

الوحدة الثالثة

طرق وأساليب النمذجة السريعة

نظم التصنيع بالحاسب:

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

نمذجة التصميم بالحاسب Computer 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 الافتراضى Virtual Reality
 - المنتج الافتراضى Virtual Product

تقنيات الإنتاج والتصنيع manufacturing Technology :

- التحكم الرقمية NC
- التحكم الرقمية بالحاسبات CNC
- الإنسان الآلى "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 ثلاثى الأبعاد 3D Layer Structure

تقنيات ونظم التحكم الصناعى Control Systems :

- التحكم فى العمليات الصناعية Operation Control
- الرقابة على الجودة Quality Control
- الفحص الآلى Automated Inspection

المكونات الأساسية لنظم التصنيع بالحاسب:

أى نظام للتصنيع بالحاسب لابد وأن يتضمن قدرا من المكونات الآتية:

1. ماسح ضوئى أو مرقم ثلاثى الأبعاد 3D Scanners and Digitizers
 2. حزمة برامج للنمذجة (بناء تصور ثلاثى الأبعاد) 3d modeling software
 1. برنامج للإظهار المجسم Renderer
 2. برنامج لتحويل النموذج الى مسار الأداة NC toolpath generation
 3. برمجيات إنتاج كود النماذج الأولى السريعة Rapid prototyping STL Code
 4. ماكينات إنتاج النماذج الأولى السريعة Rapid prototyping
 5. ماكينات التصنيع بالتحكم الرقمية CNC machines
- وليس بالضرورة أن تكون كل هذه المكونات متضمنة فى نظام التصنيع بالحاسب ولكن تواجدها يكون وفقا للاحتياج.

ثالثاً: النمذجة والمحاكاة بالحاسبات:

أ- النمذجة modeling

تعريف النمذجة:

هي عملية التعرف على واكتشاف السمات والمهارات والممارسات والقدرات وترميزها وبناء القدرة على تكرارها أو نقلها أو إظهارها. وهناك فرق واضح بين النمذجة والاستنساخ التقليدي فكلاهما يمكنه أن ينقل الصفات والإمكانات، ويكمن الفرق في نوعية الصفات والإمكانات أو المهارات المنقولة. ويكون الاستنساخ التقليدي ناتجا عن مهارة بشرية أو آلية تأتي من النظرية والخبرة. بينما في النمذجة تأتي المهارة والإمكانات 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، أو تعمل على اكتشاف السمات الأساسية للمنتج ذاته وتمثيله بشكل ما جرافيكياً أو لغوياً أو رياضياً. وتركز على حصيلة من المعارف تتناول ماذا 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 يحتفظ منتج ما بهذه المهارات أو الصفات أو الخبرات وتعرف بمتابعة ما وراء هذا المنتج من معتقدات، أو معايير، إمكانات الأنظمة التمثيلية، لاستراتيجيات التي ولدت الطرق والعمليات التي أدت إلى بناءه أو التي تنتج عنه.

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 تتمزج 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 يسهل نماذج أيضاً لباحثي يدرس عمل وسلوك النظام وما يمكن أن يحدث عند تعديل أحد المكونات الفردية المعقدة من النظام.

ويُعرف نموذج الحاسب عادة في شكل تعبيرات وعلاقات رياضية باستخدام برنامج الحاسب. تدبني مثل هذه المعادلات الرياضية لتمثيل علاقات وظيفية ضمن نظام. عندما ينفذ البرنامج فإن النتائج في العمليات الرياضية يكون تمثيلاً ومحاكاة لديناميكية النظام الحقيقي. وتُعطي 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 تقريباً 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 معقداً بشدة لأن هناك العديد من العوامل التي يتضمنها الموقف. وقد تكون وحدات النظام أو مكوناته أيضاً نظم فرعية تتفاعل كل منها مع الآخر. وتتضمن المتغيرات المدخلة غالباً ما يُلحظ الشروط والظروف التي تحيط بتسلسل العمليات أو التي تتحكم في سلوك الشيء الذي يجري تمثيله. وغالباً ما يكون على المصمم أن يحد من أو يستنتج عدداً من هذه المتغيرات. إن قوة الحاسبات المتزايدة ستجعل نماذج الحاسب مفيدة دائماً، سواء كان ذلك في مجالات البحث، أو التصميم، العمل، وحتى في التطبيقات الشخصية. ومع الأجيال الجديدة من الحاسبات الفائقة القدرة التي تطرح في الأسواق اليوم سيصبح من المتوقع أكثر وأكثر أن يتمكن من بناء نماذج أكثر دقة لكثير من الأنظمة شديدة التعقيد، مثل الطاقس، ودراسة تأثيرها على تصميم منتج ما.

ب. المحاكاة Computer Simulation

هو استعمال الحاسبات في تُمثِيل الاستجابات الديناميكية لنظام معين أو منح معين أو حتى إنسان من خلال بناء نظام آخر يحاكيه أو يشبهه في كل أو معظم أو بعض صفاته. وتستخدم المحاكاة الوصف الرياضي، لتغييرا الرياضي عن النظام الحقيقي لبناء نموذج، أو نظام شبه حقيقي في شكل برنامج للحاسب. هذا النموذج يُعدُّ من توليفة من المعادلات التي تمثل تماما العلاقات الوظيفية ضمن النظام الحقيقي. عندما يجرى تنفيذ البرنامج فإن الديناميكا الرياضي التمثيلية تمثل تناظريا لسلوك النظام الحقيقي، مقدّمة في شكل بيانات يمكن استخدامها لكافة الأغراض. ويمكن أن تأخذ المحاكاة أيضا شكل التمثيل الصوري من خلال رسم البياني. أو رسم محرك يمثّل هذه العمليات الديناميكية.

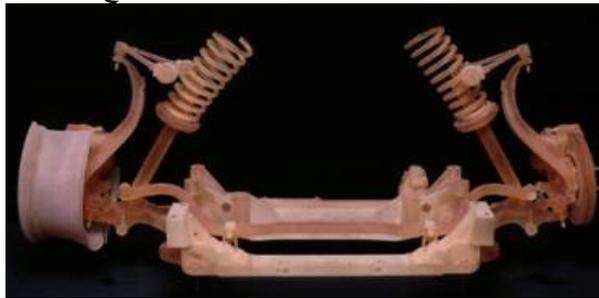
وتستخدم المحاكاة بالحاسبات أيضا في درالسلوك الديناميكي للأشياء أو الأنظمة استجابة لشروط قد لا يُمكن أن تكون آمنة أو سهلة في الحياة الحقيقية. فعلى سبيل المثال يمكن الاستعاضة عن تعريض حياة السائق للخطر اختبار التغييرات الجديدة في محرك سيارة بمحاكاته داخل الحاسب كما أن الانفجار النووي يُمكن أن يُوصَف باستخدام 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 خِصّة كفن المراقبين من قياس و توقع كيف يمكن أن يؤثر عمل كل النظام على المكونات الفردية ضمن ذلك النظام.

أما المحاكاة الأيسر المستخدمة في الحاسبات الشخصية فتتضمن بشكل رئيسي النماذج الهندسية Geometric models للعمليات والمنتجات والبيئات. ستعمل النماذج الهندسية في تطبيقات عديدة تتطلب تمثيلا رياضيا بسيط modeling للأشياء، مثل الأبنية، أجزاء صناعية، والتراكيب الجزيئية للمواد الكيماوية. أما المحاكاة الأكثر تقدما مثل تلك التي تحاكي حالات الطقس أو سلوك macroeconomic الأنظمة، فإنها تحتاج عادة إلى محطات عمل workstations قوية أو أحيانا لحاسبات رئيسية mainframe computers. وفي مجال التصميم، فإن نماذج الحاسب للمنتجات أو التركيبات الصناعية المُصمّمة حديثا تُخضع إلى الاختبارات المُقلّدة للتعرف على استجاباتها لقوى الشد والضغط والمتغيرات الفيزيائية والميكانيكية الأخرى. أمثلة أخرى من المحاكاة بالحاسبات تتضمن حساب وتقدير الرّدود المنافسة للشركات في سوق معين وفي إعادة صياغة حركة طيران طائرة جديدة تم تصميمها.

أربعاء: التصنيع بالتحكم الرقمي CNC

هو مصطلح مستخدم لعملية الاستفادة من معلومات الكمبيوتر مخزّنة في الملفات الإلكترونية (نماذج ثلاثية الأبعاد عادة) ، و عمل نموذج ثلاثي الأبعاد باستعمال الماكينات الخاصة . تترجم هذه الماكينات الدقيقة معلومات الكمبيوتر و في الحقيقة تبني النموذج الذي يمكن أن يُدجّر ببضع عمليات مختلفة . ويجانب هذا التكنيك ظهر أسلوب آخر يعتمد على توصيل الحاسب مباشرةً بماكينة القطع أو الحفر (Milling Machine) حيث تستقبل منه البيانات الرقمية مباشرةً من خلال رسومات الكاد CAD فتقوم بالتشكيل المباشر لقطعة ربما تكون من البلاستيك أو الورق أو الخشب أو النحاس الخ .



