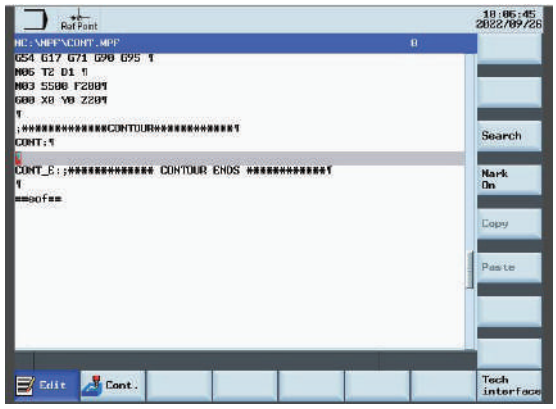
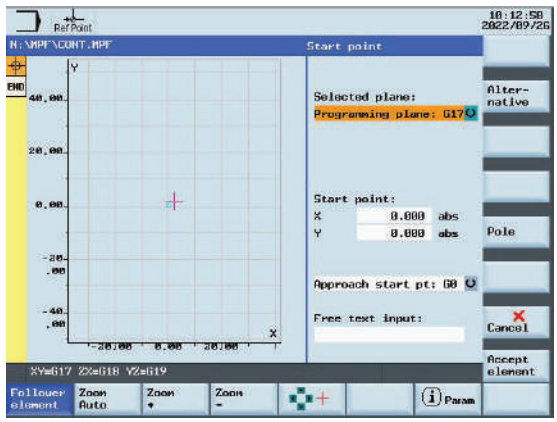
متطلّبات تنفيذ التمرين:

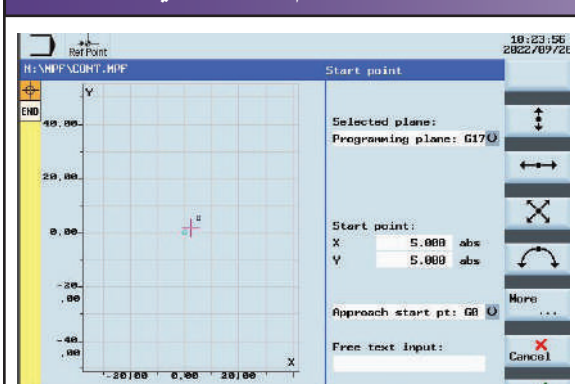
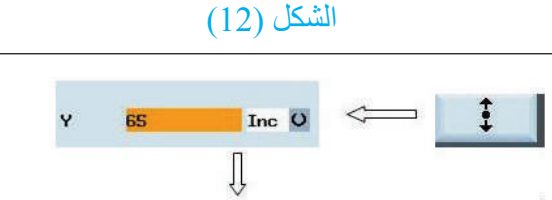
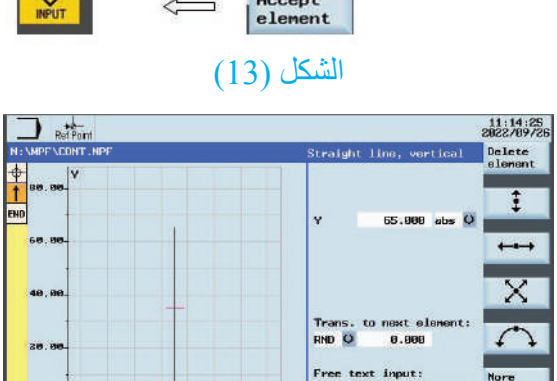
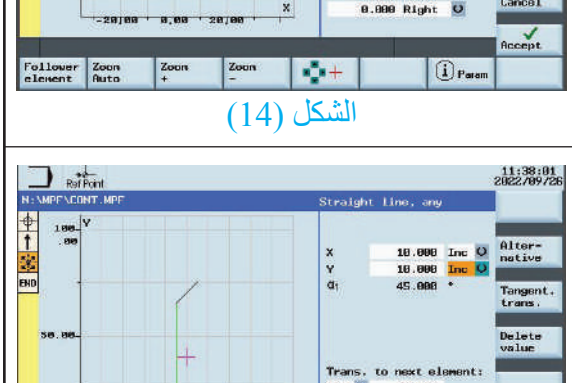
العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، ماكِنة فريزا محوسبة، ضاغط هواء، ساعة قياس، فريزة نظام تحكّم Sinumerik 808.	• قطعة من الألمنيوم أو التيفلون (2×80×80) mm

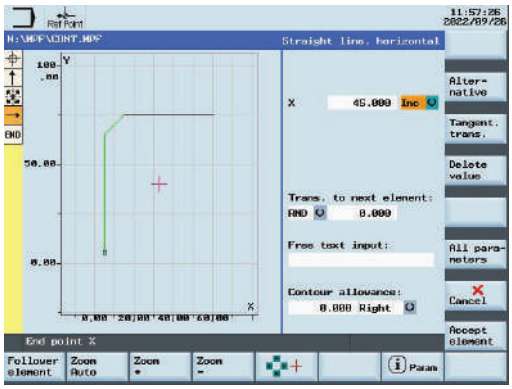
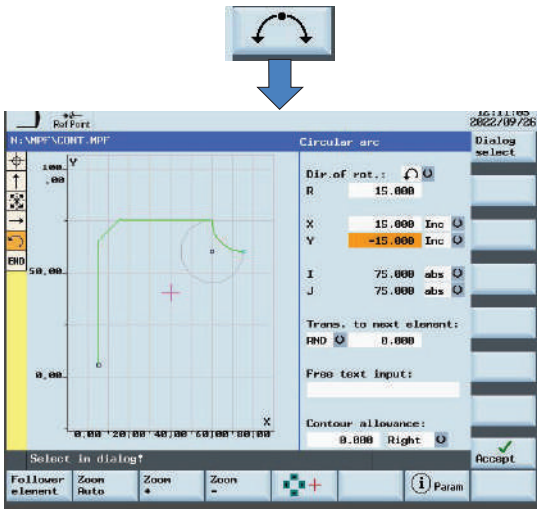
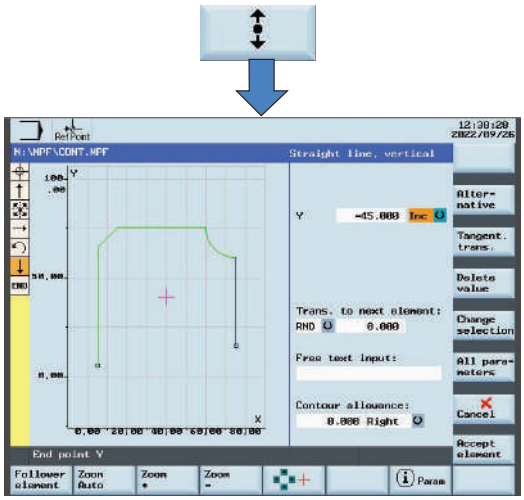
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ زيّ العمل والتزم تعليمات السلامة والصحّة المهنية، وتأكّد أنّ المكان نظيف، واترك مسافة أمان كافية بينك وبين زملائك قبل البدء بالعمل، ثمّ جهّز قلمًا ودفترًا لتدوين ملاحظاتك.	
2	- رقّم الحوافّ للشكل الداخلي (Contour) واحرص على الابتداء بنقطة والانتهاء بالنقطة نفسها، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)

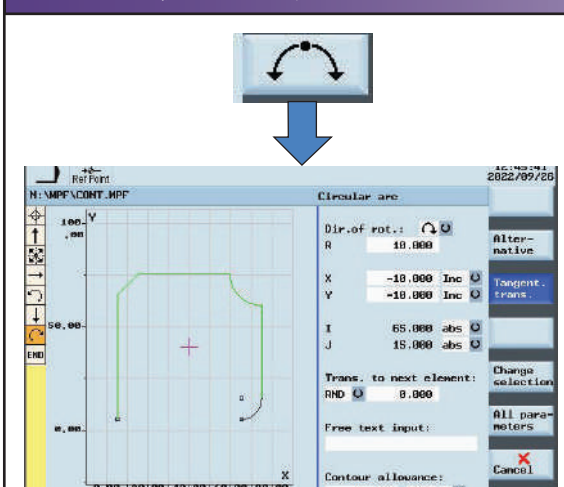
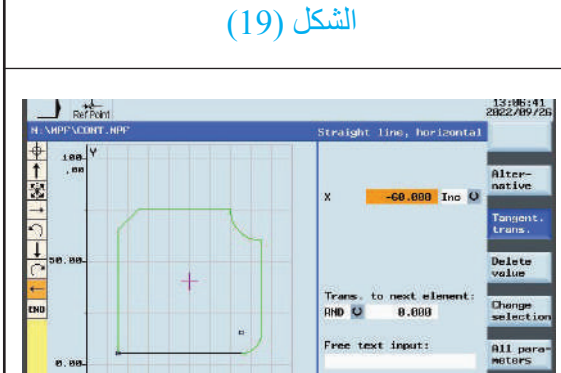
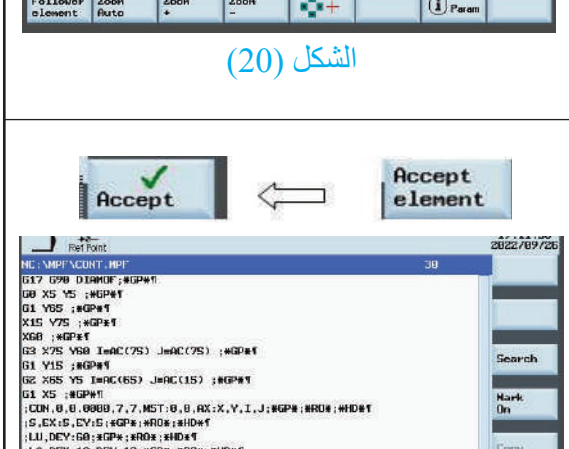
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
3	- استخرج إحداثيات قطع الحوافّ وحركاته التي رُقّمت، كما في الجدول (1).	الجدول (1) النقطة | G | X | y 1 | G1 | X5 | Y5 2 | G1 | X5 | Y60 3 | G1 | X10 | Y10 4 | G1 | X45 | Y0 5 | G3 | X15 | Y15 6 | G1 | X0 | Y-45 7 | G2 | X-10 | Y-10 8 | `G1 | X-60 | Y0
4	- ارفع القاطع الرئيس للماكِنة، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
5 6	- شغّل النظام بالضغط على الزرّ الأخضر كما في الشكل (3)، وانتظر تحميل نظام التشغيل للماكِنة. - جهّز ماكِنة الفريزا، ثمّ صفّر أداة القطع ورحّل صفر أداة القطع، كما تعلّمت سابقًا.	 الشكل (3)
7	- اضغط على مدير البرامج، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)

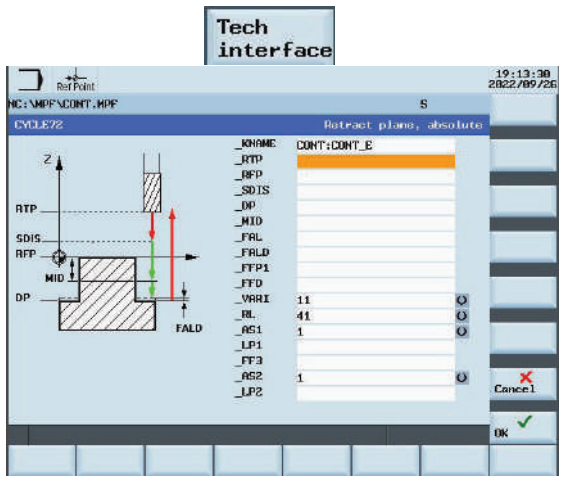
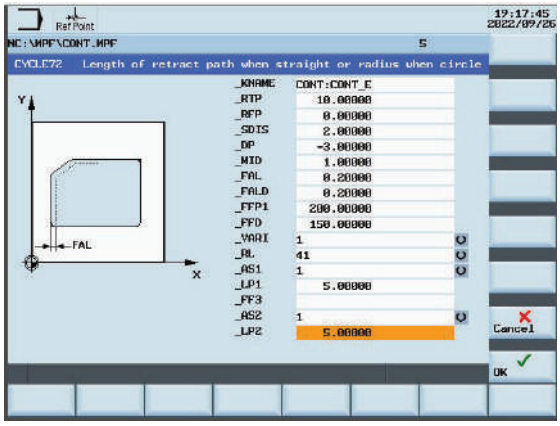
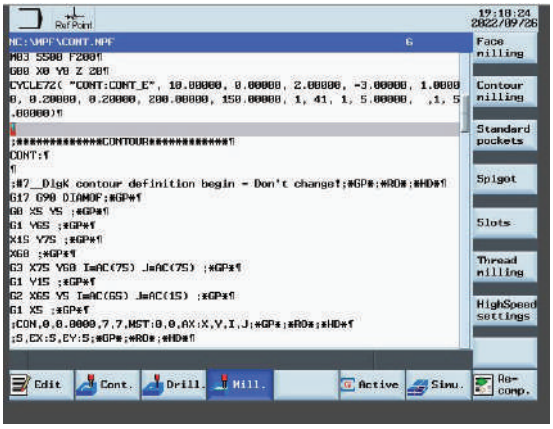
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
8	- اذهب إلى خيار إنشاء برنامج جديد، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
9	- سمِّ البرنامج ثمّ OK، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
10	- بعد تعيين اسم للبرنامج ستفتح شاشة أخرى، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
11	- اكتب الأوامر الرئيسة للبرنامج كما مرّ معك سابقًا، كما في الشكل (8). G54 G17 G71 G90 G95 M06 T2 D1 M03 S500 F200 G00 X0 Y0 Z20	 الشكل (8)

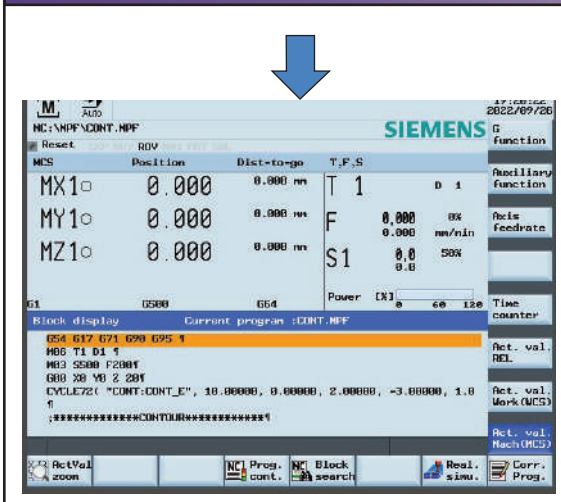
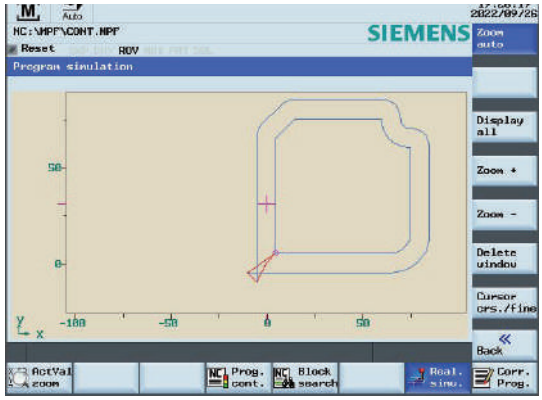
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
12	- اضغط على كبسة milling ثمّ اختر contour milling لتظهر الشاشة كما في الشكل (9).	 الشكل (9)
13	- اكتب اسم الكنتور عند خانة: واضغط على خيار Attach contour، لتظهر الشاشة كما في الشكل (10).	 الشكل (10)
14	- اضغط على الخيار cont. لفتح الشاشة، كما في الشكل (11).	  الشكل (11)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
15	- حدّد مستوى العمل وهو G17، وحدّد نقطة البداية للكونتور X5mm Y5mm وبعد تحديد نقطة البداية اضغط على Accept element كما في الشكل (12) لتفتح معك الشاشة التالية وتبدأ بإدخال الإحداثيات التي حدّدتها سابقًا، (الجدول خطوة 3).	 الشكل (12)
16	- ارسم الخطّ الواصل بين النقطة (1) والنقطة (2) بطول mm (65) على محور (Y) واعتمد النظام التزايدي (النسبي) increase ثمّ اضغط INPUT كما في الشكل (13). ولتثبيت القِيَم اضغط على خيار Accept element، كما في الشكل (14).	 الشكل (13)  الشكل (14)
17	- ارسم الخطّ الواصل بين النقطتين (2) و(3) كما في الشكل (15). وأكّد النقاط بالضغط على Accept element.	 الشكل (15)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
18	- ارسم الخط الواصل بين النقطة (3) والنقطة (4) بطول mm (45) باتّجاه (X) الموجب، كما في الشكل (16).	 الشكل (16)
19	- ارسم القوس الذي يربط بين النقطة (4) والنقطة (5) حيث قيمة X15 وy15 وR15، كما في الشكل (17).	 الشكل (17)
20	- ارسم المستقيم الذي يربط بين النقاط (5) و(6) على محور(Y) بقيمة Y-45، كما في الشكل (18).	 الشكل (18)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
21	- ارسم القوس الواصل بين النقطتين (6) و(7) بنصف قطر (10)، كما في الشكل (19).	 الشكل (19)
22	- ارسم المستقيم الواصل بين النقطة (7) و(8) على محور (X) بطول mm (60)، كما في الشكل (20).	 الشكل (20)
23	- اضغط على كبسة Accept element بعد الانتهاء من رسم الكنتور، ثمّ اختر Accept لتظهر الشاشة كما في الشكل (21).	 الشكل (21)

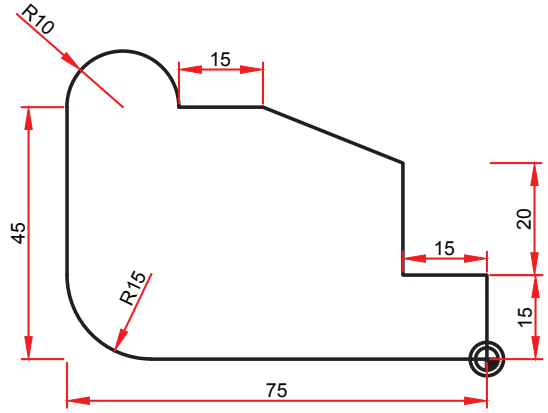
	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
24	- اضغط على خيار Tech interface للانتقال إلى شاشة تحديد معلومات المسار وكيفية القطع، كما في الشكل (22).	 الشكل (22)
25	- ضع القِيَم حسب طبيعة العمل، كما في الشكل (23).	 الشكل (23)
26	- أكّد القيم السابقة ok؛ لتظهر الشاشة كما في الشكل (24).	 الشكل (24)
27	اكتب أمر نهاية البرنامج M30 في نهاية البرنامج.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
28	- اختر أمر Edit ثمّ اختر Execcute من القائمة؛ لتظهر الشاشة كما في الشكل (25).	 الشكل (25)
29	- تأكّد من محيط الماكِنة جيّدًا وأغلق بابها، وخفّض السرعة قبل التشغيل.	
30	- شغّل الماكِنة بالضغط على كبسة CYCLE STAR، وراقب الماكِنة جيدًا، وتتبّع مسار أداة القطع عن طريق صفحة، كما في الشكل (26).	 الشكل (26)
31	- نظّف محيط الماكِنة جيّدًا، واجمع العدد والأدوات في مكانها المخصّص.	
32	- دوّن في دفترك الملاحظات التي توصّلت إليها في أثناء العمل، واكتب تقريرك اليومي.	

