مجلة الفنون والعلوم التطبيقية
Journal of Applied Arts & Sciences
جامعة دمياط Damietta University
كلية الفنون التطبيقية

# الاستفادة من النمذجة الرقمية السريعة فى تطوير المنتجات الحديدية المنفذة بالسباكة

# Benefit from Rapid digital modeling in the development of iron products Carried out by casting

**بحث مقدم من**

**عماد شفيق عبدالرحمن حشاد** – قسم الاثاثات والانشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان

**ياسر محمد الصادق عبدالعزيز**– قسم الاثاثات والانشاءات المعدنية - كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان

**الملخص :-**

تمثل النمذجة الرقمية السريعة أحد الاساليب الحديثة فى تطوير المنتجات الهندسية, حيث تساعد على تحسين جودة التصميم والانتاج, وتقليل الوقت اللازم للوصول بالمنتجات الهندسية الى المستهلك, وسهولة الضبط والمراقبة والتحكم فى عمليات التصميم والتصنيع. وتتمثل مشكلة البحث: فى قصور عمليات تصميم وتصنيع النماذج الاوليه والقوالب التقليديه المصنعه يدويا من خامات الخشب والجبس والبلاستيك والشمع ورمل السباكة المستخدمة فى تصنيع المنتجات الحديدية فى كثير من الجوانب التصميمية والانتاجية, ويهدف البحث الى: الاستفادة من أحد تقنيات النمذجة الرقمية السريعة وهى الطباعة الثلاثية الابعاد فى تصميم وانتاج نماذج وقوالب سباكة المنتجات الحديدية, نظرا لما تتميز بة هذة التقنيات من حيث السرعة والدقة فى التصميم والانتاج **وتوصل البحث الى عدد من النتائج من اهمها:**

١- الاقتصاد في الوقت والتكلفة باستخدام النظم الرقمية السريعة بنسب تتراوح ما بين ٥٠%:٩٠% مقارنه بطرق التصميم والانتاج والتوزيع التقليديه حيث أن دورة إنتاج المنتجات بمنظومة النمذجة الرقمية السريعة قصيرة جدا لأنها تستخدم القليل من الأدوات و الأجهزة و مراحل الانتاج و العمالة القليلة .

٢- اثبتت الدراسة التجريبية من خلال المنتج التطبيقى امكانيات منظومة النمذجة الرقمية والطباعة الثلاثية الابعاد فى تصميم وتصنيع نموذج مقترح لأحد عناصر المنتجات الحديدية التى تنفذ بالسباكة, كما توصلت الدراسة النظرية لامكانية تصنيع قوالب السباكة الرملية لنفس المنتج مباشرة دون الحاجة لنموذج السباكة, وايضا امكانية تنفيذ نفس الوحدة الزخرفية بالمعدن مباشرة بماكينات الطباعة دون الحاجة لكل عمليات السباكة او غيرها من العمليات الصناعية ولكنها مازالت مكلفة ولا تصلح للانتاج الكمى.

**الكلمات الدالة:-** المنتجات الحديدية – السباكة الفنية - النمذجة الرقمية- الطباعة الثلاثية الابعاد

**المقدمة:**

تمثل النمذجة الرقمية السريعة أحد الاساليب الحديثة فى تطوير المنتجات الهندسية, حيث تساعد على تحسين جودة التصميم والانتاج, وتقليل الوقت اللازم للوصول بالمنتجات الهندسية الى المستهلك, وسهولة الضبط والمراقبة والتحكم فى عمليات التصميم والتصنيع, بالاضافة الى توافقها مع متطلبات التصنيع المرن الذى أصبح احد عناصر الصناعة الحديثة من اجل تحقيق القدرة التنافسية فى الانتاج والتسويق,


(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

وتعد المنتجات الحديدية أحد مفردات العمارة والتأثيث الداخلى والخارجى, حيث تتنوع المنتجات الحديدية على حسب الوظيفة التى تؤديها مثل الاثاثات الحديدية لتأثيث الأماكن العامة كالحدائق والميادين والقرى السياحية والفنادق والمنازل والاماكن الخاصة, وتدخل المنتجات الحديدية فى المجال المعمارى سواء كانت اسوار, حواجز, أبواب داخلية وخارجية النوافذ, درابزين السلالم والبلكونات, بالاضافة الى وحدات الاضاءة المصنعة من الخامات الحديدية والمعدنية التى تستخدم لاضاءة الاماكن العامة والخاصة, كما تدخل المنتجات الحديدية فى بعض المنشات المعدنية الخفيفة مثل البرجولات والجداريات والنصب التذكارية فى الميادين والحدائق, وتصنع المنتجات الحديدية بأساليب صناعية مختلفة ومن اهمها عمليات سباكة المعادن, وتمثل النماذج الاوليه والقوالب أهمية كبيرة فى مخرجات عملية السباكة من الخامات المعدنية مثل الحديد المطاوع والحديد الزهر والنحاس والالمنيوم .

**مشكلة البحث:**

إعتماد معظم الصناعة المحلية على الاساليب التقليدية القديمة فى عمليات سباكة المعادن المختلفة وما يكتنفها من القصور الشديد فى عمليات تصميم وتصنيع النماذج الاوليه والقوالب التقليديه المصنعه يدويا أو ميكانيكيا من خامات الخشب والجبس والبلاستيك والشمع ورمل السباكة المستخدمة فى تصنيع المنتجات الحديدية, فى كثير من الجوانب التصميمية والانتاجية, مثل زيادة وقت وتكلفة الانتاج والجودة غير الملائمة وعدم المرونة فى التصميم والابتكار والتأخر فى تلبية متطلبات العملاء والتسويق وعدم توافقها مع متطلبات التصنيع المرن الذى يستلزم سرعة وسهولة تداول المعلومات والبيانات والتصميمات والتبادلية بين مراحل التصميم والتصنيع على الماكينات والبرامج الرقمية الحديثة.

**ويهدف البحث الى:**

الاستفادة من تقنيات النمذجة الرقمية السريعة والطباعة الثلاثية الابعاد فى تصميم وانتاج نماذج وقوالب سباكة المنتجات الحديدية, نظرا لما تتميز بة هذة التقنيات من حيث السرعة فى التصميم والانتاج, امكانية وسهولة التعديل على التصميمات, سهولة التواصل بين النماذج الحقيقية الملموسة والنماذج الافتراضية, دقة وجودة وصلابة نماذج السباكة الناتجة, انخفاض الوقت والتكلفة, مما ينعكس على جودة وتطوير المنتجات الحديدية.

**أهمية البحث:-** تعد عمليات تصنيع المنتجات الحديدية بأسلوب السباكة من العمليات قليلة التكلفة بالمقارنة بغيرها من العمليات الصناعية, وبالتالى فهى صناعة واعدة اذا تم استثمار وتوظيف الاساليب الحديثة فى التصميم والتصنيع المرن مثل النمذجة الرقمية والطباعة الثلاثية الابعاد او التصنيع بالاضافة.

**منهجية البحث:-** يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى فى دراسة الاساليب التقليدية لسباكة المنتجات الحديدية وتقنيات النمذجة الرقمية والطباعة الثلاثية الابعاد وفوائدها, والمنهج التجريبى من خلال التطبيق العملى لهذه التقنيات فى مجال تصميم وتصنيع المنتجات الحديدية المنفذة بالسباكة.