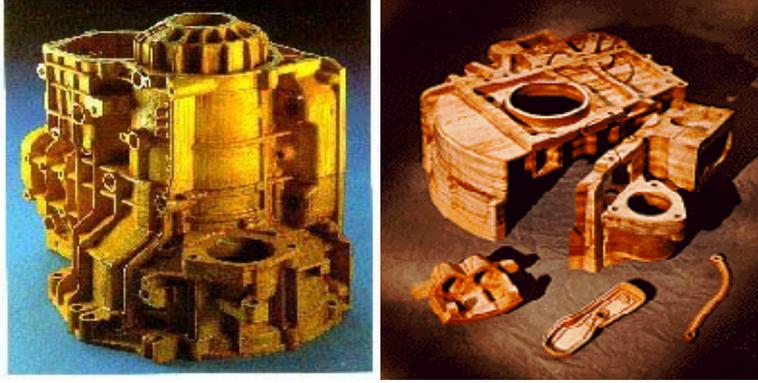
شكل ٣-٤ تقسم النماذج و المنتجات كبيرة الحجم ثم يتم تجميعها بعد تصنيعها منفصلة

ونظرا للدقة العالية التي يمكن الحصول عليها من الماكينات فقد أصبحت تستخدم في عمل نسخ من التصميمات و الأعمال الفنية النادرة للحفاظ على القطع الأصلية وذلك بعد إدخال بياناتها رقمياً إلى الحاسب عن طريق الماسح الضوئي ثلاثي الأبعاد 3D scanner . أما فيما يتعلق بمشاكل الحجم الكبير فقد أمكن التغلب عليها بتقسيم النموذج إلى أجزاء يتم تصنيعها جزئياً ثم يتم تجميعها كوحدة واحدة.

أما عن أهمية تقنية النموذج الأول السريع Rapid Prototyping فهي تتضمن:

- ✓ جودة عالية وأداء متميز: توفر هذه التقنية إنتاج نماذج التصميمات بسرعة و بتكلفة محدودة، مما يضمن للمصمم أفضل منتج، في أقصر وقت ممكن .
- ✓ اقتصادية التكلفة: النماذج الأولى التي توفرها هذه التقنية تقلل من وقت التصميم والإنتاج، وتكاليف تشكيل وإنتاج النموذج .

- ✓ **الاكتشاف المبكر للأخطاء والعيوب :** فالشركات المنتجة يمكن أن توفر نفقات تقدر بالآلاف باكتشاف أخطاء التصميم قبل أن يدخل المنتج مراحل الإنتاج الفعلي.
- ✓ **التسويق المسبق:** في عمليات التسويق والبيع تساعد هذه التقنية في الترويج للمنتج حتى قبل إنتاجه الفعلي بأشهر عديدة. فيمكن للشركات أن تعرض لعملائها نموذجاً ثلاثي الأبعاد بالمقاييس الحقيقية للمنتج لكي تحصل على تقييمهم له وآرائهم فيه والاستفادة من هذه الآراء في المنتج قبل دخول المنتج مرحلة التصنيع والإنتاج كتغذية مرتجعة Feed Back .



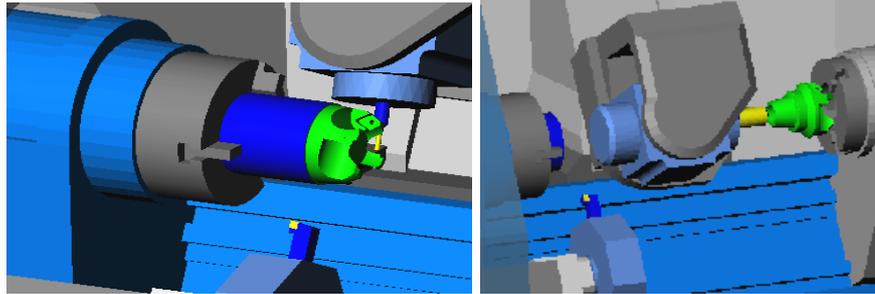
شكل ٣-٥ نماذج لتعقيد المنتجات الذي يتطلب استخدام CNC

التحكم الرقمي بالكمبيوتر:

يقصد بالتحكم الرقمي سلسلة التعليمات المدونة (المشفرة) في صورة أرقام وحروف أبجدية ورموز تستوعبها وحدة التحكم بالماكينة وتحولها الى نبضات كهربائية توجه المحركات الكهربائية Motors وأدوات القطع بالماكينة وممن ثم تنفيذ العمليات الميكانيكية المطلوبة ، وهذه الأرقام ، الحروف ، والرموز التي تمثل التعليمات المشفرة تشير الى مسافات محدودة ، أوضاع ، وظائف وحركات يمكن لأدوات القطع إستيعابها وتنفيذها على القطعة المراد تشكيلها .

تطور التحكم الرقمي بالكمبيوتر:

لقد ظهر الشكل الأول للتحكم الرقمي مع البدايات الأولى للثورة الصناعية بإنجلترا عام ١٧٢٥م عندما ظهرت ماكينات النسيج (العقد) Knitting Machine تستخدم الكروت المثقبة في عمل أشكال ورسومات مختلفة على الملابس وفي عام ١٨٦٣م ظهر أول بيانو يعمل بواسطة شرائط مثقبة يمر من خلالها الهواء ليتحكم أوتوماتيكيا في حركة عدد من المفاتيح التي تحرك عددا من الروافع تتناسب مع الأمر المحدد .



شكل ٣-٦ شاشة عرض ماكينة z CNC توضح عملية التشغيل قبل بدءها

ومع تطور فكرة الإنتاج الكمي بواسطة الأمريكي إيلي ويتني Eli Whitney مبتكر التوحيد القياسي تحولت العديد من العمليات التي تتم بواسطة الحرفين المهرة إلى الماكينات لإنتاج كميات هائلة من الأجزاء المتماثلة، وفي النصف الثاني من القرن التاسع عشر كان هناك عدد هائل من ماكينات التشكيل كالخرط ، الثقب ، الحفر، التجليخ إلخ بفضل تطور التحكم الهيدروليكي وضغط الهواء في ذلك الوقت . وفي عام ١٩٤٧م ظهرت صعوبات في إنتاج بعض أجزاء الطائرات الأمريكية خاصة ذات التصميمات المعقدة منها، وهنا بدأ (جون بارسون صاحب شركات Parsons Cooperation) بولاية ميتشجان تجاربه لجعل الماكينة تشكل السطوح المنحنية على المحاور الثلاثة بواسطة بيانات رقمية في توجيه حركة الآلة . وفي عام ١٩٤٩م توصل باراثون بالتعاون مع معهد ماستشوسيتس Massachusetts institute إلى ابتكار ماكينة قطع تعمل على ثلاث محاور x.y.z بالتحكم الرقمي . وفي عام ١٩٦٠م كانت هناك أكثر من مائة ماكينة تعمل بالتحكم الرقمي مقدمة في معرض شيكاغو . ومع تطور صناعة الإلكترونيات ظهرت الدوائر المتكاملة التي استخدمت بنجاح

كبير فى تشغيل وحدات التحكم بالماكينات . وفى عام ١٩٧٠م دخل المصطلح الجديد التحكم الرقمية بالحاسب Computerized Numerical Control إلى عالم ماكينات التصنيع ليفتح مجالاً جديداً فى عمليات التشكيل لم يكن موجوداً من قبل .

إن التطور السريع فى التصميم بالكمبيوتر CAD يمثل الأساس فى فكرة النمذجة السريعة فبدون رسومات وبيانات التصميم بالحاسب CAD model فإنه من المستحيل عمل النمذجة السريعة لمكون ما ، بإستثناء بعض البيانات المعدة يدوياً ويتم إدخالها للكمبيوتر عن طريق الأجهزة المختلفة مثل قارئ الرسومات 3D Digitizing وماسح الأشكال ثلاثية الأبعاد 3D Scanner وهى تمثل نسبة ضئيلة من البيانات التى توجه ماكينات إعداد النماذج والقوالب الياً، حيث أن معظمها يتم الحصول عليه من بيانات الشكل المصمم بالكمبيوتر .

أهمية ماكينات التحكم بالكمبيوتر CNC :

الأنواع القديمة (التقليدية) من ماكينات التشكيل لا يمكنها إنتاج منتج او نموذج او قالب أكثر دقة من نموذج التصميم المشكل يدوياً والذي ينسخ عنه ، وأكثر من ذلك فإن أى خطأ فى نموذج التصميم ينقل بدوره الى القالب ، ومن ثم فإن حلقة الضعف فى عمل القوالب هو التشكيل اليدوى للتصميم، وهنا تأتى أهمية ماكينات التحكم بالكمبيوتر C.N.C حيث أمكن تلافى هذا العيب التى تعتبر أفضل الوسائل لميكنة القوالب فبواسطة وحدة التحكم الإلكترونية ومجموعة من المحركات تتحكم فى حركة المنضدة التى تثبت عليها الخامة المشغلة وتؤدى الماكينة عملها وفقاً للإحداثيات X.Y,Z ويسجل بواسطة الكمبيوتر قيم الإحداثيات فى عدة أوضاع ضمن ذاكرتها ومن ثم تقوم بتشكيل الخامة وفقاً لذلك .

