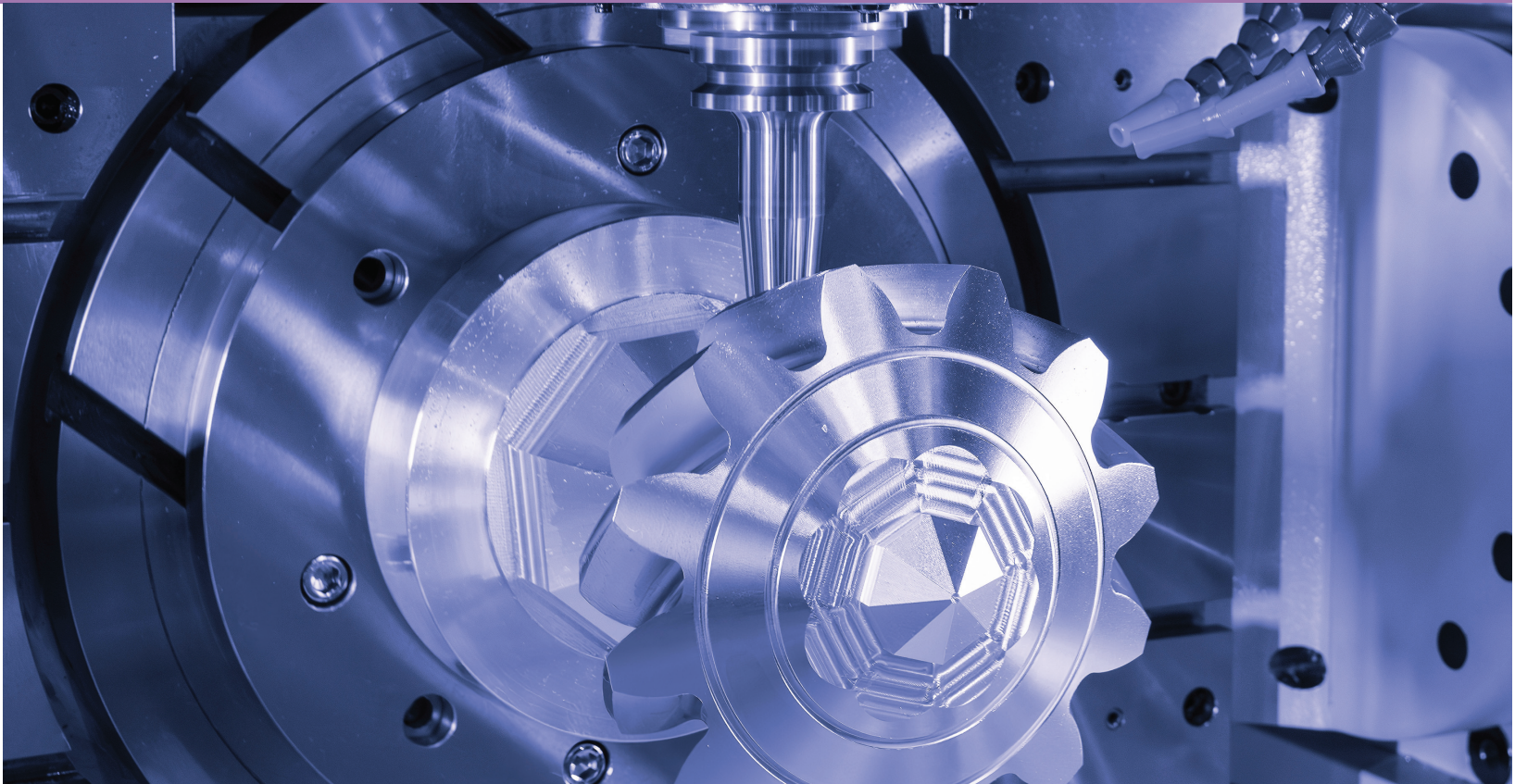


هندسة التصنيع

الميكانيكية

Mechanical
Manufacturing
Engineering

الصف الثاني عشر • كتاب الطالب • الفصل الدراسي الأول





سلطنة عُمان
وزارة التربية والتعليم

هندسة التصنيع

Mechanical
Manufacturing
Engineering

الميكانيكية

الصف الثاني عشر • كتاب الطالب • الفصل الدراسي الأول



الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

الطبعة التجريبية
١٤٤٧ هـ - ٢٠٢٥ م



حضرة صاحب الجلالة
السلطان هيثم بن طارق المعظم
-حفظه الله ورعاه-



المغفور له
السلطان قابوس بن سعيد
-طيب الله ثراه-

(المحافظات والولايات)





النَّشِيدُ الْوَطَنِيُّ



يا رَبَّنَا احْفَظْ لَنَا
وَالشَّعْبَ فِي الْأَوْطَانِ
وَلِيَدُمْ مَوَئِدًا
جَلَالَةَ السُّلْطَانِ
بِالْعِزِّ وَالْأَمَانِ
عَاهِلًا مُمَجِّدًا

بِالنَّفُوسِ يُفْتَدَى

يا عُمانُ نَحْنُ مِنْ عَهْدِ النَّبِيِّ
فَارْتَقِي هَامَ السَّمَاءِ
أَوْفِياءُ مِنْ كِرَامِ الْعَرَبِ
وَأَمْلِي الْكُؤْنَ ضِياءَ

وَاسْعَدِي وَانْعَمِي بِالرِّخَاءِ

ترتكز مناهج التخصصات الهندسية والصناعية في التعليم المهني والتقني على التطبيق العملي في ورش التدريب المجهزة باشتراطات الأمن والسلامة؛ وذلك وفق إرشادات وخطوات وأسس تقويم مضمنة في الإطار العام للمناهج، والأنشطة العملية، والخطط التدريسية للوحدات الدراسية، ووثيقة تقويم تعلم الطلبة. وتحوي الوحدات المضمنة في هذا الكتاب على المحتوى المعرفي النظري فقط من المنهج.

ألف هذا الكتاب فريق من المتخصصين تحت إشراف الجمعية العمانية للطاقة (أوبال) الشريك الاستراتيجي في تطبيق التخصصات الهندسية والصناعية، وروجع من عدد من المختصين التربويين من وزارة التربية والتعليم، والمديرية العامة للتدريب المهني والكلية المهنية بالسيب (وزارة العمل).



جميع حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية والتعليم، ولا يجوز الطبع أو التصوير أو إعادة نسخ الكتاب كاملاً أو مجزأً أو ترجمته أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات بهدف تجاري بأي شكل من الأشكال إلا بإذن كتابي مسبق من الوزارة، وفي حالة الاقتباس القصير يجب ذكر المصدر.



الجمعية العمانية للطاقة
Oman Energy Association

جمعية مهنية مرخصة من وزارة التنمية الاجتماعية منذ عام ٢٠٠١م، تضم في عضويتها أكثر من ٥٠٠ مؤسسة تعمل في قطاع الطاقة - والذي يعد أهم قطاع اقتصادي في سلطنة عمان - وتشمل هذه المؤسسات المنتجين والمشغلين والمقاولين والموردين. وتقوم الجمعية بالشراكة مع وزارة العمل ووزارة الطاقة والمعادن وبالتعاون مع المؤسسات والشركات العاملة بالقطاع برصد هيكل سوق العمل، وتحليل احتياجاته من الكوادر، وبناء القدرات، وتطوير كفاءة الموارد البشرية، وتعزيز الجودة، وبناء المعايير المهنية، وتطوير البرامج التدريبية والتعليمية واعتمادها من وزارة التعليم العالي والبحث العلمي والابتكار.

تقديم

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على خير المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين، وبعد:

يأتي تطبيق التعليم المهني والتقني في مرحلة التعليم ما بعد الأساسي (١١-١٢) استجابة للتوجيهات السامية لحضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم -حفظه الله ورعاه- الداعية إلى تطوير التعليم بمستوياته وأنواعه المختلفة، والاهتمام بالمرجات التعليمية للالتحاق بسوق العمل ومؤسسات التعليم العالي، وتطبيقاً لرؤية عُمان ٢٠٤٠ التي أكدت على أهمية إيجاد مناهج تعليمية مواكبة لمتطلبات التنمية المستدامة ومهارات المستقبل، ومعززة للقيم، ومراعية لمبادئ الدين الإسلامي، والهوية العمانية، ومستلهمة من تاريخ عمان وتراثها الثري.

ويهدف التعليم المهني والتقني إلى دعم التنوع في المسارات التعليمية، وإكساب الطلبة المعارف والمهارات المهنية التي تهيئهم لسوق العمل وتؤهلهم للالتحاق بمؤسسات التعليم العالي، وتنمية اتجاهاتهم وقيمهم المهنية الإيجابية، وتحفيزهم للالتحاق بالمهن المختلفة، وتوفير بيئة جاذبة للتعلم تساعد الطلبة على اكتساب المعارف وتنمية مهاراتهم المختلفة.

وتحرص وزارة التربية والتعليم على تطبيق التعليم المهني والتقني من خلال تحقيق الشراكات مع القطاعات الاقتصادية في كافة مراحل التخطيط والتنفيذ، ويشمل ذلك تحديد التوجهات والمجالات والتخصصات وتحليل الاحتياجات. ويأتي تدريس التخصصات الهندسية والصناعية لطلبة الصفين الحادي عشر والثاني عشر بالتعاون مع قطاع الطاقة ممثلاً بالجمعية العمانية للطاقة (أوبال) بصفتها شريكا استراتيجيا في تدريس المواد التخصصية، من خلال عدد من المؤسسات التدريبية الخاصة المعتمدة من وزارة العمل.

وقد بُنيت المناهج الدراسية للتعليم المهني والتقني (التخصصات الهندسية والصناعية) استناداً إلى المعايير المهنية الوطنية التي تم تطويرها في ضوء الإطار الوطني للمؤهلات، وإلى قانون التعليم المدرسي في تنظيم مجالات العمل التربوي، ومبادئ فلسفة التعليم المؤكدة على تهيئة الفرص المناسبة لبناء الشخصية المتكاملة للمتعلمين، وتعزيز قيم العمل والإنتاج لدى الطلبة، وصقل مهاراتهم، وتعزيز قدراتهم وميولهم المهنية، وتمكينهم من مهارات ريادة الأعمال والابتكار.

إن هذا الكتاب بما يحويه من معارف ومهارات وقيم واتجاهات يأتي متوافقاً مع خصوصية البيئة العمانية والهوية الثقافية للمجتمع العماني، إذ يعدّ مصدراً معرفياً ومهارياً خصباً متضمناً تطبيقاتاً مهنية داعمة لتعلم الطلبة.

سائلة الله العلي القدير لأبنائنا الطلبة التوفيق والنجاح، وتحقيق ما يصبون إليه من تطلعات وآمال؛ لخدمة هذا الوطن العزيز تحت ظل القيادة الحكيمة لمولانا حضرة صاحب الجلالة السلطان هيثم بن طارق المعظم حفظه الله ورعاه.

د. مديحة بنت أحمد الشيبانية
وزيرة التربية والتعليم

المحتويات

1..... تقديم

الوحدة الأولى

مقدمة في الرسم الهندسي باستخدام الحاسوب

5..... (Introduction to Computer-Aided Engineering Drawing)

الوحدة الثانية

الآلات الصناعية

45..... (Industrial Machines)

الوحدة الثالثة

مقدمة في التصميم الميكانيكي وأنظمة التصنيع

Introduction to Mechanical Design)

95..... (and Manufacturing Systems)

الوحدة الرابعة

مناولة المواد

141..... (Material Handling)

الوحدة الخامسة

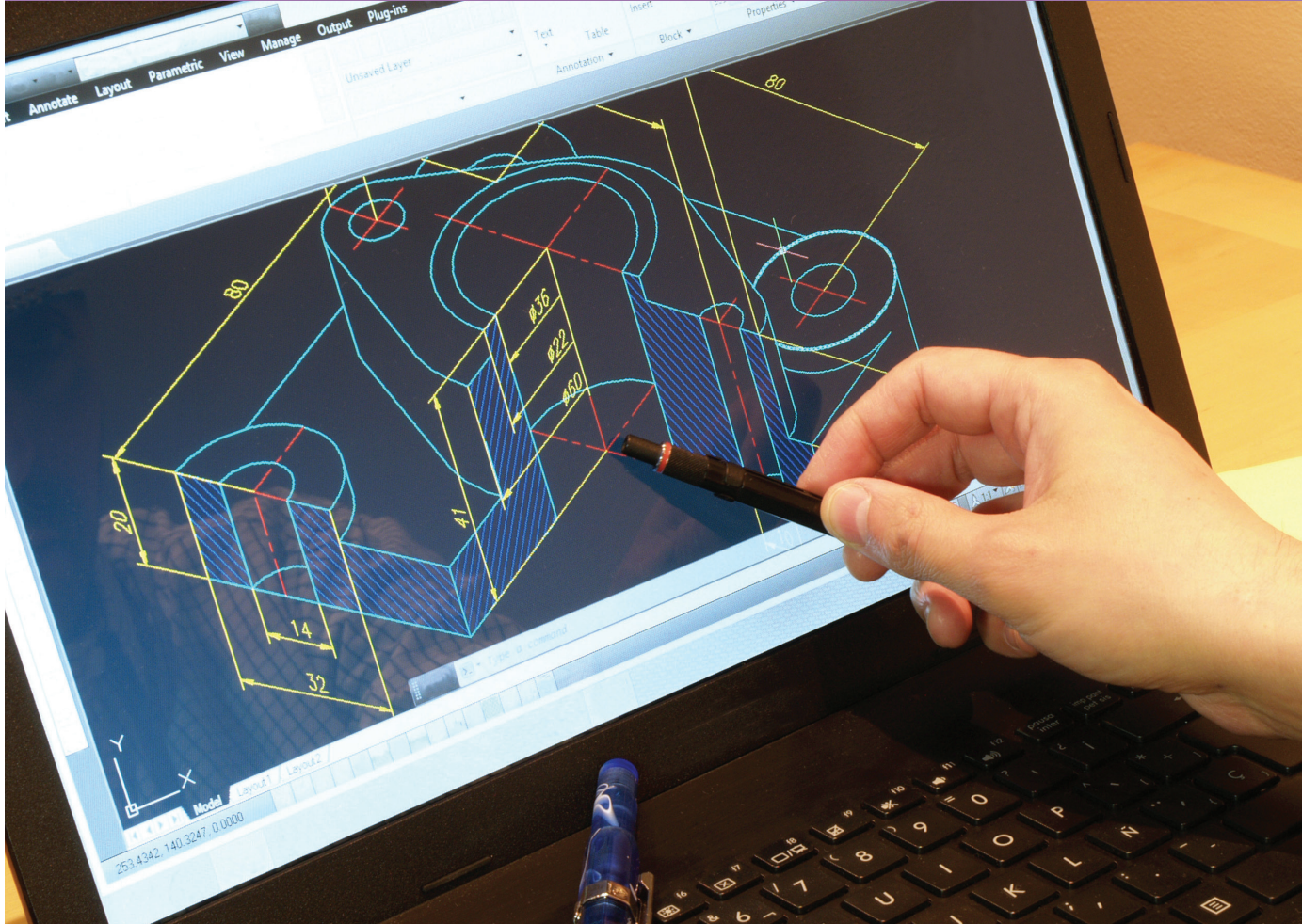
صيانة المعدات الميكانيكية

173..... (Mechanical Equipment Maintenance)

الوحدة الأولى

مقدمة في الرسم الهندسي باستخدام الحاسوب

Introduction to Computer-Aided
Engineering Drawing



محتويات الوحدة الأولى

الدرس الأول

الرسم الهندسي والمنحنيات

8..... (Geometrical Construction and Curves)

الدرس الثاني

التصميم التلقائي بمساعدة الحاسب الآلي

15..... (Automatic Computer-Aided Design (AutoCAD))

الدرس الثالث

خطوات رسم الخط في برنامج (AutoCAD)

24..... (Steps to Draw a Line in AutoCAD)

الدرس الرابع

رسم الدوائر والأقواس والمستطيلات في برنامج (AutoCAD)

29..... (Drawing Circles, Arcs, and Rectangles in AutoCAD)

الدرس الخامس

رسم الخطوط المتعددة والمضلعات والأشكال البيضاوية

في برنامج (AutoCAD)

39..... (Drawing Polylines, Polygons, and Ellipses in AutoCAD)

43..... أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتّبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يصنف أنواع الإسقاطات في الرسم الهندسي.
- يقارن بين الإسقاطات المتوازية والإسقاطات المنظورية.
- يرسم إسقاطًا متساوي الأبعاد، أو مائلًا قابلاً للتعرف لأداة أو جزء هندسي.
- يرسم إسقاطًا متعامدًا متعدد الأبعاد قابلاً للتعرف لأداة أو جزء هندسي.
- يرسم خطوطًا، ومتعددات الخطوط، ودوائر، وأقواسًا، ومستطيلات، ومضلعات باستخدام برنامج AutoCAD.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تقديم مبادئ وتقنيات إعداد رسومات هندسية فنية دقيقة ومفصلة، مما يمكن الطلبة من رسم وتفسير التصاميم الهندسية ذات العلاقة بعمليات التصميم والتصنيع الميكانيكي بصورة صحيحة، إضافة إلى ذلك سيتدرب الطلبة على إنشاء رسومات فنية باستخدام برنامج AutoCAD.

الرسم الهندسي والمنحنيات

(Geometrical Construction and Curves)

الرسم الهندسي: هو تمثيل بياني للأشياء والأنظمة المستخدمة في تصميم مختلف العمليات الهندسية والمعدات الصناعية وتوثيقها؛ إذ يعمل على تقديم وصف دقيق لمكون ما باستخدام الأشكال، والكلمات، والرموز، والصور. وتُعد الأشكال الهندسية والمنحنيات أحد الأجزاء الأساسية في الرسومات الهندسية؛ حيث تساعد في إظهار التفاصيل الدقيقة على الورق، وتُستخدم أيضاً لعرض الأحجام والأشكال والهياكل ثلاثية الأبعاد بشكل صحيح، وتُعد معرفة كيفية رسم هذه الأشكال أمراً ضرورياً لضمان تنفيذ التصاميم أو المنتجات بالدقة والكفاءة المرجوة.

إسقاطات الرسم الهندسي (Projections)

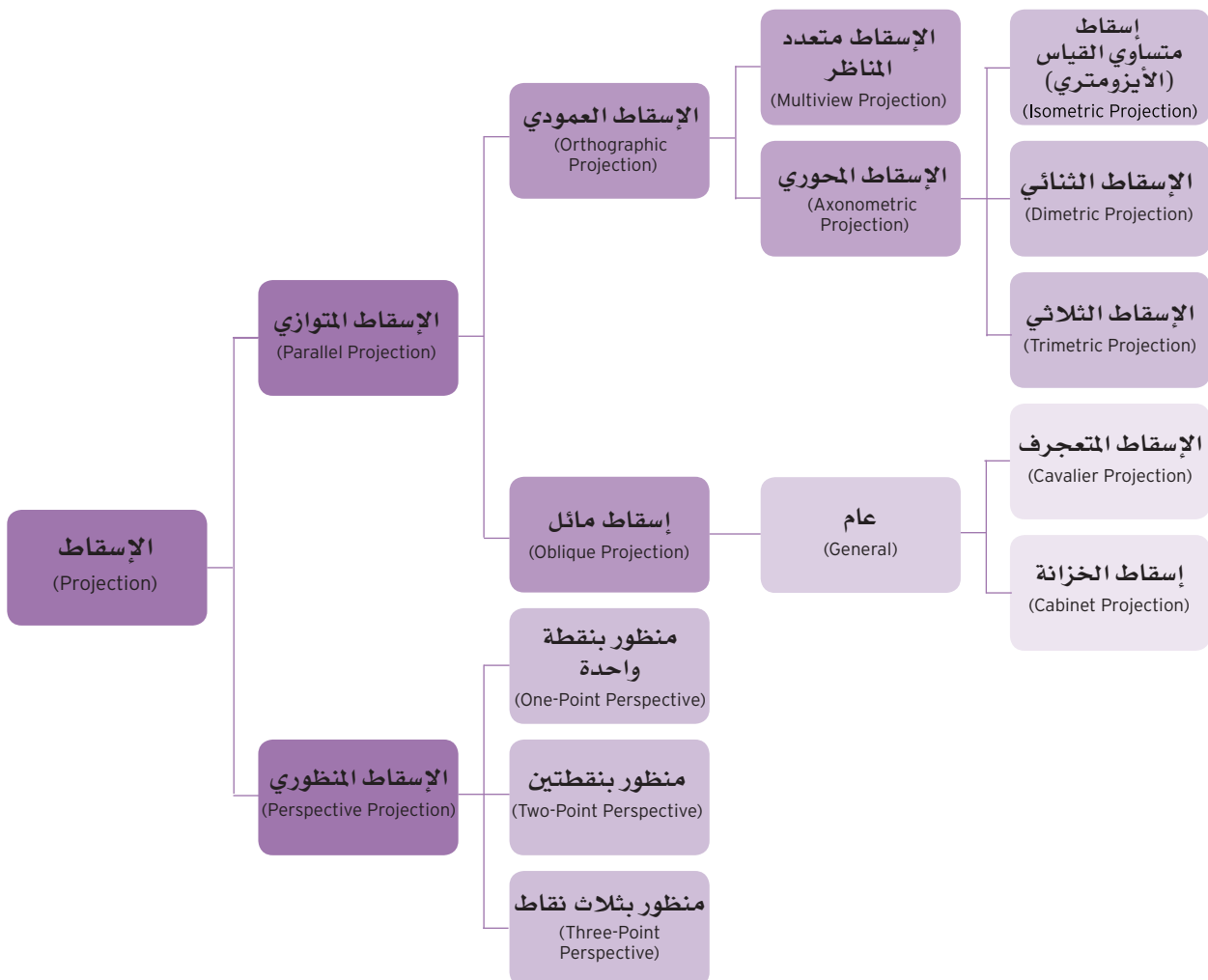
الرسم الإسقاطي (Graphical Projection): هو طريقة لتمثيل الأجسام، أو الأشكال ثلاثية الأبعاد على سطح مستوٍ ثنائي الأبعاد، ويهدف إلى توضيح الشكل الحقيقي للجسم وأبعاده، وتعتمد هذه الإسقاطات على المنظور البصري، وتحليل الجوانب لعرض كائن معقد في تركيبه من أجل إمكانية المشاهدة على مستوى أبسط، مع الحفاظ على أبعاد الكائن الحقيقية، وتقديم تصوير أكثر واقعية من خلال محاكاة كيفية إدراك العين البشرية للعمق والمسافة، ويعتمد مبدأ الإسقاط على تمرير نقطة تُسمى مركز الإسقاط، ورسم خطوط من مركز الإسقاط إلى نقاط الجسم أو مسقط الجسم.



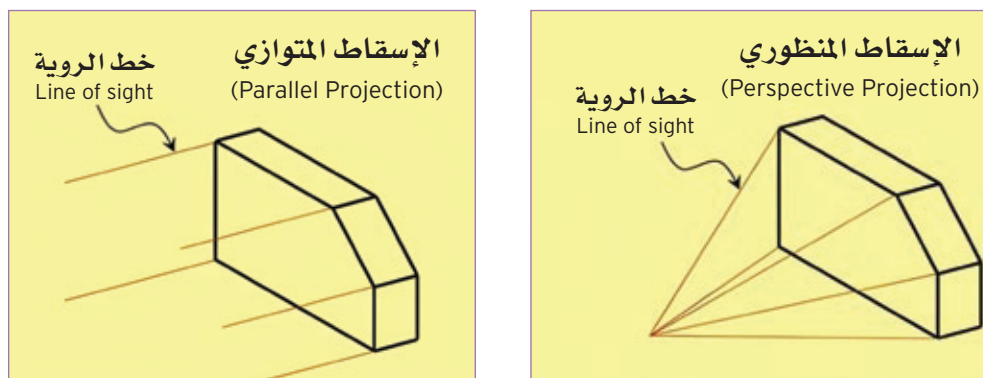
مسقط الجسم:
تقاطع خطوط الإسقاط مع
مستوى الإسقاط.

أنواع الرسومات الإسقاطية (Types of Projections)

يوجد نوعان رئيسيان من الرسومات الإسقاطية، هما: الإسقاطات المتوازية (Parallel)، والإسقاطات المنظورية (Perspective).



أنواع الإسقاط



أنواع الرسومات الإسقاطية

الإسقاط المتوازي (Parallel Projections)

في الرسومات المتوازية تكون جميع الخطوط المستخدمة للإسقاط متوازية؛ مما يساعد في عرض الأبعاد، والحجم والشكل الحقيقي للأجسام بدقة في الرسم، وينقسم الإسقاط المتوازي إلى: الإسقاط العمودي، والإسقاط المائل.

1. الإسقاط العمودي (Orthographic Projection)

تكون خطوط الإسقاط عمودية على مستوى الإسقاط؛ حيث يُسقط الجسم على عدة مستويات متعامدة، وينتج عن ذلك عدة رؤى ثنائية الأبعاد، كل منها يعرض جانباً، أو وجهاً مختلفاً من الجسم، وفي هذا النوع من الإسقاط تكون خطوط الإسقاط متوازية ولا تتقاطع، مما يُظهر شكل الجسم وحجمه بدقة، ويكون على نوعين: الإسقاط متعدد المناظر، والإسقاط المحوري.

أ) الإسقاط متعدد المناظر (Multi View Projection)

يُستخدم الإسقاط متعدد المناظر بشكل واسع في الهندسة، والعمارة، والتصنيع؛ لتوفير رسومات فنية واضحة، وهو تقنية تُستخدم لعرض جسم ثلاثي الأبعاد على سطح مسطح من خلال إسقاطه على عدة مستويات ثنائية الأبعاد، وتوفر هذه الطريقة رؤية واضحة للجسم من زوايا مختلفة، ويتطلب رسم هذا النوع من المساقط الآتي:

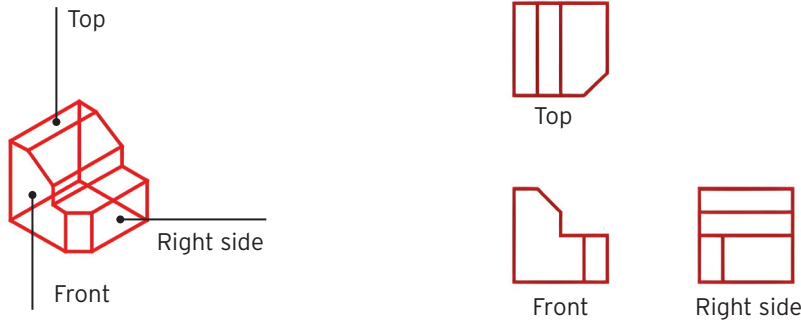
- **الخطوط والسمات المخفية (Hidden Features and Lines):** تُستخدم الخطوط المتقطعة لإظهار أجزاء الجسم غير المرئية من زاوية معينة لإبراز صورة هيكل الجسم كاملة.
- **الأبعاد (Dimensioning):** تُضاف الأبعاد في الرسم؛ لإظهار تفاصيل دقيقة عن حجم الجسم وميزاته، وتُستخدم غالباً في الرسومات الفنية، والهندسية، والعمارة، وبرامج CAD؛ حيث توفر تمثيلاً واضحاً ودقيقاً للأجسام الثلاثية.
- **مستويات الإسقاط (Projection Planes):** تُستخدم مستويات مختلفة لكل منظر، فالمنظر الأمامي على المستوى الأمامي، والمنظر العلوي على المستوى الأفقي، والمنظر الجانبي الأيمن على المستوى الجانبي.

أنواع الإسقاط متعدد المناظر (Multi View Projection Types)

ينقسم الإسقاط متعدد الأوجه/ المناظر إلى الأنواع الثلاثة الآتية:

- (1) **المنظر العلوي (Top-View):** هو إسقاط أمامي للجسم كما يظهر من الأعلى مباشرة، ويوفر معلومات عن أبعاد الجسم على طول المستوى الأفقي.
 - (2) **المنظر الجانبي (Side-View):** هو إسقاط للجسم كما يُرى من الجانبين (الأيمن والأيسر).
 - (3) **المنظر الأمامي (Front-View):** هو إسقاط أمامي للجسم كما يظهر عند النظر من الأمام، ويمثل الأبعاد الرئيسية للجسم على طول المحاور العمودية والأفقية.
- ويحتوي هذا النوع من الإسقاط وفق هذا التقسيم على الآتي:

- **المناظر الرئيسية (Principal Views):** تشمل المناظر الرئيسية في الإسقاط متعدد الوجوه المنظر الأمامي (Front View)، والمنظر العلوي (Top View)، والمنظر الجانبي الأيمن (Right Side)، وهذه المناظر هي المعايير القياسية في الرسم الفني، وتُظهر جوانب مختلفة من الجسم.
- **المناظر الإضافية (Auxiliary Views):** في بعض الأحيان، تُستخدم مناظر إضافية لإظهار التفاصيل التي تكون غير مرئية في المناظر الرئيسية، وتسقط هذه المناظر على مستويات أخرى.



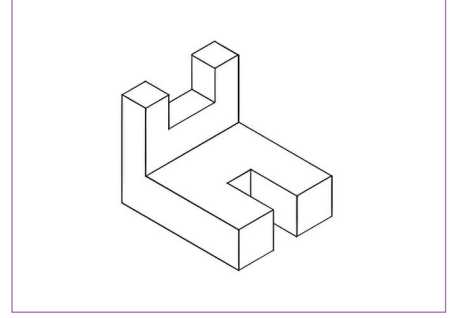
ب) الإسقاط المحوري (Axonometric Projection)

هو أسلوب إسقاط متوازٍ، يُستخدم لإنشاء صورة تصويرية عن طريق رسم كائن وتدويره على واحد أو أكثر من محاوره بالنسبة إلى مستوى الإسقاط، وينقسم إلى ثلاثة أنواع:

1. إسقاط متساوي القياس (الأيزومتري)

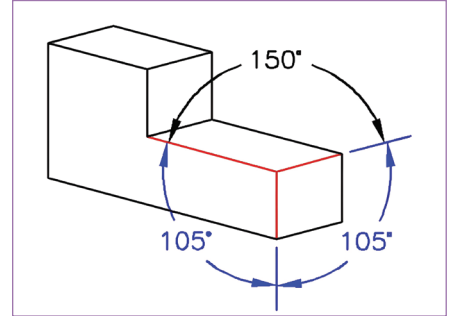
(Isometric Projection)

هو طريقة لرسم الأجسام ثلاثية الأبعاد على سطح ثنائي الأبعاد، وفيه تُقصر الأبعاد الثلاثة (الطول والعرض والارتفاع) بشكل متساوٍ، وتظل الزوايا بينها 120 درجة، وينتج عن ذلك صورة واضحة تُظهر العمق دون أن تتلاقى الخطوط عند نقطة واحدة، ويُستخدم غالباً في الرسومات التقنية، والتصاميم المعمارية، وبرامج التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design (CAD))؛ حيث يساعد في عرض الأجسام والمساحات ثلاثية الأبعاد بوضوح ودقة.



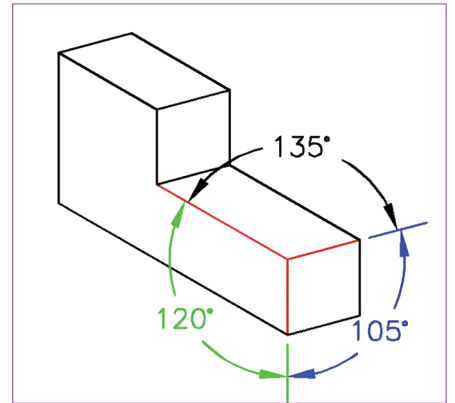
2. الإسقاط الثنائي (Dimetric Projection)

يتضمن هذا الإسقاط تقصير اثنين من المحاور الرئيسية الثلاثة بشكل متساوٍ، في حين يُقاس المحور الثالث بشكل مختلف، وينتج عن ذلك ظهور محورين بنفس الزاوية بالنسبة لمستوى الرسم، بينما يكون المحور الثالث بزاوية مختلفة.



3. الإسقاط الثلاثي (Trimetric Projection)

في هذا النوع من الإسقاطات لا يوجد محوران يشكلان زوايا متساوية مع مستوى الإسقاط؛ فكل من المحاور الثلاثة والخطوط الموازية نسب مختلفة للتقصير، ولا يشكل أي محور زاوية أقل من 90 درجة، ويجب استخدام ثلاثة مقاييس ثلاثية مختلفة لوضع القياسات على طول المحاور.



2. الإسقاط المائل (Oblique Projection)

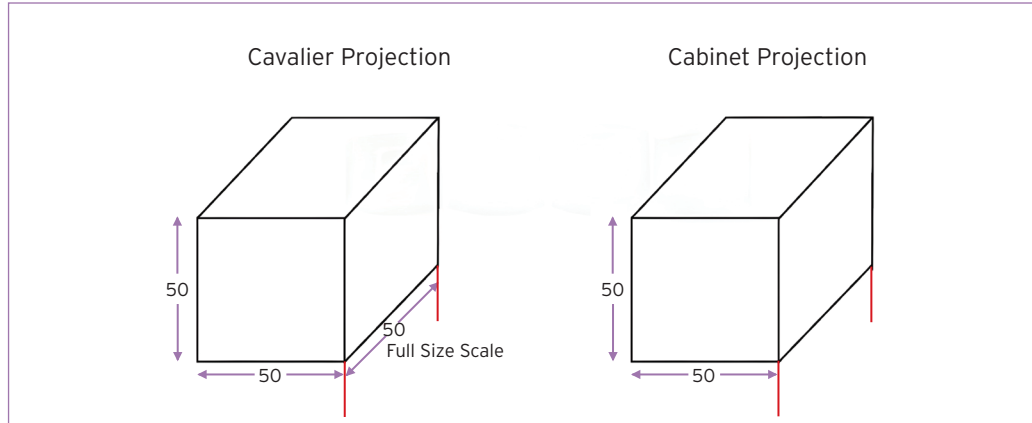
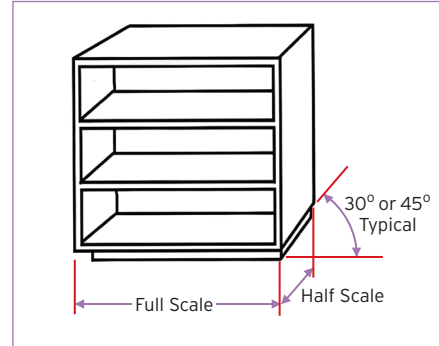
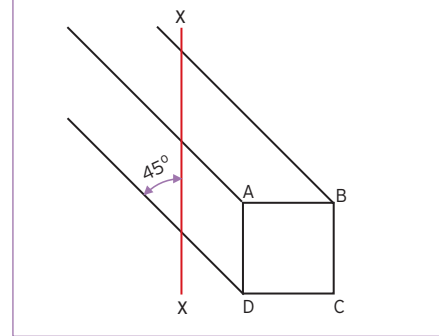
تكون فيه خطوط الإسقاط مائلة مع مستوى الإسقاط؛ حيث إنها تُسقط بزاوية غير 90 درجة على المستوى، وينقسم إلى نوعين كالآتي:

(أ) الإسقاط المتعرج (Cavalier Projection)

نوع من الإسقاط المائل؛ حيث تظهر خطوط الإسقاط بشكل متوازٍ من سطح الجسم، وتسقط عند 45 درجة بدلاً من 90 درجة عند مستوى الإسقاط.

(ب) إسقاط الخزانة (Cabinet Projection):

في هذا النوع يتم إسقاط الكائن على مستوى الرسم بزاوية 45 درجة، ويظهر عمق الكائن بنصف حجمه مقارنة بقياس حجمه الفعلي على طول المحور الأفقي، مما يمنحه مظهرًا مصغرًا، وهو يحتفظ بالشكل الحقيقي للأشياء، ولكنه يشوه عمقها، وغالبًا ما يُستخدم في الرسومات الفنية والمعمارية؛ حيث يلزم تمثيل واضح لأبعاد الكائن مع بعض الانخفاض في العمق.



أنواع الإسقاط المائل

الإسقاطات المنظورية (Perspective Projections)

تلتقي الخطوط في الإسقاطات المنظورية عند نقطة لإظهار العمق، وهي مشابهة للطريقة التي نرى بها الأشياء في الحياة الواقعية، وفيه تتقارب خطوط الإسقاط أو خطوط الرؤية عند نقطة واحدة أو أكثر، تُعرف باسم نقاط التلاشي (Vanishing Point)، حيث تظهر جميع الخطوط وكأنها تتجه نحو نقاط التلاشي التي تنحرف عن الخطوط المتوازية، وتُستخدم الإسقاطات المنظورية في الألعاب والمؤثرات الخاصة للأفلام، وتصورات العوالم الافتراضية.

وهناك ثلاث مصطلحات أساسية لا بد من معرفتها في الإسقاطات المنظورية، وهي:

- **مركز الإسقاط (Center of Projection):** وهو النقطة التي تلتقي عندها الخطوط أو الإسقاطات غير الموازية لمستوى الإسقاط.
- **مستوى العرض (View Plane/Projection Plane):** هي منطقة تمثل نقطة مرجعية من نظام الإحداثيات العالمي يتم إسقاطها على مستوى العرض.
- **أجهزة العرض (Projectors):** يُطلق عليها أيضًا ناقل الإسقاط، وتُستخدم لإنشاء صورة للكائن على مستوى العرض.



نقطة التلاشي (Vanishing Point):

هي النقطة التي يتقاطع فيها خط الإسقاط مع مستوى العرض.

أنواع الإسقاط المنظوري

1. **إسقاط منظور نقطة واحدة (One Point Perspective Projection):** يحدث عندما يتقاطع أي من المحاور الرئيسية مع مستوى الإسقاط.
2. **إسقاط منظور من نقطتين (Two Point Perspective Projection):** يحدث عندما يتقاطع مستوى الإسقاط مع محورين رئيسيين.
3. **إسقاط منظور ثلاثي النقاط (Three Point Perspective Projection):** يظهر عندما تتقاطع المحاور الثلاثة مع مستوى الإسقاط، بمعنى لا يوجد أي محور رئيسي مواز لمستوى الإسقاط.

الدرس الثاني

التصميم التلقائي بمساعدة الحاسب الآلي

(Automatic Computer-Aided Design (AutoCAD))

التصميم التلقائي بمساعدة الحاسب الآلي (AutoCAD): هو برنامج يُستخدم لتصميم الرسومات والنماذج ثنائية وثلاثية الأبعاد، ويُستعان به على نطاق واسع في الهندسة المعمارية، والمدنية، والميكانيكية، والكهربائية، والتصنيع، وغيرها من المجالات التي تتطلب تصميمًا ورسمًا دقيقًا، إضافة إلى استخدامه في مختلف تصاميم المشاريع الصغيرة والكبيرة، وإمكانية رؤيتها كما هي في الواقع.

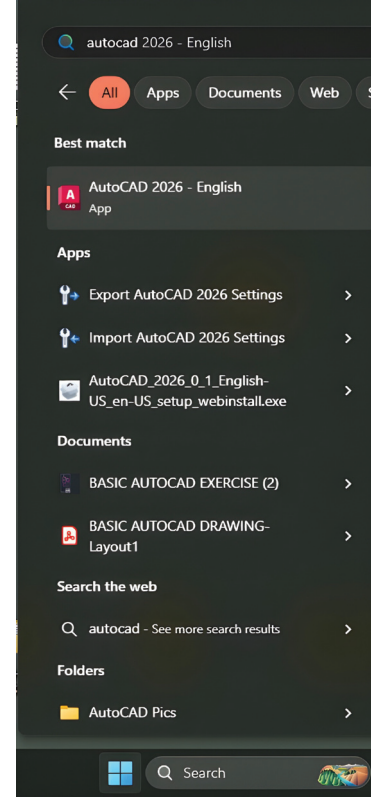
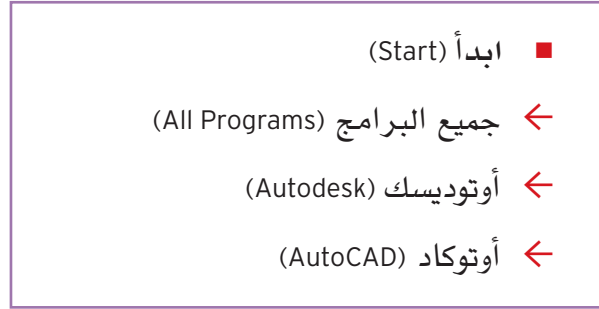
مزايا التصميم التلقائي بمساعدة الحاسب الآلي (AutoCAD Features)

يتصف برنامج (AutoCAD) بمزايا عدة تجعل منه برنامجًا متكاملًا، وأداة قوية للمحترفين والمصممين، والمهندسين، ومنها الآتي:

- **الدقة والكفاءة:** يوفر هذا البرنامج تصاميم ونماذج دقيقة للغاية، إضافة إلى احتوائه على أدوات قياس متقدمة لقياس الزوايا والمسافات بدقة عالية، كما أنه يساعد في تقليل الأخطاء، وزيادة الإنتاجية والكفاءة في العمل.
- **سهولة الاستخدام:** يتميز بواجهة مستخدم سهلة الاستخدام، ويوفر العديد من الأدوات والأوامر لمختلف العمليات والمهام، إضافة إلى تقديمه لبرامج تعليمية عن كيفية استخدامه.
- **امتلاك إمكانيات واسعة:** يقدم رسومات ونماذج وتصاميم ثنائية وثلاثية الأبعاد باستخدام أدوات دقيقة.
- **التوافق مع مختلف الأجهزة:** تتوفر إصدارات هذا البرنامج على الهواتف الذكية، والأجهزة اللوحية، إضافة إلى توفره على العديد من أنظمة التشغيل، مثل (Mac, Windows).
- **التكامل مع البرامج الأخرى:** يمكنه العمل مع الكثير من البرامج الأخرى، مثل: (Revit, AutoCAD Civil 3D)؛ مما يساعد في تبادل المعلومات والبيانات، وزيادة كفاءة العمل ودقته.
- **الدعم الفني:** توفر الشركة Autodesk المدة له مصادر عديدة للدعم الفني للمستخدمين بواسطة المنتديات، وعبر الإنترنت، وغيرها من الوسائل.

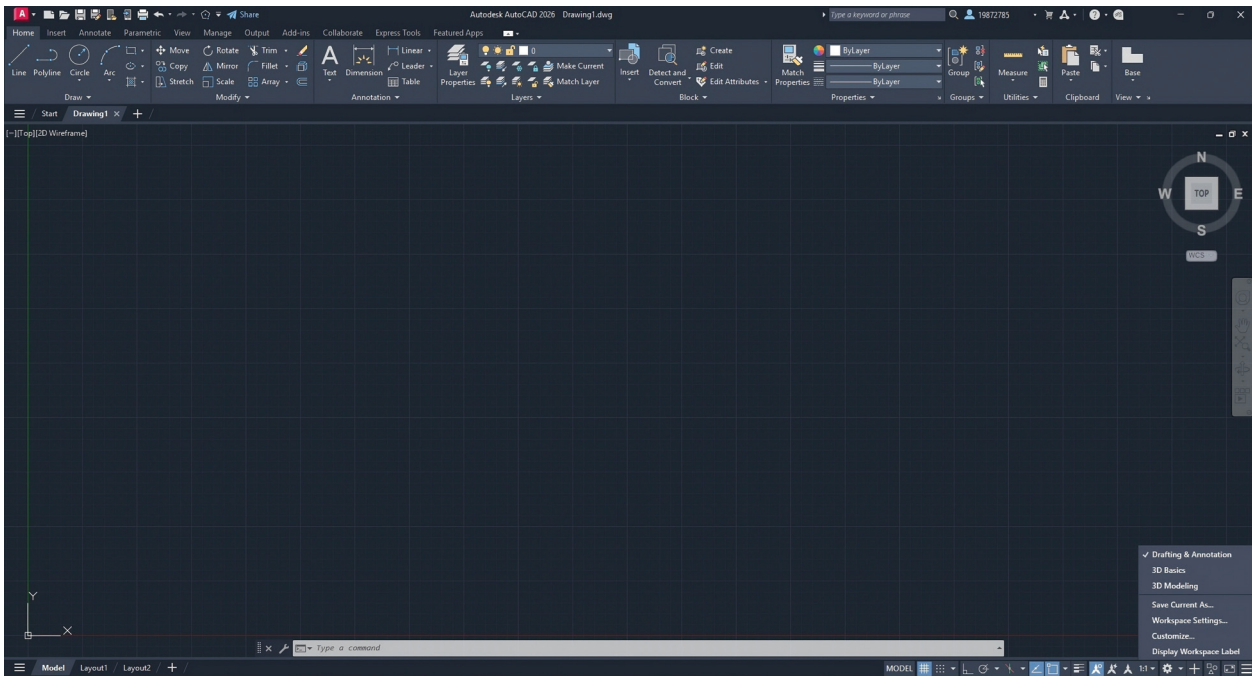
تشغيل برنامج (AutoCAD)

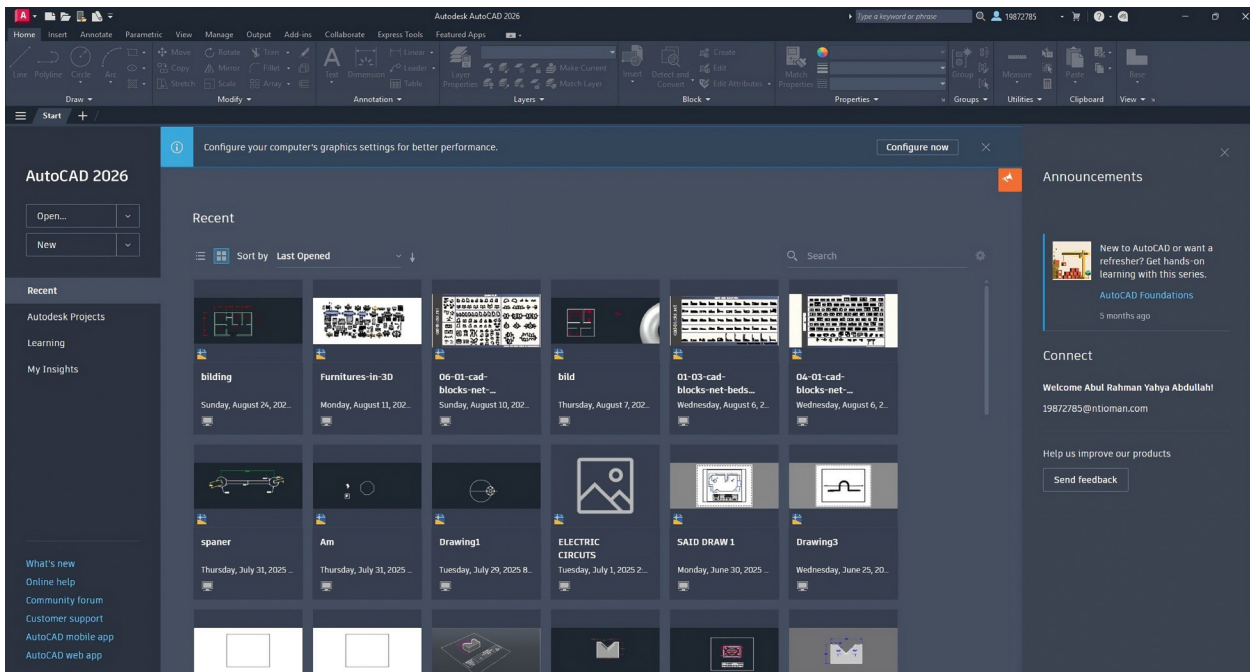
لبدء تشغيل برنامج AutoCAD يُنقر نقرًا مزدوجًا على أيقونة البرنامج على سطح المكتب أو تتبع الخطوات الآتية:



الشاشة الرئيسية لبرنامج AutoCAD (AutoCAD Home Screen)

تحتوي مساحة العمل في برنامج AutoCAD على مجموعة كبيرة من العناصر التي تُسهّم في إنجاز التصميم أو الرسم المطلوب، حيث تنقسم الشاشة الرئيسية للبرنامج إلى ثمانية أجزاء كالآتي:



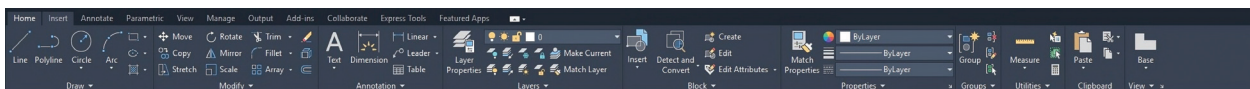
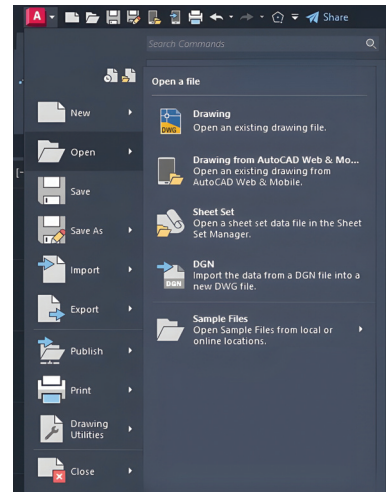


1. شريط العنوان (Title Bar)

يحتوي اسم البرنامج بإصداره، ووضع الرسم الحالي.

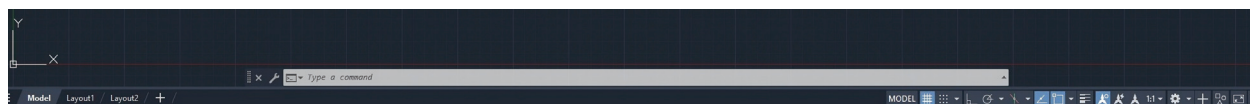
2. شريط القوائم (Menu Bar)

يوجد هذا الشريط في الجزء العلوي من النافذة أسفل شريط العنوان مباشرة، ويحتوي هذا الشريط على جميع القوائم أو التطبيقات كالملفات (File)، والتحرير (Edit)، والرسم (Draw)، وغيرها، فقد نظمت هذه القوائم وفق الفئة التي ينتمي إليها الأمر، فعلى سبيل المثال: قائمة الملفات (File) تضم جميع الأوامر المتعلقة بالملفات من فتحها، وحفظها، وطباعتها، وقائمة الرسم (Draw) تحتوي على جميع الأوامر الخاصة برسم الكائنات الجديدة، بمعنى آخر يُسهّل هذا الشريط الوصول إلى معظم أوامر البرنامج.



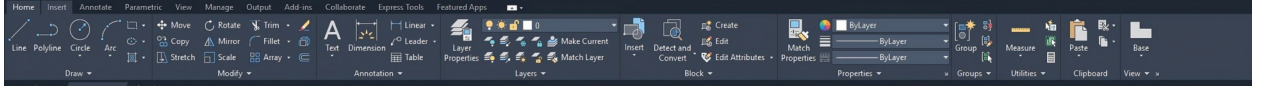
3. شريط الأوامر (Command Bar)

يُستخدم في إدخال الأوامر للبرنامج، وتظهر عليه الرسائل والأسئلة المعروضة من قبل البرنامج.



4. شريط الأدوات (Toolbar)

عند فتح البرنامج لأول مرة يظهر مباشرة شريط الأدوات القياسية (Standard) – وحدات القياس البريطانية والمترية الدولية المعروفة، وقبل البدء في عملية الرسم لابد من تحديد أداة القياس المناسبة.



5. شريط أدوات الوصول السريع (Quick Access Toolbar)

يعرض هذا الشريط الأدوات المستخدمة بشكل متكرر وكبير، مثل إنشاء ملف، وفتح ملف، وحفظ ملف، والتراجع عن خطوة سابقة، والطباعة وغيرها.