**١- المنتجات الحديدية المنفذة بالسباكة**

تعد سباكة المعادن من العمليات الصناعية المهمة التى تستخدم فى تصنيع المنتجات الحديدية و يمكن انتاج أجزاء كاملة أو مكملات أو اكسسوارات أو وصلات أو وحدات زخرفية على قدر كبير من المرونة فى الشكل والتوظيف " كما يمكن الحصول على مسبوكات نصف مصنعة او مصنعة وذلك على حسب طريقة السباكة المستخدمة, وتؤدى عملية السباكة الى الحصول على منتج كامل بسعر تكلفة أقل من٣٠ % الى ٥٠% على نفس المنتج لو انتج بطرق أخرى غير سباكة المعادن "(م١- ص٥ – ٢٠٠٨) شكل (١) يوضح بعض هذة المنتجات.

شكل (١) يوضح بعض المنتجات الحديدية المنفذة بأسلوب السباكة



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

ويتم الحصول على المنتجات الحديدية المسبوكة وذلك بعد ترك المعدن المنصهر المصبوب فى فراغ القالب لكى يتجمد, ولذلك فان شكل المسبوك يكون متطابقا مع شكل فراغ القالب, ويمكن الحصول على منتجات حديدية منفذة بالسباكة مهما كانت بالغة التعقيد فى الشكل علاوة على توفير عمليات التشغيل على الماكينات.(م٦ – ص١٥٦ – ٢٠٠١) وبواسطة عمليات السباكة يمكن انتاج منتجات حديدية من الحديد الصلب بجميع انواعة ( الصلب الكربونى – الصلب السبائكى ) والحديد الزهر بجميع انواعة ( زهر رمادى – زهر كروى – زهر ابيض ) وايضا مسبوكات من المعادن الغير حديدية ( الالمنيوم وسبائكة – والنحاس وسبائكة ) (م٢ – ص٣٠ - ٢٠٠٣) ويوجد عدة عمليات لسباكة المنتجات الحديدية وهى السباكة فى القوالب الرملية – السباكة فى القوالب المعدنية – سباكة الطرد المركزى – السباكة تحت الضغط – السباكة بالشمع المفقود, وتمثل نماذج وقوالب السباكة Casting Pattern and moulds أهمية كبيرة فى تصميم وانتاج المنتجات الحديدية المسبوكة.

## ٢- الاساليب التقليدية فى عمل نماذج وقوالب سباكة المنتجات الحديدية وعيوبها

يمكن وصف النموذج ببساطة بأنة مثال يصنع بة او يختم علية القالب الرملى الذى يصب فية المعدن او السبيكة المنصهرة ويترك ليبرد, ثم يخرج المسبوك بتكسير هذا القالب الرملى وبعد ذلك ينظف المسبوك تنظيفا مبدئيا, ويرسل بعدها الى ورشة الماكينات لتشغيلة او لتجميعة حسب ما يتطلبة العمل من هذا يتضح ان القالب مرتبط ارتباطا تاما بصناعة النماذج .(م٣ – ص١ – ٢٠٠٠) وحيثما يذهب النموذج يتجة المسبوك, وتتاثر نوعية وجودة المنتجات الحديدية المسبوكة بنوع المادة المستخدمة فى صناعة النموذج وكذا بصانع النموذج والمهندس الذى قام بتصميم النماذج.(م٧ – ص٢١٧ – ١٩٩٦), ويمكن صناعة النموذج من الخشب اللدن (الصنوبر الابيض, صنوبر السكر) أو خشب الزان وخشب الماهوجنى, ومعظم انواع الاخشاب تتأثر بالرطوبة الجوية التى تسبب التعوجات والتشوهات والانتفاخات فى النماذج المستخدمة, ولذلك يجب تجفيف الاخشاب لمدة زمنية طويلة من ٦ شهور الى سنتين وتستخدم خامة الخشب فى حالة الانتاج القليل العدد للمسبوكات المطابقة للنموذج, كما يمكن صنع النماذج من الجص أو الجبس وهو مادة صلبة مكونة من ثنائي هيدرات كبريتات الكالسيوم ($2H_2O \cdot CaSO_4$) وللحصول على نتائج جيدة يمكن ان تشرب النماذج الجصية بالبلاستيك الصلد المتين, ويمكن تصنيع النماذج من اللدائن حيث يمكن حقن البلاستيك فى قالب من الجص ليشكل النموذج المطلوب, ويمكن التشغيل بالماكينات لكتلة البلاستيك ذات الحجم المناسب, ويمكن انشاء النموذج ببناء طبقات متتالية من الرزين والصوف الزجاجى فى قالب من الجص وهى من افضل الطرق التقليدية لعمل النماذج. (م٧ – ص٢١٧ – ١٩٩٦), ويمكن صناعة النماذج والقوالب الدائمة من المعادن وتستخدم فى حالة الانتاج الكمى للمسبوكات وبالذات فى حالة السباكة الالية (الختم بالماكينات) وتمتاز هذه النماذج بالدقة العالية وطول عمرها علاوه على نعومة السطح وتصنع هذة النماذج من سبائك الالمنيوم مع النحاس ( ٧ – ١٢ % نحاس ), حديد زهر برونز او نحاص اصفر وذلك فى حالة الختم على ماكينات الهزازة او الختم بواسطة عمليات القذف كما يمكن استخدام سبائك ذات درجة الانصهار المنخفضة مثل سبائك الرصاص والبزموت, ويمكن استخدام الشمع المفقود فى السباكة الدقيقة وتعطى نجاحا فى انتاج مسبوكات معقدة الاشكال دقيقة الابعاد. (م٧ – ص٤٧ – ١٩٩٦)

وعلى الرغم من نجاح عمليات السباكة التقليدية كأساليب انتاجية فى تصنيع المنتجات الحديدية الا انة يمكن رصد بعض العيوب التى تؤثر على جوانب التصميم والانتاج منها: (م٧ – ص٢٢٧ – ١٩٩٦)

- ضعف الخامات التقليدية المستخدمة فى صناعة نماذج السباكة مثل الخشب والذى لايتناسب مع الانتاج المتكرر لاعداد كبيره من المسبوكات.
- كثرة العمليات الصناعية التى يمر بها النموذج حتى يصبح جاهزا للعمل مثل التصنيع والتشطيب والدهان, مما يعنى زيادة فى الوقت والتكلفة النهائية .
- ضعف السيطرة على سماحيات انكماش المسبوك حيث يستعمل صانع النماذج مسطرة الانكماش Shrink Ruler وهى مسطرة يدوية ذات ابعاد أكبر قليلا من الحقيقة فى عمل القياسات اللازمة للنموذج للتغلب على خاصية انكماش المعدن بالقالب بعد تجمدة والتى من اسبابها, اختلاف نوع السبيكة المعدنية والفلز واختلاف مقاومة القالب لعمليات الانكماش, اختلاف ملامح التصميم مثل حجم المسبوك وشكلة.
- الاعتماد الكبير على خبرة صناع النماذج بالطرق اليدوية والتى لها دور مهم لتحسين الانتاج وتفادى الاخطاء ولكنها تظل فى النهاية قدرات بشرية .



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

- صعوبة التنبؤ بسلوك المعادن والسبائك المنصهرة اثناء التجمد فى قوالب السباكة وخاصة القوالب الرملية مما يؤدى لقصور فى تصميم النماذج لتلبية هذة المتغيرات وايضا انخفاض الجودة والتشطيب.
- الكثير من التصميمات المكلفة قد تتغير ومسبوكات لا تحصى قد يجرى عليها تعديلات بعد انتاجها وكان يمكن التغلب على هذة المشاكل بالدراسة المتأنية للنموذج, بالاضافة الى صعوبة التنبؤ بالمساحات ومناطق الانكماش والاماكن التى يحدث لها تمزق اثناء تجمد الفلز او السبيكة.
- صعوبة تحديد اماكن اتصال المصبات والمغذيات بالاعتماد على المحاولة والخطأ اثناء تجهيز القوالب للسباكة, هذا بالاضافة الى العديد من المشاكل والصعوبات الاخرى التى تكتنف عمليات السباكة التقليدية والتى يضيق البحث عن حصرها.