القياس والتقويم

1- اكتب البرنامج لتشغيل القطعة بنظام (G-CODE).

2- نفّذ مسار خارجي (كنتور) بعمق قطع mm (6) على قطعة العمل المبينة في الشكل (27)، حسب الأبعاد على الرسم.



الشكل (27)

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتشغيل الآلة.			
3	أُجري عملية المحاكاة لاختبار البرامج.			
4	أُصمّم البرنامج التشغيلي للتمرين.			
5	أفكّ حامل السكاكين وأركّبه بالطريقة الصحيحة.			
6	أُنفّذ دورة مسار خارجي (Contour) لماكِنة التفريز المحوسبة بطريقة صحيحة.			
7	أُجري عملية التشغيل الفعلي للتمرين على الماكِنة.			
8	أُنظّف الماكِنة بعد الانتهاء من العمل.			

الوحدة السادسة

القطع بالبلازما

- ما الموادّ التي تُقطع بوساطة ماكِنة البلازما؟
- ما تجهيزات ماكِنة البلازما قبل القطع؟
- هل تستطيع ماكِنة البلازما قَطع أيّ سُمك من المعدن؟

6

تُعدّ عملية القطع بالبلازما من أكثر عمليات القطع شيوعًا في كثير من المجالات، ومنها الورش الصغيرة والمصانع الكبيرة؛ لما توفّره من مزايا كثيرة أهمّها سهولة الاستعمال وقطع مجموعة متنوّعة من الموادّ والمعادن وبخاصّة الألمنيوم والرصاص والفولاذ المقاوم للصدأ وتعدّد أنواعها، فمنها ماكِنات البلازما اليدوية وماكِنات البلازما المحوسبة لعمليات القَطع المعقّدة في الشَكل.

يجري الاعتماد على قوس البلازما في عملية القطع؛ إذ درست في صفوف سابقة أنّ البلازما تُعدّ حالة رابعة من حالات المادّة، تكون على صورة غاز متأيّن يحتوي على أعداد متساوية من الإلكترونات السالبة الحُرّة والأيونات ذات الشحنة الموجبة والسالبة، وبما أنّ البلازما حالة غير مستقرة والموادّ في الطبيعة تميل إلى الاستقرار؛ فإنّ قوّة التجاذب تُعيد اتّحاد الشحنات الموجبة والسالبة منتجًة وميضًا ذا تردّد معيّن، يعتمد على مستويات الطاقة للذرّات المكوّنة لمادّة البلازما.

انظر وتساءل

استكشف

يُتوقّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يُجهّز محطّة القطع بالبلازما.
- يُجهّز مقبض القطع الذي يتناسب مع طبيعة القطع.
- يضبط ضغط الهواء بما يتناسب مع نوع القطع وسُمك المعدن المراد قطعه.
- يقطع خطوطًا طولية على قطع حديدية وغير حديدية ذات سماكات مختلفة.
- يقطع خطوطًا متعرّجة ودوائر على قطع حديدية وغير حديدية ذات سماكات مختلفة.

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

أوّلًا: عملية القطع بالبلازما (Plasma Cutting Process)

النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف عملية القطع بالبلازما ومبدأ عملها.
- يتعرّف أجزاء آلة القطع بالبلازما.
- يتعرّف أنواع مقابض القطع بالبلازما.
- يتعرّف أنواع الغازات المستعملة بالقطع بالبلازما.
- يُبيّن أهمّية الغاز المضغوط في عملية القطع بالبلازما.
- يُطبّق احتياطات السلامة المهنية بالقطع بالبلازما.
- يُحدّد الإجراءات المتّبعة في عملية القطع بالبلازما.

انظر وتساءل

يُبيّن الشكل قوس بلازما استُعمل لقطع قطعة معدنية. هل تتطلّب ماكِنة القطع بالبلازما وصل قطعة العمل بها لتشكيل هذا القوس؟

استكشف

ابحث مع زملائك عن الفرق بين القطع بالبلازما والقطع بالأُكسي أستلين، واكتب تقريرًا بذلك.

اقرأ وتعلّم

عملية القَطع بالبلازما ومبدأ عملها:

تُعدّ عملية القَطع بالبلازما عملية قطع حرارية تعتمد على خصائص قوس البلازما المُنتج؛ إذ يُنتج قوس البلازما بتأيين الغاز المضغوط بوساطة قوس كهربائي يتشكّل بين قطب التنجستون وقطعة العمل أو فوّهة التضييق. تصل حرارة هذا القوس الكهربائي لغاية (5000°) وبسبب هذه الحرارة العالية يتأيّن (30%) من الغاز المضغوط المارّ عبر فوّهة المقبض متحوّلًا إلى حالة البلازما، التي تُعدّ حالة غير مستقرّة تمتاز بأنّها ذات حرارة عالية تصل إلى (15000°) وسرعة عالية تقارب سرعة الصوت؛ ما يُتيح لقوس البلازما صهر المعادن الحديدية وغير الحديدية، أمّا الغاز ذو النسبة التي تُشكّل (70%) من الغاز المضغوط غير المتأيّن فتعمل على إزالة المعدن المصهور من منطقة القطع.

يُستعمل غاز تغليف وظيفته حماية البركة المصهورة من التفاعل مع الغازات المحيطة. ويمتاز قوس البلازما المُنتج بمقدرته على قطع المعادن الحديدية كالصلب المقاوم للصدأ (Stainless Steel) وغير الحديدية مثل الألمنيوم بجودة قطع وسرعة جيدة، وبخاصّة للمعادن ذات السماكات الصغيرة (sheet metal)، انظر إلى الشكل (1).

الشكل (1): مبدأ عمل القطع بالبلازما.

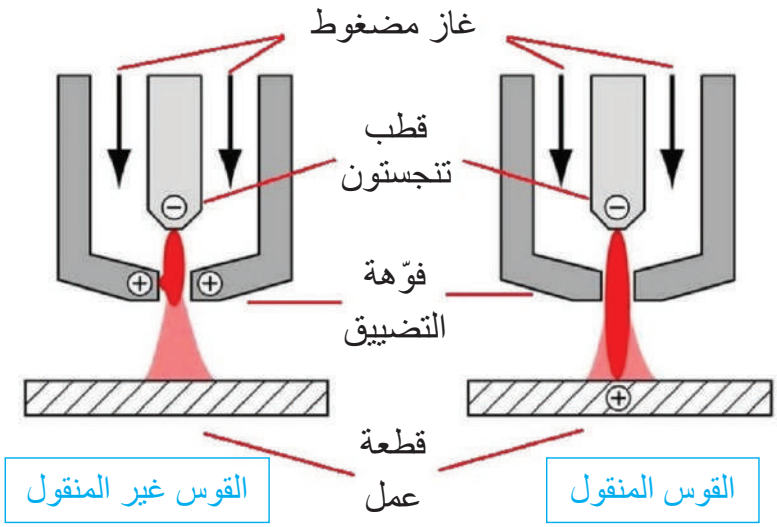
فكّر

ما مدى تأثير نوع الغاز المضغوط في درجة حرارة البلازما المتولّدة؟

يُنقل القوس الكهربائي المسؤول عن توليد البلازما بإحدى الطرائق الآتية، كما هو مبيّن في الشكل (2):

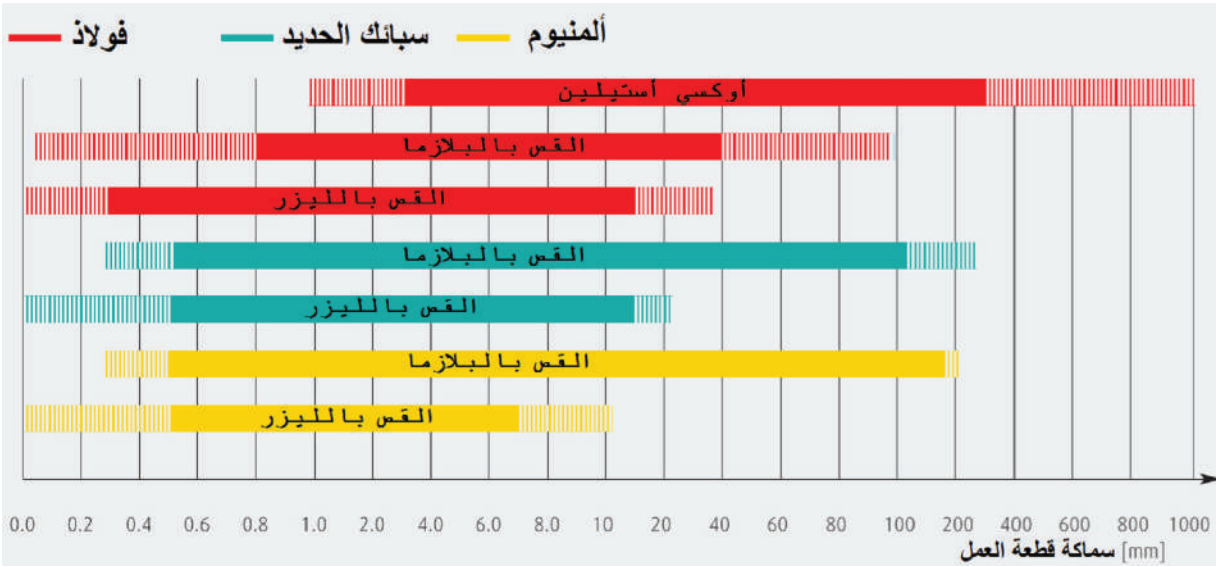
1- القوس المنقول (Transferred Arc): يتولّد قوس كهربائي بين قُطب التنجستون وقطعة العمل، وبهذا تكون قطعة العمل جزءًا من الدارة الكهربائية؛ إذ تمتاز هذه الطريقة بأنّ الكفاءة الحرارية عالية جدًّا، وتُستعمل للمعادن الموصلة للكهرباء مثل الفولاذ.

2- القوس غير المنقول (Non Transferred Arc): يتولّد قوس كهربائي بين قُطب التنجستون وفوّهة التضييق؛ إذ لا تكون قطعة العمل جزءًا من الدائرة الكهربائية، والكفاءة الحرارية في هذه الطريقة أقل من الطريقة السابقة، وتُستعمل للمعادن الحديدية وغير الحديدية مثل الالمنيوم، وبسبب الحرارة العالية تتلف أجزاء المشعل بصورة أسرع من الطريقة السابقة.



الشكل (2): طرائق نقل القوس الكهربائي المسؤول عن إنتاج البلازما.

تُستعمل ماكِنة القص بالبلازما لقص كثير من المعادن الموصلة للكهرباء مثل الفولاذ لسُمك يصل إلى (40) mm ملم، والمعادن غير الموصلة للكهرباء مثل الألمنيوم سُمك يصل إلى (180) mm. انظر إلى الشكل (3) الذي يُبيّن تأثير زيادة السُّمك لمعادن مختلفة في طريقة القصّ المناسبة.

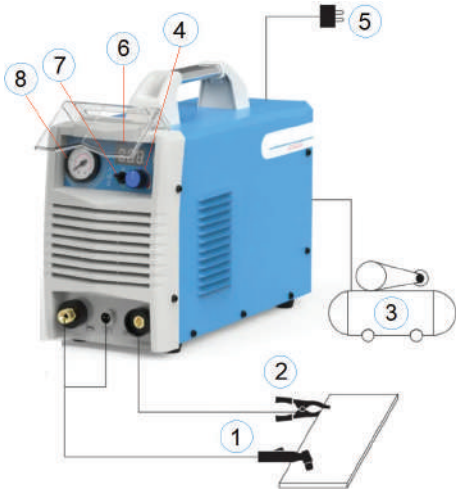


الشكل (3): طريقة القصّ المناسبة لعدّة معادن حسب السُّمك.

الأجزاء الرئيسة لماكِنة القطع بالبلازما:

تُزوّد ماكِنة القطع بالبلازما بالطاقة الكهربائية، عن طريق كيبل مصدر الطاقة بتيّار متناوب، ويحوّل هذا التيّار عن طريق محوّل كهربائي إلى تيّار مستمر؛ لأن قطب التنجستون يجب أن يوصل بالطرف السالب دائمًا، ويوصل الطرف الموجب بقطعة العمل أو فوّهة التضييق.

تُزوّد الماكِنة بالهواء المضغوط عن طريق وعاء الغاز المضغوط الذي سيتحوّل إلى حالة البلازما بعد زيادة درجة حرارته عبر القوس الكهربائي، وتُعايَر شدّة التيار وضغط الهواء عن طريق مفاتيح خاصّة حسب نوع الغاز المضغوط ونوع المعدن المراد قصّه وسُمكه. انظر إلى الشكل (4).



1) مشعل قطع البلازما.
2) كيبل التأريض.
3) وعاء الغاز المضغوط.
4) مفتاح معايرة شدّة التيّار.
5) كيبل مصدر الطاقة ذو التيّار المتناوب.
6) لوحة شدّة التيّار.
7) مفتاح تشغيل الماكِنة.
8) مقياس ضغط الهواء.

الشكل (4): الأجزاء الرئيسة لماكِنة القطع بالبلازما.

مشعل قطع البلازما (Plasma Cutting Torch):

يتكوّن مشعل قطع البلازما من جزأين رئيسين، هما:

1- أجزاء مستهلكة: يجب استبدالها بشكل متكرّر للحفاظ على جودة القطع؛ إذ تتلف بسبب الحرارة العالية، وتُبدّل عندما يُلاحظ أنّ القطع غير منتظم أو عند زيادة كمية الخبث في المعدن المقطوع، لاحظ الشكل (5) الذي يُبيّن الأجزاء المستهلكة للمشعل.

2- أجزاء غير مستهلكة: لا تُستبدل إلّا في حالة حدوث تلف أو ضرر غير متوقّع؛ إذ تتلف هذه الأجزاء عادةً عند استعمال طريقة القوس غير المنقول، لاحظ الشكل (5) الذي يُبيّن الأجزاء الدائمة.

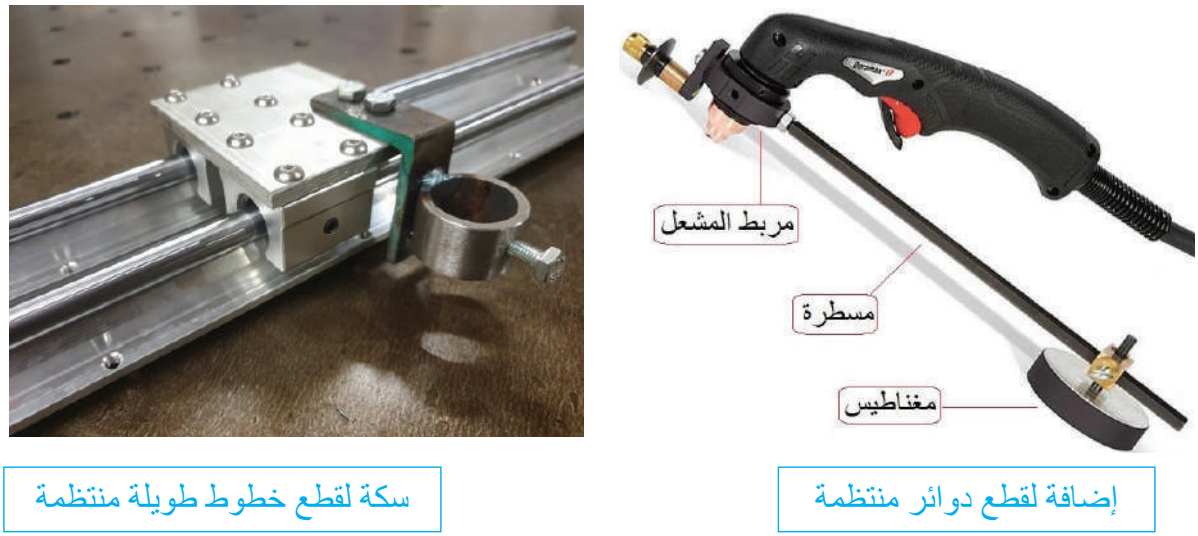
الشكل (5): أجزاء مشعل قَطع البلازما.

أنواع مشاعل القطع بالبلازما (Types of Plasma Cutting Torches):

توجد عدّة أنواع وأحجام لمشاعل القطع بالبلازما، تختلف حسب قدرة الماكِنة المستعملة وطريقة الإنتاج والأجزاء المُضافة للمشعل، وتُقسم المشاعل إلى ثلاثة أنواع رئيسة:

1- المشعل اليدوي: (Manual Torch) يُستعمل في ماكِنات القطع اليدوية، ويمتاز بسهولة الاستعمال، ويُستعمل في عمليات القطع البسيطة مثل القطع المستقيم، وتختلف أجزاؤه المستهلكة من مشعل إلى آخر حسب قدرة الماكِنة والمعدن المراد قصّه.

2- المشعل شبه الآلي (Semi-Auto Torch): هو المشعل اليدوي نفسه؛ إذ يُضاف لهذا المشعل إضافات مثل السكك لقطع خطوط طولية منظمة، والمسطرة الزاويّة لقطع دوائر وأقواس منتظمة، فتتحوّل حركة هذه المشاعل إلى حركة شبه آلية، كما هو مُبيّن في الشكل (6).



الشكل (6): إضافات مشاعل اللحام.

4- المشعل الأتوماتيكي (Automatic Torch): يُستعمل هذا المشعل في ماكِنات القطع الآلي المحوسبة، التي تمتاز بقدرتها على قطع أشكال معقّدة، وتتشابه أجزاء هذه المشاعل مع المشاعل اليدوية، ولكن تُضاف لها إضافات خاصّة لتتناسب مع العمل المطلوب مثل التبريد المائي، انظر إلى الشكل (7).

الشكل (7): مشعل قطع بالبلازما أتوماتيكي.

الغازات المضغوطة المستعملة في عملية القطع بالبلازما:

تَستعمل آلات القطع بالبلازما غازًا مضغوطًا بقدرة تصل إلى (10) بار، وتختلف مواصفات القَطع بالبلازما حسب نوع الغاز المضغوط. ومن أشهر أنواع الغازات المستخدمة في عمليات القطع بالبلازما:

1- الهواء المضغوط (compressed air): يمتاز بأنّه اقتصادي ويقطع كثيرًا من المعادن مثل سبائك الفولاذ والألمنيوم، لكنّه يؤكسد سطح المعدن المقطوع ما يُنتِج عيوبًا في السطح للمعادن المقطوعة التي تتطلّب لحامًا، ولحلّ هذه المشكلة يُجلخ السطح المقطوع قبل اللحام، وهو يتطلّب أيضًا وحدة خاصّة لتنقية الهواء من الشوائب.

2- النيتروجين (Nitrogen): غاز يسمح بسرعة قطع عالية وقطع خالٍ من التأكسد وجودة قطع ممتازة، ولكنّ السطوح المقطوعة بهذا الغاز تمتص النيتروجين؛ ما يتسبّب بعيوب المسامية عند لحام هذه القطع المقطوعة بهذه الطريقة، ويُعدّ هذا الغاز غالي الثمن.

