

دراسة ومقارنة سلوك قطعة هندسية مصنوعة بالحقن وقطعة منتجة بالطباعة ثلاثية الأبعاد واختبارهما

الدكتور تمام سلوم

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الصناعية، كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة حلب

محاضر في جامعة المنارة

(البريد الإلكتروني: tammam.salloum@manara.edu.sy)

الملخص

سنشهد في العقود القادمة فيما لو استمرت وتيرة التطور الصناعي والعلمي تغيرات جذرية في طريقة عيشنا في كثير من المجالات إحداها تطور امكانيات الطباعة ثلاثية الأبعاد وستتوسع استخداماتها بابتكار طرق جديدة لتلبية احتياجاتنا وعلى كافة الأصعدة مما يؤثر بطريقة أو أخرى على طبيعة حياتنا ونفتح لنا آفاق جديدة لمستقبل التكنولوجيا والتطور التي تركز عليها الصناعات الثقيلة. سوف نوضح في هذه المقالة معنى ومبدأ عمل الطابعات الثلاثية الأبعاد والطرق المستخدمة في الطباعة الثلاثية و تطبيقاتها و المواد المستخدمة في الطباعة ثم سوف نقوم بإجراء مقارنة بين سلوك قطعة هندسية مصنوعة بالحقن و نفس القطعة مصنوعة بطريقة الطباعة الثلاثية الأبعاد ثم إجراء الاختبارات الهندسية عليها

كلمات مفتاحية : التصميم و التصنيع بمساعدة الحاسب - الطباعة ثلاثية الأبعاد - طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد - المواد المستخدمة في الطباعة - الاختبارات الهندسية

1. مقدمة

حتى استحالة في تصنيعها كتصميم كرة مفرغة من الداخل. تتم عملية طباعة النماذج الفيزيائية المجسمة من خلال إضافة طبقات متتالية من مادة معينة. يتم إدخال النماذج على شكل بيانات رقمية، هذه البيانات تؤخذ إما من برامج التصميم باستخدام الحاسب CAD ، أو يتم مسحها باستخدام ماسح ضوئي DSCANNER3 بهذه الطريقة يتم توفير الكثير من الوقت و التكلفة، حيث يتم إنشاء النموذج كاملاً بعملية واحدة

الطباعة ثلاثية الأبعاد هي أحد التقنيات الحديثة المستخدمة في تصنيع القطع والأجزاء الميكانيكية للروبوتات والآليات بشكل عام و غيرها من التطبيقات. حيث يتم بناء القطعة الهندسية باستخدام طرق تصنيع بديلة عن ال CNC. تفيد الطباعة ثلاثية الأبعاد في تصنيع القطع التي تحوي على تجاويف وفراغات داخلية أو مجاري متداخلة، قد تواجه آلات ال CNC التقليدية صعوبة أو

(RP) حيث أسس شركة الأنظمة ثلاثية الأبعاد (3 D Systems Corporation) وهي واحدة من أكبر الشركات المثمرة في مجالات الطابعات ثلاثية الأبعاد لحد الآن أنظمة الطابعات ثلاثية الأبعاد (RP) استخدمت بصورة تجارية باسم (SLA-1) والتي قدمت في سنة 1987 بعد الاختبارات الصارمة ، و أول هذه الأنظمة بيعت في سنة 1988 عندما كانت تقنية (RP) في تطور كانت هناك تقنية أخرى مهمة مكملت لها حيث قدم كارل ديكرت (Carl Deckard) في جامعة تكساس (أمريكا) براءة اختراع عن الليزر المبلد الانتقائي (Selective Laser Sintering) (SLS) سنة 1989 واستخدمت عمليات (RP) فيما بعد وفي نفس السنة سجل سكوت كرومب (Scott Crump) مؤسس شركة ستراتس (Stratasys) براءة اختراع عن نمذجة مترسب المنصهر (Fused Deposition Modeling) (FDM) وسجلت براءة اختراعها للشركة سنة 1992 ، وكذلك تستخدم في طابعات ذات مستوى متدني مرتكزة على نماذج مفتوحة المصدر يمكن لأي شخص يقوم بتصنيعها كالريب راب (Rep Rap).

سنة 1989 قام هانس لانكر (Hans Langer) في أوربا بتشكيل شركة أي أو أس (EOS) (GmbH) والتي أجرت بحوث وتطوير (R&D) على عمليات التبلد بالليزر (Laser Sintering Process) والتي استمرت في التطوير، حيث اليوم أنظمتها معروفة حول العالم بجودة منتجاتها في صناعة النماذج الأولية (Prototyping)

حيث قامت الشركة ببيع أول انظمة طباعة ثلاثية الأبعاد باسم (Stereos) في سنة (1990) وتمتلك الشركة أيضاً الطباعة ثلاثية الأبعاد بطريقة التبلد المباشر للمعدن بالليزر (Metal Laser Sintering Direct) (DMLS) وكانت نتيجة لمشروع أولي من تقسيم الكترولوكس (Electrolux) وحصل عليها أي أو أس (EOS) فيما بعد هناك تقنيات طباعة ثلاثية الأبعاد أخرى نشأت خلال تلك السنوات مثلاً الجسيمات البلاستيكية للتصنيع (Ballistic Partical Manufacturing) والتي بالأصل تعود براءة اختراعها الى وليام ماسترس (William

باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد، بدلاً من تصميم و طباعة و تجميع قطع منفصلة لنموذج واحد في حال استخدام CNC . تخدم الطابعات ثلاثية الأبعاد في تقديم طرق جديدة و موثوقة لتصميم كثير من القطع التي يصعب الحصول عليها من مصدرها الأصلي، و تفيد في إنشاء نسخ مباشر من أي قطعة موجودة، إضافة إلى تصنيع القطع في البيئات التي لا يوجد فيها بنى تحتية قوية معدة لهذه المهمة . بدأ إنتاج الطابعات ثلاثية الأبعاد عام 1992 .حيث أنتجت شركة 3Dcommunication طباعة تستخدم الليزر يقوم بتصليب بوليمير ضوئي (وهو سائل بلزوجة ولون يشبهان العسل)، من أجل تشكيل الجسم ثلاثي الأبعاد طبقة وراء طبقة. شهدت الطابعات تطوراً كبيراً على مدى السنين، حيث تم ابتكار الكثير من التقنيات و التصميمات المختلفة، و لا زالت التطورات مستمرة حتى الآن.

II. تاريخ الطباعة ثلاثية الأبعاد

تقنيات الطابعات ثلاثية الأبعاد ظهرت للعيان نهاية سنة 1980 وفي ذلك الوقت كانت تسمى بتقنية النماذج الأولية السريعة وذلك لكون العمليات تتم بسرعة وتكلفة أقل، هذه الطريقة تم تطويرها لإنتاج النماذج الأولية للمنتج وطورت لاستخدامها على المستوى الصناعي.

وأول براءة اختراع لتقنية (RP) قدمت من قبل الدكتور كوداما (Dr. Kodama) في اليابان ولكن لم يتمكن من تقديم المواصفات الكاملة لبراءة الاختراع قبل الموعد النهائي بعد الطلب مما شكل صدمة للدكتور كوداما (Dr. Kodama) واضطر إلى الاستعانة بمحامي مختص في براءات الاختراع لحسم الموضوع.