6. شريط الرسم (Draw Bar)

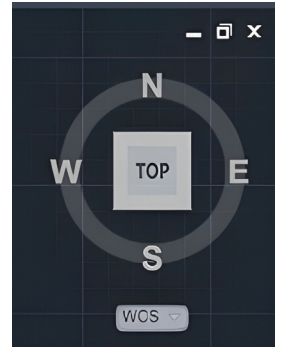
هي النافذة التي يرسم عليها، وغالباً ما تكون منطقة الرسم باللون الأسود، ولكن يمكن تغيير لونها حسب الرغبة، وتمثل مساحة الرسم الجزء الأكبر من الشاشة.

7. شريط الملاحة (Navigation Bar)

تقوم أدوات الملاحة بتغيير موقع النظر للنموذج، حيث يمكن تغيير تفاصيل النموذج المعروض بزيادة أو إنقاص درجة التكبير، وتنقسم أدوات الملاحة إلى الآتي:

- **مكعب العرض (View Cube) (عجلة الاتجاهات):** وهي أداة للتنقل، وتعرض عند العمل مع النماذج ثنائية وثلاثية الأبعاد، وباستخدام هذه الأداة يمكن التبديل بين العرض القياسي والمتساوي القياس.

- **عجلات القيادة أو العجلات:** هي قوائم تتبع أثر الفأرة، وتسمح بالوصول إلى أدوات إبحار (ثنائية وثلاثية الأبعاد) كثيرة، وهي مقسمة إلى عدة أقسام يطلق عليها اسم الأوتاد (Wedges)، وكل وتد يمثل أداة إبحار منفردة، وتتيح هذه العجلات إمكانية التحرك الفوتوغرافي، أو التكبير، أو التصغير للمنظر الحالي، وتعمل هذه العجلات أيضاً بضم أدوات الملاحة المختلفة في وصلة منفردة.



- **حركة العرض:** يقدم عرضاً على الشاشة، ويُستخدم لإنشاء وتشغيل صور متحركة يُستفاد منها في العروض التقديمية، أو في تصاميم أخرى، ويمكن إضافة حركات لمواضع (الكاميرا) الملتقطة شبيهة بما يعرض في الإعلانات التلفزيونية التجارية، وتسمى هذه المشاهد المتحركة باللقطات.

8. شريط الحالة/شريط المعلومات (Status Bar)

يقدم معلومات عن الآتي:

- الموقع الحالي لمؤشر الرسم: وتظهر عليه إحداثيات Z,X,Y أو مسافة أو زاوية، وعند تحرك المؤشر يُحدّث البرنامج الموقع تلقائياً، ويحوي نظام إحداثيات المستخدم (UCS)، والخصائص النشطة للبرنامج.
- نظام إحداثيات المستخدم (UCS)، وهو:



- يوضح دوران العناصر في الفراغ.
- يمكن الوصول إليه من خلال شريط الأدوات، واختيار قائمة الإحداثيات (Coordinate).

- تساعد رموزه على معرفة اتجاه الرسم.

فعند الرسم ثنائي الأبعاد تكون الرموز مكونة من سهمين أحدهما إلى الأعلى ممثلاً محور Y، والآخر إلى اليمين ممثلاً محور X، بينما في الرسم ثلاثي الأبعاد يظهر محور Z ممثلاً الارتفاع أو العمق.

- الخصائص النشطة الحالية للبرنامج: يوضح المؤشر أيضاً الخصائص النشطة الحالية، مثل: وضع الإمساك (Snap Mode)، ونظام الشبكة (Grid Mode)، والتعامد (Ortho)، والتعقب القطبي (Polar Tracking)، وإمساك الكائنات (Object Snap)، وخصائص سُمك الخط (Line Weights)، ومعرفة نوع المساحة إذا كانت مساحة النموذج (Model Space) أو مساحة الورق (Paper Space)، ويمكن تنشيط هذه الأوامر أو إلغاؤها بالنقر فوق الزر المطلوب، ويطلق على هذه الخصائص الأدوات المساعدة في برنامج AutoCAD.

يستخدم برنامج AutoCAD نظام إحداثيات افتراضي عام لإنشاء الرسومات الجديدة، ولكن يمكن للمستخدم إنشاء نظام إحداثيات خاص به كمجموعات فرعية من النظام العام (WCS)، ويطلق عليه نظام إحداثيات المستخدم (UCS).

نوع الإدخال	Input Type	UCS - User Co-ordinate System
اكتب UCS	Type UCS	
حدد الموقع	Specify Location	
حدد محور X	Select X Axis	
حدد محور Y	Select Y Axis	

الأدوات المساعدة للرسم في برنامج (AutoCAD)

يحتوي برنامج AutoCAD على مجموعة من الأدوات المساعدة (Drawing Aids) التي تهدف إلى تسهيل عملية الرسم وزيادة دقة التصميم الهندسي، فمن دون هذه الأدوات يصبح التحكم في موقع العناصر وأبعادها أكثر صعوبة، خاصة عند إنشاء رسومات معقدة، وتعمل هذه الأدوات على الآتي:

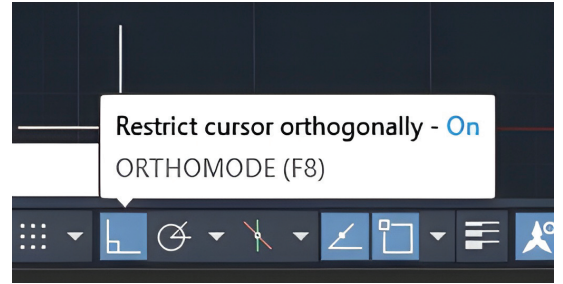
- ضبط المؤشر أثناء الرسم.
- تحديد الإحداثيات والزوايا بدقة.
- تسهيل عملية المحاذاة بين العناصر.
- تقليل الأخطاء وتحسين جودة الرسم.

ومن أبرز هذه الأدوات ما يأتي:

■ نظام الرسم المتعامد (Ortho Graphic Mode)

يضمن هذا النظام توازي الخطوط المرسومة مع محاور الإحداثيات، ويرمز إليه بالاختصار (F8)، فعند الضغط على هذا الرمز ينشط نظام الرسم المتعامد، وعند الضغط للمرة الثانية يُلغى التنشيط، وفيه يجب الانتباه إلى الآتي:

- موضع التشغيل (On): يُقيد النظام حركة المؤشر على الاتجاهات الأفقية والرأسية فقط، مما يضمن رسم خطوط مستقيمة تماماً سواءً أفقية أو رأسية مع محاور الإحداثيات دون انحرافات.
- موضع الإيقاف (Off): يتحرك المؤشر بحرية كاملة في جميع الاتجاهات، فيمكن رسم خطوط بأي زاوية مطلوبة.



■ نظام الشبكة (Grid Mode)

يُشار إليه في البرنامج بالاختصار (F7)، وهو عبارة عن مجموعة منتظمة من النقاط التي تظهر على الشاشة في ورقة بيانية، ويمكن التحكم بالمسافات الفاصلة (التباعد) بين هذه النقاط وفق المطلوب من خلال مربع حوار (Drafting Settings)، وهذه الشبكة من النقاط تظهر على الشاشة فقط ولا تظهر في الطباعة، وهناك العديد من الطرق المتبعة لإظهار الشبكة أو إخفائها كآتي:

- من شريط المعلومات أسفل الشاشة بالنقر على زر Grid.
- من لوحة المفاتيح بالضغط على الرمز F7.
- في شريط الأوامر بكتابة Grid.
- من نافذة الأوامر باختيار Drafting Settings ثم Enter.

■ نظام الوثب (القفزة) (Snap Mode)

يُجبر هذا النظام مؤشر الرسم على الانتقال على شكل وثبات (قفزات) على مسافات محددة سابقاً، ويرمز له بالاختصار (F9)، ويمكن أن يعمل نمط الوثب مع نمط الشبكة، بحيث يقوم الأول بالالتزام بالمسافات المحددة، بينما يعمل الثاني بعرض ما يُرسم، ويمكن التحكم بتنشيط أو إلغاء نظام الوثب بطرق عدة، منها ما يأتي:

- الرمز F9 لتشغيله أو إيقافه.
- شريط القائمة (Menu Bar):

الأدوات (Tools) ←
إعدادات الصياغة (Drafting Setting) ←
الشبكة والوثب (Snap and Grip) ←
(Snap).

- شريط الحالة (Status Bar): الضبط (Setting) ← الوثب (Grid).

■ التعقب القطبي (Polar Tracking)

يُشار إليه بالرمز المختصر (F10)، ويُسمح للمؤشر بالحركة على زوايا محددة مسبقاً، ولاختيار الزوايا لابد من النقر بالزر الأيمن للفأرة، فتظهر قائمة بالزوايا الرئيسية، وتظهر الزاوية المختارة ومضاعفاتها على شكل خط منقط (شعيرة)، لذلك يمكن الرسم على هذه الزاوية، ويمكن التحكم في تشغيل أو إيقاف هذا النمط بالطرق الآتية:

- الزر F10.
- الضبط (Settings) ← التعقب القطبي (Polar Tracking).
- شريط القائمة (Menu Bar):

الأدوات (Tools) ←
إعدادات الصياغة (Drafting Setting) ←
التعقب القطبي (Polar Tracking).

■ نقاط التقاط العناصر / إمساك الكائنات (Object Snap)

يُشار إليها في لوحة المفاتيح بالرمز (F3)، ويسمح هذا النمط بخصائصه المختلفة بتحديد النقاط الهندسية على الكائنات الموجودة بالرسم بدقة عالية دون الحاجة إلى معرفة الإحداثيات الخاصة بالنقاط، وباستخدام هذه الأداة في عملية الرسم يُمكن للمستخدم تحديد عدة نقاط كتحديد نقطة النهاية ونقطة الوسط، ونقطة التقاطع، ونقطة المركز، وغيرها.

ويمكن التحكم في تفعيل نقاط التقاط العناصر بالطرق الآتية:

- شريط الأدوات (Tools Bar) ← إمساك العناصر (Object Snap) ← ضبط إمساك الكائنات (Object Snap Settings).
- شريط الأدوات (Tools Bar) ← إعدادات الصياغة (Drafting Settings) ← إمساك العناصر (Object Snap).
- نافذة الأوامر (Command Bar) ← إعدادات الصياغة (Drafting Settings) أو إمساك العناصر (Object Snap).
- شريط الحالة (Status Bar) ← الزر الأيمن للفأرة لاختيار الضبط (Settings) ← إمساك الكائنات (Object Snap).

ولتفعيل خصائص إمساك الكائنات مرة واحدة ولعملية واحدة عند الرسم يجب الضغط باستمرار على مفتاح Shift، أو مفتاح Ctrl، ثم النقر على الزر الأيمن للفأرة، حيث تظهر القائمة المختصرة لاختيار نقاط الإمساك المطلوبة، بينما عند الرغبة في تنشيط خصائص إمساك الكائنات بشكل دائم يمكن اتباع الطرق الآتية:

- إعدادات الصياغة (Drafting Settings) ← إمساك الكائنات (Object Snap) ← تنشيط خيار إمساك الكائنات (osnab).
- شريط المعلومات (Status Bar) ← أسفل الشاشة الضغط على إمساك الكائنات (osnab).
- لوحة المفاتيح (Keyboard) ← F3.



التقاط العناصر 3D
(3D Object Snap)
تستخدم في الرسومات
ثلاثية الأبعاد (3D)،
ويمكن تفعيلها من خلال
الزر F6.

■ تتبع النقاط المميزة (Object Snap Tracking)

يُشار إليها بالرمز (F11)، وتظهر في نفس مربع إمساك النقاط/الكائنات (Object Snap) على شكل +، وتكون تحت تحكم (Object Snap)، أما الخط المنقط (الشعيرة) تقع تحت مسؤولية التعقب القطبي؛ فالأدوات الثلاثة مرتبطة ببعضها البعض في عملية الرسم.

■ إظهار أو إخفاء سُمك الخطوط (Line Weight)

عند رسم العناصر أو الكائنات بسُمك خط معين، لابد من تفعيل هذه الأيقونة؛ حتى يظهر هذا السُمك على لوحة الرسم، ولكن عند طباعة الرسم حتى وإن كانت خاصية سُمك الخط مخفية فإنها تظهر في الطباعة.

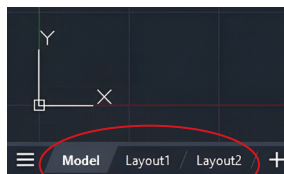
■ الإدخال الديناميكي (Dynamic Input)

يعرض الإدخال الديناميكي جميع الأوامر والمطالبات والخيارات الظاهرة على الشاشة في نافذة الأوامر (Command Bar) بالقرب من المؤشر، حيث يقدم طريقة بديلة لإدخال الأوامر، ويوفر معلومات محدثة ديناميكياً عن تفاصيل الكائن المرسوم، كطوله أو زاويته. ولتشغيله أو إيقافه ينبغي الضغط على الزر F12، أو من الأيقونة الخاصة به في شريط الحالة (Status Bar).

■ علامات تبويب (Tabs): مساحة النموذج (Space Model)، ومساحة التخطيط الورقي (Paper Space, Layout)

توجد هذه العلامات أسفل منطقة الرسم، وتسمح بتبديل الرسم بين وضعي مساحة النموذج (Space Model) التي تُستخدم لإنشاء ورسم وتعديل الرسم بشكل كامل، وبين مساحة الورق (Layout) التي يجهز الرسم عليها تمهيداً لطباعته، حيث تقوم بإنشاء تخطيطات للطباعة، وتحديد مواضع الكائنات عليها، وتحديد حجم ورق الطباعة، وتقسيم الرسم إلى مناطق طباعة مختلفة (منظورات أو تفاصيل)، وتحديد حجم الكائنات، وترتيبها بالمنظر المطلوب على الورق عند الطباعة.

Ctrl + 0 لمساحة النموذج.
Ctrl + 1 لمساحة التخطيط الورقي.



خطوات رسم الخط في برنامج (AutoCAD)

(Steps to Draw a Line in AutoCAD)

يُعد أمر رسم الخط (Line) من أهم الأوامر الأساسية في برنامج AutoCAD؛ إذ يُستخدم لإنشاء رسومات هندسية دقيقة تمثل الأساس لبقية العناصر، مثل الأشكال، والمخططات، والمجسمات، ويحتوي البرنامج على مجموعة متنوعة من أدوات الرسم (Drawing Tools) مثل:

- رسم الخطوط (Line).
- رسم الأقواس (Arc).
- رسم الدوائر (Circle).
- رسم المضلعات (Polygon).
- رسم المستطيلات (Rectangle).

كما يوفر البرنامج مجموعة من أوامر التعديل (Modify Commands)، مثل النسخ، والإزاحة، والدوران، والتمديد، والتي تتيح للمستخدم التحكم الكامل في العناصر المرسومة.

طرق الحصول على أمر في برنامج (AutoCAD)

هنالك طرق رئيسية لإنشاء أمر في برنامج AutoCAD وهي كما يأتي:

- كتابة الاسم الصريح للأمر أو اختصاره من لوحة المفاتيح، مثال: الأمر خط (Line) أو (L)، ثم الضغط على المفتاح (Enter) أو (Spacebar) لرسم الخط، وتعد هذه أسرع طريقة خاصة عند التعامل مع الاختصارات والأوامر الأكثر شيوعاً.
- النقر على القائمة الرئيسية التي ينتمي إليها الأمر، مثال: قائمة/شريط الرسم (Draw) ثم خط (Line)، وعادة ما تُستخدم هذه الطريقة للوصول إلى جميع الأوامر خاصة تلك التي ليس لها أيقونة (Icon).
- الضغط على شريط الأدوات، ثم اختيار الأمر المطلوب.
- النقر على شريط الأوامر: كتابة الأمر المطلوب إما باسمه كاملاً أو باختصاره، ثم الضغط على مفتاح الإدخال (Enter).
- الأوامر الشفافة: تشغيل أوامر جديدة أخرى بالتزامن مع فتح أمر مسبقاً.



خاصية الإكمال التلقائي

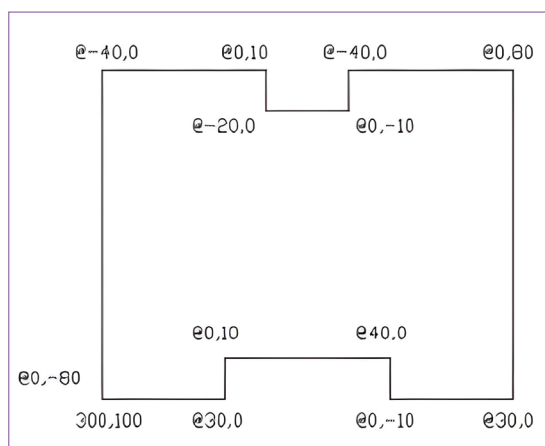
(Auto Complete):

يمكن الاستعانة بها لظهور جميع الأوامر ذات الحرف نفسه عند كتابة الحرف الأول من الأمر، وهي تساعد على تذكر الأمر واختياره بسهولة.

طرق تعيين النقاط عند الرسم

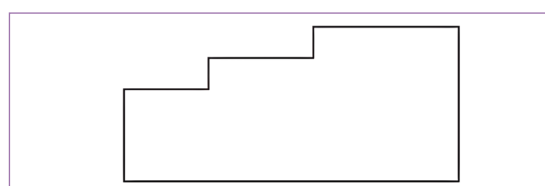
هناك خمس طرق لتعيين النقاط في منطقة الرسم، وهي كما يأتي:

- الطريقة المباشرة: وذلك بالضغط على الزر الأيسر في نافذة الرسم في المكان المراد تعيين النقطة عليه، وتُعد هذه الطريقة غير دقيقة.
- نظام الإحداثيات المطلقة (Absolute Coordinates)، وينقسم إلى:
 - الإحداثيات الديكارتية/الكارتيزية المطلقة (Absolute Cartesian Coordinates) بإدخال قيمة X و Y لتحديد النقطة نسبة إلى نقطة الأصل (x,y) ، ويمكن استخدامها لرسم نقطة البداية والنهاية.
 - الإحداثيات القطبية المطلقة (Absolute Polar Coordinates) يمكن استخدامها لنقطة البداية والنهاية، باستخدام المعادلة $(L<\theta)$ ، وتحدد النقطة نسبة إلى الأصل باستخدام الطول (L) ، والزاوية (θ) .
- الإحداثيات النسبية (Relative Coordinates)، وتنقسم إلى:
 - الإحداثيات الديكارتية/الكارتيزية النسبية (Relative Cartesian Coordinates): تناسب فقط النقاط التي تلي نقطة سابقة، وتحدد النقطة نسبة إلى آخر نقطة باستخدام المعادلة $(@ x,y)$ ، بإدخال @ ثم قيمة X و Y .



- الإحداثيات القطبية النسبية (Relative Polar Coordinates): تناسب النقاط التي تلي نقطة سابقة فقط باستخدام المعادلة $(@L<\theta)$ ، حيث الطول (L) والزاوية (θ) .

- طريقة إدخال المسافة مباشرة: تناسب النقاط التي تلي نقطة سابقة من خلال تحريك مؤشر الفأرة بالاتجاه المطلوب، ويُستخدم موضع الإدخال الديناميكي هنا، حيث يرسم خطاً، ثم تدخل قيم المسافة والزاوية مباشرة.



- طريقة النقاط المميزة للعناصر: تعتمد هذه الطريقة على نقاط مميزة للعناصر، مثل نهاية الخط، وسط خط، مركز دائرة وغيرها.

خطوات إنشاء رسم

للبدء في الرسم لابد من اتباع ثلاث خطوات أساسية، وهي كالآتي:

- 1 **التأكد من ورقة الرسم:** عند البدء في العمل مع ملف رسم جديد، يجب التأكد من ظهور اسم الملف في شريط العنوان باسم (Drawing 1. dwg)، ويمكن أن يكون الرقم 2 أو 3... إلخ، وذلك اعتماداً على تسلسل ملفات الرسم، ويعني هذا أنه يزداد ألياً كلما أنشئ ملف جديد.



يمكن فتح ملف جديد للرسم بالطرق الآتية:

- نافذة الأوامر (Command Bar)، ثم ملف جديد (New File).
- شريط القوائم (Menu Bar)، ثم ملف (File)، ثم جديد (New).

- 2 **تحديد وحدات الرسم (Drawing Units):** يوفر برنامج AutoCAD أنواعاً مختلفة من وحدات القياس للرسم، مثل الرسم بوحدة البوصة (in) والرسم بوحدة المليمتر (mm)، وعند اختيار إحدى طرق تعيين النقاط المذكورة سابقاً، ستظهر وحدات القياس، ويمكن للمستخدم اختيار وحدة القياس المطلوبة للرسم.

- 3 **تعيين حدود لوحة الرسم (Set Artboard Borders):** يجب تناسب شاشة الرسم مع المساحة المطلوبة للرسم، علماً بأن أطوال النماذج المرسومة تُقاس بالقيم التي رُسمت بها، وليس بطول ظهورها على الشاشة.



يمكن تحديد مساحة الرسم بالطرق الآتية:

- نافذة الأوامر (Command)، ثم كتابة الأمر حدود (Limits).
- شريط القوائم (Menu Bar)، ثم اختيار تنسيق (Format)، ثم حدود الرسم (Drawing Limits).

وعند فتح ملف مساحة الرسم يطلب البرنامج تحديد الزاوية السفلى اليسرى بالإحداثيات، والخيار الافتراضي هو $(0.0000, 0.0000 > 0 <)$ ، ثم الضغط على Enter، عندها سيطلب البرنامج تحديد الزاوية العليا اليمنى، ثم كتابة الإحداثيات المطلوبة لتكوين حدود لوحة الرسم، ويوجد خياران في صفحة تعيين حدود الرسم (On/Off) يعملان على تدقيق الحدود؛ فالخيار (On) يرفض أي إحداثيات ترسم خارج حدود ورقة الرسم، ويطلق رسالة (Outside Limits).

أداة التعديل (الحذف/المسح) (Erase Command)

هي أداة تسمح بإزالة الأجزاء المحددة من الرسم، حيث يُحذف الكائن نهائياً من الرسم، ولا يحفظ في سلة المهملات، ولاختيار أمر المسح تُتبع الطرق الآتية:

- شريط المسافة (Spacebar) ← أو الأمر (Command) E.
- شريط القوائم (Menu Bar) ← تعديل (Modify) ← مسح (Erase).
- الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة التعديل (Modify Panel) ← مسح (Erase).



يمكن استرجاع العناصر المحذوفة بطريقتين كالتالي:

Command: u

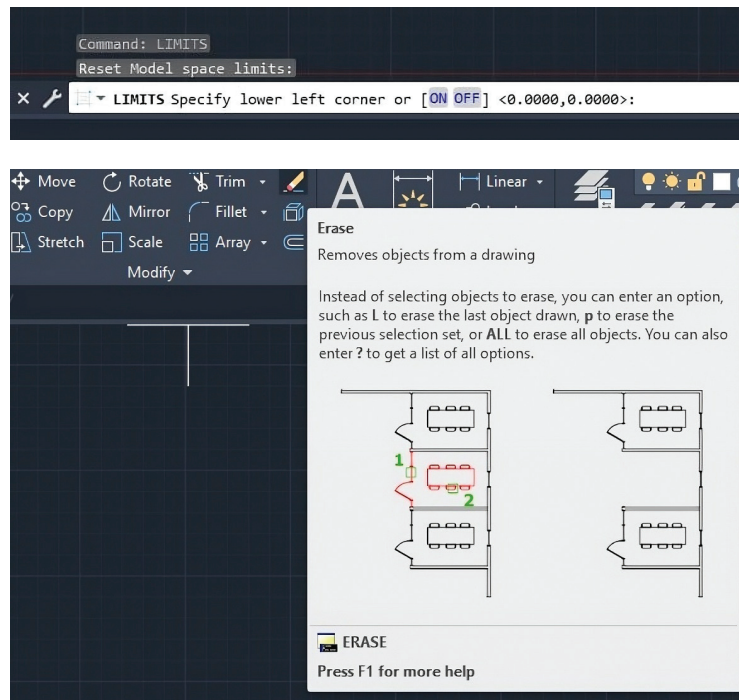
Ctrl+ Z

لإعادة آخر عنصر حُذف إلى لوحة الرسم حتى وإن صدرت أوامر كثيرة على نفس اللوحة الضغط على:

Command bar → oops

بالإضافة إلى الطرق السابقة هناك طرق أخرى للمسح دون استخدام الأمر E، وهي كالتالي:

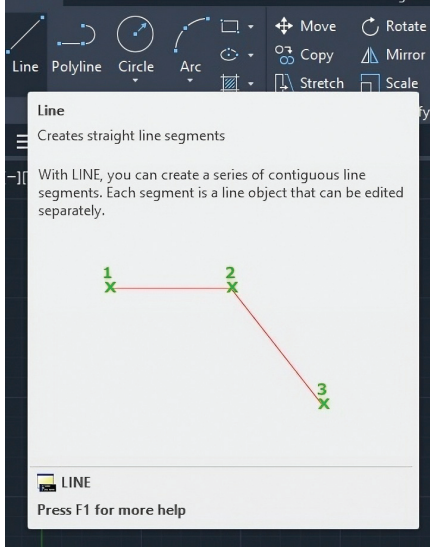
- اختيار العناصر المطلوب حذفها، وذلك بتحديد هذه العناصر فتظهر على شكل خط منقط، ثم اختيار المفتاح Delete من لوحة المفاتيح.
- يمكن تحديد جميع العناصر المطلوب حذفها من شاشة الرسم بالضغط على المفاتيح (Ctrl + A)، ثم الضغط على المفتاح Delete من لوحة المفاتيح.



أداة التعديل (الحذف/المسح)

أمر رسم الخط (Line Command)

يسمح هذا الأمر برسم خطوط مستقيمة بأطوال وزوايا مختلفة، ويمكن البدء في أمر الخط من البرنامج بعدة طرق كالآتي:



1 من الصفحة الرئيسية (Home): اختيار

نافذة الرسم (Draw)، ثم الضغط على الأيقونة الممثلة للأمر (Line).

2 شريط القوائم (Menu Bar) ←

اختيار نافذة الرسم (Draw) ←
اختيار خط (Line).

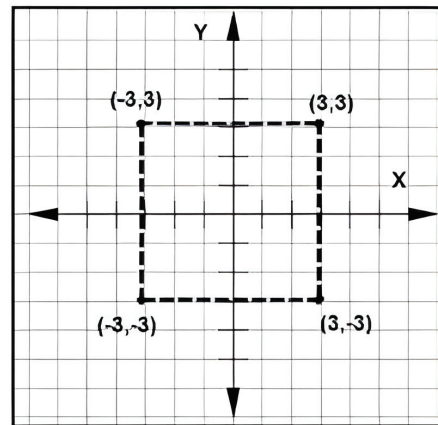
3 كتابة خط (Line)، ثم الضغط على الزر Enter، أو كتابة اختصاره (L) ثم Enter Spacebar.

رسم الخط

عند بدء أمر الخط بإحدى الطرق المذكورة سابقاً (الطريقة المباشرة، الإحداثيات المطلقة

والنسبية، وغيرها) يطلب البرنامج تحديد نقطة البداية (Specify Line First Point)، ثم يطلب تحديد النقطة التالية (Specify Next Point or Undo) باستخدام نفس الطرق السابقة، ويواصل البرنامج طلب تحديد النقاط لرسم الخط وعند الانتهاء يُضغط على الزر (Enter).

التراجع (Undo): يسمح بالتراجع عن آخر نقطة رسمت.



رسم الدوائر والأقواس والمستطيلات في برنامج (AutoCAD)

(Drawing Circles, Arcs, and Rectangles in AutoCAD)

يُعد الرسم الهندسي باستخدام الأشكال الأساسية من أهم المهارات في برنامج الأوتوكاد، حيث تُعد هذه الأشكال اللبنات الأولى لأي رسم أو مخطط هندسي، ومن أبرز هذه الأوامر ما يأتي:

- **رسم الدوائر (Circle Command):**
يُستخدم لإنشاء دوائر دقيقة تُسهّل عملية التصميم.
- **رسم القوس (Arc Drawing):**
يُتيح رسم أقواس بمقاسات وزوايا مختلفة لتكملة الأشكال الهندسية.
- **رسم المستطيلات (Rectangle):**
يُستخدم لإنشاء مستطيلات وأشكال رباعية الأضلاع بسرعة ودقة.

رسم الدوائر (Circle Command)

الدائرة شكل هندسي تبعد نقاطه بُعداً متساوياً عن نقطة تُسمى المركز، ويُطلق على هذا البعد اسم نصف القطر (Radius)، وهناك عدة طرق للبدء في أمر رسم الدائرة كالتالي:

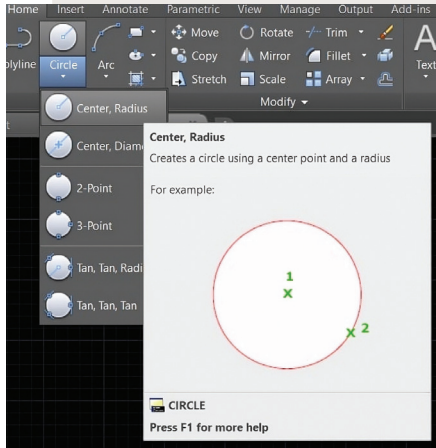
- الضغط على شريط أدوات الرسم (Draw Tools Bar) ← اختيار الدائرة (Circle).
- الضغط على شريط القوائم (Menu Bar) ← اختيار قائمة الرسم (Draw) ← اختيار دائرة (Circle).
- النقر على شريط الأوامر (Command Bar) ← اختيار C أو Spacebar.

وهناك بعض الخيارات الجاهزة المتاحة في البرنامج لرسمها، مثل المركز (Center)، و 2point وغيرها، وترسم الدائرة في برنامج AutoCAD من خلال ست طرق، ويتم اختيار الطريقة بناءً على معطيات ومتطلبات الرسم كالتالي:

■ رسم دائرة باستخدام المركز ونصف القطر (Center and Radius)

باستخدام هذه الطريقة تحدد نقطة عشوائية لتكون نقطة المركز، ونقطة أخرى لتكون نصف القطر، ثم الضغط على Enter.

مثال



رسم دائرة مركزها نقطة 0,0 وطول قُطرها 200 mm
باتباع الخطوات الآتية:

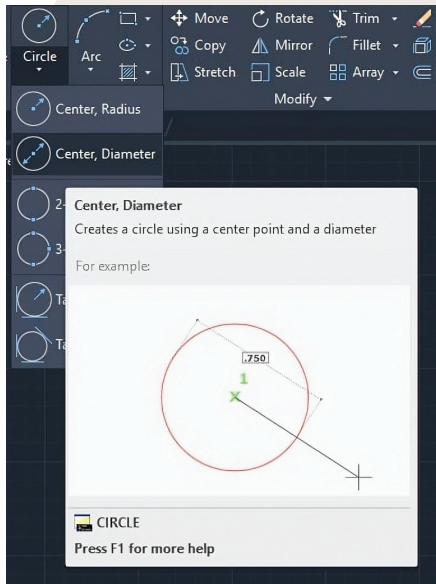
رسم (Draw) ← دائرة (Circle)
← مركز (Center) ← نصف قطر (Radius)
← إدخال 0.0 ← 200 ← إدخال (Enter).

رسم دائرة باستخدام المركز ونصف القطر

■ رسم دائرة باستخدام المركز والقطر (Center and Diameter)

باستخدام هذه الطريقة تحدد نقطة عشوائية لتكون نقطة المركز بالضغط على المركز (Center)، ونقطة أخرى لتكون القطر من خلال الضغط على Diameter، ثم الضغط على Enter.

مثال



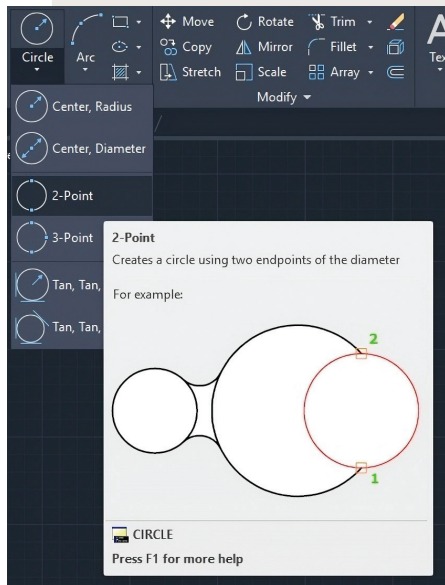
رسم دائرة مركزها نقطة 0,0 وطول قُطرها 400 mm
باتباع الخطوات الآتية:

رسم (Draw) ← دائرة (Circle)
← مركز (Center) ← قطر (Diameter)
← إدخال 0.0 ← 500 ← إدخال (Enter).

رسم دائرة باستخدام المركز والقطر

■ رسم دائرة باستخدام نقطتين (2 Points)

باستخدام هذه الطريقة تحدد النقطة الأولى، ثم النقطة الثانية من خلال الضغط على أمر (جاهز) وهو نقطتان (2Point)، علماً بأن هاتين النقطتين هما بداية قطر الدائرة ونهايته، ويكون كالاتي:

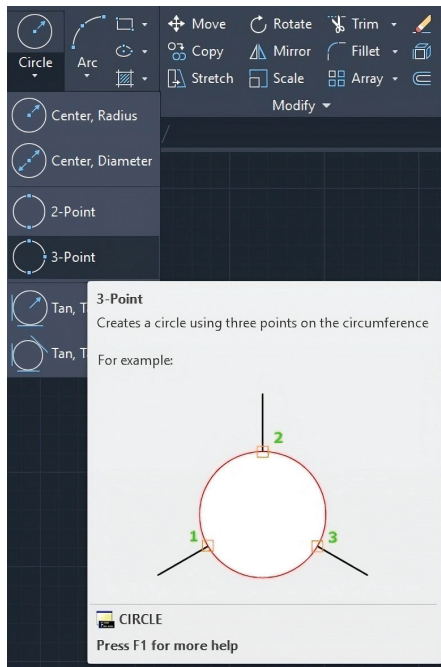


رسم (Draw) ← دائرة (Circle)
 ← نقطتان (Two Points)
 ← اختر النقطة 1 (Select Point 1)
 ← اختر النقطة 2 (Select Point 2)
 ← إدخال (Enter).

رسم دائرة باستخدام نقطتين

■ رسم دائرة باستخدام ثلاث نقاط (3 Points)

باستخدام هذه الطريقة تحدد ثلاث نقاط من الأمر الجاهز (3 Points)؛ حيث تحدد النقطة الأولى والثانية والثالثة كالاتي:



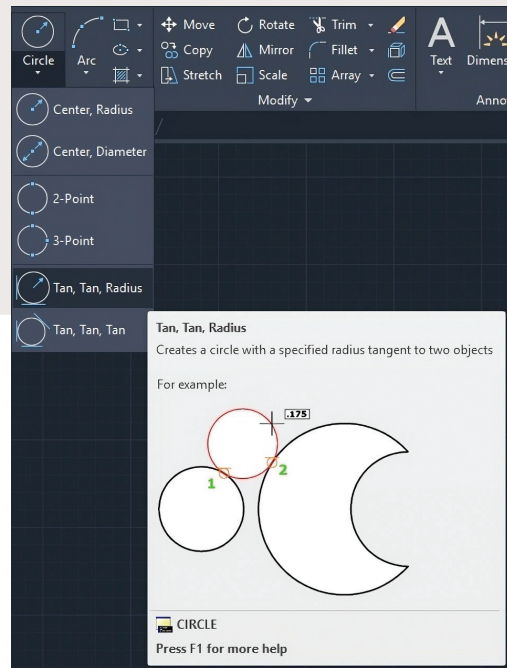
رسم (Draw) ← دائرة (Circle)
 ← نقطتان (Three Points)
 ← اختر النقطة 1 (Select Point 1)
 ← اختر النقطة 2 (Select Point 2)
 ← اختر النقطة 3 (Select Point 3)
 ← إدخال (Enter).

رسم دائرة باستخدام ثلاث نقاط

■ رسم دائرة باستخدام مماسين ونصف قطر (Tan, Tan, Radius)

باستخدام هذه الطريقة ترسم الدائرة من خلال مماسين للدائرة وطول نصف القطر؛ حيث يُرسم خطان مستقيمان من الأمر خط (Line)، ثم اختيار Tan, Tan, Radius؛ حيث يحدد المماس الأول ثم المماس الثاني باستخدام مؤشر الفأرة، ثم تحديد قيمة نصف القطر ثم الضغط على Enter كالتالي:

رسم (Draw) ← دائرة (Circle) ← مماس (Tan) ← مماس (Tan) ← نصف القطر (Radius)
← اختر المماس 1 (Select Tan 1) ← اختر المماس 2 (Select Tan 2)
← اختر قيمة نصف القطر (Select Radius Value) ← إدخال (Enter).

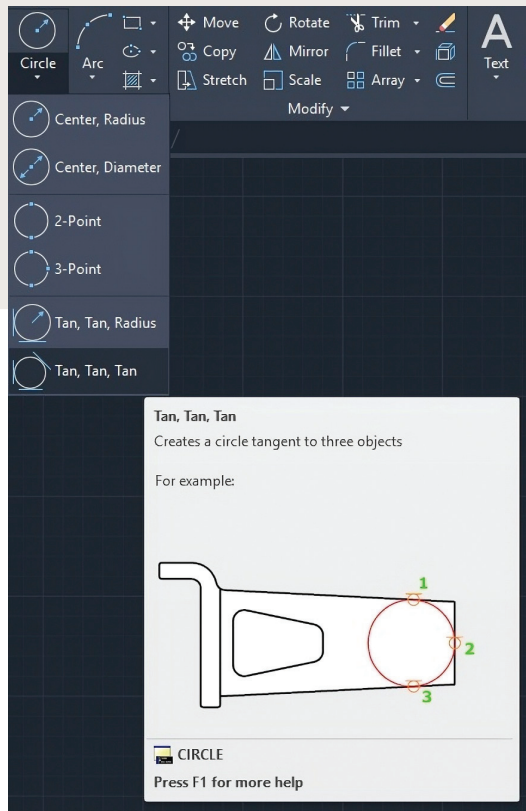


رسم دائرة باستخدام مماسين ونصف قطر

■ رسم دائرة باستخدام ثلاثة مماسات (Tan, Tan, Tan)

باستخدام هذه الطريقة تُرسم ثلاثة مستقيمات، ثم يُنقر على أمر دائرة، ثم اختيار Tan، Tan، Tan، ويُحدد المماس الأول والثاني والثالث من مؤشر الفأرة، وتُدخل قيمة نصف القطر، وترسم الدائرة داخل الخطوط، كالآتي:

رسم (Draw) ← دائرة (Circle) ← مماس (Tan) ← مماس (Tan) ← مماس (Tan)
 ← اختر المماس 1 (Select Tan 1) ← اختر المماس 2 (Select Tan 2)
 ← اختر المماس 3 (Select Tan 3) ← إدخال (Enter).



رسم دائرة باستخدام ثلاثة مماسات

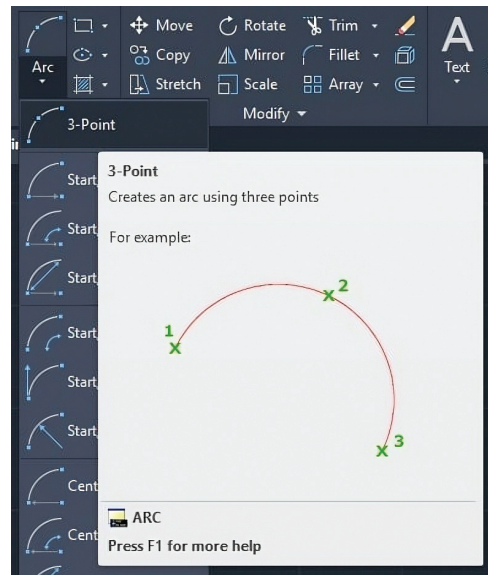
رسم الأقواس (Arc Drawing)

القوس (Arc) هو جزء من الدائرة، وللبداء في أمر رسم الأقواس تُتبع الطرق الآتية:

- الأمر (Command) A ← شريط المسافة (Spacebar).
- شريط القوائم (Menu Bar) ← رسم (Draw) ← قوس (Arc).
- الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة الرسم (Draw Panel) ← قوس (Arc).

ويسمح أمر القوس بإنشاء أقواس بالطريقة الافتراضية من خلال تحديد ثلاث نقاط (نقطة بداية، ونقطة ثانية، ونقطة نهاية).

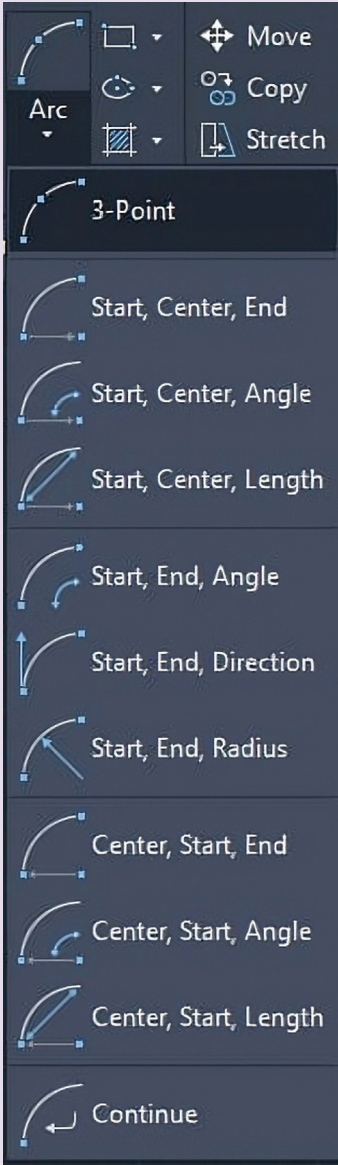
يرسم القوس
بدلالة طول وتر
القوس
(Chord Length)،
وليس بدلالة طول
القوس.



رسم القوس

لرسم القوس لابد من معرفة عدة أشياء، مثل:
نقطة البداية، ونقطة النهاية، والمركز، والزاوية،
والاتجاه، والطول، ونصف القطر.

ويوفر برنامج AutoCAD طرقاً أخرى لرسم القوس،
حيث يمتلك أمر القوس عدداً كبيراً من الخيارات
الفرعية المرافقة، يوضحها الجدول الآتي:

الخيار المرفق	الوصف	موقعه في البرنامج
البداية، والمركز، والنهاية	يُرسَم القوس بثلاث نقاط، وهي نقطة البداية، ونقطة المركز، ونقطة النهاية.	
البداية، والمركز، والزاوية	يُرسَم القوس بنقطة البداية، ونقطة المركز، وقيمة الزاوية.	
البداية، والمركز، وطول القوس	يُرسَم القوس بنقطة البداية، ونقطة المركز، وطول قوس الدائرة المراد إنشاؤه.	
البداية، والنهاية، والزاوية	يُرسَم القوس بنقطتي البداية والنهاية، وقيمة الزاوية.	
البداية، والنهاية، والاتجاه	يُرسَم القوس بنقطتي البداية والنهاية، واتجاه رسم القوس (مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة).	
البداية، والنهاية، ونصف القطر	يُرسَم القوس بنقطتي البداية والنهاية، ونصف قطر الدائرة التي يرسم القوس عليها.	
المركز، والبداية، والنهاية	يُرسَم القوس بنقطة المركز، ونقطتي البداية والنهاية.	
المركز، والبداية، والزاوية	يُرسَم القوس بنقطة المركز، ونقطة البداية، وقيمة الزاوية.	
المركز، والبداية، والطول	يُرسَم القوس بنقطة المركز، ونقطة البداية، وطول قوس الدائرة المراد إنشاؤه.	
التتابع	■ رسم قوس بدايته هي نهاية ما قبله. ■ إنشاء قوس متصل بقوس مرسوم مسبقاً. ■ رسم قوس يمتد من آخر كائن مرسوم.	

رسم المستطيلات (Rectangle)

يسمح أمر رسم المستطيلات برسم مستطيلات بأبعاد مختلفة هي الطول والعرض، وللبداء في أمر رسم المستطيل تتبع الطرق الآتية:

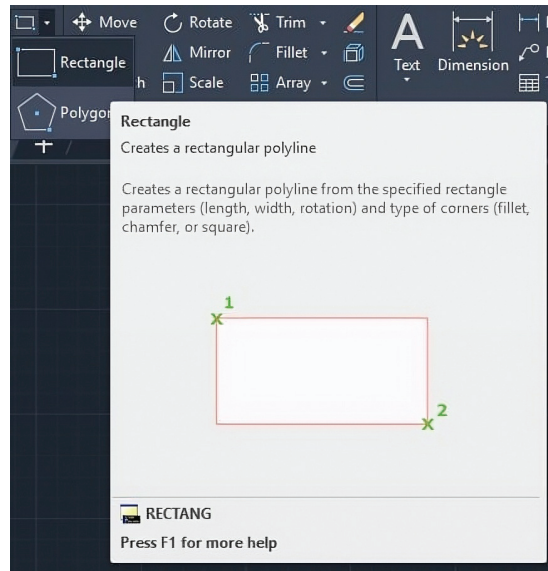
- الأمر (Command) ← مستطيل (Rectangle) ← شريط المسافة (Spacebar).
- شريط القوائم (Menu Bar) ← رسم (Draw) ← مستطيل (Rectangle).
- الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة الرسم (Draw Panel) ← مستطيل (Rectangle).

بعد تنفيذ الأمر بإحدى الطرق السابقة تظهر رسالة تطلب تحديد نقطة الزاوية الأولى (باستخدام إحدى طرق تحديد النقاط السابقة الذكر) للمستطيل كخيار افتراضي مع وجود مجموعة من الخيارات المرفقة كالآتي:

Specify First Corner Point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]

ثم تظهر رسالة تطلب تحديد نقطة الزاوية الثانية (باستخدام إحدى طرق تحديد النقاط السابقة الذكر) مع خيارات إضافية، فيرسم المستطيل كالآتي:

Specify other Corner Point or [Area/Dimensions/Rotation]



رسم المستطيلات

■ الخيارات المرافقة لأمر رسم المستطيل

يتيح أمر رسم المستطيل (Rectangle) في (الأوتوكاد) إنشاء أشكال رباعية دقيقة بسرعة وسهولة، ويحتوي الأمر على عدة خيارات إضافية تساعد في تحديد الأبعاد، والزوايا، ونمط الرسم بما يتناسب مع التصميم الهندسي، ومنها ما يأتي:

■ مساحة المستطيل (Area) واختصاره (A):

بعد تحديد نقطة الزاوية الأولى يتم اختيار (A) بدلاً من اختيار تحديد نقطة الزاوية الثانية.

Specify other Corner Point or [Area/Dimensions/Rotation]: a

■ بعد اختيار أمر (A) تظهر الرسالة الآتية:

Enter Area of Rectangle in Current Units <100.0000>:

■ فلا بد من إدخال مساحة المستطيل، ولتكن على سبيل المثال 400 ثم الضغط على Enter

Enter Area of Rectangle in Current Units <100.0000>: 400

■ وبعدها تطلب الرسالة الآتية إدخال قيمة طول أو عرض المستطيل، يمكن اختيار الطول مثلاً بقيمة 40.

Calculate Rectangle Dimensions based on [Length/Width] <Length>:

Enter Rectangle Length <10.000>: 40

■ فيرسم المستطيل بمساحة 400 وطول 40.

■ الأبعاد (Dimensions) واختصاره (D):

ويقصد به تحديد أبعاد المستطيل، وهما: الطول والعرض.

■ بعد تحديد نقطة الزاوية الأولى يتم اختيار (D).

Specify First Corner Point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]

Specify other Corner Point or [Area/Dimensions/Rotation]: D

■ فتظهر رسالة تطلب قيمة الطول ثم قيمة العرض، فيتم رسم المستطيل.

Specify Length for Rectangles

Specify Width for Rectangles

■ التدوير/الدوران (Rotation) واختصاره (R):

ويعني تدوير المستطيل بزاوية معينة.

■ بعد اختيار هذا الأمر تظهر رسالة تطلب تحديد زاوية الدوران.

Specify Other Corner Point or [Area/Dimensions/Rotation]: R

Specify Rotation Angle or [Pick points]

يمكن أن يظهر الطول الافتراضي تلقائياً بمجرد الضغط على زر Enter.

وهناك بعض الخيارات المرافقة لأمر رسم المستطيل يوضحها الجدول أدناه:

الخيار المرافق	اختصاره	وظيفته
الاقتصاص (Chamfer)	C	اقتصاص زوايا المستطيل.
الارتفاع (Elevation)	E	تحديد ارتفاع المستطيل على المحور Z.
الدوران (Rotation)	F	تدوير زوايا المستطيل بقرس وإمكانية تحديد نصف قطره.
السماكة (Thickness)	T	إعطاء سماكة للمستطيل على المحور Z.
تخين الخط (Width)	W	إعطاء سماكة لخطوط المستطيل.

رسم الخطوط المتعددة والمضلعات والأشكال البيضاوية في برنامج (AutoCAD)

(Drawing Polylines, Polygons, and Ellipses in AutoCAD)

تُعد أوامر رسم الخطوط المتعددة (Polyline) والمضلعات (Polygon Drawing) والشكل البيضاوي القطع الناقص (Ellipse Drawing) من الأدوات الأساسية في (الأوتوكاد) لإنشاء أشكال هندسية معقدة بدقة، وتتيح هذه الأدوات التحكم في طول الخطوط، وعدد أضلاع المضلعات، وأبعاد الشكل البيضاوي بما يتناسب مع متطلبات التصميم الهندسي.

رسم الخطوط المتعددة (Polyline)

يُشار إليه اختصارًا (PL)، ويُستخدم هذا الأمر لرسم مجموعة من القطع المستقيمة، والأقواس التي تعد جميعها كائنًا واحدًا، ويعكس الخطوط المرسومة في الأمر Line؛ حيث يُعد كل خط كائنًا مستقلًا بذاته، ويُعد هذا النوع من الخطوط الأكثر مرونة من الخط العادي؛ كونه يسمح بتحديد سُمك الخط، ويمكن استخدام هذه الخطوط لرسم الأشكال ثنائية الأبعاد؛ حيث يسمح هذا الأمر بإنشاء أشكال مكونة من خطوط متصلة بأطوال وزوايا مختلفة، وللبدء في أمر رسم الخطوط المتعددة تُتبع الطرق الآتية:

- الأمر (Command) ← PL أو شريط المسافة (Spacebar).
- شريط القوائم (Menu Bar) ← رسم (Draw) ← خطوط متعددة (Polyline).
- الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة الرسم (Draw Panel) ← خطوط متعددة (Polyline).

بعد اختيار أمر رسم الخطوط المتعددة بإحدى الطرق السابقة، تظهر الرسالة الآتية:

Specify Start Point

- فيجب تحديد نقطة البداية بإحدى طرق تحديد النقاط (إحداثيات، مباشرة، إلخ)، ثم تظهر الرسالة التي تبلغنا بأن عرض الخط المرسوم مساوٍ للصفر:

Current Linewidth is 0,000

- ثم تظهر الرسالة بتحديد النقطة التالية للخط، وسيُرسَم الخط بين النقطتين:

Specify Next Point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]:

■ ثم سيظهر خيار Close مباشرة بعد تحديد النقطة الثالثة:

Specify Next Point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]:

■ وستكرر الرسالة التي تطلب تحديد النقطة التالية حتى يتم إنهاء الأمر بإحدى

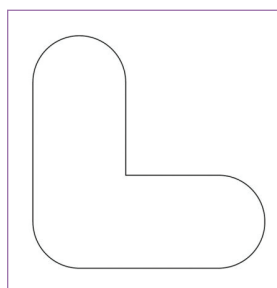
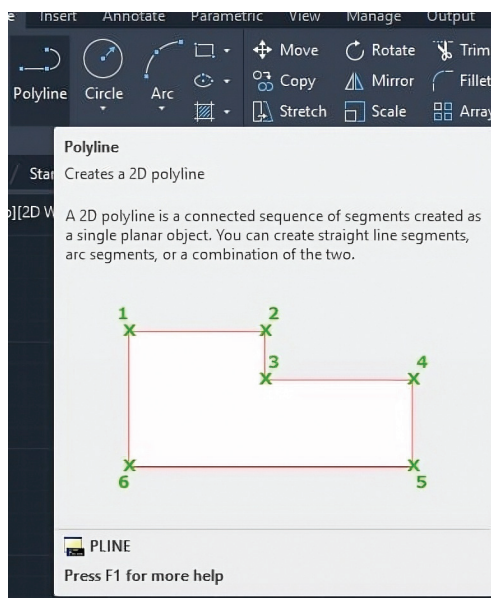
الطرق الآتية:

Enter ■

Space bar ■

Escape ■

Right Click, Enter ■



رسم الخطوط المتعددة

■ الخيارات المرافقة لأمر رسم الخطوط المتعددة

يحدد الجدول الآتي الخيارات المرافقة لأمر رسم الخطوط المتعددة:

الخيار المرافق	اختصاره	وظيفته
القوس (Arc)	A	رسم الأقواس.
الإغلاق (Close)	C	إغلاق أمر الخط.
نصف السُمك (Halfwidth)	H	تحديد نصف سُمك الخط المرسوم من نقطة البداية والنهاية.
الطول (Length)	L	زيادة طول القطعة المستقيمة السابقة.
التراجع (Undo)	U	التراجع عن آخر نقطة.
تنخين الخط/سُمك الخط (Width)	W	شبيهه بعمل نصف السُمك، ولكن هنا يحدد السُمكة كلها.