الملاح العامة لماكينة ال CNC :

تشتمل ماكينة ال CNC على وحدة نظام تتضمن وحدة للتحكم ووحدة للمراقبة ووحدة لتوجيه آليات التشغيل وفقاً لتصميم مسار الآلة الذى يوفره برنامج متخصص. كما يتضمن النظام عادة شاشة Monitor تستخدم فى عرض برنامج التشغيل بغرض المراجعة والضبط ومتابعة العمل واستقبال الرسائل من الأعطال بالإضافة إلى مؤشرات أو مبيئات بيان موضع أداة التشكيل Tool Machine فى كل مرحلة من مراحل التشغيل وكذا منضدة الماكينة Machine Table ، وتضم وحدة التحكم أيضاً الذاكرة الخاصة باستدعاء البرنامج وتخزينه ، وكذا جهاز أو برنامج تشخيص الأعطال Diagnostics الذى يقوم بتحليل الأعطال وإجراء الاختبارات ، بالإضافة إلى العديد من مفاتيح الوظائف المختلفة .



شكل ٣-٧ المكونات الأساسية لنظام CNC

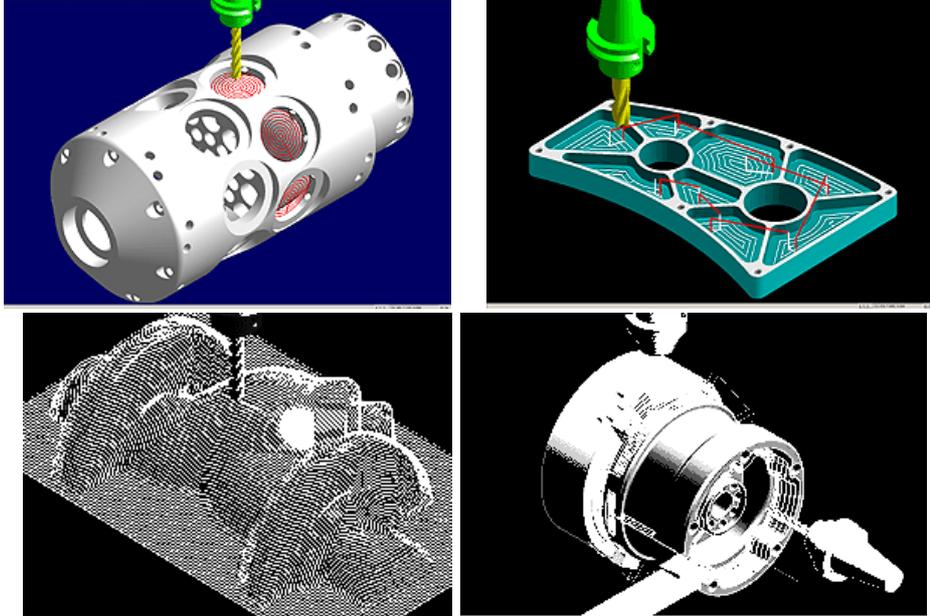
٥ - الماكينات الرقمية (NC) :

التحكم الرقمية هو تقنية إعطاء التعليمات للماكينة على شكل " كود " ويتكون هذا الكود من أرقام وحروف ورموز أخرى .

وماكينة NC لا تحتوى على أى ذاكرة بداخلها ، ولكى تقوم الماكينة بتنفيذ جزء ما تقوم وحدة التحكم بالماكينة قراءة التعليمات أو الأوامر ثم تنفيذها . كما يمكن إدخال البيانات يدوياً باستخدام مفاتيح الإدخال . وقد استخدم فى الجيل الأول من ماكينات (NC) كما هو الحال فى أجهزة الكمبيوتر الأتلى، الصمامات الكهربائية والوصلات البينية المعقدة التى يتم التحكم فيها بواسطة الماكينة ، وفى الجيل الثانى من الماكينات استخدمت فيه الأنابيب الإلكترونية المصغرة المحسنة، ومع تقدم تقنيات الحاسب استخدم فى الجيل الثالث منها الدوائر المتكاملة، ومع مرور الوقت ازداد معدل انخفاض تكلفة الكمبيوتر واصبح من الممكن الاعتماد عليها بمعدل اكبر، حتى أصبح لوحات التحكم الرقمية ذاكرة ROM لتخزين برامجها الدائمة، وهو

الأمر الذي أدى بعد ذلك إلى ظهور نظام التحكم الرقمي باستخدام الكمبيوتر COMPUTER NUMERIC CONTROL CNC.

وقد تم إدخال نظام التحكم الرقمي باستخدام الكمبيوتر (CNC) بنجاح كبير في مختلف عمليات التصنيع مثل الثقب والقطع والتعزيز والخراطة التي تم تنفيذها بشكل جيد . وقد استخدمت تقنيات التحكم الرقمي باستخدام الكمبيوتر في نطاق واسع من العمليات وتصميم الروبوت والكثير من العمليات الأخرى . وبالإضافة إلى مزايا إجراء المراجعات والتعديلات فقد قام مصممي ماكينات وبرامج CNC بإدخال أساليب المراجعة والتعديل المرئية لأجزاء التصميم المحفوظ في الذاكرة ، بل ومكنت المصممين من رؤية عملية التشغيل كاملة قبل حدوثها ليتسنى للمصمم التعرف بشكل مرئي على أية مشاكل قد تصادف التشغيل قبل حدوثه. كما تم توفير آليات للإنذار والتحذير تصدر عند التعرض للمشاكل ، ويصاحب هذه التحذيرات رسائل تشخيصية يتم عرضها وفقاً للظروف التي تمر بها الماكينة .



شكل ٣-٨ عرض ماكينة CNC توضح عملية التشغيل قبل بدءها

ومن الناحية العملية فقد تم ربط مختلف وظائف الماكينة مع النظام ويتم مراقبتها خلال العمليات المختلفة .

عمليات التصنيع بالتحكم الرقمي

هناك عدة طرق أساسية في عمليات التصنيع يمكن ان يتم توجيهها جميعاً بالتحكم الرقمي :

التآكل بفعل الشرارة الكهربائية :

ويتم ذلك بواسطة الماكينات ذات الشحنات الكهربائية E.D.M حيث يخترن التيار الكهربى في مكثف للشحنة ممثلاً الكاثود بينما تكون القطعة المشكلة هي الأنود فتنتقل الآف الشحنات الكهربائية في الثانية الواحدة من ثقب مقداره (٢٥ ميكرون) محدثة إهتزازات عالية ونققت في خامة التشكيل .

ماكينات التفريز Milling Machine :

هناك عدة أنواع من ماكينات الحفر منها الحفر بالنسخ Copying Machine حيث تستخدم نسخة لنموذج التصميم بالأبعاد الحقيقية من أى خامة مناسبة لعمل الإسطمبات الخاصة به ، وهناك أيضاً ماكينات البانتوجراف Pantograph Machine شكل وهي تختلف عن السابقة في إمكانية التكبير والتصغير بواسطة منضدة الإحداثيات .

أسباب الحاجة إلى ماكينات التحكم الرقمي بواسطة الكمبيوتر :

١. ارتفاع مستوى تعقيد الأشكال والتصميم بحيث يصبح من الصعب تنفيذها على الماكينات التقليدية . أو أن يكون من الصعب الحصول على أبعاد دقيقة باستخدام الماكينات التقليدية



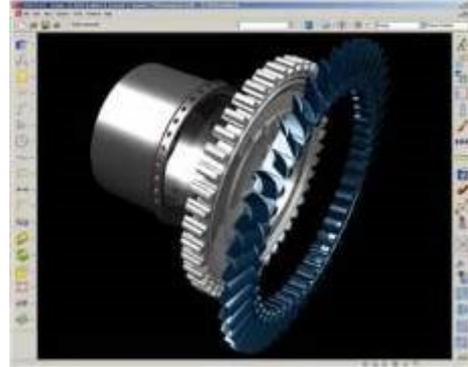
شكل ٣-٩ نموذج لمشغولة معقدة لا يمكن تصنيعها بالطرق التقليدية

٢. انخفاض كمية المنتجات المطلوبة مع ارتفاع مستوى الدقة المطلوب • مما لا يمكن معه الاستفادة من الماكينات التقليدية
٣. التقليل من معدلات الرفض وإعادة التشغيل بدون اللجوء
٤. الى استخدام عمالة ماهرة مما يؤدي تلقائياً إلى خفض تكاليف العمل الأمر الذي ينعكس على خفض معدل التكاليف العامة وتكاليف التداول •
٥. الاتجاه نحو الحصول على أدوات طويلة العمر •
٦. ضرورة تغيير تصميم المنتجات عدة مرات بسهولة ودون عناء.
٧. قلة الحيز الذي تشغله الماكينة في الورشة •

النماذج الأولى السريعة Rapid Prototyping :

هو مصطلح مستخدم لعملية لأخذ معلومات الحاسب مخزّنة 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 يُدجّر ببضع عمليات مختلفة.

