

# التصنيع بمعاونة الكمبيوتر Computer Aided Manufacture CAM

أولاً: مفاهيم أساسية:

التصنيع بالحاسب والتصنيع بمعاونة الحاسب والتصنيع باستخدام الحاسب كلها مرادفات لمعنى واحد أطلق عليه باللغة الإنجليزية Computer Aided Manufacturing الذى يختصر إلى الحروف .CAM.

توفر تكنولوجيا الكام CAM الوقت والتكلفة فى الإنتاج والتسويق وذلك بتحويل تصميمات الحاسب CAD إلى نموذج مادي دقيق للغاية كما تسمح بعمل المنتجات النهائية الاستخدامية خاصة ذات التفاصيل الدقيقة المعقدة بشكل سريع . وتتعدد أشكال نظم الكام فمنها ما يستخدم لإنتاج الأحجام الكبيرة من المنتجات كأجزاء السيارات والقطارات والطائرات ومنها ما يستخدم لإنتاج الأحجام الصغيرة منها كالحلى وقطع المجوهرات .

ويتضمن هذا المجال الأخذ فى النمو والانتشار فى كافة مجالات الإنتاج، الاستفادة من تقنيات الحاسب فى توجيه أنواع من الماكينات رقمياً أو أوتوماتيكياً لإنتاج منتجات تتميز بالدقة بسرعة عالية.

يستخدم الكمبيوتر كمساعد للتصنيع CAM ليس فحسب فى التحكم فى ماكينات التشغيل على اختلاف أنواعها كالمخارط ، المثاقب ، ... الخ ، وإنما أيضاً فى عمليات التخطيط والتحكم فى الإنتاج ولقد تحقق التكامل بالفعل بين التصميم والإنتاج بفضل الاستخدام المتنامى لتكنولوجيا الحاسبات فيما يسمى بنظم تكامل التصميم والتصنيع بمعاونة الحاسب CAD/ CAM Integrated Systems ويقوم العمل فى هذه الأنظمة على استخدام المعلومات والبيانات الناتجة من عملية التصميم بالكمبيوتر CAD Process مباشرة فى إجراءات التصنيع بالكمبيوتر CAM Procedures .

ويتصف نظامى التصميم بمساعدة الحاسب CAD والتصنيع بمساعدة الحاسب cam فى تكاملهما معا بفاعليتهما فى إتاحة الفرصة للصناعة الهندسية للوصول إلى أعلى مواصفات التصميم والتصنيع الهندسى ، وفى نفس الوقت تحقيق أهداف الإنتاج .

وهناك العديد من الصناعات التى استفادت من التقدم المذهل فى هذا المجال. وتعتبر صناعة السيارات أولى الصناعات التى استخدمت تقنيات CAD / CAM ، التى أدركت فى مرحلة مبكرة انه من الممكن نشر المزايا الخاصة بتوفير الجهد والنفقات الناتجة عن استخدام CAD / CAM إلى الشركات ذات الأحجام الصغيرة .

وفى الواقع انه يمكن التأكيد بان نظام CAD/CAM من أهم العوامل التقنية التى أدت إلى إحداث تغيرات جذرية فى الإنتاج فى نهاية هذا العقد ، ووفقاً لما يشير إليه المصطلح CAD/CAM فإنه يعنى استخدام تجهيزات الكمبيوتر بهدف تحقيق تكامل جميع عمليات الإنتاج فى نظام شامل للتصنيع وتستخدم أنظمة الكمبيوتر فى الوقت الراهن على نطاق واسع فى الصناعات الهندسية بالنسبة للتصميم وتصنيع العديد من المكونات .

وقد تم توجيه قدر كبير من الاهتمام إلى CAD / CAM فى مختلف أنحاء العالم، والهدف الأول لهذه المجموعة من المفاهيم استخدام تكنولوجيا الكمبيوتر المتاحة بهدف مساعدة المصممين والصناع فى أداء المهام .

وبوسع المصممين أن يحددوا أجزاء الشكل بصورة مفصلة ، وكذلك تحليل الإجهاد والانحراف واختيار الأفعال الميكانيكية واعداد الرسوم الهندسية من خلال نظام CAD / CAM . وبالإضافة إلى ذلك فإنه من الممكن أن يستمد المصمم أو مهندس الإنتاج الأوصاف الهندسية التى يتم الحصول عليها من CAD كنقطة بداية بهدف الحصول على أكواد NC وتحديد خطة العملية وتوجيه الروبوت وإدارة عمليات المصنعة باستخدام CAM .