أصل الطباعة ثلاثية الأبعاد يرجع إلى سنة 1986 عندما صدر أول براءة اختراع لجهاز التصوير الحجري المجسم (Stereo lithograph Apparatus) (SLA) والذي يعود إلى شخص يدعى تشارلز (تشاك) هناك (Charles Hull) (Chuck) والذي اخترع جهاز (SLA) في سنة 1983 (وهي إحدى أنواع الطابعات ثلاثية الأبعاد المستخدمة لصناعة النماذج السريعة

الصب بالنفريغ (Vacuum Casting OEM) وسنة 2000 قدمت تقنية (SLM) وسنة 2002 بدأت شركة ايفيشن تكنولوجي (Envisjon Tec) وسنة 2005 بدأت شركة أي أكس ون (Exone) بالربح المفاجئ من شركتي النفط بالبحث وسياسكي (Sciaky) وكانت رائدة في العمليات المضافة (Addiive Process) الخاصة بها والتي استندت على شعاع الالكترون اللامح .من الجدير بالذكر بأن هناك تطورات موازية في هذه الصناعة في الجهة الشرقية لنصف الكرة لأرضية وحققت بعض النجاحات في مناطقها ولم تؤثر على السوق العالمية في ذلك الوقت . خلال منتصف التسعينات بدأ هذا القطاع بإظهار إشارات تنوع متميزة مع مجالين محددين من الاهتمام والتي تعرف بصورة واضحة جداً اليوم ,الأولى هي مستوى من الطباعة ثلاثية الابعاد وهي لحد الآن من الأنظمة المكلفة وموجهة لإنتاج قطع عالية القيمة ودرجة عالية من الهندسة والقطع المعقدة, وهي لحد الآن في حالة تطور ونمو ولكن نتائج هذا النوع تظهر أهميتها في التطبيقات الإنتاجية خلال صناعة الطائرات وصناعة السيارات وفي القطاع الطبي والمجوهرات وعلى قدر كبير من مزايا واسرار هذه الصناعة تبقى خلف أبواب مغلقة أو ضمن اتفاقيات غير مكشوفة عنها.

الثانية هناك بعض أنظمة الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي طورت وتقدمت في مفهوم واضح (النماذج الأولية) (Concept Modellers) كما كانت تسمى في ذلك الوقت على وجه التحديد, وكانت هذه الطابعات تحافظ على التركيز في تحسين مفهوم تطوير وظيفة تصنيع النماذج الأولية صديقة للبيئة ويمكن استخدامها في المكتب وقليلة التكلفة ولكنها تبقى غير قابلة للاستخدام في التطبيقات الصناعية.

إذا نظرنا إلى الوراء، كان هذا حقاً الهدوء قبل العاصفة. عند النظر إلى السوق حالياً نرى أن الطابعات ثلاثية الأبعاد في النطاق المتوسط حيث أن حرب الأسعار ظهرت جنباً إلى جنب مع التحسينات التدريجية في الطباعة في الدقة والسرعة والمواد.

وكذلك كائن التصنيع الرقائقي (Manufacturin Mastres) (Laminated Object LOM) والتي بالأصل تعود براءة اختراعها إلى مايكل فيوجن (Michael Feyging)

وايضا المعالجة بالأرض الصلبة (Solid Ground Curing) (SGC) والتي بالأصل تعود براءة اختراعها الى ايتزجاك بوميراتز (Itzchak Pomerantz) والطباعة ثلاثية الأبعاد (three dimensional priting) (3DP) والتي بالأصل تعود إلى اغيمانويل ساكس (Emanuel Sachs) وآخرون.

ولكن استمرت ثلاث شركات فقط وهي انظمة ثلاثية الابعاد (D System3) وأي أو أس (EOS) وستراتش (Stratasys)

وفي نهايات التسعينات وبدايات الألفية الجديدة استمرت تقنيات جديدة بالظهور في هذا المجال والتي تركزت على التطبيقات الصناعية وبصورة واسعة في التطبيقات للنماذج الأولية للبحث والتطوير (R&D) وأصبحت تواكب من قبل عدد أكثر من الشركات المجهزة للقطع التكنولوجية المتقدمة والتطبيقات الصناعية المباشرة، وهذا أدى إلى ظهور مصطلحات علمية جديدة مثلاً الادوات السريعة (RT) (Rapid Tooling) والصب السريع (RC) (Rapid Castinfg) والتصنيع السريع (Rapid Manufacturing) (RM)

نتيجة للتطور الحاصل في المصطلحات العلمية مع انتشار هذه الصناعة تم الاتفاق على مصطلح شامل لوصف هذه العمليات والطرق من الطباعة ثلاثية الابعاد وأطلقت بذلك عليها التصنيع التجميعي (AM) (Additive Manufacturing)

ومن حيث الشركات التجارية الأخرى في مجال الطباعة ثلاثية الابعاد والتي ساهمت في نمو هذه الصناعة في الجهة الغربية من العالم كالنماذج الأولية السريع لساندرس (Sandres Prototype) (وفي ما بعد Solidscapd) وشركة زيد (Z Corporation) سنة 1996 واركام (Arcam) سنة 1997 والمواضيع الهندسية سنة 1998 و (MCP) للتقنيات بدأت

كانون الأول وكلاهما أطلقت عن طريق موقع التمويل كيك أستارتر (Kick Starter) وكلاهما وعلى حد سواء تتمتع بنجاح كبير في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد.

عام 2013 شهد من النمو الكبير والوطين للطباعة ثلاثية الأبعاد بحصول شركة ستراسي Stratasy على مايكر بوت (Maker BOT

تطورت الطباعة ثلاثية الأبعاد من الجيل الثاني إلى الثالث حتى الرابع حسب البعض ومالا يمكن نفيه هو تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على القطاعات الصناعية الضخمة وذلك لإمكانياتها الكثيرة والتي ستظهر في المستقبل بشكل واضح.

III. تقنيات الطباعة الثلاثية الأبعاد

نقطة البداية لعمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تصميم نموذج رقمي ثلاثي الأبعاد والتي يمكن القيام بها بواسطة العديد من البرمجيات لتصاميم ثلاثية الأبعاد حيث في الصناعة تستخدم (D CAD3) للمصنعين والمستهلكين وتتوفر العديد من البرامج سيئة الاستخدام وأيضاً يمكن مسح الأشياء باستخدام ماسحات ثلاثية الأبعاد وخزف معلومات النموذج بملف يمكن قراءتها من قبل الطباعة ثلاثية الأبعاد بعد إجراء التعديلات ان لزم , وكذلك باستخدام كاميرات تصوير اعتيادية وتحويلها إلى أشكال ثلاثية الأبعاد . إن المواد المصنعة أو المطبوعة من قبل الطابعات ثلاثية الأبعاد تكون على شكل طبقات وذلك حسب التصميم والعمليات. توظف المواد مثل البلاستيك والمعادن والسيراميك والرمال حالياً وبشكل روتيني في مجال صناعة النماذج الأولية والتطبيقات الإنتاجية وتجري البحوث أيضاً على الطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام المواد الحيوية المختلفة لإنتاج المواد الغذائية. فالبلاستيك حالياً هي المادة المستخدمة بصورة واسعة وغالباً ما يستخدم ال (ABS) (بي أل أس) و (PLA) (بي أل أي) ولكن هناك زيادة في عدد المواد البديلة المستخدمة مثل النايلون

شهدت السوق في سنة 2007 أول نظام طباعة ثلاثية الأبعاد أقل من \$10000 ولكن هذا لم يؤثر كثيراً كما كان من المفترض أن يكون وذلك ولو بشكل جزئي على النظام المستخدم في الطباعة وأيضاً لاعتبارات سوقية أخرى حيث كا الهدف هو الحصول على طباعة ثلاثية الأبعاد بأقل من \$5000 وهذا كان رأي العديد من خبراء الصناعة والمستخدمين والمعلقين لفتح أفق جديدة لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد إلى جمهور واسع وفي نفس السنة شهد وصول شركة والتي لم تكن تشكل شيئاً على مستوى منظمة وهي مصنع سطح المكتب (Desktop Factor) لصاحبها كاثي لويس (Chathy Lewis) والتي حصلت على الملكية الفكرية لأنظمة ثلاثية الأبعاد في سنة 2008 .

على الرغم مما سبق تعتبر سنة 2007 نقطة تحول وصلت إليها تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد رغم أن القليل ظهر في ذلك الوقت كظاهرة الريب راب (Rep Rap) والتي كانت تأخذ بالتجذر.

