دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	تطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث الكمي
المصدر:	مجلة التصميم الدولية
الناشر:	الجمعية العلمية للمصممين
المؤلف الرئيسي:	حسين، مروة حسين توفيق
مؤلفين آخرين:	حسن، شيماء محمود حامد(م. مشارك)
المجلد/العدد:	مج6, ع4
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	2016
الشهر:	أكتوبر
الصفحات:	205 - 216
رقم MD:	985037
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
اللغة:	Arabic
قواعد المعلومات:	HumanIndex
مواضيع:	تصميم الأثاث، إنتاج الأثاث، الطباعة ثلاثية الأبعاد، تكنولوجيا الطباعة
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/985037

© 2021 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

تطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث الكمي
The application of 3D printing technology in mass production of furniture

م.د/ مروة حسين توفيق حسين
مدرس بقسم التصميم الداخلي والأثاث- كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان
م.د/ شيماء محمود حسن
مدرس التصميمات المطبوعة - كلية التصاميم - جامعة أم القرى

ملخص البحث Abstract:
يعتبر الأثاث من الأشياء الحيوية والأساسية في حياة الإنسان والأسرة والمجتمع ، فلا يخلو فراغ معماري من الأثاث الذي يناسبه طبيعة النشاط سواء كان إداريا أو سكنينا أو سياحيا أو تجاريا ، ومن هنا يأتي دور مصمم الأثاث في تلبية احتياجات النشاط والدي يتطلب أحيانا إنتاج كمي لوحدات الأثاث ، فيحاول المصمم إلى عمل تصميمات بسيطة تسهل تنفيذها كميا دون هدر للخامات بأقل وقت ممكن ، ومن خلال الإطلاع على التكنولوجيا الحديثة وجد أن تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ستكون قادرة على إنتاج أثاث كمي بمختلف التصميمات مهما كانت معقدة، فهي احد نتائج التطور التكنولوجي في القرن الحادي والعشرون، والتي انعكست في العديد من مجالات الحياة، وخاصة في إنتاج الأثاث. تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد واحدة من الركائز الرئيسية للنمو الاقتصادي المستدام نظرا لمميزاتها المتعددة في مجال الصناعة ، فهي عبارة عن تقنية مبتكرة والتي لها دورها المتميز في الصناعات التحويلية مع القدرة على تحويل الصناعة العالمية والاقتصاديات الأوروبية ولهدا سميت على إنها التصنيع بالإضافة (AM) وهو مصطلح الأكثر دقة. تختلف أنواع الطابعات حسب المواد الخام ومصدر الطاقة اللازمة لها والتقنية والنمط المستخدم لكل طابعة وبالتالي تؤثر على نوع وشكل وحجم المنتج النهائي للأثاث، ومن ثم وجب عمل دراسة تحليلية لكل نوع على حدة للتعرف على نوع الطابعة المناسب لتصميم وحدة الأثاث المطلوب تنفيذها. إن تحول صناعة الأثاث بالطرق التقليدية إلى تصنيع بالإضافة يتطلب دراسة مقارنة بينهما لمعرفة مدى مواجهة التصنيع بالإضافة لعيوب ومشاكل التصنيع التقليدي وهل لها القدرة على إنتاج كمي لدرجة انه من الممكن الاستغناء عن الطرق التقليدية أم أنها ستبقى صناعة موازية للصناعة التقليدية. **مشكلة البحث:** محدودية الإنتاج الكمي لبعض تصميمات الأثاث ، والتي تمثل صعوبة في إنتاجها بالطرق التقليدية. **هدف البحث:** دراسة استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد أو ما يسمي بـ (التصنيع بالإضافة AM) علي تطور نظم إنتاج الأثاث، من حيث الإنتاج الكمي لوحدات الأثاث ذات الطابع الخاص، وتحسين مستوي الجودة، ورفع مستوي الأداء. **فروض البحث:** تطوير عملية إنتاج الأثاث الكمي بتطبيق تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد من حيث توفير الوقت والجهد والتكلفة وجودة المنتج النهائي، حرية مصممي ومنتجي الأثاث في استخدام خامات مختلفة، فلا يوجد حدود لمدي تعقيد التصميم. وترجع أهمية البحث إلى محاولة فتح آفاق جديدة فيعملية تطوير إنتاج أثاث كمي باستخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد.أما حدود البحث فتقتصر الدارسة على تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد ومدى الاستفادة من هذه التقنية في الإنتاج الكمي للأثاث. واستخدم البحث المنهج الاستقرائي لجمع المعلومات والبيانات، المنهج الوصفي التحليلي وذلك في محاولة للتعرف علي كيفية تطويع تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث الكمي. أظهرت الدراسة إمكانية توظيف تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث وإكسابه مميزات جديدة تؤدي إلي تنوع الإنتاجية بالإضافة إلي التعرف علي تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد توفر تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد الوقت وتكلفة المنتج وبالإضافة إلي جودة عالية للمنتج، وذلك من خلال إجراء مقارنة بين التصنيع التقليدي والتصنيع بالإضافة (AM) ، إمكانية إنتاج تصميمات أثاث مبتكرة باستخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد دون صعوبة في التشغيل وبمنتهى الدقة، مع إمكانية إنتاج وحدات أثاث به حركة داخلية بنفس خامة وحدة الأثاث بدون استخدام مفصلات ، وإمكانية إجراء تعديلات على التصميم أثناء عملية التنفيذ.