ويلاحظ ان استخدام الكمبيوتر فى إعداد التصميمات الأولية للحصول على منتجات جديدة يفسح المجال نحو استثمار ثروة من البيانات الأصلية التى تم تحديدها فى هذه المرحلة من التصميم ، مع توافر المقدرة على نقل البيانات الرقمية عبر برنامج التصميم بالكمبيوتر إلى البرامج الأخرى الخاصة بالإنتاج والتصنيع ، بحيث يودى ذلك إلى إمكانية تحسين الكفاءة الكلية فى العمليات الممتدة

من التصميم إلى التصنيع بصورة ملموسة .  
المصانع الرقمية

المصانع الرقمية هي محور حديث العالم الصناعي اليوم. إن المصنع الرقمي في أكمل صورته هو وحدة الإنتاج التي يتم ميكنتها معلوماتياً بالكامل، والتي تكون قادرة على تلقي طلبات الشراء عبر التليفون أو الإنترنت أو أي من وسائل التجارة إلكترونية المتطورة الأخرى و تلبئها بحيث يصل المنتج إلى طالبه خلال زمن محدود قد لا يتجاوز دقائق من لحظة إصدار أمر الشراء أو التنفيذ. كما يمكن أن يتوفر هنا إمكانية الالتزام بتنفيذ بإجراء أية تعديلات أو إضافات خاصة قد يرغب المشتري في وجودها.

وتسمى مثل هذه المصانع الرقمية أيضا بمصانع لاتصال المباشر Online وهذا بالطبع يعنى أن وراء هذا النظام بنية أساسية عريضة من نظم المعلومات المترابطة معا، فلكي يتم تنفيذ أوامر الشراء في الوقت المحدد وبالشكل المطلوب، لا بد أن تصل المعلومات الواردة في أمر الشراء بعد دراسة منطقتها وإمكانية تنفيذها وأساليب هذا التنفيذ في خلال ثوان معدودة إلى نظام المعلومات الذي يتحكم في خطوط الإنتاج في المصانع، ونظام المعلومات الخاص بالتسويق والمبيعات، ونظام معلومات الخاص بأقسام التعبئة والنقل والتوزيع، ونظام معلومات للتعامل مع موردي خامات الإنتاج وقطع الغيار .

ثانياً: مزايا نظم التصنيع بالحاسب

للحاسب الألى أهمية كبيرة وتميز ملموس عندما يوظف لخدمة العمليات الإنتاجية. من المنطقي قبل البدء في اختيار تطبيق نظام CAD / CAM أن تتوافر فكرة واضحة حول الأهداف التي يجب ترسيخها ثم تحقيقها باستخدام هذا النظام ، وتشمل هذه الأهداف .

ومن الممكن الحصول على مزايا قوية من نظام CAD/CAM في الانتقال من مراحل التخيل والتصور لشكل المنتج الى وضعه حيز التنفيذ سواء كان ذلك كنموذج اولى او كمنج استخدامى. ولعل أهم هذه المزايا، تقليل العمل اليدوى الشاق وتحسين الاستمرارية " التطوير " والدقة في كل من التصميم والتصنيع وبالإضافة إلى ذلك تشمل النتائج طويلة الأمد تحسن الجدولة وتتابع عمليات التشغيل والرقابة والاتصال بين أجزاء الوحدة الإنتاجية. لكن المزايا الحقيقية

أ. التصميم الأمثل Optimum Design:

ظهر بشكل واضح انه من أهم المزايا الملموسة للغاية عن طريق تطبيق نظام CAD/CAM المقدره على التوصل إلى التصميم الأفضل أو الأمثل بصورة فعلية وكذلك إجراء التباديل اللازمة في وقت اقصر وتكاليف اقل ، والهدف النهائي هو التوصل إلى تحكم كامل للكمبيوتر على أنظمة الإنتاج والتصنيع . بحيث تسيطر الواصفات المحددة والمعايير الصناعية الثابتة على بناء المنتج بحيث يخرج للعالم منتجا متكاملًا تمت السيطرة على كل جزئياته وعناصره.