ستيريو ليثوجرافي SL Stereolithography



شكل ٣-١ نماذج مصنعة باستخدام الستيريو ليثوجرافي

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



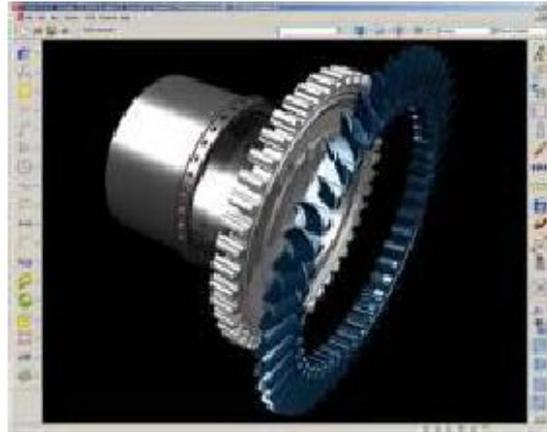
شكل ٢-٢ ماكينة انتاج نماذج بأسلوب التصنيع بالصفائح LOM

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 قصّ المقاطع العرضية Cross Sections باستخدام شعاع الليزر. وهذا النوع يعد حالياً أحد أكبر عمليات لنمذجة المستخدمة في الإنتاج اليوم .

طريقة الستيريوليثوجرافى Stereolithography :-

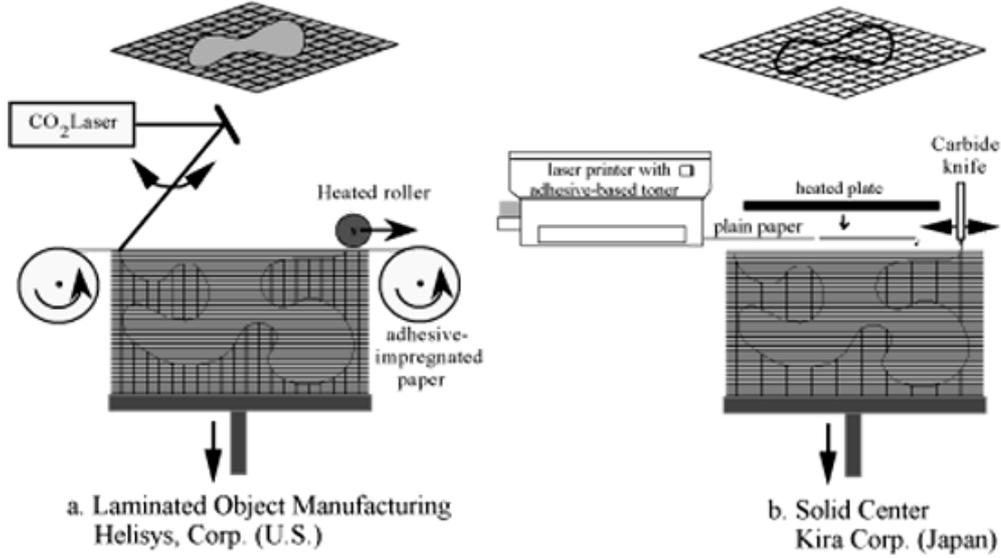
وقد بدأت هذه الطريقة فى الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٨٨ بشكل قاصر على صنع المكونات الميكانيكية باستخدام اسلوب الحفر المجسم وهو ما كان يسمى Stereolithography SL وهي عملية يتم بها تصلد طبقات من خامه بلاستيكيه Epoxy Resin (بوليمر سائل شديد الحساسيه لشعاع الليزر) حيث يتحرك فوقها شعاع الليزر وفقاً لمسار محدد يمثل شكل الجسم المطلوب والذي يتصلد بمجرد رسم الطبقة عليه ، ثم ينتقل شعاع الليزر إلى الطبقة التاليه ، وفى أثناء ذلك يتحرك العمد الحامل للقطعه المتصلده إلى أعلى فتتجمع الطبقات معاً حتى النهايه وبذلك يمكن الحصول على نموذج من البلاستيك



شكل (١) بعض النماذج المصنعه بطريقة الستيريوليثوجرافى Stereolithography

طريقة التصنيع بالصفائح (LOM) Laminated Object Manufacturing :-

و تعتمد هذه الطريقة على بناء الأشكال بطبقات من الورق أو البلاستيك والصفائح التي بها لاصق منشط حرارياً تصفح مع الطبقة السابقة بواسطة درفيل ساخن ، ثم يقوم شعاع ليزر بقطع الخطوط الخارجيه للقطاع العرضي في الجزء وذلك لكل طبقة . وبعدها يقسم الليزر المادة المتبقية في كل طبقة إلى نموذج من خطوط متقاطعه على هيئة مربعات صغيرة ، ومع تكرار العمليه فإن التخطيطات المتقاطعه تبني لتكون هيكلًا داعماً .



شكل (٢) نظم التصنيع بالتصفيح LOM

و يعتبر بناء النماذج بهذه الطريقة من الطرق السريعة جداً لأنها لا ترسم سوى الخطوط الخارجيه للأشكال ، ونظراً لأن هذه الطريقة ينتج عنها أدخنه وأبخره بدرجه كبيره لذا زودت هذه الماكينات بمدخنه أو مرشح بالفحم الخشبي مع مراعاة أن تكون حجرة البناء محكمة الغلق بمانع لتسرب الأدخنه .

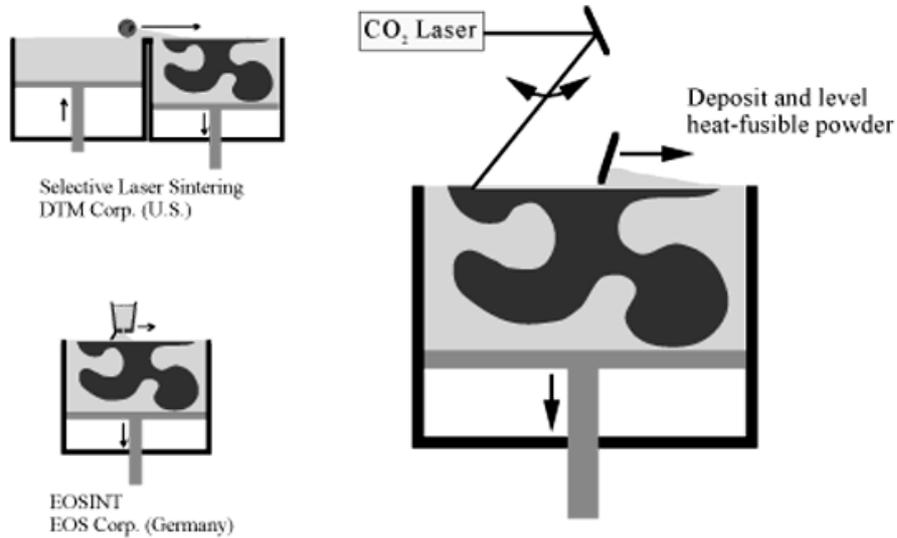
أحمد مصطفى رموزى على ، تقنيات النمذجة السريعة المتقدمة واستخداماتها في مجال التصميم الصناعي ، رسالة ماجستير منشوره ، كلية الفنون التطبيقية ، جامعة حلوان ، ٢٠٠٥ .



شكل (٣) ماكينة إنتاج النماذج بأسلوب التصنيع بالتصفيح LOM <http://www.ergo-eg.com/ppt/3cama.pdf>

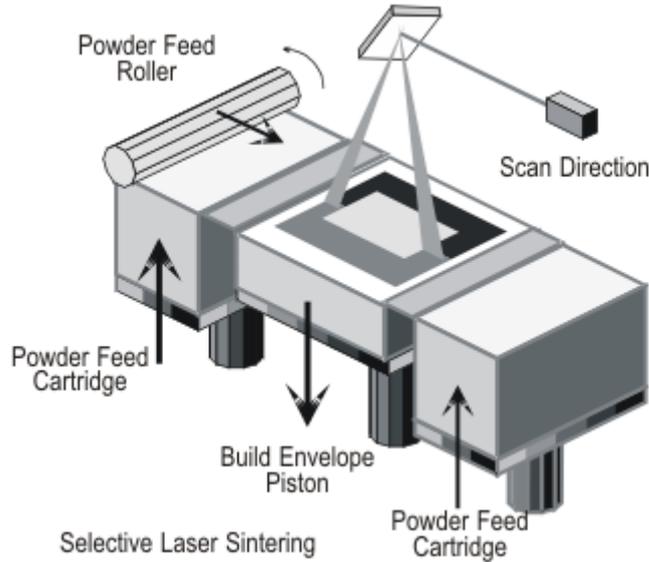
طريقة النمذجة بالدمج بالليزر Laser Fusion Prototyping :-

و تعمل هذه الطريقة بنثر طبقة من مادة على هيئة مسحوق يتم تسويتها بواسطة درفيل Roller فوق السطح العلوى للبنية ، ثم يتم توجيه شعاع ليزر ثاني أكسيد الكربون CO₂ للقيام بالدمج إنتقائياً حتى يتم دمج تلك المساحات المحدده ، حيث تقوم الطاقه المولده من الليزر بدمج الطبقات مع بعضها وتوصل المساحيق بواسطة أنواع مختلفه من تقنيات الدمج منها الصهر ، ربط الأسطح ، مساعدات التلبيد وكسوات البوليمر بينما تبقى المادة الغير مدمجه مكانها كبنية داعمه . وبعد وضع كل طبقة ينخفض العاמוד الحامل للقطعه (المصعد) بمقدار سمك الطبقة لكي توضع الطبقة التاليه من المسحوق وتكرر هذه العمليه مع كل طبقة حتى يكتمل البناء .