### ٣- النمذجة الرقمية السريعة

مصطلح النمذجة الرقمية يشير الى عملية ابتكار عروض افتراضية على الكمبيوتر من خلال المعالجة الرياضية لأشكال ثلاثية الابعاد لاى شكل, ونتيجة هذا الابتكار هو ما نسمية صناعيا نماذج أو شبكات ثلاثية الابعاد والمصادر الشائعة للنماذج الرقمية هى التى يمكن انتاجها من قبل المصممين باستخدام البرامج المتخصصة للنمذجة الرقمية على الكمبيوتر, هذا بالاضافة الى الشبكيات الرقمية التى يمكن تكوينها من خلال المسح بأشعة الليزر أو أدوات نقل الاحداثيات من عالم الاشكال الحقيقية الملموسة بمساعدة أدوات وبرامج متخصصة لهذا الغرض .(م١٥ – ص٤ – ٢٠١٢), وتلعب النمذجة الرقمية السريعة دورا مهما فى تطوير مختلف المنتجات الصناعية, ولها نطاق واسع من التطبيقات, ويمكن تقسيم العملية الى مرحلتين هما – المرحلة الافتراضية والمرحلة الحقيقية, المرحلة الافتراضية التى تتم باستخدام برامج لبناء نماذج رقمية ثلاثية الابعاد مثل برامج – Katia ( Solidwworks – Inventor – Pro engineer) وغيرها من برامج الرسم الهندسى المرحلة الحقيقية التى تتم من خلال بناء الاشكال الثلاثية الابعاد طبقا للمعلومات والنماذج التى تم اعدادها على البرامج السابقة بمساعدة الكمبيوتر CAD لتحويل البيانات الى شرائح أو طبقات رقيقة للخامات التى تصهر أو تحول الى الشكل المطلوب من خلال هذة الشرائح.(م١٤ – ص٥٥ – ٢٠١٦)

ويمكن ادخال البيانات الى برامج النمذجة الرقمية بنقل الشكل الخارجى للمنتجات الحديدية التى سبق انتاجها بالسباكة بغرض اعادة انتاجها أو التعديل عليها قبل الانتاج باستخدام تقنيات المسح الظاهرى للاسطح مثل:

**أ:- (قارئ الاحداثيات ثلاثى الابعاد 3d digitizer)** ويتم فيها قراءة احداثيات الجسم الخارجى للمنتج بتلامس الأداه المجس ( التحسس ) الخاصة بماكينة قياس الاحداثيات, وذلك يتم من خلال تحديد أبعاد النقاط على العنصر المراد قراءة احداثياتة, ومنها يتم تحديد اعلى واسفل النقاط وتحديد الدقة المطلوب القراءة بها او Reselution ووحدة القياس هى Voxel وهى المكافئ ثلاثى الابعاد للنقطة المنفردة ويمكن التحكم فى المجسات يدويا أو اليا ويكون الناتج هو تحويل الجسم المراد مسحة الى شكل ملفات من نظم CAD التقليدية على الكمبيوتر حتى يمكن ان ننتج ملفات CAD معالجة ومنها يمكن انتاج الجسم مرة اخرى بعد اجراء التغييرات المطلوبة علية.

**ب:- (قارئى الاحداثيات بأشعة الليزر 3d laser scanner)** وهى قراءة نقاط المنتج من خلال الاحداثيات بأشعة الليزر وتكون سرعة جمع المعلومات من على اسطح المنتجات من ٢٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ نقطة لكل ثانية ويمكن الدمج بين الأداتين السابقتين فى العمل لمسح ونقل بيانات الاشكال بدقة كبيرة (م٧ – ص١٠٧ – ٢٠٠٨)

### ١/٣- فوائد النمذجة الرقمية السريعة فى تصنيع المنتجات الحديدية المسبوكة

تقوم هذة التقنية ببناء نماذج وظيفية مباشرة يمكن استعمالها فى السباكة بالقوالب الدائمة أو المؤقتة والنماذج المقدمة تتميز بالاتى :

- تتيح هذة الطريقة القدرة على الطباعة او التصنيع الثلاثى الابعاد المباشر للافكار المصممة على الكمبيوتر مما يوفر الوقت والجهد. (م١٢- ص٢٠ -٢٠١٣)
- التسويق المسبق للمنتجات الحديدية, فتساعد فى الترويج للمنتجات حتى قبل انتاجها الفعلى بعرض نماذج ثلاثية الابعاد بالمقاييس الحقيقية على العملاء لكى تحصل على تقييمهم وأرائهم والاستفاده من هذة الأراء قبل الدخول فى مرحلة التصنيع والانتاج.
- إمكانية تغيير تصميم المنتجات الحديدية وتعديلها عدة مرات بسهولة ودون عناء, وذلك من خلال الاستخدام الامثل للبرامج المتوفرة للاختبار قبل البدء فى اعداد النموذج.
- التحقق من عوامل الامان فى تصميم المسبوكات للمنتجات الحديدية وخاصة إذا كان يمثل جزءاً حساساً من

المنشأ حيث يمكن عمل الاختبارات الانشائية وحدود الانهيار افتراضيا قبل الانتاج.

- تساعد تقنيات النمذجة الرقمية على تفهم مشاكل النموذج قبل الانتاج حتى يتسنى عمل أى تغيير ليصبح النموذج أكثر إقتصادا مثل تقليل عدد الدلاليك المطلوبة والتى تمثل صعوبة فى تصنيعها ووضعها مكانها, وسهولة وضع المصبات والمغذيات بطريقة تسمح بانتاج مسبوك سليم.

- على عكس الصناعة التقليدية لقوالب رمل السباكة, سواء كانت مسطحة او مكعبة والتى تستغرق عدة اسابيع, فان النمذجة الرقمية تجعل من تصميم وطباعة القوالب الرملية حتى المعقد منها سهل جدا ولا يستغرق وقت كبير, بحيث يتم انتاج قوالب السباكة بطريقة مؤتمتة بالكامل على اساس بيانات البرامج ثلاثية الابعاد بدقة تصل الى ٣٠٠ ميكرومتر على طبقات من رمل الكوارتز المخلوط بمواد راتنجية.

- يمكن الجمع بين القوالب الرملية المجوفة والقلوب او الدلاليك فى تصميم واحد وبدقة عالية مما يقلل من الزمن اللازم للعمل كما يمكن عمل نماذج وقوالب تصل ابعادها الى ١٠٠٠×٦٠٠٠×٥٠٠٠ مم(م١٩)

- تصميم النموذج للجمع بين السباكة واللحام, فمن المعروف ان قابلية المسبوك للالتواء والتمزق تتناسب طرديا مع طولة ودرجة تعقيدة, ويمكن بالنمذجة الرقمية سهولة تجزئة المسبوك الى أجزاء اثناء التصميم وسباكة كل جزء على حدة ثم تجميعة باللحام وهو الاكثر اقتصادا من سباكة الجزء بأكملة.

- الاكتشاف المبكر لأخطاء وعيوب المسبوكات وذلك باستخدام حزم برامج تقوم باختبار النموذج المصمم فى ظروف التسابك الحقيقية وهو مايعرف بمحاكاة السباكة.