ب- تصميم المنتجات والنظم المعقدة Complex Design :

إن حل معظم مشاكل التصميم المعقدة والمتعددة البيانات لا يمكن التعامل معها بسهولة إلا باستخدام الحاسب الألى . وتتطلب الحسابات الفنية لتصميم المنتجات المعقدة أو حتى بعض المنتجات البسيطة تناول كما هانلا من المعلومات والاعتبارات التي قد تتضمن قدرا كبيرا من حسابات معقدة لمقاومة الخامات للضغوط الميكانيكية والتحميل والاجهادات ومدى استجابة الخامة لعمليات التشغيل المتتابعة ثم استجابتها لأنواع الاستخدام فيما بعد ظهور المنتج النهائي. كما يتضمن أيضا قدرا مساويا من الحسابات الكمية والنوعية للخامات وعمل وتحديد المواصفات وبناء الجداول الخاصة بها وتحديد التوافق الهندسى والبينى لها.

ويترتب على هذا ضرورة استخدام أساليب مستحدثة ومتقنة يمكنها استيعاب هذا الكم الهائل من المعلومات التقنية لأجراء التفقيش والرقابة على جودة المنتجات. ومن بين هذه بل وأهمها الاستفادة من تكنولوجيا الاتصال الحديثة التي فرضت استيعاب سرعة استخدام الحاسب فى التعامل مع الرسوم والحسابات الفنية المطلوبة وتبادلها سواء مع العملاء أو مع إدارات الشركة المختلفة

ج . سهولة تطوير وتحسين جودة المنتج Well-developed design:

تبدأ العمليات الإنتاجية وتحديد مواصفات الجودة لمنتج ما مبكرا جدا فى مراحل التصميم الأولى. فعند عملية التصميم يحدد المصمم العناصر التي سيتعامل معها والرموز والأجزاء القياسية التي سيتداولها. ثم يكون عليه أن يخزنها لتكون دائما فى متناولها لكي يسترجعها فى أى وقت بسرعة

فائقة ليستخدامها في أى رسم جديد أو تصميم جديد أو حتى في تعديل التصميم القائم. على ذلك فإن عمل أرشيف فنى تقنى للتصميمات وللرموز والأجزاء والتكوينات السابقة الاستخدام أو قاعدة بيانات لها يحمل المواصفات الفنية والتركيبات وأنواع العلاقات بين الوحدات المختلفة المكونة للمنتج أمر ضرورى لمصمم جيد ولنظام فعال. مثل هذا الأرشيف هو شكل من أشكال قواعد البيانات المحدودة التى توفر للمصمم مرجعية مدروسة تسهل بناء وتعديل وتطوير المنتج.

إن إمكانية إنشاء مكتبة من رسومات الأجزاء والحلول التصميمية الخاصة بمنتج ما فى شكل قواعد بيانات يسهم أيضا والى حد بعيد فى إيجاد معايير لتحسين جودة الإنتاج. كما أن سهولة استخدام قواعد البيانات هذه فى التأكد من مطابقة المنتج للمواصفات القياسية على أكمل وجه ومن ثم الوصول إلى منتجات مثالية قد أصبح فى متناول حتى المنتجين وأقلهم استثمارا فى مجال الحاسبات.

#### د. الاستخدام الأمثل للموارد Optimum use of resources:

يتيح الحاسب إمكانية ترشيد استخدام الموارد من الخامات والمكونات والطاقات المتاحة والمطلوبة للتصميمات الهندسية والصناعية. فيمكن له من خلال قاعدة البيانات الموجودة لديه عن كافة أجزاء منتج ما:

- أن ينتج قوائم الخامات وقوائم ومعايير ومحددات مراقبة الجودة وأساليب الاختبار ومعداتها،
- استحداث برامج تراقب مناطق الاتصال والتداخلات بين الأجزاء وتحلل البناء الهيكلى Structure وتجرى تقييما مستمرا للمساحات والحجوم والأوزان لأى جزء من أجزاء المنتج تحت التصنيع وتأثير ذلك على بناء المنتج الكلى.
- حساب ملائمة الخامات المختارة للأحمال والإجهادات التى قد تطرأ على الخامات فى أثناء عمليات التشغيل التى وقع الاختيار الفعلى عليها أو عند الاستخدام الفعلى للمنتج وإظهار تأثيرها على الجزء المصمم، حيث يمكن مراجعتها.