شكل (٥) عملية الدمج بالليزر باستخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون

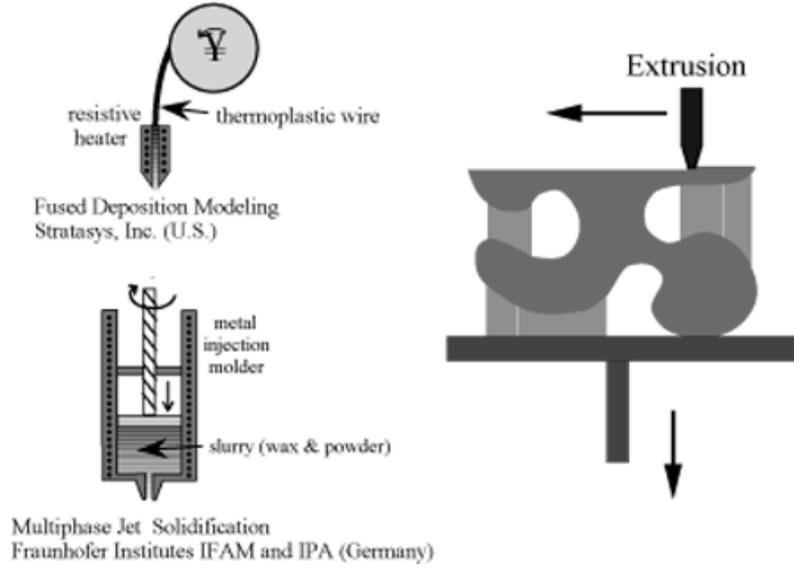
و هي طريقه للنمذجة شديدة الشبه بطريقة الستيريوليثوجرافى تم تطويرها وتسويقها تجارياً بواسطة شركة دى تى إم DTM . ويتم بها استخدام العديد من المواد كالدائن والشموع والسبائك المعدنية ذات درجة الإنصهار المنخفضه ، وكذلك المعادن المكسوه بالبوليمر والسيراميك لعمل أشكال أوليه غير نهائيه .



شكل (٦) ماكينة النمذجة بالدمج بالليزر

طريقة النمذجة بالبتق Extrusion Prototyping :-

و فيها يتم ترسيب خيطاً مستمراً إما من بوليمر حرارى أو من الشمع ، وذلك من خلال فوهه Nozzle تسخن بواسطة مقاومة كهربائية ، وتخرج المادة على هيئة سلك لتدخل فى رأس البائق وتسخن لدرجه أعلى قليلاً من درجة انسيابها بحيث تتجمد نسبياً بعد خروجها من الفونيه (و تتميز هذه الطريقه بإمكانية انتاج أجزاء متدليه دون الحاجه إلى تدعيم كامل) . ويتم بناء الدعامات على هيئة قطاعات جداريه ذات سمك رفيع بحيث يمكن إزالتها بسهولة بعد انتهاء الجزء . أحمد مصطفى رموزى على ، تقنيات النمذجة السريعه المتقدمه واستخداماتها فى مجال التصميم الصناعى ، رساله ماجستير منشوره ، كلية الفنون التطبيقيه ، جامعة حلوان ، ٢٠٠٥ .



شكل (٧) بثق نماذج ذات أشكال حره

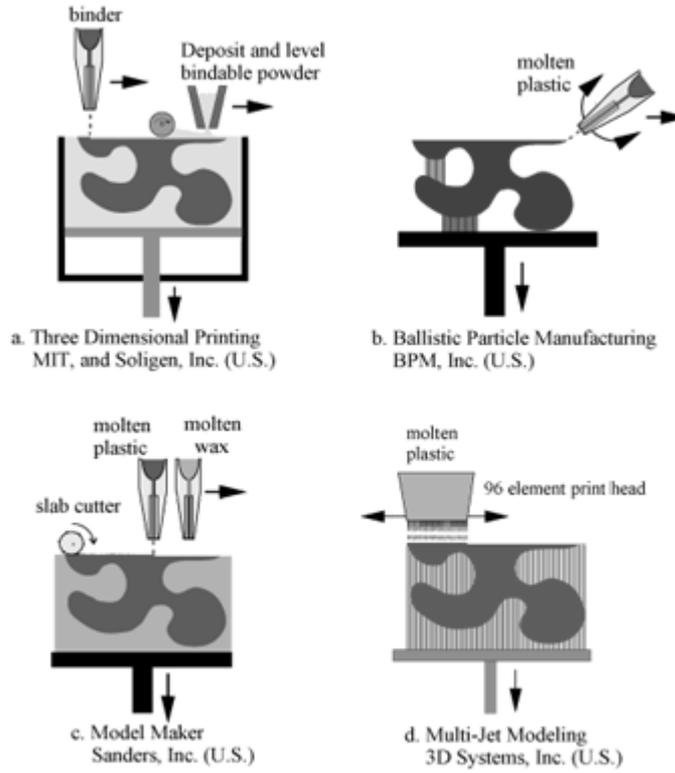
طريقة التجميد بالنفث متعدد الأوجه Multi Phase Jet Solidification :-

و فيها يتم بثق المعدن أو الملاط السيراميكي الرقيق Slurry باستخدام تكنولوجيا سباكة المعادن بالحقن . ويتكون الملاط من خليط بنسبة ٥٠/٥٠ من الشمع أو المعدن أو مسحوق السيراميك يوضع في وعاء ساخن ثم يضخ من خلال فوهه ملحقه بكباس Piston يعمل بمسار ملولب .

١. النمذجة بالطباعة النافثة للحبر Ink-Jet Printing Prototyping :-

[loyola/rp/02_02.htm/www.wtec.org](http://www.wtec.org/loyola/rp/02_02.htm)

و فيها يتم بناء كل طبقة بنثر أو نفث مسحوق الخامة Powder فوق سطح طبقة أخرى من المسحوق تم إعدادها كأساس. وتستخدم في هذه التقنية مواد رابطة Binders للخامات لربط الحبيبات بالطبقات المختلفه لكي يتم تشكيل النموذج. ويقوم مكبس Piston بضغط طبقة المسحوق الأساسية bed Powder لتثبيتها ومن ثم يرتفع ليقوم بضغط الطبقة التالية التي سيتم نفثها ثم ربط حبيباتها باستخدام المواد الرابطة ، ويتم تكرار بناء طبقة فوق طبقة حتى يكتمل تشكيل الجزء المطلوب.



شكل (٨) نظم الطباعة بالنفث الحبرى

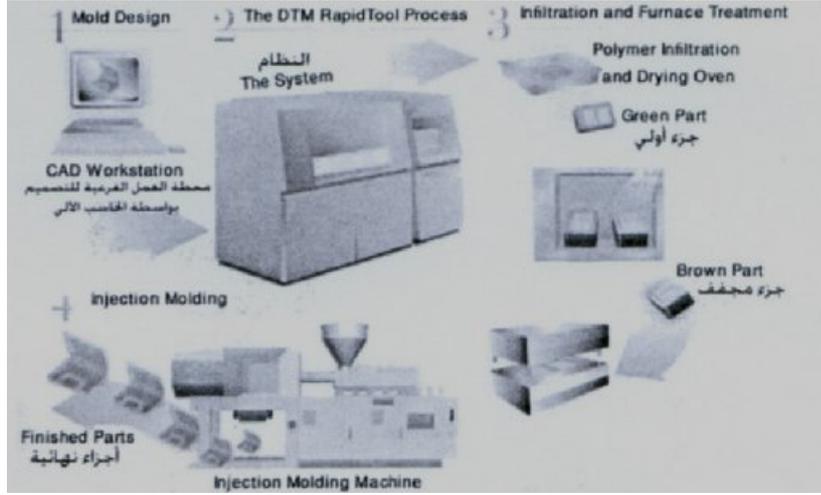
و يتم نفث القطرات حسب الطلب حيث يقوم النافث Nozzle بتوزيع كميات منفصلة أو مستمرة من المواد الرابطة تترسب فوق طبقة من المسحوق سواء أكان مادة خزفية أو معدن أو بوليمرات والذي سوف يتحول إلى قطاع رقيق للشكل المطلوب ويتكرر النفث للخامات والمواد الرابطة تتكون الطبقة تلو الأخرى حتى نحصل على الشكل النهائي. ويمكن تشكيل أي خامة توجد في صورة مسحوق بواسطة هذه الطريقة باستخدام رؤوس طباعة مختلفة ، كما يمكن أن نحدد بدقة متناهية الأماكن المناسبة لسقوط القطرات وذلك بقصد الحصول على ملابس محددة المنتج.