كلمات دالة Keywords:
الطباعة ثلاثية الأبعاد
3D printing
التصنيع بالإضافة
Additive Manufacturing
الأثاث
Furniture
الانتاج الكمى
mass production

Paper received 14th August 2016, accepted 15th September 2016 , published 15th of October 2016

مقدمة Introduction:
نشهد اليوم أزهي عصور التكنولوجيا من حيث التطور والمثالية، وعلينا تطبيقها واستخدامها الاستخدام الأمثل وفقا لاحتياجتنا، تعد المنتجات الثلاثية الأبعاد هي الخطوة التالية والمستقبل لعمليات التصنيع الحديث، وقد أصبحت هذه الفكرة ذات أهمية واضحة في مجال تصنيع الأثاث. ويمكن تطبيق تكنولوجيا التصنيع ثلاثي الأبعاد 3D لتلافي بعض العمليات التصنيع التقليدي ومنها عملية التجميع وخاصة في الأثاث ذو الشكل الكلاسيكي، والتي تعتبر مرحلة مهمة من مراحل تصنيع الأثاث وتحتاج الكثير من الوقت[٨]. إن الطباعة الثلاثية الأبعاد 3D Printing – المصطلح العلمي لها هو التصنيع بالإضافة Additive manufacturing (AM) - هي تقنية إنتاج يتحكم بها الكمبيوتر[١]، وهي عملية بناء لأجسام صلبة ثلاثية الأبعاد من خلال وضع طبقات فوق بعضها[١، ٣] على عكس التصنيع التقليدي (التصنيع بالحذف) Subtractive Manufacturing. وقد استخدمت هذه التقنيات على مدى العشرون عاما الماضية لعمل الأجزاء المستخدمة في صناعات الفضاء، والسيارات، والصناعات البيوكيميائية، بالإضافة لمجالات أخرى (مثل التصميم و الهندسة المعمارية). وقد بدأ مؤخرا تزايد اهتمام الشركات بتطبيق تقنية التصنيع بالإضافة (AM) في عمليات تطوير المنتجات الخاصة بها[٣]. إن الطباعة ثلاثية الأبعاد (أو التصنيع بالإضافة) هي من ضمن تقنيات التصنيع السريعة النمو والأكثر انتشارا في العالم، فهي توفر فرص متنوعة لتصميم وتصنيع منتجات جديدة[٥]، وقد تطورت هذه التقنية بشكل كبير خلال السنوات القليلة الماضية. يقدم هذا البحث تمهيدا مختصرا حول الطباعة ثلاثية الأبعاد، وتقنياتها، وعملياتها، وخاماتها، وأيضا، استخدامها في تصنيع الأثاث من خلال استعراض بضعة مشاريع في هذا المجال، لعرض الوعي الخاص بها في هذه الصناعة. وأخيرا، إمكانية تطوير الإنتاج الكمي للأثاث من خلال استخدام تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