يتخيل الدكتور بوير (Dr. Bowyer) مفهوم الريب راب (Rep Rap) كمصدر مفتوح للجميع للتكرار الذاتي للطباعة ثلاثية الأبعاد في وقت مبكر في سنة 2004 والتي تطورت في السنوات اللاحقة لا سيما ما قام به فيك أوليفر (Vik Oliver) وريس جونز (Rhys Jones) والذين طوروا مفهوم للطريقة من خلال العمل على النماذج الأولية من الطابعات ثلاثية الأبعاد باستخدام عمليات الترسيب (Deposition Process).

وفي سنة 2007 أطلق العنان على الطابعات ثلاثية الأبعاد مفتوحة المصدر، ولكنها تأخرت بالظهور بصورة تجارية حتى سنة 2009 على أساس مفهوم الريب راب (Rep Rap) وعرضت للبيع وكانت تسمى (بي أف بي راب مان) (BFN Rap Man) وأدت ظاهرة الريب راب (Rep Rap) إلى ظهور قطاع تجاري جديد في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد. بي ناين كرياتور (utilizing DLP technology) (B9 Creator) جاء أولاً في شهر يونيو تبعها الفورم (Form 1) (Utilizing Stereo Lithography) (استخدام التجسيم الحجري) في شهر

الرمال أو الورنيش لوضع اللمسات الأخيرة على النماذج المطبوعة والتي غالبا ما يتم باستخدام اليدين وتحتاج إلى خبرة ووقت وصبر .

IV. طرق الطباعة الثلاثية الأبعاد .

الطباعة ثلاثية الأبعاد لها طرق وعمليات مختلفة ومتنوعة وذلك باختلاف نوع المواد الأولية للطباعة ومواصفات القطع المطبوعة ومنها:

A. جهاز التصوير الحجري المجسم (Stereo Lithograph) (SL)

يصنف بصورة واسعة كأول طريقة للطباعة ثلاثية الأبعاد ومتوفر تجارياً برمز (SL) وتعتمد عملية الطباعة على الليزر والتي تعمل مع راتنجات البولييمر الضوئي والذي يتفاعل بوجود الليزر ويتصلب بصورة دقيقة مكونة قطع ذات دقة وجودة عاليتين. أنها عملية معقدة ولكن يمكن تبسيطها بوجود راتنج البولييمر الضوئي في حوض يحتوي على منصة متحركة، يوجو شعاع الليزر بمحوري X و Y خلال سطح الراتنج حسب المعلومات للشكل ثلاثي الأبعاد ويؤدي إلى تصلب الراتنج وبالتحديد عند ضرب الليزر سطح حوض الراتنج بصورة أدق على السطح الرقيق من الراتنج في الحوض، وعندما تنتهي الطبقة الأولى تهبط المنصة في الحوض باتجاه الأسفل بشيء قليل باتجاه المحور Z لتكملة الطبقة التي تليها بواسطة شعاع الليزر حتى إكمال الشكل بالكامل ويمكن رفع المنصة فيما بعد من الحوض لفصل النموذج أو الشكل المطبوع بسبب طبيعة عمل (SL) تحتاج الأشكال المطبوعة بهذه الطريقة لدعم بعض أجزائها على وجه التحديد كتلك التي تتدلى وتضعف وتحتاج إلى الإزالة اليدوية و التنظيف والمعالجة بواسطة آلة تشبه الفرن باستخدام ضوء مكثف لتقوية الراتنج. يمكن اعتبار (SL) بشكل عام من أدق عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد وبأسطح نهائية ممتازة رغم وجود بعض العوامل المحددة منها بعض الخطوات الإضافية للمعالجة المطلوبة بعد الطباعة والحاجة إلى استقرارية

(NYLON) وكذلك توجد زيادة في عدد من الطابعات التي تتبنى استخدام المواد الغذائية مثل السكر والشوكولاته.

ومن المهم التعرف في الطباعة ثلاثية الأبعاد من حيث المواد والتطبيقات هو أنه لا يوجد حل يناسب الجميع، كمثال على ذلك بعض طرق الطباعة ثلاثية الأبعاد يتم باستخدام مواد مسحوقة (نايلون ، بلاستيك ، سيراميك ، معادن) والتي تستخدم مصدر حراري قليل للتبلد وتذوب وتدمج طبقات من المواد المسحوقة ، عمليات من نوع آخر تستخدم مواد من راتنج البولييمر (Polymer Resin) وبمساعدة ليزر ضعيف لتصليب الراتنج في طبقات رقيقة جداً.

نفث القطرات الناعمة هي طريقة أخرى من عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي تشبه طريقة عملها عمل الطابعات الثنائية الأبعاد النافثة لمحبر ولكن باستخدام مواد متفوقة على الحبر والتي تحتوي على مواد تحافظ على التماسك.

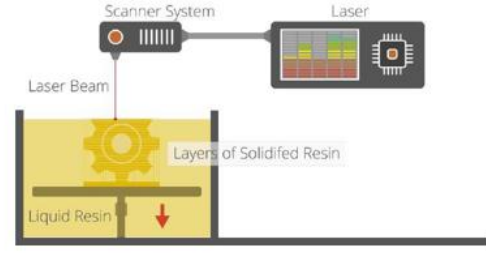
ربما الأكثر شيوعاً والأسهل هي الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي تعتمد على عمليات الترسيب وهذه العملية أو الطريقة تستخدمها العديد من الطابعات ثلاثية الأبعاد حيث تتم بقذف البلاستيك كل (PLA) و (ABS) من خلال قاذف مسخن لكي تتم الطباعة على شكل طبقات للشكل الذي تم إعداده مسبقاً بواسطة برامج التصميم ثلاثية الأبعاد. لكون الأجزاء التي تتم طباعتها بصورة مباشرة من الممكن إنتاج أجسام معقدة وتحتوي على تفاصيل كثيرة وكثير من الأحيان بصورة تم تجميعها أثناء الطباعة دون الحاجة لتجميع القطع فيما بعد. النقطة المهمة الأخرى في معرفة عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تحضير الملفات التصميمية وبرامج تحويلية للملفات التصميمية وبرامج تحويلية للملفات وتحسينها لكونها تؤدي إلى الإسراع في الطباعة وبالأخص للأجزاء أو قطع الغيار المعقدة الداعمة خلال البناء. حيث هناك تحديثات مستمرة للبرمجيات المستخدمة لتحسين الوضع النهائي. علاوة على الحاجة إلى اجتياز المراحل النهائية من عمليات الطباعة بصورة آلية دون الحاجة إلى العامل البشري كإزالة النماذج المطبوعة من الطابعة والطلاء والتموين أو استخدام

B. التلويب بالليزر (Laser Melting) / التلبد بالليزر (Laser Sintering)

هذا النوع من الطباعة يستخدم فيها الليزر أيضاً ولكن المادة التي تطبع بها النموذج تكون بصورة مواد مسحوقية حيث يوجو شعاع الليزر على سرير من المواد المسحوقة والمضغوطة وحسب بيانات النموذج ثلاثي الأبعاد حيث تبدأ الطباعة على محورين (X,Y) للطبقة الأولى من النموذج ويتفاعل الليزر من سطح المسحوق ويؤدي إلى التصاقها ببعض ويكون قطعة صلبة حسب التصميم وبعد الإنتهاء من الطبقة الأولى تمرر أسطوانة مع القليل من المواد المسحوقة لملئ الفراغ الحاصل من هبوط منطقة الطباعة قبل أن يقوم شعاع الليزر بطباعة الطبقة الأخرى والتي ترتبط بالطبقة التي تليها إلى أن تكتمل الطباعة وهكذا.