يلى ذلك عملية المعالجة الحرارية ، حيث يتم التخلص من المسحوق غير المرتبط وكذلك المواد الرابطة الغير مرغوب فيها. ويتم الحريق Firing أو المعالجة الحرارية لدرجات حرارة تتعدى ١٠٠٠ درجة مئوية حيث تحدث عملية التلييد Sintering لإكساب الجسم صلابة ومتانة تلائم الاستخدام. ويستخدم في هذه التقنية نوعين من المواد الرابطة ، النوع الأول يتفاعل ويترايط مع الخامات أو المساحيق المستخدمة سواء كانت خزف أو معدن ، أما النوع الثاني فلا يتفاعل مع الخامات ويتبخر أثناء عملية الحريق.

طريقة التلييد الصناعى بالليزر Selective Laser Sintering :-

هى عملية نمذجه سريعه وغير مباشره لصنع أجزاء معدنيه وقوالب . وفى هذه العمليه يتم تكسية المساحيق برابط حرارى- بلاستيكي بحيث تصهر انتقائياً مع بعضها بواسطة الليزر فى عملية SLS . وهكذا يتم ربط المساحيق المعدنيه معاً لتشكل مكونات القالب الممثل بواسطة ملف CAD مما ينتج عنه جزء أخضر Green Part، يتم معاملته حرارياً بعد ذلك فى فرن بحيث يحترق الرابط تماماً بينما تربط

المساحيق المعدنية معاً من خلال ميكانيكيات التلبيد التلقائي، ويطلق على ذلك اسم الجزء البني Brown Part وهو جزء مسامي يتم تشريبه بعد ذلك بمعادن ثانياً لتكوين قالب كامل الكثافة .



شكل (٩) التلبيد الإنتقائي بالليزر

طريقة النمذجة السريعة بالتجميد (تجميد الماء) REP :-

تتم هذه العملية في درجة حراره أقل من نقطة تجمد المياه ، حيث يتم قذف المياه عبر فوئيه لترسب فوق أسطح من الثلج تم تجميدها من قبل ، ويتم تبريد الماء المرسب حديثاً بالبيئه ذات الحراره المنخفضه من خلال الحمل Convection وبالسطح التلجى للطبقة السابقه من خلال التوصيل . وتبعاً لذلك فإن الماء الساقط يتجمد بسرعه ويرتبط بالطبقة السابقه مكوناً جزءاً جديداً . ويتم الإحتفاظ بفوهة الترسيب ومواسو التغذية عند درجات حراره مناسبه للتبريد السابق للماء قريباً من درجة تجمد المياه لإبقائها في الحاله السائله وذلك لكي ينساب الماء بسهولة ، ويتم ضبط معدل تدفق المياه مقابل سرعة حركة النموذج بحسب سمك الطبقة وعرض الخط اللذان تم تحديدهما مسبقاً .

و هناك حالتان لترسيب الماء أولهما أن يتم ترسيب الماء بالإسقاط حسب الطلب Drop-on-Demand Mode وتتطلب فرقاً معيناً في الضغط للمسافه فيما بين قبل الفوهه وما بعدها بحيث تشكل قطرات الماء بالقطع المنتظم لتدقق الماء في الفوهه . أما الطريقه الثانيه فهى استخدام رأس طباعه تجارى والموجود بتكنولوجيا نفاث الحبر HP's Inkjet وتكنولوجيا نفاث الفقائيع Canon's Bubble Jet حيث يمكن توليد قطرات دقيقه جداً تصل إلى ٢٠ ميكرومتر بحيث عند انفصال هذه القطرات من الفوهه واصطدامها تبدأ في الإنتشار والتصلد .

و هناك أيضاً ما يمكن أن نطلق عليه طريقه ثالثه وهى التدفق Streaming وذلك بتوصيل تيار مستمر من المياه . وتستخدم هذه الطريقه في ملء أى مساحه خاويه حتى الإرتفاع المطلوب . وتتميز هذه الطريقه بتوصيل الماء بسرعه أكبر إلى الجزء المطلوب عن طريق ترسيب الماء بالإسقاط وذلك نظراً لإنخفاض لزوجة الماء مما يسمح له بالسريان بحريه لملء مساحه محدده .



شكل (١٠) جزء تُلجى جارى إنشاؤه

و تعد هذه الطريقة أرخص طرق النمذجة السريعة وأكثر نظافة وحفاظاً على البيئة نظراً لكون المادة المستخدمه فيها هي الماء . كما تتميز هذه الطريقة بإمكانية بناء أجزاء تُلجيه دقيقه ذات تشطيب سطحي ممتاز ، ربط جيد للطبقات وتنعيم ذاتي للسطح نظراً لكون الماء ماده بلوريه يمكنها توليد رباطاً طبيعياً (روابط الهيدروجين) بين الطبقات عند التجميد . كذلك تتميز هذه الطريقة بانخفاض الطاقه المستخدمه في النمذجه مقارنة بعمليات النمذجه الأخرى بالإضافة إلى استغراقها وقتاً أقل حيث يمكن عمل الجزء الخارجى للشكل أولاً وذلك بترسيب قطرات من الماء ثم بعد ذلك يتم بناء التفاصيل الداخليه بواسطة الملء السريع فى المساحه المحيطه بواسطة تيار مستمر من الماء . بعد الإنتهاء من الجزء المطلوب يصبح من السهل جداً إزالته من القالب بواسطة تدفئة القالب لصهر النموذج ثم تجفيف القالب



شكل (١١) بعض أجزاء مصنوعه من التلج

ويبين الجدول التالي مقارنه بين الطرق المختلفه للنمذجه الفائقة السرعة من حيث الدقه و السرعة والسعر وطبيعة الماده المستخدمه ونقاط القوه والضعف لكل نوع حتى يتسنى للمصمم إختيار أنسبها لطبيعة منتجه .

Technology >>	Sheet Metal	Sheet Metal	Wireless Thermal Laminates	Selective Laser Sintering	Fused Deposition Modeling	Single Jet Inkjet	Thin Dimensional Printing	Laminated Glass Manufacturing
Acronym >>	SLA	SLA	MIM	SLS	FDM	MM	SDP	LOM
Representative Vendor >>	Sony		3D Systems		Stratasys	Solidscape	Z Corp.	Cubic Technologies
General Qualitative Features								
Maximum Part Size (inches)	36 x 31 x 20	20 x 20 x 24	10 x 8 x 8	15 x 13 x 18	24 x 20 x 24	12 x 6 x 9	20 x 24 x 16	32 x 22 x 20
Speed	very good (uses fluid beams for approx. 2K speed-up)	average	good	average to fair	poor	poor	excellent	good
Accuracy	very good	very good	good	good	fair	excellent	fair	fair
Surface Finish	very good	very good	fair	fair	fair	excellent	fair	fair to poor (depending on process)
Strengths	very large part size, accuracy, speed	large part size, accuracy	office OK	accuracy, materials	office OK, price, materials	accuracy, finish, office OK	speed, office OK, price, color, price	large part size, good for large castings, material cost
Weaknesses	post processing, messy liquids	post processing, messy liquids	size and weight, fragile parts, limited materials, part size	size and weight, system price, surface finish	speed	speed, limited materials, part size	limited materials, fragile parts, finish	part stability, smoke, finish and accuracy
System Price	\$219K-800K	\$75K-800K	\$50K	\$300K	\$30K-300K	\$70K-80K	\$30K-70K	\$120-240K
Material Costs \$/pound								
plastics	\$75-110	\$75-110	\$100	\$30-60	\$115-185	\$100		\$9
metal				\$25-30				
other				\$5 (powder cost)			starch: \$0.35 / cu in plaster: \$0.60 / cu in + infiltrant	\$5-8 (paper)

جدول (١) مقارنه بين الطرق المختلفه للنمذجه الفائقة السرعة

مراحل عملية النمذجة الفائقة السرعة :-

إنشاء النموذج المصمم بواسطة الحاسب الآلي CAD Model Creation :-

يتم تشكيل النموذج بواسطة مجموعه من برامج التصميم ثلاثية الأبعاد على سبيل المثال برنامج 3D studio Max ، برنامج Pro/ENGINEER ، برنامج I-DEAS ، برنامج Inventor ، برنامج Solidedge ، برنامج Uni-graphics ... إلخ بحيث يقوم المصمم فى هذه المرحلة ببناء المنتج من الصفر اعتماداً على فكره تصميميه أو تطوير لمنتج قديم سواء بتغيير فى الشكل أو فى المواصفات. كذلك يمكن للمصمم القيام بنسخ أى منتج حقيقى مثل قطع الغيار أو اجزاء الاسطوانات القديمه إلى صورته إليكترونيه قابله للتعديل والتطوير على شاشة الحاسب الآلى بالإستعانه بأجهزة مسح السطوح ثلاثية الأبعاد 3D Scanners التى تقوم بنقل الإحداثيات الفراغيه لنقاط سطوح وأجزاء المنتجات الموجوده إلى برامج الحاسب الآلى وبذلك يسهل تمثيل المنتجات المعقده بأكملها على شاشة الحاسب الآلى .