١- نظرة عامة و تعريف

١-١ تعريف التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing

يشير هذا المصطلح إلى مجموعة من التقنيات والعمليات التي تم تطويرها خلال أكثر من ثلاثين عاما. وتعرفه الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد ASTM - وهي كيان عالمي معروف بتقديم وتطوير المعايير العامة الخاصة بالصناعات- بأنه: "عملية إضافة للمواد لبناء أجسام على معطيات نموذج ثلاثي الأبعاد، وعادة بوضع طبقة فوق أخرى، على عكس منهجيات التصنيع التقليدي Subtractive Manufacturing ".[٦]

١-٢ تاريخ التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing History

تم تقديم الطباعة الثلاثية الأبعاد للاستهلاك التجاري لأول مرة عام ١٩٨٣ميلادية، عندما اخترع تشارلز هالCharles Hull الليثوجرافيا الفراغية Stereo Lithography (SLA)، والتي تتيح طباعة جسم ثلاثي الأبعاد بناء على معطيات برنامج التصميم بالكمبيوتر Computer-Aided Design (CAD). وفي عام ١٩٨٦، قام هال بالمشاركة في تأسيس شركة الأنظمة ثلاثية الأبعاد 3D Systems Inc.، وهي أول شركة قامت بتسويق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد مع أجهزة الليثوجرافيا الفراغية SLA. بينما تم تسويق تقنية تلبيد أشعة الليزر الانتقائي SLS - وهي تقنية أخرى للطباعة ثلاثية الأبعاد- لأول مرة في أواخر التسعينيات، وكما حدث مع أجهزة الليثوجرافيا الفراغيةSLA، فان تطبيقات هذه التقنية قد تطورت على مر السنين و انتقلت من تصنيع نماذج أولية إلى تصنيع منتجات نهائية، نتيجة للتكلفة الأقل لنظام التصنيع. خلال فترة التسعينيات، تم توجيه استخدام عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل كبير إلى تطبيقات صناعة النماذج، غير انه في أواخر التسعينيات، انتشر استخدام تقنيات وعمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد بشكل متزايد في التطبيقات الصناعية، والطبية، والمنتجات الاستهلاكية، واسعة النطاق. وكما يظهر في الشكل (١)، فان تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد مازالت تعمل على تحسين سرعة المعالجة، ودرجة تعقيد التصميم، والتنوع في المواد المستخدمة[٦].

شكل (١): تطور تكنولوجيا التصنيع بالإضافة [٦]

١-٣ مبادئ التصنيع بالإضافة

تعرف الطابعة ثلاثية الأبعاد بأنها آله ميكانيكية تتصل بها جزء إلكتروني، الذي بدوره يتحكم في حركة الآلة بالكامل من خلال برامج وسيطة (أشهرها : Slic3r – Cura – Kisslicer) التي تحول التصميم إلى كود يفهمه المتحكم (الجزء الالكتروني) وهو ما يعرف بـ (G code) الذي يحتوي على جميع الأوامر التي ستنفذها الطابعة حتى تنتهي من تنفيذ المنتج وتتحكم هذه الأوامر في درجة حرارة انصهار المادة الخام، سمك الطبقة الواحدة واتجاهات المحركات لسمك الطبقة، عدد الطبقات المستخدمة ،كمية المادة الخام المستخدمة ، الحجم النهائي لمنتج الأثاث وعدد النسخ المطلوبة، سرعة الطباعة.[٢٢]

تبدأ عملية التصنيع بالإضافة بنموذج ثلاثي الأبعاد للجسم المطلوب، والذي عادة ما يتم ابتكاره بواسطة برنامج التصميم بالكمبيوتر Computer-Aided Design (CAD)، أو من خلال عملية المسح الضوئي لمنتج فعلي. وتقوم البرمجيات المختصة بتقطيع هذا النموذج طوليا على شكل طبقات مستعرضة، ينتج عن هذه العملية ملف كمبيوتر يتم إرساله إلى جهاز التصنيع بالإضافة، و الذي يقوم عندها بتكوين الجسم عن طريق تشكيل كل طبقة بواسطة التحديد الانتقائي (أو التشكيل) للمادة. يمكن تشبيه هذه العملية بالطابعة النافثة للحبر Inkjet والتي تتحرك فوق الصفحة ذهابا وإيابا لإضافة طبقات من المادة فوق بعضها البعض حتى يتم تكوين الأجسام ثلاثية الأبعاد[٩] (ص٣). شكل رقم (٢) يوضح مراحل التصنيع بالإضافة.