#### و. منتج متميز ذو صفات خاصة Distinguished Design:

تتميز نظم الكام بدقة لا مثيل لها فيما نعرفه من نظم الإنتاج الأخرى فى إنتاج النماذج والمنتجات سواء كان ذلك فى القدرة الواسعة لهذه النظم لتنفيذ التقنيات المعقدة او فى إنهاء الأسطح بلامس ودرجات نعومة لم تكن متاحة من قبل فى أى من نظم الإنتاج التقليدية المعروفة. وهذا بالتأكيد يعطى المصمم قدرا أكبر من الحرية فى التصميم دون النظر فى إمكانية التنفيذ حتى إذا احتوى التصميم على عناصر صعبة التشغيل بالماكينات التقليدية كوجود تجاويف ضيقة أو مسارات معقدة أو وجود فتحات وتجاويف محجوبة جزئيا (Under cut)

#### ز. استخدام مواد وخامات آمنة ومتطورة Safer Materials:

تتوافق معظم تقنيات التصنيع بالحاسبات مع استعمال مواد آمنة صحيا وبيئيا Non-Toxic & echo-friendly لا تؤثر على الصانع أثناء تداولها فى مراحل العمليات الإنتاجية المختلفة، كم أنه وبنفس القدر ليس لها تأثير على مستخدم المنتج عند تمام صنعه. كما تتوافق أيضا مع استخدام خامات وسيطة سريعة الذوبان، لا ينتج عنها مخلفات من رماد كما أن هذه الخامات الوسيطة التى تتوافق معها موفرة للطاقة بشكل واضح فلها درجة حرارة انصهار منخفضة إلى حد كبير.

#### ح. الملائمة المكانية والحيز المحدود Limited Space requirements:

ماكينات التشغيل بنظم الكام يمكن أن تكون صغيرة الحجم إلى حد بعيد، مما يوفر عدم الحاجة إلى حيز كبير إذ قد يكفى حيز محدود كجزء من غرفة مثلا لاستيعابها. الأمر الذى يمكن المصمم من اقتناء نماذج منها لإنتاج نماذج الأولية بشكل ميسور. والأجهزة التى تنتجها شركة مثل سوليد سكيب (SolidScape) أو ديلكام DelCAM والتى تتوافق مع معظم نظم الكاد CAD المعروفة باستخدام الحاسب الشخصى هى نماذج جيدة للماكينات من هذا النوع.

#### ط. حلول تصميمية مبتكرة Creative Design Solutions:

تتميز نظم الكام ليس فحسب بدقة لا مثيل لها فيما نعرفه من نظم الإنتاج الأخرى فى إنتاج النماذج والمنتجات مما يعطى المصمم الحرية فى التصميم دون النظر فى إمكانية التنفيذ. بل وأيضا القدرة الواسعة على العمل حتى إذا احتوى التصميم على عناصر صعبة التشغيل بالماكينات التقليدية كوجود تجاويف ضيقة أو وجود فتحات محجوبة جزئيا (Under cut)

## ى. جودة إنتاجية عالية High Product Quality:

يمكن أن تعطي جودة إنتاجية عالية جدا تطابق أعلى المواصفات العالمية وبإنهاء وتشطيبات عالية الجودة Excellent casting quality مما يجعلها أحيانا لا تحتاج إلى عمليات إنهاء تعقب إنتاجها.

تتاح هنا فرصة جيدة للتقييم المباشر للخطط الإنتاجية من قبل المستوى الإدارى الأعلى مما يجعل من السهل تجنب مشاكل تتعلق بالتشغيل والخامات والمكونات قبل التنفيذ. كل هذه الإمكانيات لا تتيح فقط منتجا ذى جودة عالية وأداء جمالى متميز بل واقتصادي فى خاماته وعملياته الإنتاجية بل وحتى فى أساليب التسويق أيضا.

## ك. تطبيقات واستخدامات متنوعة Wide range of Applications:

تستخدم نظم الكام فى التطبيقات الطبية فى عمل الأجهزة التعويضية وبدائل أعضاء الجسم الدقيقة جداً فقد ثبت نجاحها فى زرع الفقرات فى جسم الإنسان، بنفس درجة النجاح الذى يمكن أن تستخدم به فى إنتاج الأجزاء الآلية والمنتجات الصغيرة العالية الدقة ، حتى أنه قد أمكن استخدامها فى صنع التركيبات الطبية والمفاصل الصناعية وبعض الأعضاء الدقيقة جداً فى جسم الإنسان ، مثل بديل لعظام الفقرات أو عظام الأطراف فى جسم الإنسان. ويستفاد من هذه الميزة صناعيا فى إنتاج نماذج لمنتجات الصغيرة كقطع الحلى وأجزاء الساعات أو أى نماذج مماثلة قد لا يتجاوز حجمها ملليمترات قليلة.

كما تستخدم فى التطبيقات العسكرية وفى صنع المكونات والمعدات الإلكترونية بالغة الدقة والتعقيد وكذلك فى أجزاء المنتجات بالغة الحساسية.