إن غرفة البناء أو مكان مسحوق الطباعة معزولة بصورة جيدة للحفاظ على درجة الحرارة أثناء عملية الطباعة وذلك بالحفاظ على درجة انصهار مادة المسحوق وبعد الإنتهاء من الطباعة تتم إزالة المسحوق الزائد وإخراج القطعة المطبوعة. من أهم ميزات هذه الطريقة من الطباعة ثلاثية الأبعاد هو أن المسحوق بمثابة هيكل دعم للقطع المطبوعة والتي تمنعها من أن تتدلى وتضعف وبذلك يمكن طباعة أشكال معقدة بهذه الطريقة والتي لا يمكن طباعتها بالطرق الأخرى. على كل حال فإن عيوب هذه الطريقة هي درجة الحرارة العالية للتبدد والحاجة إلى وقت للتبريد بعد الطباعة والتي يجب أن تكون ضمن الاعتبار وعلاوة على ذلك فإن المسامية تشكل مشكلة رئيسية لهذه الطريقة من الطباعة ثلاثية الأبعاد رغم التحسينات الكبيرة لجعل أجزائها أكثر كفاءة علما هناك بعض التطبيقات تتطلب إضافة مواد أخرى لتحسين الخصائص الميكانيكية. التلبد بالليزر يمكن استخدامها مع البلاستيك والمعادن ولكن عند استخدامها للمعادن فإنها تحتاج إلى ليزر ذات طاقة عالية ودرجة حرارة عالية مع المعادن.

المواد المطبوعة مع مرور الوقت والتي يمكن أن تكون هشّة مع مرور الوقت.

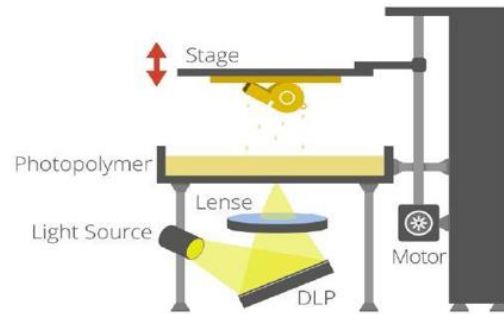


الشكل 1: جهاز Stereo Lithograph

A. طريقة الضوء الرقمي (DLP) (Digital Light Processing):

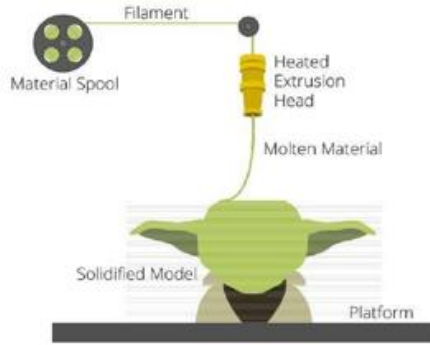
الضوء حيث أن (DLP) تستخدم نوعاً تقليدياً من مصادر الضوء مثل المصباح القوسي مع الكريستال السائل أو جهاز المرأة المشوهة. حيث يوجه الضوء خلال سطح حوض راتنج البولييمر الضوئي بمرور واحد مما يجعلها أسرع من طريقة (SL).

إن طريقة (DLP) كطريقة (SL) تنتج منتجات ذات دقة عالية وممتازة ومن ناحية التشابه أيضاً تحتاج إلى دعم البيئة والمعالجة بعد الطباعة ولكن طريقة (DLP) تتميز بتفوقها على (SL) لكونها تحتاج إلى كمية ضئيلة من الراتنج في الحوض لإكمال الطباعة لذا تقلل من الخسائر والتكلفة التشغيلية



الشكل 2: جهاز Digital Light Processing

عمليات (FDM) تحتاج لدعم البنية أثناء الطباعة لتعليق الأشكال الهندسية للتطبيقات إن لزم وهذا يعتبر من إحدى مساوئه، على كل حال تتم تطوير وتحسين الطابعات من هذا النوع حالياً بوجود رأسين للنفث أو أكثر بحيث يمكن استخدام أكثر من لون ونوع من الشعيرات البلاستيكية من (إي بي إس) (ABS) و(بي إل أي) (PLA). كذلك عمليات الطباعة قد تكون بطيئة لبعض الأجزاء الهندسية للشكل الذي يتم طباعته وقد يؤدي إلى سيلانها بصورة قليلة ويمكن معالجتها فيما بعد باستخدام القليل من الأسيتون.

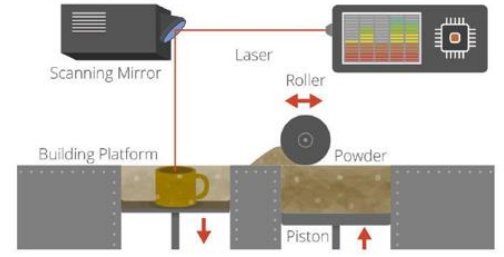


الشكل 4: جهاز FDM (EXTRUSION)

٧. مواد الطباعة الثلاثية الأبعاد

المواد المستخدمة في الطابعات ثلاثية الأبعاد قطعت شوطاً طويلاً منذ الأيام الأولى لهذه التكنولوجيا.

هناك الآن مدى واسع لمختلف أنواع المواد والتي يتم توفيرها في مختلف الحالات (مسحوق، خيوط، حبيبات، راتنج، كريات) كذلك هناك مواد محددة تطور لنوع محدد من الطباعة ثلاثية الأبعاد والتطبيقات الخاصة مثال على ذلك في مجال طب الأسنان مع خصائص لمواد تتناسب مع التطبيق المستخدم لأجله. على أي حال هناك الآن العديد من المواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد تقوم بصناعتها مصنعي الطابعات أنفسهم بالغالب.



الشكل 3: جهاز Laser Melting

٨. C. النفث أو القذف FDM (EXTRUSION)

تستخدم في هذا النوع من الطباعة ثلاثية الأبعاد مواد بلاستيكية حرارية وذلك بنفثها وهي واسعة الانتشار وتسمى بشكل عام بنمذجة مترسب منصهر (FUSED MODELLING) (DEPOSITION) (FDM) وهذه التسمية التجارية المسجلة من قبل ستراتس (STRATASYS) وهي الشركة الأصل التي طورتها. أن تقنية (FDM) بدأت منذ أوائل عام 1990 وانتشرت بصورة واسعة بعد سنة 2009 بعد إطلاقها كشكل حر للتصنيع بصورة (FFF) (FREE FORM FABRICATION) مثل أجهزة الريب راب (REP RAP) ولكن بصورة محدودة لكون براءة الاختراع لحد الآن ملك لشركة ستراتس (STRATASYS). طريقة عملية الطباعة تبدأ بإذابة شعيرات البلاستيك الموضوعة في نافث مسخن يقوم بنفث مادة الطباعة طبقة بعد طبقة على منصة البناء من خلال معلومات الشكل ثلاثي الأبعاد والتي تجهز بها الطابعة حيث أن كل طبقة سوف تتصلب وتتم إيداع شعيرات بلاستيك جديدة في النافثة لضمان استمرارية الطباعة وبالنهاية تلتصق هذه الطبقات فيما بينها وتكون القطعة المطبوعة. شركة ستراتس (STRATASYS) طورت مدى واسع من المواد والتي تملكها صناعياً لطابعاتها من (FDM) والتي تتناسب انتاج بعض التطبيقات ولكن في مستوى الطابعات الموجودة في السوق حالياً هناك تحديد في المواد المستخدمة رغم النمو الذي يشهده هذا القطاع حيث إن المواد شائعة الاستخدام في هذا النوع من الطابعات هي (إي بي إس) (ABS) و(بي إل أي) (PLA) والمتوفرة بالسوق بأنواع ومصادر مختلفة.

معادن (METAL):

الكثير من المعادن والمعادن المركبة تستخدم كمعادن للطباعة في الطباعات ثلاثية الأبعاد. اثنتان منها أكثر شيوعاً هما الألمنيوم ومشتقات الكوبلت.