شكل (٢): مراحل التصنيع بالإضافة [٩] ص٣

١-٤ التصنيع بالإضافة مقابل التصنيع التقليدي

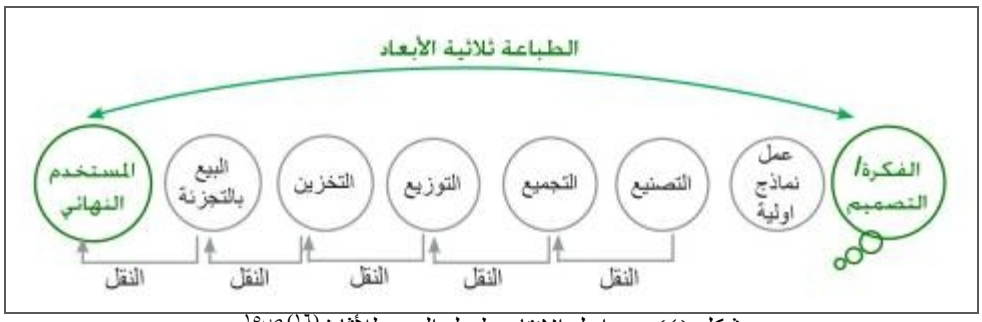
تعتمد عمليات التصنيع التقليدي علي تشكيل الأجسام من خلال الاستقطاع من الخامات [٧]، وتشمل هذه العمليات أربعة مجموعات رئيسية، هي الصب بالحقن injection molding ، واستخدام

الماكينات machining ، والتشكيلforming والتجميع joining . وكل عملية تصنيعية لها مميزاتها وعيوبها[٢٠].

ومن أشهر تقنيات التصنيع التقليدي (التصنيع بالحذف) Subtractive Manufacturing للأثاث استخدام ماكينات التحكم العددي بالكمبيوتر Computer Numerical Control (CNC)، والتي تقوم بتشكيل الأجسام بدءا بكتلة من المادة الخام ثم إزالة أجزاء منها لتشكيل الجسم المراد، وترتبط ماكينات (CNC) بحاسوبين فالأول يتم إدخال رسوم المخططات الخاصة بمواصفات القطعة ويتم بعدها تمرير رسم المخططات إلى الحاسوب الثاني ليقوم بتحويلها إلى أوامر برمجية خاصة للآلة ومنها يبدأ العمل، فمثلاً ما تقوم به هذه الآلة يحتاج إلى دقيقتان لإنهاء تفصيل القطعة بكافة تفاصيلها، بينما قديما كانت تحتاج القطعة الواحدة إلى ما يقارب ساعة وخمسة عمال كل منهم يقوم بعمل جزء شكل (٣). [٧] وبالرغم من انه قد تم ابتكار الطباعة الثلاثية الأبعاد كأسلوب سريع لعمل النماذج الأولية، فإنها قد تحولت إلى عملية تصنيع فعلية. ويعطي هذا الأسلوب المهندسين والشركات إمكانية تصنيع كلا من النماذج الأولية والمنتجات النهائية، كما أن له فوائد مهمة تميزه عن عمليات التصنيع التقليدية. يستخدم كلا من أسلوبي التصنيع التخطيط الديكارتي (محاور X، Y، Z) لتحديد وضع الجهاز المستخدم لتنفيذ الجسم المراد، بناء على ذلك، فان الحركة الميكانيكية للطباعة ثلاثية الأبعاد مماثلة جدا للتقنيات المستخدمة في آلات CNC. وفي كلا الحالتين، توجد ثلاث محاور للحركة يتحكم فيها الكمبيوتر، وتكون ذات قدرة عالية للتحرك بشكل دقيق[١٧].