رسم المضلعات (Polygon Drawing)

■ مضلع داخل الدائرة

(Inscribed in Circle)

اختصارها (I): وهي التي

تلامس رؤوس المضلع

الخارجية.

■ مضلع خارج الدائرة

(Circumscribed about Circle)

اختصارها (C): وهي التي

تلامس الأضلاع الداخلية

للمضلع.

يعتمد أمر رسم المضلع على ثلاث طرق كالاتي:

■ مضلع داخل الدائرة (Inscribed in Circle).

■ مضلع خارج الدائرة (Circumscribed about Circle).

■ تحديد ضلع واحد (Edge)، حيث يسمح هذا الأمر بإنشاء مضلعات منتظمة بعدد معين من الأضلاع.

وللبداء في أمر رسم المضلعات تُتبع الطرق الآتية:

■ الأمر (Command) ← أو شريط المسافة (Spacebar).

■ شريط القوائم (Menu Bar) ← رسم (Draw) ← مضلع (Polygon).

■ الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة الرسم (Draw Panel) ← مضلع (Polygon).

بعد اختيار أمر رسم المضلع بإحدى الطرق السابقة:

■ يطلب إدخال أضلاع المضلع، ثم تحديد نقطة مركز المضلع (بإحدى طرق تحديد النقاط المذكورة سابقاً):

Command: Polygon or [Edge]:

Specify Center of Polygon or [Edge]:

■ فتظهر رسالة تطلب اختيار الدائرة إما داخلية أو خارجية، عند الضغط على الخيار الأول (I) ثم Enter، يطلب تحديد نصف قطر الدائرة، وبالتالي يرسم المضلع:

Enter an Option [Inscribed in Circle/Circumscribed about Circle] <I>:

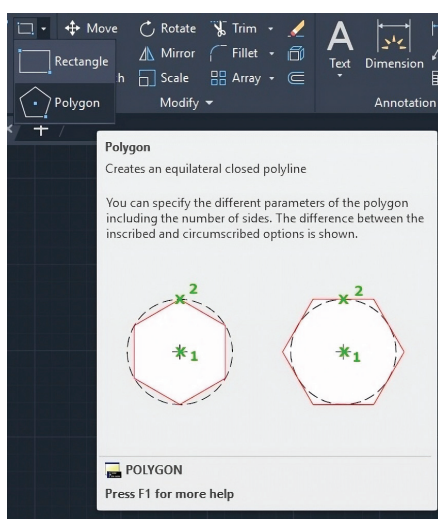
Specify Radius of Circle:

■ أما بالنسبة للخيار الأخير لرسم المضلع فيُحدد ضلع واحد (Edge) بعد اختيار (E) يطلب تحديد مركز الضلع والنقطة الأولى من طرف الضلع ثم النقطة الثانية، ويرسم المضلع مباشرة كالاتي:

Specify Center of Polygon or [Edge]: E

Specify First Endpoint of Edge:

Specify Second Endpoint of Edge:



رسم المضلعات

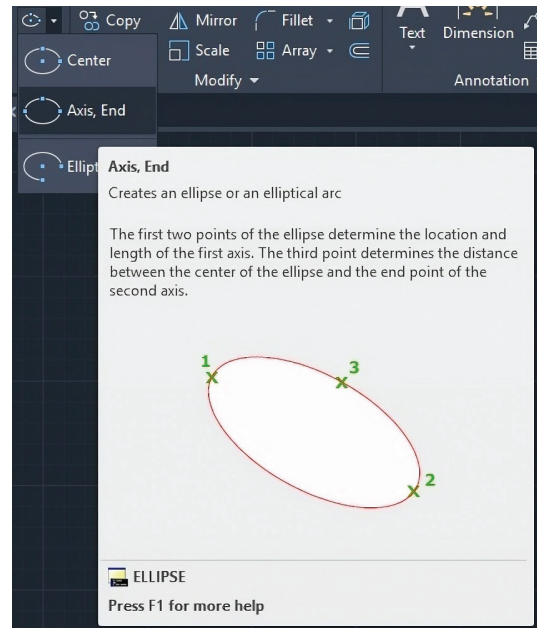
رسم الشكل البيضاوي/القطع الناقص (Ellipse Drawing)

يسمح أمر رسم الشكل البيضاوي القطع الناقص (Ellipse Drawing) برسم شكل بيضاوي بناءً على محاوره الرئيسية، أو نقاط معينة، وللبداء في هذا الأمر تُتبع الطرق الآتية:

- الأمر (Command) ← EL أو شريط المسافة (Spacebar).
- شريط القوائم (Menu Bar) ← رسم (Draw) ← قطع ناقص (Ellipse) أو [قوس/مركز] (Arc/Center).
- الصفحة الرئيسية (Home Tab) ← لوحة الرسم (Draw Panel) ← قطع ناقص (Ellipse).

بعد اختيار هذا الأمر بإحدى الطرق السابقة تظهر ثلاث خيارات يوضحها الجدول الآتي:

النقطة	الطريقة
المركز (Center)	رسم القطع الناقص بدلالة نصف القطر، ويكون بتحديد نقطة المركز، ثم طرفي القطر المعامد أو الزاوية.
المحور والنهاية (End, Axis)	■ الطريقة الأولى: تحديد طرفي القطر الأول وطرف القطر المعامد. ■ الطريقة الثانية: تحديد طرفي القطر، ثم تحديد الزاوية.
القوس (Arc)	لرسم قوس، تتبع إحدى الطريقتين المذكورتين أعلاه، ثم تحدد بداية القوس ونهايته.



رسم الشكل البيضاوي



أسئلة الوحدة

- اذكر أنواع الرسومات الإسقاطية.
- عدّد أنواع الرسومات المتوازية.
- ما المقصود بالإسقاط المحوري؟
- ما الفرق بين الإسقاط الثنائي والثلاثي في الإسقاط المحوري؟
- عرّف الإسقاط المنظوري.
- قارن بين أنواع الإسقاطات المنظورية من حيث التقاطع مع مستوى الإسقاط.
- اذكر مزايا التصميم بمساعدة الحاسب الآلي التلقائي AutoCAD.
- حدّد محتويات الشاشة الرئيسية لبرنامج AutoCAD.
- عدّد الأدوات المساعدة للرسم في برنامج AutoCAD.
- ارسم إسقاطاً متعامداً متعدد الرؤى قابلاً للتعرف على أداة أو جزء هندسي.
- ارسم خطوطاً، ودوائر، ومستطيلات، ومضلعات باستخدام برنامج AutoCAD.
- ما الفرق بين نظام الشبكة ونظام الوثب في برنامج AutoCAD؟

الوحدة الثانية

الآلات الصناعية

Industrial Machines



محتويات الوحدة الثانية

الدرس الأول

التطور التاريخي للآلات الصناعية

48 (The Historical Evolution of Industrial Machinery)

الدرس الثاني

51 (Lathe Machines) آلات الخراطة

الدرس الثالث

أنواع آلات الخراطة وتطبيقاتها وضبطها

57 (Types, Applications and Adjustments of Lathe Machines)

الدرس الرابع

68 (Milling Machines) آلات التفريز

الدرس الخامس

تشغيل آلات التفريز وضبطها

76 (Operation and Adjustment of Milling Machines)

الدرس السادس

آلات الكشط الدقيق والصقل

83 (Grinding and Honing/Polishing Machines)

الدرس السابع

تشغيل آلات الكشط الدقيق وضبطها

90 (Operation and Adjustment of Grinding Machines)

94 أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتتبع التطور التاريخي لآلات التصنيع.
- يوضح تأثير تطور آلات التصنيع على العمليات الصناعية الحديثة.
- يشرح التطورات التكنولوجية الرئيسية في تصنيع الآلات على مر السنين.
- يشرح الوظيفة الأساسية لآلات التفريز وآلات الخراطة.
- يحدد المكونات الأساسية لآلات التفريز وآلات الخراطة.
- يشرح أدوار الأجزاء الرئيسية في آلات التفريز وآلات الخراطة.
- يحدد الأنواع المختلفة لآلات التفريز وآلات الخراطة.
- يصنف تطبيقات الأنواع المختلفة لآلات التفريز وآلات الخراطة في عمليات التصنيع.
- يوضح المبادئ الأساسية لعملية الكشط الدقيق.
- يوضح المبادئ الأساسية لعملية الصقل.
- يعدد أنواع آلات الكشط الدقيق.
- يوضح وظيفة كل نوع من أنواع آلات الكشط الدقيق.
- يميز بين آلات الكشط الدقيق من حيث طريقة التشغيل.
- يحدد نوع الآلة المناسبة حسب طبيعة السطح المراد معالجته.
- يبين خصائص أحجار الكشط الدقيق.
- يحلل كيفية اختيار تقنية الكشط الدقيق لتطبيقات صناعية محددة.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المفاهيم والمعارف المتعلقة بالتطور التاريخي لآلات التصنيع، وتأثيرها على العمليات الصناعية الحديثة، كما تمكنهم من فهم الوظيفة والمكونات الأساسية لآلات التفريز والخراطة، بما في ذلك أدوار أجزائها الرئيسية، وأنواعها وتطبيقاتها المختلفة، وتركز الوحدة أيضاً على المبادئ الأساسية لعمل آلات الكشط الدقيق، وآلات الصقل، وخصائص أحجار الكشط ودورها المهم، بالإضافة إلى كيفية اختيار واستخدام كل نوع من آلات الكشط الدقيق بما يتناسب مع التطبيقات المختلفة.

التطور التاريخي للآلات الصناعية

(The Historical Evolution of Industrial Machinery)

شهدت الآلات الصناعية تطوراً ملحوظاً عبر التاريخ، بدءاً من العصور الحجرية وصولاً إلى العصر الحديث، وأصبحت هذه الآلات عنصراً حاسماً في تغيير نمط الحياة وإنتاج السلع، وقد أسهمت الابتكارات في تطوير الآلات وتحسين الكفاءة الإنتاجية؛ مما أدى إلى تطور المجتمعات الإنسانية، وفيما يأتي أهم المراحل التاريخية في تطور الآلات الصناعية.

الثورة الصناعية الأولى والثانية

بدأت الثورة الصناعية الأولى في القرن الثامن عشر، حيث ظهرت الآلات البخارية (Steam Machines) التي غيرت من طريقة الإنتاج، وذلك بالانتقال من الحرف الصناعية البسيطة إلى الإنتاج الصناعي السريع، وكان من أبرز المخترعين في تلك الفترة جيمس وات (James Watt, 1736-1819) الذي أسهم في تطوير المحرك البخاري، وقد استُخدمت هذه الآلات في مجموعة متنوعة من الصناعات، مثل صناعة القطن والفولاذ.

وفي مطلع القرن التاسع عشر، بدأت الثورة الصناعية الثانية بظهور الكهرباء واستخدامها في المصانع، مما مكّن من تشغيل آلات أكثر تطوراً وكفاءة، ومن أبرز مظاهر هذه المرحلة استخدام آلات القطع (Cutting Machines) بأنواعها المختلفة، مثل: آلات الخراطة (Lathe Machines)، وآلات التفريز (Milling Machines)، وآلات الصقل (Grinding Machines)، ومساهمة بعض المخترعين مثل هنري فورد (Henry Ford, 1863-1947) في تطوير نظام خطوط التجميع والإنتاج الضخم، مما خفض التكاليف وزاد من الكفاءة.

شهدت الآلات الصناعية المتخصصة تطوراً كبيراً عبر العصور، بدءاً من المخرطة، ثم آلة التفريز، وصولاً إلى آلات الصقل والكشط الدقيق، مما أسهم في تحسين دقة التصنيع وجودة المنتجات النهائية.



خطوط التجميع

(Assembly Lines)

هي نظام تصنيع يتم فيه تجميع المنتجات على مراحل متتالية؛ بحيث ينتقل المنتج عبر محطات عمل مختلفة، حيث يقوم كل عامل أو آلة بإنجاز جزء محدد من عملية التجميع، مما يزيد من سرعة وكفاءة الإنتاج ويقلل من التكاليف بشكل كبير.

■ آلات الخراطة (Lathe Machines):

تُعد من أقدم وأهم آلات القطع المستخدمة لإزالة المواد وتشكيل الأجزاء، ويُعزى تطوير المخرطة الحديثة المزودة بمركبة الدعم (Slide Rest Lathe) إلى هنري مودسلاي (Henry Maudslay) في أوائل القرن التاسع عشر، وقد أسهمت هذه الآلة في تحويل المواد الخام إلى قطع دقيقة تُستخدم في صناعات متقدمة مثل الطائرات والسيارات.

■ آلات التفريز (Milling Machines):

ظهرت أيضًا في أوائل القرن التاسع عشر كأدوات ميكانيكية لتشكيل المعادن بدقة أعلى من الطرق اليدوية، وقد تطورت خلال الثورة الصناعية لتعمل بالطاقة البخارية، ثم الكهربائية، ما جعلها جزءًا أساسيًا في عمليات التشكيل والإنتاج، وفي منتصف القرن العشرين، بدأ إدخال أنظمة التحكم الرقمي (Numerical Control (NC))، التي تطورت لاحقًا إلى آلات التحكم الرقمي بالحاسوب (Computer Numerical Control (CNC))، وهو ما يُعد بداية التحول نحو الثورة الصناعية الثالثة.

■ آلات الصقل والكشط الدقيق

(Polishing Machines and Grinding Machines):

تُستخدم آلات الصقل والكشط الدقيق لتحسين جودة السطح النهائي للقطع، وإزالة طبقات صغيرة جدًا من المادة بدقة عالية. بهدف الوصول إلى أبعاد دقيقة وتشطيبات سطحية مثالية، وقد بدأت هذه الآلات بالظهور في المراحل المتأخرة من الثورة الصناعية الثانية، عندما أصبحت الحاجة ملحة لتحسين دقة المنتجات الميكانيكية، خاصة في الصناعات الهندسية الدقيقة، ومع مرور الوقت، تطورت آلات الصقل لتصبح أوتوماتيكية، وتعمل بأنظمة تشغيل متقدمة، مما مهد الطريق لاستخدام تقنيات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) في هذه العمليات.

الثورة الصناعية الثالثة والرابعة

شهد العالم الثورة الصناعية الثالثة مع دخول القرن العشرين، التي اتسمت باستخدام الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات، والآلات الذكية والروبوتات في المصانع؛ مما ساعد في تحسين الإنتاجية، وتقليل الحاجة إلى العمالة اليدوية، ومن المخترعين البارزين في هذه الفترة نيكولا تسلا (Nikola Tesla, 1856 - 1943) الذي أسهم في تطوير نظام توزيع الكهرباء، وجون ماكنرو (John McCarthy, 1927 - 2011) الذي قدّم إسهامات كبيرة في تطوير أنظمة التحكم الآلي.



أما الثورة الصناعية الرابعة، فهي تمثل عصر الابتكارات الرقمية والتكنولوجيا المتقدمة، مثل الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) والطباعة ثلاثية الأبعاد (3D Printing)، ومن أبرز التطورات في هذا المجال ظهور آلات التحكم الرقمي بالحاسوب (Computer Numerical Control (CNC))، التي تعتمد على الحواسيب في التحكم بالعمليات الإنتاجية.

■ آلات CNC والذكاء الاصطناعي:

تعد آلات التحكم الرقمي بالحاسوب نقلة نوعية في عمليات التصنيع الحديثة، حيث تتيح تحكمًا دقيقًا وآليًا في حركة الأدوات باستخدام برامج حاسوبية قابلة للبرمجة، مما يسمح بإنتاج قطع معقدة بدقة متناهية وكفاءة عالية يصعب تحقيقها بالطرق التقليدية، وتستخدم آلات CNC على نطاق واسع في قطاعات متعددة، من أبرزها: صناعة السيارات، وصناعة الطيران.

■ دور الذكاء الاصطناعي في دعم أنظمة (CNC):

يسهم الذكاء الاصطناعي (AI) في تعزيز قدرات آلات CNC من خلال:

- تحليل البيانات التشغيلية، وتحسين أداء الآلات.
- التنبؤ بالصيانة لتقليل فترات التوقف المفاجئ.
- تقليل الأعطال الفنية.
- رفع كفاءة الإنتاج من خلال اتخاذ قرارات فورية تعتمد على البيانات.
- خفض التكاليف التشغيلية وزيادة الإنتاجية في بيئات التصنيع الذكي والإلكترونيات الدقيقة.



آلات التحكم الرقمي بالحاسوب



الذكاء الاصطناعي

(Artificial Intelligence (AI))

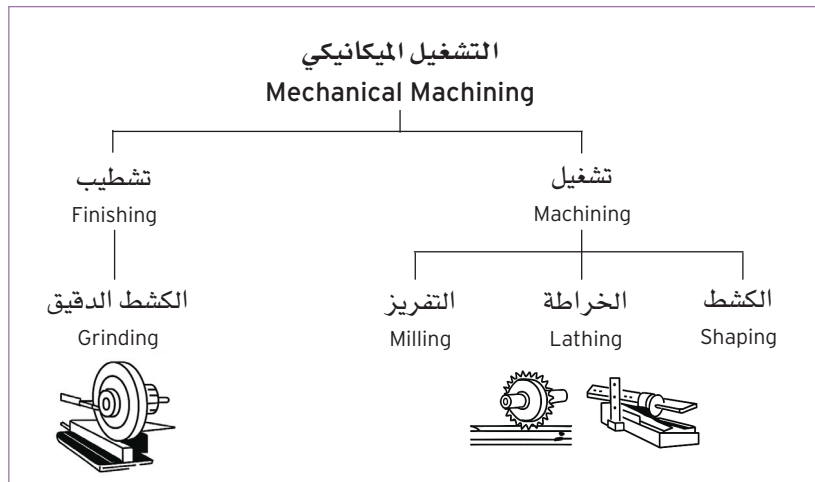
هو أنظمة وبرامج قادرة على محاكاة القدرات الذهنية البشرية، مثل التعلم، وحل المشكلات، واتخاذ القرارات، وفهم اللغات الطبيعية، ويستخدم في الصناعة لتحسين كفاءة الإنتاج، والتنبؤ بالأعطال، وتحسين جودة المنتجات.

الدرس الثاني

آلات الخراطة

(Lathe Machines)

تُعد آلة الخراطة أساسية في عمليات التصنيع والتشغيل الميكانيكي، فهي تُستخدم لتشكيل المواد وقطعها وإنهاء أسطحها، وتعتمد وظيفتها الأساسية على تدوير قطعة العمل حول محورها أثناء تطبيق الأدوات عليها، وتعتبر المخرطة من أهم الآلات التي يجب أن تتوفر في الورش الإنتاجية؛ لأنها تُعد من الآلات الرئيسية التي تقوم بإجراء معظم عمليات التشغيل والتشكيل المختلفة، وهذا النوع من الآلات يكثر استخدامه في ورش أعمال الصيانة والإصلاح في جميع المصانع، وكذلك في التدريب، حيث توجد المخارط بمقاسات وأحجام مختلفة.



ملخص لعمليات التشغيل الميكانيكي

أنواع عمليات الخراطة (Types of Lathe Operations)

تُنفذ آلة الخراطة مجموعة متنوعة من العمليات التي تهدف إلى تعديل شكل قطعة العمل وحجمها وتشطيبها، وتشمل هذه العمليات الآتي:

الوصف	شكل توضيحي	اسم العملية
هي عملية يتم فيها إزالة المعدن من السطح الخارجي لقطعة العمل الدوارة، حيث تتحرك أداة القطع بشكل مواز لمحور دوران قطعة العمل، وتهدف هذه العملية إلى تقليل القطر أو إنتاج أسطح أسطوانية مستقيمة.		الخراطة الطولية الخارجية (Longitudinal/ External Turning)

اسم العملية	شكل توضيحي	الوصف
الخراطة الوجهية (التسوية) (Facing)		هي عملية يتم فيها إزالة جزء من المعدن من وجه (نهاية) قطعة العمل الدوارة؛ لإنشاء سطح مستو وعمودي على محور دوران القطعة، حيث تتحرك أداة القطع في هذه العملية بشكل عمودي على محور دوران قطعة العمل (حركة عرضية)، وتستخدم لتقصير طول قطعة العمل، أو لتجهيز السطح لعمليات تشغيل لاحقة، أو لإنهاء وجه قطعة العمل بجودة سطح عالية.
خراطة اللولبة الخارجية (External Threading / Screw Cutting)		هي عملية يتم فيها إنشاء أخدود حلزوني (قلاووظ أو لولب) على السطح الخارجي للأسطوانة لقطعة العمل الدوارة باستخدام أداة قطع ذات شكل خاص (لتناسب شكل السن أو اللولب المطلوب)، حيث تتحرك بشكل متزامن مع دوران قطعة العمل وبسرعة تغذية دقيقة تتناسب مع خطوة اللولب المراد إنشاؤه، وتستخدم هذه العملية لإنتاج المسامير، والأجزاء الملولبة، أو أي مكون يتطلب وصلات برغية.
عملية الثقب (Drilling)		هي عملية يتم فيها إنشاء ثقب أسطواني (دائري) في قطعة عمل صلبة باستخدام أداة قطع دوارة تسمى المثقاب (Drill Bit) في سياق المخرطة، حيث يتم تثبيت قطعة العمل وتدويرها، بينما يُثبت المثقاب في غراب الذيل (Tailstock) أو حامل الأدوات، ويتم تغذيته يدوياً أو آلياً على طول محور الدوران لاختراق قطعة العمل وإنشاء الثقب، وتستخدم هذه العملية لإنشاء فتحات المسامير، أو المحاور، أو كنقطة بداية لعمليات تجويف لاحقة.

الوصف	شكل توضيحي	اسم العملية
هي عملية يتم فيها إنتاج سطح مخروطي (مدبب أو متناقص القطر بشكل تدريجي) على السطح الخارجي أو الداخلي لقطعة العمل الدوارة بدلاً من إنتاج سطح أسطواني مستقيم، حيث تتحرك أداة القطع بزاوية مائلة بالنسبة لمحور دوران قطعة العمل، ويمكن تحقيق ذلك بعدة طرق، منها تدوير المرفق المركب، أو إزاحة غراب الذيل، أو استخدام جهاز الخراطة المخروطي، وتستخدم هذه العملية لإنشاء أجزاء مثل الأطواق المخروطية، ودبابيس التثبيت، أو التوصيلات المخروطية.		خراطة السلبة (المخروطية) (Taper Turning)
هي عملية يتم فيها إنشاء نمط خشن وموحد (عادة ما يكون متقاطعاً أو خطياً) على السطح الخارجي الأسطواني لقطعة العمل الدوارة، ولا تتضمن هذه العملية إزالة للمعدن، بل هي عملية تشكيل بلاستيكي تتم باستخدام أداة خاصة تسمى أداة النقش أو أداة الترترة (Knurling Tool) تحتوي على عجلات دوارة عليها النمط المطلوب؛ حيث يتم الضغط على الأداة بقوة ضد قطعة العمل الدوارة لطباعة النمط على السطح، والهدف الرئيسي منها هو توفير قبضة أفضل للأجزاء التي يتم تدويرها يدوياً، أو لتعزيز المظهر الجمالي.		النقش (الترترة) (Knurling)

المكونات الرئيسية لآلة الخراطة

(Main Components of Lathe Machines)

لتحقيق الدور الحيوي الذي تؤديه المخرطة في عمليات التشغيل، تتألف هذه الآلة من عدة مكونات رئيسية متجانسة تكمل بعضها لأداء وظيفة محددة، مما يضمن كفاءة التشغيل ودقة المنتج النهائي، وتشمل هذه المكونات الآتي:

1. الفرش (Bed):

هي القاعدة الصلبة التي تدعم وتوجه بقية المكونات، وتضمن الثبات أثناء عمليات التشغيل، وتتطلب فحصاً دورياً؛ للتأكد من استقامتها، وعدم وجود تآكل في مسارات الحركة (Ways) ولضمان دقة التشغيل.

2. الغراب الثابت (Headstock):

يحتوي على المغزل (Spindle) الرئيسي، والتروس (Gears)، وأدوات التحكم في السرعة، وهو مسؤول عن تثبيت قطعة العمل وتدويرها، ويجب التأكد من مستوى الزيت فيه بانتظام، وفحص أي أصوات غير طبيعية تدل على تآكل التروس أو المحامل (Bearings).

3. الغراب المتحرك (غراب الذيل) (Tailstock):

يوفر الدعم لقطعة العمل في الطرف المقابل لصندوق الرأس، ويحمل الأدوات مثل المثاقب والمراكز (Centers)، ويجب التحقق من محاذاته الدورية مع المغزل الرئيسي؛ لضمان دقة الثقب والحفر.

4. العرب (Carriage):

هي أحد المكونات الرئيسية في المخرطة، ومسؤوليتها الأساسية هي تحريك أداة القطع؛ حيث تتحرك العرب على طول مسارات المخرطة الطولية، كما توفر حركة عرضية ومائلة لأداة القطع من خلال مكوناتها الفرعية (السرج، والصينية المتقاطعة، والمرفق المركب)، مما يتيح التحكم الدقيق في عملية إزالة المعدن من قطعة العمل، وتتطلب العرب تزييتاً منتظماً لمساراتها ومسامير التغذية لضمان حركة سلسلة ودقيقة.

5. الظرف (Chuck):

جهاز تثبيت يؤمن قطعة العمل أثناء العمليات، ويجب فحصه بانتظام؛ للتأكد من نظافة الفكوك وعدم تأكلها؛ لضمان التثبيت الآمن والدقيق لقطعة العمل.



المراكز (Centers)

هي أدوات أساسية تُستخدم في المخرطة (Lathe) لدعم قطعة العمل.



6. حامل العدة (Tool Post):

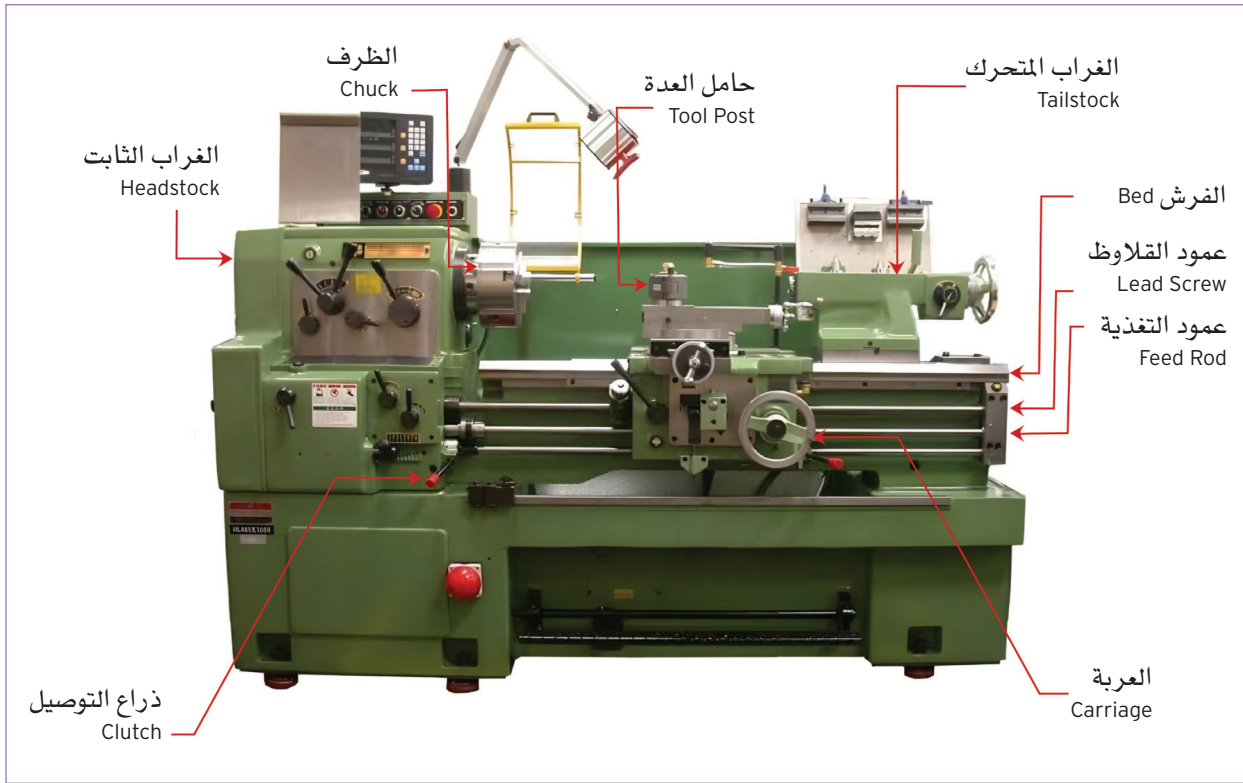
يحمل أدوات القطع في مكانها، مما يتيح تعديلها للعمليات المختلفة، ويجب التأكد من حالته وثبتيته بإحكام؛ لضمان استقرار أداة القطع.

7. عمود القلاووظ (Lead Screw):

يُستخدم في تحريك عربة المخرطة آلياً عن طريق الجاشمة/الصامولة المشقوقة (Half Nut) وذلك لعمل اللولبة، ويحصل على حركته من خلال مجموعة من التروس من صندوق التروس الرئيسي.

8. عمود التغذية (Feed Rod):

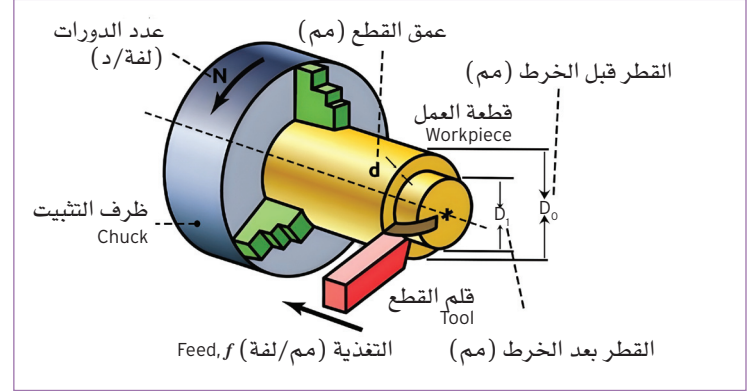
يُستخدم في تحريك عربة الراسمة الكبرى آلياً لتوفير التغذية العرضية، ويزود بالحركة من خلال مجموعة تروس من صندوق التروس الرئيسي.



مكونات آلة الخراطة

حركات التشغيل بالمخرطة (Lathe Working Motions)

تتم عمليات إزالة الطبقات الزائدة من المعدن المطلوب تشغيله ميكانيكياً على آلات القطع المختلفة باستخدام العدد القاطعة (أقلام الخراطة) المناسبة لكل آلة، حيث تنتقل الحركة لأدوات القطع من خلال التجهيزات الموجودة بالآلات، بينما تتحرك قطعة العمل حركة أخرى لها ارتباط مع حركة العدد القاطعة، وتتميز جميع آلات التشغيل بالقطع بثلاث حركات مختلفة، تختلف هذه الحركات من آلة إلى أخرى، وتُقسَّم حركات تشغيل المخرطة إلى ثلاث حركات رئيسية كالآتي:



■ حركة القطع (Speed Cutting):

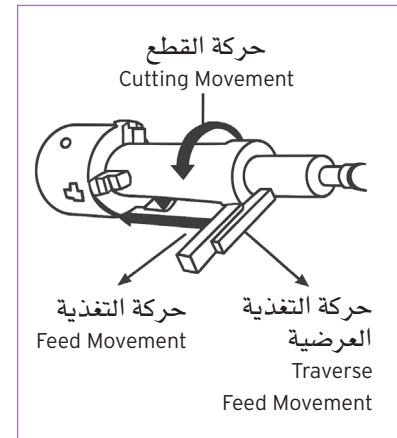
يُطلق عليها أيضاً سرعة القطع، وهي الحركة الدورانية لظرف المخرطة، حيث تدور القطعة المراد تشغيلها بالظرف.

■ حركة التغذية (Feed Cutting):

تُعرف أيضاً بحركة التغذية الطولية، وهي حركة مستقيمة للقلم، وموازية لمحور الذنبتين، وتؤدي هذه الحركة إما يدوياً أو ميكانيكياً.

■ حركة عمق القطع (Deeping Cutting):

تُعرف أيضاً بحركة الاقتراب أو حركة التعميق، وهي عبارة عن حركة مستقيمة لقلم المخرطة، وعمودية على محور الذنبتين؛ حيث يدخل الحد القاطع للقلم في قطع العمل المراد تشغيلها؛ لإزالة طبقة من المعدن، التي تُعرف باسم الرايش (Chips أو Swarf) وغالباً ما تؤدي هذه الحركة يدوياً.



الحركات الأساسية على المخرطة

أنواع آلات الخراطة وتطبيقاتها وضبطها

(Types, Applications and Adjustments of Lathe Machines)

تُصنّف آلات الخراطة بناءً على هيكلها ووظائفها ومستوى الأتمتة إلى عدة أنواع، وهي تتشابه جميعها في أن قطعة العمل تدور حول محور دوران، وكل نوع من المخارط مُتخصّص في إنتاج نوع معين من القطع.

أنواع آلات الخراطة (Types of Lathe Machines)

المخرطة البرجية (Capstan Lathe)



هي نوع متخصص من المخارط شبه الأوتوماتيكية، وقد صُممت خصيصًا لإنتاج كميات كبيرة من الأجزاء المتطابقة بدقة وكفاءة عالية، وتتميز ببرج دوار يحمل عدة أدوات قطع، مما يقلل من وقت تغيير الأدوات ويزيد من الإنتاجية.

الوصف

الاستخدام

- الإنتاج الكمي للأجزاء المتطابقة.
- تصنيع الأجزاء الصغيرة والمتوسطة (مثل المسامير، والصواميل، والمكونات الدقيقة).
- صناعة السيارات.
- صناعة المعدات الطبية.
- إجراء عمليات تشغيل متسلسلة.

المميزات

- كفاءة إنتاج عالية (بفضل البرج الدوار والتغيير السريع للأدوات).
- تعدد المهام.
- دقة وثبات عالين.
- سهولة التشغيل.
- الصلابة الجيدة.
- تقليل تكلفة العمالة.
- مناسبة للقطع الصغيرة والمتوسطة.



المخرطة المتوازية (الأفقية) (Engine Lathe/Centre Lathe)

الوصف	هي النوع الأكثر شيوعًا وتنوعًا، وتُستخدم لتشكيل قطع العمل عن طريق تدويرها حول محورها، وإزالة المعدن بأداة قطع واحدة.
الاستخدام	■ إنتاج القطع الفردية أو الكميات الصغيرة والمتوسطة. ■ أداء معظم عمليات الخراطة الأساسية، مثل: الخراطة الطولية، والوجهية، والتجويف، والحفر، والقلوطة، والتخویش، والخراطة المخروطية). ■ أعمال الصيانة والتصنيع العام في الورش الهندسية. ■ تصنيع القوالب والأدوات المخصصة.
المميزات	■ قادرة على تنفيذ مجموعة واسعة جدًا من عمليات التشغيل. ■ المرونة العالية: مناسبة لتشغيل أنواع مختلفة من المواد والأحجام. ■ التحكم اليدوي المباشر: يتيح للمشغل دقة في التحكم بالقطع المعقدة والفريدة. ■ تكلفة أولية منخفضة نسبيًا: تعتبر اقتصادية مقارنة بالمخارط الأوتوماتيكية أو المبرمجة. ■ سهولة التشغيل والصيانة الأساسية.



المخرطة الجبهية (Face Lathe)

الوصف	هي نوع متخصص من المخارط مصمم خصيصًا لتشغيل قطع العمل ذات القطر الكبير والطول القصير نسبيًا، التي يصعب تثبيتها على المخارط التقليدية، وتتميز بمركز ارتفاع كبير (مركز المخرطة مرتفع عن الفراش) وقاعدة قوية تتحمل الأوزان الكبيرة، وغالبًا ما تكون بدون غراب ذيل أو بغراب ذيل متحرك.
الاستخدام	■ تشغيل الأجسام المسطحة وذات القطر الكبير مثل: عجلات التروس الكبيرة، وأغطية المضخات، والتوربينات. ■ إجراء عمليات الخراطة الوجهية (Facing) على الأقطار الكبيرة. ■ التجويف (Boring) والتشكيل الداخلي للقطع الكبيرة. ■ الخراطة الخارجية للقطع الكبيرة ذات الطول القصير.
المميزات	■ القدرة على تشغيل الأقطار الكبيرة جدًا. ■ هيكل قوي ومتين. ■ دقة جيدة في تشغيل الأسطح الكبيرة. ■ مرونة في تثبيت قطع العمل غير المنتظمة. ■ تصميم مدمج بالنسبة لقدرتها على تشغيل الأقطار الكبيرة.



المخرطة العمودية (Vertical Lathe)

هي نوع من المخارط يتم فيها تثبيت قطعة العمل الكبيرة والثقيلة أفقياً على طاولة دوارة (وجهية) بينما تتحرك أداة القطع عمودياً، وهذا التصميم يجعلها مثالية لتشغيل القطع ذات الأقطار الكبيرة جداً والأوزان الثقيلة، حيث تعتمد على الجاذبية لتثبيت قطعة العمل بشكل مستقر.

الوصف

- تشغيل قطع العمل ذات الأقطار الكبيرة جداً والأوزان الثقيلة التي يصعب تثبيتها على المخارط الأفقية.
- خراطة الأجزاء الكبيرة مثل: عجالات التروس الضخمة، ومكونات المولدات الكهربائية الكبيرة، والأوعية والفلنجات ذات الأقطار الكبيرة.
- عمليات الخراطة الوجهية (Facing)، والتجويف (Boring)، والخراطة الخارجية لهذه القطع الضخمة.
- إنتاج القطع الثقيلة التي تتطلب دقة عالية.

الاستخدام

- القدرة على تشغيل الأقطار والأوزان الكبيرة.
- التثبيت المستقر لقطعة العمل بفضل الجاذبية.
- الدقة العالية في التشغيل.
- سهولة تحميل وتفريغ القطع الكبيرة.
- الهيكل القوي والصلب.

المميزات



المخرطة المبرمجة المحوسبة (Computerized Numerical Control Lathes)

الوصف	هي آلة خراطة يتم التحكم في حركتها بشكل كامل بواسطة الحاسوب، حيث تستخدم برامج يتم تحميلها مسبقاً (G-code) لتوجيه أدوات القطع بدقة متناهية، مما يتيح إنتاج أجزاء معقدة الشكل بكميات كبيرة وبدقة وتكرارية عالية جداً، مع تدخل بشري محدود.
الاستخدام	■ الإنتاج الضخم للأجزاء المعقدة والمتطابقة. ■ تصنيع المكونات التي تتطلب تفاوتات دقيقة للغاية. ■ الصناعات المتطورة (مثل الطيران، والفضاء، والسيارات عالية الأداء). ■ إنتاج النماذج الأولية المعقدة. ■ العمليات التي تتطلب سرعة وكفاءة عالية وتقليل الأخطاء. ■ تشغيل مجموعة واسعة من المواد.
المميزات	■ الدقة والتكرارية الفائقة. ■ سرعة الإنتاج العالية. ■ القدرة على تشغيل الأشكال المعقدة. ■ تقليل الأخطاء البشرية. ■ المرونة العالية في التغيير والبرمجة. ■ كفاءة في استخدام المواد. ■ بيئة عمل أكثر أماناً. ■ القدرة على العمل بدون إشراف مستمر.

تطبيقات آلات الخراطة (Applications of Lathe Machines)

تُستخدم آلة الخراطة بشكل واسع في تشكيل المواد الأسطوانية، ومن تطبيقاتها الشائعة ما يأتي:

- التصنيع (Manufacturing): إنتاج مكونات الآلات، وأجزاء السيارات، والأدوات.
- النمذجة الأولية (Prototyping): إنشاء أشكال مخصصة أثناء تطوير المنتجات.
- أعمال الإصلاح (Repair Work): استعادة الأجزاء التالفة إلى وظائفها الأصلية.
- التعليم (Education): تعليم مبادئ وتقنيات التشغيل الميكانيكي في برامج التدريب الفني.

الحسابات الشائعة لضبط الآلة

لتحقيق الأداء الأمثل في عملية الخراطة، من الضروري فهم وتطبيق الحسابات الهندسية الأساسية التي تحكمها، والمعادلات والمفاهيم الرياضية اللازمة لتحديد المتغيرات التشغيلية الرئيسية، وأهمها:

■ حساب سرعة القطع (Cutting Speed):

سرعة القطع (Cutting Speed) هي انتقال الحد القاطع للقلم باتجاه الحركة الأساسية بالنسبة إلى السطح المشغل في وحدة الزمن، ويرمز إليه بالرمز (V_c) ، ويقاس بوحدة متر/دقيقة (m/min)، وتحسب سرعة القطع بالعلاقة الآتية:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

حيث إن:

- (V_c) سرعة القطع بالمتر/دقيقة (m/min).
- (D) قطر السطح المراد تشغيله (mm).
- (N) عدد دورات قطعة العمل في الدقيقة (rpm).
- π تمثل النسبة التقريبية 3.14.

جدول تحديد سرعة القطع حسب نوع معدن قطعة العمل

التغذية مم/لفة (mm/rev)		سرعة القطع م/دقيقة (m/min)		مادة قطعة العمل
تنعيم	تخشين	تنعيم	تخشين	
0.1 - 0.3	0.3 - 0.6	40	25	صلب منخفض الكربون
0.1 - 0.3	0.3 - 0.4	30	20	صلب متوسط الكربون
0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	25	15	صلب عالي الكربون
0.1 - 0.3	0.4 - 0.6	35	25	حديد زهر طري
0.1 - 0.3	0.4 - 0.6	25	20	حديد زهر متوسط
0.1 - 0.3	0.3 - 0.6	20	15	حديد زهر صلد
0.1 - 0.3	0.4 - 0.6	60	30	نحاس أصفر (برونز)
0.1 - 0.3	0.4 - 0.8	50	20	نحاس أحمر
0.1 - 0.3	0.4 - 0.8	120	75	ألومنيوم

مثال تطبيقي

قطعة عمل أسطوانية قطرها 80 mm تدور بسرعة قدرها 400 rpm، احسب سرعة القطع (V_c) لهذه العملية؟

الحل:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

$$V_c = \frac{3.14 \times 80 \times 400}{1000} = 100.48 \text{ m/min}$$

ملحوظة: يتم تحديد سرعة القطع من جداول حسب نوع معدن قطعة العمل كما هو موضح بالجدول السابق.

■ حساب زمن القطع في الخراطة (Turning Time):

هو الزمن الذي تستغرقه عملية قطع المعادن للشكل المطلوب، ويقاس الزمن بالدقيقة، ويُحسب الزمن الفعلي للخراطة بالمعادلة الآتية:

حيث إن:

$$T_m = \frac{L \times i}{F_r \times N}$$

■ (T_m) زمن القطع بالدقيقة (min).

■ (N) عدد الدورات بالدقيقة (rpm).

■ (i) عدد الأشواط التي يتم بها القطع (Number of passes).

■ (L) طول شوط القطع بوحدة المليمتر (mm).

■ (F_r) التغذية لكل لفة (feed per revolution).

مثال تطبيقي

احسب زمن القطع الإجمالي بالدقائق إذا علمت أن طول شوط الخراطة 150 mm، وتحتاج إلى 3 أشواط لإتمام التشغيل، وأن سرعة الدوران هي 200 rpm والتغذية لكل لفة هي 0.2 mm/rev.

الحل:

$$T_m = \frac{L \times i}{F_r \times N}$$

$$T_m = \frac{150 \times 3}{0.2 \times 200} = 11.25 \text{ min}$$

■ حساب عمق القطع (Depth of Cut):

عمق القطع هو سُمك طبقة المعدن المنزوعة في شوط واحد لأداة القطع، وهو نصف الفرق بين قطر قطعة العمل الأصلية وقطر السطح المُشغّل بعد مرور أداة القطع مرة واحدة، ويعتمد حساب عمق القطع (d_c) على صلابة المادة، وقدرة الآلة، ونوع العملية (عمق القطع في عمليات التخشين أكبر من نظيره في عمليات التنعيم)، ويحسب بالمعادلة الآتية:

حيث إن:

$$d_c = \frac{D - d}{2}$$

■ (D) قطر قطعة العمل قبل التشغيل بالمليمتر.

■ (d) قطر قطعة العمل بعد التشغيل بالمليمتر.

■ (d_c) عمق القطع بالمليمتر.

مثال تطبيقي

قطعة أسطوانية قطرها قبل التشغيل 50 mm وبعد شوط خراطة واحد يكون قطرها 48 mm، احسب عمق القطع لهذا الشوط.

الحل:

$$d_c = \frac{D - d}{2}$$

$$d_c = \frac{50 - 48}{2} = 1 \text{ mm}$$

■ حساب معدل التغذية (Feed Rate):

معدل التغذية (Feed Rate) هو مقدار انتقال الحد القاطع لأداة القطع لكل دورة كاملة لقطعة العمل، ويُرمز إليه بالرمز fr أو fe ويُقاس بالمليمتر/لفة (mm/rev)، إذا كان المطلوب هو معدل التغذية الخطي (بالملم/دقيقة)، فيُحسب بالمعادلة الآتية:

حيث إن:

$$F = fr \times N$$

■ (F) معدل التغذية الخطي بالمليمتر/دقيقة لفة (mm/min).

■ (fr) التغذية لكل لفة بالمليمتر/لفة (mm/rev).

■ (N) سرعة دوران الشغلة باللفة/الدقيقة (rpm).

مثال تطبيقي

إذا كانت قطعة عمل تدور بسرعة قدرها 300 rpm، وتم ضبط التغذية لكل لفة، 0.25 mm/rev احسب معدل التغذية الخطي F لهذه العملية ب mm/min؟

الحل:

$$F = fr \times N$$

$$F = 0.25 \times 300 = 75 \text{ mm/min}$$

معدل التغذية الخطي لهذه العملية هو 75 مليمتر/دقيقة، وهذا يعني أن أداة القطع ستتحرك مسافة 75 مليمتر على طول قطعة العمل كل دقيقة.

إجراءات السلامة الشاملة لتشغيل آلة الخراطة

تُعد السلامة أولوية قصوى عند التعامل مع آلات الخراطة؛ لضمان حماية الأفراد وتجنب الحوادث، وتنقسم هذه الإجراءات إلى ثلاث مراحل رئيسية: قبل التشغيل، وأثناء التشغيل، وبعد الانتهاء من العمل.

■ إجراءات السلامة قبل التشغيل:

في هذه المرحلة يتم تهيئة الفرد والبيئة قبل البدء بالتعامل مع آلة الخراطة من حيث الآتي:

- **الاستعداد الشخصي، من حيث الآتي:**
 - ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE): يجب دائماً ارتداء نظارات وقاية العينين لحماية العينين من الشظايا المتطايرة.
 - تجنب ارتداء الملابس الفضفاضة والمجوهرات.
- **فحص وتجهيز الآلة ومنطقة العمل، من حيث الآتي:**
 - التنظيف الشامل: التأكد من تنظيف الآلة ومنطقة العمل المحيطة بها بالكامل، وإزالة جميع المواد غير الضرورية، وإزالة الرقائق بحذر باستخدام الفرشاة أو أدوات خاصة لذلك.
 - فحص أجزاء الآلة: الفحص الدقيق لأجزاء الآلة الأساسية مثل المسارات، والعمود الدوار، وأداة التثبيت؛ للتأكد من سلامتها وعدم وجود أي تلف أو عيوب.
- **إعداد وتثبيت قطعة العمل، من حيث الآتي:**
 - التثبيت المحكم: تثبيت قطعة العمل بإحكام شديد على الظرف (Chuck) أو بين المراكز (Centers)؛ لضمان عدم تحركها أثناء التشغيل.
 - المحاذاة الدقيقة: التأكد من محاذاة قطعة العمل بدقة عالية؛ لتجنب أي اهتزازات قد تؤثر على جودة التشغيل أو تسبب مخاطر.
- **اختيار وتثبيت أداة القطع، من حيث الآتي:**
 - اختيار الأداة المناسبة: تحديد أداة القطع المناسبة بناءً على نوع مادة قطعة العمل وطبيعة العملية (مثل التخشين، أو التنعيم، أو التشكيل).
 - التثبيت الصحيح: تثبيت أداة القطع بإحكام في حاملة الأدوات، وضبط ارتفاعها بحيث يتناسب تماماً مع مركز قطعة العمل.
- **ضبط إعدادات التشغيل الأولية، من حيث الآتي:**
 - اختيار السرعة المناسبة: اختيار سرعة دوران مناسبة لنوع المادة وقطر قطعة العمل؛ لضمان السلامة والأداء الأمثل للآلة.
 - تحديد معدل التغذية وعمق القطع: ضبط معدل التغذية وعمق القطع بما يتناسب مع العملية المطلوبة.

■ إجراءات السلامة أثناء التشغيل:

تركز هذه المرحلة على الإجراءات الآمنة الواجب اتباعها أثناء دوران الآلة والقيام بعملية الخراطة، وتشمل الآتي:

- **التشغيل الأولي والتحقق، من حيث الآتي:**
 - البدء بالتشغيل البطيء: البدء بتشغيل الآلة بسرعات منخفضة أولاً، ومراقبة الأداء؛ للتأكد من التوازن وسلامة جميع الإعدادات قبل زيادة السرعة.
 - المراقبة المستمرة: بمجرد بدء عملية الخراطة ببطء يتم مراقبة أداء الآلة وقطعة العمل باستمرار لرصد أي علامات غير طبيعية.
- **إجراءات السلامة أثناء العمل، باتباع الآتي:**
 - تجنب الوقوف المباشر أمام الطرف أثناء دوران القطعة، فالشظايا قد تتطاير بقوة.
 - الابتعاد عن الأجزاء المتحركة: الحفاظ على مسافة آمنة، والابتعاد عن أي أجزاء متحركة في الآلة أثناء عملها.
- **تجنب لمس القطعة أو الأداة: تجنب لمس القطعة الدوارة أو أداة القطع أثناء عمل الآلة، فقد تتسبب في إصابات بالغة.**
- **إيقاف الآلة وتشغيلها عند الحاجة، باتباع الآتي:**
 - التوقف لإجراء التعديلات: إيقاف الآلة بالكامل عند الحاجة لإجراء أي تعديلات، أو قياسات، أو فحص للقطعة.
 - تجنب تغيير الإعدادات أثناء الدوران: التأكد من إيقاف الآلة تماماً قبل محاولة تغيير إعدادات القطعة أو الأداة.
 - التعامل مع الأعطال: في حال ملاحظة أي صوت غير طبيعي أو اهتزاز، يجب إيقاف الآلة فوراً.