**١/١/٣- محاكاة عملية سباكة المنتجات الحديدية بالنمذجة الرقمية Casting Simulation** المحاكاه هى عملية تقليد ظاهرة حقيقة باستخدام مجموعة من المعادلات الرياضية التى تنفذ فى برامج النمذجة الرقمية, والمنتجات الحديدية المسبوكة تخضع للكثير من المتغيرات التى تنشأ أثناء تجمد المعدن او الفلز مثل: (م١٠ – ص٣ – ٢٠٠٨)

**المتغيرات الهندسية :** - وتشمل تغير الخصائص الهندسية للشكل الخارجى مثل نشوء المناطق المحدبة (زوايا خارجية) والمناطق المقعرة (زوايا داخلية) الثقوب الغائرة, الجيوب والبروز والتقاطعات المختلفة التى تؤثر على تجمد وتصلب المعدن, الخطوط الخارجية للقالب مثل التسوس والنحر التى تؤثر على كمية الحرارة التى يمتصها القالب, شكل وحجم المادة العازلة أو القشرة الخارجية للقالب والدلاليك التى تؤثر على معدل انتقال الحرارة بين الاجزاء الداخلية.

**متغيرات مرتبطة بالخامات:** - مثل خصائص الفيزياء الحرارية للفلز أو السبيكة أو خامات القالب بما فى ذلك الكثافة والتوصيل الحرارى, التقلص الحجمى خلال التصلب, ومعامل التمدد والانكماش الحرارى والتوتر السطحى.

**متغيرات اثناء عملية صب المعدن فى القالب:-** مثل التدفق المضطرب أثناء صب المعدن فى القالب, عمليات الاكسدة, تاكل القالب بفعل الغازات المنبعثة أثناء الصب والتجمد, الى جانب ان الانتقال الحرارى يؤدى الى انخفاض سيولة المعدن من ناحية والتمدد الحرارى للقالب من ناحية اخرى, ايضا عدم وصول المعدن الى نهاية القالب أى تجمد المعدن قبل ان يملأ كل فجوات القالب والتنوع فى معدلات التبريد التى ينتج عنها بنيان مجهرى غير منتظم. (م٥ ص – ٢٠٠٨). ولتفادى هذة المشكلات بقدر الامكان والوصول للحلول المناسبة لها, يمكن استخدام برامج النمذجة الرقمية بعمل محاكاه افتراضية لعملية صب المعدن ومن هذة البرامج ( AutoCAST - Castflow, - CastCAE – CAP/WRAFTS Nova- - MAGMASoft – JSCast – Castherm - PAM-CAST/ProCAST - Solid/Flow ( SOLIDCast – RAPID/CAST

## ٤- الطباعة ثلاثية الأبعاد (3Dprinting)

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي احد عناصر منظومة النمذجة الرقمية واحدي تقنيات الإنتاج الحديثه (التصنيع بالاضافة-Additive manufacturing (AM * والتي تُتيح الحصول على مجسم (نموذج لمنتج) ثلاثي الأبعاد او الحصول على منتج كامل من خلال تصميمه على الحاسوب باستخدام برامج النمذجه الرقمية ومن ثم طباعته بالطابعة ثلاثية الأبعاد، حيث يتم بناء المجسمات أو المنتجات وذلك بوضع طبقات رقيقة متتالية من ماده ما او اكثر من ماده فوق

* يشير هذا المصطلح إلى مجموعة من التقنيات والعمليات التي تم تطويرها خلال أكثر من ثلاثين عاما، وتعرفها الجمعية الأمريكية للاختبار و تطوير المواد (ASTM)- وهي كيان عالمي معروف بتقديم المعايير العامة الخاصة بالصناعات- بأنها: "عملية إضافة للمواد لبناء أجسام على معطيات نموذج ثلاثي الأبعاد بوضع طبقة فوق أخرى،على عكس منهجيات التصنيع التقليدي(التصنيع بالحذف (Subtractive Manufacturing)"
(http://dupress.com/articles/the-3dopportunity-primer-the-basics-of-additive manufacturing/)


(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)

بعضها البعض حتي يكتمل شكل المجسم او المنتج المطلوب (م١٧)، كما هو موضح بشكل (٢)

شكل(٢) يوضح عملية الطباعه الثلاثية الأبعاد لأحد المنتجات بوضع طبقات رقيقة متتالية من الماده (الخامه) الخاصه بالطباعه فوق بعضها البعض حتي يكتمل شكل المنتج المطلوب

وبذلك تتيح تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مرونه انتاجيه لم يسبق لها مثيل حيث يمكن تصنيع منتجات او أجزاء لمنتجات بأي شكل مهما بلغت درجه تعقيده وبخامات مختلفة مثل الخزف،المعادن، البوليمرات، والعديد من المركبات الأخرى ذات المواصفات الميكانيكية والفيزيائية المختلفة ثم تركيبها مع بعضها البعض، وتستخدم تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بكثرة وبشكل أساسي في العديد من المجالات الصناعية والطبية صناعات الفضاء والطيران, البناء والتشيد، التعليم، تشكيل قوالب السباكة للمعادن، ولا تزال افاق الاستخدام في تزايد حيث هناك تطوير مستمر من قبل الشركات العالمية للطابعات الثلاثية الأبعاد لتصبح اكثر سرعة ومرونه واقتصادا (م٤ – ص١٢ – ٢٠١٠)

ومن المنتظر أن تحدث ثوره في عمليات التصنيع وهو ماُيطلق علية الثورة الصناعية الثالثة، حيث يمكن تصنيع اي منتج في اي مكان فببساطة بمجرد الحصول على ملف تصميم المنتج يمكن طباعته، وحاليا توجد طابعات ثلاثية الأبعاد مفتوحه المصدر بما يعني ان تصميمها ونسخها متاح للجميع وبشكل قانوني وتستخدم مكونات هارد وير وبرامج سوفت وير مفتوحة المصدر, ايضاً يمكن عمل مسح ثلاثي الأبعاد لمنتجات قائمه باستخدام الادوات المناسبه لذلك ثم بسهوله طباعه نسخ من تلك المنتجات. (م٩ – ص٤٥ -٢٠١٥)

**١/٤- تقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد:**

إن المبدأ العام في الطباعة ثلاثية الأبعاد واحد وهو رص طبقات ماده (خامة) الطباعه فوق بعضها البعض حتى يكتمل شكل المجسم المطلوب ومع ذلك فهناك عده تقنيات للطباعه ثلاثية الأبعاد يكمن الاختلاف الاساسي بينهم في الكيفية التي يتم بها بناء الطبقات لعمل المنتجات أو أجزاء المنتجات، وتؤثر تلك الكيفية في سرعه الطباعه وحجم ماكينه الطباعه وتكلفة المنتج ونوع المادة الخام المستخدمة للطباعه، ومن بين تلك التقنيات هناك ثلاثة هم الأكثر استخداماً وهم: ١- الليثوجرافيا الفراغية stereo lithography (SLA) Apparatus), ٢- التلبيد باشعة الليزر selective (SLS) laser sintering, ٣- التشكيل بالترسيب المنصهر fused deposition modeling (FDM).(م٢٠)

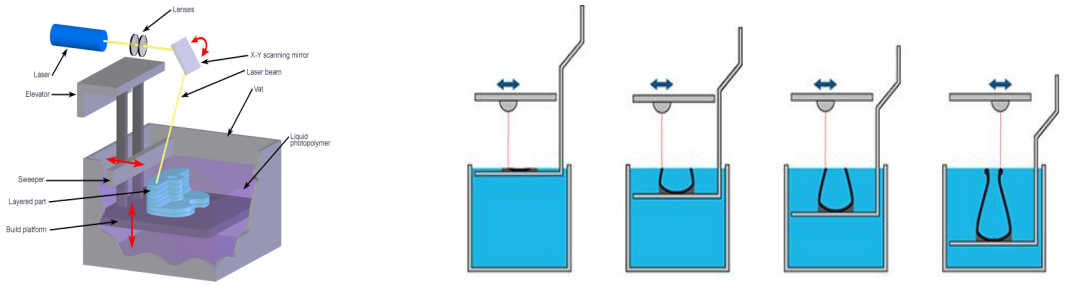
**١/١/٤- الليثوجرافيا الفراغية stereo (SLA) lithography Apparatus:**