شكل (٣): ماكينة تصنيع الأثاث CNC [١٩]

إن التصنيع التقليدي له عدة أشكال أو أنماط تشير إلى الخامات والعمليات المستخدمة لتشكيل الجسم، ولكن جميعها تستخدم نفس الخطوات الأساسية (تدعى طريقة سير العمل a workflow). في المقابل، فان الطباعة ثلاثية الأبعاد هي العملية التي يتم بواسطتها بناء الأجسام [١٧]، مما يتيح تجاوز سلسلة التوريد التقليدية، وتصنيع المنتج بشكل مباشر، شكل (٤)، كما جدول (١) مقارنة بين التصنيع التقليدي والتصنيع بالإضافة.



شكل (٤) : مراحل الإنتاج طويل المدى للأثاث[١٦] ص١٥

جدول (١): مقارنة بين التصنيع التقليدي والتصنيع بالإضافة [٦] [١٤] [٢١]

	التصنيع التقليدي	التصنيع بالإضافة
التكلفة	تكاليف اعلي لإعداد النماذج الأولية والنقل والتجميع والشحن	• يوفر ٧٠% من تكلفة عمل النماذج الأولية • تكلفة اعلي لإنتاج المنتجات كبيرة الحجم
التصميم / تعقيد التصميم	تقيد الحرية في التصميم لتقليل تكاليف الإنتاج	تتيح الابتكار في التصميم بشكل سهل وغير مكلف
السرعة	تحتاج وقت طويل لبناء المنتج النهائي	وقت أقل وإمكانية تصنيع وفقا لرغبة العميل
اختيار الخامات	تستخدم مدي أوسع من الخامات	تستخدم نطاق ضيق من البوليمرات والمعادن والخشب
تصنيع منتجات كبيرة	تتيح إنتاج المنتجات كبيرة الحجم بصورة أفضل	يعتمد حجم المنتج علي حجم الماكينات المتاحة
الإنتاج الكمي	مناسب للإنتاج الكمي لتوفير تكلفة الأدوات والتجهيزات الثابتة	مناسب لإنتاج منخفض إلي متوسط
تقليل المخلفات	ينتج مخلفات أكثر	تقليص حجم المخلفات الناتجة عن عملية الإنتاج

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

٢- عمليات وتقنيات التصنيع بالإضافة

تتعدد عمليات التصنيع بالإضافة وتختلف وفقا للطريقة المتبعة في تكوين كل طبقة. هذه التقنيات تتباين ما بين بثق مادة لاصقة في مسحوق البوليمر (طباعة ثلاثية الأبعادPrinting 3D)، أو استخدام ليزر اشعة فوق بنفسجية UV لتصليد بوليمر حساس ضوئيا (ليثوجرافيا فراغية Stereo lithography)، أو استخدام اشعة الليزر لاذابة معدن أو مسحوق بوليمر بشكل انتقائي (تلبيد الليزر Laser Sintering). فضلا عن ذلك، فان التطورات الاخيرة في تركيب المنتجات النهائية تتيح استخدام الأعداد المتزايدة من المواد الخام في آن واحد. يمكن تشبيه هذه العملية بطابعة نافثة للحبر inkjet بها ستة حاويات للاحبار الملونة تقوم بالطباعة بشكل متزامن، لكن باستخدام مواد مختلفة في كل حاوية، مثل المعادن المتنوعة، والبلاستيك، والخزف. ينتج عن التصنيع بالإضافة مخلفات اقل، ويستخدم الحد الادنى من الكيماويات الضارة مثل محاليل الحفر و التنظيف، بناء على ذلك، وفي ضوء التطورات الاخيرة في تركيب المنتجات النهائية من خامات متعددة (معادن، بلاستيك، خشب، خزف، .. الخ)، ومع طبيعة التصنيع بالإضافة الصديقة للبيئة، برز هذا الاسلوب كتقنية تحويلية في مجال التصنيع القائم على الابتكار.

هناك سبعة عمليات مختلفة للتصنيع بالإضافة، كما تم تعريفها بواسطة منظمة ASTM العالمية، و يلخص الجدول رقم (٢) تصنيفات وتقنيات هذه العمليات السبع، والتي تؤثر على مدى رواج الطابعة الثلاثية الأبعاد لدى مجموعة منتقاة من المستهلكين. [٤] ص٦.