## ل. بديل متميز فى المنتجات الدقيقة Distinctive Alternative:

تستخدم فى عمل نماذج لمنتجات صغيرة كقطع الحلى وأجزاء المنتجات الدقيقة كالساعات ومكونات الحاسبات أو أى نماذج مماثلة فى الحجم قد لا يتجاوز حجمها ملليمترات قليلة. توفر منتجات ذات دقة متناهية حتى أنه قد أمكن توظيفها بنجاح بالغ فى صنع التركيبات الطبية والمفاصل الصناعية وبعض الأعضاء الدقيقة جداً فى جسم الإنسان ، مثل الأسنان الصناعية وبدائل لعظام الفقرات أو عظام الأطراف فى جسم الإنسان.

## م. خفض تكاليف الإنتاج Low Cost Production:

يندرج فى هذا النطاق كل عمليات خفض التكلفة والوقت والفاقد فى كل مراحل العملية التصميمية وعمليات الإنتاج المختلفة. ومنها خفض تكاليف التصميم والإنتاج من خلال خفض ساعات العمل فيهما.

ثالثا: دعائم التكنولوجيا المتقدمة فى التصميم والتصنيع

وتوفر أنظمة CAD/CAM الفرصة لأداء بعض الجوانب الأساسية فى عملية التصنيع والتصميم وإعداد الرسوم ومتابعة ورقابة وتخطيط الإنتاج وتداول المواد واختبارات خطوط تجميع المواد ورقابة العمليات الداخلية بالمصنع معتمدة على الاستفادة من التكنولوجيا المتقدمة و تطبيقات الحاسب فى المجالات الآتية:

- الذكاء الصناعى Artificial Intelligence
- النمذجة Modeling
- المحاكاة Simulation
- التحكم الرقمى Numerical Control
- الواقع الافتراضى Virtual Reality
- تكنولوجيا المعلومات وشبكة الإنترنت Information Technology

ويندرج تحت هذا المجال عددا كبيرا من التقنيات الهندسية أهمها تقنيات تستخدم للإنتاج والتحكم والتصنيع والنمذجة، وغيرها من العمليات التصميمية أو الصناعية سواء التى تسهم مباشرة فى تصنيع المنتج أو بشكل غير مباشر فى العمليات المساعدة لها . ويمكن تقسيم هذه التقنيات إلى:

## تقنيات الإنتاج والتصنيع manufacturing Technology :

- التحكم الرقمى NC
- التحكم الرقمى بالحاسبات CNC

- الإنسان الآلي "الروبوت" Robotics
- الميكنة عالية السرعة High Speed Machining
- النموذج الأول السريع Rapid Prototyping
- التشغيل بالليزر Laser Machining ❖
- الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printers and Plotters ❖
- البناء الطبقي ثلاثي الأبعاد 3D Layer Structure ❖

### تقنيات ونظم التحكم الصناعي Control Systems :

- التحكم في العمليات الصناعية Operation Control
- الرقابة على الجودة Quality Control
- الفحص الآلي Automated Inspection

### نمذجة التصميم Design Modeling :

- النمذجة الجرافيكية Graphical Modeling
  - نماذج تقليدية Conventional Models
  - نماذج الحاسبات 3D Computer Models
- النمذجة الرياضية Mathematical Modeling
- النمذجة الهندسية Geometric Modeling
- المحاكاة Simulation
- النمذجة الافتراضية Virtual Modeling
  - نماذج الواقع الافتراضي Virtual Reality
  - المنتج الافتراضي Virtual Product

رابعاً: النمذجة والمحاكاة بالحاسبات:

أ. النمذجة modeling

تعريف النمذجة:

هي عملية التعرف على واكتشاف السمات والمهارات والممارسات والقدرات وتتميزها وبناء القدرة على تكرارها أو نقلها أو إظهارها. وهناك فرق واضح بين النمذجة والاستنساخ التقليدي فكلاهما يمكنه أن ينقل الصفات والإمكانيات، ويكمن الفرق في نوعية الصفات والإمكانيات أو المهارات المنقولة. ويكون الاستنساخ التقليدي ناتجا عن مهارة بشرية أو آلية تأتي من النظرية والخبرة. بينما في النمذجة تأتي المهارة والإمكانيات من القدرة على فك لترميز قد يكون غير مدرك حسياً أو معنوياً أحياناً.