الليثوجرافيا الفراغية هي أول طريقة للطباعه الثلاثية الأبعاد (النمذجه السريعه) تم ابتكارها عام ١٩٨٨ بواسطه شركه "3D system" الأمريكيه وهي من أكثر طرق الطباعه الثلاثية الأبعاد إنتشارا. (م١١ –ص٤٠٦ –٢٠١٢)



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)




(ب) (أ)

شكل (٣)

أ) رسم تخطيطي يوضح مراحل عملية الطباعه الثلاثية الأبعاد بالليثوجرافيا الفراغية

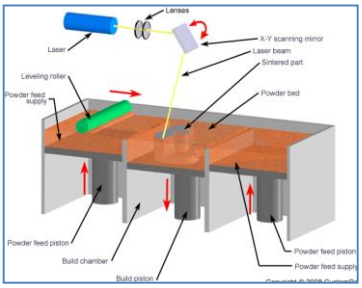
ب) قطاع منظوري في ماكينه الطباعه الثلاثية الأبعاد بطريقة الليثوجرافيا الفراغية يوضح مكونات الماكينه

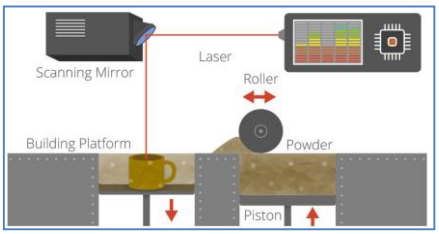
وتتم عملية الطباعه باستخدام بوليمر ضوئي سائل يوضع في وعاء كبير بداخله منصه تتحرك رأسيا لأسفل ثم لأعلى، ففي بدايه عملية الطباعة تكون المنصه اسفل سطح البوليمر السائل مباشره كما هو موضح بشكل (٣) ثم يتم توجيه شعاع ليزر الي سطح البولمير السائل، بحيث يتحرك هذا الشعاع بشكل عمودي على سطح البولمير السائل في اتجاه محوري x وy للسائل وذلك وفقا للبيانات ثلاثية الابعاد الخاصة بشكل المنتج المطلوب إرسالة لماكينه الطباعه من خلال الحاسب الآلي وبذلك يرسم شعاع الليرز اول طبقة من طبقات المنتج على سطح البوليمر السائل والتي تتصلد عند تعرضها لهذا الشعاع، ثم تنخفض المنصة قليلاً لأسفل على محور z للسائل وذلك وفقا لبيانات المنتج السابق إرسالها للماكينه ثم يرسم شعاع الليزر الطبقة الثانية للمنتج على سطح البوليمر السائل فيتصلد ثم تنخفض المنصه لأسفل من جديد ويتم تكرار هذه العملية حتى الانتهاء من المنتج بالكامل كما هو موضح بشكل (٣) وبذلك يتم بناء المنتج طبقة فوق الأخري عن طريق رسم شعاع الليزر لطبقات المنتج فوق سطح البوليمر السائل، وبعد الانتهاء من المنتج بالكامل يتم اخراجه من وعاء الماكينه عن طريق منصة الدعم التي تتحرك لأعلى في حين يتدفق باقي البوليمر السائل بعيدا لأسفل.[١٨٥] **وتتميز الطباعه الثلاثية الأبعاد بالليثوجرافيا الفراغية** بقدرتها على إنتاج نماذج صغيرة وكبيرة الحجم، المنتجات ذات اسطح ناعمه وبتفاصيل دقيقة ومعقده. **ويعيب الطباعه الثلاثية الأبعاد بالليثوجرافيا الفراغية** محدوديه الخامات المستخدمه في الطباعه، المنتجات تكون هشه (brittle)، ماكينات الطباعات كبيره الحجم وبالتالي فهي بشكل عام اغلي من ماكينات الطباعه الأخرى، سرعه الطباعه متوسطه.[١]

### ٢/١/٤- التلبيد الانتقائي باشعة الليزر SLS) selective laser sintering):

التلبيد الانتقائي بأشعة الليزر هي طريقة للطباعه الثلاثية الأبعاد تم ابتكارها عام ١٩٨٩، وهي تشبه في مبدأها العام طريقة الطباعه بالليثوجرافيا الفراغية، حيث يستخدم في ماكينه الطباعه شعاع ليزر(مصدر حراري ُمركز) يتم توجيهه بحيث يتحرك بشكل أفقي فوق وعاء به منصه تتحرك راسيا داخل الوعاء حاملةً مسحوق مضغوط من البوليميرات او المعادن, وهكذا يرسم شعاع الليزر اول طبقه من طبقات المنتج المطلوب طبقا للمعلومات المرسله لماكينه الطباعه فيتم تلبيد او صهر جزيئات المسحوق التي تعرضت لشعاع الليزر التى يقوم بتسخينها الي درجه حراره أقل قليلا من درجه انصهارها, وبذلك تتكون طبقة صلبه ثم تنخفض المنصه المتحركه لأسفل ثم تقوم اسطوانه بفرش طبقة جديده من مسحوق البولمير او المعدن قبل ان يقوم شعاع الليزر بتلبيد الطبقة الثانية من طبقات المنتج وصهرها مع الطبقة الأولى وهكذا الي ان تكتمل كل طبقات المنتج كما هو موضح بشكل(٤).


(ISSN 2537-1061) (Print)
(ISSN 2537-107X) (Online)




**شكل (٤)**

**رسم تخطيطي ومنظوري يوضح مراحل عملية الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتلبيد الانتقائي بأشعة الليزر**

وغرفة البناء (Building platform) أو مكان مسحوق الطباعة معزولة بصورة جيدة للحفاظ على درجة الحرارة أثناء عملية الطباعة وذلك للحفاظ على درجة إنصهار مادة المسحوق وبعد الانتهاء من الطباعة تتم ازالة المسحوق الزائد واخراج القطعة المطبوعه . (م٦ – ص١٧ – ٢٠١٥)

**وتتميز الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتلبيد الانتقائي بأشعه الليزر** بسرعة الطباعه، ومنتجات ذات بنيه قويه (خواص ميكانيكية جيده) ومقاومه عاليه للحراره والتفاعل مع المواد الكميائية، تستخدم خامات كثيره للطباعه مثل الورق، السيراميك، المواد المركبة، النايلون، الزجاج، الخشب، الألومنيوم، والصلب، ويكون المسحوق بمثابة هيكل دعم للطبقات المطبوعة مما يمنعها من ان تتدلى وتضعف, وبذلك يمكن طباعة اشكال معقدة بهذه الطريقة والتي لا يمكن طباعتها بالطرق الأخرى. وتستخدم هذة التقنية بنجاح فى تصنيع نماذج وقوالب السباكة من رمل الكوارتز المخلوط بالراتنجات الحرارية ببناء طبقات متتالية رأسيا من الرمل الملبد بالليزر, وبعد الطباعة يتم استخراج القالب من الرمل وتنظيفة من فائض الرمل المحيط بة مما يقلل الوقت والجهد فى الانتاج والتصميم.