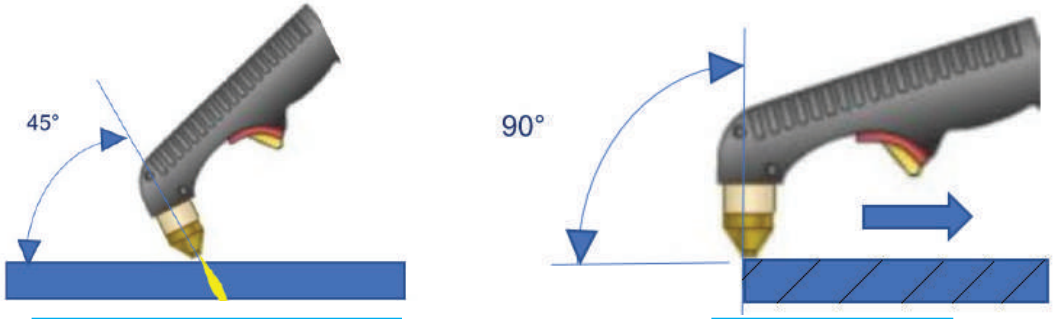
3- الآرجون (Argon): غاز سهل التأيين؛ لذا، يُعدّ سهل الاشتعال، ولكنّ الحرارة الناتجة منه منخفضة بالمقارنة مع الغازات الأخرى وسرعة القطع أيضًا بطيئة؛ إذ لا يُستعمل هذا الغاز وحده لأنّ الحرارة الناتجة منه قليلة؛ لذا، يُضاف إليه الهيدروجين.

4- الأكسجين (Oxygen): غاز يمتاز بأعلى سرعة قطع وأعلى جودة عند قطع الفولاذ، لا يُستعمل لقطع الفولاذ المقاوم للصدأ، والسطح المقطوع بوساطة هذا الغاز مناسب للحام، وهو غالي الثمن وعمر القطع المستهلكة صغير.

خطوات القطع بالبلازما وإجراءاته

بعد تشغيل ماكِنة البلازما، تُضبط قيمة التيّار حسب نوع المعدن المراد قطعه وسُمكه، فكلّما زاد سُمك المعدن زادت شدّة التيّار، والقدرة الكهربائية لماكِنات البلازما من (10-200) أمبير، ويُستعمل تيّار لقطع فولاذ بسُمك mm (4) بمقدار (30) أمبير، ويُضبط ضغط الهواء حسب سرعة القطع المطلوبة.

يجري تخطيط قطعة العمل حسب شكل القطع المطلوب، ثمّ توضع فوّهة المشعل على بعد mm (3-15)، وتُحدّد زاوية ميلان المشعل حسب نوع القص المطلوب؛ إذ تضبط للقصّ القائم بزاوية (90°-95°) وللمشطوف بزاوية مساوية لقيمة الشطفة، كما هو مُبيّن في الشكل (8). لبدء القطع يُضغط على مفتاح التشغيل الموجود على المقبض، وبعد ذلك يُحرّك المشعل بسرعة تتناسب مع سُمك قطعة العمل ونوعها؛ إذ تُرفع سرعة القطع أو تُقلّل حسب كمّية الشرار الناتج من قطعة العمل، فكلما زاد الشرار الناتج زادت سرعة القطع.

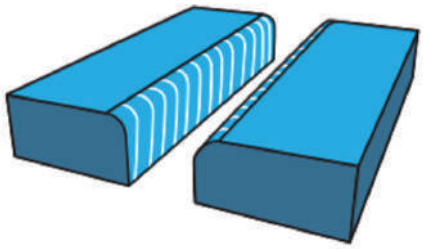
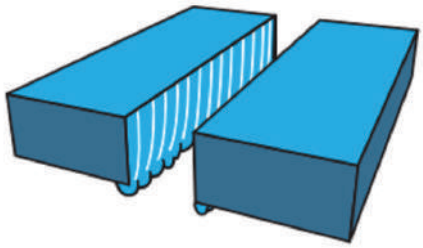
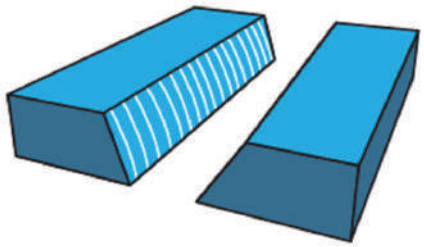


الشكل (8): زوايا المشعل للقصّ القائم والقصّ المشطوف.

جودة خطّ القطع بالبلازما (Plasma Cutting Quality):

تعتمد جودة خطّ القطع على عدّة عوامل، أهمّها الأجزاء المستهلكة لمشعل اللحام؛ إذ بسبب زيادة الحرارة تتأثّر هذه الأجزاء، ما يؤثّر في جودة خطّ القطع؛ لذا، يجب تفقّد هذه الأجزاء دوريًّا وتغييرها في حال تلفها، وإلّا نتجت بسببها عيوب بالخطّ المقطوع، وتؤثّر سرعة القطع ومقدار التيار غير المتناسب للمعدن المراد قطعه أيضًا في جودة الخطّ المقطوع؛ لذا، يجب ضبطها حسب دليل المُصنِّع الذي يُحدّد عوامل القطع حسب سُمك المعدن المقطوع ونوعه. انظر إلى الجدول (1)، الذي يُبيّن عدّة عيوب بخطّ القطع وأسبابها.

الجدول (1): عيوب خطّ القطع وأسبابها.

أسباب العيب	العيب	شكل العيب
سرعة قطع عالية أو غاز غير ملائم.	حوافّ مدوّرة.	
سرعة قطع قليلة أو تيار عالٍ.	انسياب الخبث.	
استعمال زاوية قطع غير مناسبة، أو تلف الأجزاء المستهلكة، أو سرعة قطع وتيار عالٍ.	انحراف زاوية القطع.	

احتياطات السلامة المهنية بالقطع بالبلازما (Plasma Cutting Safety)

يجب الأخذ بتدابير وقائية واحتياطات السلامة المهنية، قبل وخلال العمل بآلة القطع بالبلازما؛ لتجنّب حدوث الأخطار التي قد تنتج عن عملية القطع، ومنها:

1- ارتداء نوعية ملابس وقائية مقاومة للاشتعال مثل الكتان.
2- استعمال واقي عينين أو خوذة لحام ذات درجة تعتيم (3-5).
3- التأكّد من عزل كوابل ماكِنة البلازما وسلامتها.
4- التأكّد من العمل في منطقة ذات تهوية جيدة، أو استعمال أنظمة شفط غازات مناسبة في مكان العمل.

5- التأكّد من خلوّ منطقة العمل من المواد القابلة للاشتعال.

6- التأكّد من جاهزية صندوق الإسعافات الأولية.

7- التأكّد من وجود طفّايات الحريق المناسبة.

ابحث في المصادر المتاحة عن ماكِنة القطع بالبلازما المحوسبة، واكتب تقريرًا بذلك وشارك زملاءك ما توصّلت إليه.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أتعرّف عملية القطع بالبلازما ومبدأ عملها.			
2	أتعرّف أجزاء آلة القطع بالبلازما.			
3	أُميّز بين أنواع مقابض القطع بالبلازما.			
4	أُبيّن أنواع الغازات المستعملة في عملية القطع بالبلازما.			
5	أُبيّن أهمّية الغاز المضغوط في عملية القطع بالبلازما.			
6	أُحدّد الإجراءات المتّبعة في عملية القطع بالبلازما.			

أسئلة الدرس

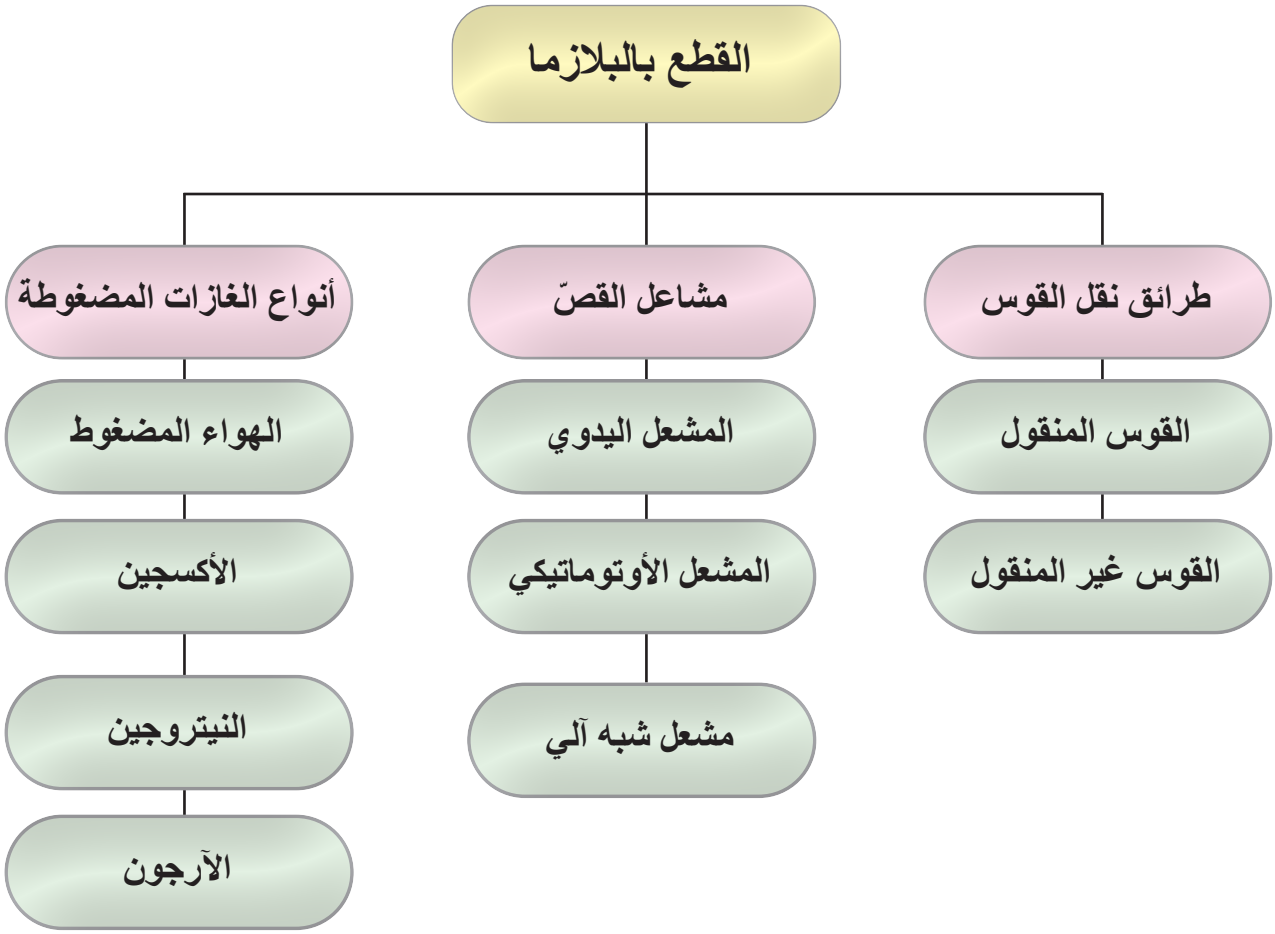
1- اشرح مبدأ عمل القطع بالبلازما.

2- تُجرى عملية القطع بالبلازما بطريقتين. اشرح طريقة القوس المنقول.

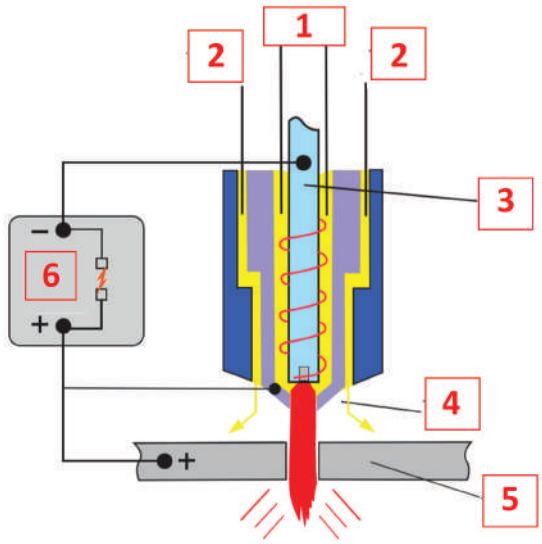
3- عدّد الأجزاء المُستهلكة في مشعل قطع البلازما اليدوي.

4- كيف تُحوّل المشاعل اليدوية لمشاعل شبه آلية؟

الخريطة المفاهيمية



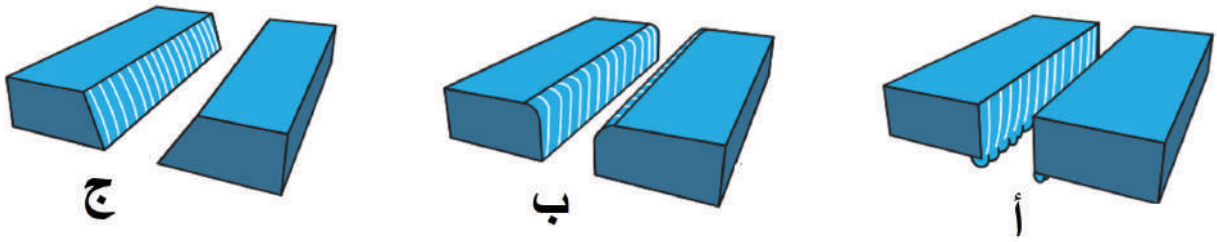
1- حدّد ما تُشير إليه الأرقام من (1 – 6) في الشكل المرفق أدناه.



2- تُستعمل عدّة أنواع من الغازات المضغوطة في عمليات القَطع بالبلازما. اذكر الفرق بين غازي ال الآرجون والأكسجين.

3- ما علاقة سُمك المعدن المراد قطعه، بشدّة التيّار المضبوط في ماكِنة القطع؟

4- توجد عدّة عيوب تَنتج في عمليات القَطع بالبلازما. اذكر العيب وأسبابه في الأشكال الآتية.



5- توجد عدّة احتياطات للسلامة المهنية بالقطع بالبلازما. اذكر خمسة منها.

التمارين العملية :

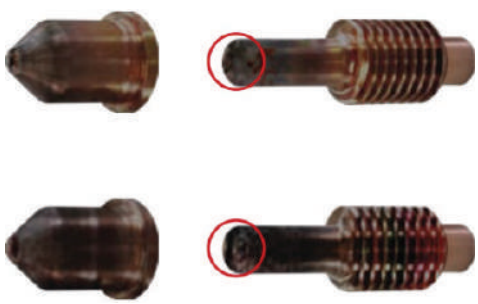
التمرين الأول: تجهيز محطّة القطع بالبلازما، وتركيب مقبض القطع ومعايرة الهواء

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

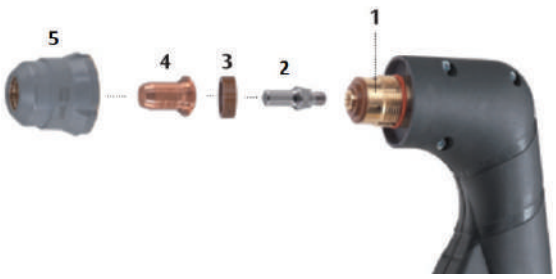
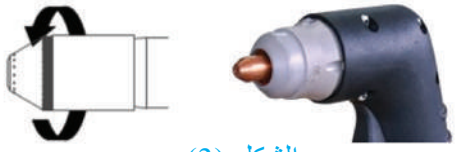
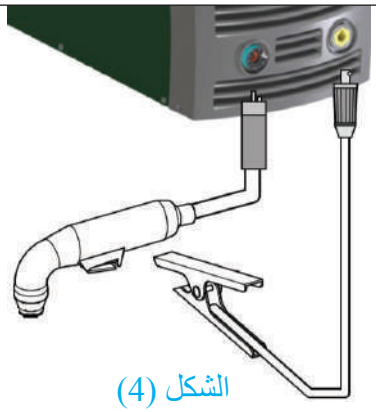
- يُجهّز محطّة القطع بالبلازما.
- يُجهّز مقبض القطع حسب طبيعة قطع المشغولة.
- يُعاير ضغط الهواء حسب نوع المعدن المراد قطعه وسُمكه.

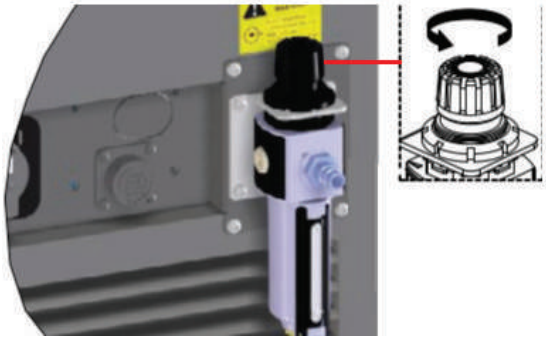
متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، قطع بالبلازما غير مجمّعة، مصدر هواء مضغوط، أدوات ربط.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.	
2	- اقرأ كُتيّب قواعد السلامة المهنية الخاصّة بالتركيب، بهدف تطبيقها في أثناء تجميع أجزاء محطة البلازما.	
3	- تفقّد جاهزية أجزاء ماكِنة القطع والوصلات الخاصّة بها.	
4	- اضبط ضغط الهواء للضاغطة، بحيث لا يزيد على (10) بار ولا يقلّ عن (5) بار.	
5	- تأكّد من جاهزية أجزاء المشعل، وعند ملاحظة أنّ أحد الأجزاء تالف أو محروق استبدله فورًا، كما في الشكل (1).	(أجزاء تالفة تحتاج إلى تبديل)  الشكل (1)

الشكل (7)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6	- ركّب قطب التنجستون في مكانه المخصّص على رأس المشعل، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
7	- ركّب ناشر الغاز على دليل الفوّهة، كما في الشكل (2).	
8	- ركّب حاضنة قطب التنجستون المناسبة لتيّار القطع على رأس المشعل، كما في الشكل (2).	
9	- ركّب وعاء غاز التغليف المناسب لعملية القطع على لولب رأس المشعل، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
10	- صِل كوابل ماكِنة البلازما في مكانها المناسب، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
11	- صِل مصدر الهواء المضغوط في مكانه المناسب في ماكِنة القطع، كما في الشكل (5).	الشكل (5)
12	- اضبط شدّة التيّار الكهربائي بتدوير مفتاح معايرة شدّة التيّار حسب سُمك قطعة العمل المراد قطعها، أو حسب تعليمات الشركة الصانعة، كما في الشكل (6).	الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
13 14	- افتح صمّام مزوّد الهواء (حسب ما هو متوافر في مشغلك). - اضبط ضغط الهواء المستعمل في عمليات القطع، بحيث لا يقل عن (3.5) بار، بما يتناسب مع قدرة الماكِنة وسُمك قطعة العمل، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
15	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- كيف تُحدّد تلف الأجزاء المُستهلكة؟

2- تُضبط شدّة التيّار حسب عوامل، اذكرها.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز محطّة القطع بالبلازما.			
4	أُجهّز مقبض القطع حسب العملية المطلوبة.			
5	أُعاير ضغط الهواء حسب نوع المعدن المراد قطعه وسُمكه.			

التمارين العملية :

التمرين الثاني: قطع خطوط طولية على قطع حديدية وغير حديدية ذات سُمك مختلف.