كذلك تستخدم مادة هي واحدة من أقوى وأكثر المواد شيوعاً في الطباعة ثلاثية الأبعاد إلا وهو الفولاذ المقاوم للصدأ ويكون بصورة مسحوقة لاستخدامها في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد للتبلد والإذابة و (EBM) ويكون لونها فضي ويمكن طلائها بمواد أخرى لإعطائها تأثير الذهب والبرونز.

حالياً تتم إضافة الذهب والفضة مع مواد معدنية كثيرة لاستخدامها في الطباعة ثلاثية الأبعاد مباشرة في تطبيقات صناعة المجوهرات، وهذان المعدنين مواد قوية جداً وتتم معالجتها بصورة مسحوقة.

التيتانيوم واحدة من أقوى المعادن وهي كذلك تستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد في بعض الأحيان وتأتي بصورة مسحوقة ويمكن استخدامها في عمليات أو طرق التبلد والذوبان (EBM)

السيراميك (CERAMICS):

السيراميك هي مادة جديدة نسبياً على مجموعة المواد التي يمكن استخدامها في الطباعة ثلاثية الأبعاد واثبتت نجاحاً في عدة مستويات. وهي تخضع إلى نفس الظروف التي تحتاجها السيراميك بالطرق التقليدية لإنتاجه والتي تطلق عليها الحرق والتزجيج

الورق (PAPER):

الورق العادي نوع (A4) هي مواد للطباعة ثلاثية الأبعاد تستخدمها طريقة الطباعة (SDL) لشركة مكور للتقنيات (Mcor Technologies) وتكلفة هذه المعدات متوسطة ولكن ما يميزها إمكانية الحصول عليها بسهولة وبتكلفة قليلة كمعادن الأولية للطباعة ثلاثية الأبعاد ويمكن شراؤها محلياً وهي الورق العادي.

في هذا الفصل سوف نتطرق على المواد الشائعة الاستخدام والاكثر شعبية:

النايلون (NYLON) أو مادة البولي أميد:

تستخدم بالغالب بصورته المسحوقة أو على صورة خيوط. وهي مادة قوية ومرنة واثبتت نجاحاً عند استخدامها في الطباعات ثلاثية الأبعاد.

وفي حالتها الطبيعية تكون بيضاء اللون ولكن يمكن تلوينها قبل أو بعد الطباعة ويمكن أن تكون على شكل مسحوق مع الألمنيوم المسحوق مكونة مادة أخرى شائعة الاستخدام في الطباعات ثلاثية الأبعاد والتي تسمى (تبلد -الومايد) Sintering (Alumide)

إي بي أس (ABS):

هي مادة شائعة الاستخدام من البلاستيك تستخدم في الطباعة ثلاثية بشكل خيوط بالأخص في الطباعات الثلاثية الأبعاد ذات المستوى الأدنى وهي مادة قوية من البلاستيك وذات ألوان كثيرة ويمكن شرائها بصورة خيوط من العديد من المصنعين ولهذا السبب هي شائعة الاستخدام.

بي أيل أي (PLA):

هي مواد التحلل البيولوجي للبلاستيك وهذا يعطي أهمية كبيرة لها في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد. ويمكن استخدامها بصورة راتنج في طريقتي الطباعة (SL) و (DLP) وكذلك على شكل خيوط لطريقة الطباعة (FDM) توجد ألوان متعددة فيا ويمكن أن توجد بصورة شفافة وأثبتت أنه خيار مفيد في بعض التطبيقات للطباعة ثلاثية الأبعاد، وعلى أية حال فهي ليست متينة ومرنة مثل (أي بي أس) (ABS).

لي وود (LAY WOOD):

طورت بصورة خاصة كمعادن للطابعات ثلاثية الأبعاد النافثة ذات المستوى المتدني وتنتج بصورة خيوط وهي عبارة عن بوليمير الخشب المركب (ويشار إليها أيضاً) (دبليو بي سي) (WPC)

VI. فوائد الطباعة ثلاثية الأبعاد

التخصص (customization):

عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد تسمح التخصص الشامل وذلك بالقدرة على إضافة الطابع الشخصي للمنتجات وفقاً للاحتياجات الفردية والمتطلبات حتى داخل نفس حجرة البناء للطباعة ثلاثية الأبعاد وذلك يعني أنه يمكن إنتاج العديد من المنتجات دون أي عملية إضافية وبصورة اقتصادية.

التعقيد (COMPLEXITY):

بعد ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد (والتصميم في بيئة رقمية) أمكن تصميم وطباعة أشكال معقدة جداً والتي لم يكن ممكناً إنتاجها بالطرق التقليدية حيث يتم تطوير تطبيقات معقدة المكونات لتثبت من كون هذا النوع من التصنيع أخف وأقوى من أسلافها من المصنوعة بالطرق التقليدية من التصنيع وكما هي الحال عند استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في قطاع صناعة الطائرات.

أدوات أقل (TOOLS-LESS):

عملية التصنيع واحدة من أكثر العمليات المكلفة وتحتاج إلى وقت ومراحل مكثفة من التطوير والبناء في عمليات الإنتاج منها إنتاج الأدوات لتصنيع القطع. للتطبيقات الصغيرة والمتوسطة يمكن للطباعة ثلاثية الأبعاد أن تنهي الحاجة إلى الأدوات للإنتاج مثل القوالب وبذلك تقل التكلفة ويقل وقت التصنيع والعمل المرتبط به وهذا أحد أسباب الجذب الشديد للتوجه لمثل هذا النوع من التصنيع وحتى يمكنها الطباعة بحيث لا تحتاج لتكوين الأجزاء ببعض بل تأتي مركبة أثناء طباعتها مباشرة لذلك تقل تكلفة الإنتاج نتيجة لعدم الحاجة لعمال التركيب.

مستدامة / صديقة للبيئة (sustainable)

:(environmentally friendly)

تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد إحدى التقنيات الكفوءة من ناحية صرف الطاقة وبذلك هي صديقة للبيئة في حالة صناعة نفس

النماذج ثلاثية الأبعاد المطبوعة بواسطة الورق آمنة وصديقة للبيئة ويمكن إعادة تدويرها بسهولة ولا تحتاج إلى عمليات إضافية.

المواد الحيوية (BIO MATERIAL):

هناك كم كبير من البحوث التي أصبحت تواكب احتمال الطباعة ثلاثية الأبعاد للمواد الحيوية في الأغراض الطبية والتطبيقات الأخرى. حيث يجري البحث على الأنسجة الحية (Living Tissue) في العديد من المؤسسات ال رائدة من أجل تطوير التطبيقات التي تشمل طباعة الأعضاء البشرية للزرع فضلاً عن إمكانية استبدال الأنسجة الخارجية للجسم.

هناك مجال آخر في هذا النوع من الطباعة يركز على تطوير المواد الغذائية كالمحوى على سبيل المثال.

الأطعمة (FOODS):

تجربة النفط في الطباعة ثلاثية الأبعاد للطعام تزداد بصورة دراماتيكية في السنوات الأخيرة.

الشكولاتة هي الأكثر شيوعاً ورغبة وهناك أيضاً طباعات تعمل بالسكر وفي بعض التجارب مع المعكرونة واللحوم.

عند النظر إلى مستقبل البحوث التي لها علاقة باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد نتوقع طباعة مواد غذائية كاملة متوازنة

أخرى (OTHER):

هناك شركة واحدة لها مواد فريدة (ملكية خاصة) وهي شركة ستراتس (stratasys) مع موادها الرقمية لمنصة الطباعة (connex 3d) حيث أن مواد الطباعة تكون مجتمعة خلال عمليات الطباعة في تراكيز مختلفة ومحددة لإنتاج مواد جديدة مع الخصائص المطلوبة.

ما يحصل إلى 140 من مختلف المواد الرقمية يمكن أن تتم طباعتها في مادة أولية واحدة وبطرق مختلفة.