مستويات النمذجة

النمذجة البسيطة: وهي اكتشاف أو التعرف على صفات وأنماط وأساليب وطريقة الإنتاج أو الاستخدام ونقلها، وتركز على حصيلة من المعارف تناول ما يتضمن هذا المنتج من الخبرة أو المهارة حتى وصل إلى ما وصل إليه من ابتكار في الشكل أو البناء منتج معين أو حتى تطور في الملامح عن منتج آخر يسبقه. وتكون عبر اكتشاف مجموعة فروق، طرق، عمليات، وأثرها في المنتج

النمذجة العميقة: تركز على كيف ولماذا هذه المهارات أو الصفات أو الخبرات وتعرف بمتابعة ما وراء هذا المنتج من معتقدات، معايير، برامج عقلية، إمكانات الأنظمة التمثيلية، لاستراتيجيات التي ولدت الفروقات والطرق، العمليات التي أدت إلى بناءه أو التي تنتج عنه. وتتضمن هذه التعرف على عناصر المتميز مثل الأداء الممكنة ويعكسه أيضاً الأداء المعوقة، والمعايير والمفهوم الذهني الداخلي (الاستراتيجية المعرفية) كيف ترتب الأفكار

أبعاد النمذجة الأربعة:

النمذجة المفصلة: التعرف على وإعادة صياغة كل (ماذا) ما يقف وراء التصميم.

النمذجة الكلية: التعرف على وإعادة بناء عدد من الكليات التي يمكن أن تتمذج الصورة الكلية بدون التطرق إلى تفاصيل هذه الكليات.

النمذجة الواعية : بقاء المصمم في موقع علوي (مراقب) ومراقبة سلوك وأداء وصفات المنتج بدون الانخراط في تجربة مباشرة معه.

النمذجة غير الواعية : الاتصال القوي والألفة العميقة بالمنتج وبالتالي التفاعل الكامل معه في حالته والتعرف بذلك على نموذج العالم أو بعضه.

النمذجة بالحاسبات

النمذجة بالحاسبات هو استعمال الحاسبات في تمثيل أشياء ومحاكاة العمليات. نماذج الحاسب لها قيمة علمية عالية لأنها تسمح لشخص ما أن يدرس استجابة النظام أو الشيء المراد اختباره في ظل ظروف لا يمكن أن يتعرض بسهولة لها بشكل آمن في المواقف الحقيقية. يمكن أن يسمح النماذج أيضا لباحث أن يدرس عمل وسلوك النظام وما يمكن أن يحدث عند تعديل أحد المكونات الفردية المُعَيَّرَة من النظام.

ويُعرف نموذج الحاسب عادة في شكل تعبيرات وعلاقات رياضية باستخدام برنامج للحاسب. تبني مثل هذه المعادلات الرياضية لتمثل علاقات وظيفية ضمن نظام. عندما ينفذ البرنامج فإن النتائج في العمليات الرياضية يكون تمثيلا ومحاكاة لديناميكية النظام الحقيقي. وتُعطى النتائج في شكل بيانات. وهناك نوع آخر من النماذج يتضمن تمثيل البيانات في شكل رسم بياني يمكن أن يعرض على شاشة الحاسب، بنفس الطريقة التي يمكن بها تقريبا استخدام الطين لبناء مجسم ثلاثي الأبعاد أو بناء نموذج خشبي يمكن أن نتناوله بالمعالجة. هذه هي القاعدة الأساسية التي يقوم عليها التصميم بمساعدة الحاسبة CAD.

ويتوقف نجاح نماذج الحاسب إلى حد كبير على دقة التمثيل الرياضي للأنظمة وعلى المتغيرات المدخلة. في العديد من الأنظمة، يكون التمثيل الرياضي معقدا بشدة لأن هناك العديد من العوامل التي يتضمنها الموقف. وقد تكون وحدات النظام أو مكوناته أيضا نظم فرعية تتفاعل كل منها مع الآخر. وتتضمن المتغيرات المدخلة غالبا ما يمثل الشروط والظروف التي تحيط بتسلسل العمليات أو التي تتحكم في سلوك الشيء الذي يجري تمثيله. وغالبا ما يكون عمل المصمم أن يَحْمَنَ أو يستنتج عددا من هذه المتغيرات.

إن قوة الحاسبات المتزايدة ستجعل نماذج الحاسب مفيدة دائما، سواء كان ذلك في مجالات البحث، أو التصميم العمل، وحتى في التطبيقات الشخصية. ومع الأجيال الجديدة من الحاسبات الفائقة القدرة التي تطرح في الاسواق اليوم سيصبح من المتوقع أكثر وأكثر أن نتمكن من بناء نماذج أكثر دقة لكثير من الأنظمة شديدة التعقيد، مثل الطقس، ودراسة تأثيرها على تصميم منتج ما.