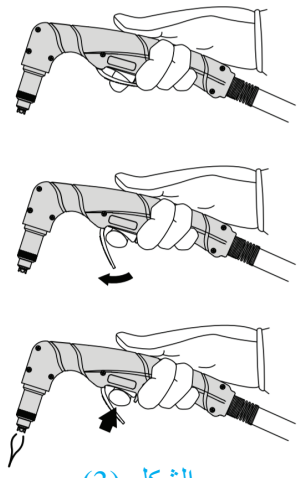
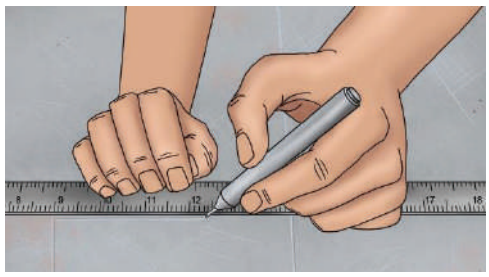
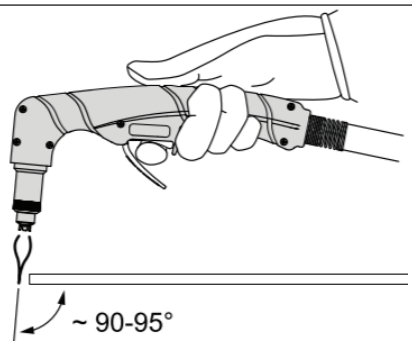
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

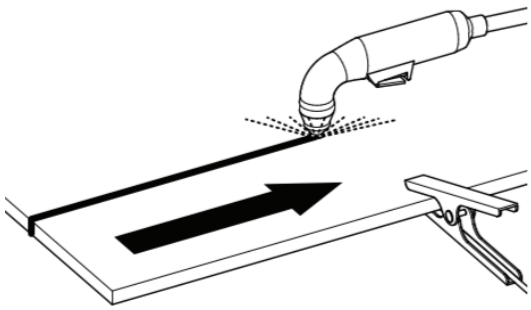
- يقطع خطوطًا طولية على قطع حديدية ذات سُمك (5) mm، في الوضع الأرضي.
- يقطع خطوطًا طولية على قطع غير حديدية ذات سُمك (5) mm، في الوضع الأرضي.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، أدوات تثبيت متنوّعة، ماكِنة قطع بالبلازما، وعاء رمل أو ماء.	قطعة عمل من الفولاذ المطاوع بقياس: (5 × 250 × 250) mm قطعة عمل من الألمنيوم بقياس: (5 × 250 × 250) mm

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.	
2	- التزم متطلبات وقواعد السلامة المهنية العالمية والمحلّية، الخاصّة بالقطع بماكِنة البلازما.	
3	- تأكّد من خلوّ منطقة العمل من الموادّ القابلة للاشتعال، ومن توافر طفّايات الحريق وحقيبة الإسعافات الأوّلية.	
4	- جهّز محطّة القطع بالبلازما، وتأكّد من سلامة أجزائها جميعها.	
5	- اجلب قطعة العمل ونظّفها من الأوساخ والزيوت، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
6 7 8 9	- ثبّت قطعة العمل على الطاولة المخصّصة للقطع، وضع وعاء الرمل أو الماء أسفلها. - ثبّت كيبل التأريض على طاولة العمل، كما في الشكل (2). - اضبط شدّة التيار على (30) أمبير لقطعة الحديد، و(30 – 40) أمبير لقطعة الألمنيوم. - اضبط ضغط الهواء الواصل لمشعل القطع بين (3 – 5) بار.	 الشكل (2)
10	- تأكّد من جاهزية مشعل قطع البلازما؛ بالضغط على مفتاح التشغيل بعد إزالة الأمان، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
11	- خطّط قطعة العمل مكان القطع حسب ما هو موجود في المخطط التنفيذي، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
12	- قرّب مشعل القطع من طرف قطعة العمل وبمحاذاة السطح المخطّط، ثم ولّد قوس القطع واضبط زاوية القطع بين (90°-95°) والمسافة بين رأس المشعل وقطعة العمل بين (5 – 10) mm، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
13	- حرّك مشعل القطع بعد التأكّد من اختراق المعدن بسرعة ثابتة، حتى الوصول إلى نهاية الخطّ كما في الشكل (6).	 الشكل (6)
14	- كرّر العملية مع خطّ ثانٍ بعد استشارة معلّمك.	
15	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- اذكر خطوات قطع خطوط طولية بوساطة البلازما.

2- كيف نتأكّد من جاهزية مشعل البلازما للقطع؟

3- اذكر الزاوية والمسافة التي تُضبط بين مشعل البلازما وقطعة العمل.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زي العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز محطّة القطع بالبلازما.			
4	أقطع قطعًا طولية على قطع حديدية في الوضع الأرضي.			
5	أقطع قطعًا طولية على قطع غير حديدية في الوضع الأرضي.			

التمارين العملية :

التمرين الثالث: قطع خطوط متعرجة ودوائر

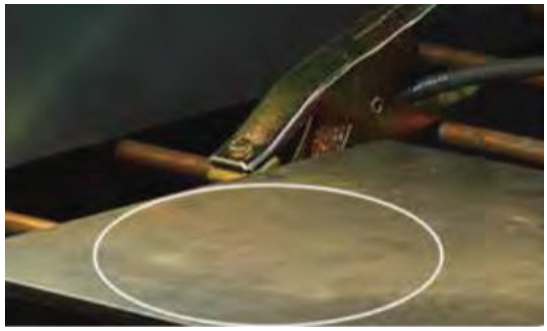
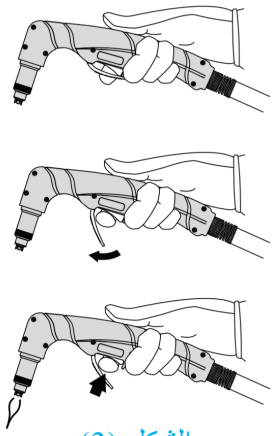
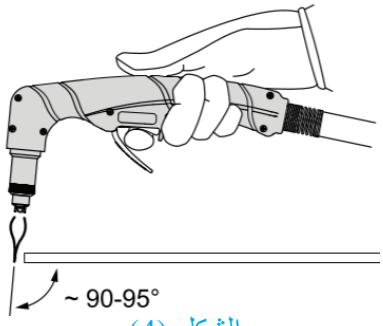
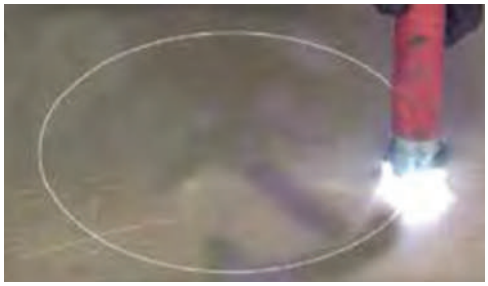
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يقطع خطوطًا متعرّجة ودوائر على قطع حديدية بسُمك (5) mm.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• معدّات السلامة والصحّة المهنية، أدوات تثبيت متنوّعة، ماكِنة قطع بالبلازما، وعاء رمل أو ماء.	قطعة عمل من الفولاذ الطري بقياس: (5 × 250 × 250) mm

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ ملابس الوقاية الشخصية.	
2	- التزم متطلبات وقواعد السلامة المهنية العالمية والمحلّية، الخاصّة بالقطع بماكِنة البلازما.	
3	- تأكّد من خلوّ منطقة العمل من الموادّ القابلة للاشتعال، ومن توافر طفّايات الحريق وحقيبة الإسعافات الأوّلية.	
4	- جهّز محطّة القطع بالبلازما، وتأكّد من سلامة أجزائها جميعها.	
5	- اجلب قطعة العمل ونظّفها من الأوساخ والزيوت، كما في الشكل (1).	الشكل (1)
6	- ثبّت قطعة العمل على الطاولة المخصّصة للقطع، وضع وعاء الرمل أو الماء أسفلها.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7 8 9	- ثبّت كيبل التأريض على طاولة العمل، وخطّط المشغولة بشكل القطع المطلوب الموضّح في المخطط التنفيذي كما في الشكل (2). - اضبط شدّة التيار على (30) أمبير لقطعة العمل، وكلّما زاد سُمك قطعة العمل يجب زيادة شدّة التيّار. - اضبط ضغط الهواء الواصل لمشعل القطع بين (3 – 5) بار.	 الشكل (2)
10	- تأكّد من جاهزية مشعل قطع البلازما بالضغط على مفتاح التشغيل بعد إزالة الأمان، كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
11	- قرّب مشعل القطع من طرف قطعة العمل وبمحاذاة السطح المخطّط، ثم ولّد قوس القطع واضبط زاوية القطع بين (95°-90°) والمسافة بين رأس المشعل وقطعة العمل بين (5 – 10) mm، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
12 13	- حرّك مشعل القطع بعد التأكّد من اختراق المعدن بسرعة ثابتة مع ميلان خط العلام الدائري، حتّى الوصول إلى نهاية الخطّ كما في الشكل (5). - كرّر العملية مع خطّ متعرّج بعد استشارة معلّمك.	 الشكل (5)
14	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- لماذا يجري تخطيط شكل القطع.

2- علّل: يُضبط ضغط الهواء المستعمل في ماكِنات القطع بالبلازما.

3- اذكر خطوات قطع شكل دائري على لوح صاج بسمك (4 mm).

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز محطّة القطع بالبلازما.			
4	أُجهّز مقبض القطع حسب العملية المطلوبة.			
5	أقطع خطوطًا متعرّجة ودوائر على قطع حديدية.			

الوحدة السابعة

اللحام بالأُكسي أستلين

- ما اسم هذه الوحدة الموجودة في الشكل؟
- عدّد استخدامات هذه الوحدة.

7

يُعدّ اللحام بالأُكسي أستلين من أشهر أنواع اللحام بالغاز؛ إذ يُستعمل فيه خليط من غاز الأكسجين وغاز الأستلين، وقد يُستعمل الهواء بدلًا من الأكسجين عند لحام الرصاص، وتصل درجة حرارة اللهب الناتج من احتراق الأكسجين والأستلين إلى (3200°) تقريبًا، ويصلح اللحام بالغاز بصفة خاصّة لوصل الألواح المعدنية التي يتراوح سمكها بين (2 – 50) mm. وحاليًا يُستعمل اللحام بالغاز بصفة أساسية في لحام الألواح التي يتراوح سمكها بين (1 – 10) mm؛ إذ يُسخّن المعدن في منطقة الوصلة ويُصهر بوساطة لهب غازي ناتج عن احتراق غاز في الأكسجين النقي تقريبًا.

يُتوقّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتعرّف مكوّنات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.
- يُبيّن مبدأ عمل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.
- يتعرّف طريقة اللحام بالأُكسي أستلين.
- يُميّز بين محطّة الأكسجين وملحقاتها ومحطّة الأستلين وملحقاتها.
- يتعرّف أنواع شعلة اللهب.
- يُميّز بين أنواع وصلات اللحام بالأُكسي أستلين.
- يُشغّل وحدة اللحام بالأكسي أستلين.
- يلحم قطعًا معدنية بصهر سلك لحام.

انظر وتساءل

استكشف

اقرأ وتعلّم

الإثراء والتوسّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

أوّلًا: اللحام بالأُكسي أستلين
(Oxy-Acetylene Welding)

النتاجات

يُتوقّع من الطالب بعد فهم هذا الدرس أن:

- يتعرّف مكوّنات نظام اللحام بالأُكسي أستلين.
- يُبيّن مزايا عملية اللحام بالأُكسي أستلين.
- يُميّز بين أنواع اللهب.
- يتعرّف أشكال وصلات اللحام

انظر وتساءل

- كيف تجري عملية اللحام بالأُكسي أستلين؟
- ما مكوّنات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين؟

استكشف

ناقش معلمك وزملاءك عن الفرق بين عملية اللحام بالأُكسي أستلين وطرائق اللحام الأخرى.

اقرأ وتعلّم

يُعدّ اللحام بالأُكسي أستلين أحد أشهر أنواع اللحام المستعملة في لحام الأنابيب المعدنية، مثل لحام نحاس مع ألمنيوم أو لحام نحاس مع نحاس، أو لحام نحاس مع حديد، وتُستعمل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين لإنتاج شعلة مناسبة لعملية اللحام؛ ففي عملية اللحام تنصهر أطراف المعادن نتيجة الحرارة العالية، ثمّ تندمج مع بعضها بعضًا.

مكوّنات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين

تتكوّن وحدة اللحام بالأُكسي أستلين من أسطوانتين ومنظّمات ضغط وخراطيم ومشعل غاز، وفي ما يأتي تفصيل لهذه المكوّنات:

أسطوانة الأستلين:

تُصنع أسطوانة غاز الأستلين من أنبوب فولاذي منتج بالسحب من دون لحام، ويبلغ ضغط هذه الأسطوانة (15) بار، وهي مملوءة بكتل مسامية من موادّ عضوية مشرّبة بمادّة الأسيتون. وتهدف هذه الاحتياطات إلى الوقاية من خطر انفجار غاز الأستلين الذي يميل إلى الانفجار عند ضغط يبدأ من (2) بار.

غاز الأستلين هو هيدروكربون لا لون له رمزه الكيميائي (C_2H_2)، وهو قابل للاشتعال في وجود الأكسجين وهو غير سام، ولكنّه يؤثّر في الصحّة عند استنشاقه وقد يُسبّب الدوار وعدم الاتّزان وكذلك فقدان الوعي، والتعرّض لهذا الغاز بدرجة كبيرة يُقلّل من نسبة الأكسجين في الهواء وقد يُسبّب الاختناق والموت، وهو قابل للاشتعال بدرجة كبيرة إذ إنّه مادّة كيميائية متفاعلة عرضة لخطر الانفجار والحريق. هذا ويتفاعل الغاز كيميائيًّا مع النحاس وسبائكه وهذا التفاعل يؤدّي غالبًا إلى أخطار انفجار الغاز؛ لذا، يُنصح بخلو خطوط غاز الأستلين من الوصلات النحاسية.

أسطوانة الأكسجين:

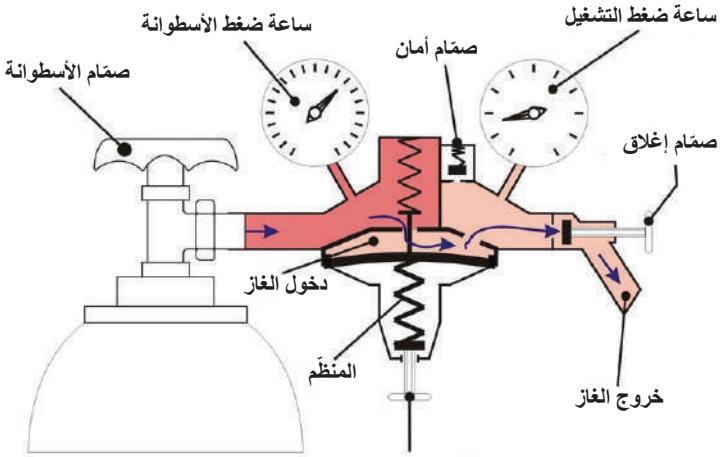
تُصنع أسطوانة غاز الأكسجين من أنبوب فولاذي منتج بالسحب من دون لحام؛ كي تتحمّل الضغط العالي لغاز الأكسجين داخلها، وضغط هذه الأسطوانة (100) بار. يُستعمل الأكسجين مع الأستلين لتحسين عملية الاحتراق. ومن ثمّ، زيادة درجة حرارة اللهب المستعمل في اللحام. والأكسجين غير قابل للاشتعال، ولكنّه يُساعد على الاشتعال، وهو غاز لا لون له ولا طعم ولا رائحة، وهو أحد المكوّنات الرئيسة للهواء الجوي مع النيتروجين.

منظّمات الغاز (أكسجين – أستلين):

أجهزة تعمل على تخفيض الضغط العالي للغاز الموجود داخل الأسطوانة إلى ضغط العمل المراد اللحام به، وتتحكّم في مقادير تدفّقها وتجعلها مناسبة لعمليات اللحام المختلفة، كما أنّها تُعطي قراءات لقياس ضغط الغازات داخل الأسطوانات، وكذلك قراءات ضغط الغازات الخارجة منها بعد تخفيضها للاستعمال

في أعمال اللحام المختلفة، ويجري ذلك عن طريق عدّادات فيها مؤشّرات تدلّ على مقادير ضغط الغازات المارّة بها عبر قنوات وغرف ضغط خاصّة.

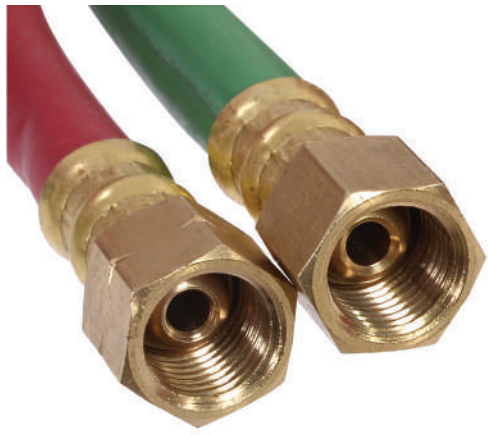
يُعدّ مبدأ عمل المنظّمات جميعها واحد، فالمنظّم يحتوي على حجرتين: حجرة الضغط العالي من بداية مخرج الأسطوانة حتّى صمام خروج الغاز، التي تتّصل مباشرة مع الأسطوانة ويكون الضغط فيها مساويًا للضغط في الأسطوانة. وحجرة الضغط المنخفض من صمام التحكّم حتّى صمام الإغلاق اليدوي لخروج الغاز، ويوجد بين الحجرتين صمّام تحكّم بوساطة مقبض المنظّم الرئيس. ويوجد لكلّ غاز منظّم خاصّ به؛ لذا، يختلف منظّم الأكسجين عن منظّم الأستلين، ويُصنع صمّام أسطوانة الأكسجين من النحاس لتفادي تأكسد الحديد، أمّا صمام أسطوانة الأستلين فيُصنع من الفولاذ. ويُبيّن الشكل (1) منظّم ضغط الأسطوانة.



الشكل (1): منظّم ضغط الأسطوانة.

خراطيم الغاز:

تُصنع الخراطيم من المطاط المدعّم بنسيج خيوط القطن والنايلون وتبلغ في أطوالها (5) أمتار على الأقلّ، وتتحمّل حتّى (40) ضغط جوي، وتتراوح أقطارها الداخلية بين mm (11–4) وتثبت لها أطراف تثبيت محكمة، تجعل من الصعب إفلاتها من وصلة الخرطوم. يُبيّن الشكل (2) خراطيم الغاز لوحدة الأُكسي أستلين.



الشكل (2): خراطيم أسطوانات الغاز.