القطع (مماثل) وتنتج القليل من المخلفات وتكون أخف وأقوى من الطرق التقليدية للإنتاج وبذلك تقلل أيضاً من انبعاثات غاز ثنائي أكسيد الكربون لكون الطباعة ثلاثية الأبعاد تتم محلياً ولا توجد الحاجة إلى نقل المنتجات المصنعة حول العالم لذلك تقل الانبعاثات نتيجة عدم الحاجة إلى النقل.

VII. تطبيقات الطباعة الثلاثية الأبعاد

كانت في البداية تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد تصنيع النماذج الأولية السريعة وكانت الغاية تسريع عملية التطوير في إنتاج النماذج الأولية والتي يمكن استخدامها لتكرار المنتج بصورة أسرع وأكفى وكحل مثالي للمشاكل التي كانت تعاني منها الطرق القديمة لتصنيع النماذج الأولية.

الطباعة ثلاثية الأبعاد تقتصد في الوقت والتكاليف في المراحل الأولى لتطوير المنتجات وتضيف النوعية قبل إنتاج الأدوات التي تستخدم لتكرار المنتج في كل القوالب.

النماذج الأولية لا تزال على الأرجح أكثر التطبيقات التي تستخدم فيها الطباعة ثلاثية الأبعاد.

استمرت التطورات والتحسينات في العمليات والمواد المستخدمة فيها منذ ظهور الطباعة ثلاثية الأبعاد لطباعة النماذج الأولية حيث شهد استخدام طرقها في التطبيقات التجارية مباشرة وتطبيقات الأدوات والصب التي تم الاستفادة من ميزاتها عند إنتاجها بالطباعة ثلاثية الأبعاد وسرعان ما تم تبنيها في القطاع الصناعي والتحسينات مستمرة ولا زالت على كافة المستويات سواء في العمليات أو المواد الأولية للطباعة والبرامج المتعلقة بهذا النوع من التصنيع وسوف نتطرق على بعض استخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

A. المجال الطبي وطب الأسنان (medical & dental use):

القطاع الطبي على ما يبدو أحد المجالات التي تبنت الطباعة ثلاثية الأبعاد في وقت مبكر مع احتمال نمو كبير في هذا

القطاع وذلك لقدرات التخصيص عند استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد على المستوى الفردي والقدرة على تحسين حياة الناس.

حيث بدأ استخدامها في المجال الطبي الصناعي بصناعة النماذج الأولية لدعم وتطوير المنتجات الطبية وصناعة طب الأسنان حيث تم استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لصناعة نماذج مفصلة للصب المعدني للتيجان التي تستخدم في طب الأسنان وصناعة المعدات الطبية كذلك استخدمت في صناعة الأعضاء الاصطناعية لاستخدامها في الزرع مثل الورك والركبة والمفاصل الخاصة وأجهزة السمع وتقوي العظام والأطراف الصناعية للمرضى المصابين بهشاشة العظام والسرطان.

تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تطورت أيضاً لطباعة الجلد والعظام والأنسجة والمستحضرات الصيدلانية وحتى الأعضاء البشرية.

تحتاج هذه التقنيات رغم بدايتها الواعدة إلى زمن طويل لتتحول إلى الاستغلال التجاري الواسع وفي متناول الجميع.

B. صناعة الطائرات (aerospace):

تبنى قطاع صناعة الطائرات الطباعة ثلاثية الأبعاد في وقت مبكر كالقطاع الطبي وذلك في تطوير المنتجات وصناعة النماذج الأولية وهذه الشركات تعمل بشراكة مع الأكاديميين ومعاهد التطوير والذين كما يبدو أصبحوا قريبين من استخدامها في الصناعة التطبيقية.

ولكن بسبب الطبيعة الحرجة في تطوير الطائرات فإن أعمال البحث والتطوير تتطلب معايير حاسمة وقاسية.

العمليات والمواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد شيدت العديد من التطويرات واستخدمت في التطبيقات الرئيسية المتقدمة في قطاع الطيران وبعض القطع الغير الحرجة.

رغم ذلك يتم حالياً استخدام طابعات عملاقة في صناعة بعض الأجزاء الأساسية في الطائرات في العديد من شركات صناعة الطائرات ومن أبرز المستخدمين الذين يستخدمون هذا النوع من التصنيع هم: نجي أي /موريس تكنولوجي (MORRIS)

(TECHNOLOGIES GE) وإيرباص/ 49 أي أي دي أس
(EADS / AIRBUS)

ورولز رويس (ROYCE – ROLLS) وبي أي أي سيستم
(BAE SYSTEM) وبوينغ(BOEING)

C. صناعة السيارات (AUTOMOTIVE):

D. صناعة المجوهرات (JEWELLE):

المعروف في هذا المجال حاجتها إلى معرفة عالية ومحددة في التصنيع كصناعة قوالب الصب والطلاء والنقش والتصنيع النهائي، لذلك هذه التخصصات تطورت على مدى سنوات عديدة وتحتاج إلى معرفة تقنية عند تطبيقها على تصنيع المجوهرات.

الطباعة ثلاثية الأبعاد أثبتت نفسها في هذا المجال وهي تجذب الانتباه على أساس كيفية الطباعة ثلاثية الأبعاد والمساهمة في زيادة تطوير هذه الصناعة باستخدام البرامج مثل (3D CAD) للتصميم وتحسين العمليات التقليدية للطباعة ثلاثية الأبعاد لإنتاج المجوهرات وأدى إلى إنهاء المراحل التقليدية للتصنيع وكذلك تزداد يوم بعد يوم تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على هذا القطاع

D. الفن / التصميم / النحت
:(ART/DESIGN/SCULPTURE)

الفنانين والنحاتين انخرطوا في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد في عدد لا يحصى من الطرق المختلفة في استكشاف أشكال وطرق كانت مستحيلة سابقا القيام بها.

هنا العديد من الفنانين الذين بزغ أسمهم من خلال عملهم على وجه التحديد باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد والمسح الضوئي ثلاثي الأبعاد والتقنيات المتعلقة بهذه الطريقة الجديدة من الطباعة منهم:

جوشوا هاركر (JOSHUA HARKER) وديزيك أوف (DIZING OF) وجيسكا روسن كرانتز بأنظمة نير فوز (JESSICA ROSEN KRANTZ AT NERVOS) (SYSTEM).

الماسحات ثلاثية الأبعاد جنبا إلى جنب مع الطباعة ثلاثية الأبعاد يجلب بعدا جديدا لعالم الفن هناك من طلاب الفن قاموا بإعادة عمل نسخ مطابقة لمقطع الفنية القديمة التاريخية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد عمل الكوزمو وين مان COSMO(WENMAN) وبشكل خاص المميز في هذا المجال

E. الهندسة المعمارية (ARCHITECTUR):

نماذج الهندسة المعمارية منذ فترة طويلة من التطبيقات ثابتة الاستخدام للطباعة ثلاثية الأبعاد وذلك بطباعة نماذج هندسية دقيقة ثلاثية الأبعاد للزيادة في التوضيح وإعطاء صورة مصغرة للمشروع ولكن بطريقة ثلاثية الأبعاد وتحتوي على الكثير من التفاصيل الدقيقة.

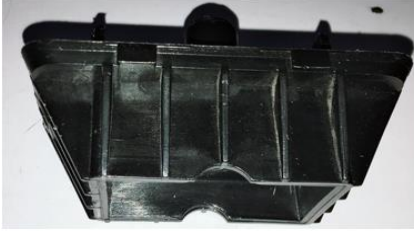
حيث تقدم الطباعة ثلاثية الأبعاد بصورة نسبية السرعة والبساطة وحلول مجدية اقتصاديا وذلك بطباعة النماذج مباشرة من برامج مثل (ثري دي كاد) (3D CAD) أو كمعلومات إضافية يستخدمها المهندسين لمعماريين.

هناك العديد من الشركات الناجحة الآن عادة ما تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد (في المنزل أو كخدمة) كجزء هام من سير العمل الخاص لزيادة الابتكار وتحسين التواصل.