#### ب. المحاكاة Computer Simulation

هو استعمال الحاسبات في تمثيل الاستجابات الديناميكية لنظام معين أو منج معين أو حتى إنسان من خلال بناء نظام آخر يحاكيه أو يشبهه في كل أو معظم أو بعض صفاته. وتستخدم المحاكاة الوصف الرياضي، أو التعبير الرياضي عن النظام الحقيقي لبناء نموذج، أو نظام شبه حقيقي في شكل برنامج للحاسب. هذا النموذج يعد من توليفة من المعادلات التي تمثل تماما العلاقات الوظيفية ضمن النظام الحقيقي. عندما يجري تنفيذ البرنامج فإن الديناميكا الرياضي الناتجة تشكل تمثيلا تناظريا لسلوك النظام الحقيقي، مقدما في شكل بيانات يمكن استخدامها لكافة الأغراض ويمكن أن تأخذ المحاكاة أيضا شكل التمثيل الصوري من خلال رسم البياني أو رسم محرك يمثل هذه العمليات الديناميكية .

وتستخدم المحاكاة بالحاسبات أيضا في دراسة السلوك الديناميكي للأشياء أو الأنظمة استجابة لشروط قد لا يمكن أن تكون آمنة أو سهلة في الحياة الحقيقية. فعلى سبيل المثال يمكن الاستعاضة عن تعريض حياة السائق للخطر اختبار التغييرات الجديدة في محرك سيارة بمحاكاته داخل الحاسب كما أن الانفجار النووي يمكن أن يوصف باستخدام نموذج رياضي يتضمن كافة المتغيرات كالحرارة، والسرعة، والانبعاثات الإشعاعية. كما يمكن إضافة تمثيل مرئي مصور للتغييرات في بعض المتغيرات، مثل كمية المادة الإنشطارية التي أنتجت الانفجار.

المحاكاة مفيدة جدا خاصة في تمكين المراقبين من قياس وتوقع كيف يمكن أن يؤثر عمل كل النظام على المكونات الفردية ضمن ذلك النظام.

أما المحاكاة الأبسط المستخدمة في الحاسبات الشخصية فتتضمن بشكل رئيسي النماذج

الهندسية Geometric models للعمليات والمنتجات والبيئات. تستعمل النماذج الهندسية في تطبيقات عديدة تتطلب تمثيلاً رياضياً بسيطاً modeling للأشياء، مثل الأبنية، أجزاء صناعية، والتراكيب الجزيئية للمواد الكيماوية. أما المحاكاة الأكثر تقدماً مثل تلك التي تحاكي حالات الطقس أو سلوك macroeconomic الأنظمة، فإنها تحتاج عادة إلى محطات عمل workstations قوية أو أحياناً لحاسبات رئيسية mainframe computers.

وفي مجال التصميم، فإن نماذج الحاسب للمنتجات أو التركيبات الصناعية المصممة حديثاً تخضع إلى الاختبارات المُقدَّمة للتعرف على استجاباتها لقوى الشد والضغط والمتغيرات الفيزيائية والميكانيكية الأخرى. أمثلة أخرى من المحاكاة بالحاسبات تتضمن حساب وتقدير الردود المنافسة للشركات في سوق معين وفي إعادة صياغة حركة طيران طائرة جديدة تم تصميمها. إضافة إلى ذلك المكونات الأساسية لنظم التصنيع بالحاسب