**ويعيب الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتلبيد الانتقائي باشعه الليزر** استخدام شعاع ليزر ذو طاقه عالية مما يتتطلب تكاليف اعلى، ينتج عن عملية التلبيد بالليزر نيتروجين وغازات سامه تتطلب شفطها باستمرار، درجة الحرارة العالية للتلبيد والحاجة الى وقت للتبريد بعد الطباعة، مسامية المنتجات تشكل مشكلة رئيسية لهذه الطريقة.

### ٣/١/٤- التشكيل بالترسيب المنصهر Fused (FDM) Deposition Modeling * /التشكيل بالخيط المنصهر : Fused Filament Fabrication (FFF)

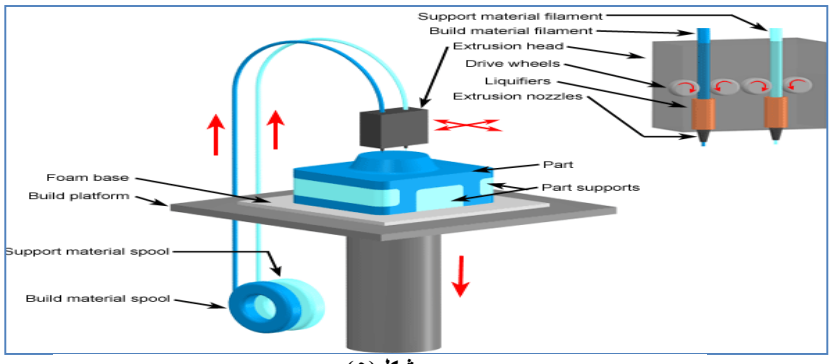
تستخدم في هذا النوع من الطباعه ثلاثية الأبعاد خيط بلاستيكي حراري من خامة (الأكريلونيتريل بوتادين الستايرين Acrylonitrile Butadirne Styrene- ABS ) أو خامة (حامض بوليلاكتيك PLA - polylactic Acide ) اوسلك من مواد شمعيه يتم بثقه من خلال فوهه ماكينه الطباعه بعد تسخينها لدرجه حرارة اعلى من درجه انصهارها حيث تقوم فوهه الماكينه برسم المقاطع العرضيه للمنتج المطلوب طبقه طبقة فوق منصه بناء تتحرك رأسيا لأسفل(بمقدار سمك طبقه واحدة ) بعد ان تجف وتبرد كل طبقة لبثق طبقة أخري فوقها وتتكرر تلك العلمية حتي يتم الانتهاء من بناء المنتج بالكامل (م١٤ – ص٥ – ٢١٠)، وقد يتم ترسيب طبقة ثانوية (مهدورة) يتم ازالتها بعد ذلك لتدعيم المجسم المطبوع كما هو موضح بشكل(٥)، **وتتميز الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتشكيل بالترسيب المنصهر:** ببساطه الطابعات وبالتالي رخصها ولذا فهي حاليا الأكثر انتشارا وخاصة على المستوى المحلى قدرتها على عمل اشكال معقده، الأمان فى الاستخدام .

* ان تقنية FDM بدأت منذ أوئل عام ١٩٩٠ و أنتشرت بصورة واسعة بعد سنة٢٠٠٩ بعد أطلاقها كشكل حر للتصنيع مثل أجهزة الريب راب (Rep Rap) ولكن بصورة محدودة لكون براءة الأختراع الى الأن ملك لشركة ستراتاسيس Stratasys



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)




**شكل(٥)**

**ماكينه الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتشكيل بالترسيب المنصهر أوالتشكيل بالخيط المنصهر**

**ويعيب الطباعه الثلاثية الأبعاد بالتشكيل بالترسيب المنصهر**: سرعه طباعة منخفضة، دقه اقل نسبيا، منتجات ذات اسطح خشنه، الحاجه لدعم المجسم المطبوع بطبقة ثانويه يتم ازالتها بعد ذلك مما يمثل فقد نسبى للخامات محدودية خامات الطباعه وهي تنحصر في خيوط بلاستيك حراية مثل (ABS)،(PLA)، واحيانا اسلاك شمعية.

## الدراسة التجريبية التطبيقية

تم عمل دراسة تطبيقية من خلال استخدام النمذجة الرقمية السريعة فى تصميم وانتاج وحدة زخرفية من الحديد الزهر المنفذ بالسباكة فى القوالب الرملية, وتم الاستعانة بأحد تقنيات الطباعة الثلاثية الابعاد وهى تقنية التشكيل بالترسيب المنصهر Fused Deposition Modeling (FDM) /أو التشكيل بالخيط المنصهر Fused Filament Fabrication (FFF) , نظرا لتوافر هذه التقنية على المستوى المحلى من حيث الماكينات والخامات والخبرات المطلوبة بالمقارنة بغيرها من تقنيات الطباعة الثلاثية الابعاد وتمت الدراسة التطبيقية بالخطوات الاتية

١- تم عمل تصميم ثلاثى الابعاد لوحدة زخرفية (مقاس ٧٠٠ مم × ٣٠٠مم – التخانة ٢٥ مم و٣٠ مم) باستخدام أحد برامج النمذجة الرقمية وهو برنامج (كاتيا CATIA V5 R21) بحيث تتميز الوحدة الزخرفية المصممة بالمرونة فى الاستخدام والتوظيف حيث يمكن استخدامها كوحدة متكررة فى اعمال الحديد المعمارى ( الأسوار والفواصل, الابواب, النوافذ, درابزين السلالم وأسوار البلكونات, ويمكن استخدامها فى تصميم الأثاث من الحديد الزخرفى كالمقاعد والمناضد, ويمكن استخدامها كخلفية لوحدات اضاءة جدارية ويمكن استخدامها كوحدة زخرفية فى تصميم البرجولات والمظلات الحديدية.

٢- حفظ ملف تصميم الوحدة الزخرفية بصيغة (Stl) standard tessellation language وهي الصيغة المدعومة في الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث يتم تقسيم سطح الوحدة الزخرفية الي مثلثات جيومترية.

٣- تحويل ملف تصميم الوحدة الزخرفية إلى (جي كود G Cod) تفهمه الطابعة ثلاثية الابعاد*، وذلك باستخدام برامج وسيطه**، التي تقوم بدايه بتقطيع تصميم المنتج الي مقاطع افقية منفصله رقيقه جدا(طبقات Layers) تلك المقاطع هي التي ستقوم بطباعتها الطابعة الثلاثية الأبعاد، وتكون تلك احد المعلومات المحتواه في الجي كود وهو ملف يحتوي على جميع الأوامر*** التي ستنفذها الطابعة حتى تنتهي من تصنيع المنتج.

٤- تقوم الطابعة الثلاثية الأبعاد بصنع نموذج الوحدة الزخرفية من خامه بلاستيكية (PLA) أولاً برسم وتحديد

* الطابعة ثلاثية الأبعاد عبارة عن آلة ميكانيكية هيكل ومحركات ( متصلة بجزء إلكتروني) وهو المتحكم في حركة الآلة بالكامل وهذا المتحكم في حركة الطابعة لا يفهم معنى هذة التصاميم وهنا يأتي دور البرامج الوسيطة التي تحول التصميم إلى كود يفهمه وهو الجي كود.

** من أشهر تلك البرامج الوسيطه (cura- kisslicer-slic3r)وهي برامج مفتوحة المصدر وتعمل على أي نظام تشغيل و تحول التصميم إلى الجي كود بخطوة بسيطة جدا وسريعة.

*** ومن أهم هذة الأوامر :درجة حرارة انصهار المادة الخام وهي تختلف من مادة لأخرى ،سمك الطبقة الواحدة واتجاهات المحركات لرسم الطبقة ، عدد الطبقات المستخدمة وطريقة ملئ الطبقات البينية ، كمية المادة الخام المستخدمة ، حجم المجسم وعدد النسخ المطلوبة، سرعة الطباعة.