١- التحويل إلى صيغة ملف STL Conversion to STI Format :-

تستخدم البرامج السابقه عدد مختلف من نظم العد Algorithms لتمثيل الأشكال ، ولتأسيس الإتحاد والتماسك Consistency بين مجموعه البرامج اتخذت صيغة STL كمعيار للنمذجه الفائقة السرعة . ويتم تمثيل السطوح ثلاثية الأبعاد على هيئة تجميع لمثلثات مستويه Linear Triangles كمظهر جوهريه مقطوعه Like the faces of a cut jewel . ويحتوى الملف على إحداثيات رؤوس واتجاهات الوضع

الطبيعي لكل مثلث . ونظراً لكون ملفات STL تستخدم عناصر مستوية ، فهي لا تستطيع تمثيل السطوح المنحنية بالضبط ولكن يمكن التقريب إلى حد كبير بزيادة عدد المثلثات وإن كان ذلك يؤدي إلى زيادة حجم الملف .

تقطيع ملف STL Slicing the STL File :-

و يتم في هذه الخطوة تهيئة برنامج الإعداد لتشغيل ملف STL لكي يفهمه بصورة صحيحة . وتستخدم العديد من البرامج للقيام بإجراء التعديلات الخاصة بهيئة وموقع النموذج ...إلخ . فمثلاً عند وضع البعد الأصغر للنموذج في اتجاه Z يقوم البرنامج بتخفيض عدد الطبقات وبالتالي اختصار الوقت اللازم للبناء . وتقوم برامج الإعداد بتقطيع نموذج STL إلى عدد من الطبقات بسمك يتراوح ما بين ٠.٠١ ملليمتر إلى ٠.٧ ملليمتر اعتماداً على تقنية البناء المستخدمة ، ذلك بالإضافة إلى توليد هيكل إضافي داعم يقوم بتدعيم النموذج أثناء عملية البناء وبصفة خاصة الأشكال الرقيقة كالأجزاء المتدلية Overhangs ، التجاويف الداخلية Internal Cavities والقطع ذات الجدران الرقيقة Thin-Walled Sections .

البناء طبقة - طبقة Layer by Layer Construction :-

تقوم ماكينات النمذجة الفائقة السرعة RP ببناء النموذج طبقة تلو الأخرى من البوليمرات Polymers ، الورق Paper أو المسحوق المعدني Powdered metal بشكل مستقل ذاتياً ولا يحتاج إلا لتدخل محدود من المصمم أو القائم بالتنفيذ .

مميزات استخدام عملية النمذجة الفائقة السرعة :-

- ١- لا يحتاج استخدامها إلا إلى فرد واحد يجيد استخدام الحاسب الآلي لبناء نموذج المنتج المطلوب ثم إلى عدة ساعات فقط ليقوم نظام " النمذجة الفائقة السرعة" بإخراجها في شكل منتج حقيقي .
- ٢- إمكانية بناء أي شكل مهما كان تفاصيله وصعوبته طالما أمكن تمثيله على شاشة الحاسب الآلي وذلك بدقة تصل إلى حوالي ١٠٠ ميكرون (٠.١ مم) . ويشمل ذلك بناء السطوح المنحنية المعقدة والمركبة والأجزاء المعشقة بزوايه أقل من ٩٠ درجة Undercut والثقوب المتغيرة الأقطار بداخل جسم المنتج والتي يصعب إنتاجها بوسائل ومعدات التصنيع التقليدية
- ٣- قابلية إنتاج المنتجات المتغيرة الشكل والمواصفات والتي لا يتم الإحتياج لإنتاج أعداد كبيرة منها مثل الإسطمبات والقوالب (Moulds) والتي تحتاج المصانع إلى تغييرها كل فترة للتواكب مع تنوع وتطور إحتياجات المستهلك والأسواق العالمية ، كذلك قطع الغيار ذات المواصفات الخاصة بالإضافة إلى المنتجات الطبية التي يمكن تعديلها من شخص لآخر مثل دعائم العمود الفقري ، المسامير الطبية ، دعائم المفاصل ، الأسنان الصناعية وغير ذلك.
- ٤- إمكانية إختبار المنتجات المطلوب إنتاج أعداد كبيرة منها وذلك للوصول إلى أفضل شكل وتصميم وذلك قبل إنشاء خطوط الإنتاج والتي قد تتكلف ملايين الجنيهات ثم تتوقف أو تتغير بسبب عيوب

بسيطة في تصميم المنتج الأصلي.

٥- عدم الحاجة لوجود معدات صناعية مرتفعة الثمن مثل المخارط والفرايز والمثاقب والمعدات متعددة المهام ذات التحكم الرقمي Cnc وكذلك عدم الحاجة لوجود عمالة فنية ماهرة ومرتفعة التكاليف لتشغيل وصيانة هذه المعدات وبصفه خاصة في حالة عدم الحاجة لإنتاج أعداد كبيرة من المنتجات

٦- سرعة الإنتاج والتي لا تزيد عن ساعات قليلة لأصعب المنتجات بدون أي تواجد بشري ، حيث أن جميع نظم النمذجة الصناعية الفائقة السرعة الموجود حالياً ذاتية التحكم من خلال نظم حاسب آلي متكاملة ، بل إن بعضها يقوم بإرسال رسالة بالبريد الإلكتروني أو علي التليفون المحمول في حالة وجود أعطال أو مشاكل تستدعي التدخل البشري. فعلى سبيل المثال كانت تحتاج شركة "تيمبرلاند Timberland" للأحذية أسبوعاً كاملاً لصنع نموذج لموديل حذاء جديد بتكلفه تصل إلى ١٢٠٠ دولار ، أما الآن وباستخدام النمذجة الفائقة السرعة فقد تقلص زمن صنع النموذج إلى ٩٠ دقيقة فحسب وبتكلفه ٣٥ دولار فقط ^(١) <http://www.alroya.com/node/45908>

استخدامات النمذجة الفائقة السرعة :-

تستخدم تقنية النمذجة الفائقة السرعة في عدة مجالات ولكن أصبح لها دور أساسي في مجال الطب والصيدلة . ففي شهر أكتوبر من عام ٢٠٠٤ تمكن الجراحون بنجاح من فصل التوأمين المصريين أحمد ومحمد اللذين كانا ملتصقين بالرأس في عملية استمرت نحو ٣٤ ساعة . ولم تتجح هذه العملية إلا بعد أن تمرن الجراحون على هذه العملية المعقدة من خلال نموذج تشريحي مطابق لجمعتي الصبيين وهيئة شرايين وأوردة المخ، مرت عملية التدريب على عشرات من النماذج ثلاثية الأبعاد مصنوعة من مادة كيميائية شفافة بمساعدة أجهزة النمذجة الفائقة السرعة مع الحصول على البيانات من الحاسب الآلي الخاص بماسحة الكشف المقطعي وجهاز التصوير بالرنين المغناطيسي، وهو الأمر الذي يمنح الجراح رؤية واضحة داخل المخ البشري بصورة قد لا تتوفر حتى من خلال الحاسب الآلي التقليدي .

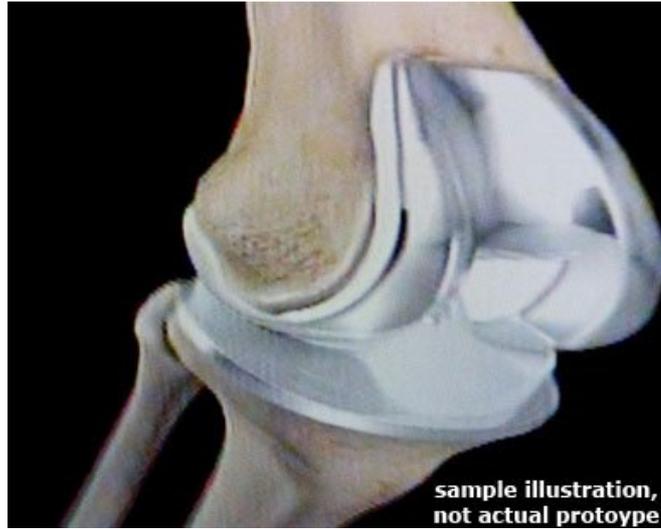
<http://www.al-jazirah.com.sa>



شكل (١٢) استخدام النمذجة الفائقة السرعة في صناعة نماذج

لجمعتي الطفلين المتصقين http://home.att.net/~castleisland/med_lks.htm

كما تمكنت مراكز الأبحاث بجامعة لندن من طباعة بدائل عظام باستخدام الخزف، مما قد ينهي مسألة بتر الأعضاء نتيجة لت هشم العظام ، وقد أمكن استخدام ذلك أيضاً حتى في تمثيل أشكال الآجنه في بطون أمهاتهم .