١. ماسح ضوئي أو مرقم ثلاثي الأبعاد 3D Scanners and Digitizers

٢. حزمة برامج للنمذجة (بناء تصور ثلاثي الأبعاد) 3d modeling software

١. برنامج للاظهار المجسم Renderer

٢. برنامج لتحويل النموذج الى مسار الأداة NC toolpath generation

٣. برمجيات إنتاج كود النماذج الأولى السريعة Rapid prototyping STL Code

٤. ماكينات إنتاج النماذج الأولى السريعة Rapid prototyping

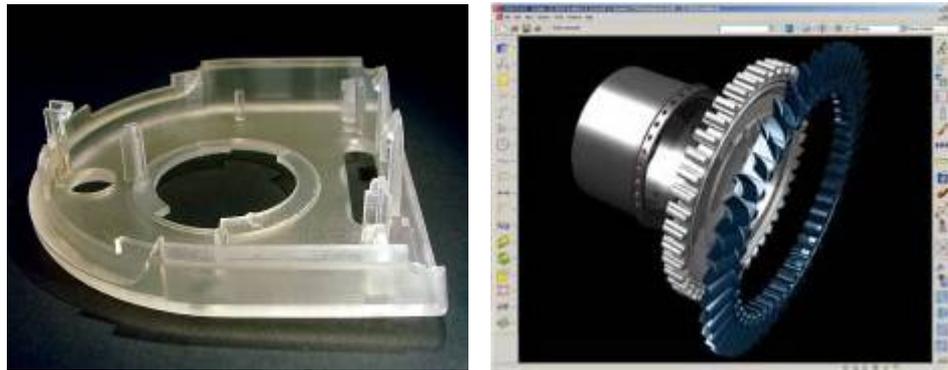
٥. ماكينات التصنيع بالتحكم الرقمي CNC machines

## ٢. النماذج الأولى السريعة Rapid Prototyping :

هو مصطلح مستخدم لعملية لأخذ معلومات الحاسب مخزنة في الملفات الإلكترونية (بشكل نماذج ثلاثية الأبعاد عادةً)، وعمل نموذج ثلاثي الأبعاد باستعمال الماكينات الخاصة. تترجم هذه الماكينات الدقيقة معلومات الحاسب وفي الحقيقة تبني النموذج الذي يمكن أن يُجَزَّ بوضع عمليات مختلفة.

### ستيريو ليثوجرافي Stereolithography SL

وقد بدأت في أمريكا في عام ١٩٨٨ نظم إعداد النموذج المادى آليا وهو ما اقتصر في أول الأمر على المكونات الميكانيكية باستخدام أسلوب الحفر المجسم وهو ما كان يسمى ستيريو ليثوجرافي Stereolithography SL وهي عملية يتم بها تصلد طبقات من خامة بلاستيكية epoxy resin (بوليمر سائل شديد الحساسية لشعاع الليزر) حيث يتحرك فوقها شعاع الليزر وفقاً لمسار محدد يمثل شكل الجسم المطلوب والذي يتصلد بمجرد رسم الطبقة عليه، ثم ينتقل شعاع الليزر الى الطبقة التالية، وفي أثناء ذلك يتحرك العمود الحامل للقطعة المتصلدة إلى أعلى فتتجمع الطبقات معاً حتى النهاية وبذلك يمكن الحصول على نموذج من البلاستيك.



شكل ١-٣ نماذج مصنعة باستخدام الستيريو ليثوجرافي



شكل ٢-٢ ماكينة إنتاج نماذج بأسلوب التصنيع بالصفائح LOM

**التصنيع بالصفائح LOM : Laminated Object Manufacturing** هي عملية أخرى من النمذجة السريعة Rapid Prototyping. وهي تستخدم أنواعا معينة من الورق أو المواد البلاستيكية. ومن المتوقع قريبا ظهور تقنيات متفرعة منها تستخدم السيراميك و المعادن , و تعمل هذه التقنية من خلال تقسيم شرائح المادة ثم دمجها معاً ثم قص المقاطع العرضية Cross Sections باستخدام شعاع الليزر. وهذا النوع يعد حالياً أحد أكبر عمليات النمذجة المستخدمة في الإنتاج اليوم .

الطابعات ثلاثية الأبعاد 3D Printers:

أحد أشهر الأجهزة في هذا المجال هو جهاز Model Maker وهو مثال متميز لأحد نظم الكام من إنتاج شركة سوليد سكيب Solidscape وهو يتوافق مع عمل معظم برامج التصميم باستخدام الحاسبات (الكاد CAD) الشائعة مثل AutoCAD و Design Cad بالإضافة إلى برنامج خاص يأتي كجزء من الماكينة التي يمكن شراءها بسعر معقول.

وهذا الجهاز ينتج النماذج ثلاثية الأبعاد بشكل دقيق جداً بالتعامل مع الجسم طبقة بطبقة ثم نقطة بنقطة بمعدل ٦٠٠٠ نقطة في الثانية وهي سرعة عالية إلى حد كبير. وتشبه طريقة عمل الجهاز فكرة الراسمات نافثة الحبر Inkjet plotter فهناك رأسان كلاهما يصب نقاط من مادة من البلاستيك الحراري Thermoplastic أحدهم خضراء والأخرى حمراء والأخيرة هي المادة المساعدة على التصلد Hardening Agent لإنتاج النموذج. ثم تنتقل الماكينة إلى الطبقة الأعلى لتبنيها بنفس الطريقة.



شكل ٣-٣ الطابعة ثلاثية الأبعاد 3D Printer