■ إجراءات السلامة بعد الانتهاء من العمل:

تتمثل هذه المرحلة في إجراءات التنظيف والتخزين بأمان، وتهيئة الآلة للاستخدام المستقبلي، وتشمل الآتي:

- **إطفاء الآلة بشكل كامل: بعد الانتهاء من عملية الخراطة، يجب التأكد من إطفاء الآلة بالكامل، وفصل التيار الكهربائي إذا كان ذلك ممكناً.**
- **تنظيف الآلة: تنظيف الآلة من بقايا المواد والرقائق المتراكمة باستخدام الأدوات المناسبة (فرشاة، أو شفاط)، وتجنب لمسها باليد.**
- **تخزين الأدوات: تخزين جميع الأدوات المستخدمة بطريقة آمنة ومنظمة في أماكنها المخصصة؛ للحفاظ عليها وتسهيل الوصول إليها لاحقاً.**
- **الصيانة الدورية: إجراء صيانة دورية للآلة وفقاً لتوصيات الشركة المصنعة؛ لضمان استمرار عملها بكفاءة وسلامة.**

آلات التفريز

(Milling Machines)

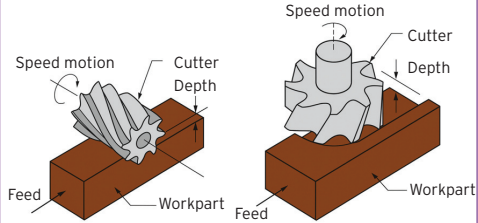
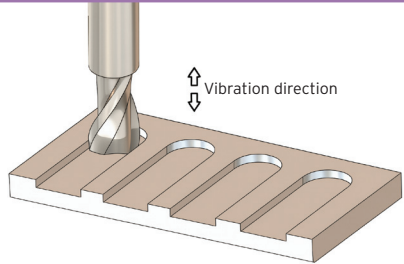
تُعد آلات التفريز جزءاً أساسياً من عمليات التصنيع الحديثة؛ حيث تُمكن من تشكيل وإنهاء المواد بدقة عالية، عن طريق بعض العمليات، مثل الحفر، والتقطيع، والتشكيل، وتتمثل الوظيفة الأساسية لآلات التفريز في إزالة المادة من قطعة العمل لتشكيلها وفقاً للأبعاد المطلوبة وإنهاء سطحها، وتعمل هذه الآلات عن طريق تفاعل أداة قطع دوارة (سكين التفريز) مع قطعة العمل، بما يحقق دقة وكفاءة عالية في إزالة المواد مما يمكنها من تشكيل قطع العمل إلى هندسيات مختلفة، وتوفير تشطيبات سطحية دقيقة، بالإضافة إلى تمكين الإنتاج الضخم من خلال الأتمتة.

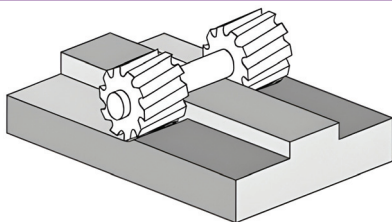
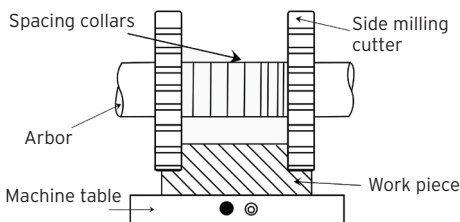
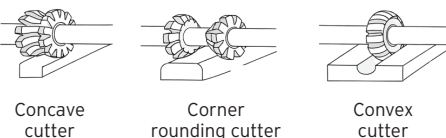
أنواع عمليات التفريز (Types of Milling Operations)

تُصنف عمليات التفريز الرئيسية التي تستخدم فيها آلة التفريز إلى نوعين أساسيين هما:

1. التفريز المحيطي (Peripheral or Plain Milling):

في هذا النوع، يكون محور دوران أداة القطع (سكين التفريز) موازياً لسطح قطعة العمل؛ بمعنى آخر، يتم القطع بواسطة الأسنان الموجودة على محيط أداة التفريز، وتكون حركة القطع موازية للمحور الطولي لقطعة العمل، ويشمل التفريز المحيطي الأنواع الآتية:

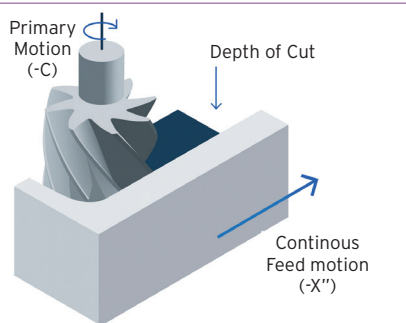
النوع	شكل توضيحي	الاستخدام
تفريز الشرائح (Slab Milling)		يُستخدم لإزالة كميات كبيرة من المادة من سطح واسع ومستوٍ.
تفريز المجاري (Slotting Milling)		يُستخدم لإنشاء مجارٍ أو شقوق ضيقة وطويلة.

النوع	شكل توضيحي	الاستخدام
التفريز الجانبي (Side Milling)		يُستخدم لتشطيب أو تقليل سُمك الجوانب الرأسية لقطعة العمل.
التفريز التراكمي (Straddle Milling)		يُستخدم لقطع جانبيين متوازيين من قطعة العمل في الوقت نفسه باستخدام سكينتين أو أكثر.
التفريز التشكيلي (Form Milling)		يُستخدم لإنتاج أسطح ذات أشكال أو ملامح غير منتظمة (مثل الأقواس أو التعرجات).

2. التفريز الوجهي (Face Milling):

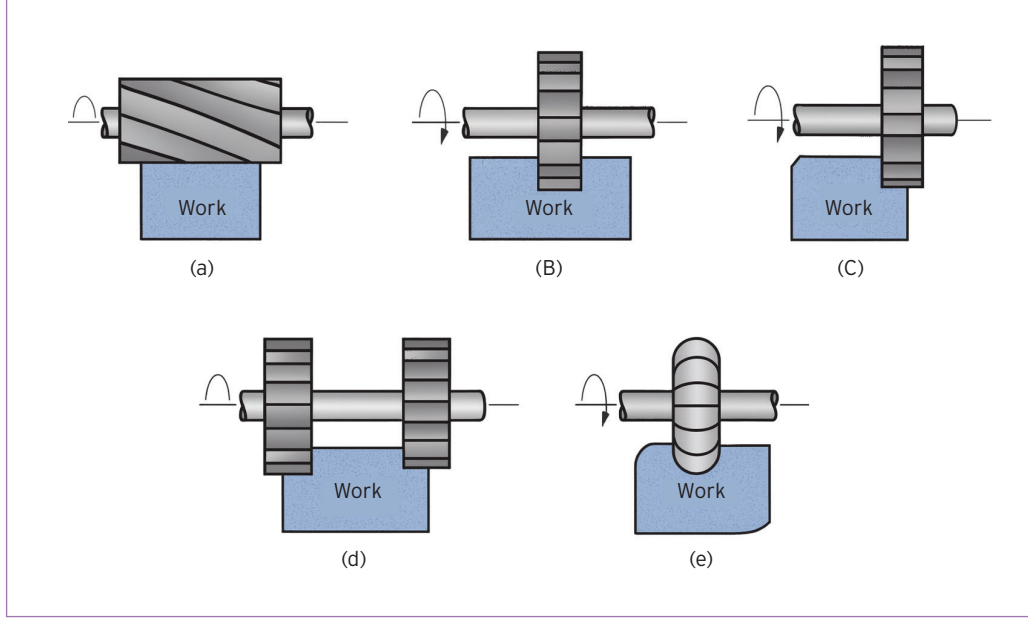
في هذا النوع، يكون محور دوران أداة القطع (سكين التفريز) عمودياً على سطح قطعة العمل، حيث يتم القطع بشكل أساسي بواسطة الأسنان الموجودة على وجه أداة التفريز أو الأطراف السفلية للسكين، مما يؤدي إلى إنشاء سطح مستو، ويشمل التفريز الوجهي الأنواع الآتية:

- التفريز باستخدام السكاكين الطرفية (End Milling): يُستخدم لإنشاء الجيوب، أو الأخاديد، أو الأسطح المستوية باستخدام سكاكين ذات حواف قاطعة في نهايتها وجوانبها.
- التفريز الوجهي الجزئي (Partial Face Milling): يُستخدم لتسوية جزء محدد من السطح.
- التفريز في المنحنيات (Contour Milling): يُستخدم لإنشاء أشكال أو مسارات منحنية على السطح.
- التفريز الداخلي (Pocket Milling/Internal Milling): يُستخدم لإنشاء تجاويف أو جيوب داخلية في قطعة العمل.



■ التفريز في مسار (Profile Milling / Path Milling):

يُستخدم لقطع محيط خارجي أو داخلي لقطعة العمل وفق مسار محدد.



مكونات آلات التفريز (Parts of Milling Machines)

تتكون آلات التفريز من مكونات أساسية مترابطة تعمل معاً لإجراء عمليات القطع والتشكيل على المعادن والمواد الأخرى بدقة عالية، ومن أهم هذه المكونات الآتي:

■ قاعدة الآلة (Base):

تُعد الدعامة الأساسية التي توفر الثبات والدعم الهيكلي للآلة، وتسهم في امتصاص الاهتزازات أثناء التشغيل، ما يتطلب فحصاً دورياً؛ لضمان سلامتها وخلوها من التشققات.

■ عمود الفريزة (Column):

هيكل رأسي مثبت على القاعدة، يدعم رأس الآلة وأذرع التحريك، ويحتوي على المحرك والتروس التي تتطلب تزييتاً دورياً وفحصاً؛ للمحافظة على الأداء الأمثل.

■ الطاولة (Table):

منصة تُثبت عليها قطعة العمل، وتتحرك أفقياً وطولياً للسماح بالتشكيل من زوايا مختلفة، وتتطلب تزييتاً منتظماً للمسارات (Ways)؛ لضمان سلاسة الحركة الأفقية والطولية ودقتها.

■ الركبة (Knee):

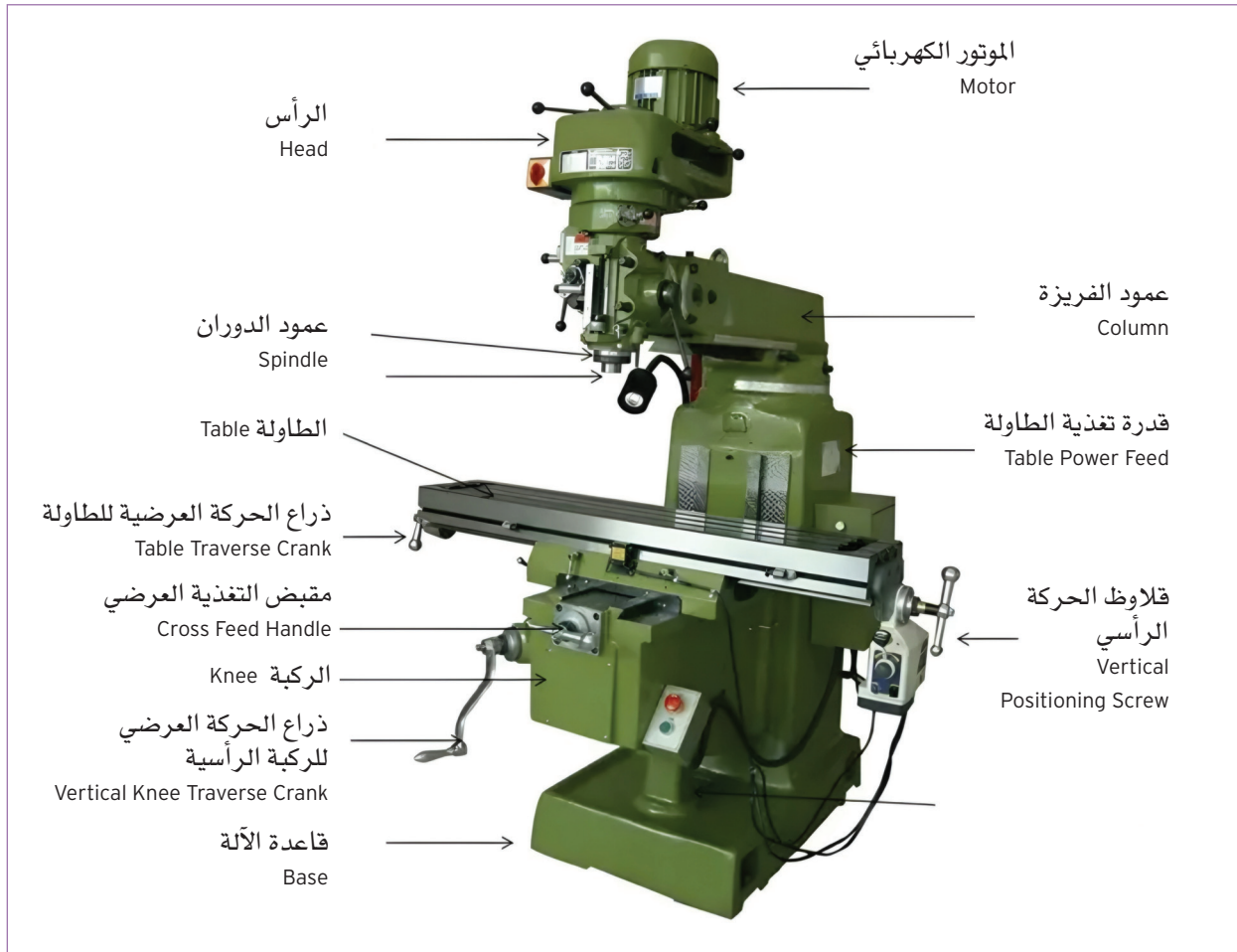
وحدة قابلة للتعديل، تدعم الطاولة، وتتحرك رأسياً للتحكم في عمق القطع، وهي تتطلب تزييتاً للمسامير اللولبية (Lead Screws) والمسارات (Ways)؛ لضمان سهولة الحركة الرأسية ودقتها.

■ عمود الدوران (Spindle):

هو جزء يثبت فيه ظرف أو حامل أداة التفريز، ويدور لنقل الحركة المباشرة إلى أداة القطع، ويوفر السرعة اللازمة لعملية القطع، ويحتوي على محامل دقيقة تتطلب صيانة وتزييتاً منتظماً؛ لضمان الدقة العالية، وتجنب الاهتزاز أثناء التشغيل.

■ الذراع العلوي (Overarm):

يدعم العمود وأداة القطع في الآلات الأفقية، ويجب تثبيته بإحكام؛ لضمان استقرار المغزل والقاطع.



أنواع آلات التفريز (Types of Milling Machines)

تنقسم آلات التفريز إلى الأنواع الآتية:

آلة التفريز الأفقية

(Horizontal Milling Machine)



الوصف

تُستخدم آلة التفريز الأفقية عادةً في عمليات التفريز المحيطي الهابط (Peripheral Down Milling)، باستخدام أدوات تفريز محيطية، قرصية، أو أحياناً جبهية، حيث يكون محور دوران عمود التفريز (أو مغزل سكين التفريز) موازياً لسطح قطعة العمل في الاتجاه الأفقي، حيث يتم القطع في هذه العملية بواسطة الحدود القاطعة الموزعة بانتظام على محيط مقطع التفريز، حيث تكتسب العدة القاطعة (سكين التفريز) حركة الدوران اللازمة للقطع. وتتشابه آلة التفريز الأفقية مع آلة التفريز العمودية من حيث الأجزاء الرئيسية والحركات الأساسية، باستثناء الذراع العلوي الأفقي وسنده (Overarm).

الاستخدام

- تسوية الأسطح المستوية والجانبية.
- فتح المجاري المتعامدة من الجانبين.
- فتح المجاري الزاوية (ذات الزوايا والمعشقة على الأسطح المستوية).
- قطع الأقراص المسننة (Sprockets).
- تسوية الأسطح المتعامدة.

آلة التفريز الرأسية (Vertical Milling Machine)



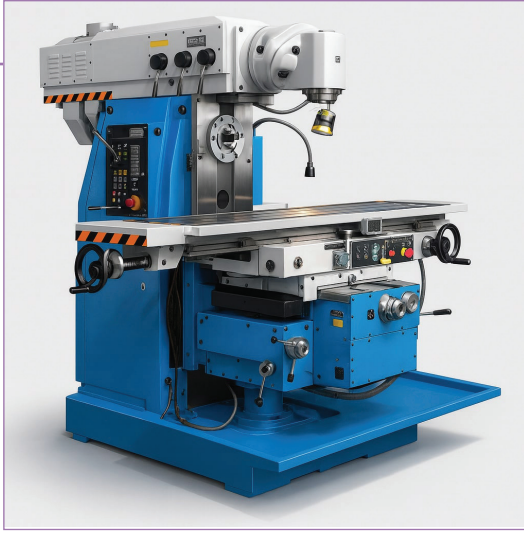
الوصف

تُستخدم هذه الآلة عادةً في عمليات التفريز الوجهي (Face Milling)؛ ولهذا سُميت بآلة التفريز العمودية لوجود محور رأس التفريز (أو المغزل) بشكل عمودي على طاولة الآلة (أي موازياً للمحور (Z))، ويكون محور مقطع التفريز عمودياً على سطح قطعة العمل، وتتم عملية القطع بواسطة الحدود القاطعة الموزعة على محيط وجه مقطع التفريز.

الاستخدام

- تسوية وتشكيل الأسطح المستوية.
- فتح الثقوب وتوسيعها.
- تشكيل المجاري على الأسطح الأسطوانية.
- إنتاج الكامات.
- تفريز الأسطح المائلة.

آلة التفريز الشاملة (Universal Milling Machine)



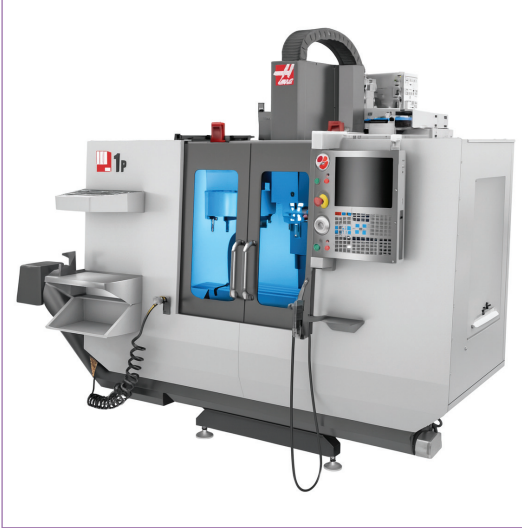
الوصف

تجمع هذه الآلة بين قدرات نوعي التفريز السابقين (الأفقي والعمودي) في آلة واحدة، مما يجعلها من أكثر الآلات شيوعاً واستخداماً، وتقوم هذه الآلة بجميع أعمال التفريز الأفقية، كما يمكن تركيب الرأس المساعد متعدد المهام عليها، لتتحول إلى آلة تفريز رأسية بإمكانات واسعة أو متعددة، وبالتالي، فهي تشمل عمليات التفريز الأفقية والرأسية.

الاستخدام

- تسوية وتشكيل الأسطح المستوية والمائلة.
- فتح المجاري والفتحات الطولية أو المجوفة ذات الأشكال الخاصة بجميع أنواعها وأشكالها.
- إنتاج المجاري اللولبية (الحلزونية) على الأسطح الأسطوانية.
- قطع جميع أنواع التروس المستقيمة والحلزونية والمخروطية وترس الجنزير والجريدة المسننة.

آلة التفريز بالتحكم الرقمي بالحاسوب (CNC Milling Machine)



الوصف

يمكن بواسطتها إنتاج قطع عمل بدقة متناهية وبأشكال معقدة، وقد بدأت معظم المصانع في الاعتماد عليها في الإنتاج؛ وذلك لأنها لا تحتاج إلى مهارات عالية من العاملين عليها كما هو الحال مع آلات التفريز التقليدية؛ بل تحتاج إلى رسم المنتج بدقة على برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM)، ويتم إنتاج كود التشغيل أوتوماتيكياً، ويمكن قبل التشغيل عمل محاكاة لرؤية عمليات التشغيل المتتالية على الآلة للتأكد من صحة وسلامة برنامج التشغيل.

الاستخدام

- إنتاج الأشكال الهندسية المعقدة.
- التصنيع بدقة عالية وتفاوتات ضيقة.
- تصنيع النماذج الأولية (Prototyping).
- الإنتاج الكمي للأجزاء المتطابقة.
- صناعة القوالب (Molds) والأسطوانات (Dies/Stamps).
- تشكيل الأسطح المنحنية والمعقدة.

تطبيقات آلة التفريز

تُستخدم آلة التفريز في العديد من التطبيقات الصناعية بفضل قدرتها على تشكيل المعادن بدقة، ومن أبرز استخداماتها: صناعة أجزاء الآلات، وإنشاء الأخاديد والفتحات، وإنتاج أسطح مستوية أو منحنية أو معقدة الشكل، مثل:

- صناعة أجزاء الآلات.
- إنشاء الأخاديد والفتحات.
- إنتاج الأسطح المستوية، أو المنحنية، أو غير المنتظمة.

تشغيل آلات التفريز وضبطها

(Operation and Adjustment of Milling Machines)

تُعد عملية تشغيل آلة التفريز خطوة أساسية في عمليات التشغيل الميكانيكي، وتتطلب معرفة دقيقة بكيفية إعداد الآلة وضبطها إلى جانب الحسابات الأساسية التي تضمن دقة التشغيل وجودته.

خطوات تشغيل آلة التفريز (Milling Machines Operation Steps)

تمر عملية تشغيل آلة التفريز بالخطوات الآتية:

1. التأكد من جاهزية الآلة:

- التأكد من نظافة منطقة العمل، وخلوها من أي مواد غير ضرورية.
- فحص الآلة؛ للتأكد من سلامتها وصلاحياتها للعمل.
- التحقق من وجود أدوات التفريز المناسبة وتثبيتها بإحكام.

2. إعداد قطعة العمل:

- تثبيت قطعة العمل على الطاولة باستخدام الملزمة أو المشابك.
- ضبط القطعة وفقاً لخطوط العمل أو النقاط المرجعية.

3. اختيار الإعدادات المناسبة:

- اختيار سرعة دوران العمود المناسبة حسب نوع المادة وحجم الأداة.
- ضبط معدل التغذية بما يتناسب مع نوع العملية والمادة المستخدمة.

4. تشغيل الآلة:

- التأكد من ارتداء معدات الوقاية الشخصية (نظارات وقاية العينين، والقفازات إذا لزم الأمر).
- تشغيل الآلة على سرعة منخفضة أولاً؛ للتأكد من التوازن وسلامة الإعدادات.
- بدء عملية التفريز ببطء ومراقبة الأداء.

5. المتابعة والتعديل:

- مراقبة العملية للتأكد من أن الأداة تعمل بشكل صحيح.
- إيقاف الآلة عند ملاحظة أي أصوات غير طبيعية أو اهتزازات.

الحسابات الشائعة لضبط الآلة

لضمان جودة المنتج النهائي وكفاءة عملية التشغيل على آلة التفريز، من الضروري ضبط الآلة بناءً على حسابات دقيقة لعدة عوامل رئيسية؛ حيث تساعد هذه الحسابات في تحديد الظروف المثلى للقطع، مما يقلل من تآكل الأداة ويحسن من إنتاجية العمل، وتشمل أهم هذه الحسابات سرعة القطع ومعدل التغذية.

■ حساب سرعة القطع (Cutting Speed):

سرعة القطع (V) هي السرعة الخطية التي يتحرك بها الحد القاطع لأداة التفريز على سطح قطعة العمل، وتُحسب بالمعادلة الآتية:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

حيث إن:

- (V_c) سرعة القطع بالمتري/دقيقة (m/min).
- (D) قطر أداة التفريز (سكين القطع) (mm).
- (N) سرعة دوران العمود (محور الدوران) (rpm).
- π تمثل النسبة التقريبية 3.14.

مثال تطبيقي

أوجد سرعة القطع لسكين قطرها 100 mm تدور بسرعة 70 rpm دورة في الدقيقة؟

الحل:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

$$V_c = \frac{3.14 \times 100 \times 70}{1000} = 22 \text{ m/min}$$

■ حساب معدل التغذية (Feed Rate):

يُعد معدل التغذية من العوامل الحاسمة في عمليات التفريز، فهو يحدد سرعة تقدم أداة القطع، ويؤثر بشكل مباشر على جودة السطح النهائي، وعمر الأداة، وكفاءة العملية الإنتاجية، ويجب ضبطه بدقة لتحقيق أفضل النتائج، ويُعبّر عنه بعدة صور رئيسية، تشمل: التغذية لكل سن، والتغذية لكل دورة، والتغذية لكل دقيقة.

■ التغذية لكل سن (F_z):

مقدار إزاحة سكين التفريز خلال دورانها بمقدار سن واحد؛ حيث:

■ F للتغذية و Z للسن (Tooth).

■ تُقاس بوحدة ملليمتر/سن (mm/tooth).

■ التغذية لكل دورة (F_n):

مقدار إزاحة الطاولة مع قطعة العمل، أو سكين التفريز خلال دورة واحدة؛ حيث:

■ F للتغذية و n للدورة (Revolution).

■ يُعبّر عنها بالعلاقة $F_n = F_z \times z$ ؛ حيث z هو عدد أسنان سكين التفريز.

■ تُقاس بوحدة ملليمتر/دورة (mm/rev).

■ التغذية لكل دقيقة (F_m):

مقدار الإزاحة النسبية للطاولة مع قطعة العمل (أو سكين التفريز) لكل دقيقة؛ حيث:

■ يُعبّر عنها بالعلاقة:

$F_m = F_z \times Z \times N$ ؛ حيث z هو عدد أسنان سكين التفريز.

■ تُقاس بوحدة ملليمتر/دقيقة (mm/min).

العوامل التي يتوقف عليها مقدار التغذية:

يُعد اختيار معدل التغذية الأمثل في التفريز قرارًا حاسمًا، يتوقف على عدة عوامل تؤثر على أداء القطع، وجودة السطح، وعمر الأداة، ويُعد فهم هذه العوامل ضروريًا للضبط الصحيح لعملية التشغيل، وتتمثل هذه العوامل فيما يأتي:

- نوع مادة قطعة العمل.
- نوع معدن الحد القاطع.
- قطر سكين التفريز.
- نعومة السطح.
- عمق القطع المحدد.

■ ملحوظة مهمة:

يجب مضاعفة قيم التغذية عند تشغيل الزهر والبرونز من 1.5 مرة إلى 2 مرة حسب ظروف التشغيل كما يتضح من الجدول الآتي:

التغذية لكل سن (F_c)				
لقم كربيدية Carbide HM	صلب عالي السرعات HSS		سرعة القطع m/min	مادة قطعة العمل
	جبهى	محيطي		
0.1 - 0.4	0.2 - 0.8	0.2 - 0.6	70 - 100	ألنيوم
0.1 - 0.4	0.07 - 0.3	0.2 - 0.6	50 - 70	برونز
0.05 - 0.2	0.1 - 0.4	0.1 - 0.3	20 - 35	حديد زهر
0.05 - 0.2	0.1 - 0.4	0.1 - 0.3	35 - 45	نحاس أحمر
0.05 - 0.2	0.1 - 0.4	0.1 - 0.3	30 - 40	الصلب الطري
0.07 - 0.3	0.15 - 0.6	0.15 - 0.5	20 - 30	البلاستيك الحراري

مثال تطبيقي

مقطع تفريز محيطي عدد أسنانه 12 ويدور بسرعة 120 rpm، احسب سرعة التغذية الكلية لتفريز سطح من الحديد الطري، علماً بأن التغذية لكل سن 0.2 mm.

الحل:

$$F_m = f_z \times z \times n$$

$$F_m = 0.2 \times 12 \times 120 = 288 \text{ mm/min}$$

■ حساب عمق القطع (Depth of Cut):

عمق القطع هو سمك الطبقة التي تزيلها السكين من قطعة العمل في الشوط الواحد، ويتوقف على: نوع معدن قطعة العمل، ونوع معدن السكين، وسرعة القطع، ومقدار التغذية، وشكل سن السكين وزواياها، أما عرض القطع: هو عرض الطبقة التي تزيلها السكين في الشوط الواحد.

ولحساب عدد أوجه (أشواط) التفريز: إذا كان السمك المراد إزالته أكبر من عمق القطع المحدد، تُحسب عدد الأوجه (s) بمعلومية السمك المطلوب إزالته (h) بوحدة (mm) وعمق القطع لكل وجه (d) بوحدة mm وتُقرب إلى رقم صحيح بالعلاقة:

$$s = \frac{h}{d}$$

مثال تطبيقي

احسب عدد أشواط التفريز إذا كان السمك المراد إزالته 8 mm وكان عمق القطع لكل وجه 2 mm.

الحل:

$$s = \frac{h}{d}$$

$$s = \frac{8}{2} = 4 \text{ أشواط}$$

إجراءات السلامة الشاملة لاستخدام آلات التفريز

تُعد السلامة في بيئة التشغيل عند استخدام آلات التفريز من الأولويات التي يجب الالتزام بها؛ لتفادي الإصابات وتحقيق تشغيل آمن وفعال، وتنقسم إجراءات السلامة إلى ثلاث مراحل رئيسية، هي:

■ إجراءات السلامة قبل التشغيل:

قبل بدء تشغيل آلة التفريز، من الضروري اتخاذ مجموعة من الإجراءات الوقائية الأساسية؛ لضمان سلامة المشغل واستقرار العملية التشغيلية، وتشمل هذه الإجراءات ما يأتي:

- ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE): مثل النظارات الواقية، والقفازات المناسبة، وسدادات الأذن، وارتداء ملابس عمل محكمة وغير فضفاضة.
- تثبيت قطعة العمل بشكل آمن: باستخدام الملمزة أو المشابك المناسبة.
- فحص أداة القطع: التأكد من أن القاطع حاد، وسليم، ومناسب للمادة ونوع العملية.
- التأكد من نظافة منطقة العمل: إزالة أي رقائق أو زيوت.
- معرفة مواقع أزرار الإيقاف الطارئ (Emergency Stop).

■ إجراءات السلامة أثناء التشغيل:

أثناء تشغيل آلة التفريز، يجب اتباع إجراءات السلامة بدقة؛ للحد من المخاطر، وحماية المشغل والمعدات من الحوادث المحتملة، وتشمل هذه الإجراءات ما يأتي:

1. السلامة الشخصية:
 - تجنب ارتداء ملابس فضفاضة أو مجوهرات.
 - الحفاظ على الشعر مربوطاً عند الاقتراب من الآلة.
 - الابتعاد عن الأداة الدوارة، وعدم لمسها أثناء التشغيل.
2. تشغيل الآلة:
 - التأكد من أن قطعة العمل والأداة مثبتتان بإحكام.
 - تشغيل الآلة من قبل أشخاص مدربين فقط.
 - استخدام الحاجز الواقي (إن وجد) لتقليل الشظايا المتطايرة.

■ إجراءات السلامة بعد الانتهاء من العمل:

بعد الانتهاء من تشغيل آلة التفريز، من المهم اتباع إجراءات السلامة المخصصة لهذه المرحلة؛ لضمان إيقاف الآلة بشكل آمن، والحفاظ على نظافتها وكفاءتها التشغيلية، وتشمل هذه الإجراءات الآتي:

- إيقاف تشغيل الآلة بالكامل قبل إجراء أي تعديلات أو تنظيف.
- تنظيف الآلة من الرقائق والأتربة باستخدام أدوات مخصصة (تجنب التنظيف باليد مباشرة).
- إجراء صيانة دورية للآلة وفق الجدول المعتمد.
- إبلاغ المسؤول الفني المختص عن الأعطال أو السلوك غير الطبيعي فوراً.

آلات الكشط الدقيق والصقل (Grinding and Honing/Polishing Machines)

تُشكل آلات الكشط الدقيق والصقل مرحلة حاسمة في عمليات التشطيب النهائية في الصناعة، وتهدف هذه الآلات بشكل أساسي إلى الارتقاء بدقة الأبعاد وجودة الأسطح النهائية لقطع العمل، بما يضمن تلبية المتطلبات الهندسية عالية الدقة للمنتجات عالية الأداء.



آلة الكشط الدقيق

الصقل (Polishing)

يُعد الصقل عملية تشغيل نهائية (Finishing Process) تُستخدم لتحسين جودة السطح ودقته بشكل فائق، وغالبًا ما تأتي بعد عمليات الكشط الدقيق أو عمليات التشغيل الأخرى، وتهدف هذه العملية إلى تحقيق نعومة سطحية عالية جدًا، وتحسين استواء السطح، أو الحصول على دقة أبعاد متناهية (خاصة للأسطح الأسطوانية الداخلية والخارجية والأسطح المستوية).

الكشط الدقيق (Grinding)

الكشط الدقيق هو عملية إزالة معدن باستخدام حبيبات صلبة (Abrasives) ملتصقة مع بعضها على شكل عجلة دوّارة (حجر الكشط الدقيق)، وعند ملاصقة هذه الحبيبات لقطعة العمل، تتصرف كل منها كأداة قطع فردية، حيث تُزيل جزءًا صغيرًا رقيقة (Chip) من قطعة العمل، ومن الخطأ الشائع اعتبار عملية الكشط الدقيق بأنها تحدث بفعل الاحتكاك فقط؛ لأنها في الحقيقة عملية قطع فعلية، تمامًا كما في عمليات التثقيب والخرطة والتفريز.

قد تكون الحبيبات القاطعة على شكل أحجار مترابطة (حبيبات قاطعة + مادة رابطة) أو أحزمة مطلية، وتتم عملية إزالة المادة (Chips/Swarf) إما بطريقة تغذية قطعة العمل إلى حجر الكشط الدقيق الدائر، أو بطريقة ضغط حجر الكشط الدقيق الدائر إلى قطعة العمل، ويمكن في هذه العملية تدوير قطعة العمل مع ثبات حجر الكشط الدقيق، أو العكس بثبات قطعة العمل وتدوير حجر الكشط الدقيق.

تتم عملية الصقل باستخدام أدوات كاشطة دقيقة جداً، مثل: أحجار الصقل، أو الأحزمة، أو الحبيبات الكاشطة الحرة، التي تتحرك بحركة معقدة تتضمن الدوران والتذبذب أو التردد، مما يضمن إزالة كميات ضئيلة للغاية من المادة بشكل منتظم على كامل السطح، وتهدف هذه العملية بشكل أساسي إلى إزالة العيوب السطحية الدقيقة جداً، وتقليل خشونة السطح، وتحسين المظهر، وأحياناً إنشاء نمط معين على السطح مثل نمط «cross-hatch» في الصقل الداخلي للأسطوانات؛ لتحسين خصائص التشحيم أو التآكل.

أنواع آلات الكشط الدقيق (Types of Grinding Machines)

هي الآلات المستعملة في قطع المعادن عن طريق أحجار الكشط الدقيق الدوارة، وتتم تغذية حجر الكشط الدقيق في آلات الكشط الدقيق إما بصورة موازية أو عمودية على محور دوران الحجر، أما حركة قطعة العمل فتكون دورانية أو خطية مستقيمة.

ويمكن تقسيم آلات الكشط الدقيق إلى أربع مجموعات رئيسية هي:

■ آلات الكشط الدقيق للسطوح المستوية (Surface Grinding Machines):

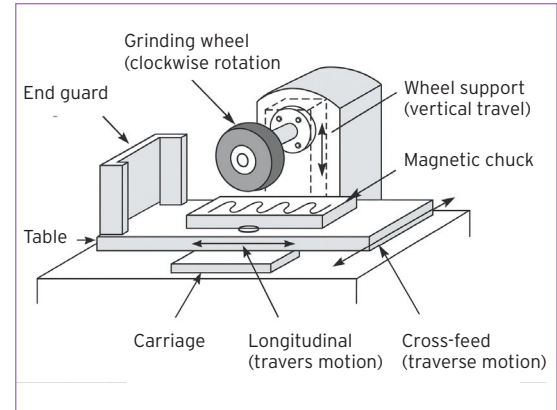
تُستخدم بشكل أساسي لكشط السطوح المستوية، وهناك أربعة أنواع أساسية من هذه الآلات التي تختلف من حيث حركة المنضدة وتوجيه أعمدة دوران حجر الكشط الدقيق، وهذه الأنواع هي:

1. عمود الدوران الأفقي والمنضدة الترددية (A):

من أكثر الأنواع شيوعاً في الاستخدام الصناعي، وهو متوفر بأحجام مختلفة لتلائم قطع العمل الكبيرة والصغيرة، حيث تتحرك قطعة العمل إلى الأمام والخلف تحت حجر الكشط الدقيق المثبت على عمود دوران أفقي، ومحيطه هو الذي يمارس عملية القطع.

2. عمود الدوران الأفقي والمنضدة الدوارة (B):

يمتلك هذا النوع من آلات الكشط الدقيق السطحي حجر الكشط الدقيق الموضوع بشكل أفقي أيضاً، ومحيطه هو المسؤول عن القطع، إلا أن المنضدة التي تُثبت عليها قطعة العمل تدور (360) درجة تحت رأس الحجر.

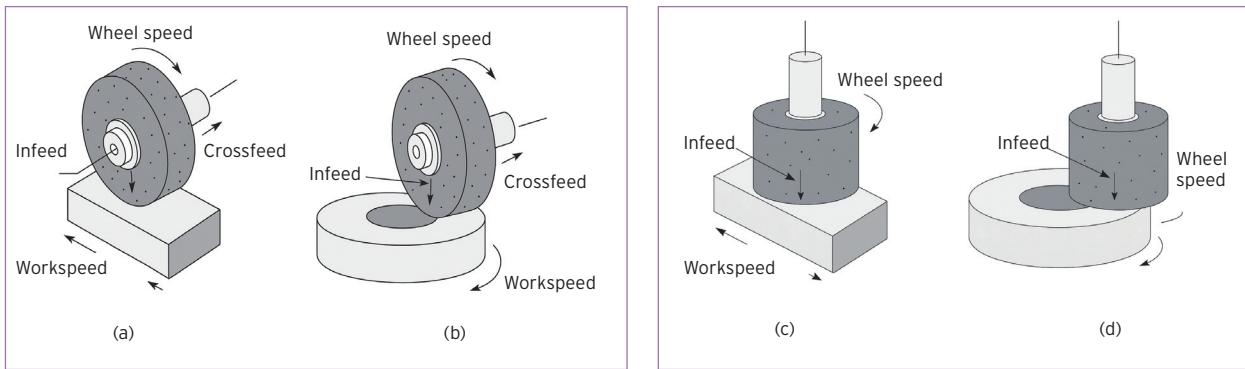


3. عمود الدوران العمودي والمنضدة الترددية (C):

هذا النوع من آلات الكشط الدقيق يلائم كشط المسبوكات الطويلة والضيقة، مثل سكك المخرطة، حيث يتم إزالة المعدن بواسطة وجه الحجر المثبت عمودياً، بينما تتردد قطعة العمل تحت حجر الكشط الدقيق.

4. عمود الدوران العمودي والمنضدة الدوارة (D):

يملك هذا النوع من آلات الكشط الدقيق القدرة على إنجاز عمليات إزالة مواد كثيفة وبكفاءة عالية ومعدلات إزالة معدن عالية.

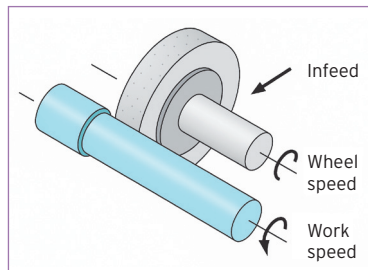


■ آلات الكشط الدقيق الأسطوانية (Cylindrical Grinding Machines):

تُستخدم هذه الآلات لكشط الأسطح الأسطوانية الخارجية والداخلية، وتُقسم إلى نوعين هما:

1. آلات الكشط الدقيق الأسطوانية الخارجي (External Cylindrical Grinding):

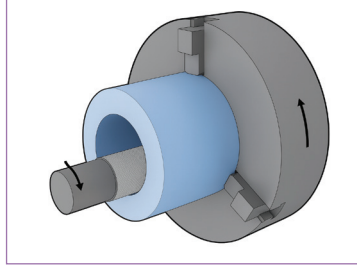
تُستخدم هذه الآلات لكشط السطوح الأسطوانية الخارجية، حيث يمكن أن تكون هذه السطوح مستوية، أو مستدقة الأطراف (ذات ميل تدريجي)، أو كنتورية، وتُشبه عمليات الكشط الدقيق الأسطوانية عمليات الخراطة العادية على آلة المخرطة.



آلات الكشط الدقيق الأسطوانية الخارجي

2. آلات الكشط الدقيق الأسطواني الداخلي (External Cylindrical Grinding):

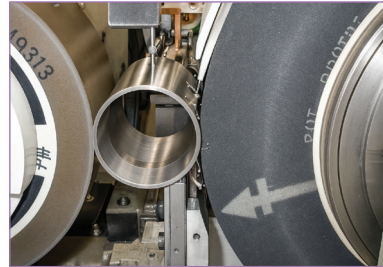
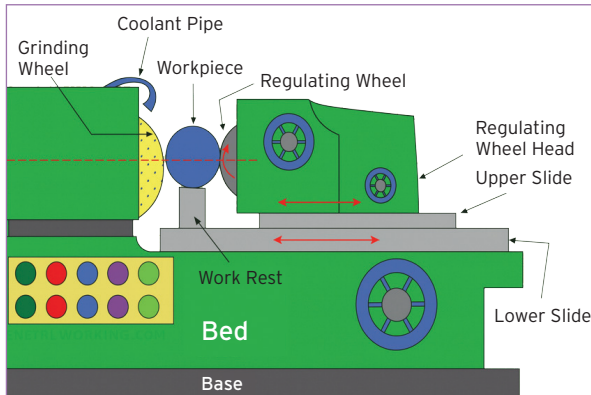
تُستخدم للإنهاء الدقيق للثقوب المستقيمة، أو المستدقة، أو المشكّلة، وهي تُشبه عملية التجويف (Boring) في المخرطة؛ حيث يتم تغذية حجر الكشط الدقيق الدوار داخل قطعة العمل وخارجها لعمق القطع المطلوب.



آلات الكشط الدقيق الأسطواني الداخلي

■ آلات الكشط الدقيق اللامركزي (Centerless Grinding Machine):

تعمل آلات الكشط الدقيق اللامركزي على الحد من الحاجة إلى الثقوب المركزية لقطعة العمل أو استخدام أدوات التثبيت، وفي هذا النوع من الكشط الدقيق، تستند قطعة العمل على المسند (Rest Blade)، ويتم دعمها بواسطة الحجر الثاني المسمى بحجر الضبط (Regulating Wheel)؛ ويعمل دوران حجر الكشط الدقيق على دفع قطعة العمل إلى الأعلى، ويدور بنفس اتجاه حجر الكشط الدقيق، ويميل حجر الضبط بزاوية تُسمى زاوية الميل (α) عن مستوى حجر الكشط الدقيق؛ وذلك لمنح قطعة العمل حركة محورية (تغذية).



آلات الكشط الدقيق اللامركزي

■ آلات الكشط الدقيق الخاصة (Special Type Grinding Machine):

يُستخدم هذا النوع من الآلات لعمليات تشغيل محددة، ومنها كشط الأعمدة المرفقية وأعمدة الحدبات، ومن هذه الآلات:

1. آلات وأدوات كشط القواطع

(Cutters Grinding Tools and Machines):

تُستخدم لكشط وشحذ قواطع التفريز، والبراغل، والسدادات اللولبية، وقواطع وأدوات أخرى.



آلات كشط القواطع والعُدَد

2. آلات الكشط الدقيق ذات دليل التشغيل

(Jig Grinding Machines):

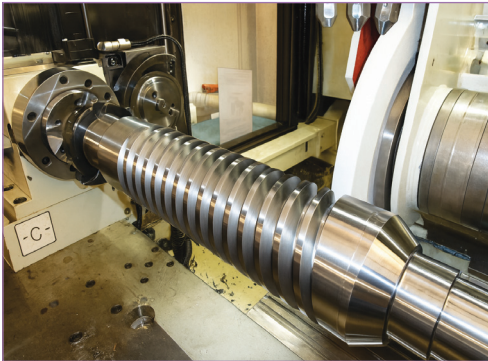
يُستخدم دليل التشغيل لتوجيه قطع العمل بصورة دقيقة، وتُستخدم للكشط الدقيق للثقوب المستدقة أو المستقيمة.



آلات الكشط الدقيق ذات دليل التشغيل

3. آلات كشط الأسنان (Threads Grinding Machines):

تُستخدم هذه الآلات - التي تُشبه آلات الكشط الدقيق الأسطواني - في كشط الأسنان، ويجب أن تمتلك هذه الآلة لولب تغذية (Lead Screw) دقيق حتى يمكنها من إنتاج الخطوة (Pitch) أو خطوة الجزء المسنن (Lead) على قطعة العمل المراد صنع أسنان لها.

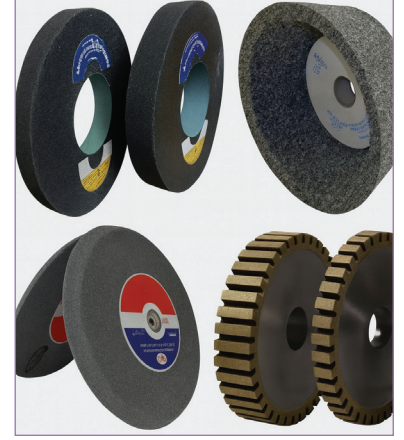


آلات كشط الأسنان

أشكال أحجار الكشط الدقيق (Grinding Wheel Shapes)

تتنوع أشكال أحجار الكشط الدقيق حسب نوعية عملية الكشط الدقيق، وتُصنّف إلى الآتي:

- أحجار الكشط الدقيق العادية: تُستخدم في آلات الكشط الدقيق السطحية الأفقية.
- أحجار الكشط الدقيق الطبقيّة: تُستخدم في عمليات الكشط الدقيق الجبهي.
- أحجار الكشط الدقيق المركبة: تُستخدم في عمليات الكشط الدقيق الجبهي لقطع العمل الكبيرة.
- أحجار الكشط الدقيق التشكيلية: تُستخدم في عمليات الكشط الدقيق السطحي بأشكال معينة.



■ عوامل اختيار حجر الكشط الدقيق:

يجب الأخذ بالاعتبار العوامل الستة الآتية عند اختيار أحجار الكشط الدقيق:

- نوعية المادة المستخدمة.
- حجم أو كمية المادة المراد إزالتها.
- مدى نعومة السطح المطلوب معالجته بالكشط الدقيق.
- مساحة منطقة الكشط الدقيق.
- سرعات القطع والتغذية.
- السرعة المحيطية للقرص.

■ خطوات فك وتثبيت حجر الكشط الدقيق:

تتطلب عمليات الكشط الدقيق دقة عالية في إعداد الأدوات وتجهيز الآلة، ويُعد فك وتثبيت حجر الكشط من الخطوات الأساسية لضمان جودة المعالجة السطحية، بالإضافة إلى تجهيز قطعة العمل بالشكل الصحيح، وتتمثل هذه الخطوات في الآتي:

1. فك حجر الكشط الدقيق، ويشمل:
 - فصل التيار الكهربائي عن الحجر.
 - فك الغطاء الجانبي.
 - استخدام أداة الفك لفك الصامولة الجانبية وتثبيت الحجر.
 - إخراج الحجر القديم، وتنظيف السطوح.
2. تثبيت حجر الكشط الدقيق، ويتضمن:
 - اختبار صلاحية الحجر بطريقة الرنين؛ للتأكد من عدم وجود تشققات.
 - تثبيت الحجر باستخدام أقراص دائرية.
 - وضع رقائق مطاطية بين الحجر والأقراص؛ لتحقيق التوازن.
3. ضبط اتزان حجر الكشط الدقيق، ويتضمن:
 - تثبيت الحجر بالعمود.
 - تدوير الحجر باليد.
 - تحديد مكان عدم الاتزان، وضبطه بتركيب ثقل توازن.
4. تجهيز أحجار الكشط الدقيق:

تشمل عملية تجهيز أحجار الكشط الدقيق تنظيف حبيباتها القاطعة، وتجديدها باستخدام أطراف ماسية.
5. تثبيت قطعة العمل:

تتعدد طرق تثبيت قطعة العمل أثناء عملية الكشط الدقيق، ومن أبرزها استخدام الملزمة (المنجلة)، وتشمل:

 - تنظيف الملزمة من الشوائب.
 - تجهيز الملزمة في وضع الربط.
 - تنظيف سطح الظرف المغناطيسي، والتأكد من خلو قطعة العمل والظرف من أي بقايا معدنية صغيرة قد تؤثر على قوة التثبيت أو دقة الوضع.
 - وضع قطعة العمل في الملزمة، وشدها برفق.

تشغيل آلات الكشط الدقيق وضبطها

(Operation and Adjustment of Grinding Machines)

تُعد آلة الكشط الدقيق من الأدوات المهمة في تشطيب الأسطح المعدنية بدقة عالية، ويتطلب تشغيل هذه الآلة اتباع خطوات منظمة تشمل الفحص المبدئي، وإعداد قطعة العمل، وضبط الإعدادات التشغيلية؛ لضمان جودة المعالجة وسلامة التشغيل.

خطوات تشغيل آلات الكشط الدقيق

تمر عملية تشغيل آلات الكشط بالخطوات الآتية:

1. الفحص المبدئي لآلة الكشط الدقيق، من حيث الآتي:
 - التأكد من سلامة الآلة وثبات أجزائها.
 - التأكد من حالة حجر الكشط الدقيق؛ أي عدم وجود شقوق أو كسور.
 - التحقق من وجود غطاء الحماية (Guard) في مكانه.
2. إعداد قطعة العمل المراد معالجتها، من حيث الآتي:
 - تثبيت قطعة العمل بشكل آمن على طاولة العمل باستخدام المشابك أو المغناطيس إن وجد.
 - التحقق من استقامة القطعة وتوافقها مع الإعدادات المطلوبة.
3. اختيار الإعدادات المناسبة، من حيث الآتي:
 - ضبط سرعة دوران حجر الكشط الدقيق وفقاً لنوع المادة وحجم العجلة.
 - ضبط عمق القطع ومعدل التغذية بما يتناسب مع العملية المطلوبة.
4. تشغيل الآلة، ويتضمن:
 - ارتداء معدات الوقاية الشخصية، مثل نظارات الأمان وسماعات الأذن.
 - تشغيل الآلة والتأكد من دوران حجر الكشط الدقيق بسلاسة دون اهتزاز.
 - بدء عملية الكشط الدقيق ببطء، والتأكد من أن القطعة تتحرك بشكل منتظم.
5. المتابعة والتعديل أثناء العمل:
 - مراقبة العملية باستمرار؛ للتأكد من جودة السطح الناتج.
 - التوقف لإجراء أي تعديلات على الإعدادات أو لتنظيف القطعة.
6. إيقاف الآلة وفحص القطعة:
 - إيقاف التغذية أولاً، ثم إيقاف دوران الحجر.
 - ترك الحجر يتوقف تماماً قبل لمس أو فك القطعة.
 - استخدام الفرجار أو جهاز القياس؛ للتحقق من دقة الأبعاد وجودة السطح.

الحسابات الشائعة لضبط الآلة

تُعد الحسابات الفنية من الأسس الضرورية لضبط وتشغيل آلة الكشط الدقيق بكفاءة ودقة، وتشمل هذه الحسابات تحديد سرعة القطع، ومعدل التغذية، وعمق الكشط، حيث تؤثر بشكل مباشر على جودة السطح النهائي، وكفاءة الأداء، وسلامة المعدات وقطعة العمل.

■ حساب سرعة القطع (Cutting Speed):

سرعة القطع (Cutting Speed) هي السرعة المحيطية التي يدور بها حجر الكشط الدقيق، وتُقاس بوحدة (m/min) أو عادة بوحدة (m/sec)؛ لأنها كبيرة نسبياً، ويرمز إليه بالرمز (V_c)، وتعتمد سرعة القطع على نوع حجر الكشط الدقيق، ونوع عملية الكشط الدقيق، ونوع معدن قطعة العمل المراد العمل عليها، ويجب تشغيل حجر الكشط الدقيق لأقرب ما يمكن إلى سرعة القطع المعطاة من قبل المصانع المنتجة؛ لأن السرعة البطيئة تؤدي إلى إتلاف الحبيبات القاطعة، وعدم تحقق النتيجة المطلوبة من الكشط، والسرعة العالية تؤدي إلى حرق سطح قطعة العمل المراد تنفيذ العمل عليها، أو كسر حجر الكشط الدقيق وحدوث الأضرار.