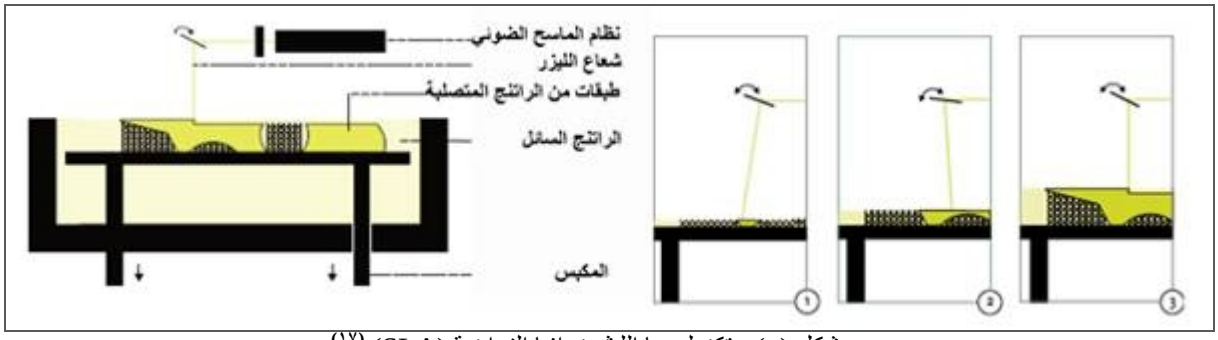
جدول (٢): تصنيف عمليات التصنيع بالإضافة، مقتبسة من ASTM International[٨] [١١]

التصنيف	التقنية	المواد او حبر الطباعة	مصدر الطاقة	الوصف	نقاط القوة / الجوانب السلبية	المطورين (الدولة)
الطباعة باستخدام المادة اللاصقة	طباعة ثلاثية الابعاد نفث الحبر S-print M-print	مسحوق معدني، مسحوق بوليمر (جبس، رانتج)، مسحوق خزفي	طاقة حرارية	يتكون الاجسام عن طريق ترسيب وسيط لاصق لربط المواد المسحوقة	* طباعة الاجسام بالالوان الكاملة * يتطلب التثقيف خلال مرحلة ما بعد المعالجة * اختيار واسع من المواد * وجود مسام واسعة على سطح الاجزاء المنتهية	* ExOne (الولايات المتحدة) * VoxelJet (المانيا) * 3D Systems (الولايات المتحدة)
الطباعة باستخدام الطاقة الكهربائية الموجهة	ترسيب مباشر للمعدن ترسيب الليزر اندماج الليزر شعاع الالكترون الاذابة المباشرة (EBW)	معدن: مسحوق او سلك	شعاع ليزر	يبني الاجزاء باستخدام الطاقة الحرارية المركزة لصهر المواد اثناء ترسيبها على الركيزة	* اصلاح الاجزاء التالفة / البالية * طباعة متدرجة للمواد بشكل عملي *يحتاج لآلة ما بعد المعالجة	* DM3D (الولايات المتحدة) * NRC-IMI (كندا) * Irepa Laser (فرنسا) * Trumpf (المانيا) * Soaky (الولايات المتحدة)
الطباعة بالتلبين الحراري	التشكيل بالترسيب المنصهر (FDM) بتشكيل المعالم	لدائن حرارية، عجائن خزفية، معاجين معدنية	طاقة حرارية	يتكون الاجسام بواسطة توزيع المادة خلال صنبور لبناء الطبقات	* جهاز البثق غير مكلف * طباعة بمواد متعددة * انحلال محدود للاجزاء * جودة سطح الجسم المنتهي رديئة	* Stratasys (الولايات المتحدة) * Delta Micro Factory (الصين) * 3D Systems (الولايات المتحدة)
الطباعة بنفث المادة (النقطية)	نفاث متعدد نفث حبري نفاث حراري	بوليمر ضوئي شمع	طاقة حرارية / معالجة ضوئية	يبني الاجزاء بواسطة ترسيب نقط صغيرة من مواد البناء، و التي يتم معالجتها بعد تلك بتعريضها للضوء	* طباعة بمواد متعددة * جودة سطح الجسم عالية * مواد متخفضة القوة	* Stratasys (الولايات المتحدة) * LUXeXcel (النروج) *3D Systems (الولايات المتحدة)
الطباعة باستخدام بودرة الطباعة	تلبيد ليزر انتقائي (SLS) تلبيد مباشر للمعادن بالليزر (DMLS) صهر انتقائي بالليزر (SLM) صهر بشعاع الالكترون (EBM)	بولي أميد / بوليمر بودرة معدنية مفتتة (سانلس ستيل 17-4 PH، كوبالت، كروم، تيتانيوم Ti6Al-4V) بودرة خزفية	شعاع ليزر عالي الطاقة شعاع الالكترون	يتكون الاجسام باستخدام الطاقة الحرارية لصهر اجزاء من طبقة البودرة الاساسية	* مستوى عال من الدقة و التفاصيل * اجزاء مكتملة الكثافة * مستوى عال للقوة و الصلابة النوعية * معالجة و اعادة استخدام البودرة * هياكل دعم و ارتكاز	* EOS (المانيا) * Renishaw (المملكة المتحدة) * Phenix Systems (فرنسا) * Matswra Machinery (اليابان) * ARCAM (السويد) 3D Systems (الولايات المتحدة)
الطباعة باستخدام الشرائح	دمج بالموجات فوق الصوتية تصنيع اجسام مغلفة (LOM)	غشاء بلاستيكي رقيق، لوح معدني، شريط خزفي	شعاع الالكترون	يبني الاجزاء عن طريق تذبيب الواح المواد و ربطها سويا في طبقات	* جودة سطح الجسم عالية * تكلفة منخفضة للمواد، و المعدات، و المعالجة. * مشاكل متعلقة بالتشبث	* Fabrisonic (الولايات المتحدة) * CAM-LEM (الولايات المتحدة)
الطباعة باستخدام البلمرة الضوئية و التصليد الحراري	الليثوجرافيا الفراغية (SLA) معالجة ضوئية رقمية	بوليمر ضوئي، خزف (الومينا، زركونيا، PZT)	ليزر الاشعة فوق البنفسجية	يبني الاشكال باستخدام الضوء لمعالجة طبقات المواد بشكل انتقائي في وعاء من البوليمر الضوئي	* سرعة بناء عالية * ثبات عالي للاجزاء * معالجة زائدة، شكل الخط الممسوح ضوئيا * تكلفة عالية للتجهيزات و المواد	* 3D Systems (الولايات المتحدة) * Envision TEC (المانيا) * DWS Srl (ايطاليا) * Lithoz (النمسا)