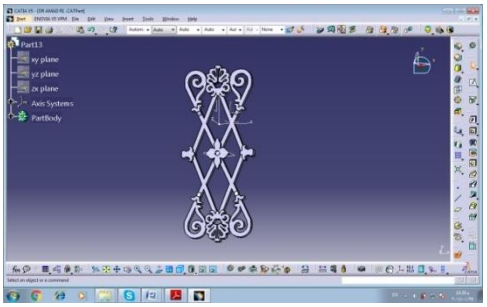
(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

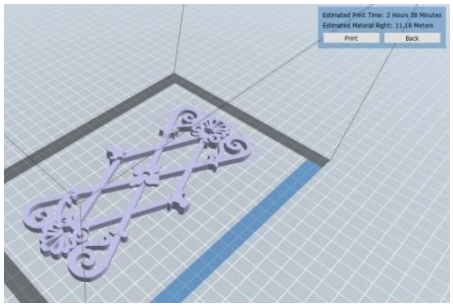
الإطار الذي ستعمل فيه ثم تقوم برسم وتكوين الطبقة الأولى من الخامة المستخدمه في الطباعه ثم يتم اضافة الطبقات التالية واحده فوق الأخري حتى تصل إلى الطبقة الأخيرة.

٥- بعد الانتهاء من تصنيع نموذج الوحدة الزخرفية خضعت لعمليات تشطيب مختلفة تعتمد على نوعية الخامة المستخدمه في الطباعة ودرجه التعقيد، غالبا مايكون هناك أخطاء بسيطة مثل عدم إلتصاق طبقتين أو تكون بعض الزوائد، في النهاية يمكن تلوين الوحدة الزخرفية بألوان مختلفة عن المادة الخام.

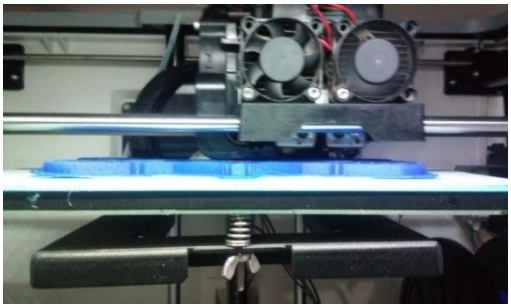
٦-بعد الانتهاء من تصنيع وتشطيب نموذج الوحدة الزخرفية تم سباكتها من خامة الحديد الزهر باستخدام السباكة بالقوالب الرملية وتم تشطيب وتلميع ودهان الوحدة الزخرفية بحيث تكون جاهزة للاستخدام.



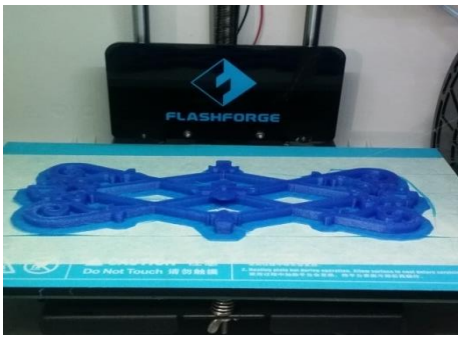
شكل (٦) يوضح تصميم الوحدة الزخرفية على برنامج (كاتيا CATIA V5 R21)



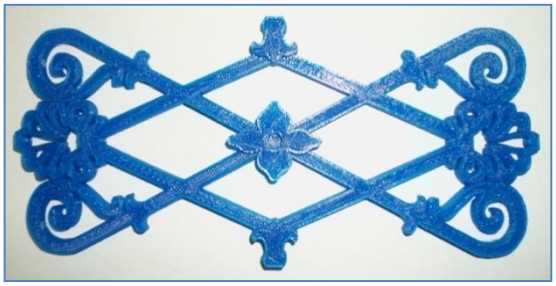
شكل (٧) يوضح الوحدة الزخرفية بصيغة ملفات STL على البرنامج الخاص بماكينة الطباعة



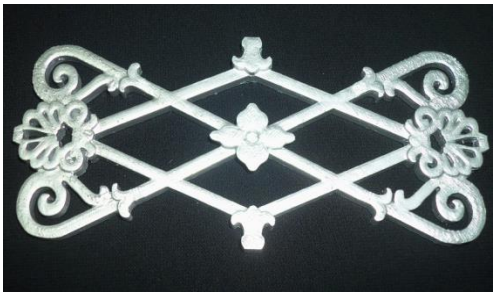
شكل (٨) يوضح عملية تصنيع نموذج الوحدة الزخرفية على ماكينة الطباعة الثلاثية الابعاد




شكل ( ٩) يوضح نموذج الوحدة الزخرفية بعد الانتهاء من تصنيعها وقبل التشطيب



شكل (١٠) يوضح نموذج الوحدة الزخرفية بعد التصنيع والتشطيب



شكل (١١) يوضح الوحدة الزخرفية بعد السباكة من خامة الحديد الزهر والتشطيب والدهان



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

**النتائج والتوصيات**

١- تمثل منظومة النمذجة الرقمية السريعة قيمة مضافة لنظم التصنيع الحديثة من حيث التصميم والانتاج والمراقبة والتحكم والمرونة فى التعامل مع مفردات العناصر الانتاجية للمنتجات الحديدية المسبوكة.

٢- تتميز تقنية الانتاج بالطباعه الثلاثية الأبعاد بالكثير من المميزات مثل سهولة تعديل التصميم, عدم وجود حدود لمدى تعقيد التصميم فيمكن انتاج اي شكل مهما بلغت درجه تعقيده كالأجزاء البارزة الأجزاء المتداخلة، والأجزاء المتداخلة بزاوية أقل من٩٠ درجة (Undercut) والتي يصعب الحصول عليها بطرق التشكيل التقليدية.

٣- من خلال منظومة النمذجة الرقمية السريعة يمكن نسخ منتجات موجوده فعليا باستخدام نظام الماسح الرقمى الثلاثى الابعاد الضوئى أو المتلامس (3-D Scanning) ثم انتاجها بالطابعات الثلاثية الأبعاد مع او بدون التعديل على التصميم.

٤- الاقتصاد في الوقت والتكلفة بنسب تتروح ما بين ٥٠% الى٩٠% مقارنه بطرق التصميم والانتاج التقليديه حيث أن دورة إنتاج المنتجات بمنظومة النمذجة الرقمية السريعة قصيرة جدا فلا تُستخدم أدوات أو أجهزة أو مراحل انتاج أو عماله كثيرة .

٥- يمكن طباعه المنتجات محليا بالقرب من مناطق التوزيع عن طريق وكلاء للشركات المصممة للمنتجات وبالتالي يُقتصد كثيراً من تكاليف النقل والشحن والتخزين، كذلك يتم الحصول على منتج مطابق للمواصفات القياسيه حيث لايوجد مجال للخطأ البشري كما في طرق الانتاج التقليدية.

٦- الطباعة ثلاثية الابعاد تعتبر تقنية انتاج مستدامه (صديقة للبيئه) حيث لايوجد تقريبا فاقد في الخامات(نظام استرجاع متكامل للخامات)، كما يوجد اقتصاد كبير في استهلاك الطاقة وكميه الانبعاثات التي تنتج عن التصنيع مقارنه بطرق الانتاج التقليدية.