وتحسب سرعة القطع بالمعادلة الآتية:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000 \times 60} = \text{m/sec}$$

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \text{m/min}$$

حيث إن:

- (V_c) سرعة القطع لحجر الكشط الدقيق بالمتر/دقيقة (m/min) أو (m/sec).
- (D) قطر حجر الكشط الدقيق بالمليمتر (mm).
- (N) عدد دورات حجر الكشط الدقيق (rpm).
- π تمثل النسبة التقريبية 3.14.

مثال تطبيقي

حجر كشط دقيق قطره 300 mm وعدد دوراته 1500 rpm، احسب سرعة القطع (V_c) لهذه العملية؟

الحل:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

$$V_c = \frac{3.14 \times 300 \times 1500}{1000} = 1413 \text{ m/min}$$

■ حساب معدل التغذية (Feed Rate):

في عمليات الكشط الدقيق يتمثل معدل التغذية في سرعة تحريك قطعة العمل بالنسبة لقرص الصنفرة، أو سرعة تعمق قرص الصنفرة في قطعة العمل، ويسهم تحديد معدل التغذية المناسب في تحقيق كفاءة عالية في عملية الكشط الدقيق، وضمان جودة السطح المطلوب، ويعتمد تحديده على عدة عوامل، منها الآتي:

■ نوع المادة المراد قطعها:

حيث تختلف المواد في صلابتها ومتانتها؛ مما يؤثر على اختيار معدل التغذية المناسب.

■ نوع عجلة الكشط الدقيق:

تختلف عجلات الكشط الدقيق في مادتها ودرجة خشونتها؛ مما يؤثر على معدل التغذية.

■ سرعة عجلة الكشط الدقيق:

حيث تؤثر سرعة العجلة على كفاءة عملية الكشط الدقيق ومعدل التغذية.

■ عمق القطع:

حيث يحدد عمق القطع كمية المادة التي ستزال في كل مرور؛ مما يؤثر على معدل التغذية.

■ دقة التشطيب المطلوبة:

يتطلب تحقيق دقة عالية في التشطيب معدل تغذية مناسب.

■ قدرة الآلة:

يجب أن يكون معدل التغذية متوافقاً مع قدرة الآلة على التعامل مع الحمل.

■ حساب عمق الكشط الدقيق (Depth of Cut):

يُشير عمق الكشط الدقيق إلى مقدار المادة التي تتم إزالتها بواسطة قرص الصنفرة في كل تمريرة أو شوط على قطعة العمل، ويُحدّد هذا العمق بناءً على نوع المادة المراد معالجتها بالكشط الدقيق وصلابتها، ونوع التشطيب المطلوب (تخشين أو تنعيم).

إجراءات السلامة أثناء عملية الكشط الدقيق

تساعد الإجراءات الآتية في تقليل المخاطر والحوادث أثناء عمليات الكشط الدقيق:

1. ارتداء معدات الوقاية الشخصية:
مثل النظارات الواقية، والقناع الواقي، والقفازات.
2. تأمين الآلة:
التأكد من تثبيت العجلة بشكل آمن، وتشغيل الآلة بشكل صحيح.
3. فحص العجلة:
قبل الاستخدام؛ للتأكد من عدم وجود تشققات أو تلف.
4. تجنب الاقتراب من العجلة أثناء التشغيل:
للحفاظ على مسافة آمنة، وتجنب الحوادث.
5. تجنب ارتداء الملابس الفضفاضة:
التي قد تعلق في العجلة أثناء التشغيل.
6. توفير تهوية جيدة:
لمنع تراكم الغبار والجسيمات في الهواء.
7. اتباع إجراءات الطوارئ:
معرفة كيفية إيقاف الآلة بسرعة في حالة الطوارئ.
8. تدريب العاملين:
على استخدام الآلة بشكل آمن وفعال.

دائماً





أسئلة الوحدة

- 1 ما السمات الرئيسية التي ميزت الثورة الصناعية الثالثة؟
- 2 ما التقنيات الأساسية التي تميز عصر الثورة الصناعية الرابعة؟
- 3 اذكر خمسة أنواع من آلات الخراطة؟
- 4 اذكر خطوات تشغيل آلة الخراطة؟
- 5 اذكر إجراءات السلامة أثناء عمل الخراطة؟
- 6 اذكر الأجزاء الرئيسية لآلة التفريز؟
- 7 اذكر خمسة أنواع من آلات التفريز؟
- 8 ما أهم اعتبارات السلامة الواجب اتباعها عند القيام بعمليات التفريز؟
- 9 ما الأنواع الرئيسية لآلات الكشط الدقيق للسطوح المستوية؟ وما المبدأ الأساسي لعمل آلات الكشط الدقيق اللامركزي؟
- 10 اذكر نوعين من آلات الكشط الدقيق الخاصة، مع توضيح الاستخدام الرئيسي لكل منهما؟

الوحدة الثالثة

مقدمة في التصميم الميكانيكي وأنظمة التصنيع

Introduction to Mechanical Design
and Manufacturing Systems



محتويات الوحدة الثالثة

الدرس الأول

أساسيات التصميم الميكانيكي

98.....(Basics of Mechanical Design)

الدرس الثاني

اختيار المواد ومراحل التصميم

105.....(Material Selection and Design Stages)

الدرس الثالث

المفاهيم الأساسية في عملية التصميم الميكانيكي

109.....(Basic Concepts in Mechanical Design)

الدرس الرابع

مقدمة في برامج التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب

115.....(Introduction to CAM and CAD)

الدرس الخامس

مقدمة في آلات التحكم الرقمي بالحاسوب

124.....(Introduction to Computer Numerical Control (CNC))

الدرس السادس

صيانة آلات التحكم الرقمي بالحاسوب

132.....(CNC Machines Maintenance)

139.....أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يوضح أهمية التصميم الميكانيكي.
- يصنّف التصميم الميكانيكي وفق التصنيفات المعروفة.
- يشرح المبادئ الأساسية التي توجه التصميم الميكانيكي.
- يوضح أهمية الرسومات الهندسية ومفاهيمها الأساسية.
- يوضح مفهوم قدرة التحمل والعوامل المؤثرة فيها.
- يشرح أهمية برامج التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD/CAM) واستخداماتها المختلفة.
- يوضح كيفية استخدام برامج CAD في مراحل تصميم الآلات: (النمذجة، والتجميع، والتحليل، ومراجعة التصميم، والرسم الآلي).
- يقارن بين مزايا وعيوب أنظمة CAD وCAM.
- يميّز بين الأجهزة والبرمجيات اللازمة لتشغيل أنظمة CAD/CAM/CAE.
- يصنّف أنواع الصيانة المختلفة لآلات CNC.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المفاهيم والمهارات الأساسية المتعلقة بالتصميم الميكانيكي وأهميته وتصنيفاته المختلفة، ومبادئه، وأنواعه، ومعرفة الأسس العلمية لاختيار مواد التصميم الميكانيكي ومراحل المتكاملة، وتمكينهم من استخدام برامج التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD/CAM)، والتعرف على مكوناتها المختلفة، إضافة إلى معرفة أنواع آلات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) والمواد والأدوات المستخدمة لهذه الآلات، وطرق صيانتها، والوعي بإجراءات السلامة لضمان بيئة عمل آمنة.

أساسيات التصميم الميكانيكي

(Basics of Mechanical Design)

يُعد التصميم الميكانيكي من أسس الهندسة الحديثة، حيث يدخل في العمليات الصناعية بمختلف القطاعات؛ كالصنيع والنقل والزراعة، ويتمثل في تصميم الأنظمة والمكونات والآلات الميكانيكية، وتطويرها، وتحسينها باستخدام مكونات وعناصر ميكانيكية وكهربائية وهيدروليكية، وتكمن أهمية التصميم الميكانيكي في الآتي:

1. تطوير الصناعات:

كل منتج تقريباً نستخدمه في حياتنا اليومية، من الأجهزة المنزلية البسيطة إلى الطائرات المعقدة والآلات الصناعية، هو نتيجة لعملية تصميم ميكانيكي دقيق.

2. ضمان الوظائف:

يضمن التصميم الميكانيكي أداء المنتجات لوظائفها المرجوة بكفاءة وموثوقية.

3. الكفاءة والاقتصاد:

يساعد التصميم الميكانيكي الجيد في تقليل استهلاك المواد، وتبسيط عمليات التصنيع، وتقليل تكاليف الإنتاج، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، مما ينعكس إيجاباً على التكاليف الإجمالية للمنتج وعلى البيئة.

4. السلامة والموثوقية:

يضمن التصميم الميكانيكي أن تكون المنتجات آمنة للاستخدام، وموثوقة على المدى الطويل، من خلال تطبيق معايير هندسية صارمة واختبارات مكثفة.

5. حل المشكلات:

يزود التصميم الميكانيكي المهندسين بالمنهجيات والأدوات اللازمة لتحليل المشكلات المعقدة، وتطوير حلول هندسية مبتكرة لها، سواء كانت متعلقة بالأداء، أو المتانة، أو التكلفة.



التصميم الميكانيكي

(Mechanical Design)

هو فن وعلم تشكيل الأفكار والمفاهيم الهندسية لإنشاء مكونات، أو آلات، أو أنظمة، أو منتجات تعمل بكفاءة وأمان، ويشمل ذلك: تحديد الأبعاد، واختيار المواد، وتحليل القوى والإجهادات، وتحديد طرق التصنيع لضمان أن المنتج النهائي يلبي المتطلبات الوظيفية، والجمالية، والاقتصادية، والسلامة.

تصنيفات التصميم الميكانيكي (Mechanical Design Classifications)

تتعدد تصنيفات التصميم الميكانيكي بناءً على الهدف من التصميم، أو نوع الآلة المستخدمة أو الغرض منها، وذلك حسب الآتي:

■ التصميم حسب الهدف:

يُصنف التصميم حسب الهدف منه إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي:

التصميم التكيفي (Adaptive Design)

الوصف	يُعد من أكثر أنواع التصميم شيوعاً، ويقوم على تكييف أو تعديل أو تطوير مكون أو عنصر موجود بالفعل؛ ليتلاءم مع غرض أو تطبيق جديد أو مُحسن.
الاستخدام	يستخدم مكونات أساسية معدلة لتناسب تطبيق معين بشكل أفضل بدلاً من البدء من الصفر.
المميزات	■ قلة التكلفة والجهد والوقت. ■ أكثر فاعلية من إنشاء تصميم جديد كلياً.

التصميم التنموي (Developmental Design)

الوصف	هو منهجية تصميم تعتمد على أخذ المفاهيم والتقنيات الموجودة بالفعل كنقطة انطلاق، ويركز هذا النوع على تحسين وتطوير ما هو قائم بدلاً من البدء من الصفر.
الاستخدام	■ تطوير المنتجات الحالية: إضافة ميزات، وتحسين الأداء (مثال: هاتف ذكي، وسيارة). ■ تحسين العمليات والأنظمة: زيادة كفاءة العمليات الصناعية أو الإدارية. ■ معالجة المشكلات: حل مشكلات محددة في تصميم موجود (مثال: تقليل اهتزازات آلة). ■ التكيف مع المتغيرات: تحديث المنتجات لتواكب التقنيات الجديدة أو متطلبات السوق.
المميزات	■ تحسين الأداء الحركي وكفاءة نقل القوة والطاقة. ■ تقليل الاهتزازات والضوضاء. ■ زيادة المتانة وعمر الخدمة للمكونات المتحركة. ■ ضمان الأمان أثناء التشغيل. ■ إضافة عناصر مبتكرة: إدخال ميزات أو مكونات جديدة. ■ دمج المكونات بطرق مبتكرة: إعادة ترتيب أو جمع الأجزاء لتحسين النتائج. ■ تحسين الوظائف والأداء: الارتقاء بكفاءة المنتج وقدراته.

التصميم الجديد (New Design)

الوصف	يُعد الأقل شيوعاً والأكثر تحدياً، ويهدف إلى الابتكار والإبداع الجذري في الآلات والمكونات، من خلال أفكار جديدة وفريدة تماماً تواكب التطور الصناعي والتقني.
الاستخدام	يُستخدم لابتكار منتجات جديدة أو إحداث تغيير جذري في السوق، ويتطلب حلولاً لمشاكل غير تقليدية أو تلبية احتياجات لم تكن موجودة.
المميزات	يوجد فرصاً لمنتجات غير مسبوقة.

■ التصميم حسب نوع حركة الأجزاء:

يُصنّف التصميم حسب نوع حركة الأجزاء إلى عدة أنواع، منها الآتي:

التصميم الثابت (Static Design)

الوصف	هو فرع هندسي يركز على تصميم مكونات الآلات التي لا تتحرك باستمرار أو تظل ثابتة أثناء التشغيل، ويهدف هذا النوع إلى ضمان أن هذه الأجزاء تتحمل القوى والأحمال المختلفة دون تشوه أو فشل، ويشمل غالباً الأجزاء التي توفر الدعم الهيكلي أو التثبيت.
الاستخدام	يُستخدم التصميم الثابت لضمان المتانة والقوة والاستقرار في أجزاء مثل: ■ الإطارات والهياكل: قواعد الآلات وهياكلها الأساسية. ■ الأعمدة، والتروس والوصلات. ■ المثبتات: الأجزاء التي تثبت المكونات الأخرى أو تدعمها.
المميزات	■ ضمان المتانة والاستقرار: يضمن بقاء المكونات ثابتة وقوية تحت تأثير القوى المختلفة. ■ زيادة عمر الخدمة: يقلل من مخاطر الفشل الهيكلي، مما يطيل العمر الافتراضي للمنتج. ■ الأمان: يُساهم في أمان التشغيل من خلال منع الانهيار أو التشوه غير المتوقع للأجزاء الحاملة. ■ تحسين الأداء: يضمن أن المكونات الثابتة توفر الأساس الصلب اللازم للأجزاء المتحركة لتعمل بكفاءة.

التصميم الديناميكي (Dynamic Design)

الوصف	هو فرع من فروع التصميم الهندسي الذي يركز على تصميم وتحليل الآلات التي تحتوي على مكونات متحركة بشكل مستمر أو دوري، ويهدف هذا النوع إلى فهم كيفية تفاعل هذه الأجزاء المتحركة مع بعضها البعض ومع القوى المؤثرة فيها أثناء الحركة؛ لضمان الأداء الفعال، ونقل القوة أو الطاقة، وتجنب الاهتزازات غير المرغوبة أو الفشل الناتج عن الإجهادات الديناميكية.
الاستخدام	يُستخدم في تصميم المكونات والأنظمة التي تتطلب حركة مستمرة أو نقلاً للطاقة، مثل: المحركات، ونواقل الحركة، وعجلات الطائرات، والمخمدات.
المميزات	■ كفاءة التكلفة والوقت: يقلل الحاجة للبحث والتطوير من الصفر، موفرًا الموارد. ■ تقليل المخاطر: يعتمد هذا النوع على تقنيات مُجربة سابقًا، مما يحد من المخاطر المتوقعة عند الابتكار الجديد.

■ التصميم حسب الغرض من الآلة:

تُصنف الآلات حسب الغرض منها إلى عدة أنواع، منها الآتي:

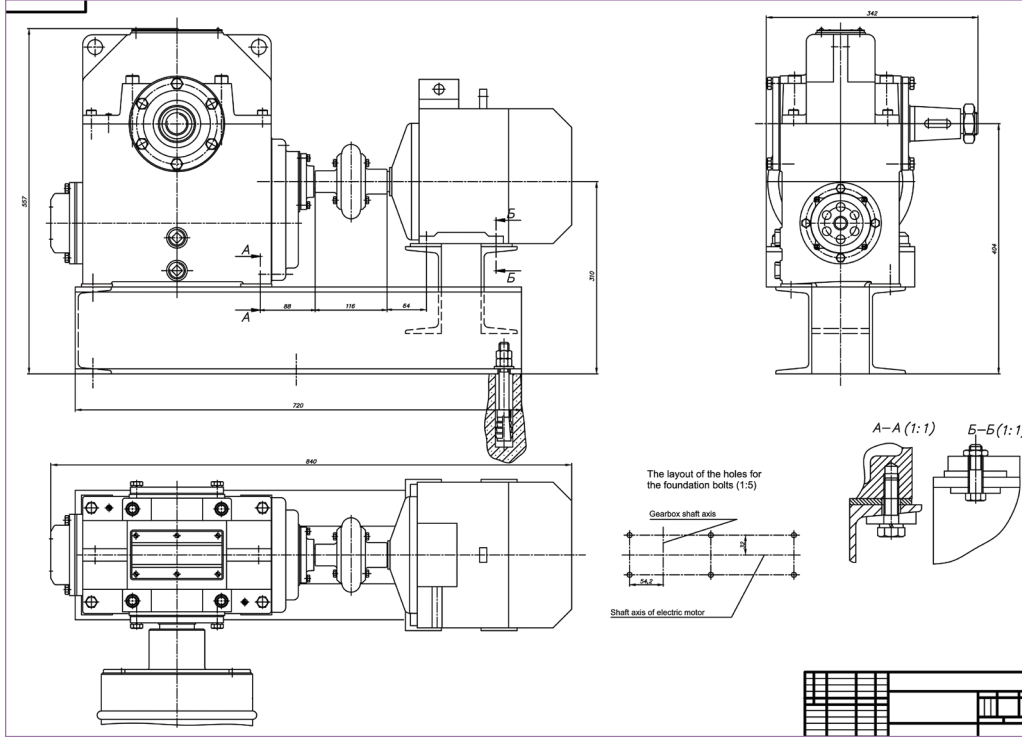
أنواع الآلات	الاستخدام	الأمثلة
آلات توليد الطاقة ونقلها (Power Generation and Transmission Machines)	تُستخدم في مجالات عدة، مثل: توليد الكهرباء، أو توفير الدفع، أو ضغط السوائل.	■ المحركات (Engines). ■ والتوربينات (Turbines). ■ والضواغط (Compressors). ■ والمضخات (Pumps).
آلات التصنيع والإنتاج (Manufacturing and Production Machines)	تُستخدم لتشكيل المعادن أو القطع في العمليات الصناعية، أو إضافة مواد لإنشاء المنتجات.	آلات التفريز والخراطة، وآلات التحكم الرقمي بالحاسوب، والطابعات ثلاثية الأبعاد.
آلات النقل (Transportation Machines)	تُستخدم داخل أو بجانب وسائل النقل المختلفة لتأدية وظائف محددة، مثل دفع المركبات، ورفع أو مناولة الحمولة، أو تسهيل الحركة الآلية للبضائع.	■ أنظمة الدفع (Propulsion Systems) في القطارات والحافلات. ■ أنظمة الفرملة (Braking Systems). ■ آلات مناولة البضائع (Material Handling Machines) مثل السيور الناقلة (Conveyors) والرافعات الشوكية (Forklifts). ■ المركبات ذاتية التوجيه (Automated Guided Vehicles (AGVs)) المستخدمة في المستودعات والموانئ.

المبادئ الأساسية للتصميم الميكانيكي (Fundamental Principles of Mechanical Design)

يقوم التصميم الميكانيكي على مجموعة من المبادئ الأساسية التي توجه عملية التصميم لضمان تصميم منتج فعال، وآمن، واقتصادي، وتتمثل هذه المبادئ في الآتي:

المبدأ	الوصف	التطبيق
الوظيفية والأداء (Function & Performance)	يجب أن يحقق المنتج الغرض المنشود منه بكفاءة عالية، ويشمل الأداء، والسرعة، والقوة، والدقة، والعمر الافتراضي، وكفاءة الطاقة.	قبل البدء بأي تصميم، يجب تحديد الوظيفة الأساسية للمنتج بوضوح، ثم تحليل كيف يمكن للمكونات الميكانيكية أن تساهم في تحقيق هذه الوظيفة بأفضل أداء ممكن، مع مراعاة كافة العوامل التشغيلية المتوقعة.
الموثوقية والمتانة (Reliability & Durability)	قدرة المنتج على العمل بشكل موثوق لفترة طويلة تحت الظروف المتوقعة دون فشل أو تدهور كبير في الأداء.	اختيار المواد المناسبة، وتصميم الأجزاء لتحمل الإجهادات المتوقعة، وإجراء اختبارات صارمة لضمان عمر افتراضي طويل للمنتج حتى في أصعب الظروف.
قابلية التصنيع (Manufacturability)	سهولة وفعالية تصنيع المكونات والمنتج النهائي بأقل جهد وتكلفة.	يجب مراعاة عمليات التصنيع المتاحة، وتقنيات الإنتاج، وخصائص المواد عند تصميم الأجزاء؛ لضمان سهولة وفعالية إنتاجها، مما يقلل من النفقات ويزيد من الكفاءة الاقتصادية.
قابلية التجميع (Assemblability)	سهولة وسرعة تجميع أجزاء المنتج معاً لتشكيل المنتج النهائي.	تصميم الأجزاء بوصلات قياسية أو آليات تجميع بسيطة وواضحة، مع تقليل عدد المكونات قدر الإمكان، يسهل عملية التجميع ويخفض من وقت وجهد العمالة، ويقلل من الأخطاء.
التكلفة (Cost)	تصميم المنتج بحيث يكون اقتصادياً في جميع مراحله: من الإنتاج والتصنيع إلى التشغيل والصيانة.	يتطلب تحقيق التوازن بين الأداء والتكلفة تحليلاً دقيقاً للمواد وعمليات التصنيع وتأثيرها على السعر النهائي للمنتج، مع البحث عن بدائل أقل تكلفة دون المساس بالجودة أو السلامة.
السلامة (Safety)	التأكد من أن المنتج آمن للاستخدام ولا يشكل أي خطر على المستخدمين أو البيئة خلال عملياته المختلفة.	يجب تصميم المنتج مع مراعاة معايير السلامة الصناعية، وتضمين ميزات أمان مناسبة (مثل الحماية من الأجزاء المتحركة، أو الدوائر الكهربائية، أو المواد الخطرة)؛ لمنع الإصابات أو الأعطال الخطيرة، وضمان الامتثال للوائح المحلية والدولية.
التوحيد القياسي (Standardization)	استخدام الأجزاء والمكونات القياسية المتوفرة تجارياً - كلما أمكن ذلك في التصميم.	يساعد استخدام الأجزاء القياسية على تقليل تكاليف التصنيع، وتبسيط عمليات الصيانة والاستبدال، وتسهيل الحصول على المكونات، بالإضافة إلى ضمان التوافقية مع الأنظمة الأخرى.

الرسومات الهندسية في التصميم الميكانيكي (Engineering Drawings in Mechanical Design)



تُعد الرسومات الهندسية لغة التواصل الأساسية في التصميم الميكانيكي والهندسة عمومًا، حيث تُمكن المهندسين والفنيين والمصنعين من فهم كيفية بناء المكونات وتجميعها، فهي ليست مجرد رسومات فنية، بل مستندات تحتوي على معلومات مثل: الأبعاد والمواصفات التفصيلية ذات القياسات الدقيقة، وتتكون هذه الرسومات من عدة مكونات، أهمها الآتي:

■ الخطوط (Lines):

لتمثيل جوانب مختلفة من المكوّن، وتُستخدم أنواع مختلفة من الخطوط هي:

- **الخطوط المرئية (Visible Lines):** خطوط سميكة ومتصلة تُمثل الحواف والجوانب التي يمكن رؤيتها مباشرة.
- **الخطوط المخفية (Hidden Lines):** خطوط متقطعة تُمثل الحواف والجوانب غير المرئية.
- **خطوط المحاور (Centerlines):** خطوط رفيعة طويلة ومتقطعة (شرطة طويلة ثم قصيرة)، تُمثل محاور التناظر أو مراكز الثقوب والأشكال الأسطوانية.
- **خطوط الأبعاد (Dimension Lines):** هي خطوط رفيعة تُستخدم لتحديد أبعاد العنصر، توضع بين سهمين صغيرين عند نهايتي البُعد، وغالبًا ما يُكتب الرقم فوق الخط أو عليه مباشرة.

■ الأبعاد (Dimensions):

تُحدد الأبعاد بدقة حجم المكوّن وشكله وموقعه، وتشمل:

- الأبعاد الخطية: الطول، والعرض، والارتفاع.
- الأبعاد الزاوية: الزوايا.
- أبعاد الدوائر والأقواس: نصف القطر (R) أو القطر ($\emptyset$).

■ الرسومات الإسقاطية (العروض الأورثوجرافية)

(Projection Drawings/Orthographic Views)

هي مجموعة من التمثيلات ثنائية الأبعاد لجسم ثلاثي الأبعاد تهدف إلى توفير تصوّر واضح وشامل لحجم الجسم، وشكله، وميزاته، وعادة ما تُستخدم هذه المساقط في الرسوم الهندسية والتقنية لنقل تصميم وتفاصيل الجسم بدقة، وتتألف رسومات العرض متعددة المناظر من عدة مساقط رئيسية، من أهمها الآتي:

- المنظر الأمامي – المنظر الرأسي (Elevation View- Front View).
- المنظر العلوي – المنظر الأفقي (Plan View- Top View).
- المنظر الجانبي (Side View).

■ هامش الخطأ المسموح (Tolerances):

المقدار المسموح به الذي قد تختلف فيه الأبعاد في الواقع عن التصميم.

■ قائمة الأجزاء والمواد (Bill of Materials (BOM)):

غالبًا ما تتضمن الرسومات الهندسية، خاصة لعمليات التجميع، قائمة تفصيلية بجميع الأجزاء المطلوبة كموادها، وكمياتها، وأحيانًا أرقامها التسلسلية أو أوصافها.

اختيار المواد ومراحل التصميم

(Material Selection and Design Stages)

يعتمد نجاح التصميم الميكانيكي على اختيار المواد المناسبة؛ لما لذلك من تأثير مباشر على الأداء، والتكلفة، والاستدامة، كما يتطلب التصميم نفسه اتباع منهجية دقيقة تضمن تحقيق أفضل النتائج من الفكرة وصولاً إلى المنتج النهائي.

العوامل الرئيسية لاختيار مواد التصميم الميكانيكي

(Key Factors in Selecting Materials for Mechanical Design)

يُعد اختيار المواد المناسبة خطوة أولية في التصميم الميكانيكي، حيث يؤثر بشكل مباشر على أداء المنتج، ومتانته، وتكلفته، وسلامته؛ لذا يجب عند الاختيار مراعاة مختلف خواص المواد والعوامل الأخرى الآتية:

■ الخصائص الميكانيكية (Mechanical Properties):

- **القوة (Strength):** قدرة المادة على تحمل الأحمال دون أن تتشوه أو تتكسر، وتشمل أنواعاً، مثل قوة الشد، وقوة الضغط، وقوة القص.
- **الصلابة (Stiffness):** قدرة المادة على مقاومة التشوه عند تعرضها لقوة، وهي خاصية تتعلق بمدى صلابة أو مرونة المادة، وتُقاس بمعامل المرونة (Elastic Modulus).
- **المتانة (Toughness):** قدرة المادة على امتصاص الطاقة قبل أن تتكسر، خاصة عند وجود شقوق أو عند تعرضها لأحمال صدمية.
- **الصلادة (Hardness):** قدرة المادة على مقاومة الخدش، أو الاختراق، أو التآكل عند تعرضها إلى قوى خارجية، وتُقاس باستخدام بعض الاختبارات، مثل: برينيل (Brinell)، وروكويل (Rockwell)، وفيكرز (Vickers).

■ الخصائص الفيزيائية (Physical Properties):

- **الكثافة (Density):** مقدار الكتلة لكل وحدة حجم من المادة.
- **التوصيل الحراري (Thermal Conductivity):** مدى سهولة نقل الحرارة عبر المادة.

- التوصيل الكهربائي (Electrical Conductivity): قدرة المادة على تمرير التيار الكهربائي من خلالها، وتزداد بزيادة الإلكترونات الحرة فيها.
- نقطة الانصهار (Melting Point): درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة.
- الخصائص الكيميائية (Chemical Properties):
 - مقاومة التآكل (Corrosion Resistance): قدرة المادة على مقاومة التآكل نتيجة التفاعل مع البيئة (مثل الصدأ في المعادن).
 - التفاعل مع المواد الأخرى: مدى تفاعل المادة مع السوائل أو الغازات التي قد تتعرض لها.
- قابلية التصنيع (Manufacturability):
 - مدى سهولة تشكيل المادة، ولحامها، وتشغيلها آلياً، أو معالجتها بالحرارة، حيث إن المواد التي يسهل تصنيعها عادة ما تكون أقل تكلفة.
- التكلفة (Cost):
 - تشمل تكلفة شراء المادة الخام، وتكلفة عمليات التصنيع المرتبطة بها، إذ يجب الموازنة بين الأداء المطلوب والتكلفة الإجمالية.
- التوفر والاستدامة (Availability & Sustainability):
 - مدى توفر المادة في السوق، ومدى استدامتها وقابليتها لإعادة التدوير.

المراحل الأساسية في عملية التصميم الميكانيكي

(Fundamental Stages of Mechanical Design Process)

يؤدي التصميم الميكانيكي دوراً محورياً في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج، من الفكرة الأولية وصولاً إلى المنتج النهائي، فهو عملية منهجية منظمة متكاملة وتكرارية، تضمن تحويل الفكرة الهندسية إلى منتجات ملموسة، ولضمان أعلى مستويات الدقة والكفاءة في المنتج النهائي تمر هذه العملية بسلسلة من المراحل الإبداعية والتحليلية الآتية:

1. تحديد الحاجة/المشكلة (Recognition of Need/Problem):

تبدأ عملية التصميم الميكانيكي بتحديد الحاجة أو المشكلة، فقد تكون هناك حاجة لتحسين تصميم آلة معينة بسبب كفاءتها المنخفضة، أو سرعتها المحدودة، أو مستويات الضوضاء المتفاوتة، أو الاهتزازات العالية أثناء التشغيل.

2. تعريف الحاجة/المشكلة (Definition of Need/Problem):

عادة ما تكون عملية تحديد الحاجة مختصرة، ولا تتضمن الكثير من التفاصيل؛ لذا يتم في هذه الخطوة البحث في المشكلة بعمق، وتحديد المواصفات المطلوبة للآلة، مثل: الموارد المستخدمة، والمخرجات، والتكلفة، والكميات، والكفاءة، والقيود المالية، والسرعة، والدقة، وتتضمن هذه الخطوة كذلك جمع المعلومات لكافة جوانب المشكلة، بما فيها معرفة ما إذا كانت هذه المشكلة، أو مشكلة مشابهة لها قد حُلّت سابقاً، أو مدى توفر حل جاهز في السوق.

3. توليد المفاهيم/دمج الحلول (Concept Generation/Synthesis):

تمثل هذه المرحلة عنصراً أساسياً في عملية التصميم، حيث يتم خلالها جمع وتوليد الأفكار والمفاهيم التصميمية من خلال تقنيات متنوعة مثل العصف الذهني، والنمذجة الحاسوبية، والتحليل المنهجي للبيانات المتاحة، حيث تهدف هذه المرحلة إلى

إنتاج أكبر عدد ممكن من الحلول الشاملة والمبتكرة، وتركز عملية التوليف على دمج الأفكار - التي قد تبدو غير مترابطة في البداية - ضمن إطار تصميمي متكامل يلبي المتطلبات التشغيلية والوظيفية للنظام المستهدف.



تحليل العناصر المحددة

(Finite Element Analysis (FEA))

هو نظام تحليل أداء المكونات في التطبيقات العملية، مثل درجات الحرارة والضغط، والبيئات الكيميائية المختلفة.



ديناميكيات السوائل الحاسوبية

(Computational Fluid
Dynamics (CFD))

أداة هندسية تعمل بمساعدة
الحاسوب (CAE) لمحاكاة
تدفق السوائل في النماذج
الهندسية.

4. التحليل (Analysis):

يتم في هذه المرحلة تحليل الحلول المقترحة من الخطوة السابقة لتقييم أدائها وكفاءتها، واختيار التصميم الأمثل منها، ويتضمن ذلك استخدام أدوات التحليل الهندسي، مثل: تحليل العناصر المحددة (FEA)، وديناميكيات السوائل الحاسوبية (CFD).

5. التقويم (Evaluation):

بعد اختيار التصميم، يُبنى نموذج أولي له، ويُختبر للتأكد من استيفائه لمتطلبات الإنتاج والتصنيع، كما يُقوّم التصميم من حيث التنافسية، والجدوى الاقتصادية، ومتطلبات الصيانة.

6. العرض (Presentation):

يُعرض التصميم على شكل رسومات، أو نماذج حاسوبية تساعد على فهم التصميم ومتطلباته، وعادة ما تُستخدم برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، التي تسمح بإنشاء نموذج ثنائي أو ثلاثي الأبعاد.

7. التحسين (Optimization):

تتضمن هذه المرحلة إجراء تعديلات على التصميم الأولي للآلة بهدف تحسين أدائها، وضمان مطابقتها لمواصفات التصميم.

8. التصنيع (Fabrication):

بعد الموافقة على التصميم النهائي، تبدأ مرحلة تصنيع مكونات الآلة، وتجميعها.



المفاهيم الأساسية في عملية التصميم الميكانيكي

(Basic Concepts in Mechanical Design)

تتطلب عملية التصميم الميكانيكي الإلمام بالمفاهيم الأساسية للتصميم الميكانيكي؛ وذلك لضمان الوصول إلى منتج نهائي ذي كفاءة عالية يلبي الاحتياجات والوظائف المطلوبة، ومن هذه المفاهيم الآتي:

قدرة التحمل (Load-Bearing Capacity)

هي الحد الأقصى من الوزن، أو القوة، أو العزم الذي يمكن أن يتحمله المكون الميكانيكي أو الآلة دون تعرضه للتلف أو التشوه، ويُتحكم في مقدارها عند إنشاء التصميم بمراعاة الآتي:

■ نوع المواد المستخدمة:

وقدرتها على مقاومة قوى الشد والضغط (Tensile and Compression Forces)، والظروف البيئية المختلفة، مثل: درجة الحرارة، والرطوبة.

■ كثافة المواد المستخدمة:

فالمواد ذات الكثافة العالية أكثر قدرة على التحمل مقارنة بالمواد الأقل كثافة.

■ التصميم الهندسي للمكون

الميكانيكي:

فطوله، وسُمكه، وقياس قطره تؤثر بصورة مباشرة على مقدار تحمله، فمثلاً: المكونات

ذات المقطع العرضي الكبير تتحمل أحمالاً أكبر، والأعمدة الدائرية تتحمل الأحمال بشكل أفضل من الأعمدة المستطيلة في كثير من الحالات.



الكثافة (Density)

هي خاصية فيزيائية تُعبر عن كتلة المادة لكل وحدة حجم.

الخلوص (Clearance)

يُعدّ الخلوص من أساسيات التصميم، ويجب تحديد نسبته قبل الشروع في تصنيع الآلة، حيث تربط المكونات المتحركة مع بعضها البعض مع ترك مسافة أو فجوة بينها؛ لضمان حرية الحركة بين تلك المكونات، ومنع التآكل والتلف الناتج عن الاحتكاك المفرط (Excessive Friction)، ومن الأمثلة عليها الفجوة بين حافتي القطع في المثقاب (Punch) والقالب (Die).



الخلوص (Clearance)
هو الفجوة أو المسافة الفاصلة بين المكونات المرتبطة ببعضها البعض.

البدل (Allowance)

يُشير البدل إلى الاختلاف أو الفرق المتعمد بين الأبعاد الأساسية (Basic Dimensions) للمكونات المرتبطة ببعضها البعض في الآلات، كالاختلافات في مقاسات الأبعاد الداخلية والخارجية، ويُحدّد هذا الفرق لضمان تركيب المكونات وحركتها بشكل صحيح ضمن النظام، ومن أنواعه الآتي:

■ البدل الموجب (Positive Allowance):

أي الفرق المتعمد بين الأبعاد الذي يؤدي إلى وجود فراغ أو فجوة بين المكونات المترابطة.

■ البدل السالب (Negative Allowance):

أي الفرق المتعمد بين الأبعاد الذي يؤدي إلى التداخل التام بين المكونات المترابطة دون وجود فجوة أو فراغ.

ومن أمثلة تطبيق البدل الآتي:

■ التروس والمحاور (Gears and Axles):

يحدد البدل كيفية تركيب الترس على المحور (منزلق أو مُحكم).

■ البراغي والصواميل (Bolts and Nuts):

يضمن البدل سهولة تركيب البراغي والصواميل، وفكها، وتثبيتها.

هامش الخطأ المسموح (Tolerance)

يُشير مصطلح هامش الخطأ المسموح إلى مقدار الدقة التي يجب تحقيقها خلال تصنيع المكونات الميكانيكية؛ إذ يُحدد في مراحل التصميم الميكانيكي مقدار هامش الخطأ المسموح في المقاسات الموضوعة في التصميم؛ لضمان توافق المكونات وترباطها، وحركتها بصورة صحيحة مع بعضها البعض، وعادة الأبعاد الأساسية، مثل: القطر، والطول، والعرض، والسُمك، ويُحدّد هذا الهامش بعد دراسة العوامل الآتية:

- سرعة حركة المكون الميكانيكي.
- القوى التي يتعرض لها المكون.
- مقدار الاهتزاز المسموح به.
- نوع التشحيم المستخدم (Lubrication).
- التغيرات في القطعة نتيجة للتمدد الحراري (Thermal Expansion).

قياس البديل وهامش الخطأ المسموح

لقياس البديل وهامش الخطأ المسموح يجب معرفة المفاهيم الآتية:

- **المقاس الاسمي (Nominal Value):**
هو مقاس أبعاد المكون في التصميم الميكانيكي الفني.
- **حدود الحجم (Limits of Size):**
هي أقل وأكبر حجم مسموح للمكون.
- **المقاس الفعلي (Actual Value):**
هو المقاس الفعلي للمكون بعد تصنيعه.

وبعد فهم هذه المفاهيم، يمكن حساب القيم المرتبطة بالدقة التصنيعية، مثل البَدَل (Allowance) وهامش الخطأ المسموح (Tolerance)، من خلال العلاقات الرياضية الآتية:

■ البَدَل (Allowance):

$$\text{البَدَل} = \text{الحد الأدنى للفتحة} - \text{الحد الأعلى لحافة العمود}$$
$$\text{Allowance} = \text{Minimum Hole Size} - \text{Maximum Shaft Size}$$

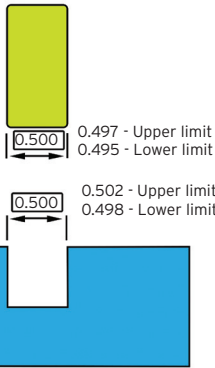
■ سماحية الفتحة (Hole Tolerance):

$$\text{سماحية الفتحة} = \text{الحد الأعلى للفتحة} - \text{الحد الأدنى للفتحة}$$
$$\text{Hole Tolerance} = \text{Maximum Hole Size} - \text{Minimum Hole Size}$$

■ سماحية العمود (Shaft Tolerance):

$$\text{سماحية العمود} = \text{الحد الأعلى لحافة العمود} - \text{الحد الأدنى لحافة العمود}$$
$$\text{Shaft Tolerance} = \text{Maximum Shaft Size} - \text{Minimum Shaft Size}$$

مثال (1)



إذا كان لدينا فتحة (Hole) وعمود (Shaft) مصممان ليتلاءما معاً، وكان:

- المقاس الاسمي (Nominal Value) لكليهما = 0.500 بوصة
- حدود مقاس الفتحة (Hole Limits):
الحد الأدنى = 0.498 بوصة، والحد الأعلى = 0.502 بوصة
- حدود مقاس حافة العمود (Shaft Limits):
الحد الأدنى = 0.495 بوصة، والحد الأعلى = 0.497 بوصة.

■ **الحل:** البديل = الحد الأدنى للفتحة - الحد الأعلى لحافة العمود

$$\text{Allowance} = \text{Minimum Hole Size} - \text{Maximum Shaft Size}$$

$$0.498 - 0.497 = 0.001 \text{ In}$$

■ سماحية الفتحة = الحد الأعلى للفتحة - الحد الأدنى للفتحة

$$\text{Hole Tolerance} = \text{Maximum Hole Size} - \text{Minimum Hole Size}$$

$$0.502 - 0.498 = 0.004 \text{ In}$$

■ سماحية العمود = الحد الأعلى لحافة العمود - الحد الأدنى لحافة العمود

$$\text{Shaft Tolerance} = \text{Maximum Shaft Size} - \text{Minimum Shaft Size}$$

$$0.495 - 0.497 = 0.003 \text{ In}$$

مثال (2)

إذا كان لدينا فتحة وحافة مصممتان لتتلاءما معاً، وكان المقاس الاسمي (Nominal Value) لـ كليهما (12.70 mm)، وحدود مقاس الفتحة هي (12.68 mm – 12.72 mm)، وحدود مقاس الحافة هي (12.65 mm – 12.67 mm) فإن:

■ **الحل:** البديل = الحد الأدنى للفتحة – الحد الأعلى لحافة العمود

$$\text{Allowance} = \text{Minimum Hole Size} - \text{Maximum Shaft Size}$$

$$12.68 \text{ mm} - 12.67 \text{ mm} = 0.01 \text{ mm}$$

■ **سمحية الفتحة = الحد الأعلى للفتحة – الحد الأدنى للفتحة**

$$\text{Hole Tolerance} = \text{Maximum Hole Size} - \text{Minimum Hole Size}$$

$$12.72 \text{ mm} - 12.68 \text{ mm} = 0.04 \text{ mm}$$

■ **سمحية العمود = الحد الأعلى لحافة العمود – الحد الأدنى لحافة العمود**

$$\text{Shaft Tolerance} = \text{Maximum Shaft Size} - \text{Minimum Shaft Size}$$

$$12.67 \text{ mm} - 12.65 \text{ mm} = 0.02 \text{ mm}$$

مقدمة في برامج التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب

(Introduction to CAM and CAD)

أحدثت التطورات التكنولوجية ثورة شاملة في ممارسات هندسة التصنيع وتصميم الآلات، مما أدى إلى تبني طرق وعمليات متقدمة لتعزيز الكفاءة والدقة والجودة في جميع مراحل دورة حياة المنتج، وتعد أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Design (CAD)) والتصنيع بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Manufacturing (CAM)) من أبرز هذه التطورات، حيث تسهم بفاعلية في تقليل الأخطاء البشرية، وتسريع وتيرة الإنتاج، وتحسين جودة المنتج النهائي.

التصميم بمساعدة الحاسوب

(Computer-Aided Design (CAD))

يشير مصطلح التصميم بمساعدة الحاسوب إلى استخدام برمجيات الحاسوب لإنشاء التصميمات الهندسية، أو تعديلها، أو تحليلها، أو تحسينها، وتعد برامج (CAD) أداة أساسية للمهندسين والمصممين في مختلف الصناعات، حيث تمكنهم من تصور الأفكار وتطويرها بدقة عالية قبل البدء في مراحل التصنيع الفعلية.

■ دور التصميم بمساعدة الحاسوب في عملية التصميم الهندسي:

تؤدي برامج (CAD) دورًا محوريًا في تسهيل وتبسيط العديد من عمليات التصميم الهندسي، مما يعزز الكفاءة، ويحسن مستوى الدقة في النتائج، ويشمل هذا الدور القيام بالعمليات الآتية:

1. النمذجة الهندسية (Geometric Modeling):

تتيح النمذجة الهندسية للمصممين إنشاء نماذج رقمية ثنائية وثلاثية الأبعاد للأجزاء والمكونات، من خلال أدوات تصميم متقدمة، وتشمل هذه الأدوات أوامر لإنشاء الأشكال الأساسية (مثل الخطوط، والدوائر، والنقاط)، بالإضافة إلى عمليات تعديل، مثل المسح، والتدوير، وتغيير الحجم، إلى جانب التحكم في كيفية عرض النماذج من زوايا مختلفة.

2. التحليل الهندسي (Engineering Analysis):

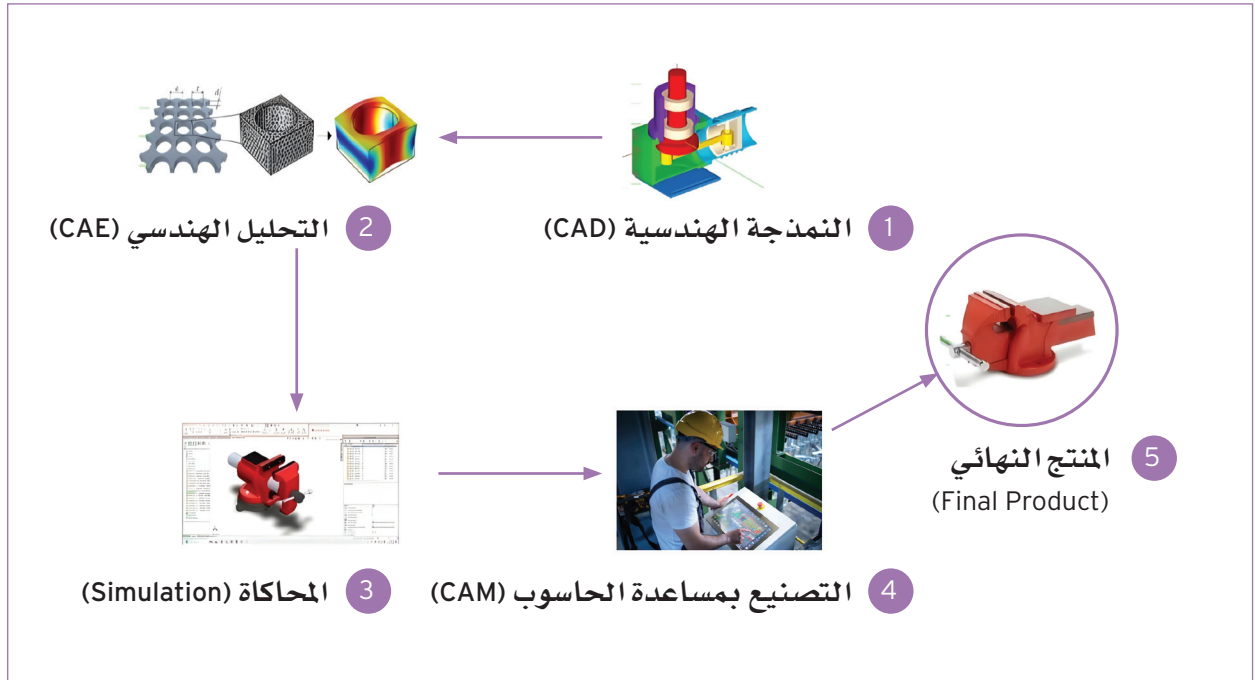
يُستخدم الحاسوب في إجراء التحليلات الهندسية الدقيقة، خاصة من خلال برامج تعتمد على طريقة تحليل العناصر المحددة (Finite Element Method (FEM))، حيث تمكن هذه الطريقة من تقسيم النموذج إلى شبكة من العناصر المرتبطة بعقد (Nodes)، مما يُتيح تحليل خصائص الأداء (Performance Characteristics) تحت ظروف مختلفة (مثل الإجهاد، أو الانفصال، أو انتقال الحرارة)، وبالتالي التنبؤ بكيفية استجابة النموذج الهندسي ككل.

3. مراجعة وتقييم التصميم (Design Review and Evaluation):

تُستخدم برامج المحاكاة لمراجعة حركة الأجزاء الميكانيكية، والتحقق من خلوها من التداخلات أو التصادمات المحتملة، مما يساهم في تقليل الحاجة إلى النماذج الأولية الفعلية، ويُعزز من جودة وكفاءة التصميم النهائي.

4. الرسم الآلي (Automated Drawing):

هو عملية حديثة تعتمد على برمجيات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) لإنشاء رسومات هندسية دقيقة تلقائياً من النماذج الرقمية، ويختلف هذا الأسلوب جذرياً عن الرسم اليدوي، إذ يسمح باستخراج أنواع متعددة من الرسومات مثل المساقط، والمقاطع، والمنظير، والرسومات التفصيلية بمقاييس متنوعة، مع ضمان دقة عالية وجودة معيارية ثابتة.



■ إيجابيات وسلبيات أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD):

تتسم أنظمة التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) بمجموعة من الإيجابيات والسلبيات التي يجب أخذها في الاعتبار، وأبرزها الآتي:

الإيجابيات	■ الكفاءة: تتيح هذه البرامج إنشاء وتطوير تصاميم هندسية تفصيلية للغاية يمكن تعديلها بسهولة. ■ انخفاض معدل حدوث الأخطاء: فتسبب خطأ التصميم قليلة في هذه البرامج. ■ تسريع الإنجاز: حيث تسرع من عملية التصميم، ويمكن للمصممين تحليل التصاميم، وتطويرها دون الحاجة لإعادة العمل بشكل كامل. ■ تقليل التكلفة والجهد والوقت: تقلل محاكاة التصاميم واختبارها رقمياً التكلفة والوقت والعمالة لتنفيذ العمل المطلوب، إضافة إلى أنه يُمكن أفراد الفريق من العمل على النموذج نفسه في الوقت ذاته، ويمكن العمل فيه من أي مكان، وليس شرطاً الوجود في مقر العمل. ■ سرعة التقييم: من الممكن إنشاء نماذج أولية بسرعة لإجراء فحص تفصيلي قبل الانتهاء من تصاميم التصنيع، إضافة إلى أنه يمكن للآلات الافتراضية تقييم إجراءات المعالجة ونتائجها أولاً بأول.
السلبيات	■ تكلفة الاستثمار والصيانة: يتطلب استخدام مثل هذه الأنظمة تكلفة عالية، إضافة إلى التكاليف الأخرى كالصيانة. ■ فقدان العمالة الجيدة: تؤدي هذه الأنظمة إلى تراجع الاعتماد على القوى العاملة ذات المهارات العالية في استخدام الأدوات اليدوية، مما يسهم في فقدان الخبرات العملية.

التصنيع بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Manufacturing (CAM))

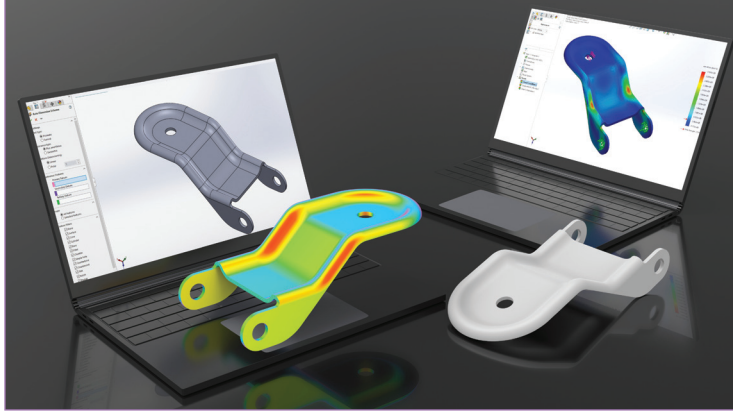
تُستخدم تصاميم برامج CAD كمدخلات في برمجيات التصنيع بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Manufacturing (CAM))، التي تعمل على تخطيط وإدارة عمليات التصنيع بدقة وكفاءة عالية بناءً على التصاميم الرقمية التي بُنيت، وتُعد هذه الأنظمة تعليمات مفصلة مقروءة للآلات المستخدمة في التصنيع، وتحدد الخطوات اللازمة لتصنيع الأجزاء، بما في ذلك الأبعاد، وإعدادات القطع، والسرعات المطلوبة لتحقيق دقة التصنيع، كما تتيح محاكاة عملية التصنيع قبل تنفيذها الفعلي؛ مما يساعد على اكتشاف الأخطاء المحتملة، وتجنب إهدار المواد المستخدمة أو حدوث أعطال في الآلات.