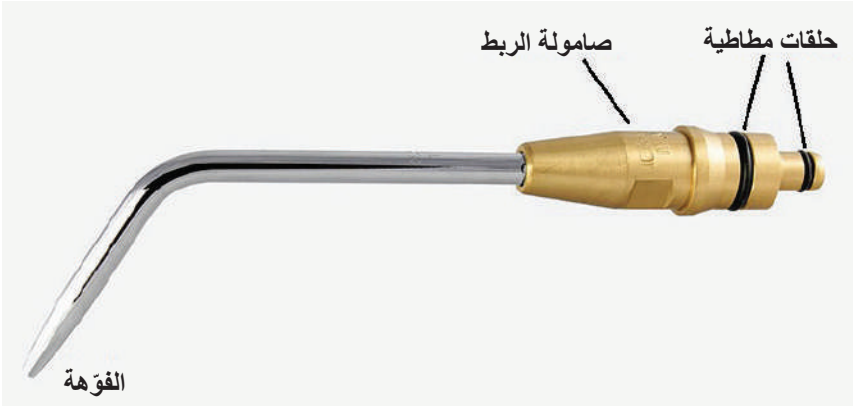
مشعل اللحام:

يُعدّ مشعل اللحام من الأجزاء المهمة والأساسية في معدّات اللحام؛ إذ يستقبل غاز الأكسجين والأستلين، ويخلط الغازين بالكمّية المطلوبة ويصرّفها إلى منطقة اللحام، ويوجد في مشعل اللحام صمّامان للتحكّم بكمّية الأكسجين والأستلين. يُبيّن الشكل (3) مكوّنات مشعل اللحام.

الشكل (3) مشعل اللحام.

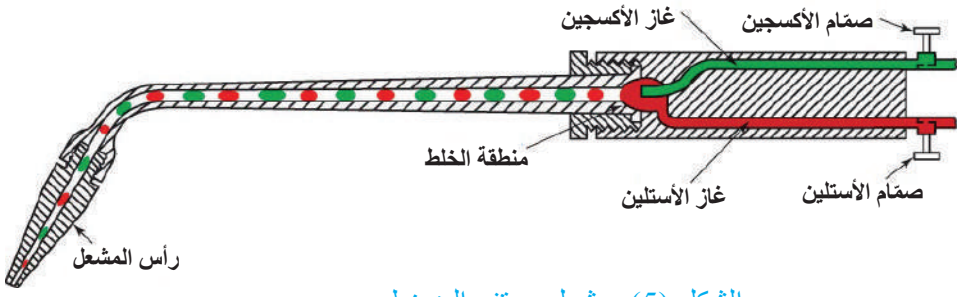
يوجد نوعان من مشعل اللحام

1- مشعل اللحام منخفض الضغط: يعتمد على مبدأ السحب والخلط؛ إذ يمرّ الأكسجين إلى أنبوبة المشعل خلال صمام التحكّم ثمّ إلى الحاقن بضغط من (2 - 3.5) بار، فتضيق الفتحة ثمّ تعود فتتّسع مرّة أخرى في اتّجاه غرفة الخلط، ونتيجة اتّساع الفوّهة ينخفض الضغط بشدّة في غرفة الخلط، ويُسحب غاز الأستلين من فتحة الأستلين الذي يُغذّي تحت ضغط منخفض؛ فيمرّ خلال قناة حلقية مثبّتة بين ساق المشعل والحاقن، وبعدها يمرّ الغاز إلى غرفة الخلط حيث يتشكّل مع الأكسجين الذي يخرج من نهاية فتحة مشعل اللحام. يُبيّن الشكل (4) مشعل اللحام منخفض الضغط.



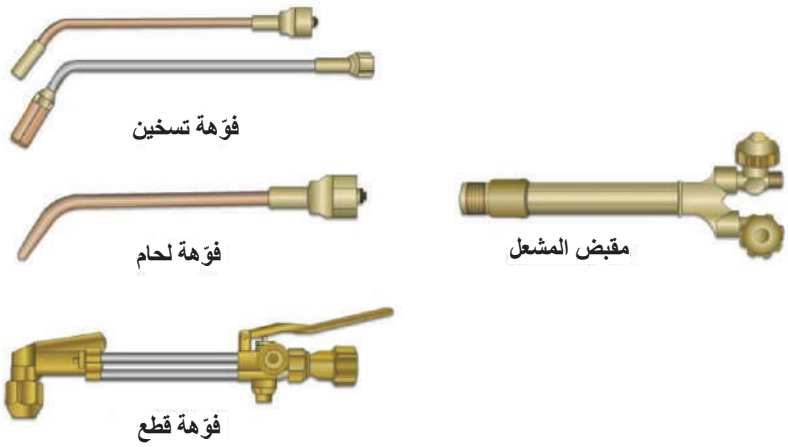
الشكل (4): مشعل اللحام منخفض الضغط.

2- مشعل اللحام مرتفع الضغط: في هذا النوع يندفع الأكسجين والأستلين إلى غرفة الخلط بضغط عالٍ؛ إذ يُخلطا تحت ضغط عالٍ. يُبيّن الشكل (5) مشعل اللحام مرتفع الضغط.



الشكل (5): مشعل مرتفع الضغط.

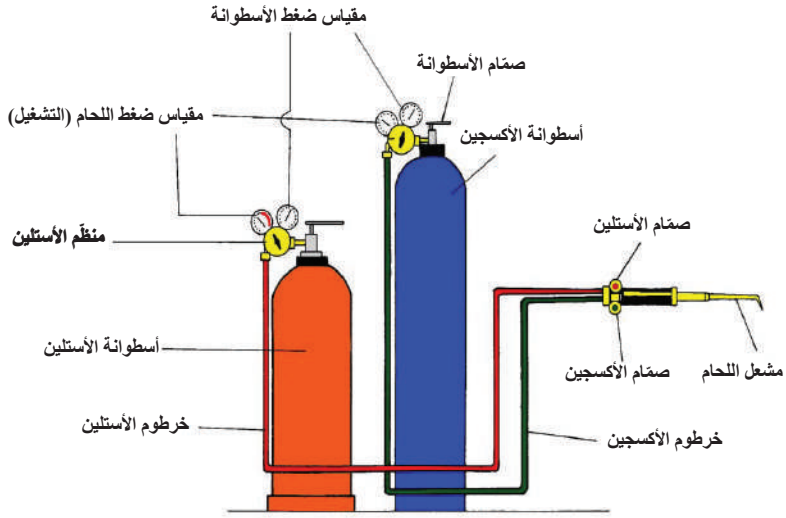
وحسب الاستعمال، يُركّب مشعل الضغط المنخفض للتسخين، أمّا مشعل الضغط المرتفع فيُستعمل لعمليات اللحام والقطع. انظر إلى الشكل (6).



الشكل (6): أنواع فوّهة مشعل اللحام.

رأس اللحام:

يُعدّ رأس اللحام من الأجزاء المهمّة، وله دور كبير في جودة خطّ اللحام؛ فعن طريقه تستطيع تحديد كمّية الحرارة التي تُناسب سُمك المعدن المراد لحامه، وله عدّة مقاسات مختلفة. يُبيّن الشكل (7) هذه الأجزاء.

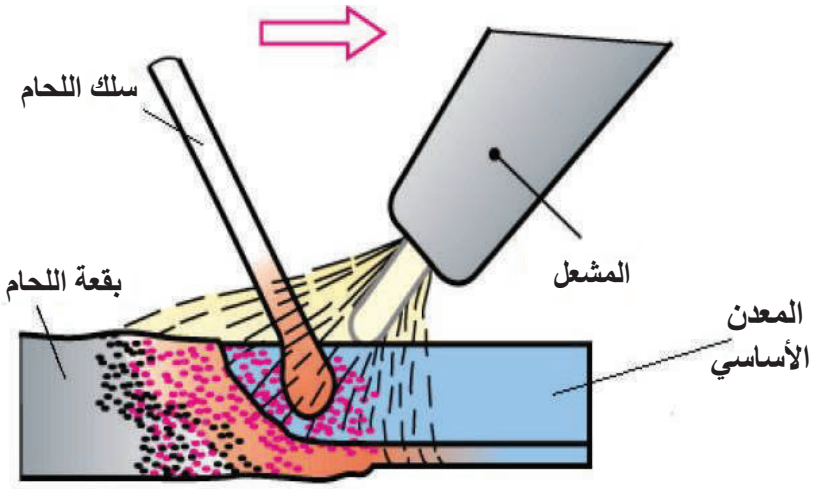


الشكل (7): أجزاء وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.

مبدأ عمل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين:

تُلحم المعادن بالغاز بوساطة الحرارة الناتجة من المشعل الخاص بالأُكسي أستلين؛ إذ يمزج المشعل الأكسجين مع الأستلين ويُشعلهما، ويُستعمل اللهب الناتج في عمليات لحام المعادن. في عمليات اللحام بالأُكسي أستلين، يكون الأكسجين في أسطوانة والأستلين في أسطوانة أخرى، ونظرًا إلى وجود هذه الغازات تحت ضغط عالٍ تُستعمل مُنظّمات للضغط على كل أسطوانة، ويوصل الأكسجين والأستلين من الأسطوانات إلى المشعل بوساطة خراطيم، ويُخلط الغازان بعد ذلك ويُشعلان بوساطة المشعل.

تجري عملية اللحام بإعداد أطراف الأجزاء المراد وصلها بالشكل المطلوب، وتنظيفها جيّدًا، ثمّ يُسخّن موضع اللحام حتّى ينصهر المعدن المعرّض له؛ إذ تنصهر الأجزاء المراد وصلها باللحام باستعمال اللهب الناتج عن احتراق خليط غاز الأكسجين والأستلين مكوّنة حوض اللحام، وعندئذ يُضاف سلك حشو من مادّة تُشبه المعدن الأصلي على هيئة سيخ لحام ينصهر طرفه من شدّة حرارة اللهب؛ إذ تصل درجة الحرارة المتولّدة من هذا الخليط إلى (3300°) تقريبًا. ومن ثمّ، ينصهر طرف سلك اللحام ويختلط مع المعدن المنصهر حتّى يمتلئ الفراغ المجهّز في منطقة اللحام. ويُبعد اللهب لتمتزج المادّتان وتتكوّن كرة اللحام، وتُترك وصلة اللحام حتّى تبرد وتتصلّد، بذلك توصل الأجزاء المراد لحامها اتّصالًا دائمًا، أي بوصلة اللحام المطلوبة. ويُبيّن الشكل (8) فكرة اللحام بالأُكسي أستلين.



الشكل (8): اللحام بالأُكسي أستلين.

شعلة اللحام بالأُكسي أستلين:

يُقسّم لهب الأُكسي أستلين إلى منطقتين: المنطقة الأولى يتّحد فيها الأكسجين مع الأستلين مكوّنًا أوّل أكسيد الكربون والهيدروجين، أمّا في المنطقة الثانية فيتّحد كلّ من أوّل أكسيد الكربون والهيدروجين مع الأكسجين الجوّي مكوّنًا ثاني أكسيد الكربون والماء. وذلك على أساس أنّ نسبة الأكسجين إلى الأستلين هي (1:1)، ويُعرف اللهب في هذه الحالة باللهب المتعادل.

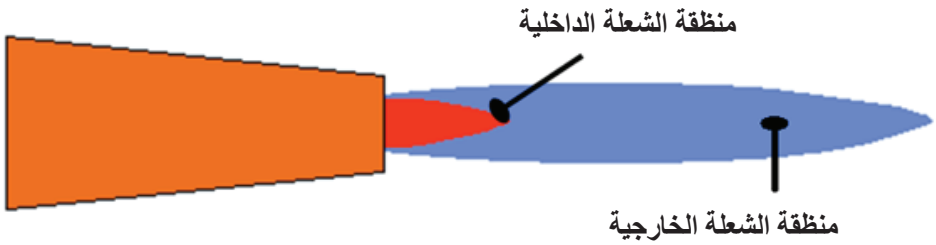
ويوجد نوعان آخران هما اللهب المؤكسد وهو ذلك اللهب الذي يحتوي على كمّية أكبر من الأكسجين ويصلح للحام النحاس الأصفر، واللهب المكربن الذي يحتوي على كمّية أكبر من الأستلين أكبر ويصلح للحام

الألمنيوم. أمّا المعادن الأخرى مثل الصلب والزهر والنحاس الأحمر، فيصلح لها اللهب المتعادل الذي تبعد فيه أقصى درجة للحرارة تبعد بمقدار mm (4–3) عن مخروط اللهب.

وتُقسم مناطق اللهب كما يأتي:

1- منطقة اللهب الداخلية (قلب اللهب) أو منطقة الاشتعال الأوّلية: هي أكثر مناطق اللهب سخونة، ويجب أن يجري اللحام بحيث تكون نقطة قلب اللهب فوق حافّة السطح المراد لحامه. وتبلغ درجة الحرارة داخل المخروط (1000°)، وتصل إلى (3000°) عند حدود مخروط اللهب؛ لذا، يُراعى عدم ملامسة قلب مخروط اللهب للقطعة بداية العمل.

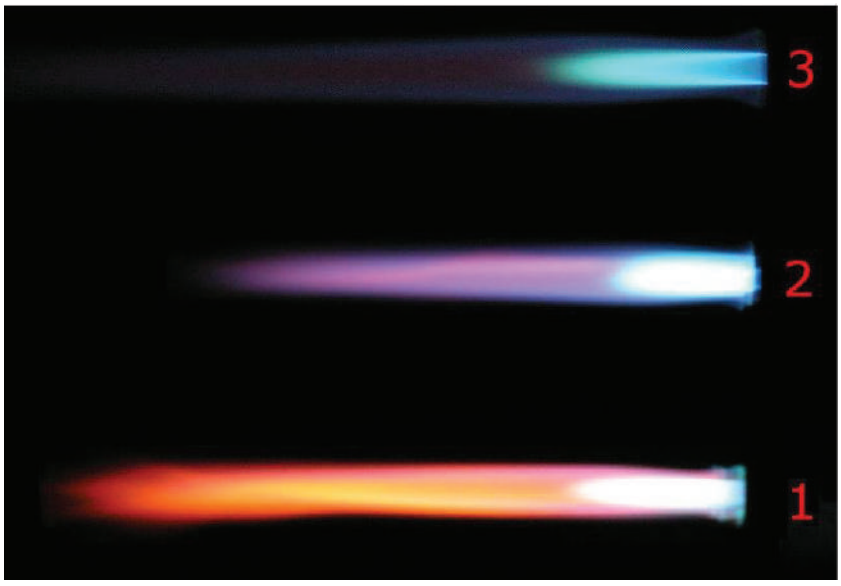
2- منطقة اللهب الخارجية: يجري فيها تسخين أوّلي لحافّة سطح اللحام، ومنع أكسدة اللحام عن طريق استعمال جزء من الأكسجين للاحتراق من نقطة اللحام، وإبعاد ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء. ويُبيّن الشكل (9) هذه المناطق.



الشكل (9): منطقة الشعلة الداخلية والخارجية.

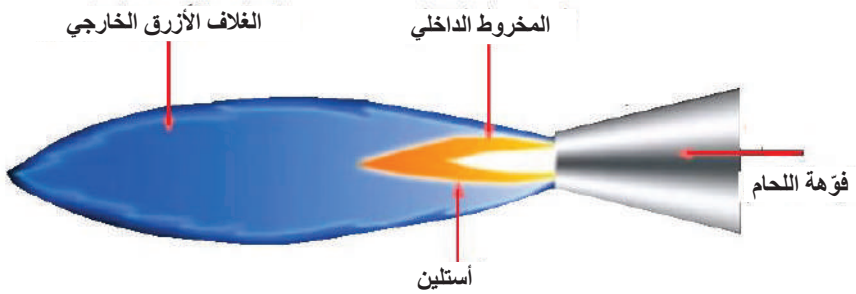
أنواع اللهب:

يُمكن تمييز اللهب بثلاثة أنواع حسب نسبة الأكسجين والأستلين الموجودة في اللهب، كما هو موضّح في الشكل (10).



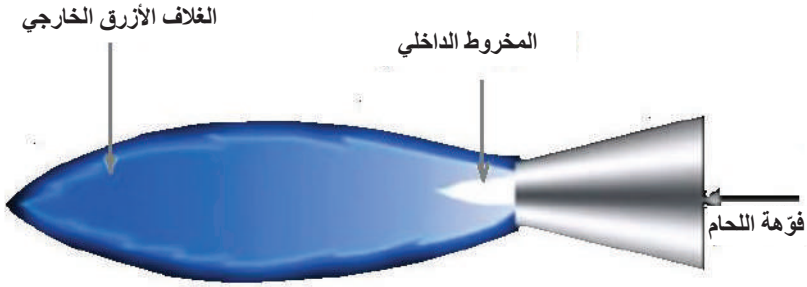
الشكل (10): أنواع اللهب.

اللهب المكربن أو الناقص: تكون فيه نسبة الأستلين أكثر من الأكسجين كما هو موضّح في الشكل (11)، ويكون فيه مخروط اللهب غير واضح تمامًا ويغلب عليه اللون الأحمر، تصل درجه حرارة اللهب إلى (3000°)، ويُستعمل في لحام المعادن التي تحتاج إلى إضافة نسبة بسيطة من الكربون مثل الألمنيوم.



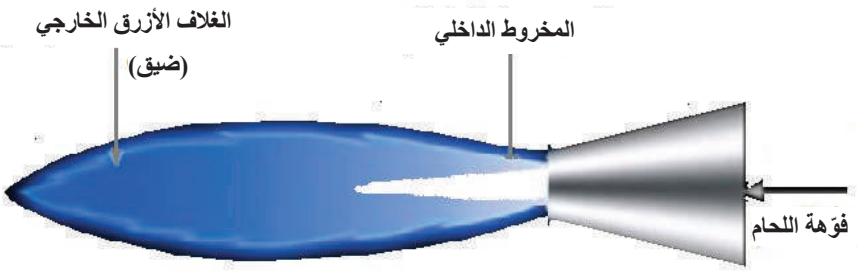
الشكل (11): لهب مكربن.

اللهب المتعادل: تكون فيه نسبة غاز الأكسجين والأستلين متساويين، ويكون مخروط اللهب محدّدًا وواضحًا تمامًا، ويميل لونه الى الأصفر المائل إلى البياض. وتصل درجة الحرارة اللهب إلى (3200°)، ويُستعمل هذا اللهب في لحام الصلب والألمنيوم والنحاس وحديد الزهر ومعظم عمليات اللحام. ويُبيّن الشكل (12) اللهب المتعادل.



الشكل (12): اللهب المتعادل.

اللهب المؤكسد: تكون فيه نسبة الأكسجين أكثر من نسبة الأستلين، ويكون مخروط اللهب واضحًا ومحددًا ويميل لونه إلى الأزرق الغامق، ويكون طول مخروط اللهب أقصر من الطبيعي. وتصل درجه حرارة اللهب إلى (3400°)، ويُستعمل هذا النوع من اللهب في لحام البرونز والنحاس الأصفر والأحمر. ويُبيّن الشكل (13) اللهب المؤكسد.



الشكل (13): اللهب المؤكسد.

وحدة اللحام بالأُكسي أستلين

خطوات التشغيل:

1- تحديد سُمك القطعة المراد لحامها.

2- اختيار رأس اللحام المناسب حسب المقاسات الموجودة عليه وسُمك القطعة.

3- فتح صمّام الأكسجين الموجود على المشعل، ثمّ فتح مسمار الضغط الموجود على المنظّم؛ وذلك بضبط ضغط التشغيل، ثمّ قفل الصمّام الموجود على المشعل.

4- ضبط غاز الأستلين بالطريقة السابقة نفسها، ثمّ قفل الصمّام بشكل سريع وذلك لخطورة غاز الأستلين.