شكل (١٣) جزء تعويضي لمفصل ركبته مصنوع بطريقة النمذجة الفائقة السرعة

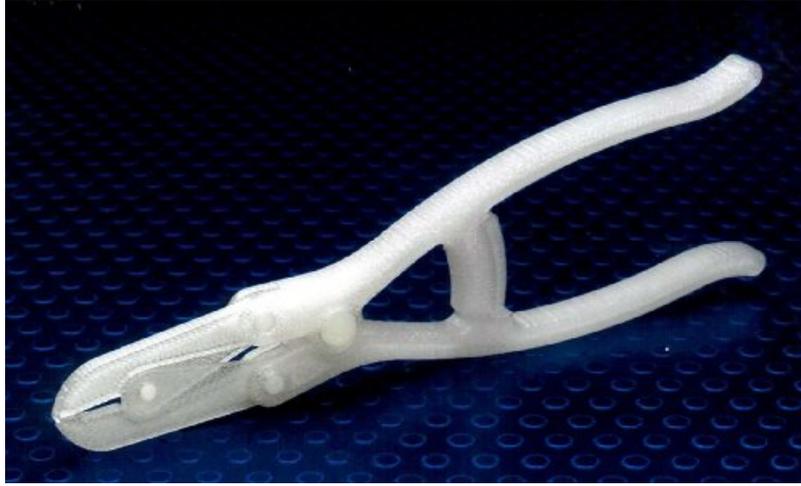
http://www.protocam.com/blog/uploaded_images/knee-replacement-sample-720681.jpg



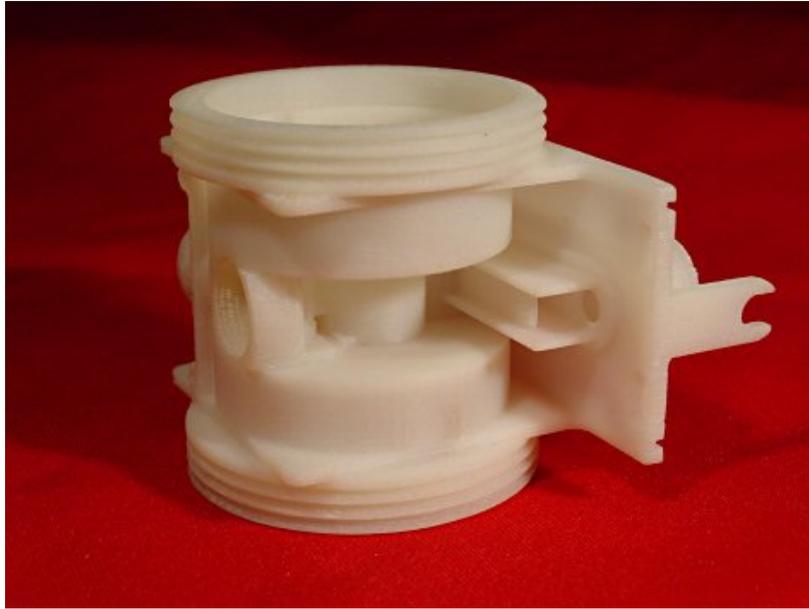
شكل (١٤) تمثيل الأجنه في بطون أمهاتهم بناء على صورته بالموجات الصوتيه

كذلك تستخدم تقنية النمذجة الفائقة السرعة في تصنيع منتجات تجارية ذات أسطح خاصة مثل المرشحات الصناعية Filters والتي أصبحت تتميز عن مثيلاتها المنتجة بطرق التشكيل التقليدية مثل طريقة التشكيل بالبتق أو طريقة الصب في القوالب والتي غالبا ما تظهر بها بعض العيوب مثل التشققات Cracks .

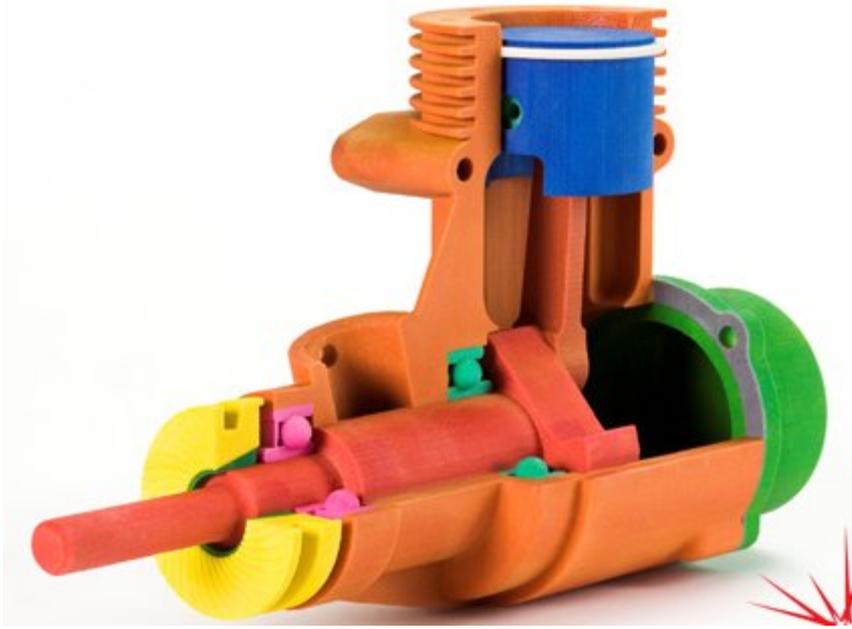
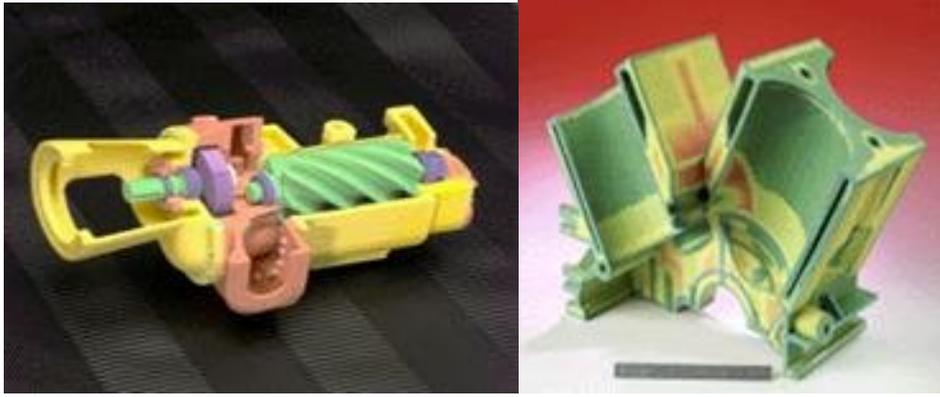
بعض الأمثلة من المنتجات التي تصنع بواسطة النمذجة الفائقة السرعة :-



شكل (١٥) نموذج لأله يدويه مصنوع من مادة بلاستيكيه



شكل (١٦) جزء هندسى معقد مصنوع بواسطة النمذجه الفائقة السرعه



مجموعه من الأجزاء الهندسيه المعقده صنعت بواسطة النمذجه الفائقة السرعة

لقد اتاح استخدام تقنيات النمذجة الفائقة السرعة اختصار عامل الوقت الذى كان يستخدم فى عمليات النمذجه بالطرق التقليديه إلى ما يقرب من خمسة عشر ضعفاً وذلك تبعاً لطبيعة المنتج ومدى بساطته أو تعقيده ، هذا إلى جانب احتمالات التعديل والتطوير التى كانت تؤدى إلى المزيد من ضياع الوقت والمبالغ الماليه فى السابق مما كان يؤثر سلباً على تحقيق برنامج التصميم وبالتالي التصنيع ثم التسويق والبيع....إلخ .

كما نتج عن استخدام هذه التقنيات المتقدمه أيضاً تحقيق برامج التطوير السريع للمنتجات بما يواكب متطلبات السوق المحلى والأجنبى وكذلك تفعيل وتنشيط الصناعات المصريه فى ظل المتغيرات العالميه .

المراجع:

- 1- <http://www.ergo-eg.com/ppt/3cama.pdf>
- 2- www.wtec.org/loyola/rp/02_02.htm
- 3- http://www.wtec.org/loyola/rp/fh02_08.gif
- 4- <http://www.mjdislam.com/vb/showthread.php?p=78268>
- 5- http://www.azom.com/work/g1I8Ef560fRwzgK6XgNX_files/image003.gif
- 6- <http://techon.nikkeibp.co.jp/members/AT/ATNEWS/20010521/4/ice2.jpg>
- 7- <http://www.daralhayat.net/actions/print.php>
- 8- <http://www.plastics4arab.com/forum/archive/index.php/t-1523.html>
- 9- <http://www.alroya.com/node/45908>
- 10- <http://www.al-jazirah.com.sa>