■ إيجابيات وسلبيات أنظمة التصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM):

تتسم أنظمة التصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM) بمجموعة من المزايا والعيوب البارزة، التي يوضحها الجدول الآتي:

الإيجابيات	■ تحسين كفاءة الإنتاج: يُحسن النظام كفاءة المنتج النهائي؛ بسبب إمكانية اكتشاف الأخطاء المحتملة قبل بدء عملية التصنيع، مما يقلل من الوقت والمواد المستخدمة. ■ تطوير معايير التصنيع: يُسهم النظام في تعزيز مرونة عمليات الإنتاج واستجابتها للتحديثات والتطورات التقنية، مما يُسرّع من وتيرة التصنيع، ويُقلل الهدر في الوقت والموارد، وبالتالي يُسهم في تحسين معايير التصنيع المعتمدة وتطويرها. ■ تقليل التكلفة والوقت والجهد: يتم تحقيق ذلك في ضوء تسريع عمليات الإنتاج.
السلبيات	■ الحاجة إلى مستويات عالية من التدريب: يتطلب النظام مشغلين يتمتعون بخبرة فنية عالية، ومعرفة تخصصية عميقة، مما يستلزم تدريباً عالياً وتخصصياً. ■ توقف التشغيل (System Downtime): قد تؤدي الأعطال التقنية أو الهجمات السيبرانية إلى توقف النظام عن العمل (Shutdown) مسبباً تعطلاً في الإنتاج، ويؤثر سلباً على كفاءة العملية التصنيعية. ■ تحديث البيانات باستمرار: قد تتطلب الأنظمة تحديثاً منتظماً.

الهندسة بمساعدة الحاسوب (Computer-Aided Engineering (CAE))



تتمثل الهندسة بمساعدة الحاسوب (CAE) في استخدام البرمجيات المحوسبة لتحليل التصميم الهندسية وتحسينها وتطويرها، عن طريق إجراء تحليلات معقدة عليها، مثل تحليل العناصر المحددة (Finite Element Analysis (FEA)) وديناميكيات السوائل الحاسوبية (Computational Fluid Dynamics (CFD)).

■ إيجابيات وسلبيات أنظمة الهندسة بمساعدة الحاسوب (CAE):

تتسم أنظمة الهندسة بمساعدة الحاسوب (CAE) بمجموعة من الإيجابيات والسلبيات البارزة، وهي:

الإيجابيات	■ توفير التكلفة والجهد والوقت: تقلل التكلفة والوقت والعمالة اللازمة لتنفيذ العمل المطلوب. ■ سهولة تحرير وتعديل التصميمات: يُعد إجراء التعديلات على التصميم أمرًا سريعًا وسهلاً باستخدام برامج CAE؛ مما يسمح بإصلاح الأخطاء بسهولة، ويوفر حلولاً أسرع للمشكلات الناتجة. ■ تقليل الأخطاء: تقلل فرص حدوث الأخطاء مقارنة بالتصميم اليدوي. ■ تقليل ازدواجية العمل: نظرًا لإمكانية استخدام ترميز الحاسوب الآلي بشكل متكرر، ليست هناك حاجة للقيام بالمهام نفسها بشكل متكرر؛ إذ يمكن نسخ أجزاء مختلفة من الكود، وإعادة استخدامها في التصميم أثناء تطويره.
السلبيات	■ توقف الأجهزة: قد تؤدي الأعطال الحاسوبية إلى توقف العمل وتعطل الإنتاج. ■ ضعف موثوقية الأمان: يمكن أن يكون العمل عرضة للفيروسات أو الاختراق، مما يقلل نسبة الأمان. ■ الحاجة إلى مستويات عالية من التدريب: يتطلب النظام مشغلين يتمتعون بخبرة فنية عالية، ومعرفة تخصصية عميقة، مما يستلزم تدريبًا عاليًا وتخصصيًا. ■ تطوير التحديثات باستمرار: قد تتطلب الأنظمة تحديثًا منتظمًا؛ وبالتالي تزداد التكاليف المالية.

أجهزة وبرمجيات أنظمة (CAD/CAM)

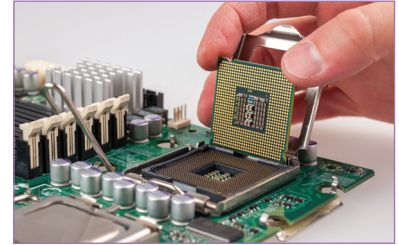
يتطلب تشغيل برمجيات CAD/CAM أجهزة حاسب آلي قوية بمعالجات سريعة، وذاكرة (Random - Access Memory (RAM)) كبيرة لدعم النماذج الكبيرة والمعقدة، ومن أهم مكوناتها الآتي:

■ الأجهزة (Hardware):

تتكون الأجهزة من المكونات الآتية:

■ وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit (CPU):

تؤدي وحدة المعالجة المركزية دورًا أساسيًا في تشغيل برمجيات التصميم المختلفة؛ حيث تقوم بمعظم العمليات المعقدة، مثل: التحكم في سير البيانات، ومعالجة الرسومات ثلاثية الأبعاد، وحسابات المحاكاة الهندسية، وإدارة البيانات وقراءتها.



وحدة المعالجة المركزية

■ الذاكرة الثانوية (Secondary Memory):

هي وسائل التخزين التي تُستخدم لحفظ البرامج والبيانات والمشاريع والملفات المرتبطة بها بشكل دائم، ومن أهم أنواعها الأقراص الصلبة ((Hard Disk Drive (HDD)، والأقراص الصلبة السريعة ((Solid State Drive (SSD).



الذاكرة الثانوية

■ محطة العمل (Workstation):

هي الجزء المرئي (الحاسب الآلي) المصمم خصيصًا للتعامل مع مهام التصميم الميكانيكي والرسومات الفنية المعقدة، مثل: برامج التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD)، والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAM)، والهندسة بمساعدة الحاسوب (CAE)، وعادة ما تكون مزودة بأجهزة ومكونات عالية الجودة لتلبية متطلبات العمل على الملفات والعمليات الحسابية المعقدة.

■ الأجهزة الطرفية (Peripherals):

هي وحدة مستقلة أو جزء من النظام، وتُصنف إلى فئات أساسية بناءً على وظائفها داخل النظام، وهي:

- أجهزة الإدخال (Input Devices): تُستخدم لإدخال البيانات إلى الحاسوب، مثل: لوحة المفاتيح (Keyboard)، والفأرة (Mouse)، والمسح الضوئي (Scanner)، وعصا التحكم (Joystick)، وكرة التتبع (Trackball).



لوحة المفاتيح



الماسحة الضوئية



الفأرة

- أجهزة الإخراج (Output Devices): تُستخدم لعرض أو إخراج البيانات من الحاسوب للمستخدم، مثل الشاشة (Monitor).



الشاشة

- أجهزة التخزين (Storage Devices): تخزن البيانات بشكل دائم أو مؤقت، مثل الذاكرة الفلاشية (Universal Serial Bus (USB) Flash Drive).

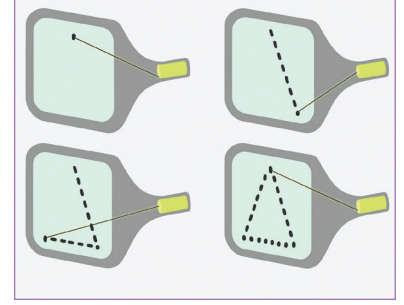


أجهزة التخزين

■ شاشات العرض الرسومية (Graphical Displays):

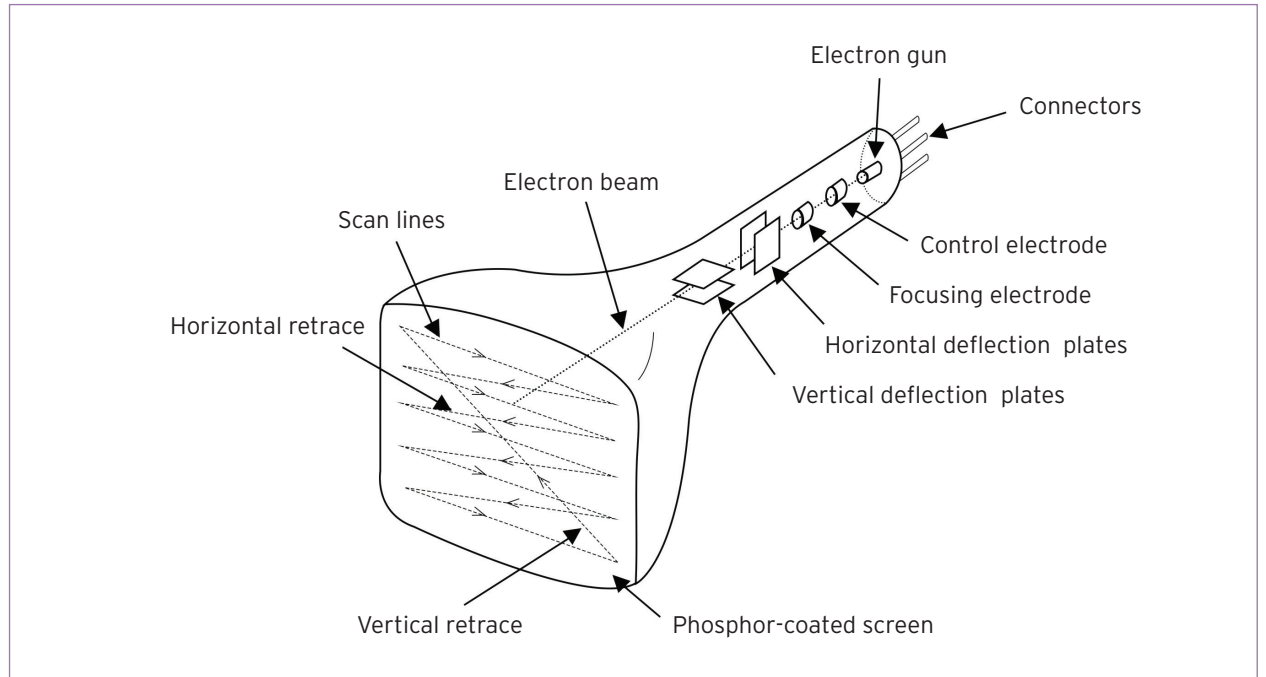
هي أجهزة تُستخدم لعرض المعلومات البصرية التي بُنيت باستخدام أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب (CAD) على هيئة الرسومات التخطيطية والنماذج ثلاثية الأبعاد (3D) وثنائية الأبعاد (2D)، وتتيح هذه الشاشات فحص التفاصيل الدقيقة للقطع الميكانيكية، وتحسين دقة التصميم، واكتشاف العيوب المحتملة قبل بدء التصنيع، ومن أهم آليات عرض الرسوم عليها الآتي:

■ **المسح العشوائي (Random Scan):** هو تقنية رسومية كانت تُستخدم في الشاشات من نوع CRT، حيث يتم رسم الخطوط والأشكال بشكل مباشر من خلال تحريك شعاع الإلكترون بحسب إحداثيات العناصر الرسومية، أما في الأنظمة الحديثة (LED/LCD)، فقد تم الاستغناء عن هذا الأسلوب لصالح تقنيات المسح النقطي (Raster Scan) القائمة على معالجة الرسومات رقمياً عبر وحدات معالجة الرسوم (Graphics Processing Unit (GPU)).



المسح العشوائي

■ **المسح النقطي (Raster Scan):** يعتمد على تقسيم شاشة العرض إلى شبكة من النقاط، يُشار إليها باسم عناصر الصورة أو نقاط البكسل (pixels)، وتُعرض الرسومات الفنية عن طريق التحكم في لون وشدة كل بكسل، ويتم المسح بشكل أفقي؛ حيث يُعرض كل سطر من الصورة بدءاً من الزاوية العلوية اليسرى إلى السفلية اليمنى.



المسح النقطي

■ البرمجيات (Software):

تعد البرمجيات الهندسية CAD و CAM و CAE أساس النظام المحسوب للتصاميم الهندسية، وهي أدوات ضرورية لتسهيل وتسريع عمليات التصميم الفني، والتحليل الهندسي والتصنيع؛ إذ تعمل كأنظمة متكاملة في بناء نماذج ثنائية وثلاثية الأبعاد، ومحاكاة الأداء الفعلي للآلة، وتحويل التصاميم الفنية إلى أوامر قابلة للتنفيذ على الآلات الميكانيكية، ومن أهم الأدوات والبرامج في برمجيات CAD و CAM و CAE الآتي:

CAD/CAM	CAE	CAM	CAD	البرمجة
■ Solidworks CAM ■ Fusion 360 ■ NX CAM ■ Solid Edge ■ Camworks ■ Mastercam	■ Ansys Fluent ■ NX Advanced Simulation ■ CATIA ■ Top Solid ■ Solidworks ■ Simscale ■ Inventor ■ Hyperworks ■ LS-DYNA ■ Matlab Simulink	■ Solidworks CAM ■ CATIA ■ Fusion 360 ■ NX CAM ■ Inventor ■ Solid Edge ■ Camworks ■ Mastercam	■ Autocad ■ Inventor ■ CATIA ■ Fusion 360 ■ NX Core Designer ■ Inventor ■ Solidworks ■ Creo 10 ■ Mastercam	البرامج

بعض البرامج مثل: SolidWorks، Inventor، Fusion 360، CATIA تدعم أكثر من مجال (CAD / CAM / CAE)، لذا وردت في أكثر من تصنيف.



صيانة الأنظمة والبرمجيات الحاسوبية

تؤدي الصيانة دوراً حيوياً في ضمان استمرارية وكفاءة أنظمة CAD و CAM في عمليات التصميم؛ إذ تعمل على تحقيق الآتي:

- تسهم في الحفاظ على استقرار النظام.
- تقليل الأعطال المحتملة.
- تطوير وتحديث البرامج باستمرار.



عادة ما يقدم الدعم الفني المستمر، والتحديثات اللازمة والتدريب للمستخدمين من قبل الشركات المزودة لهذه البرمجيات.



مقدمة في آلات التحكم الرقمي بالحاسوب

(Introduction to Computer Numerical Control (CNC))

تُعد أنظمة التحكم الرقمي بالحاسوب (Computer Numerical Control (CNC)) من أبرز التقنيات المتقدمة في مجال التصنيع الحديث، حيث أحدثت ثورة في طرق الإنتاج من خلال توفير الدقة والسرعة والكفاءة في تصنيع الأجزاء والقطع الميكانيكية، وتكمن أهمية هذه الأنظمة في قدرتها على تنفيذ عمليات معقدة بدرجة عالية من التكرار والموثوقية، مما يجعلها خياراً أساسياً في الصناعات الهندسية المتطورة.

وتُستخدم آلات التحكم الرقمي بالحاسوب في تشغيل مختلف أنواع قطع العمل كالآتي:

■ المعادن (Metals):

مثل الفولاذ، والألومنيوم، والنحاس، التي تتميز بمتانتها وقوتها، وتُستخدم على نطاق واسع في تطبيقات متعددة.

■ البلاستيك الهندسي (Engineering Plastics):

مثل النايلون، والبولي كربونات، والأكريليك، وتُستخدم لإنتاج أجزاء خفيفة الوزن ومقاومة للمواد الكيميائية أو ذات خصائص عزل محددة.

■ الأخشاب عالية الكثافة (High-Density Wood):

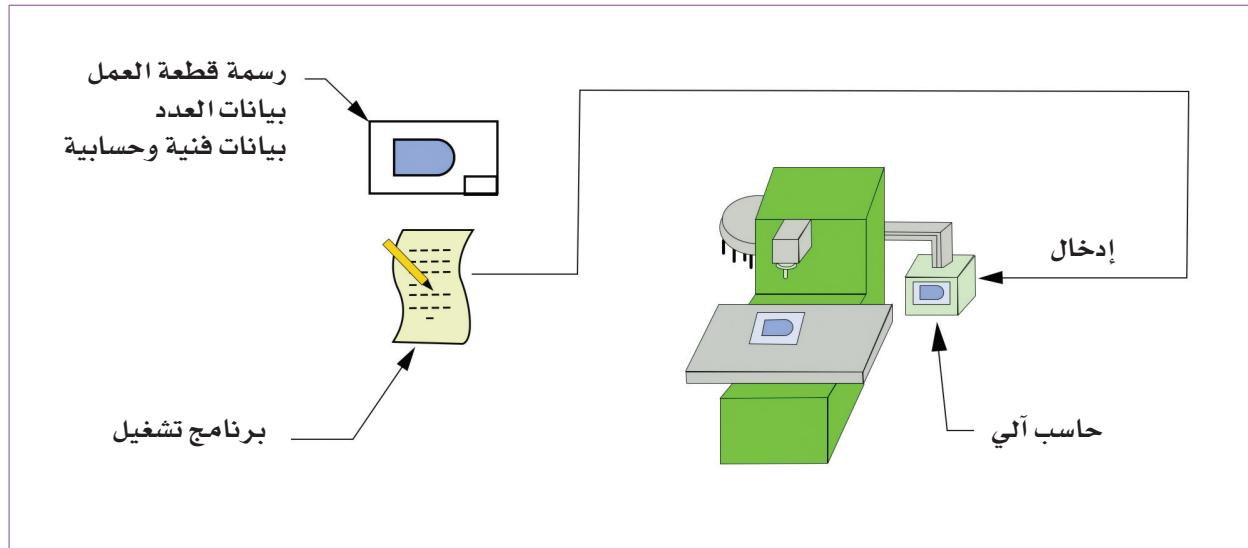
مثل الأخشاب الصلبة (الماهوجني، والبلوط)، والخشب الرقائقي، وتُستخدم في صناعة الأثاث، والنماذج، والقوالب.

التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC)

يُعد التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) نظاماً متطوراً يُستخدم لتوجيه وتشغيل الآلات باستخدام برمجيات مُخزنة، حيث يُدمج فيه الحاسب الآلي مباشرة مع الآلة، وليس كجهاز منفصل.

يحتوي هذا النظام على وحدة تحكم آلي (Machine Control Unit (MCU))، وهي المسؤولة عن قراءة برنامج التشغيل، ومعالجته، ومقارنته بإمكانات الآلة، وتتكوّن هذه الوحدة من برمجيات (Software) مخصصة، تُخزن فيها البرامج التشغيلية بشكل دائم، بحيث لا تُفقد عند توقف الآلة، ويمكن إعادة استخدامها مراراً لإنتاج آلاف القطع المتطابقة.

كما يُزوّد الحاسوب بلوحة مفاتيح تحتوي على أحرف وأرقام تُستخدم لإدخال التعليمات والبرمجة، بالإضافة إلى شاشة عرض تُظهر برنامج التشغيل ومسار الأداة (Tool Path)، ما يُتيح فحص البرنامج واكتشاف الأخطاء المحتملة قبل التشغيل الفعلي.



العناصر المولدة لأنظمة CNC الحديثة

■ أنواع آلات التحكم الرقمي بالحاسوب:

تُمثّل آلات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) أحد الأعمدة الأساسية في تقنيات التصنيع المتقدمة؛ لما توفره من دقة عالية وكفاءة في الإنتاج، ومن الأنواع الشائعة لآلات CNC التي تُستخدم على نطاق واسع في الصناعة الآتي:

آلات التفريز/التشغيل

(Milling Machines/Machining Centers)



تُعد من أكثر أنواع آلات CNC شيوعاً وتنوعاً، حيث تُستخدم أداة قطع دوارة (مثل ريشة تفريز) لإزالة المواد من قطعة العمل الثابتة، وتقوم آلات التفريز بعدة عمليات كالقطع، والثقب، والتشكيل.

الوظيفة

تُستخدم لإنتاج الأجزاء المعدنية والبلاستيكية والخشبية ذات الأشكال المعقدة بدقة عالية في مختلف الصناعات.

الاستخدام

آلات الخراطة

(Lathes/Turning Centers)



في هذه الآلات، تدور قطعة العمل بسرعة عالية، بينما تقوم أداة قطع ثابتة (سكين خراطة) بإزالة المواد لتشكيل الشكل المطلوب، وتقوم هذه الآلات بعدة عمليات مثل الخراطة الخارجية والداخلية، والحفر، والتسنيث (عمل القلاووظ).

الوظيفة

تُستخدم بشكل أساسي في تصنيع الأجزاء الأسطوانية والمحورية، مثل الأعمدة، والمسامير، والصواميل، والأجزاء الدائرية الأخرى بدقة عالية.

الاستخدام

آلات القطع بالليزر

(Laser Cutting Machines)



تُستخدم شعاع ليزر عالي التركيز والشدة لقطع أو نقش المواد بدقة بالغة، وتتميز بسرعتها، ودقتها العالية، وجودة القطع الفائقة.

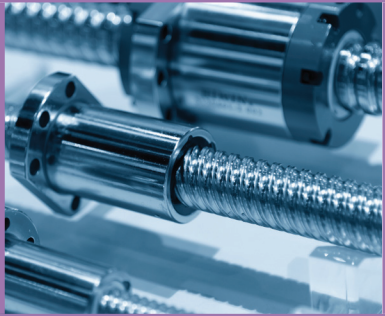
الوظيفة

تُستخدم لقطع ونقش مجموعة واسعة من المواد، كالمعادن، والخشب، والأكريليك، والقماش.

الاستخدام

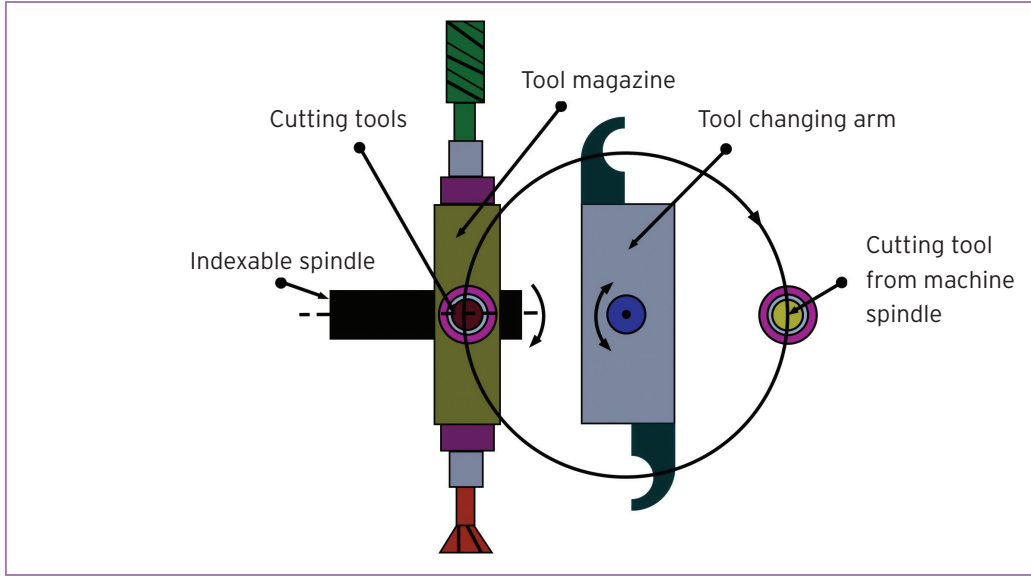
■ أدوات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC):

تشمل أنظمة التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) مجموعة من المكونات الأساسية التي تتضمن الأدوات المختلفة المستخدمة في عملية التصنيع، منها ما يأتي:

أمثلة	شكل توضيحي	الأدوات المستخدمة في آلات CNC
■ سكاكين التفريز (Milling Cutters). ■ أقلام الخراطة (Turning Tools). ■ لقم الثقب (Drills).		أدوات القطع (Cutting Tools)
■ القدم ذات الورنية (Vernier Caliper). ■ الميكروميتر (Micrometer). ■ مؤشرات الساعة (Dial Indicators).		أدوات القياس (Measurement Tools)
■ الظرف (Chuck). ■ الملزمة (Vise). ■ قواعد التثبيت المغناطيسية (Magnetic Base Mounts).		أدوات التثبيت (Fastening Tools)

■ أدوات التبديل الآلي (Automatic Tool Changer (ATC):

تُعد أدوات التبديل الآلي (ATC) من التقنيات المحورية في أنظمة التصنيع الحديثة، ولا سيما في آلات التحكم الرقمي بالحاسوب، وتهدف هذه التقنية إلى أتمتة عملية استبدال أدوات القطع المستخدمة في مختلف مراحل التشغيل، مما يُلغي الحاجة إلى التدخل اليدوي المتكرر، ويعمل نظام التبديل الآلي على اختيار الأداة المناسبة، وتثبيتها في المغزل تلقائيًا، وفقًا لمتطلبات البرنامج التشغيلي، وهو ما يُسهم بشكل مباشر في زيادة كفاءة الإنتاج، وتقليل زمن التوقف، ورفع دقة العمليات التصنيعية.



أدوات التبديل الآلي

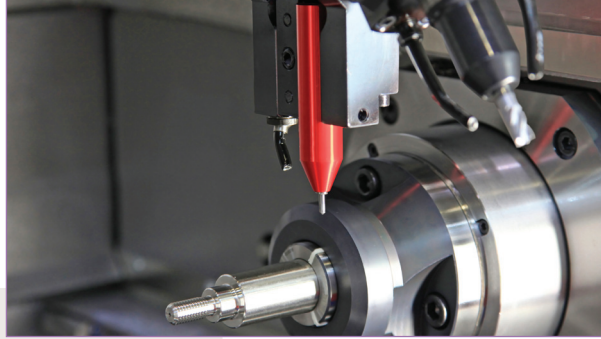
الأنظمة والميزات المساعدة لآلات CNC

تُكمل أنظمة التحكم الرقمي بالحاسوب مجموعة من الأدوات والأنظمة المتقدمة الأخرى التي تُساهم في أتمتة عمليات التصنيع وتحسينها، ومن أبرزها:

■ أدوات معايرة الإحداثيات

(Probing Tools):

تُستخدم لفحص أبعاد القطعة، وتحديد موضع الصفر بدقة عالية؛ مما يضمن دقة المعالجة.



أدوات معايرة الإحداثيات

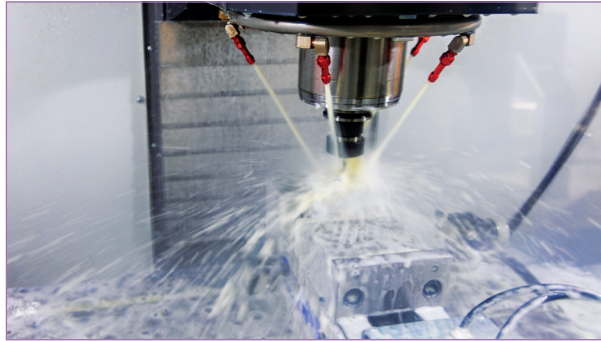


أدوات معايرة الإحداثيات (Probing Tools)

هي مجسات (Sensors) دقيقة تُركب على آلات CNC أو أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد، وتُستخدم هذه الأدوات للمس الأسطح المختلفة لقطعة العمل، وتحديد إحداثياتها بدقة فائقة، مما يتيح للآلة معرفة الموقع الفعلي لقطعة العمل، أو فحص أبعادها بعد التصنيع.

■ أنظمة التبريد (Coolant Systems):

تعمل على الحفاظ على درجة حرارة منخفضة أثناء القطع؛ مما يمنع احتراق الأداة، ويطيل عمرها الافتراضي، ويحسن جودة السطح.



أدوات التبريد الآلية

■ نظام مراقبة الاهتزاز والأعطال

(Vibration/Collision Sensors):

يُستخدم لإيقاف الآلة فوراً عند الكشف عن أي اهتزازات غير طبيعية أو اصطدامات محتملة؛ مما يحمي الآلة وقطعة العمل والأداة.



نظام مراقبة الاهتزاز والأعطال

إجراءات السلامة لتشغيل آلات CNC

يُعد التشغيل الآمن لآلات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC) أمراً بالغ الأهمية في بيئة التصنيع الحديثة، حيث يتطلب الالتزام بإجراءات السلامة لضمان حماية الأفراد والمعدات، وتشمل هذه الإجراءات الآتي:

■ إجراءات السلامة قبل بدء التشغيل:

تشمل إجراءات السلامة قبل تشغيل آلات CNC ما يأتي:

■ التدريب الشامل:

يجب التأكد من أن جميع العاملين تلقوا تدريباً نظرياً وعملياً كافياً حول تشغيل وصيانة آلات CNC.

■ ارتداء معدات الوقاية الشخصية (PPE)، وهي:

- النظارات الواقية لحماية العينين من الشرر وبقايا الرايش.
- القفازات المقاومة للقطع (مع خلعها أثناء دوران الآلة لتجنب التشابك).
- أحذية السلامة ذات المقدمة الفولاذية لحماية القدمين.
- سدادات الأذن في البيئات ذات الضوضاء العالية.
- ملابس عمل مناسبة بدون أطراف فضفاضة؛ لتجنب التشابك بالأجزاء الدوارة.

■ الفحص السابق للآلة:

التحقق من سلامة مكونات الآلة، وعدم وجود أعطال ظاهرة أو تسريبات.

■ تأمين منطقة العمل:

التأكد من خلو المساحة المحيطة من العوائق، وتثبيت قطع العمل بشكل آمن.



إجراءات الطوارئ

- معرفة مواقع أزرار الإيقاف الطارئ (Emergency Stop) لجميع الآلات.
- التعرف على مواقع طفايات الحريق.
- التدريب على الإخلاء.
- التبليغ الفوري عن أي أعطال.
- إبقاء مخارج الطوارئ واضحة وخالية من العوائق.
- إعداد سجلات الطوارئ.

■ إجراءات السلامة أثناء التشغيل:

تشمل إجراءات السلامة أثناء تشغيل آلات CNC ما يأتي:

- تشغيل الآلة وفق الإرشادات المحددة في دليل التشغيل.
- عدم مغادرة منطقة العمل أثناء تشغيل الآلة.
- مراقبة أي اهتزازات أو أصوات غير طبيعية، والتوقف الفوري عند ملاحظة وجود أي خلل.
- عدم محاولة تنظيف أو تعديل الآلة أثناء تشغيلها.

■ إجراءات السلامة بعد انتهاء العمل:

تشمل إجراءات السلامة بعد الانتهاء من تشغيل آلات CNC ما يأتي:

- إيقاف تشغيل الآلة بالكامل باستخدام زر الإيقاف المخصص.
- تنظيف مكان العمل، والتخلص الآمن من بقايا التشغيل.
- تسجيل أي ملحوظات أو أعطال في سجل الصيانة لمراجعتها لاحقاً.
- إجراء فحص بصري سريع للتحقق من عدم حدوث تلف بالمعدات.

تعزيز ثقافة السلامة

- وعي العاملين بخطورة المعدات.
- الالتزام بتعليمات السلامة وتحديثاتها المستمرة.
- تشجيع الإبلاغ عن المخاطر والتعامل المنهجي معها.

صيانة آلات التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC Machines Maintenance)

تُعد الصيانة بأنواعها المختلفة أمراً مهماً لضمان استمرارية عمل آلات التحكم الرقمي بالحاسوب بكفاءة عالية، وتقليل فترات التوقف غير المخطط لها، وتكون جميع إجراءات الصيانة إما مجدولة (Scheduled Maintenance) تُجرى على فترات زمنية محددة سابقاً (Predetermined Intervals)، أو غير مجدولة (Unscheduled Maintenance) تتم دون تخطيط سابق، وعادةً ما تكون استجابةً لعطل ما، وتُصنّف إجراءات الصيانة وفق مجموعة من الأنواع الرئيسية، ولكل منها جدول إجراءات، ومهام، وأساليب خاصة للتوثيق كالآتي:

الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance)

تُعرف كذلك بالصيانة الاستباقية (Proactive Maintenance)، وهي عمليات فحص وتحقق، وصيانة مجدولة لإطالة العمر التشغيلي للمعدات، وتقليل احتمالية توقفها المفاجئ عن العمل (Downtime)، وتجنب الأعطال قبل حدوثها، ومن أنواعها الآتي:

- الصيانة الزمنية (Time-Based Maintenance): تُجرى الصيانة باتّباع جدول زمني ثابت، مثل: إجراء الفحص كل أسبوع أو شهر أو سنة، بغض النظر عن حالة المعدات.
- الصيانة حسب الاستخدام (Usage-Based Maintenance): تُجرى الصيانة بعد عدد معين من العمليات أو المرات، أو ساعات التشغيل.



■ إجراءات الصيانة الوقائية لآلات التحكم الرقمي بالحاسوب:

الخطوات	الإجراءات
الفحص والتحقق (Inspection)	■ الفحص البصري الدوري (شهري أو ربع سنوي حسب توصيات الشركة المصنعة) لأجزاء الآلة المهمة، والأسلاك، والتوصيلات. ■ الفحص الدوري (سنوي أو حسب الحاجة) للوحات التحكم، وقواطع الدائرة الكهربائية، وأجهزة السلامة الميكانيكية والكهربائية الخاصة بالآلة. ■ التأكد من خلو المنطقة المحيطة بالآلة من أي عوائق أو مواد قد تعيق عملها.
الصيانة (Maintenance)	■ تنظيف مكونات آلة CNC بشكل منتظم من الغبار، والرايش (برادة المعادن)، ومخلفات التشغيل. ■ تشحيم وتزييت الأجزاء المتحركة، مثل المحاور الخطية (Linear Guides)، والمحاور الدوارة (Rotary Axes)، والمفازل (Spindles)، وأنظمة التوجيه (Guideways)، لضمان حركتها السلسة وتقليل التآكل. ■ استبدال الأجزاء التالفة أو المستهلكة مثل المرشحات (Filters)، وسوائل التبريد (Coolant)، والزيوت الهيدروليكية، وبعض الأختام (Seals)، وذلك وفقاً لتوصيات الشركة المصنعة وجدول الصيانة الدورية. ■ معايرة المحاور والأجزاء المتحركة بشكل دوري لضمان الدقة في التشغيل.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل تفصيلي ودقيق لجميع نتائج الفحص والتحقق الدوري الذي يتم إجراؤه. ■ توثيق جميع إجراءات الصيانة الوقائية المتخذة، بما في ذلك تاريخ الصيانة، واسم الفني الذي قام بها، والأجزاء التي تم استبدالها أو صيانتها، وأي ملحوظات مهمة تتعلق بحالة الآلة. ■ الاحتفاظ بأدلة التشغيل والصيانة الخاصة بالشركة المصنعة للرجوع إليها عند الحاجة.

الصيانة التنبؤية (Predictive Maintenance)

تُعرف الصيانة التنبؤية بأنها عمليات فحص وتحقق، وصيانة مجدولة للتنبؤ بالأعطال والمشكلات المحتملة وقوعها مستقبلاً في آلات CNC، وذلك باستخدام البيانات والتحليلات (Data and Analytics) المستنبطة من مراقبة حالة الآلة، وتهدف هذه الصيانة إلى التدخل قبل حدوث الأعطال، مما يقلل من وقت التوقف غير المخطط له، ويزيد من كفاءة التشغيل.

■ إجراءات الصيانة التنبؤية لآلات التحكم الرقمي بالحاسوب:

تعتمد الصيانة التنبؤية على المراقبة المستمرة لحالة مكونات الآلة، وتشمل الإجراءات الآتية:

الخطوات	الإجراءات
الفحص والتحقق (Inspection)	■ التصوير الحراري (Thermography): يتم استخدامه بشكل دوري (مثلاً ربع سنوي) للكشف عن أي ارتفاع غير طبيعي في درجات الحرارة في المكونات الكهربائية أو الميكانيكية بالآلة، الذي قد يُشير إلى تآكل أو احتكاك زائد.
	■ تحليل الاهتزازات (Vibration Analysis): مراقبة وتحليل اهتزازات المغازل (Spindles)، والمحركات (Motors)، والمكونات الدوارة الأخرى في الآلة؛ للكشف عن أي خلل في التوازن، أو تآكل في المحامل (Bearings)، أو مشاكل في التراصيف.
	■ تحليل الزيوت (Oil Analysis): أخذ عينات من الزيوت الهيدروليكية وزيوت التشحيم وسوائل التبريد وتحليلها بشكل دوري، ويساعد هذا التحليل في الكشف عن وجود جزيئات معدنية تشير إلى تآكل داخلي، أو تلوث بالماء، أو تدهور في خصائص الزيت.



الخطوات	الإجراءات
الصيانة (Maintenance)	■ تتم جدولة الصيانة في الأوقات المناسبة قبل وقوع العطل الفعلي، ويتم التدخل فقط عندما تشير البيانات المستقاة من أجهزة الاستشعار والمراقبة إلى تجاوز المؤشرات حدوداً معينة أو إلى وجود احتمال كبير لحدوث عطل وشيك. ■ يتم تنفيذ الإصلاحات أو الاستبدالات المستهدفة بناءً على تحليل البيانات لتصحيح المشكلة قبل أن تتفاقم.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل تفصيلي ودقيق لنتائج جميع عمليات الفحص والتحقق التي تتم باستخدام تقنيات المراقبة (مثل قراءات الاهتزاز، ونتائج تحليل الزيوت، وصور التصوير الحراري). ■ توثيق جميع إجراءات الصيانة المتخذة بناءً على بيانات التنبؤ، بما في ذلك تاريخ التدخل، والسبب الذي أدى إلى الصيانة (بناءً على البيانات)، والأجزاء التي تم إصلاحها أو استبدالها. ■ تحديث سجلات أداء الآلة وبياناتها باستمرار؛ لمتابعة الاتجاهات، وتحسين دقة التنبؤات المستقبلية.

الصيانة التصحيحية (Corrective Maintenance)

تُعرف الصيانة التصحيحية أيضًا بالصيانة العلاجية (Curative Maintenance) أو الإصلاحات التفاعلية (Reactive Servicing) الفورية، وهي مجموعة الإجراءات التي تُتخذ لمعالجة المشكلات والأعطال في آلات CNC بعد حدوثها، بهدف إعادة الآلة إلى حالتها التشغيلية الطبيعية، وتُنفذ هذه الصيانة فور حدوث عطل مفاجئ غير متوقع في آلة CNC، الذي يؤدي إلى توقف كامل أو جزئي للنظام أو خطر على السلامة، ومن أنواعها الآتي:



1. الصيانة التصحيحية المخططة

(Planned Corrective Maintenance):

هي الصيانة التي يتم التخطيط لها لمعالجة عطل في آلة CNC لم يتسبب في توقف فوري وكامل للإنتاج، أو التي يمكن تأجيل إصلاحها لبعض الوقت.

2. الصيانة التصحيحية الطارئة

(Emergency Corrective Maintenance):

تُنفذ فوراً عند حدوث عطل مفاجئ يؤدي إلى توقف الآلة أو النظام عن العمل، وتهدف إلى استعادة التشغيل بأسرع وقت ممكن لتقليل خسائر التوقف.

■ إجراءات الصيانة التصحيحية لآلات التحكم الرقمي بالحاسوب:

عند حدوث عطل في آلة CNC، تُتبع إجراءات الصيانة التصحيحية؛ لضمان إصلاح المشكلة بفاعلية ومنع تكرارها حسب الآتي:

الخطوات	الإجراءات
تشخيص وتحديد العطل (Failure Diagnosis and Identification)	■ تشخيص العطل بدقة من خلال الفحص الأولي للآلة، الذي قد يشمل الفحص البصري، والاستماع إلى الأصوات غير الطبيعية، أو ملاحظة أي روائح غريبة. ■ استخدام أجهزة القياس المتخصصة (مثل أجهزة الملتيميتر، وراسمات الذبذبات، وأدوات قياس الأبعاد) لتحديد موقع العطل ونوعه بدقة. ■ البحث عن السبب الجذري للمشكلة (Root Cause Analysis)؛ لتجنب تكرار العطل في المستقبل، وقد يتطلب ذلك مراجعة سجلات الصيانة السابقة، أو تحليل ظروف التشغيل.
عملية الإصلاح (Repair Process)	■ بعد تحديد العطل وسببه الجذري، يتم استبدال المكونات التالفة أو إصلاحها، ويمكن أن يشمل ذلك استبدال أجزاء ميكانيكية (مثل المحامل، والبراغي، والأحزمة)، أو مكونات كهربائية (مثل الأسلاك، والمكثفات، والمفاتيح)، أو أجزاء إلكترونية (مثل لوحات التحكم). ■ إجراء اختبارات ما بعد الإصلاح (Post-Repair Testing)؛ للتحقق من أن الآلة تعمل بشكل صحيح، وأن العطل قد تم إصلاحه تمامًا، وأن الأداء قد عاد إلى المستوى المطلوب، وقد تشمل هذه الاختبارات تشغيل الآلة على سرعات مختلفة أو تنفيذ عمليات معينة.
التوثيق (Documentation)	■ الاحتفاظ بسجل تفصيلي لجميع الإجراءات التصحيحية المتخذة، بما في ذلك تاريخ العطل، ووصفه الدقيق، وكيف تم تشخيصه. ■ توثيق الأسباب الجذرية للعطل، والأجزاء التي تم استبدالها أو إصلاحها، والتكاليف المرتبطة بالإصلاح. ■ تسجيل أي ملحوظات مهمة أو توصيات لتحسين الصيانة المستقبلية، أو تعديل إجراءات التشغيل؛ لمنع تكرار العطل، ويساعد هذا التوثيق في بناء قاعدة بيانات للمعرفة الفنية، وتحسين خطط الصيانة.

عوامل اختيار نوع الصيانة لآلات CNC

يعتمد اختيار نوع الصيانة لآلات CNC على عدة عوامل منها الآتي:

- أهمية الآلة: الآلة التي يؤدي توقفها إلى خسائر إنتاجية كبيرة يجب صيانتها صيانة تنبؤية أو وقائية.
- تكلفة المكونات: المكونات باهظة الثمن أو التي تتطلب وقتاً طويلاً للاستبدال يجب صيانتها صيانة تنبؤية.
- عمر الآلة: الآلات الأقدم قد تتطلب صيانة وقائية أكثر تكراراً، بينما الآلات الجديدة يُفضل صيانتها صيانة تنبؤية.

■ جدول الصيانة المقترح لآلة التفريز بالتحكم الرقمي بالحاسوب في مؤسسة صناعية:

المكون/النظام	نوع الصيانة	تكرار الصيانة	المهام المطلوبة	المدة التقديرية (الدقائق)	الفني المسؤول	ملحوظات
1 نظام التشحيم	وقائية (روتينية)	يومي / قبل التشغيل	فحص مستوى زيت التشحيم، والتأكد من عمل مضخة التشحيم.	10 دقائق	مشغل الآلة	تعبئة الزيت حسب الحاجة.
2 المغزل (Spindle)	وقائية (دورية)	أسبوعي	فحص اهتزاز المغزل، ودرجة حرارته.	10 دقائق	فني صيانة	إبلاغ مشرف الصيانة في حال وجود اهتزاز غير طبيعي.
3 نظام التبريد	وقائية (روتينية)	أسبوعي	فحص مستوى سائل التبريد، وتنظيف مرشحات السائل.	10 دقائق	مشغل الآلة	تعبئة السائل حسب الحاجة، والتأكد من عدم وجود تسرب.
4 المحاور (Axes)	وقائية (دورية)	شهري	تشحيم محاور الحركة (X, Y, Z)، وفحص الخلوص (Backlash).	10 دقائق	فني صيانة	استخدام الشحم الموصى به من الشركة المصنعة.
5 نظام التحكم (CNC Controller)	وقائية (دورية)	ربع سنوي (كل 3 أشهر)	فحص توصيلات الكابلات، وتنظيف لوحات التحكم من الغبار.	10 دقائق	فني كهرباء / إلكترونيات	التأكد من سلامة توصيلات الطاقة.

■ تصميم خطة الصيانة الوقائية للمعدات:

المكون/ النظام	مهمة الصيانة المطلوبة	تكرار الصيانة	المسؤول عن التنفيذ	الأدوات/ المواد اللازمة	تاريخ آخر صيانة	تاريخ الصيانة القادمة المخطط لها	تاريخ الصيانة الفعالية	حالة المهمة (تم/ لم يتم/ ملحوظات)	توقيع المنفذ
1 نظام الحركة (المحاور)	فحص وتزيت المحامل الرئيسية.	شهري	فني صيانة.	زيت تشحيم خاص (ISO VG 68).	25/05/ 2025	25/07/ 2025	25/06/ 2025	تم بنجاح	



أسئلة الوحدة

- 1 وضع أهمية التصميم الميكانيكي.
- 2 ما الفرق بين التصميم الثابت والتصميم الديناميكي؟
- 3 ما أهمية الرسومات الهندسية في عملية التصميم الميكانيكي؟
- 4 ما المقصود بهامش الخطأ المسموح في الرسومات الهندسية؟ وكيف يؤثر على التصنيع؟
- 5 كيف يمكن اختيار مادة مناسبة لتصميم معين بناءً على خواصها الميكانيكية؟
- 6 ما أبرز المزايا التي تقدمها أنظمة التصميم والتصنيع بمساعدة الحاسوب (CAD/CAM) مقارنة بالطرق التقليدية في عمليات التصميم والإنتاج؟
- 7 قارن بين مميزات وعيوب أنظمة CAM و CAD من حيث الدقة، والكفاءة، والتكلفة.
- 8 كيف تُسهم أنظمة CNC في تحسين جودة الإنتاج الصناعي؟
- 9 ناقش العلاقة بين الصيانة التنبؤية والصيانة الوقائية في إدارة صيانة آلات CNC، موضحاً كيف يمكن لكل منهما أن يكمل الآخر أو يتفوق عليه في مواقف تشغيلية مختلفة؟
- 10 عدد إجراءات السلامة التي يجب اتباعها لتغيير أدوات آلات CNC؟

الوحدة الرابعة

مناولة المواد

Material Handling



محتويات الوحدة الرابعة

الدرس الأول

مبادئ المناولة اليدوية

144..... (Material Handling Principles)

الدرس الثاني

كفاءة واستدامة مناولة المواد

148..... (Material Handling Efficiency and Sustainability)

الدرس الثالث

معدّات مناولة المواد والتخزين

153..... (Material Handling and Storage Equipment)

الدرس الرابع

الأنظمة المتقدمة في مناولة المواد والتخزين

158..... (Advanced Material Handling & Storage Systems)

الدرس الخامس

إجراءات السلامة عند مناولة المواد

167..... (Material Handling Safety Procedures)

171..... أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتّبع قواعد وإجراءات السلامة المهنية المعتمدة عند التعامل مع المواد.
- يوضح الطرق الفعالة لنقل المواد وتخزينها وإدارتها في مختلف الصناعات.
- يشرح الأساليب والمعدّات المناسبة لمهام مناولة المواد بناءً على معايير محددة.
- يقترح حلولاً عملية ومبتكرة للتحديات المتعلقة بمناولة المواد.
- يميز المخاطر المحتملة في بيئة العمل أثناء مناولة المواد.
- يلتزم بطرق الاستجابة في حالات الطوارئ المتعلقة بمناولة المواد للحفاظ على السلامة.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى إكساب الطلبة المفاهيم والمعارف المتعلقة بالتعامل الفعال مع المواد في المجالات الصناعية المختلفة، وتمكينهم من فهم الأساليب والمعدّات المثلى لمناولة المواد، وتدريبهم على اتخاذ القرارات الذكية في هذا الشأن، كما تُركّز الوحدة على تعزيز مهاراتهم في تحديد المخاطر، وتطبيق قواعد السلامة، والاستجابة لحالات الطوارئ؛ مما يضمن بيئة عمل آمنة ومنتجة.

مبادئ المناولة اليدوية

(Material Handling Principles)

تُعد المناولة اليدوية للمواد عنصراً أساسياً في مختلف بيئات العمل، ويُسهّم التعامل الآمن والفعال مع المواد في حماية الأفراد، والحفاظ على المعدات، والحد من الآثار البيئية السلبية، كما تؤدي ممارسات المناولة السليمة إلى تحسين سير العمليات، وزيادة الإنتاجية، وخفض التكاليف، وتقليل معدلات الإصابات في مواقع العمل.

أسس التعامل مع الحمولة (Load Handling Basics)

عند التعامل مع أنواع الحمولات، وبأحجامها المختلفة، يجب اتباع مجموعة من الأسس والمبادئ لضمان سير عملية الرفع وفق الخطة الموضوعية لها، ومن هذه المبادئ الآتي:



■ التخطيط (Planning):

يجب إجراء جميع عمليات مناولة الحمولة وفق خطة رفع واضحة، تشمل تحديد أهداف العملية ومواصفاتها الوظيفية.

■ التوحيد القياسي (Standardization):

يجب توحيد جميع الأساليب، والمعدات، والضوابط، والبرمجيات المستخدمة لتحقيق أهداف العملية، إلى جانب مراعاة المرونة، والنمطية (Modularity)، ومعدل الإنتاج (Throughput).

■ الإرجونوميكس (Ergonomic):

عند القيام بعمليات الرفع والتنزيل يجب مراعاة القدرات البشرية لتقليل الإجهاد النفسي والجسدي.

■ توحيد الحمولة (Unit Load):

هي تجميع الأحمال المراد نقلها، أو مناولتها كوحدة واحدة معا؛ بهدف تسهيل عملية النقل، وتحقيق الأهداف المطلوبة خلالها.

■ استغلال المساحات (Space Utilization):

يتطلب هذا المبدأ استغلال المساحات المتاحة في مواقع العمل، واستخدامها بكفاءة وفعالية.

النمطية (Modularity)
هي بناء التصاميم، وخطط العمليات من وحدات منفصلة، ومستقلة يسهل تركيبها، وتعديلها، واستبدالها متى ما تطلب الأمر.

معدل الإنتاج (Throughput)
كمية المواد أو العمليات التي تُعالج خلال فترة زمنية محددة.

الإرجونوميكس (Ergonomic)
علم يهتم بدراسة العلاقة بين الإنسان والمعدات أو الأنظمة لإيجاد بيئات عمل مريحة وآمنة للعمال.

■ تسلسل النظام (System Flow):

التأكد من انسيابية النظام في تتابع العمليات الآتية لتكوين نظام تشغيلي متسلسل كالآتي:

- الاستلام (Receiving) .
- تقسيم الحمولة إلى وحدات (Unitizing) .
- التخزين (Storage) .
- اختيار الطلب (Order Selection) .
- الإنتاج (Production) .
- الشحن (Shipping) .
- التجميع (Assembly) .
- النقل (Transportation) .
- التعبئة والتغليف (Packaging) .
- التعامل مع المرتجعات (Handling of Returns) .

■ التشغيل الآلي (Automation):

يجب أن تكون جميع عمليات مناولة المواد آلية (Mechanized/Automated) لتحسين الكفاءة التشغيلية، وزيادة الاستجابة، وتحسين اتساق العمليات، والقدرة على التنبؤ بالمخاطر، وخفض التكاليف التشغيلية، وتقليل الاعتماد على العمل اليدوي.

الاعتبارات المريحة في المناولة اليدوية (Ergonomic Considerations)

تُعد الاعتبارات المريحة (Ergonomics) أساس المناولة اليدوية الآمنة؛ فهي تركز على تصميم بيئة العمل والمهام لتتناسب مع القدرات والإمكانات البشرية، مما يقلل من مخاطر الإصابات ويعزز الكفاءة والراحة، وتشمل الآتي:

1. تقنيات الرفع والتعامل الآمن

:(Safe Lifting & Handling Techniques)

تهدف هذه التقنيات إلى حماية الجهاز العضلي الهيكلي للعاملين، خاصة الظهر والعمود الفقري، وتقليل مخاطر الإصابات العضلية الهيكلية (Musculoskeletal Disorders) (MSDs)، وهي كما يأتي:

- الوقفة الصحيحة (القاعدة الأساسية) (Proper Stance):
الوقوف بقدمين متباعدتين بعرض الكتفين، مع ثني الركبتين (كما في وضعية القرفصاء)، والحفاظ على استقامة الظهر قدر الإمكان.
- الاقتراب من الحمولة (Keep Close to the Body):
إبقاء الحمل قريباً من الجسم قدر الإمكان؛ لتقليل الضغط على العمود الفقري.