5- ارتداء نظّارة الوقاية لحماية العينين من ضوء اللهب الساطع عند الإشعال.

6- إمساك المشعل باليد اليمني، وباليد الأخرى يفتح صمّام الأستلين بالمشعل بمقدار (3) mm تقريبًا.

7- استعمال الولّاعة الاحتكاكية لإشعال الغاز.

8- فتح صمّام الأستلين ببطء كي يتلاشى الدخان من اللهب، وتنفصل بداية اللهب عن رأس اللحام.

9- فتح صمّام الأكسجين بالمشعل ببطء والاستمرار بفتحه حتّى يتحدّد شكل اللهب المخروطي، وهذا هو الشكل المطلوب في عمليات اللحام.

خطوات الإيقاف:

1- إغلاق صمّام الأستلين أوّلًا لإطفاء اللهب.

2- إغلاق صمّام الأكسجين بالمشعل من دون تأخير.

3- إغلاق صمّامي أسطوانة الأستلين ثمّ الأكسجين.

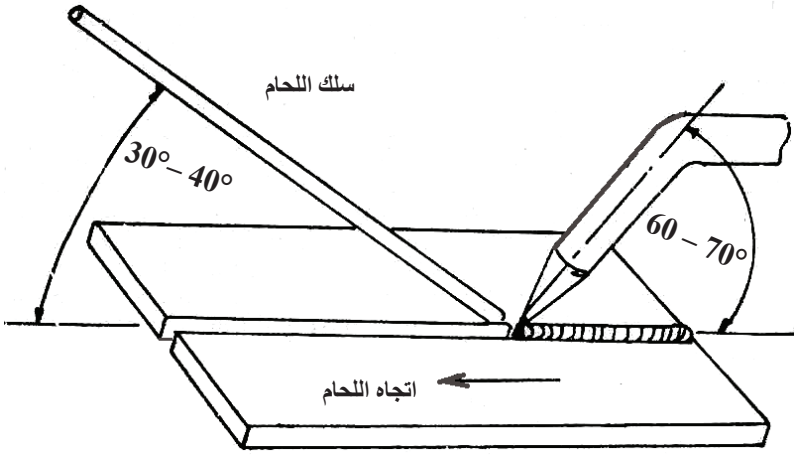
4- فتح صمّام الأكسجين بالمشعل لتفريغ الغاز المتبقّي في المشعل والخراطيم والمنظّم، وتركه مفتوحًا لمدّة قصيرة كي يتراجع الضغط العالي والمنخفض إلى الصفر، ثمّ إغلاق المشعل ومسمار الضغط في المنظّم بتدويره عكس عقارب الساعة.

5- تفريغ غاز الأستلين بالطريقة السابقة نفسها.

6- فكّ رأس اللحام وطي الخراطيم ووضعها في المكان المخصّص لها.

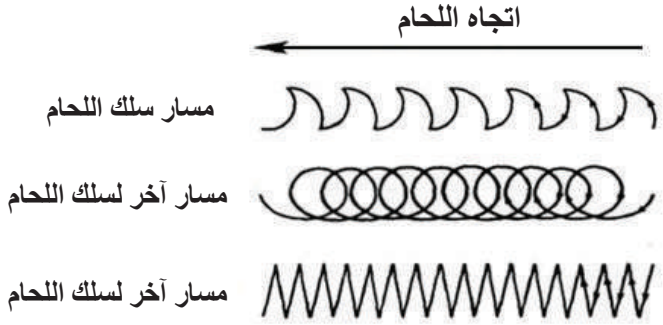
عند البدء بعماية اللحام يُضاف معدن إلى القطعة المراد لحامها، وذلك عن طريق صهر سلك وإضافته الى حوض الانصهار للحصول على لحام قوي، وتوجد هذه الأسلاك بأقطار مختلفة ومن مواد مختلفة تناسب معدن القطعة المراد لحامها وسُمكها، ويُختار قطر سلك اللحام بصفة عامّة بحيث لا يزيد عن سُمك القطع المراد لحامها. وفي ما يأتي توضيح لأوضاع وحركات سلك اللحام:

1- وضع طرف سلك اللحام في حوض الانصهار بزاوية ميل (30°–40°)، ويُلاحظ اتّجاه سلك اللحام وكذلك المشعل، وتجري عملية التغذية لسلك اللحام عن طريق حركته. كما في الشكل (14).



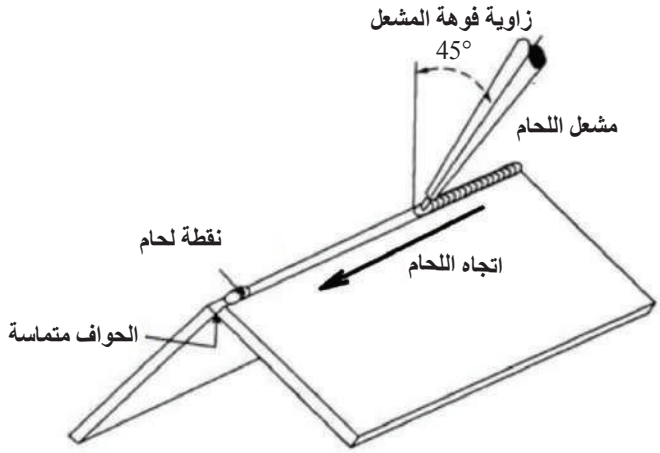
الشكل (14): زاوية سلك اللحام (30°-40°).

2- تحريك مشعل اللحام حركة دائرية وسلك اللحام حركة تردّدية، كما هو موضّح في الشكل (15)، وذلك للحصول على خطّ لحام منتظم.



الشكل (15): مسار سلك اللحام.

3- عند نهاية خطّ اللحام تقلّ زاوية ميل المشعل لتصبح بحدود (45° – 55°)، وذلك لتقليل تركيز الحرارة، وفي الوقت نفسه تقل زاوية ميل السلك، وفي نقطة النهاية تُضاف كمّية من معدن سلك اللحام المنصهر، ويُقرّب المخروط الداخلي من حوض الانصهار، كما في الشكل (16).



الشكل (16): زاوية ميل المشعل في اللحام الزاوية الخارجية من دون سلك على طول اللحام ونهاية اللحام.

الإرشادات الفنّية الواجب اتّباعها، عند اللحام بالأُكسي أستلين:

توجد عدّة إرشادات يجب الأخذ بها عند إنجاز أعمال اللحام المختلفة وتقسم إلى ثلاثة أقسام: منها قبل البدء في اللحام، ومنها في أثناء اللحام، ومنها بعد الانتهاء من اللحام.

أوّلًا: إرشادات ما قبل اللحام:

1 - نزع أغطية حماية الصمّامات من الأسطوانات.

2 - تثبيت الأسطوانات بسلسلة في جسم ثابت، مع مراعاة أن تكون قائمة (في وضع رأسي)، أو تثبيتها بشكل قائم على التجهيزات المحمولة، وذلك في أثناء العمل في الأماكن البعيدة.

3 - عدم استخدام القوّة في أثناء تركيب المنظّم.

4 - عدم السماح بتسرّب الغاز مطلقًا.

5 - وصل الأطراف الأخرى من خراطيم الأكسجين والأستلين بفوّهة الدخول في مشعل اللحام، والتأكّد من عدم وجود أسنان تالفة.

6 - اختبار تسرّب الغاز لمعدّات (الأُكسي أستلين) برغاوي الصابون كلّ فترة.

7 - الإعداد الجيّد لحواف خط اللحام.

8 - اختبار سلك الإضافة بقطر يناسب سُمك المعدن المراد لحامه.

9 - اختبار رأس المشعل المناسب لصهر سُمك المعدن المراد لحامه.

10- ضبط ضغط الغاز في المنظّمات بالقدر المناسب لعملية اللحام.

11- إشعال مخلوط الغازين، وتعديل اللهب المناسب لعملية اللحام.

12- اختيار وضع مريح ومناسب لأداء عملية اللحام.

ثانيًا: إرشادات في أثناء اللحام

1- عدم اللحام والأسطوانات في وضع أفقي، بل يجب وضعها في وضع رأسي قبل اللحام بمدّة.

2- وضع مكان اللحام على بعد (3) أمتار من الأسطوانات.

3- وضع بؤرة اللهب في بداية خطّ اللحام على مسافة تساوي قطر سلك الإضافة المستعمل تقريبًا.

4- غمس طرف سلك الإضافة في منطقة اللحام بانتظام حتّى نهاية الخطّ.

5- مراعاة وجود مخروط اللهب أمام منطقة اللحام باستمرار؛ لضمان التغلغل الكامل.

6- تحريك المشعل على خطّ اللحام بالسرعة المناسبة.

7- مراعاة زاوية ميل المشعل وسلك الإضافة، واستمرار انضباطها على امتداد طول خطّ اللحام.

ثالثًا: إرشادات ما بعد الانتهاء من اللحام:

1- إطفاء المشعل وإرخاء صمّامات المنظّمات وقفل صمّامات الأسطوانات.

2- تخزين الأسطوانات في وضع رأسي.

3- رفع القطعة الملحومة بالملقط لتبريدها ثمّ تجفيفها.

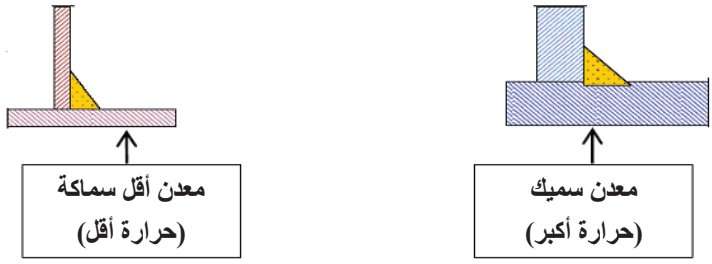
4- تنظيف سطح شريط اللحام بفرشاة السلك، وكذلك تنظيف خطّ النفاذ الخلفي.

5- إجراء الاختبارات اللازمة على وصلة اللحام؛ للتأكّد من جودتها.

المهارات الأساسية عند اللحام بوحدة الأُكسي أستلين:

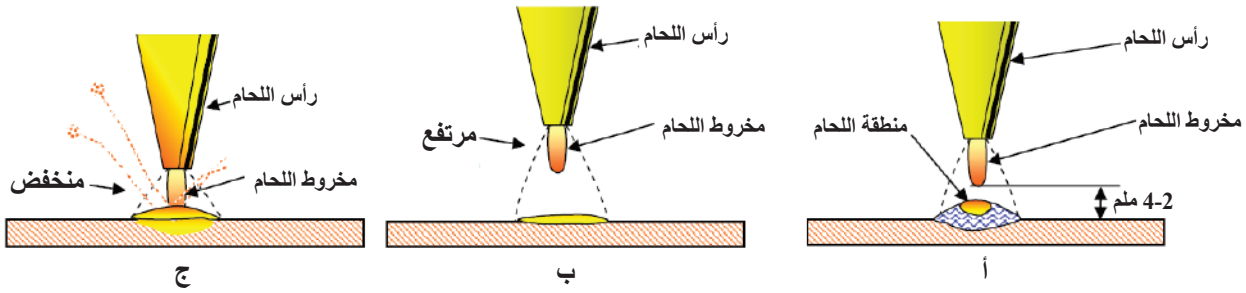
عند تنفيذ عمليات اللحام بالأُكسي أستلين بالطريقة الصحيحة، نحصل على لحام بمواصفات وجودة عالية، ويمكن تحقيق ذلك عن طريق التركيز على عدّة أمور، منها:

1- **كمّية الحرارة:** لابدّ لكمّية الحرارة الناتجة من اللهب أن تكون مناسبة لسُمك المعدن، وذلك للحصول على انصهار جيّد بموضع اللحام، والذي يُحدّد كمّية الحرارة هو سُمك المعدن وشكل الوصلة، فإذا زاد سُمك المعدن زادت كمّية الحرارة وهذا يجعلنا نستعمل مقاسًا أكبر لرأس المشعل، وبالنسبة إلى شكل الوصلة إذا كانت زاوية داخلية فتحتاج إلى كمّية حرارة أكثر ممّا ستحتاج إذا كانت زاوية خارجية. ويُبيّن الشكل (17) كمّية الحرارة حسب سُمك المعدن.



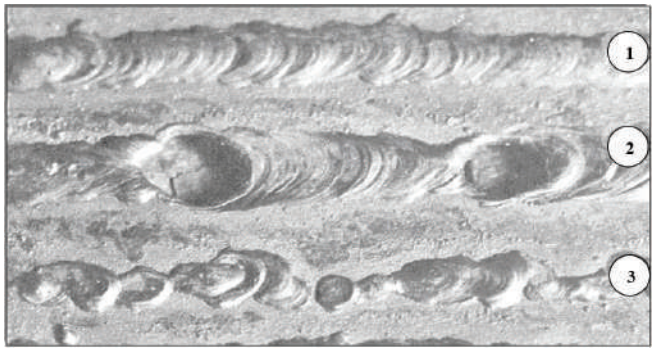
الشكل (17): كمية الحرارة حسب سُمك المعدن.

2- **المسافة بين المخروط الداخلي والمشغولة:** هي المسافة المحصورة بين طرف مخروط اللهب الداخلي وبركة انصهار المعدن الأساسي والتي يجب أن تكون من mm (2-4)، كما في الشكل (18 - أ)، ويتغيّر ذلك حسب مقاس رأس اللحام وسُمك القطعة وحجمها. ويُراعى عدم المبالغة في المسافة بين مخروط اللهب وحوض الانصهار (اللحام)؛ لأنّها تؤدّي إلى صعوبة التحكّم في منطقة الانصهار. كما في الشكل (18 - ب). كما أنّ المسافة القريبة جدًّا تتسبّب في ارتفاع حرارة رأس اللحام واحتمال تلامس رأس اللحام مع المعدن المنصهر؛ فتحدث فرقعة متقطّعة ويُسبّب ذلك تناثر المعدن المنصهر خارج منطقة الانصهار، وكذلك تحدث الفرقعة نتيجة اقتراب اللهب الأزرق من سطح المعدن أو السلك. كما في الشكل (18 - ج).



الشكل (18): المسافة بين مخروط اللحام ومنطقة اللحام.

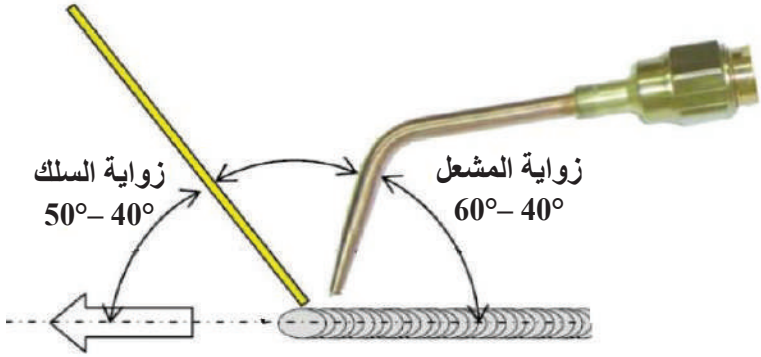
3- سرعة اللحام: هي سرعة تحرّك المشعل في أثناء اللحام، إذا كانت الحركة صحيحة والسرعة مناسبة فنحصل على انصهار واندماج سلك الإضافة مع معدن المشغولة. ومن ثمّ، نحصل على خطّ لحام جيّد ومتناسق التموج، أمّا إذا كانت السرعة عالية فتؤدّي الى نقص في التغذية من سلك الإضافة وهذا يُنتج لنا خطّ لحام ضعيفًا وقليل الحجم مع تموّج غير منتظم، كما أنّ السرعة البطيئة تؤدّي الى زيادة حجم وسمك وعرض خطوط اللحام، مع احتمالية حدوث ثقوب في خطوط اللحام، كما هو موضّح في الشكل (19)؛ إذ يُبيّن رقم (1) سرعة لحام مناسبة، ورقم (2) سرعة لحام بطيئة، ورقم (3) سرعة لحام مبالغ فيها.



الشكل (19): سرعة مشعل اللحام.

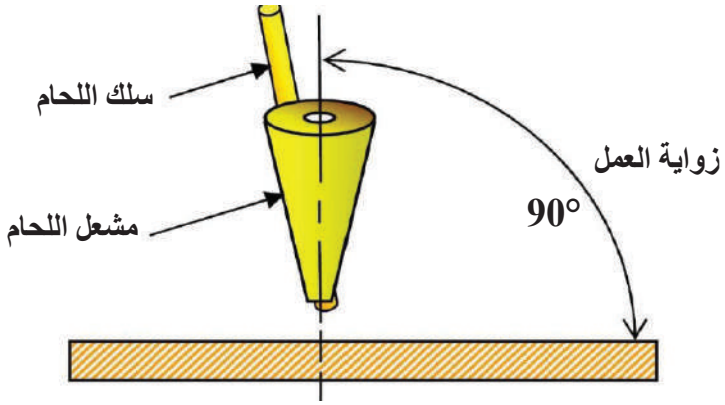
4- زاوية المشعل وسلك اللحام: هي الوضعية أو الميل الذي يكون عليه المشعل وسلك اللحام بهدف تركيز الحرارة على سلك الإضافة والمشغولة تركيزًا صحيحًا، وتوجد زاويتان أساسيّتان:

أ - **زاوية المشعل:** هي الزاوية المحصورة بين محور رأس المشعل والمحور الطولي لقطعة العمل، وتتراوح من (40°-60°)، ويجب مراعاة أنّه كلما قلّ سُمك جدار معدن الماسورة قلّت زاوية ميل المشعل. كما في الشكل (20).



الشكل (20): زاوية المشعل وسلك اللحام.

ب- **زاوية العمل:** هي الزاوية المحصورة بين محور رأس اللحام والمحور العرضي لقطعة العمل، كما هو موضّح في الشكل (21)، وتختلف هذه الزاوية باختلاف شكل قطعة العمل وكذلك باختلاف وضعية اللحام، وتُفيد هذه الوضعية في تركيز الحرارة على قطعة العمل وسلك اللحام تركيزًا صحيحًا.



الشكل (21): زاوية العمل.

وصلات اللحام بالأُكسي أستلين:

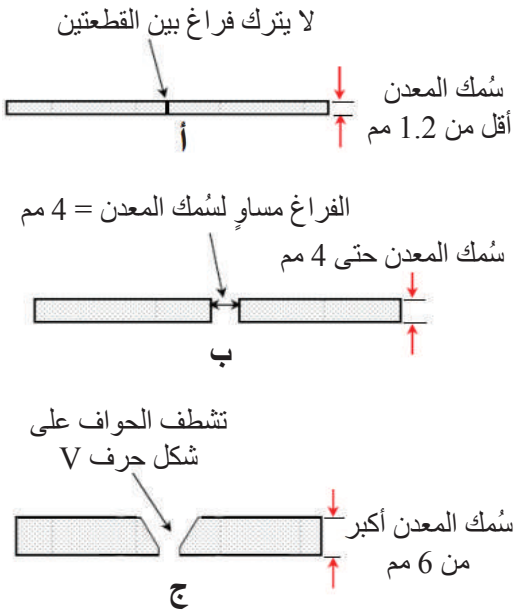
تُعرف وصلة اللحام بقطعتين معدنيتين مجمعتين حسب الشكل المراد تنفيذه، وتوجد عدّة أشكال لوصلات اللحام بالأُكسي أستلين، نذكر منها:

1- **الوصلة التناكبية (التقابلية):** وتُنفّذ عن طريق وضع القطعتين بشكل تقابلي، وأهمّ ما في هذه الوصلة تحقيق النفاذ الكامل للحام، وذلك بترك فراغ بين حافّتَي القطعتين بمقدار نصف السُّمك أو شطف حوافّ القطعتين للحصول على شكل (V)، وبالنسبة إلى الفراغ الذي بينهما يكون كما يأتي:

أ - عندما لا يتجاوز سُمك المعدن (1.2) mm فلا يوجد فراغ، كما في الشكل (22 - أ).