في الآونة الأخيرة تحول رؤية بعض المهندسين لمعماريين والإنشائيين إلى البحث في استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد مباشرة كطريقة جديدة في البناء مثل ما تقوم به بعض الشركات الصينية ببناء هياكل كاملة للبيوت باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

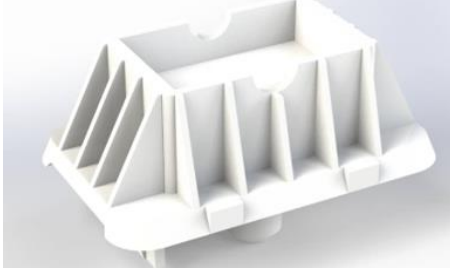
F. الموضة (FASHION):

لتحسن العمليات المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد من حيث الدقة ومواد الطباعة صناعة واحدة والتي تشتهر بحب التجربة بصورة كبيرة قد اخذت الصدارة باختيار الطباعة ثلاثية الأبعاد بالطبع نحن نتحدث عن الموضة كالأزياء والأحذية والملابس بشكل عام والقبعات والحقائب والتي كل هذا الذي تم ذكره وجد



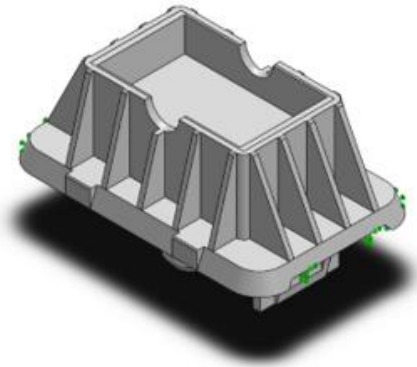
الشكل 5: القطعة المحقونة

يبين الشكل 6 التالي القطعة المطبوعة



الشكل 6: القطعة المطبوعة

قمنا بإجراء نمذجة ومحاكاة على برنامج Solid Works للقطعة المبنية بالشكل



الشكل 7: القطعة المرسومة على SolidWorks

A. مواصفات المادة

طريقه إلى العالمية باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد في تصميم الأزياء الراقية.

أريش فاف هيربين (IRIS VAN HERPEN) تعتبر من الرائدات في هذا المجال حيث قامت بإنتاج مجموعات ونماذج تم عرضها في باريس وميلان باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وقامت بنسف الطرق التقليدية في صناعة الأزياء والتي لم تعد تنطبق على تصاميم الأزياء.

العديد من زملائها في هذا المجال يتبعون خطاها باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد.

G. الطعام (FOOD):

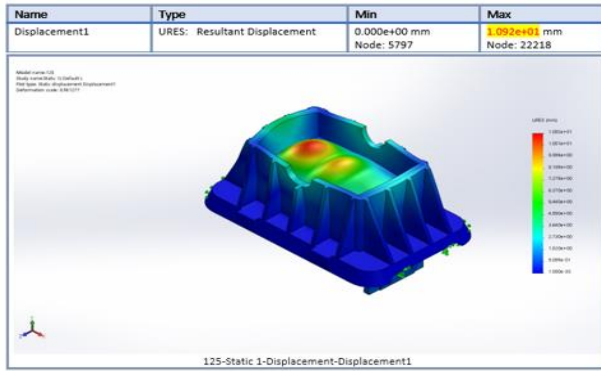
هي إحدى التطبيقات الناشئة من حيث العمليات وطرق الطباعة والمواد وهنا ناس متحمسون جدا في هذا المجال بالنهاية كلنا نحتاج أن نأكل. الطباعة ثلاثية الأبعاد تظهر لنا طريقة جديدة في إعداد وتقديم الطعام وبالأخص الأطعمة الجاهزة.

المستخدمين الأوائل في هذا المجال كانوا مصنعي الحلويات مثل الشكولاتة والسكريات وذلك باستخدام طابعات خاصة بها وهنا بعض التجارب المبتكرة مع المواد الغذائية وذلك بطباعة اللحوم على مستوى البروتينات الخلوية في الأونة الأخيرة تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد في إعداد المعكرونة.

بالنظر إلى مستقبل الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال صناعة الطعام في يوم من الأيام سوف يمكن إعداد الطعام بصورة كاملة وبطريقة يمكن الحفاظ على توازن المكونات الغذائية وتكون صحية.

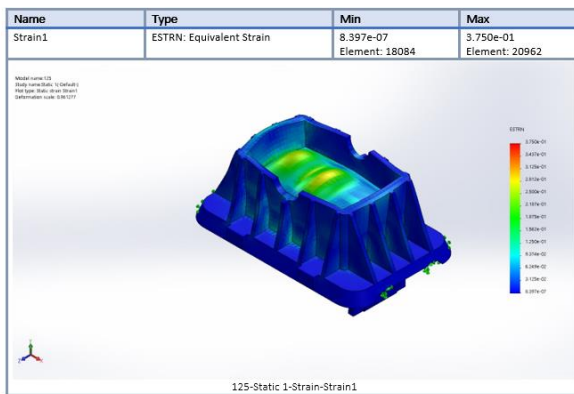
VIII. القسم العملي و التطبيقي

في هذا القسم سنقوم بإجراء مقارنة بين القطعة المحقونة و القطعة المطبوعة على طابعة ثلاثية الأبعاد ثم اجراء الاختبارات عليها على اجهزة الاختبار. يبين الشكل 5 التالي القطعة المحقونة



الشكل 11: الانتقالات Displacement

E. الانفعالات Strain



الشكل 12: الانفعالات Strain

قمنا بعد ذلك بوضع القطعة المحقونة على جهاز اختبار الضغط
كما هو مبين بالشكل 13



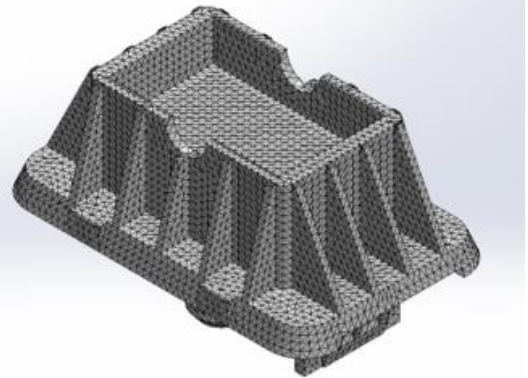
الشكل 13: تثبيت القطعة المحقونة على جهاز اختبار الضغط

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: PEI	SolidBody 1(Boss-Extrude12[4])(125),
	Model type: Linear Elastic Isotropic	SolidBody 2(Cut-Extrude19[2])(125),
	Default failure criterion: Unknown	SolidBody 3(Cut-Extrude19[1])(125),
	Tensile strength: 8.5e+07 N/m^2	SolidBody 4(Boss-Extrude12[1])(125),
	Compressive strength: 1.4e+08 N/m^2	SolidBody 5(Fillet10)(125)
	Elastic modulus: 3.1e+09 N/m^2	
Poisson's ratio: 0.44		
Mass density: 1,270 kg/m^3		
Curve Data: N/A		