■ الرفع بالساقين (Lift with Legs):

استخدام عضلات الساقين القوية لرفع الحمل، وليس عضلات الظهر الضعيفة.

■ تجنب اللف والدوران (Avoid Twisting):

تجنب لف الجذع أثناء الرفع؛ بدلاً من ذلك، يمكن تحريك القدمين وتغيير اتجاه الجسم بالكامل.

■ الرفع الجماعي والتواصل (Team Lifting & Communication):

عند الرفع الجماعي يجب التنسيق والتواصل الواضح بين الأفراد لضمان الرفع المتزامن والمتوازن.



وضعية الرفع الصحيح

2. تصميم محطات العمل والمعدات المساعدة

:(Workstation Design & Assistive Equipment)

تصميم بيئة العمل والمعدات بطريقة تقلل من الإجهاد الجسدي، وتزيد من الراحة والكفاءة، ومن أهم الإرشادات في ذلك ما يأتي:

■ ارتفاعات العمل المناسبة (Appropriate Working Heights):

ضبط ارتفاعات أسطح العمل بحيث تكون مريحة للعاملين، وتقلل من الحاجة إلى الانحناء المفرط أو الرفع فوق مستوى الكتفين.

■ **معدات الرفع الميكانيكية (Mechanical Lifting Equipment):**

استخدام الرافعات (Cranes)، والرافعات الشوكية (Forklifts)، والمنصات الهيدروليكية (Hydraulic Platforms)، وعربات النقل المجهزة؛ لتقليل الحاجة للرفع اليدوي للأحمال الثقيلة أو الكبيرة.

■ **الأدوات المساعدة (Assistive Tools):**

توفير أدوات، مثل مقابض الحمل، أو أدوات الشفط، أو أدوات التثبيت؛ لتسهيل الإمساك بالأحمال ذات الأشكال الغريبة أو الزلقة، وتقليل قوة القبضة المطلوبة.

■ **التحكم في العوامل البيئية (Environmental Control):**

التحكم في الاهتزازات (Vibrations)، والضوضاء (Noise)، ودرجة الحرارة (Temperature)؛ لتقليل الإجهاد البدني والنفسي.

3. **إدارة التعب والإجهاد (Fatigue Management):**

تطبيق ممارسات لتقليل التعب الجسدي والعضلي الناجم عن المناولة اليدوية المتكررة أو الشاقة، كالاتي:

■ **فترات الراحة (Rest Breaks):**

جدولة فترات راحة منتظمة وكافية؛ لإتاحة الفرصة للعضلات للتعافي.

■ **تناوب المهام (Task Rotation):**

تبادل المهام التي تتطلب جهداً بدنياً كبيراً بمهام أقل إجهاداً؛ لتقليل الإجهاد على مجموعات عضلية معينة.

■ **التوعية بأهمية اللياقة البدنية (Physical Fitness Awareness):**

تشجيع العاملين على ممارسة النشاط البدني والحفاظ على لياقتهم؛ لزيادة قدرتهم على التحمل.

كفاءة واستدامة مناولة المواد

(Material Handling Efficiency and Sustainability)

تُعد الكفاءة والإنتاجية في المناولة اليدوية للمواد من العوامل الجوهرية التي تؤثر بشكل مباشر في نجاح العمليات الصناعية واللوجستية، ومن خلال اعتماد استراتيجيات مدروسة وفعالة، تتمكن المؤسسات من تقليل التكاليف التشغيلية، وزيادة الإنتاجية، وتحسين بيئة العمل بشكل عام.

إستراتيجيات كفاءة واستدامة مناولة المواد

هناك عدد من الإستراتيجيات المتبعة لضمان الكفاءة والاستدامة في مناولة المواد، ومن أبرزها ما يأتي:

1. تحسين تدفق العمل (Workflow Optimization):

تصميم مسارات العمل وتدفق المواد ليكون سلساً ومباشراً قدر الإمكان، ومن النقاط الأساسية في ذلك ما يأتي:

■ تحليل مسار المواد (Material Flow Analysis):

تتبع حركة المواد من نقطة الاستلام إلى نقطة الاستخدام النهائي؛ لتحديد وإزالة أي اختناقات (Bottlenecks) أو خطوات غير ضرورية.

■ التخطيط الفعال للمخازن (Effective Warehouse Layout):

ترتيب المواد في المستودعات بطريقة تقلل من المسافة المقطوعة والوقت المستغرق للوصول إليها أو وضعها.

■ نظام التخزين الأمثل (Optimized Storage System):

استخدام أنظمة تخزين تسمح بالوصول السريع للمواد المطلوبة، دون الحاجة لإعادة ترتيب المخزون بشكل مستمر.



التخطيط الآمن والمنظم



التخزين الخاطئ والصحيح للمواد

2. أتمتة العمليات (Automation):

الاستفادة من التكنولوجيا؛ لتقليل الاعتماد على المناولة اليدوية البحتة، وزيادة الدقة والسرعة وتقليل المخاطر، باستخدام الآتي:

■ **معدات النقل الآلي (Automated Conveyance Equipment):**

استخدام الناقلات (Conveyors)، والروبوتات (Robots)، والمركبات ذاتية التوجيه (Automated Guided Vehicles (AGVs)) لنقل المواد بكميات كبيرة أو على مسافات طويلة.

3. تقليل الفاقد والتكاليف (Waste & Cost Reduction):

تطبيق ممارسات تقلل من الهدر الناتج عن المناولة غير الفعالة، من خلال الآتي:

■ **تقليل التلف (Damage Reduction):**

يُسهم التعامل السليم مع المواد أثناء النقل والتخزين في الحد من التلف، مما يقلل من الحاجة إلى الاستبدال ويوفر التكاليف.

■ **استغلال المساحة (Space Utilization):**

يقلل التخزين الفعال الحاجة إلى مساحات تخزين إضافية؛ مما يوفر تكاليف الإيجار أو البناء.

■ **تحسين الوقت (Time Optimization):**

تقلل المناولة الفعالة من وقت الانتظار، وتزيد من سرعة العمليات الكلية.

4. التدريب والتأهيل (Training & Qualification):

تأهيل العاملين لضمان تنفيذ العمليات بكفاءة عالية، من خلال الآتي:

■ **البرامج التدريبية المتخصصة (Specialized Training Programs):**

تقديم التدريب المكثف حول أفضل الطرق والممارسات لمناولة المواد.

■ **الوعي بالكفاءة (Efficiency Awareness):**

غرس ثقافة الوعي بأهمية الكفاءة في كل خطوة من خطوات المناولة.

5. التحسين المستمر (Continuous Improvement):

تبني ثقافة التحسين المستمر لعمليات المناولة، وتشجيع الموظفين على تقديم الملاحظات والاقتراحات لتحسين العمليات، وتحليل سير العمل بانتظام لتحديد الاختناقات وتطبيق التغييرات.

الممارسات المستدامة في المناولة اليدوية للمواد



مع تزايد الاهتمام بالاستدامة والمسؤولية البيئية، أصبح تطبيق الممارسات الصديقة للبيئة في مناولة المواد أمراً مُلحاً، ليس للحد من الأثر البيئي فحسب، بل لتحسين الكفاءة التشغيلية، وخفض التكاليف على المدى الطويل، ومن تلك الممارسات ما يأتي:

1. تقليل استهلاك الطاقة

(Energy Consumption Reduction):

التركيز على استخدام معدّات وتقنيات تقلل من البصمة الكربونية (Carbon Footprint)، وذلك من خلال الآتي:

- استخدام المعدّات الموفرة للطاقة (Energy-Efficient Equipment): استخدام وسائل النقل والمعدّات التي تعمل بالطاقة الكهربائية أو بالوقود النظيف، مثل الرافعات الشوكية الكهربائية.
- تحسين المسارات (Optimizing Routes): التخطيط الفعال للمسارات يقلل من وقت تشغيل المعدّات، ويقلل تبعاً لذلك من استهلاك الطاقة.
- الإضاءة الطبيعية وأنظمة الإضاءة الذكية (Natural & Smart Lighting): استخدام الإضاءة الطبيعية في المستودعات، والاستفادة من أنظمة الإضاءة القائمة على الاستشعار لتقليل استهلاك الكهرباء.

2. استخدام المواد القابلة لإعادة التدوير

والحد من النفايات

(Recyclable Materials & Waste)

(Reduction):

تبني نهج يقلل من النفايات، ويدعم الاقتصاد الدائري (Circular Economy)، كالآتي:



الاقتصاد الدائري (Circular Economy)

هو نظام اقتصادي يهدف إلى تقليل الهدر والاستخدام المفرط للموارد، من خلال إعادة الاستخدام، والتدوير، والإصلاح، وتحويل النفايات إلى موارد جديدة، ويركز هذا النموذج على تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية عبر إطالة عمر المنتجات وتقليل الاعتماد على الموارد غير المتجددة.

- **مواد التعبئة والتغليف (Packaging Materials):**
اختيار مواد التغليف القابلة لإعادة الاستخدام أو القابلة للتحلل بيولوجياً (Biodegradable)، مثل الصناديق البلاستيكية القابلة للطي، أو الألواح الخشبية المعالجة حرارياً.
- **إعادة تدوير المخلفات الصناعية (Industrial Waste Recycling):**
تطوير برامج لإدارة النفايات تُركّز على فصل وإعادة تدوير المواد بدلاً من التخلص منها في مدافن النفايات (Landfills)، مثل الزيوت المستعملة، والمعادن، والبلاستيك، والورق.
- **تقليل الهدر (Waste Minimization):**
يؤدي تقليل تلف المواد أثناء المناولة إلى تقليل النفايات الناتجة عن المنتجات التالفة.

3. تطوير المستودعات لتصبح صديقة للبيئة

(Developing Eco-Friendly Warehouses):

تبني ممارسات تصميم المستودعات وتشغيلها بصورة تقلل من التأثير البيئي، مثل الآتي:

- **العزل الحراري (Thermal Insulation):**
استخدام العزل الحراري الجيد، والأبواب المحكمة في المستودعات؛ لتقليل فقدان الطاقة، وتحسين كفاءة أنظمة التدفئة والتبريد.
- **حصاد مياه الأمطار (Rainwater Harvesting):**
تجميع مياه الأمطار واستخدامها في أغراض غير الشرب (مثل الري أو التنظيف)؛ لتقليل استهلاك المياه.
- **الطاقة المتجددة (Renewable Energy):**
تركيب ألواح الطاقة الشمسية، أو استخدام مصادر طاقة متجددة أخرى؛ لتشغيل جزء من عمليات المستودع.

4. استخدام أنظمة الإدارة الذكية (Smart Management Systems):

الاستفادة من التكنولوجيا لتحسين كفاءة الموارد، وتقليل الأثر البيئي، وذلك من حيث الآتي:

- **أنظمة إدارة المخزون (Inventory Management Systems (IMS):**
تساعد في تقليل الفاقد وتحسين الكفاءة؛ من خلال تتبع وتحليل بيانات المخزون بشكل دقيق.

- تحسين مسارات النقل (Optimizing Transportation Routes): استخدام برمجيات لتحسين مسارات المركبات، وتقليل استهلاك الوقود والانبعاثات.

5. التوعية والتدريب على الاستدامة

(Sustainability Awareness & Training):

نشر ثقافة الاستدامة بين العاملين؛ لضمان تطبيق أفضل الممارسات البيئية، من خلال الآتي:

- البرامج التدريبية (Training Programs): تقديم التدريب للعاملين حول أهمية الممارسات المستدامة، وكيفية تطبيقها في مهام المناولة اليدوية.
- تحفيز الابتكار (Fostering Innovation): تشجيع الموظفين على تقديم أفكار لتحسين الممارسات المستدامة في عمليات المناولة.

معدات مناولة المواد والتخزين

(Material Handling and Storage Equipment)

تمثل معدات المناولة والتخزين عنصراً أساسياً في كفاءة العمليات اللوجستية داخل المستودعات، وتتعدد أنواع هذه المعدات، وبالتالي تختلف طريقة توظيفها ضمن أنظمة التخزين، حيث تُساهم هذه المعدات في رفع كفاءة الأداء التشغيلي، وتعزيز بيئة العمل الآمنة، وضمان التدفق السلس للمواد من نقطة الاستلام حتى الشحن.

معدات المناولة اليدوية (Manual Handling Devices)

تتنوع معدات المناولة اليدوية المستخدمة في مواقع العمل لتناسب مع نوع عملية المناولة المطلوبة، ومن أهم هذه المعدات الآتي:

■ جهاز الرفع الهوائي/الرافعة الهوائية (Air Casters)

يُستخدم جهاز الرفع الهوائي (Air Caster) لرفع الحمولة أو نقلها من موضع إلى آخر عن طريق دفع الهواء المضغوط بداخلها إلى الأسفل، مما يكوّن طبقة رقيقة من الهواء بين الحمولة، وسطح موقع العمل، حيث تسمح هذه الطبقة بتحريك الجهاز بسلاسة عبر الأسطح المستوية غير المسامية (Non-Porous Surfaces).

■ مزايا وعيوب الرافعة الهوائية:



جهاز الرفع الهوائي

المزايا	العيوب
■ نقل الأحمال الثقيلة جداً التي لا تتناسب مع أنظمة الرفع الأخرى.	■ تعتمد بشكل كبير على حالة الأرضية في مواقع العمل.
■ غير مكلفة.	■ صعوبة توفير مصادر هواء مضغوط (Hoses) في كل الأماكن من شأنه أن يعيق حرية حركة الأحمال.
■ سهولة ومرونة استخدامها.	
■ إمكانية تغيير مسار حركتها.	
■ دورانها ضمن نطاق المساحة المخصصة لها.	

■ أنظمة النقل الميكانيكية (Conveyors)

تُعد أنظمة النقل الميكانيكية من التقنيات الميكانيكية لمناولة المواد عن طريق السحب، وتحتوي على عدة مكونات تعمل معاً لنقل المواد لمسار معين، وتشمل السلاسل (Chains)، والأحزمة الناقلة (Flights)، والخزانات (Troughs) وهي النظام المغلق، أو المسار الذي يحتوي على الألواح، أو السلاسل، ويضمن استمرارية حركة الحمولة بانتظام. وتتميز هذه الأنظمة بقدرتها على مناولة الأحمال الثقيلة بمرونة عالية في البيئات القاسية.



أنظمة النقل الميكانيكية

■ تطبيقات أنظمة النقل الميكانيكية:

تستخدم أنظمة النقل الميكانيكية في العديد من الصناعات والتطبيقات أهمها:

■ التعدين (Mining and Aggregates):

تعمل أنظمة النقل الميكانيكية على نقل مختلف المواد كالفحم بكفاءة أثناء عمليات التعدين.

■ الزراعة (Agriculture):

تعمل هذه الأنظمة على نقل الحبوب، والأعلاف، والمنتجات الزراعية الأخرى خلال مراحل الإنتاج المختلفة.

■ إدارة النفايات وإعادة التدوير

(Waste Management and Recycling):

تؤدي أنظمة النقل الميكانيكية دوراً مهماً في مجال إدارة النفايات، حيث تُسهل عملية نقل المواد القابلة لإعادة التدوير، والنفايات الصلبة، والنفايات الصناعية.

■ صيانة أنظمة النقل الميكانيكية:

تُعد الصيانة (Maintenance) عملية ضرورية لضمان طول العمر التشغيلي لأنظمة النقل الميكانيكية وموثوقيتها، والحد من الأعطال غير المتوقعة، وتقليل مدة التوقف عن العمل (Downtime)، ومن الإجراءات الرئيسية المتعلقة بصيانة أنظمة النقل الميكانيكية الآتي:

■ شد السلسلة (Chain Tensioning):

التحقق بانتظام من شد السلسلة وضبطها لضمان فاعلية أداء الناقلة، ومنع التآكل المفرط.

■ التشحيم (Lubrication):

تشحيم السلاسل، والمحامل (Bearings)، والمكونات المتحركة الأخرى لتقليل الاحتكاك، وضمان طول العمر التشغيلي للناقلة.

■ معاينة المكونات (Component Inspection):

المعاينة المنتظمة للأحزمة الناقلة (Flights)، والعجلات المسننة (Sprockets)، وغيرها من المكونات لتحديد علامات التآكل (Wear)، أو التلف، أو عدم المحاذاة (Misalignment).

■ الرافعة ذات المنصة (Pallet Jacks)

تُعد الرافعة ذات المنصة أحد أنواع معدّات مناولة المواد التي بإمكانها رفع منصة تحميل الحمولة إلى مستوى عالٍ، ولمسافات قصيرة، وتتميز بعض أنواعها بآلية رفع مقصية (Scissor Lift Mechanism).



المنصة (Pallet)

هي قاعدة مسطحة من الخشب، أو البلاستيك، أو المعدن، وتكون بقياسات مختلفة، تستخدم لوضع الحمولة عليها أثناء نقلها.

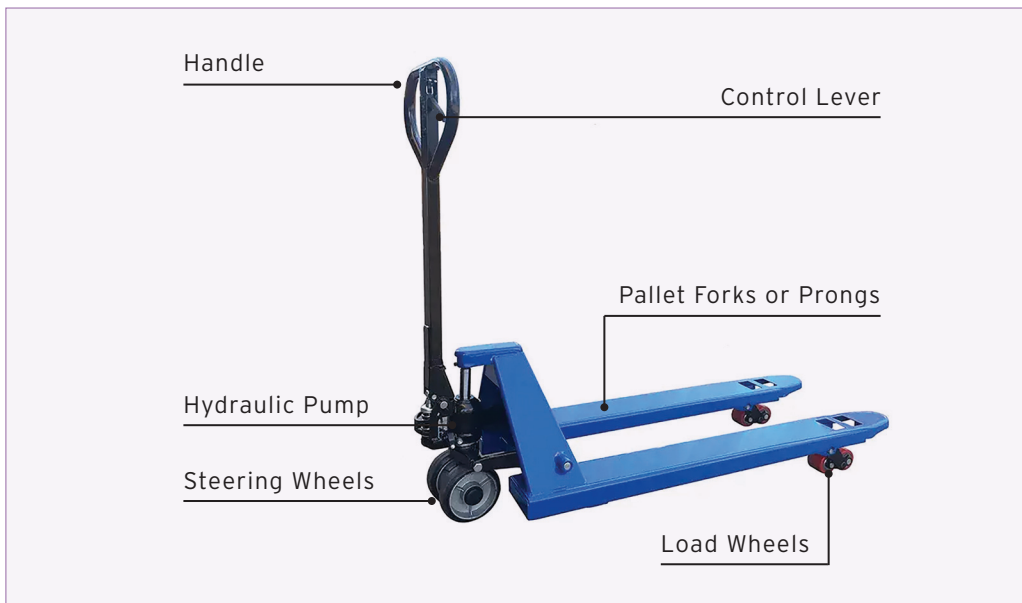
■ مكونات الرافعة ذات المنصة

■ الشوك (Forks):

شوكتان طويلتان صممتا بصورة تتناسب مع المنصة أو لوح التحميل (Pallet).

■ المقبض (Handle):

يستخدم المقبض لتوجيه الشوك ورفعها.



مكونات الرافعة ذات المنصة

■ ذراع التحكم (Control Lever):

عبارة عن قضيب صغير موجود على مقبض هذه الرافعة ويمكن تحريكه إلى الأمام أو الخلف.

■ عجلات التوجيه (Steering Wheels):

هما عجلتان كبيرتان في أسفل العمود لتوجيه الرافعة.

■ عجلات التحميل (Load Wheels):

توجد عجلات التحميل أسفل الشوك، وتساعد على تحريك الرافعة.

■ عربات الرفع (Carts)

العربات هي أحد الطرق الأساسية المستخدمة لتسهيل المناولة اليدوية للحمولة، ويوجد أنواع متعددة منها، ويعتمد اختيار العربة على نوع المادة المطلوب تحميلها، والموقع المنقول منه، وإليه. وعند اختيار العربة يراعى الآتي:

- مدى مناسبة ارتفاع العربة لتقليل انحناء الأفراد، وتسهيل الوصول إلى المواد المراد نقلها.
- قابلية العربة للدفع والتوجيه بسلاسة.
- مقبض العربة على ارتفاع يتناسب مع مستوى اليد.



عربة ذات ارتفاع ثابت



عربة ذات ارتفاع قابل للتعديل

■ أنواع عربات الرفع

■ العربات ذات الارتفاع الثابت

(Fixed-height Cart):

هي بسيطة، وغير مكلفة، وتؤدي الغرض المنشود بفاعلية.

■ العربات ذات الارتفاع القابل للتعديل

(Adjustable-height Cart):

عادة ما تحتوي هذه العربات على آلية رفع مقصية مع مضخة يدوية مثبتة في المقبض لتعديل ارتفاع المنصة.

■ منصّات التحميل المنزلقّة (Dollies)

هي منصّة مصنوعة من المعدن، أو الخشب، أو البلاستيك، مزودة بعجلتين أو 4 عجلات في بعض الأنواع لتسهيل حركتها، وتثبيتها على الأرض، وتستخدم عادة لنقل المواد الثقيلة والكبيرة، مثل: الأثاث، أو مواد البناء، أو حاويات الشحن، أو المعدات الثقيلة، دون الحاجة إلى قوى عاملة كبيرة، ويعتمد اختيار نوع المنصّة على حجم الحمولة ونوعها، ومسار المنصّة والأسطح التي ستُنقل منها وإليها.



منصّات التحميل المنزلقّة

الأنظمة المتقدمة في مناولة المواد والتخزين

(Advanced Material Handling & Storage Systems)

في ظل التطور السريع في تقنيات سلاسل الإمداد، أصبح الاعتماد على الأنظمة المتقدمة في مناولة المواد ضرورة لتحقيق الكفاءة التشغيلية والمرونة في إدارة المستودعات، لذا تُستخدم لهذا الغرض أحدث المعدات شبه الآلية والآلية، وأنظمة المناولة المتكاملة، والتقنيات الداعمة لعمليات التخزين الحديثة وتصاميم المستودعات التي تعزز من استخدام المساحات وتدعم الاستدامة والتوسع المستقبلي.

المعدات شبه الآلية لمناولة المواد (Semi-Automated Material Handling Equipment)

هي معدات تعمل بمحرك (كهربائي، أو وقود، إلخ)، وتتطلب مشغلاً بشرياً للتحكم والتوجيه، وتهدف إلى تحسين الكفاءة، وتقليل الجهد البشري، وتقليل مخاطر الحوادث مقارنة بالمناولة اليدوية البحتة، ومنها ما يأتي:

- الرافعات الشوكية (Forklifts).
- الرافعات الكهربائية ذات المنصة (Electric Pallet Jacks).
- رافعات المنصات (Pallet Stackers):

تُستخدم لرفع المنصات وتخزينها على ارتفاعات مختلفة، وهي مناسبة للعمل داخل الممرات الضيقة التي لا تسمح بمرور الرافعات الشوكية الأكبر حجمًا.



رافعة شوكية



مكدسات المنصات

■ آلات انتقاء الطلبات (Order Pickers):

مصممة لرفع المشغل إلى مستويات الأرفف العالية؛ لجمع المنتجات الفردية أو الصناديق مباشرة من مناطق التخزين المرتفعة.

■ الرافعات المتنقلة (Mobile Cranes):

تُستخدم لتحميل وتفريغ ونقل المنتجات الثقيلة جداً أو كبيرة الحجم في مناطق محددة من المستودع أو خارجه.

المعدات الآلية لمناولة المواد (Automated Material Handling Equipment)



الناقلات

تمثل أحدث الابتكارات في أنظمة إدارة المستودعات، وتستخدم التكنولوجيا المتقدمة لتقليل أو إلغاء التدخل البشري المباشر في عملية المناولة، وتهدف إلى زيادة السرعة، والكفاءة، والدقة، وتقليل الأخطاء البشرية، مع تعزيز سلامة العمال، وتشمل هذه المعدات الآتي:

■ الناقلات (Conveyors):

أنظمة آلية تنقل البضائع باستمرار عبر المنشأة باستخدام البكرات، أو السيور أو السلاسل.



الرافعات الآلية/الجسور العلوية

■ الرافعات الآلية/الجسور العلوية

(Automated Cranes/Overhead Cranes):

تُستخدم في المستودعات لرفع ونقل وتفريغ المنتجات الثقيلة أو الضخمة جداً على مساحات واسعة وبحكم دقيق.

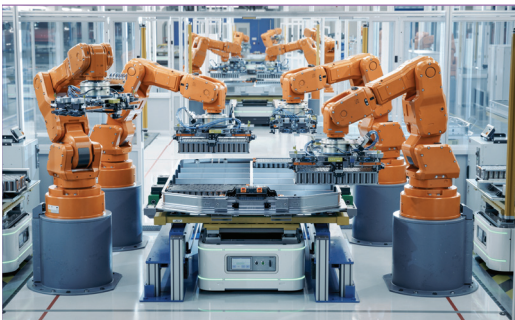
■ المركبات ذاتية التوجيه

(Automated Guided Vehicles (AGVs))

هي روبوتات آلية تنقل البضائع بين النقاط المحددة دون الحاجة لسائق، وذلك يضمن سرعة تدفق المواد الثقيلة.

■ الروبوتات الصناعية (Industrial Robots):

تُستخدم لأتمتة المهام المتكررة والمكثفة في الإنتاج والمناولة، مثل: انتقاء البضائع، ووضعها، وفرزها، وتنظيم المنصات على مستويات مختلفة، خاصة في خطوط التجميع المتحركة.



الروبوتات الصناعية

النظام المتكامل لمناولة المواد (Integrated Material Handling System)

هو نظام يربط بين المعدات والبرمجيات مثل نظام إدارة المستودعات (Warehouse Management System (WMS)). ويُستخدم لدعم أنشطة الاستلام، والمعالجة، والتخزين، والانتقاء، والشحن بسلسلة عبر المنشأة، بهدف تحقيق أقصى قدر من الكفاءة والدقة.

■ مقارنة بين طرق مناولة المواد يدوياً وآلياً

جوانب المقارنة	مناولة المواد اليدوية (Manual Materials Handling)	مناولة المواد الآلية (Automated Materials Handling)
السرعة والكفاءة	■ أقل سرعة في المناولة. ■ تعتمد على قدرات العامل البدنية.	■ أعلى سرعة في المناولة. ■ أكثر كفاءة في التعامل مع الأحمال الكبيرة.
الجهد البدني	■ تتطلب مجهوداً بدنياً كبيراً من العاملين. ■ خطر الإصابات الناتجة عن الرفع والحمل الزائد.	■ تقليل الجهد البدني المطلوب من العاملين. ■ تقليل مخاطر الإصابات الناتجة عن الجهد البدني.
دقة التعامل	■ أكثر مرونة في التعامل مع الأحجام والأشكال المختلفة. ■ تعتمد على مهارات العاملين.	■ أكثر دقة في التعامل مع الأحجام والأشكال المحددة. ■ تعتمد على برمجة الأنظمة الآلية.
التكلفة	■ أقل تكلفة في التطبيق والصيانة.	■ أعلى تكلفة في التطبيق والصيانة.
السلامة والأمان	■ مخاطر الإصابات الناتجة عن الجهد البدني أعلى. ■ تتطلب تدريب العاملين على الممارسات الآمنة.	■ مخاطر الإصابات البدنية أقل. ■ تتطلب صيانة وتدريباً مستمرين على التشغيل الآمن.

تقنيات التخزين المناسبة في مناولة المواد

يُعرف مستودع مناولة المواد بأنه مبنى مُخصص لتخزين المواد لأغراض تجارية، وتُعد إدارة المستودع مهمة معقدة؛ حيث تتطلب تتبع المواد الواردة والصادرة بكميات كبيرة، وضمان مناولة جميع المواد بأمان وكفاءة، وتضمن تقنيات التخزين المناسبة توفر المواد المناسبة بالكميات المطلوبة والجودة الأفضل، مع مراعاة سلامة العاملين، وإمكانية الوصول إلى المواد.

■ تقنيات دعم عمليات المستودعات:

تدعم التقنيات الحديثة عمليات المستودعات الأساسية الآتية:

- **الاستلام:** أنظمة المسح الضوئي مثل الباركود (Barcodes)، وتحديد الهوية بموجات الراديو (Radio Frequency Identification (RFID)).
- **الإرساء العابر (Cross-Docking):** برامج نظام إدارة المستودعات (Warehouse Management System (WMS)) لتحسين التخطيط.
- **التخزين:** الأرفف الذكية (Smart Racks)، وأنظمة التخزين والاسترجاع الآلي (Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS))، وبرامج تحسين المساحة.
- **التتبع:** حلول الباركود (Barcodes)، وتحديد الهوية بموجات الراديو (RFID).
- **إدارة البرامج:** استخدام وصيانة نظام إدارة المستودعات (WMS) ونظام تخطيط موارد المؤسسات (Enterprise Resource Planning (ERP)).
- **التقنيات الجديدة:** دمج الروبوتات (Robotics) والذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence (AI)).
- **الانتقاء:** برامج تحسين المسارات.
- **الفرز والتعبئة:** أنظمة الفرز الآلي والتعبئة الروبوتية.
- **الصيانة:** أنظمة إدارة المباني (Building Management Systems (BMS)) والصيانة التنبؤية.
- **التصميم:** برامج المحاكاة والتصميم ثلاثي الأبعاد.

■ تخطيط المستودع (Warehouse Layout):

يتكون تخطيط المستودع الجيد من مناطق رئيسية مترابطة، ويجب أن يكون تصميم هذه المناطق متناسباً مع تدفق المواد والمعدات المستخدمة من حيث:

- **منطقة التحميل والتفريغ (Shipping & Receiving Docks):**
حيث يتم تفريغ البضائع من الشاحنات الواردة وتحميلها في الشاحنات الصادرة، وتتطلب هذه المنطقة معدات مثل الرافعات الشوكية، والرافعات ذات المنصة، والناقلات المتحركة.
- **منطقة الاستقبال (Receiving Area):**
حيث تعالج البضائع الواردة، وتُراجع، وتُفَرَز، وتُجرى فحوصات الجودة قبل الانتقال إلى التخزين.
- **منطقة التخزين (Storage Area):**
حيث توضع البضائع في انتظار إرسالها، وتقسّم إلى الأنواع الآتية:
 - **المخزن الثابت (Static Storage):**
للـبضائع بطيئة الدوران، أو المخزون الاحتياطي (Back-stock)، وغالباً ما تُستخدم أنظمة رفوف الدخول والعبور، أو الرفوف الانتقائية.
 - **المخزن الديناميكي (Dynamic Storage):**
يُستخدم هذا النوع من التخزين للبضائع ذات معدل الدوران العالي أو التي تحتاج إلى وصول سريع ومتكرر، ويعتمد على أنظمة مثل رفوف تدفق المنصات أو الصناديق، أو حلول التخزين المؤتمتة لتحقيق أقصى كفاءة في الاستخدام.
- **منطقة الانتقاء (Picking Area):**
حيث يتم تجهيز البضائع أو تعديلها (مثل تجميع الطلبات، والتعبئة الجزئية) قبل شحنها، وتتأثر كفاءة هذه المنطقة بأنظمة الانتقاء (Pick-to-Light, Voice Picking) والمعدات المستخدمة، مثل آلات انتقاء الطلبات.
- **منطقة الشحن (Shipping Area):**
حيث يتم تجميع الطلبات المجهزة وتهيأتها للشحن الفعلي، وتتطلب معدات فعالة لتحميل الشاحنات وتتبع الشحنات.

■ التخطيط للمستقبل (Planning for the Future):

يجب عند التخطيط لنظام مناولة المواد وتصميم المستودع مراعاة الحاضر والمستقبل؛ إذ يضمن ذلك قدرة العمليات على النمو مع سير الأعمال وتطورها، ولضمان النجاح على المدى الطويل والقدرة على التكيف، يجب تنفيذ الإستراتيجيات الرئيسية الآتية:

■ تبني التطورات التكنولوجية:

متابعة أحدث التقنيات في معدّات وأتمتة مناولة المواد (مثل الروبوتات التعاونية، وتحليلات البيانات المتقدمة)، والاستثمار في التقنيات المرنة والقابلة للتطوير يحمي عمليات مناولة المواد في المستقبل.

■ إعطاء الأولوية لتدريب الموظفين وتطويرهم:

تزويد القوى العاملة بالمهارات اللازمة لتشغيل وصيانة المعدّات الجديدة، والاستفادة من التقنيات الحديثة، وتعزيز ثقافة الابتكار، وتشجيع الموظفين على مشاركة أفكارهم لتحسين العمليات.

■ عامل مناولة مواد المستودعات (Warehouse Material Handler):

عامل مناولة المواد في المستودع هو فرد مسؤول عن حركة المواد في الوقت المناسب داخل بيئة المستودع، ويُعد دوره حيويًا لضمان سير العمليات بسلاسة، وتشمل مهامه الرئيسية ما يأتي:

- استلام الشحنات الواردة.
- تفريغ المواد أو البضائع وتنظيمها.
- اختيار المنتجات النهائية من الرفوف (Picking).
- تعبئة وتجهيز الطلبات للشحن (Packing & Kitting).
- تسجيل حركات المخزون بدقة باستخدام أنظمة التتبع.

■ أنظمة أرفف التخزين للمنصات الثقيلة (Pallet Racking Systems):

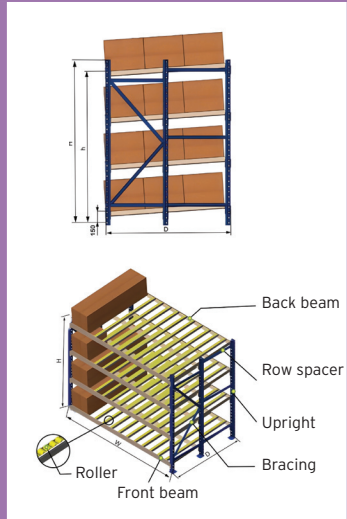
هي هياكل تخزينية تُستخدم لتنظيم وتخزين المواد والمنتجات داخل المخازن أو المستودعات بطريقة آمنة ومنظمة، مع تحقيق أقصى استخدام للمساحة الرأسية والأفقية، وضمان سهولة الوصول إلى البضائع، وتتمثل أهميتها في الآتي:

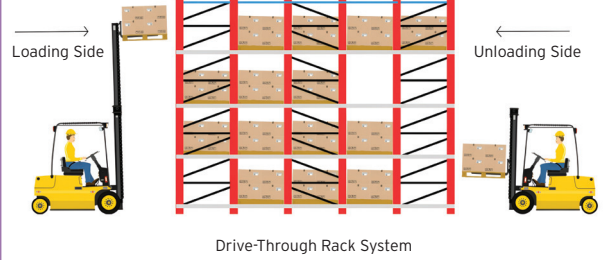
- زيادة سعة التخزين (Storage Capacity) دون الحاجة لتوسعة المساحة.
- تحسين كفاءة البحث والوصول إلى المواد (Accessibility).
- رفع مستويات السلامة والتنظيم في بيئة العمل.
- تسريع عمليات التحميل والتفريغ والتجهيز.

■ أنواع الأرفف:

تُعد أنظمة الأرفف جزءاً أساسياً من البنية التحتية للمستودعات والمخازن، حيث تختلف أنواعها باختلاف طبيعة المواد المخزنة، ومتطلبات الدوران، والمساحة المتوفرة، وتساعد هذه الأنظمة في تنظيم المنتجات بشكل آمن وفعال، وتسهيل عمليات الوصول والاسترجاع، مع تحسين استخدام المساحات الرأسية والأفقية داخل المنشآت، ويوضح الجدول الآتي أبرز أنواع الأرفف المستخدمة، وخصائص كل منها واستخداماتها النموذجية:

الأنواع	شكل توضيحي	الوصف	الاستخدام
الأرفف الانتقائية (Selective Racks)		الأكثر شيوعاً، وتوفر وصولاً مباشراً وسريعاً لجميع المنصات (Pallets) أو الصناديق المخزنة.	مثالية للمنتجات ذات معدل الدوران المرتفع والتخزين الاحتياطي (Backup Storage).
رفوف الدفع للخلف (Push Back Racks)		أنظمة تخزين عالية الكثافة وعالية الانتقائية، مناسبة لتخزين عدة منصات نقالة من وحدة حفظ المخزون (Stock Keeping Unit (SKU)) نفسها.	مناسبة للتخزين المبرد أو المجمد (Refrigerated/Frozen Storage).

الأنواع	شكل توضيحي	الوصف	الاستخدام
رفوف تدفق المنصات (Pallet Flow Racks)		أنظمة «الوارد أولاً يُصرف أولاً» (First-In, First-Out (FIFO)) التي توفر كثافة تخزين عالية مع الحفاظ على انتقائية عالية، حيث تنزلق المنصات بالجاذبية إلى نقطة الانتقاء.	مثالية للمنتجات الحساسة للتواريخ، أو التي تتطلب دوران مخزون سريع.
رفوف تدفق العبوات الكرتونية (Carton Flow Racks)		نظام مدعوم بالجاذبية (Gravity-Fed System) يوفر تخزيناً عالي الكثافة، ومثاليًا لعمليات انتقاء الحالة والقطع.	للمنتجات الحساسة للتاريخ، والتخزين المبرد أو المجمد.
الرفوف الكابولية (Cantilever Racks)		مصممة لتخزين المنتجات ذات الأوزان والأطوال والأحجام المختلفة بسهولة، ولا تتطلب قوائم أمامية؛ مما يتيح سهولة الوصول.	مثالية للأخشاب، والأنابيب، والأثاث.
رفوف المنصة (Mezzanine/ Platform Racks)		أنظمة تخزين متعددة المستويات (Multi-level Systems) تُنشئ مساحات عمل أو تخزين إضافية فوق الأرضية الحالية؛ مما يزيد من سعة التخزين الرأسية.	تسمح بمشاركة عدد غير محدود من الموظفين في عملية الانتقاء على جميع المستويات.

الأنواع	شكل توضيحي	الوصف	الاستخدام
رفوف الدخول / رفوف العبور (Drive-In/ Drive-Through Racks)		أنظمة رفوف عالية الكثافة، تسمح للرافعات الشوكية بالدخول مباشرة إلى ممرات التخزين لوضع أو استرجاع المنصات، وتقسم إلى نوعين: ■ رفوف الدخول (Drive-In): تُستخدم من جانب واحد فقط، وتعد مثالية للتخزين العميق والكثيف، حيث تخزن المنتجات على أساس نظام الوارد أخيرًا، الأول خروجًا (Last In, First Out (LIFO)). ■ رفوف العبور (Drive-Through): تُستخدم من كلا الجانبين، مما يسمح بتدفق سلس للبضائع، وتطبق نظام (FIFO)، مما يجعلها مناسبة للمنتجات الحساسة للتاريخ.	مثالية للمنتجات المتجانسة بكميات كبيرة، وفعالة جدًا في بيئات التخزين المبردة أو المجمدة.
	 Drive-Through Rack System		

إجراءات السلامة عند مناولة المواد

(Material Handling Safety Procedures)

تُعتبر السلامة من الأولويات القصوى في بيئات العمل، خاصة أثناء مناولة المواد، سواء كانت هذه المواد خامات أولية أو منتجات جاهزة أو مواد كيميائية خطيرة، ويؤدي تجاهل إجراءات السلامة إلى إصابات خطيرة وخسائر مادية جسيمة؛ لذلك فإن اتباع ممارسات السلامة الصحيحة يُسهم في الآتي:

1. حماية العاملين:

قد يؤدي التعامل غير الآمن مع المواد إلى إصابات، مثل الكدمات، والتواء العضلات، وآلام الظهر، وفي المقابل؛ فإن الالتزام بإجراءات السلامة يساعد في حماية صحة وسلامة العاملين.

2. الحفاظ على البيئة:

يُسهم تطبيق إجراءات السلامة في الحد من المخاطر البيئية الناجمة عن سوء التعامل مع المواد الخطرة الذي يؤدي إلى تلوث بيئي وتسربات كيميائية.

3. سلامة المنتجات والبضائع:

تضمن عمليات النقل والتخزين الآمنة للمواد الحفاظ على سلامة المنتجات والبضائع طوال سلسلة التوريد.

4. الامتثال التنظيمي:

هناك لوائح وقوانين تنظيمية تفرض متطلبات محددة للسلامة في مناولة المواد، والالتزام بهذه المتطلبات أمر ضروري لتجنب المخالفات والعقوبات.

إرشادات السلامة للمناولة اليدوية الآمنة

في عمليات المناولة اليدوية للمواد، هناك مجموعة من الممارسات الآمنة التي يجب على العاملين اتباعها لتجنب الإصابات وتعزيز السلامة، وتتمثل هذه الممارسات في الآتي:

1. استخدام تقنيات الرفع الصحيحة:

- الحفاظ على وضعية الجسم المستقيمة أثناء الرفع.
- ثني الركبتين والحفاظ على الظهر مستقيماً بدلاً من ثني الظهر.
- استخدام قوة عضلات الساقين بدلاً من الظهر.
- تجنب الالتواء أو الميل أثناء الرفع.
- طلب المساعدة عند التعامل مع أحمال ثقيلة أو كبيرة الحجم.

2. تجنب الحمل الزائد:

- تقدير قدرة الجسم على التعامل مع الحمل قبل المناولة.
- تقسيم الأحمال الثقيلة إلى أجزاء أصغر عند الحاجة.
- استخدام معدّات المناولة المساعدة عند التعامل مع أحمال كبيرة.

3. الحفاظ على نظافة وترتيب مناطق العمل:

- إبقاء ممرات الحركة خالية من العوائق.
- تنظيم وترتيب مناطق التخزين والعمل.
- التخلص الآمن من النفايات والمخلفات.

4. ارتداء معدّات الوقاية الشخصية:

- ارتداء القفازات الواقية لحماية اليدين.
- ارتداء أحذية السلامة المزودة بنعل مانع للانزلاق.
- استخدام حزام الظهر لدعم العمود الفقري.

5. التدريب المستمر على الممارسات الآمنة:

- المشاركة في برامج التدريب والتوعية بشأن السلامة في مناولة المواد.
- تطبيق الممارسات الآمنة بشكل روتيني في العمل.
- مشاركة المعرفة والخبرات مع الزملاء.

إرشادات السلامة لأنظمة المناولة الآلية

في بيئات العمل التي تستخدم أنظمة آلية لمناولة المواد، هناك مجموعة من الإرشادات المهمة لضمان السلامة كالاتي:

1. التأكد من صيانة وسلامة المعدات والأجهزة:

- إجراء فحوصات دورية للتأكد من سلامة المعدات والأنظمة الآلية.
- اتباع خطط الصيانة الوقائية المنتظمة؛ للحفاظ على أداء المعدات.
- استبدال أي أجزاء أو مكونات تالفة أو معطلة فور اكتشافها.

2. تدريب العاملين على التشغيل الآمن:

- توفير برامج تدريبية شاملة للعاملين على كيفية التشغيل الصحيح والآمن للمعدات.
- التأكد من إتقان العاملين لإجراءات التشغيل القياسية وإجراءات الطوارئ.
- تقييم مهارات العاملين بشكل دوري، وتقديم التدريب الإضافي عند الحاجة.

3. تحديد مناطق آمنة للحركة والمرور:

- تخصيص ممرات لحركة العاملين بعيداً عن مناطق التشغيل الآلي.
- وضع إشارات وتحذيرات واضحة لتوجيه حركة العاملين بأمان.
- التأكد من خلو مناطق التشغيل الآلي من أي عوائق أو مخاطر.

4. تطبيق نظام فعال لإدارة المخزون والتخزين:

- تنظيم وترتيب مناطق التخزين؛ لتسهيل الوصول والمناولة الآمنة.
- تحديد مناطق التخزين لكل نوع من المواد والبضائع.
- المراقبة المستمرة للمخزون، وإجراء الجرد الدوري.



المراقبة المستمرة للمخزون



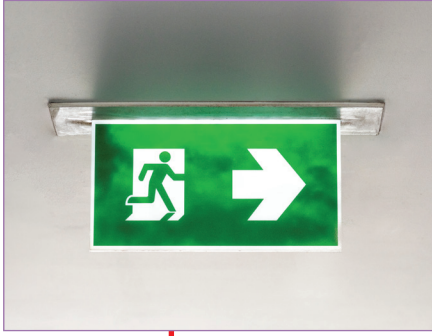
تنظيم وترتيب مناطق العمل

بروتوكولات الطوارئ في بيئات مناولة المواد

يُعد وجود بروتوكولات واضحة للتعامل مع حالات الطوارئ في بيئات العمل التي تتضمن مناولة المواد أمراً حيوياً لضمان السلامة والاستجابة الفعالة، سواء كانت يدوية أو آلية، وتشمل هذه البروتوكولات ما يأتي:

1. إجراءات إيقاف التشغيل الطارئ:

- تحديد أضرار وأجهزة إيقاف التشغيل الفوري بوضوح، وتسهيل الوصول إليها.
- التأكد من فهم جميع العاملين لإجراءات إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ.
- إجراء تدريبات دورية على الاستجابة للحالات الطارئة.



2. خطط الإخلاء:

- تحديد مسارات الإخلاء الآمنة والمناطق المخصصة للتجمع.
- تعريف العاملين بخطط الإخلاء، والتأكد من معرفتهم بها.
- إجراء تدريبات وتمارين إخلاء دورية لضمان الاستعداد.

3. إجراءات الإسعافات الأولية والإنقاذ:

- توفير مستلزمات الإسعافات الأولية في أماكن بارزة ومتاحة.
- تدريب العاملين على الإسعافات الأولية والإنقاذ في حالات الطوارئ.
- تحديد فرق الإنقاذ والإسعاف، وتوفير التدريب اللازم لهم.



4. اتصالات الطوارئ والإبلاغ عن الحوادث:

- تحديد قنوات الاتصال الفعالة مع الجهات الخارجية (الإطفاء، والشرطة، والإسعاف).
- وضع إجراءات واضحة للإبلاغ عن الحوادث والحالات الطارئة.
- تعريف العاملين بقنوات الاتصال والإبلاغ المعتمدة.

5. التحقق من الحوادث والدروس المستفادة:

- إجراء تحقيقات شاملة في الحوادث والحالات الطارئة.
- تحليل أسباب الحوادث، وتحديد الإجراءات التصحيحية.
- مشاركة الدروس المستفادة مع العاملين؛ لتعزيز الوعي والممارسات الآمنة.



أسئلة الوحدة

- 1 ما المقصود بمناولة المواد؟
- 2 ما أبرز أهداف أنظمة مناولة المواد؟
- 3 لماذا تُعد مناولة المواد ضرورية في العمليات الصناعية؟
- 4 ما خصائص نظام مناولة المواد الجيد؟
- 5 ما المكونات الأساسية لأي نظام مناولة؟
- 6 ما الفرق بين معدّات المناولة اليدوية وشبه الآلية؟
- 7 اذكر أمثلة على معدّات المناولة الآلية.
- 8 ما المقصود بالنظام المتكامل في مناولة المواد؟
- 9 ما أهمية أنظمة المناولة داخل المستودعات؟
- 10 كيف تعمل السيور الناقلة؟
- 11 اذكر مزايا استخدام الروبوتات في التخزين.
- 12 ما الفرق بين أنظمة التخزين الثابتة والمتحركة.
- 13 اشرح مفهوم التخزين الديناميكي.
- 14 ما وظيفة رفوف المنصات؟
- 15 ما الفرق بين رفوف الدخول ورفوف العبور؟
- 16 متى يُستخدم نظام FIFO في المستودعات؟
- 17 ما أبرز المخاطر أثناء مناولة المواد؟
- 18 ما أهمية معدّات الوقاية الشخصية؟
- 19 اذكر بعض قواعد السلامة في مناولة المواد.

الوحدة الخامسة

صيانة المعدات الميكانيكية

Mechanical
Equipment Maintenance



محتويات الوحدة الخامسة

الدرس الأول

الفحص البصري للمعدات

176..... (Equipment Visual Inspection)

الدرس الثاني

اختبار وقياس المعدات

180..... (Equipment Testing and Measurement)

الدرس الثالث

تفكيك المعدات الميكانيكية

188..... (Mechanical Equipment Dismantling)

الدرس الرابع

إعادة تجميع المعدات الميكانيكية

192..... (Mechanical Equipment Reassembly)

الدرس الخامس

ضبط أو استبدال الأجزاء المعيبة من المعدات

200..... (Adjustment or Replacement of Faulty Parts of Equipment)

203..... أسئلة الوحدة

أهداف الوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يتبع قواعد الصحة والسلامة المهنية في الورش التدريبية.
- يكتسب مهارات الفحص البصري للمعدّات لتحديد حالات التآكل والأخطاء الشائعة.
- يتمكن من إجراء الاختبارات الفنية اللازمة لتشخيص الأعطال بدقة.
- يتقن خطوات تفكيك المعدات وإعادة تجميعها بطريقة آمنة وفعالة.
- يتعرف على معايير اتخاذ القرار بشأن تعديل أو استبدال الأجزاء التالفة.
- يطوّر القدرة على تطبيق تقنيات استكشاف الأخطاء وإصلاحها في بيئة العمل.
- يلتزم بتدابير السلامة عند استخدام أدوات ومعدات الفحص وتفكيك المعدّات الميكانيكية.

ملخص الوحدة

تهدف هذه الوحدة إلى تنمية مهارات الطلبة في صيانة المعدّات الميكانيكية من خلال التدريب على الفحص البصري، والاختبارات الفنية، وعمليات التفكيك وإعادة التجميع الآمن للمعدّات، وتعريف الطلبة على الأخطاء الشائعة وأسبابها، وتعلّم كيفية اتخاذ قرارات فعالة بشأن صيانة الأجزاء، سواء بالتعديل أو الاستبدال؛ لضمان كفاءة المعدّات واستمرارية عملها.

الفحص البصري للمعدات

(Equipment Visual Inspection)



تُعد عمليات الفحص البصري للمعدات إحدى طرق الفحص غير الإتلافي (Non-Destructive Testing (NDT))، وهي من أهم خطوات الصيانة الوقائية التي تُسهم بشكل مباشر في الحفاظ على سلامة المعدات وكفاءتها التشغيلية، ويعتمد الفحص البصري على تقييم الحالة الخارجية للمعدات باستخدام الحواس البشرية وأدوات مساعدة؛ بهدف الكشف المبكر عن أي علامات تدل على التلف أو العطل أو التآكل، وهي تقنية فعالة، وتُعتبر خط الدفاع الأول ضد الأعطال المفاجئة التي قد تؤدي إلى خسائر مادية أو إصابات بشرية.

الفحص غير الإتلافي

(Non-Destructive Testing (NDT))

هو مجموعة من التقنيات التحليلية المستخدمة لتقييم خصائص مادة أو مكون أو نظام دون التسبب في أي ضرر أو تغيير دائم له؛ بمعنى آخر، تسمح هذه الاختبارات بفحص المواد والأجزاء وقياسها دون إتلافها، مما يضمن إمكانية استخدامها لاحقاً.

أهداف الفحص البصري

يهدف الفحص البصري للمعدات الميكانيكية إلى الآتي:

- الكشف المبكر عن الأعطال؛ مما يساعد في إصلاحها قبل أن تتفاقم.
- تقليل تكاليف الإصلاح من خلال التدخل المبكر قبل حدوث انهيار كامل.
- رفع كفاءة المعدات، حيث يسمح الفحص الدوري بالحفاظ على أدائها في أفضل حالاتها.
- تحسين مستوى السلامة المهنية، من خلال منع الحوادث الناتجة عن الأعطال المفاجئة.
- إطالة عمر المعدات عبر الصيانة المستمرة التي تمنع التآكل المبكر.

تقنيات الفحص البصري للمعدات

توجد عدة طرق وتقنيات معتمدة في الفحص البصري، تختلف بحسب نوع المعدات وطبيعة العيوب المتوقعة، وتصنف هذه التقنيات كالآتي:

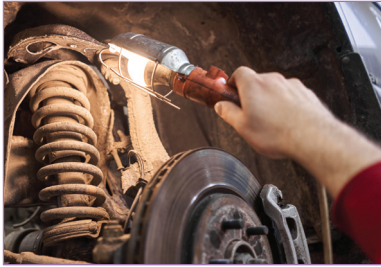
■ الفحص البصري المباشر (Direct Visual Inspection):

هو الفحص الذي يتم بالعين المجردة، أو باستخدام أدوات بسيطة، مثل العدسات المكبرة، ويتم في هذه الطريقة تفقد جميع الأجزاء الظاهرة والواضحة للمعدة بحثاً عن أي علامات للتآكل أو الكسر أو التسرب.