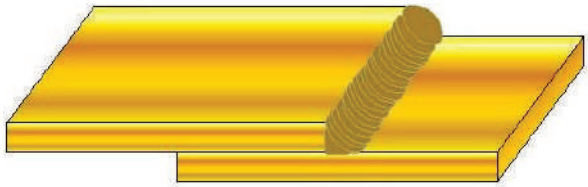
ب- عندما يكون سُمك المعدن أكبر من (1.2) mm حتّى (4) mm فيساوي الفراغ سُمك المعدن، كما في الشكل (22 - ب).

ج- عندما يزيد سُمك المعدن عن (4) mm ويصل إلى (4) mm أو أكثر، فيُفضّل شطف المعدن على شكل حرف (V) وتكون حركة اللحام من اليسار إلى اليمين، كما في الشكل (22 - ج).



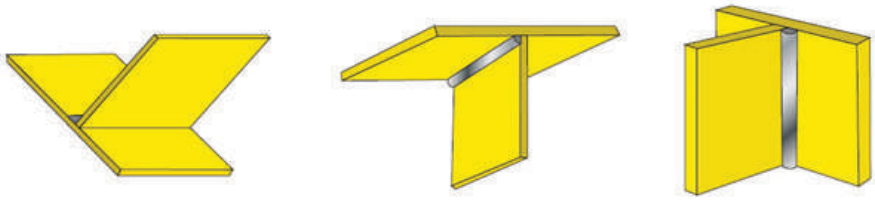
الشكل (22): لحام القطع بسُمك مختلف.

2- **الوصلة الانطباقية:** ينطبق جزء من قطعة العمل فوق جزء من القطعة الأخرى، وتُعدّ هذه الوصلة أقوى من السابقة؛ لأنّ الجزء الأسفل يعمل مسندًا للوصلة. يمكن أن يجري اللحام من جهة واحدة، أو من الجهتين لزيادة المتانة، انظر إلى الشكل (23).



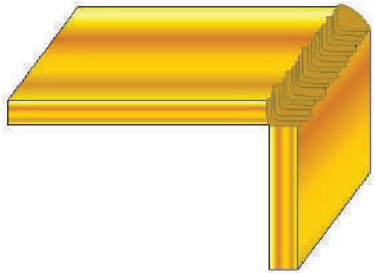
الشكل (23): الوصلة الانطباقية.

3- **وصلة الزاوية الداخلية (حرف T):** تُشكّل قطعة العمل زاوية قائمة، ويمكن أن يكون اللحام من جهة واحدة او جهتين لزيادة متانة الوصلة، انظر إلى الشكل (24).



الشكل (24): وصلة لحام داخلية.

4- **وصلة الزاوية الخارجية (الركنية):** تكون طريقة تنفيذ الزاوية الخارجية بوضع طرفَي القطعتين بشكل متعامد؛ إذ تُشكّل قطع العمل زاوية قائمة أو زاوية غير قائمة، وتكون حوافّ القطع متلامسة تمامًا لا يوجد بينها فراغ، وعندما يزيد سُمك المعدن عن mm (1.5) فيجب ترك فراغ مناسب بين حوافّ القطع. وقد يكون اللحام من الخارج أو من الداخل. انظر إلى الشكل (25).



الشكل (25): وصلة اللحام الخارجية.

مزايا عمليات اللحام بالأُكسي أستلين وعيوبها

من مزايا عملية اللحام بالأُكسي أستلين ما يأتي:

1- الاقتصادية العالية مع بساطة الأجهزة المستعملة في اللحام.
2- توفير الطاقة اللازمة لصهر المشغولة وسلك الإضافة، من دون الحاجة إلى مصادر التيّار الكهربائي.
3- لحام الوصلات التي لا يمكن الوصول إليها بأنواع اللحام الأخرى.
4- سُمك المشغولات الممكن لحامها من mm (1 - 0.5).
5- إمكانية اللحام في الهواء الطلق.

6- إمكانية استعمال المشعل لأغراض أخرى مثل التسخين والقطع.
7- استعمال الزهر الصلب الكربوني في لحام الألمنيوم.

على الرغم من هذه المزايا وبساطة اللحام بالأُكسي أستلين، إلّا أنّ له العديد من العيوب وهي:

1- لا يمكن استعماله في لحام الفولاذ المقاوم للصدأ (Stainless steel).
2- سرعة اللحام منخفضة جدًّا.
3- معدّل انصهار منخفض يصل تقريبًا إلى (1) كجم / ساعة.
4- الحدّ الأقصى لسُمك المشغولة (6) mm.

احتياطات السلامة المتعلّقة بمعدّات اللحام بالأُكسي أستلين

1- عند تخزين الأسطوانات يجب أن تكون في أماكن جافّة وذات تهوية جيّدة وبعيدة عن أشعة الشمس أو أي مصدر حراري؛ لأنّ تعرضها لحرارة تزيد على (45°) يؤدّي إلى انفجارها.
2- يجب أن تكون الإضاءة الكهربائية في مستودعات أنابيب الغاز من النوع المغلق، ولا تُحدِث شررًا عند إضاءتها.
3- يجب أن تكون مستودعات التخزين للأسطوانات خالية من الموادّ المشتعلة.
4- عند تخزين الأسطوانات يجب أن توضع رأسيًّا ومثبّتة بسلاسل التثبيت تجنّبًا لوقوعها.
5- عدم استعمال الرافعات الشوكية عند تحميل أو تنزيل الأسطوانات.

ابحث في مصادر المعرفة المتاحة عن عملية القطع باستعمال وحدة الأُكسي أستلين، واكتب تقريرًا عنها وشارك معلمك وزملاءك ما توصّلت إليه.

القياس والتقويم

التقويم الذاتي

أستطيع بعد فهم هذا الدرس أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أُبيّن مفهوم اللحام بالأُكسي أستلين.			
2	أُبيّن مكوّنات وأجزاء وحدة اللحام بالأكسي أستلين.			
3	أتعرّف أنواع الشعلات الناتجة من اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أذكر مزايا عملية اللحام بالأُكسي أستلين وعيوبها.			
5	أُبيّن أشكال وصلات اللحام.			

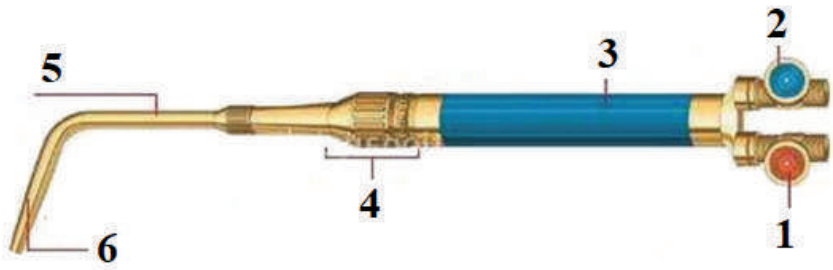
أسئلة الدرس

1- اذكر مكوّنات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.

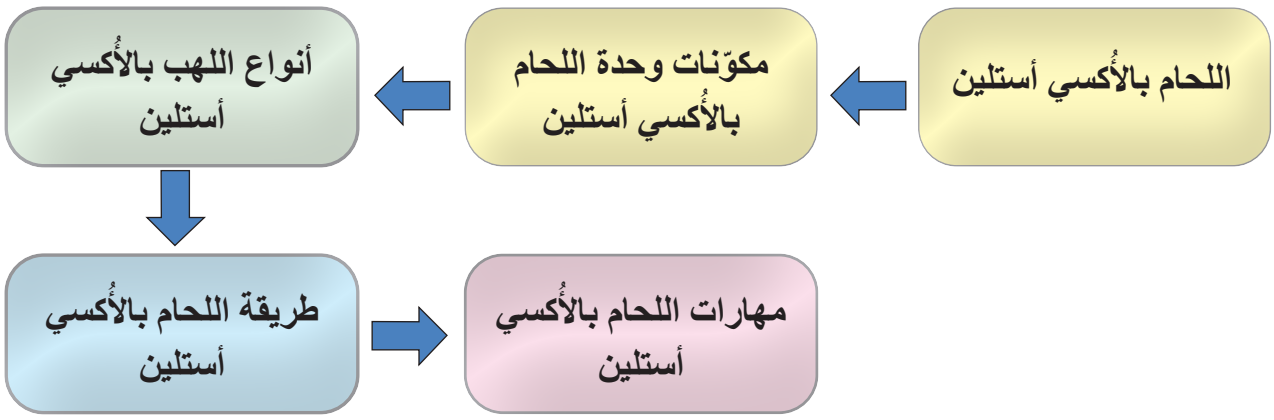
2- قارن بين أنواع اللهب من حيث نسبة الأكسجين والأستلين.

3- وضّح مع الرسم وصلات اللحام بالأُكسي أستلين.

4- يُبيّن الشكل الآتي مشعل اللحام، اكتب في جدول مسمّيات الأجزاء المشار اليها بالأرقام.



الخريطة المفاهيمية



تمارين الوحدة

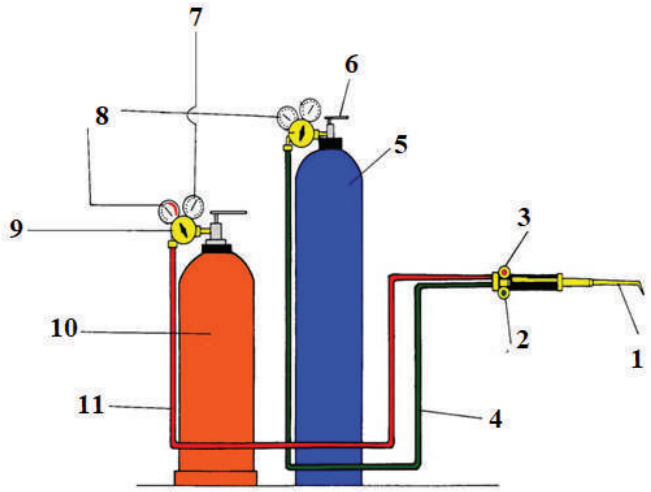
1- عدّد أجزاء معدّات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.

2- اذكر أنواع اللهب في اللحام بالأُكسي أستلين.

3- وضّح أهمّية منظّمات الغاز في وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.

4- بيّن مبدأ عمل مشعل اللحام.

5- يُبيّن الشكل الآتي وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، اكتب في جدول ما تُشير إليه الأرقام.



6- اذكر أشكال وصلات اللحام بالأُكسي أستلين.

7- ما إجراءات السلامة المتعلّقة بمعدّات اللحام بالأُكسي أستلين؟

8- ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

1. من مكوّنات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين أسطوانة غاز الأستلين، وغاز الأستلين قابل للاشتعال ورمزه الكيميائي:

أ . O_2 ب. C_2H_2 جـ. H_2O د. C_3H_3

2. يحتوي منظّم ضغط الأسطوانة في وحدة اللحام بالأكسي أستلين على منطقة للضغط العالي ومنطقة للضغط المنخفض؛ إذ تكون منطقة الضغط العالي:

أ . من مخرج الأسطوانة حتّى صمّام الإغلاق.

ب. من صمّام التحكّم حتّى صمّام الإغلاق.

جـ. من مخرج الأسطوانة حتّى صمّام خروج الغاز.

د. من صمّام الأمان حتّى صمّام الإغلاق.

3. اللهب الذي تكون فيه نسبة الأستلين أعلى من نسبة الأكسجين:

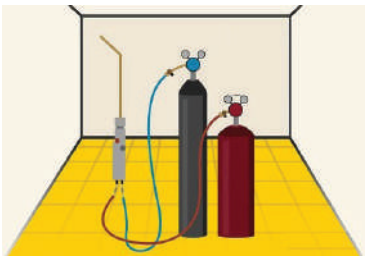
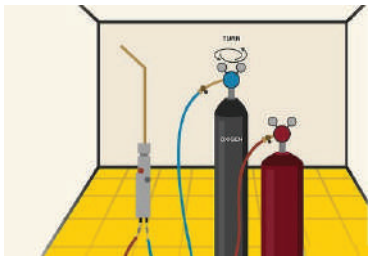
أ . اللهب المكربن. ب. اللهب المتعادل.

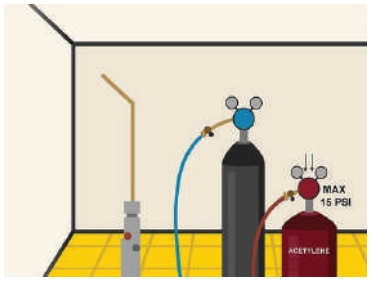
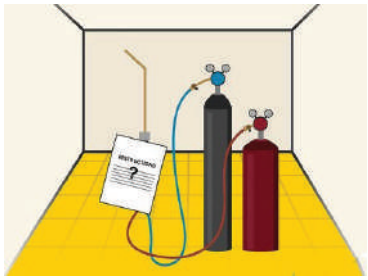
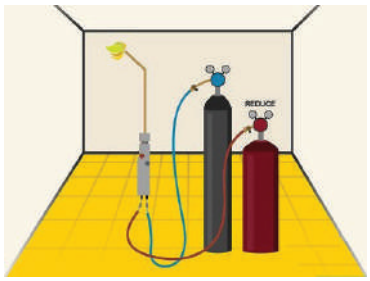
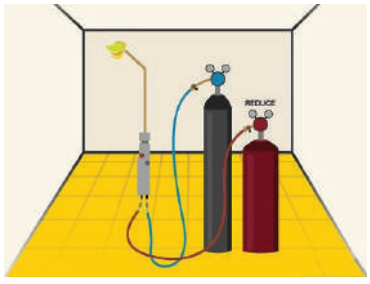
جـ. اللهب المؤكسد. د. جميع ما ذكر.

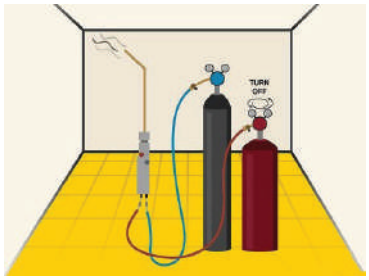
التمارين العملية :

التمرين الأول: إعداد شعلة أُكسي أستلين.

التعليمات الواجب اتّباعها في أثناء العمل:	
• ارتداء اللباس الخاصّ بالمشغل، وتجهيز أدوات السلامة العامّة اللازمة للعمليات اللحام. • الحرص على نظافة مكان العمل وخلّوه من الزيوت والمواد القابلة للاشتعال. • التأكّد من توافر معدّات الوقاية وطفّايات الحريق.	
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن: • يُشغّل وحدة اللحام بالأكسي أستلين. • يضبط شعلة وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.	
متطلّبات تنفيذ التمرين:	
العُدَد اليدوية والتجهيزات	**المواد الأوّلية**
• مجموعة لحام أُكسي أستلين، مقدح (ولّاعة).	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ الزيّ الخاصّ بعمليات اللحام.	
2	- جهّز منطقة العمل، وتأكّد من معدّات وأدوات السلامة العامّة.	
3	- جهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، وتأكّد من سلامة توصيلات منظّمات الغاز والخراطيم وخلوها من أيّة تسرّبات، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
4	- أدِر برغي ضبط ضغط منظّم الأكسجين ببطء حتّى تصل إلى الضغط المطلوب، وحدّد الضغط على مقياس ضغط التسليم، وأغلق صمّام الأكسجين بالشعلة، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
5	- اضبط برغي ضبط الأستلين على الضغط المطلوب، بحيث لا يتجاوز الضغط (15 PSI)، ثمّ أغلق صمّام الأستلين عند الوصول إلى الضغط المطلوب، مع ملاحظة عدم فتح الصمّام أكثر من دورة كاملة. كما في الشكل (3).	 الشكل (3)
6	- تحقّق من تعليمات الشركة المُصنّعة للشعلة قبل البدء. على الرغم من أنّ معظم المشاعل تتّبع إجراءات التشغيل نفسها، إلّا أنّ إرشادات الشركة المُصنّعة قد تحتوي على نصائح مفيدة أو تحذيرات خاصّة لا بدّ من قراءتها جيّدًا قبل اتّباع الخطوات أو النصائح من أيّ مصادر أخرى، كما في الشكل (4).	 الشكل (4)
7	- افتح شعلة صمام الأستلين ½ دورة، وأشعل اللهب بوساطة الولّاعة، في حال لم يظهر لهب لأيّ سبب، أوقف صمّام الأستلين وتأكّد من التوصيلات، كما في الشكل (5).	 الشكل (5)
8	- قلّل تدفّق الأستلين عن طريق ضبط صمّام الأستلين المشعل. يجب أن يبدأ اللهب في إصدار دخان أسود حول الحواف، وعند ظهور الدخان الأسود ابدأ في زيادة تدفّق الأستلين مرّة أخرى بما يكفي للتخلّص من الدخان الأسود. يجب أن تبقى الشعلة متّصلة بالطرف (يجب ألّا تظهر كما لو أنها "قفزت بعيدًا" عنها)، ويجب أن ينتج عن إجراء الإضاءة لهب محايد أزرق اللون ولا يصدر صوتًا، كما في الشكل (6).	 الشكل (6)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
9	- أوقف تشغيل الشعلة، وأعد ترتيب منطقة العمل، واتّبع تعليمات معلمك، كما في الشكل (7).	 الشكل (7)
10	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- وضّح كيفية ضبط شعلة اللحام بالأُكسي أستلين.