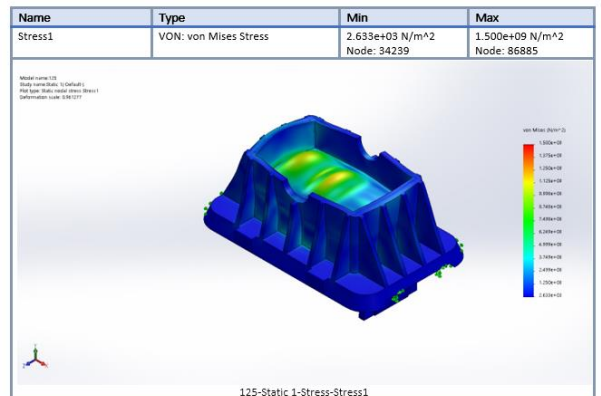
الشكل 8: مواصفات المادة

B. توليد شبكة العناصر المنتهية



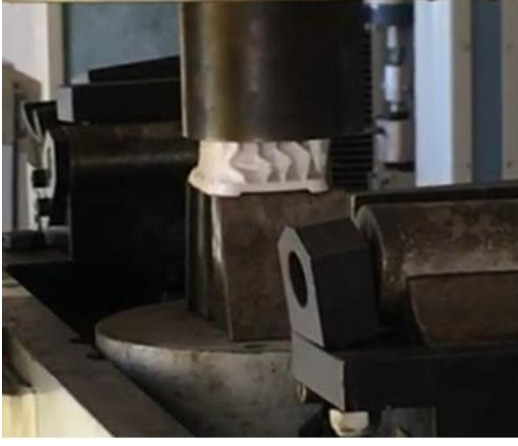
الشكل 9: شبكة العناصر المنتهية FEM

C. اجهادات Von Mises



الشكل 10: اجهادات Von Mises

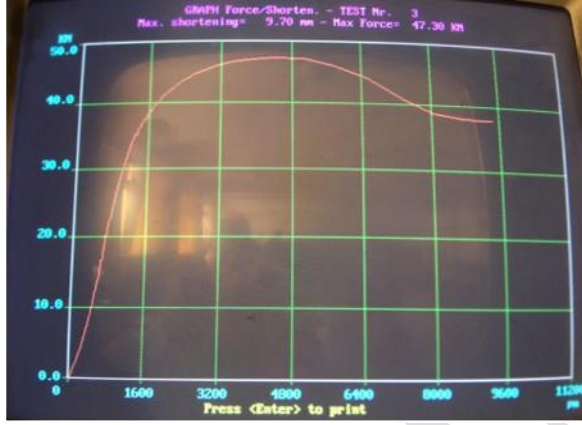
D. الانتقالات و الازاحات



الشكل 14: وضع القطعة المطبوعة على جهاز اختبار الضغط



الشكل 14: تثبيت القطعة المطبوعة على جهاز اختبار الضغط



الشكل 17: المنحني الخاص بالقطعة المطبوعة على الجهاز



الشكل 15: يبين القطعة المحقونة بعد تطبيق الضغط عليها

الشكل 18: يبين المنحني الخاص بالقطعة المحقونة على جهاز الضغط

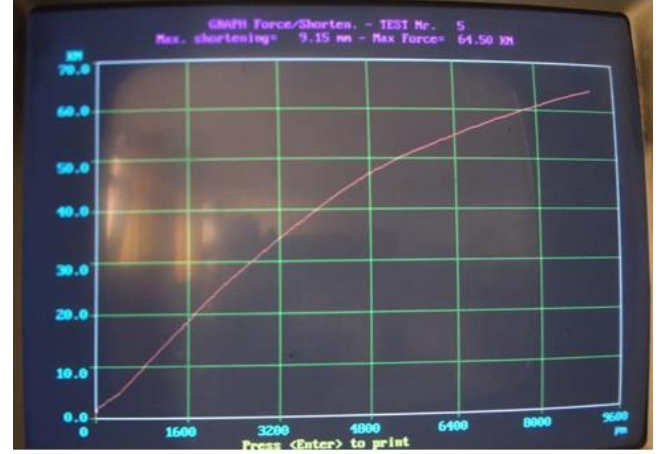
الشكل 15: القطعة المحقونة بعد تطبيق الضغط عليها

الشكل 16: يبين القطعة المطبوعة بعد تطبيق الضغط عليها

✓ يجب الأخذ بعين الاعتبار اتجاه الطباعة في التجارب
اللاحقة لما له من تأثير كبير على النتائج

X. المراجع

- [1]. http://www.tcs.com/SiteCollectionDocuments/White%20Papers/3D-Printing-New-Opportunities-for-Medical-Device-Industry_0315-1.pdf
- [2]. "A third industrial revolution," The Economist, 21 April 2012. <http://www.economist.com/node/2155290>
- [3]. Chris Anderson, Makers: The New Industrial Revolution (New York: Crown Business, 2012),
- [4]. "3D printing breaks out of its mold," Physics Today, October 2011.
- [5]. http://www.physicstoday.org/resource/1/phtoad/v64/i10/p25_s1?bypassSSO=1
- [6]. "61-Year-Old Company Reinvents Itself With FDM," Stratasys Case Study, 2011.
- [7]. <http://www.stratasys.com/Resources/Case-Studies/Commercial-Products-FDM-Technology-Case-Studies/Thogus-Products.aspx>
- [8]. Studio*Mrmann, Attracted to Light, <http://www.mrmann.co.uk/long-exposure-series-attracted-to-light>.
- [9]. "Printer produces personalised 3D chocolate," BBC News, 5 July 2011 .
- [10]. <http://www.bbc.com/news/technology-14030720>
- [11]. "Printing Food With 3D Printers," TechCrunch, 1 March 2011.
- [12]. <http://techcrunch.com/2011/03/01/printing-food-with-3d-printers/>
- [13]. "Researchers use a 3D printer to make bone-like material," UA Magazine, 30 November 2011.
- [14]. <http://www.unitedacademics.org/magazine/2865/researchers-use-a-3d-printer-to-make-bone-like-material/>



الشكل 18: المنحني الخاص بالقطعة المحقونة على الجهاز

IX. الاستنتاجات

من خلال النتائج تبين معنا ما يلي

- القطعة المطبوعة : وصلت القوة الاعظمية الى 47.300 KN و الانضغاط الأعظمي الى 9.70mm
- القطعة المحقونة : وصلت القوة الاعظمية الى 64.5N الانضغاط الاعظمي الى 9.15mm

وتوصلنا في هذه المقالة الى النتائج التالية :

✓ قدمنا في هذه المقالة مقدمة عن الطباعة الثلاثية الابعاد وتاريخها و طرقها و المواد المستخدمة في الطباعة و تطبيقات الطباعة الثلاثية الابعاد

✓ قمنا بإجراء محاكاة للقطعة الهندسية على برنامج SolidWorks قبل البدء بتجربة الضغط على جهاز الاختبار

✓ تبين معنا تجريبيا أن العينة المطبوعة اكثر لدونة من العينة المحقونة

✓ بالتجربة أيضا توصلنا إلى أن القوة الاعظمية في العينة المصبوبة اعلى من المطبوعة وهذا منطقي

- [15]. 3D printers could create customised drugs on demand," BBC News, 18 April 2012.
- [16]. "A Huge 3D Printer Can Build A Custom, Enviro-Friendly House In 20 Hrs," THE9BILLION, 15 August 2012.
- [17]. <http://www.the9billion.com/2012/08/15/a-huge-3d-printer-can-build-a-custom-enviro-friendly-house-in-20-hrs/>
- [18]. Wohlers Report 2011: Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry, p. 242.
- [19]. <http://www.wohlersassociates.com/2011contents.htm>
- [20]. " 3-D printing could remake U.S. manufacturing," USA Today, 10 July 2012.
- [21]. <http://www.usatoday.com/money/industries/manufacturing/story/2012-07-10/digital-manufacturing/56135298/1>
- [22]. Additive Manufacturing Technology Roadmap for Australia, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, March 2011, p. 22.
- [23]. <http://www.enterpriseconnect.gov.au/media/Documents/Publications/Additive%20Manufacturing%20Tech%20Roadmap.pdf>
- [24]. " Fuel Smart Celebrates its 5th Anniversary," American Airlines, <http://www.aa.com/i18n/aboutUs/environmental/article2.js>
- [25]. " Local firm leads with 3D manufacturing," The Australian Financial Review, 10 September 2012.
- [26]. http://www.afr.com/p/national/local_firm_leads_with_manufacturing_cdMd7rMhCh9CalDDxrRorl
- [27]. "Next 3-D Frontier: Printed Plane Parts," WSJ.com, 14 July 2012.
- [28]. <http://online.wsj.com/article/SB10001424052702303933404577505080296858896.html?KEYWORDS=boeing+3D+printing>