■ الفحص البصري باستخدام أدوات مساعدة (Visual Inspection Using Aids):

في بعض الأحيان، يصعب رؤية جميع الأجزاء بوضوح، لذلك تُستخدم الأدوات المساعدة الآتية:

- العدسات المكبرة؛ لتكبير العيوب الصغيرة.
- المرايا الصغيرة؛ للوصول إلى الزوايا الضيقة.
- المصابيح اليدوية؛ لتحسين الرؤية في المناطق المظلمة.



المصابيح اليدوية



العدسات المكبرة



المرايا الصغيرة

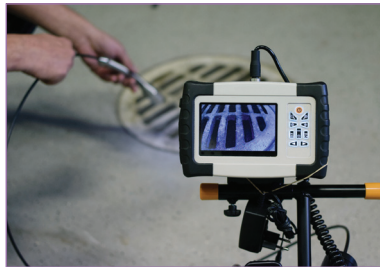
■ الفحص البصري عن بُعد (Remote Visual Inspection):

يُستخدم الفحص البصري عن بُعد في المعدات التي تحتوي على أجزاء داخلية يصعب الوصول إليها، مثل: الأنابيب الداخلية، والتجاويف العميقة، والأجهزة المغلقة، ويمكن إجراء الفحص البصري البعيد باستخدام الأدوات الآتية:

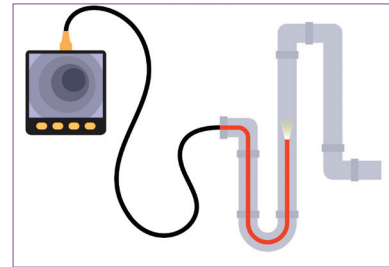
- الكاميرات الليفية (Fiber Optic Cameras).
- المناظير البصرية (Borescopes).
- الروبوتات الصغيرة المزودة بكاميرات.
- الطائرات بدون طيار (Drones) لفحص المعدات الكبيرة.



الطائرات بدون طيار



الكاميرات الليفية



المناظير البصرية

■ الفحص باستخدام الإضاءة الخاصة:

- بعض العيوب تكون غير واضحة بالإضاءة العادية؛ لذلك يتم استخدام الآتي:
- الإضاءة الجانبية؛ للكشف عن الشروخ الدقيقة.
- الأشعة فوق البنفسجية مع سوائيل الاختراق؛ للكشف عن العيوب الدقيقة.
- الإضاءة المركزة لتمييز تفاصيل الأسطح.

تحديد العلامات المرئية للتآكل والأضرار

عند إجراء الفحص البصري، يجب على المفتش البحث عن العلامات الآتية، التي قد تدل على وجود خلل أو تلف في المعدات:

1. **الشروخ السطحية (Cracks):**
قد تظهر كخطوط دقيقة على السطح الخارجي للمعدة، وتنتج غالباً عن الإجهاد الميكانيكي، أو درجات الحرارة العالية.
2. **علامات التآكل (Corrosion):**
تشمل الصدأ والتآكل الموضعي أو المنتظم، ويدل التآكل على ضعف المادة واحتمالية تعرضها للفشل.
3. **تغير اللون أو التشوه:**
قد يشير تغير لون المعدن إلى تعرضه لحرارة زائدة أو تفاعلات كيميائية، وقد يظهر تشوه أو انبعاج في هيكل المعدة نتيجة أحمال زائدة.
4. **تسرب السوائيل أو الزيوت:**
تشير بقايا الزيت أو البقع السائلة إلى وجود تسرب قد يؤثر على أداء المعدة.
5. **علامات الاهتراء أو الاهتزاز غير الطبيعي:**
وجود تلف في أماكن الاحتكاك أو علامات تآكل غير طبيعية، وقد يشير الاهتزاز غير المعتاد إلى وجود خلل في الموازنة أو في الأجزاء الدوارة.



علامات التآكل



الشروخ السطحية

التوثيق والإبلاغ في عمليات الفحص البصري

تعدّ عملية التوثيق جزءاً أساسياً في الفحص البصري لضمان المتابعة والإصلاح السريع، وتشمل الخطوات الآتية:

1. **تدوين الملاحظات أثناء الفحص:**
تسجيل جميع العيوب التي تم اكتشافها مع وصف دقيق لموقعها.
2. **استخدام النماذج الموحدة:**
تعبئة استمارات فحص رسمية تحدد حالة كل جزء من أجزاء المعدة.
3. **التقاط الصور:**
توثيق العيوب بالصور؛ لتسهيل الرجوع إليها عند اتخاذ قرارات الصيانة أو الاستبدال.
4. **إعداد التقرير الفني:**
ويتضمن الآتي:
 - نوع العيب المكتشف.
 - درجة خطورته.
 - توصيات الصيانة أو الإصلاح.
 - حالة المعدة (صالحة للتشغيل، أو تحتاج إلى صيانة، أو تتطلب إيقافاً فورياً).

اختبار وقياس المعدات

(Equipment Testing and Measurement)

تتطلب المعدات الميكانيكية اختباراً وقياساً دقيقاً للتحقق من حالتها الفنية، ولاتخاذ قرارات صائبة بشأنها مبنية على أسس منهجية، ويجب على الفني الممارس لهذه العملية أن يكون على دراية واسعة بأنظمة القياس، وإتقان استخدام الأدوات الدقيقة، وتطبيق مبادئ المعايرة والقدرة على تفسير النتائج، بصورة يصبح فيها مؤهلاً للقيام بالآتي:

- تقييم حالة المعدات بفاعلية.
- اتخاذ القرارات السليمة بشأن صيانتها، أو ضبطها، أو استبدالها.
- ضمان الأداء الأمثل، لزيادة الكفاءة، وتحقيق السلامة التشغيلية للمعدات.

أدوات القياس الدقيقة في اختبار المعدات

(Precision Measurement Instruments in Equipment Testing)

يُعد الإلمام بالأسس السابقة، كأنظمة القياس والوحدات والأدوات، ودورها في تعزيز دقة الفحص والصيانة، أمراً حيوياً للفهم الدقيق للقياسات الميكانيكية، ومن أبرز أجهزة القياس المتقدمة والحيوية في الميكانيكا ما يأتي:

1. عداد الدوران (Tachometer):

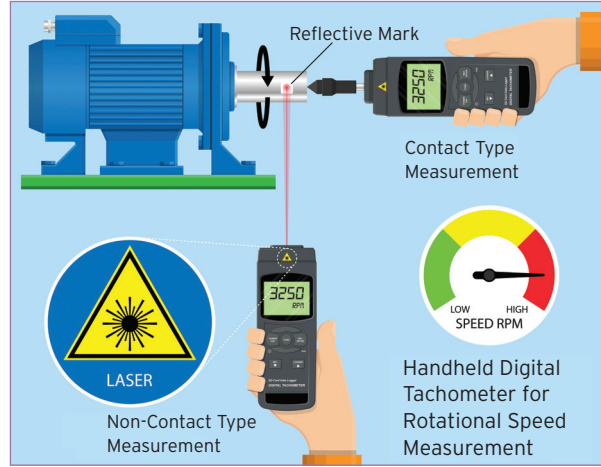
هو جهاز قياس يُستخدم لتحديد سرعة دوران أو عدد دورات العمود الدوار أو أي جزء ميكانيكي يدور، وعادةً ما تُعرض. هذه السرعة بوحدة دورة في الدقيقة (Revolutions Per Minute (RPM)).

■ آلية عمل الجهاز:

تعتمد آلية عمله على اكتشاف وعدّ الدورات خلال فترة زمنية محددة، وتختلف حسب النوع كالاتي:

- الميكانيكية: تنقل الحركة الدورانية عبر وصلة إلى مؤشر.
- الإلكترونية: الأكثر شيوعاً، تستخدم مستشعرات (مثل مستشعرات القاعة أو المستشعرات البصرية (Hall-effect Sensors or Optical Sensors)) لتحويل النبضات إلى قراءة رقمية أو تناظرية.

- بدون تلامس: تستخدم الليزر أو الأشعة تحت الحمراء لحساب الانعكاسات من الجزء الدوار.
- التلامسية: تتطلب ملامسة فيزيائية للجزء الدوار عبر عجلة أو طرف خاص.



عداد الدوران

2. مؤشر الاختبار القرصي

(Dial Test Indicator (DTI))

يُعرف مؤشر الاختبار القرصي (Dial Test Indicator (DTI)) أيضًا بمسمى (Test Indicator)، وهو أداة قياس عالية الدقة تُستخدم في أعمال الضبط والمعايرة والكشف عن الانحرافات الدقيقة جدًا التي لا يمكن ملاحظتها بالعين المجردة في الأسطح والأبعاد، مما يساهم في ضمان الدقة والجودة في تصنيع وصيانة المنتجات والمعدات الميكانيكية، وفيما يأتي بعض الخصائص الهندسية الدقيقة التي يكشف عنها الجهاز:

- الاستقامة (Flatness): مدى استواء السطح.
- الدائرية (Roundness): مدى انحراف السطح الأسطواني عن الشكل الدائري المثالي.
- التوازي (Parallelism): مدى توازي سطحين.
- العمودية (Perpendicularity): مدى تعامد سطحين.
- الاهتزاز المركزي (Runout): هو مقياس لتذبذب محور دوران الجزء أثناء دورانه، ويظهر بشكل خاص في عمليات التشغيل باستخدام المخارط (Lathes) والمقاشط (Shapers).

■ استخدامات الجهاز:

يُعد جهاز DTI أداة لا غنى عنها في ورش التشغيل الميكانيكي ومراقبة الجودة، ويُستخدم بشكل شائع في الآتي:

- محاذاة القطع والآلات: ضبط دقة تثبيت قطع العمل على المخارط، وآلات التفريز، وغيرها؛ لضمان التوافق التام أثناء التشغيل.
- فحص دقة الأسطح: الكشف عن أدنى تغيرات في استقامة أو دائرية الأجزاء المصنعة.
- التحقق من التوازي والعمودية: ضمان دقة جميع الأجزاء وتوافقها.
- صيانة المعدات: تحديد تآكل المحامل أو الانحرافات في الأعمدة الدوارة.



مؤشر الاختبار القرصي

3. مُحلل الاهتزازات (Vibration Analyzer):

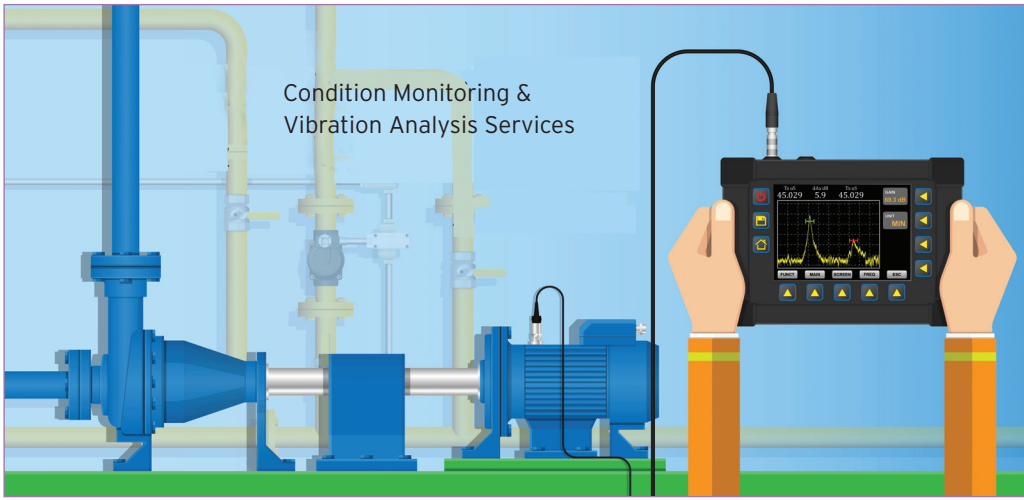
يُعدُّ مُحلل الاهتزازات أداة متقدمة تُستخدم لقياس وتحليل الاهتزازات في المعدات الصناعية الدوارة، مثل المحركات والمضخات، ويُعتبر من الأدوات الحيوية في أنظمة الصيانة التنبؤية ومراقبة حالة المعدات، وتتبع أهمية محلل الاهتزازات من كونه أداة رئيسية في الفحص المبكر والتشخيص الدقيق للأعطال الميكانيكية، حيث يُسهم في الآتي:

- الكشف المبكر عن الأعطال: من خلال رصد التغيرات في نمط الاهتزاز قبل أن تتطور إلى مشكلات كبيرة.
 - تشخيص الأعطال بدقة: بتحديد الأسباب الجذرية للاهتزازات غير الطبيعية، مثل عدم الاتزان أو تلف المحامل أو عدم محاذاة الأجزاء.
 - تحسين تخطيط الصيانة: إذ يسمح بتنفيذ الصيانة بناءً على الحالة الفعلية للمعدة، مما يقلل من التكاليف الناتجة عن التوقيفات غير المخطط لها.
 - رفع الكفاءة وتعزيز السلامة: من خلال الحفاظ على الأداء الأمثل للمعدات وتقليل احتمالات حدوث أعطال مفاجئة.
- يعمل محلل الاهتزازات كنظام إنذار مبكر للأعطال الميكانيكية، ويوفر بيانات دقيقة تمكّن فرق الصيانة من اتخاذ قرارات مستنيرة للحفاظ على استمرارية التشغيل وكفاءة الأداء وسلامة بيئة العمل.

■ آلية عمل الجهاز:

- الاستشعار: يُثبت مستشعر التسارع (Accelerometer) على المعدة، ويقوم بتحويل اهتزازاتها إلى إشارات كهربائية.

- تسجيل البيانات: يُسجل المحلل هذه الإشارات على فترات زمنية محددة لتكوين سجل زمني للاهتزازات.
- التحليل الترددي (Fast Fourier Transform (FFT): تُحوَّل الإشارات إلى بيانات رقمية باستخدام تقنية التحويل فورييه السريع؛ لاستخراج الترددات المميزة، والتي قد تُشير إلى طبيعة العطل ومصدره.
- العرض والتشخيص: تُعرض النتائج على شكل أطياف أو رسوم بيانية؛ ليتمكن الفنيون من تفسير البيانات بدقة وتشخيص المشكلات في مراحلها المبكرة.

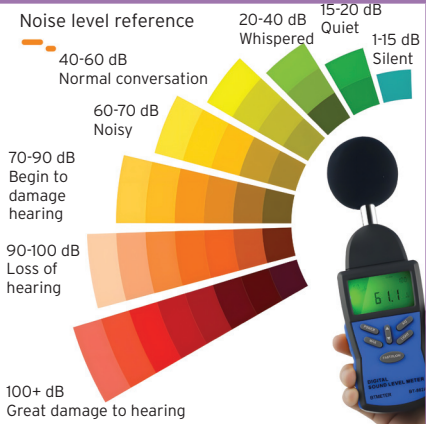
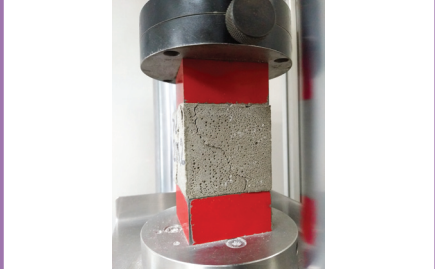


محلل الاهتزازات

اختبار المعدات الميكانيكية

تُجرى اختبارات وظيفية لتقييم أداء المعدة كاملة أو أجزاء منها تحت ظروف تشغيلية حقيقية أو محاكاة، ومن أهم أنواع الاختبارات في المجالات الميكانيكية اختبارات الأداء الوظيفي (Functional/Performance Testing) الآتية:

اسم الاختبار	شكل توضيحي	الوصف
اختبار الاهتزاز (Vibration Analysis)		قياس وتحليل الاهتزازات لتحديد مشاكل مثل اختلال التوازن، أو تآكل المحامل، أو سوء المحاذاة.

اسم الاختبار	شكل توضيحي	الوصف
اختبار الضوضاء (Noise Analysis)	 Noise level reference 15-20 dB Quiet 20-40 dB Whispered 40-60 dB Normal conversation 60-70 dB Noisy 70-90 dB Begin to damage hearing 90-100 dB Loss of hearing 100+ dB Great damage to hearing	قياس مستويات الضوضاء لتحديد مصادر الضجيج الزائد التي قد تشير إلى عيوب ميكانيكية داخلية.
اختبار درجة الحرارة (Temperature Monitoring)		مراقبة درجات حرارة الأجزاء المختلفة لاكتشاف الارتفاع غير الطبيعي الناتج عن الاحتكاك أو الحمل الزائد.
اختبارات التسرب (Leak Testing)		الكشف عن تسرب السوائل أو الغازات في الأنظمة مثل الهيدروليك، والهواء المضغوط، والتبريد.
اختبارات الضغط (Pressure Testing)		إخضاع الأنابيب أو الأوعية لضغط معين للتحقق من سلامتها الهيكلية ومقاومتها للتسرب.
الاختبارات غير الإتلافية (Non-Destructive Testing (NDT))		فحوصات تُجرى دون الإضرار بالجزء، مثل الفحص البصري، والموجات فوق الصوتية، والجسيمات المغناطيسية.
الاختبارات الإتلافية (Destructive Testing (DT))		تُجرى على عينات لتحديد خصائص المادة مثل اختبار الشد أو الصلادة، وتؤدي إلى إتلاف العينة.

■ خطوات تنفيذ اختبارات المعدات الميكانيكية:

يوضح الجدول الآتي خطوات تنفيذ اختبارات المعدات الميكانيكية، مع أمثلة على الأدوات المستخدمة في كل خطوة:

الخطوة	الوصف	أمثلة على الأدوات المستخدمة
1 الإعداد	تجهيز الأجزاء للاختبار بتنظيفه جيداً، وتحديد نقاط القياس، ومعايرة الأدوات، وضمان شروط السلامة.	■ قطعة قماش/منظف صناعي. ■ أدوات وضع علامات (Markers). ■ أجهزة المعايرة (Calibrators).
2 التطبيق	تنفيذ القياس أو الاختبار باستخدام الأداة المناسبة حسب نوع الفحص المطلوب.	■ مؤشر الاتصال (Dial Indicator). ■ مقياس حرارة بالأشعة تحت الحمراء (IR Thermometer). ■ جهاز تحليل الاهتزاز (Vibration Analyzer). ■ كاشف تسرب (Leak Detector). ■ مجس ضغط (Pressure Gauge).
3 التسجيل	توثيق القراءات والنتائج بدقة في تقارير الفحص أو قاعدة البيانات الفنية.	■ دفتر سجل أو نموذج فحص. ■ برنامج تسجيل بيانات (مثل: Excel, CMMS). ■ تطبيقات محمولة للفحص الفني.

نتائج الاختبار والقياسات (Test and Measurement Results)

يُعد فهم نتائج الفحص والقياسات أمراً حيوياً لاتخاذ قرارات سليمة في مختلف المجالات، خاصة في الهندسة الميكانيكية، ولضمان الفهم الدقيق لهذه النتائج، من الضروري الإلمام بالمصطلحات الأساسية الآتية:

■ القيمة العددية (Numerical Value):

هي النتيجة الرقمية التي يتم التوصل إليها باستخدام أجهزة القياس، وتُعبّر عن الكمية المقاسة بدقة، وتنقسم هذه القيمة إلى نوعين رئيسيين:

■ أرقام حقيقية عشرية (Decimal Real Numbers): تمثل كميات متصلة، مثل الطول والسرعة.

■ أعداد صحيحة ومنفصلة (Integer Numbers): تمثل كميات محددة ومنفصلة، مثل عدد الأشخاص أو الأجزاء.

■ وحدة القياس المناسبة (Measurement Unit):

هي الوحدة الأساسية أو المشتقة المرتبطة بالقيمة المقاسة، والمُعتمدة ضمن النظام الدولي للوحدات (SI Units)، وتُستخدم لربط القيمة العددية بالكمية الفيزيائية المراد قياسها، مثل: المتر، أو الكيلوغرام، أو الثانية.

■ نسبة عدم اليقين (Uncertainty):

هي مقياس لمدى الثقة في النتيجة المقاسة، وتُعبّر عن احتمال وجود اختلاف بسيط بين القيمة المقاسة والقيمة الحقيقية، وتُعد أساسية لتقييم دقة وموثوقية القياس.

■ الدقة (Precision):

هي مدى اقتراب نتائج القراءات عند تكرار قياس الكمية ذاتها عدة مرات، فتكون دقة القياس عالية إذا كانت القراءات قريبة جداً من بعضها.

■ الضبط (Accuracy):

هو مدى قرب القيمة المقاسة من القيمة الحقيقية شريطة أن تتم عملية القياس باستخدام أداة واحدة وفي الظروف ذاتها في كل مرة، دون أي تغيير للموقع أو طريقة القياس.

اتخاذ القرار بناءً على القياسات

لا تقتصر أهمية القياس على الحصول على القيم العددية فقط، بل تتعداها إلى اتخاذ قرارات فنية دقيقة تتعلق بسلامة الأجزاء وجودتها وقابليتها للاستخدام، ويتم اتخاذ القرار بناءً على مقارنة النتائج بالقيم المرجعية المحددة مسبقاً في المواصفات.

■ خطوات اتخاذ القرار:

تمر عملية اتخاذ القرار بناءً على القياسات بالخطوات الآتية:

1. المقارنة بالمواصفات:
مقارنة القيمة المقاسة بالقيمة الاسمية المسموح بها، مع الأخذ في الاعتبار حدود التفاوت المقررة.
2. تصنيف الحالة:
 - ضمن نطاق التفاوت: يعني أن الجزء سليم ويُعتبر مقبولاً للاستخدام.
 - خارج نطاق التفاوت: يدل على وجود عيب، ويستلزم اتخاذ إجراء تصحيحي.
3. تحديد الإجراء المناسب:
يُتخذ القرار المناسب وفقاً لحالة الجزء، وقد يشمل أحد الخيارات الآتية:
 - قبول الجزء: إذا كان مطابقاً.
 - ضبط أو معايرة: إذا كان قابلاً للتعديل.
 - إصلاح: في حال وجود عطل يمكن معالجته.
 - استبدال: إذا تعذر الإصلاح.
 - مراقبة: في حال الحاجة إلى متابعة الأداء لاحقاً.
 - رفض: إذا كان غير صالح تماماً.

تفكيك المعدات الميكانيكية

(Mechanical Equipment Dismantling)

تُعد عملية تفكيك المعدات الميكانيكية جزءاً أساسياً من أعمال الصيانة والإصلاح، وتهدف هذه العملية إلى تحليل وفحص المكونات الداخلية للمعدة لاكتشاف الأعطال أو لإجراء أعمال الصيانة الوقائية، ويتطلب التفكيك معرفة تفصيلية بأنظمة المعدات، والالتزام بإجراءات السلامة؛ لتجنب الحوادث، وضمان إعادة تجميع المعدات بكفاءة ودقة.

خطوات تفكيك المعدات الميكانيكية

(Mechanical Equipment Dismantling)

تتطلب عملية التفكيك الدقة والتنظيم والالتزام بإجراءات محددة تضمن سلامة الفني والمعدة على حد سواء، وفيما يأتي عرض لأهم الخطوات الأساسية التي يجب اتباعها أثناء تنفيذ عملية التفكيك بشكل منهجي وآمن:

1. قراءة تعليمات الشركة المصنعة:

قبل البدء في أي عملية تفكيك، يجب مراجعة كتيبات التشغيل والصيانة الخاصة بالمعدة التي تصدرها الشركة المصنعة، وهذه الكتيبات تتضمن الآتي:

- تسلسل عملية الفك.
- أماكن نقاط التثبيت.
- تحذيرات السلامة الخاصة بكل نوع من المعدات.
- تقليل فرص حدوث الخطأ.
- معرفة الأدوات المطلوبة لكل جزء.
- ضمان إمكانية إعادة التجميع بشكل صحيح.

2. إعداد بيئة العمل:

يجب تجهيز مساحة عمل نظيفة ومرتبطة؛ لتفادي فقدان الأجزاء الصغيرة، وتسهيل تنظيم عملية التفكيك، ويُفضل أن تكون البيئة جيدة الإضاءة، وخالية من العوائق، ومجهزة بطاولة أو منصات عمل مستقرة.

3. فصل مصادر الطاقة:

من أهم خطوات تفكيك المعدات الميكانيكية لضمان السلامة ما يأتي:

- فصل التيار الكهربائي الرئيسي.
- تفريغ ضغط الهواء.
- إيقاف الطاقة الهيدروليكية أو أي مصدر طاقة آخر.
- منع التشغيل العرضي.
- تجنب الحوادث الناتجة عن الطاقة المحتجزة.

4. تفريغ الضغط والسوائل:

يجب تصريف جميع الزيوت، والغازات، والسوائل تحت الضغط؛ لتجنب الانفجارات المفاجئة، وانسكاب السوائل الضارة.

5. تحديد علامات التوجيه:

قبل فك أي جزء، يتم وضع علامات واضحة باستخدام أقلام الطلاء الصناعي، أو الملصقات التعريفية؛ لتسهيل إعادة التركيب بنفس الترتيب، وضمان عدم عكس الاتجاهات، أو تركيب أجزاء في غير أماكنها.

6. فك المكونات تدريجياً:

يتم البدء بفك الأجزاء الخارجية أولاً، مع التقدم التدريجي نحو الأجزاء الداخلية، ويجب أن تكون الخطوات مدروسة، والأدوات المستخدمة مناسبة لكل وصلة.

7. تخزين الأجزاء بشكل منظم:

يجب وضع كل جزء مفك في مكان مخصص له مع ملصق تعريفية؛ لتجنب فقدان أي مكون أثناء عملية الفك.

8. تقييم حالة الأجزاء:

بعد فك كل جزء، يتم فحصه بحثاً عن التشققات، أو التآكل، أو الاهتراء، أو تغير اللون.

9. التوثيق:

توثق جميع الخطوات السابقة عن طريق تصويرها، وتدوين ملحوظات عن حالة كل جزء، والاحتفاظ بالصور والملحوظات في ملف صيانة المعدات.

الأدوات والمعدات اللازمة للتفكيك الآمن

(Tools and Equipment Required for Safe Dismantling)

تُستخدم الأدوات والمعدات الآتية لضمان التفكيك الآمن:

الأداة	شكل توضيحي	الاستخدام
مفكات متنوعة		فك البراغي والوصلات.
مفاتيح الربط		فك وشد الصواميل.
روافع يدوية		رفع وفصل الأجزاء الثقيلة.
مطارق مطاطية		فصل الأجزاء دون إحداث تلف.
أوعية لتجميع السوائل		منع انسكاب الزيوت والسوائل.
ملصقات تعريفية		تسمية الأجزاء المفككة.

الأداة	شكل توضيحي	الاستخدام
كاميرا رقمية		توثيق مراحل التفكيك.
معدات الحماية الشخصية		حماية العاملين أثناء إجراء العمليات، ومن أمثلتها: نظارات أمان، وقفازات، وخوذة للحماية من الإصابات.

إجراءات السلامة والاحتياطات اللازمة أثناء أنشطة التفكيك

يتطلب التفكيك الآمن الالتزام بمجموعة من الاحتياطات والإرشادات منها ما يأتي:

- فصل جميع مصادر الطاقة (كهرباء، أو هواء، أو هيدروليكي) قبل بدء التفكيك.
- ارتداء معدات الحماية الشخصية (PPE)، مثل: النظارات الواقية، والقفازات، وخوذة الرأس.
- التأكد من تثبيت المعدة بشكل آمن؛ لمنع سقوطها أو تحركها أثناء التفكيك.
- عدم استخدام القوة المفرطة عند فك القطع العالقة؛ لتجنب كسرها أو إصابة العامل.
- استخدام الأدوات المناسبة لكل جزء حسب حجمه ونوعه.
- العمل في مكان جيد التهوية، خاصة عند التعامل مع سوائل أو غازات سامة أو قابلة للاشتعال.
- توفير حقيبة إسعافات أولية بالقرب من مكان العمل للحالات الطارئة.

دائماً



إعادة تجميع المعدات الميكانيكية

(Mechanical Equipment Reassembly)

تُعد عملية إعادة تجميع المعدات الميكانيكية خطوة محورية في هندسة التصنيع، ولضمان الأداء الأمثل والكفاءة، يتوجب الالتزام بمبادئ منهجية دقيقة تضمن الموثوقية التشغيلية وجودة الإنتاج النهائي عند إعادة تجميع المعدات الميكانيكية.

إجراءات إعادة تجميع المعدات الميكانيكية

(Mechanical Equipment Reassembly Procedures)

تُعدّ عملية إعادة تجميع المعدات الميكانيكية مرحلة محورية بعد الانتهاء من التفكيك والفحص، ويعتمد نجاح هذه العملية على الالتزام الدقيق بالإجراءات الفنية ومعايير السلامة، التي تهدف إلى ضمان عودة المعدة إلى حالتها التشغيلية الأصلية دون إهمال أي خطوة قد تؤدي إلى أعطال مستقبلية أو مخاطر على بيئة العمل.

وتتضمن هذه العملية مجموعة من الإرشادات والإجراءات الأساسية التي يجب اتباعها لضمان الكفاءة والدقة في إعادة التجميع، بدءًا من إجراءات السلامة ووصولًا إلى فحص المكونات وتنظيم الأجزاء.

1. السلامة:

لا يمكن لأي عملية إعادة تجميع أن تبدأ دون التأكد من اتخاذ جميع احتياطات السلامة اللازمة؛ إذ يجب التأكد من الآتي:

- تصاريح العمل (Permit to Work (PTW)): الحصول على التصاريح اللازمة لتقييم المخاطر وتأمين العمل.
- تحليل المخاطر (Risk Analysis): تقييم المخاطر المحتملة، وتحديد الإجراءات الوقائية.
- عزل الطاقة (Isolation/Lockout-Tagout (LOTO)): يُقصد به فصل جميع مصادر الطاقة الكهربائية أو الهيدروليكية أو الهوائية عن المعدة، ووضع أقفال (Lockout) وبطاقات تحذيرية (Tagout) عليها؛ لمنع التشغيل غير المقصود أثناء أعمال الصيانة أو إعادة التجميع.

- **معدات الوقاية الشخصية (PPE):**
استخدام المعدات المناسبة (القفازات، والنظارات، وأحذية السلامة، ومعدات حماية السمع، والملابس الواقية) حسب المهمة.
- **التعامل مع السوائل الخطرة:**
الحذر والتعامل الآمن مع السوائل المتبقية، ووجود خطة للانسكابات.
- **العمل في الأماكن المحصورة/الارتفاعات:**
الالتزام بالإجراءات والاحتياطات الخاصة بهذه البيئات (التهوية، والإنقاذ، ونقاط الربط).

2. فهم الغرض والوظيفة:

قبل البدء بوضع أي جزء في مكانه، يجب التأكد من فهم المعدة ككل، ووظيفة كل جزء فيها بوضوح، حيث يساعد هذا الفهم العميق على استكشاف المشكلات المحتملة، وتوقع التحديات، وضمان تركيب كل جزء بالطريقة الصحيحة ليقدم وظيفته المقصودة ضمن النظام الأكبر.

3. التخطيط المسبق وتنظيم العمل

(Pre-Planning and Work Organization):

تعدّ مرحلة التخطيط المسبق من الخطوات الجوهرية لضمان سير عملية إعادة التجميع بسلاسة ودقة، فهي تضع الأساس لتجنب الأخطاء وتوفير الوقت والجهد، ويشمل هذا الإجراء ما يأتي:

- **مراجعة الوثائق:**
الاطلاع على رسومات الشركة المصنعة، وأدلة الصيانة، وقوائم الأجزاء، فهذه الوثائق هي خارطة الطريق لترتيب التجميع الصحيح.
- **تسلسل التفكيك:**
عملية التجميع غالباً ما تكون عكس عملية التفكيك، لذا يجب توثيق خطوات التفكيك بشكل جيد (الصور، والملاحظات، والفيديوهات)؛ لتسهيل عملية التجميع بشكل كبير.
- **تنظيم الأجزاء:**
وضع نظام لتصنيف الأجزاء المفككة وتخزينها، باستخدام علب مرقّمة، أو صواني مقسمة، أو أكياس تحمل علامات واضحة لكل مجموعة من الأجزاء، خاصة البراغي، والصواميل، وموانع التسرب، فهذا يمنع فقدان الأجزاء، ويوفر الوقت عند البحث عنها.

4. التنظيف والترتيب:

تعد النظافة أحد أهم العوامل التي تضمن نجاح عملية إعادة التجميع؛ فحتى أصغر جزيء من الغبار أو الشوائب يمكن أن يؤثر سلباً على أداء المعدة وعمرها الافتراضي؛ لذلك يجب اتباع ما يأتي:

■ التنظيف الشامل:

قبل إعادة تجميع أي مكون، يجب التأكد من تنظيف جميع الأجزاء جيداً، واستخدام مواد التنظيف المناسبة لنوع المادة، مثل المذيبات ومزيلات الشحوم، والتأكد من إزالة أي بقايا زيت قديم، أو أوساخ، أو تأكل.

■ التجفيف والتفتيش:

بعد التنظيف، يجب تجفيف الأجزاء تماماً، وفحصها بحثاً عن أي تلف، أو شقوق، أو تأكل لم يكن واضحاً قبل التنظيف؛ لاكتشاف أي مشكلات محتملة قبل التجميع.



■ بيئة عمل نظيفة:

الحفاظ على بيئة عمل نظيفة ومنظمة؛ لتقليل فرص تلوث الأجزاء أثناء التجميع.

5. استخدام الأدوات الصحيحة المناسبة:

الاستخدام الصحيح للأدوات والالتزام بقيم عزم الربط أمر حاسم لسلامة وأداء المعدات، ومن أبرز ما يجب مراعاته في ذلك ما يأتي:

■ الأدوات المناسبة:

استخدام الأدوات الصحيحة لكل مهمة؛ فالأدوات غير المناسبة يمكن أن تتلف الأجزاء أو تتسبب في إصابات.

■ مفاتيح العزم (Torque Wrenches):

تُعد مفاتيح العزم ضرورية لربط البراغي والصواميل بالقوة المحددة من الشركة المصنعة، والربط الزائد يمكن أن يتلف الخيوط، أو يسبب إجهاداً للمادة، بينما الربط الناقص يمكن أن يؤدي إلى تفكك الأجزاء أو حدوث تسربات.

■ قيم العزم المحددة:

اتباع قيم العزم الموصى بها في دليل الصيانة بدقة، وإذا لم تكن متوفرة، يجب استخدام المبادئ الهندسية العامة وقيم العزم القياسية للبراغي.

■ نمط الربط:

في المكونات التي تحتوي على عدة براغي، مثل أغلفة المضخات، ورؤوس الأسطوانات، يجب اتباع نمط الربط الموصى به - عادةً نمط نجمي أو حلزوني - لضمان توزيع متساوٍ للضغط ومنع التشوه.

6. فحص المكونات واستبدال المواد الاستهلاكية:

تعد هذه الخطوة من أهم مراحل إعادة التجميع، فهي تضمن أن تعمل المعدة بكفاءة وأمان بعد التشغيل، ويتطلب ذلك التحقق من سلامة الأجزاء واستبدال المواد التي لا يُنصح بإعادة استخدامها لضمان الأداء الموثوق وطول عمر الخدمة، وتشمل الآتي:

■ فحص المكونات واستبدال الأجزاء الحيوية؛

لضمان الأداء الموثوق وطول عمر المعدة بعد إعادة التجميع.

■ التفتيش الدقيق:

فحص كل جزء بعناية بحثاً عن أي علامات تآكل، أو تشوه، أو تلف، وإذا كان هناك أي شك في سلامة جزء ما، فيجب استبداله.

■ تحديث المواد الاستهلاكية الجديدة:

حيث يجب استبدال المواد الاستهلاكية مثل الآتي:

■ الجوانات (Gaskets): يجب تجنب إعادة استخدام الجوانات القديمة.

■ الموانع الميكانيكية (Mechanical Seals): يجب التعامل معها بحذر شديد، واستبدالها وفقاً لتوصيات الشركة المصنعة.

■ مواد التشحيم (Lubricants): استخدام النوع الصحيح والكمية المناسبة من الزيوت أو الشحوم عند إعادة التجميع.

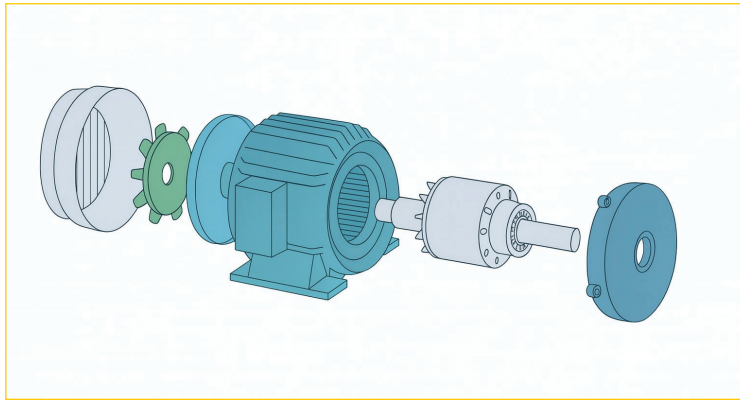
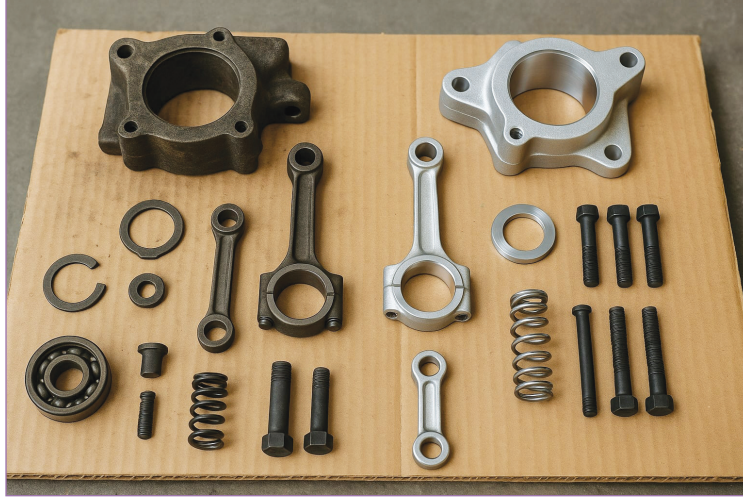
■ المثبتات الكيميائية (Thredlockers) والمواد المانعة للتسرب (Sealants): استخدامها عند اللزوم وفقاً للمواصفات.

7. تنظيم الأجزاء المفككة لإعادة التجميع:

تنظيم الأجزاء المفككة هي خطوة أساسية لعملية إعادة تجميع ناجحة وفعالة، ويضمن هذا التنظيم عدم فقدان المكونات، ويقلل من الأخطاء، ويوفر وقت الفني وجهده، ولتنظيم الأجزاء المفككة يجب اتباع الآتي:

1 وضع علامات وتصنيف دقيق:

- وضع علامات واضحة: على كل جزء أثناء التفكيك، خاصة للأجزاء المتشابهة، أو التي تتطلب ترتيباً محدداً.
- تسجيل التسلسل: توثيق ترتيب التفكيك (بالصور، أو الفيديو، أو الملاحظات)؛ ليكون دليلاً لإعادة التجميع العكسي.
- فصل القديم عن الجديد: فصل الأجزاء التالفة أو المستبدلة عن الأجزاء الجديدة بوضوح؛ لتجنب الخلط.



وضع العلامات والتصنيف الدقيق للأجزاء

2 التخزين المنظم والآمن:

- استخدام حاويات مناسبة: كالصناديق، أو العلب، أو الأكياس البلاستيكية المرقمة والموسومة؛ لتخزين الأجزاء الصغيرة والمجموعات الفرعية.
- حماية الأسطح الحساسة: تغطية وحماية الأسطح الدقيقة؛ لضمان عدم تعرضها للتلف أو التلوث.
- التخزين بالتسلسل: ترتيب الأجزاء في منطقة العمل؛ بحيث تكون الأجزاء التي سيتم تركيبها أولاً في متناول اليد.
- موقع آمن ونظيف: حفظ جميع المكونات في مكان آمن، ونظيف، وبعيد عن أية مخاطر.

3 قوائم المراجعة والجرد:

- قائمة جرد كاملة: إنشاء قائمة مفصلة بجميع الأجزاء المفككة، ومقارنتها بدليل الصيانة للتأكد من اكتمالها.
- التحقق من التوفر: قبل البدء بالتجميع، يجب التأكد من وجود جميع الأجزاء الجديدة والمواد الاستهلاكية اللازمة لتجنب التوقفات.

ضمان المحاذاة والدقة في إعادة التجميع والاختبار الوظيفي

تعد المحاذاة والدقة أساساً لإعادة التجميع الناجح، بينما يضمن الاختبار والتحقق الوظيفي سلامة وأداء المعدة قبل إعادة تشغيلها للخدمة، ويتم ذلك باتباع الخطوات الآتية:

1. ضمان المحاذاة والدقة:

تؤدي دقة إعادة التجميع المعدات دوراً في حمايتها من التآكل المبكر والفشل، وتشمل الدقة ما يأتي:

■ المرجعية الهندسية:

اتباع دليل الشركة المصنعة بدقة لتحديد التفاوتات (Tolerances)، والخلوصات (Clearances) الضرورية، وفي حال عدم توفره، تتم الاستعانة بالمعايير الصناعية (ISO, ASME, API) كدليل إرشادي.



المعايير الصناعية

(ISO, ASME, API):

هي مواصفات عالمية تضمن جودة وكفاءة وسلامة المعدات، وتساعد في تقليل الأخطاء وتحقيق التوافق الصناعي، كالآتي:

- ISO: توحيد المواصفات عالمياً.
- ASME: معايير تصميم وفحص المعدات الميكانيكية.
- API: معايير خاصة بصناعة النفط والغاز.

■ القياس الدقيق:

استخدام أدوات قياس عالية الدقة، مثل القدمة ذات الورنية (Vernier Caliper)، والميكروميتر، ومقاييس الشق؛ للتحقق من الأبعاد والخلوصات خلال عملية التجميع.

■ تقنيات المحاذاة:

- البدء بالضبط البصري الأولي للمكونات الكبيرة.
- استخدام مؤشرات القرص؛ لقياس الاستواء والمركزية بدقة.
- الاعتماد على محاذاة الليزر للأعمدة والمكونات الحرجة لأقصى دقة؛ فذلك يوفر قراءات رقمية دقيقة لتوجيه التعديلات.

■ نظافة الأسطح:

التأكد من أن جميع الأسطح المتزاوجة نظيفة تماماً ومستوية؛ لضمان التلامس المنتظم، وتجنب التشوهات.

■ التسلسل والشد المتحكم به:

اتباع التسلسل المحدد في الدليل عند تركيب المكونات، والشد تدريجياً وبنمط متصالب أو نجمي؛ لضمان توزيع متساو للضغط، ومنع الإجهاد.

2. الاختبار والتحقق الوظيفي:

هذه المرحلة ضرورية لتأكيد جاهزية المعدة للتشغيل الآمن والفعال، وتشمل الآتي:

■ الفحوصات الأولية:

- الفحص البصري النهائي؛ للتأكد من وضع جميع الأجزاء وشد البراغي بشكل صحيح، وعدم وجود حطام.
- التحقق من مستويات السوائل الضرورية.
- التأكد من تأمين جميع التوصيلات الكهربائية، والهوائية، والهيدروليكية.
- إزالة إجراءات القفل والوسم (LOTO) بعد التأكد من سلامة المنطقة.

■ التشغيل التجريبي (Trial Run):

- البدء بالتشغيل اليدوي أو الدوران الحر للمكونات.
- تشغيل المعدة لفترة قصيرة، ويفضل أن يكون ذلك بدون حمل مع مراعاة الآتي:

- مراقبة أي ضوضاء أو اهتزازات غير طبيعية.
- فحص درجات الحرارة عند المحامل والمكونات الأخرى.
- البحث عن أي تسربات للسوائل أو الغازات.
- اختبار أجهزة التحكم والاستشعار.

- اختبار الحمل التدريجي (Load Testing): عند الضرورة، يجب إجراء اختبار الحمل التدريجي لتقييم أداء المعدة تحت ظروف التشغيل الفعلية.

■ التوثيق وتحديث السجلات:

- تسجيل جميع نتائج الفحوصات والاختبارات والملاحظات.
- تحديث سجلات الصيانة الخاصة بالمعدة بتفاصيل عملية إعادة التجميع، والأجزاء المستبدلة، والتعديلات.
- الإبلاغ فوراً عن أي مشكلات أو انحرافات تم اكتشافها لاتخاذ الإجراءات التصحيحية.

ضبط أو استبدال الأجزاء المعيبة من المعدات

(Adjustment or Replacement of Faulty Parts of Equipment)

في عالم الصيانة الميكانيكية، تعتبر عملية ضبط أو استبدال الأجزاء المعيبة من العمليات الحيوية للحفاظ على كفاءة المعدات واستمرارية تشغيلها؛ فالأجزاء المعيبة أو غير المضبوطة تؤدي إلى انخفاض الأداء، وزيادة استهلاك الطاقة، وتسبب أعطالاً مفاجئة قد تؤدي إلى توقف العمليات بالكامل؛ لذلك ولضمان السلامة والجودة، من الضروري تحديد الأجزاء التي تتطلب ضبطاً دقيقاً أو استبدالاً.

أهمية تطبيق عمليات الضبط والاستبدال بشكل صحيح

يُعد الضبط الدقيق واستبدال الأجزاء المعيبة من الممارسات الأساسية لضمان كفاءة وأمان تشغيل المعدات الميكانيكية، فتنفيذ هذه العمليات بشكل صحيح لا يقتصر فقط على إصلاح الأعطال، بل يمتد تأثيره إلى منع الأعطال المستقبلية، ويؤدي تطبيق الضبط والاستبدال بشكل صحيح إلى الآتي:

- تحسين الأداء: يعيد الضبط المعدات إلى حالتها المثلى.
- إطالة العمر التشغيلي: يقلل من التآكل، ويحمي الأجزاء الأخرى من التلف.
- ضمان السلامة: يمنع الحوادث الناتجة عن الأعطال المفاجئة.
- خفض التكاليف: يقلل من الأعطال المكلفة والتوقفات غير المخططة.

تحديد الأجزاء المعيبة وفق معايير المعدات الميكانيكية

- يتم تحديد الأجزاء المعيبة بناءً على مجموعة من المؤشرات والمعايير، منها ما يأتي:
1. الفحص البصري: ظهور تآكل واضح، أو تصدعات، أو كسور، أو تغير في اللون.
 2. الاهتزازات والأصوات غير الطبيعية: ارتفاع مستويات الاهتزاز، أو سماع أصوات احتكاك أو ضوضاء غير معتادة.
 3. انخفاض كفاءة الأداء: بطء الحركة، أو ضعف الإنتاجية، أو استهلاك طاقة أكبر من المعتاد.

4. الاختبارات الفنية: قياس درجات الحرارة، وسرعة الدوران، ومستوى الاهتزاز، وضغط التشغيل.

5. مطابقة القيم للمعايير الفنية: مقارنة نتائج الفحص بالقيم القياسية الصادرة عن الشركة.

معايير اتخاذ قرار الضبط أو الاستبدال للمكونات الميكانيكية

يوضح الجدول الآتي مجموعة من حالات التآكل أو التلف التي قد تصيب المكونات الميكانيكية، مع القرار المناسب الواجب اتخاذه في كل حالة:

الحالة	القرار المناسب
وجود تآكل بسيط	ضبط الجزء
تآكل أو تلف متوسط	ضبط مع مراقبة مستمرة
تشقق أو كسر واضح	استبدال فوري
فقدان جزء من التركيب	استبدال فوري
اهتزازات متكررة رغم الضبط	استبدال المكون

تقنيات الضبط الدقيق للمعدات واستبدال المكونات بأمان

تُعد عمليات الضبط والاستبدال من الخطوات الحاسمة في صيانة المعدات الميكانيكية، إذ تُسهم في استعادة الأداء الأمثل وتقليل احتمالية الأعطال مستقبلاً، ويتطلب ذلك دقة عالية، واتباع إجراءات سلامة صارمة أثناء تنفيذ هذه العمليات، كما هو موضَّح فيما يأتي:

- معايرة الأجزاء المتحركة باستخدام أدوات قياس دقيقة، مثل الميكرومتر وأجهزة الليزر.
- ضبط التروس والمحاور؛ بحيث تكون الحركة سلسلة وخالية من الاحتكاك الزائد.
- شد البراغي والوصلات إلى العزم المحدد باستخدام مفاتيح عزم معايرة.
- فصل جميع مصادر الطاقة قبل بدء العمل.
- تفريغ السوائل والضغط من النظام.
- استخدام أدوات الرفع المناسبة لتفكيك الأجزاء الثقيلة.
- تركيب القطع الجديدة أو المجددة وفق تعليمات الشركة المصنعة.
- اختبار المعدات بعد التركيب؛ لضمان عملها بشكل سليم.

الأدوات المستخدمة في الضبط والاستبدال

تُعد عملية ضبط واستبدال الأجزاء المعيبة من المهام الأساسية في صيانة المعدات الميكانيكية، وتتطلب مجموعة متنوعة من الأدوات لضمان تنفيذ العمليات بدقة وأمان، ويعتمد اختيار الأداة المناسبة على نوع العطل وطبيعة الجزء المطلوب التعامل معه، كما أن استخدام الأدوات الصحيحة يُسهم في تقليل وقت الصيانة، ويمنع حدوث تلف إضافي للمعدات، ويوضح الجدول الآتي الأدوات الأكثر شيوعاً المستخدمة في عمليات الضبط والاستبدال، ووظيفة كل أداة:

الأداة	الاستخدام
الميكروميتر	قياس الأبعاد بدقة عالية.
مفاتيح العزم	شد البراغي وفق القيم المحددة.
أجهزة قياس الاهتزاز	مراقبة الاهتزاز أثناء التشغيل.
معدات الحماية الشخصية	ضمان السلامة.
الروافع الصغيرة	رفع وفصل المكونات الثقيلة.



أسئلة الوحدة

- 1 ما تقنيات الفحص البصري الأساسية؟
- 2 اذكر ثلاثة مؤشرات مرئية تدل على وجود تلف في المعدات؟
- 3 لماذا يعتبر التوثيق أثناء الفحص البصري ضرورة؟
- 4 ما فوائد الفحص البصري المنتظم للمعدات؟
- 5 أذكر أدوات القياس الدقيقة المستخدمة في اختبار المعدات؟
- 6 أذكر أهم أنواع الاختبارات للمعدات الميكانيكية؟
- 7 عرف الاختبارات غير الإتلافية والاختبارات الإتلافية؟
- 8 ما الخطوات الأساسية لتفكيك المعدات الميكانيكية؟
- 9 اذكر ثلاثة من الأدوات الأساسية التي تُستخدم في عملية التفكيك.
- 10 لماذا يُعتبر توثيق عملية التفكيك أمرًا ضروريًا لنجاح الصيانة؟
- 11 اذكر مبادئ إعادة تجميع المعدات الميكانيكية؟
- 12 ما المعايير التي يتم من خلالها تحديد ضرورة ضبط أو استبدال الأجزاء المعيبة؟
- 13 ما الفرق بين الضبط والاستبدال في الصيانة الميكانيكية؟
- 14 اذكر بعض الأدوات المستخدمة في عمليات الضبط والاستبدال.
- 15 ما أهم إجراءات السلامة عند استبدال مكونات المعدات؟

رقم الإيداع
٢٠٢٥/٩٨٩٥ م

www.moe.gov.om



هندسة التصنيع الميكانيكية

الصف الثاني عشر · كتاب الطالب · الفصل الدراسي الأول