٧- اثبتت الدراسة التجريبية من خلال المنتج التطبيقى امكانيات منظومة النمذجة الرقمية وخاصة الطباعة الثلاثية الابعاد فى تصميم وتصنيع نموذج مقترح لأحد عناصر المنتجات الحديدية التى تنفذ بالسباكة, كما توصلت الدراسة النظرية لامكانية تصنيع قوالب السباكة الرملية لنفس المنتج مباشرة دون الحاجة لنموذج السباكة, وايضا امكانية تنفيذ نفس الوحدة الزخرفية بالمعدن مباشرة بماكينات الطباعة دون الحاجة لكل عمليات السباكة او غيرها من العمليات الصناعية.

٨- يعيب تقنية الانتاج بالطباعه الثلاثية الأبعاد كأحد عناصر النمذجة الرقمية السريعة بعض الأشياء منها سعر الطابعات ثلاثية الأبعاد والخامات المستخدمه ما زالت مرتفعه، خاصة اذا كانت المنتجات كبيره الحجم, كذلك محدودية الخامات المستخدمه اذا ما قورنت بالخامات المستخدمه في طرق الانتاج الأخرى كذلك مازال الإنتاج بتلك التقنية مناسب للانتاج المتوسط او المحدود الكمية وليس الانتاج الكمي. ولكنها بلا شك ستشهد تطورات كبيرة فى المستقبل القريب لتجاوز هذة العيوب.

**التوصيات**

١- ضرورة اهتمام القائمين على الصناعة المحلية بعمليات سباكة المعادن كأحد أساليب الانتاج لانها عنصر اساسى فى الكثير من المنتجات الصناعية المهمة وقليلة التكلفة, وذلك بدعمها واستثمار وتوظيف النظم الحديثة فى التصنيع مثل النمذجة الرقمية والطباعة الثلاثية الابعاد.

٢- ضرورة اهتمام المؤسسات الاكاديمية المعنية بالتصميم والتصنيع الهندسى بدراسة النظم الرقمية السريعة ودعم المعامل التجريبية بماكينات الطباعة ثلاثية الابعاد لتوفير كوادر بشرية مدربة من اجل اللحاق بركب التطور السريع فى هذا المجال الذى سبقنا فية الكثير من الدول الصناعية.

**مراجع البحث**


١- المؤسسة العامة للتدريب التقنى والمهنى , أسس سباكة المعادن , المملكة العربية السعودية , ٢٠١٠

٢- أحمد ذكى حلمى , اساسيات تكنولوجيا التصنيع ( تشغيل المعادن بدون قطع , الدا ر المصرية للعلوم , القاهرة , ٢٠٠٣

٣- الكسندر ف . هانل , مرجع فى صناعة النماذج , ترجمة زكى راضى , محمد الطناحى , مكتبة الانجلو المصرية , القاهرة , ص١

٤- حسان رشيد عبد العزيز، الطباعه ثلاثية الأبعاد (العبور السريع للمنتج) كليه المعلمين بمحافظة جده ، جامعه الملك عبد العزيز ، www.kau.edu.sa/Files/372/Researches/837 pdf

٥- على عباس الحكيم , تجمد المعادن فى السباكة الدائمة باستخدام قوالب مختلفة , مجلة القادسية للعلوم الهندسية, المجلد ١ , العدد ٢, كلية الهندسة , جامعة بابل , ٢٠٠٨

www.iasj.net/iasj?func=issues&jId=154&uiLanguage=ar.pdf




(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

٦- علي عبدالحكيم البلاوالي – قاموس المصطلحات او الاختصارات للطباعه الثلاثية الأبعاد ٢٠١٥ download-internet-pdf-ebooks.com/14527-free-book

٧- محمد صلاح الدين , ابراهيم موسى , تكنولوجيا الانتاج والتصنيع , المجلد الاول , الطبعة الثالثة دار الكتب العلمية للطبع والنشر والتوزيع , القاهرة , ٢٠٠١ , ص ١٥٦

٨- هـ . ف . تايلور , م. س . فلمنجز , جون وولف , هندسة السباكة , ترجمة / عثمان حسن ابراهيم حسن عطية ماضى , الهيئة المصرية العامة للكتاب , القاهرة , ١٩٩٦ , ص ٢١٧

٩- وسام أنسى , انشاء قاعدة بيانات لانتاج وتصميم النموذج الاول , رسالة دكتوراة , كلية الفنون التطبيقية , جامعة حلوان , ٢٠٠٧ , غير منشورة .

10- Ad van Wijk & Iris van Wijk -2015 :" 3DPrinting with Biomaterials: Towards a Sustainable and Circular Economy", DELFT 2015© THE AUTHORS AND IOS PRESS- http://www.biobasedplastics.nl/wp-content/uploads/2015/02/3D-printing-with-biomaterials.pdf

11- Dr. B. Ravi, Casting Simulation and Optimisation: Benefits, Bottlenecks, and Best Practices, Technical Paper for Indian Foundry Journal January 2008 Special Issue. http://orthocad.iitb.ac.in/Academy/TechnicalPapers/2008/2008IFJ_CastingSimulation.pdf

12- Ivan Štefanić, Pero Raos, Ivan Samardžić, Boris Tintor, Edo Musser, RAPID PROTOTYPING OF CASTING CORES, I. Štefanić et al, Croatia, hrcak.srce.hr/file/124870 .pdf

13- **Venuvinod**, Patri K., **Ma**, Weiyin – Rapid Prototyping Laser Based and other Technologies Kluwer Academic Publishers- 2004 www.springer.com/us/book/9781402075773 pdf

14- Seppo Aarnio, RAPID PROTOTYPING, Brandenburg University of Technology Cottbus 4-5 February 2010. http://www3.hamk.fi/metnet/Documents/RAPID%20PROTOTYPING_COTTBUS_2010.pdf

15- Vishal Sharma and Sharanjit Singh , Rapid Prototyping: Process advantage, comparison and application , International Journal of Computational Intelligence Research ISSN 0973-1873 Volume 12, Number 1 (2016), © Research India Publications ,http://www.ripublication.com

16- William Voghan , Digital Modeling , Person Education ,inc , 2012 , P4

17- http://dupress.com/articles/the-3dopportunity

18- http://ar3dprinter.com/3dprinting

19- https://i.materialise.com/blog/category/3d-printing/

20- www.voxeljet.de

21- http://www.3ders.org/3d-printing-basics.html



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)

## Abstract:

Rapid prototyping represent one of modern methods in the development of engineering products, where it helps to improve the design, production quality, and reduce the time needed to reach the engineering products to the consumer, and ease Setting, surveillance and control the design and manufacturing processes.

**The research problem represented in :** Deficiencies in the design and manufacture processes of prototypes and traditional moldings manually manufactured from wood plaster, plastic, wax and Sand Casting used in the manufacture of iron products in many of the design and production aspects.

**The research aims to:** Benefit from the rapid prototyping techniques especially 3D printing in the design and production of patterns and Casting cores of iron products, Due to the characteristic of these technologies in terms of speed and Accuracy in the design, production,

**The research found a number of results including:**

1- Economy in time and cost by using the rapid prototyping systems at rates ranging between 50%: 90% compared to traditional ways of production and distribution as the production of products cycle with the rapid prototyping system is too short where there aren't many Tools, devices, stages of production or many workers used.
2- It proved from pilot study of the applied product the possibilities of rapid prototyping system especially 3D printing in the design and manufacture of a proposed model for one of the elements of iron products, which carried out by casting, Also it reached form the theoretical study the possibility of making Casting sand molds for the same product directly without the need for a Casting model ,And also the possibility of implementing the same decorative unit form metal directly by printing machines without the need for Casting processes or other industrial processes, but still expensive and not suitable for the quantitative production.


**Key words:** - Iron products - Art Casting - Digital modeling - 3D printing



(ISSN 2537-1061) (Print)

(ISSN 2537-107X) (Online)