2- ما أدوات السلامة العامّة اللازمة لهذا التمرين؟

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أُشغّل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
5	أضبط شعلة وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			

التمارين العملية :

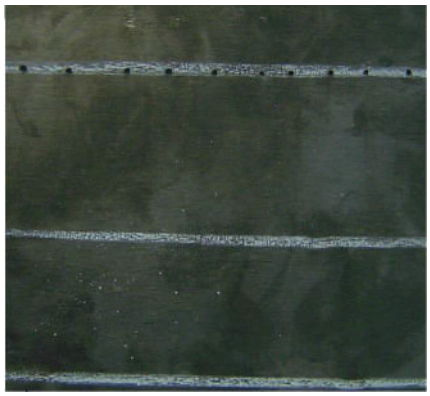
التمرين الثاني: لحام خطوط صهر باستعمال سلك لحام (لحام مسطح)

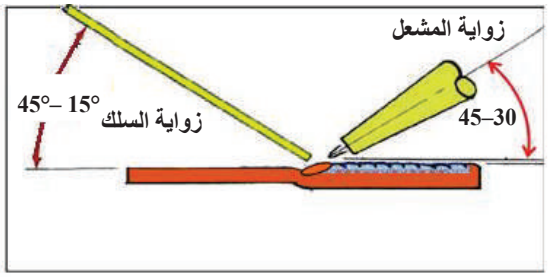
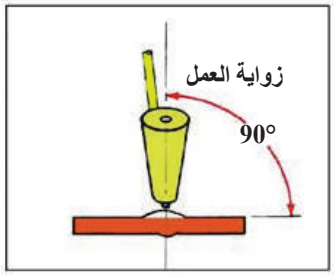
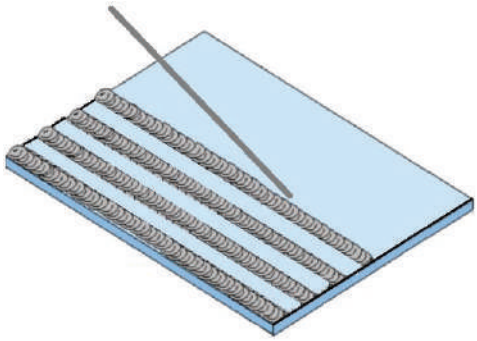
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يُشغّل معدّات اللحام بالأُكسي أستلين ويضبط الإشعال.
- يعمل خطوطًا انصهارية متكرّرة باستعمال سلك اللحام على قطعة العمل.
- يُنفّذ عملية اللحام بدقّة.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• طاولة عمل، مجموعة لحام أُكسي أستلين، قلم علام، فرشاة تنظيف سلك، مقدح (ولّاعة)، ملقط.	قطعة صاج، سلك لحام.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ الزي المناسب لعملية اللحام.	 الشكل (1)
2	- جهّز قطعة العمل ونظّفها من الصدأ إن وُجد.	
3	- ضع قطعة العمل (الصاج) على طاولة العمل بشكل مسطّح بحيث تكون في مستوى النظر، وخطّطها بقلم العلام. كما في الشكل (1).	
4	- اختر رأس مشعل اللحام المتوافق مع سُمك قطعة العمل.	الشكل (2)
5	- اضبط ضغط الأكسجين والأستلين بوساطة ذراع الضبط على المنظّم.	
6	- افتح صمام الأستلين، ثمّ أشعل اللهب بوساطة المقدح.	
7	- افتح صمّام الأكسجين لإضافته، واضبطه على اللهب المتعادل. كما في الشكل (2).	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
8	- أمسك سلك اللحام باليد اليسرى ومشعل اللحام باليد اليمنى.	
9	- اضبط زاوية ميل المشعل (حسب سُمك قطعة العمل) بحدود (45° - 30°)، وزاوية ميل السلك (45°-15°) باتّجاه خط اللحام. كما في الشكل (3).	
10	- سخّن بداية موضع خطّ اللحام في قطعة العمل؛ بتوجيه نواه اللهب على بداية خطة اللحام لتكوين بركة اللحام.	
11	- اغمس طرف سلك الترسيب كي يذوب جزء منه.	الشكل (3)
12	- استمرّ في تحريك مشعل اللحام وسلك اللحام بسرعة منتظمة مع استمرار غمس السلك.	
13	- كرّر عملية اللحام حتّى الوصول إلى خطّ لحام مستقيم.	
14	- نفّذ عمليات وخطوط اللحام بسلك اللحام وفقًا للرسم التنفيذي وشروط اللحام. كما في الشكل (4)	
15	- أطفئ لهب المشعل بالطريقة الصحيحة، وأغلق صمامات وحدة اللحام، وفرّغ الغازات من الخراطيم.	الشكل (4)
16	-ارفع قطعة العمل بوساطة الملقط وبرّدها وجفّفها.	
17	- نظّف اللحام بفرشاة السلك، واكشف على حالة اللحام بالنظر. كما في الشكل (5).	الشكل (5)
18	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- ما أدوات السلامة العامّة التي تحتاج إليها لتنفيذ التمرين؟

2- ما زاوية ميل سلك اللحام وزاوية ميل مشعل اللحام؟

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أُشغّل معدّات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، واضبط الشعلة جيّدًا.			
5	أعمل خطوطًا انصهارية متكرّرة؛ باستعمال سلك اللحام على قطعة العمل.			

التمارين العملية :

التمرين الثالث: لحام زاوية داخلية لوصلة (T) باستعمال سلك لحام.

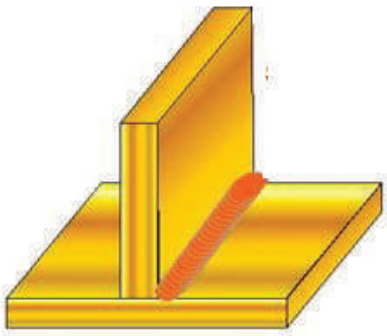
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يشغّل معدّات لحام الأُكسي أستلين ويضبط الإشعال.
- يعمل خطّ لحام زاوية داخلية باستعمال سلك لحام على قطعتين متعامدتين على شكل حرف (T).

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• طاولة عمل، وحدة لحام أُكسي أستلين، مسطرة، ملقط، مقدح (ولّاعة)، فرشاة تنظيف سلك.	قطعة صاج عدد (2)، أسلاك لحام.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- ارتدِ الزيّ المناسب لعملية اللحام.	
2	- جهّز قطعة العمل ونظّفها من الصدأ إن وجد.	
3	- اختر رأس مشعل اللحام المتوافق مع سُمك قطعة العمل.	
4	- اضبط ضغط الأكسجين والأستلين بوساطة ذراع الضبط على المنظّم.	
5	- افتح صمام الأستلين، ثمّ أشعل اللهب بوساطة المقدح.	جهاز سحب الأدخنة المتصاعدة الشكل (1)
6	- افتح صمّام الأكسجين لإضافته، واضبطه على اللهب المتعادل، كما في الشكل (1).	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
7	- ضع قطعتَي العمل (الصاج) على طاولة العمل بشكل مسطّح، بحيث تكونان في مستوى أفقي ومتعامدتين لتشكيل زاوية داخلية، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)
8	- أمسك سلك اللحام ويد المشعل، واضبط زاوية المشعل وسلك اللحام، كما في التمرين السابق.	
9	- وجّه رأس نواة اللهب إلى بداية خط اللحام حتّى تتكوّن بركة لحام.	
10	- اعمل نقاط لحام في المنتصف ثمّ على الأطراف، مع مراعاة ترك فراغ مناسب بين الحوافّ بحدود (2) mm. كما في الشكل (3).	الشكل (3)
11	- نفّذ اللحام بشكل مقابل لتقليل التأثير الحراري على قطعة العمل. مع مراعاة التوافق بين صهر سلك اللحام وسرعة مشعل اللحام؛ للحصول على لحام سليم.	
12	- نفّذ عملية اللحام على طول الزاوية الداخلية بسلك اللحام وفقًا لشروط اللحام الجيّد. كما في الشكل (4).	الشكل (4)
13	- أطفئ لهب المشعل بالطريقة الصحيحة، وأغلق صمّامات وحدة اللحام بالأكسي أستلين، وفرّغ الغازات من الخراطيم.	
14	- ارفع قطعة العمل بوساطة الملقط وبرّدها وجفّفها، ونظّف اللحام بفرشاة السلك.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
15	- اكشف على حالة اللحام بالنظر والاختبارات (عند اللزوم حسب تعليمات المعلّم) لكشف العيوب، وإعادة إصلاح عمليات اللحام إن كان بها عيوب عند الفحص.	
16	- أغلق وحدة اللحام بشكل آمن، ثمّ سلّم قطعة العمل للمعلّم لإجراء عملية التقييم.	
17	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- اذكر معدّات الوقاية الشخصية التي تحتاج إليها لتنفيذ التمرين.

2- علّل: تنفيذ اللحام بشكل مقابل لقطعة العمل.

3- اكتب التقرير العملي للتمرين في دفترك.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أُشغّل معدّات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، واضبط الشعلة جيّدًا.			
5	أعمل خطّ لحام زاوية داخلية باستعمال سلك اللحام على قطعتين متعامدتين.			

التمارين العملية :

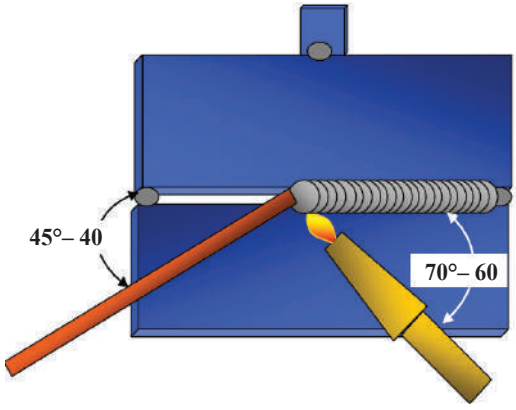
التمرين الرابع: لحام وصلة تقابلية باستعمال سلك اللحام على مستوى النظر

يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يُشغّل معدّات لحام الأُكسي أستلين ويضبط الإشعال.
- يعمل لحام وصلة تقابلية باستعمال سلك لحام على قطعتين.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
• طاولة عمل، وحدة لحام أُكسي أستلين، مسطرة، ملقط، مقدح (ولّاعة)، فرشاة تنظيف سلك.	قطعة صاج عدد (2)، أسلاك لحام.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- شغّل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين واضبط الشعلة، كما تعلّمت في التمارين السابقة.	
2	- ضع قطعتَي العمل (الصاج) على طاولة العمل بشكل مسطّح، بحيث تكونان في مستوى أفقي ومتقابلتين وبينهما مسافة تساوي نصف قطر السلك.	
3	- وجّه رأس نواه اللهب إلى بداية خطّ اللحام كي تتكوّن بركة لحام، ثمّ اعمل نقاط لحام في المنتصف، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
4	- راعِ التوافق بين صهر سلك اللحام وسرعة مشعل اللحام بهدف الحصول على لحام سليم.	

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
5	- نفّذ عمليات اللحام بسلك اللحام وفقًا للرسم التنفيذي وشروط اللحام؛ لتحصل على لحام الوصلة بالشكل المطلوب، كما في الشكل (2).	الشكل (2)
6	- أغلق وحدة اللحام بطريقة آمنة، ثم سلّم قطعة العمل للمعلّم لإجراء عملية التقييم.	
7	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- اذكر خطوات تشغيل وحدة اللحام بالأكسي أستلين.

2- إذا كانت سماكة المعدن mm (4)، فكم تكون مسافة الفراغ بين القطعتين؟

3- اكتب التقرير العملي للتمرين في دفترك، وناقش معلّمك في ما ورد فيه.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أُشغّل معدّات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، واضبط الشعلة جيّدًا.			
5	أعمل لحام وصلة تقابلية باستعمال سلك لحام على قطعتين.			

التمارين العملية :

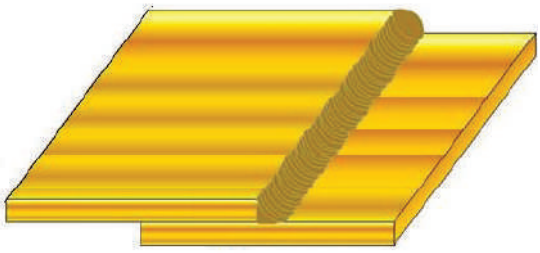
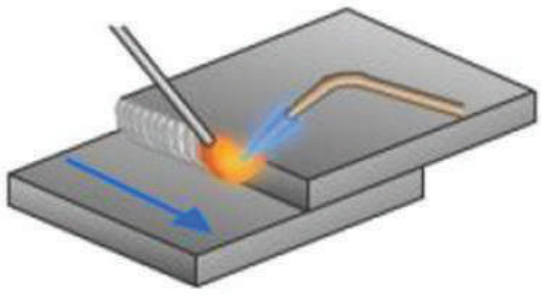
التمرين الخامس: لحام وصلة تراكبية باستعمال سلك اللحام.

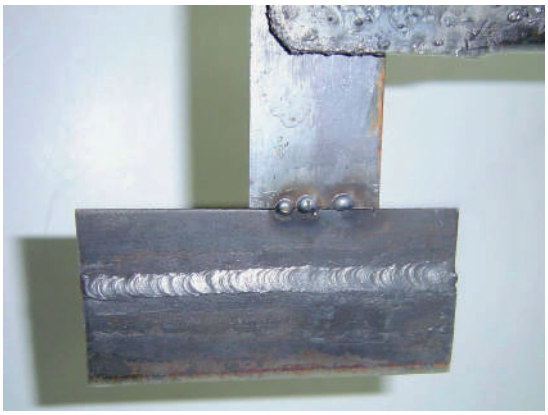
يُتوقّع من الطالب بعد الانتهاء من هذا التمرين، أن:

- يُشغّل معدّات لحام الأُكسي أستلين ويضبط الإشعال.
- يعمل لحام وصلة تراكبية باستعمال سلك لحام على قطعتين.

متطلّبات تنفيذ التمرين:

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأوّلية
طاولة عمل، وحدة لحام أُكسي أستلين، مسطرة، ملقط، مقدح (ولّاعة)، فرشاة تنظيف سلك.	قطعة صاج عدد (2)، أسلاك لحام.

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
1	- شغّل وحدة اللحام بالأُكسي أستلين واضبط الشعلة، كما تعلّمت في التمارين السابقة.	
2	- ضع قطعتَي العمل (الصاج) على طاولة العمل بشكل مسطّح، بحيث تكونان في مستوى أفقي ومتعامدتين لتشكيل زاوية قائمة من الخارج، كما في الشكل (1).	 الشكل (1)
3	- وجّه رأس نواه اللهب إلى بداية خطّ اللحام كي تتكوّن بركة لحام، ثمّ اعمل نقاط لحام في المنتصف، كما في الشكل (2).	 الشكل (2)

	خطوات الأداء	الرسم التوضيحي
4	- راعِ التوافق بين صهر سلك اللحام وسرعة مشعل اللحام بهدف لحصول على لحام سليم.	 الشكل (3)
5	- نفّذ عمليات اللحام بسلك اللحام وفقًا للرسم التنفيذي وشروط اللحام لتحصل على لحام الوصلة بالشكل المطلوب، كما في الشكل (3).	
6	- أغلق وحدة اللحام بطريقة آمنة، ثم سلّم قطعة العمل للمعلّم لإجراء عملية التقييم.	
7	- نظّف مكان العمل، ثمّ اجمع العدد والأدوات واحفظها في المكان المخصّص لها.	

القياس والتقويم

1- اذكر خطوات تشغيل وحدة اللحام بالأكسي أستلين.

2- كيف تُركّب القطعة العلوية على القطعة السفلية عند عمل وصلة تراكبية؟

3- اكتب التقرير العملي للتمرين في دفترك، وناقش معلمك بما ورد فيه.

التقويم الذاتي

يُمكنني بعد تنفيذ هذا التمرين، أن:

الرقم	مؤشر الأداء	ممتاز	جيد	بحاجة إلى تحسين
1	أرتدي زيّ العمل المهني ووسائل الوقاية الشخصية.			
2	أُجهّز مكان العمل قبل البدء بتنفيذ التمرين.			
3	أُجهّز وحدة اللحام بالأُكسي أستلين.			
4	أُشغّل معدّات وحدة اللحام بالأُكسي أستلين، واضبط الشعلة جيدًا.			
5	أعمل لحام وصلة تقابلية باستعمال سلك لحام على قطعتين.			

مسرد المصطلحات

Absolute coordinates System	نظام المحاور المطلقة
Base Zero Point System	نقطة الصفر الأساسية
Block number	رقم الجملة (المقطع) داخل البرنامج
carburetor flame	اللهب المكربن
Chuck	ظرف المخرطة
CNC turning	المخارط في ماكِنات التحكّم الرقمي بالحاسوب
Circular Interpolation Clockwise	حركة القطع الدائرية في اتّجاه عقارب الساعة
Circular Interpolation counterclockwise	حركة القطع الدائرية في عكس اتّجاه عقارب الساعة
Compensation	تعويض
Control panel	لوحة التحكّم
coolant supply	تغذية سائل التبريد
Contouring control	التحكّم الكنتوري
Computer Numerical Control	التحكّم الرقمي بالحاسوب
Dry Run	التشغيل الجافّ
Dwell	زمن التوقّف
equalized flame	اللهب المتعادل
EMERGENCY SHUTDOWN	مفتاح إيقاف الطوارئ
feed rate	معدّل التغذية
Feedback	تغذية عكسية
Finish Turning	الخراطة الناعمة
Flame	اللهب
gas regulator	منظّم الغاز
Incremental dimensions	الأبعاد النسبية للإحداثيات
Inserts	لُقَم القطع التي تركب على حامل العدّة
JOG	وضع الحركة اليدوي باستخدام مفاتيح الإحداثيات X و Y و Z
Linear Interpolation	حركة القطع الخطّية
Machine coordinate systems	نظام إحداثيات الماكِنة
Machine zero point	نقطة الصفر للماكِنة

Main Switch	مفتاح التشغيل الرئيس
Measuring	قياس
Multifunction	متعدّد الوظائف
offset	ترحيل (إزاحة)
Oxy-Acetylene Welding	اللحام بالأكسي أستلين
oxidizing flame	اللهب المؤكسد
position Axis	وضع المحور
Programming Procedure	طريقة البرمجة
Reference Point	نقطة الإسناد (المرجع)
Radial Turning	الخراطة القطرية
Rough turning	الخراطة الخشنة
Rapid Traverse	الانتقال السريع
stored Programs	البرامج المخزّنة
Simulation	المحاكاة
Spindle speeds	سرعات محور عمود الدوران
Test program	اختبار البرنامج
Tool motions	حركات الماكِنة (العدّة)
Tool radius	نصف قطر العدّة
Tool radius compensation	تعويض لنصف قطر أداة القطع
welding torch	مشعل اللحام
window Program	نافذة البرنامج

المصادر والمراجع

المراجع العربية:

1- **ميكانيكا العلوم الصناعية**، الجمهورية العراقية.

2- **عمليات قطع المعادن**، تأليف رودلف جينسكي، ترجمة المهندس محمد علوي الجزار.

3- **فن الخراطة والتفريز**، تأليف فيودور بارباشوف ترجمة المهندس عيسى الزيدي.

4- **ميكانيكا تشغيل آلات التحكّم الرقمي بالحاسب (CNC)**، المملكة العربية السعودية.

5- **دليل التشغيل لماكِنات الخراطة المحوسبة**:

SINUMERIK 808D ADVANCED (Turning)

6- **تكنولوجيا اللحام**، الدكتور أحمد ذكي.

المراجع الأجنبية:

1- Harold Hall," Tool and Cutter Sharpening", First Published by Special Interest Model Books Ltd, 2006.

2- Mikell P. Groover, "Fundamentals of Modern Manufacturing. Material, Processes, and System" Fourth Edition.

3- U.K. Singh and Manish Dwivedi "Manufacturing Processes", Second Edition, New Age International Ltd. Published 2009.

4- Robert H. Smith, "Advanced Machine Work", Industrial Education Book Company Bostin, U.S.A, 7th Edition.2007

5- Serape Kalpak Jian and Steven R. Schmid," Manufacturing Engineering and Technology" Prentice Hall 2006.

6- Bruce J. Black - Workshop Processes, Practices and Materials Fourth edition 2010.

7- 13-Unitor maritime welding handbook- Wilhelmsen (14 edition).

8- 14-Sacks, Raymond; Bohnart, E. (2005). Welding Principles and Practices. New York.

9- Welding Handbook Processes,2015, Miami, American welding society.

تم بحمد الله تعالى