هناك خمسة أنماط لعمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم في تصنيع الأثاث: الليثوجرافيا الفراغية Stereo lithography (SLA) وتلبيد الليزر الانتقائي Selective Laser Sintering (SLS)، المعالجة الضوئية الرقمية Digital Light Processing (DLP) ومصفوفة النفاث المتعدد Poly-Jet Matrix ، والتشكيل بالترسيب المنصهر / التصنيع بالسلك المنصهر Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication (FDM/FFF). [٢٠]

٢-١ الليثوغرافيا الفراغية Stereo lithography(SLA) :

تعرف الليثوغرافيا الفراغية على نطاق واسع بأنها العملية الاولى للطباعة ثلاثية الأبعاد، وهي عملية قائمة على اشعة الليزر، وتستخدم راتنجات البولي مر الضوئي التي تتفاعل مع الليزر و تتم معالجتها لتكوين أجسام صلبة متقنة لانتاج اجزاء عالية الدقة. و هي عملية معقدة، لكن يمكن شرحها بصورة مبسطة كالتالي: يتم وضع راتنجات البوليمر الضوئي في وعاء بداخله منصة متحركة، ثم توجيه شعاع ليزرعلى محوري Y، X عبر سطح الراتنجات وفقا لبيانات ثلاثية الأبعاد يتم تغذيتها للجهاز، بحيث تتصلب الراتنجات في الاماكن التي يصطدم فيها الليزر بالسطح تحديدا. وعند اكتمال الطبقة، تنخفض المنصة داخل الوعاء قليلا (على محور Z) و يقوم شعاع الليزر بتتبع الطبقة التالية. و تستمر هذه العملية حتى اكتمال بناء الجسم المطلوب ويمكن عندها رفع المنصة خارج الوعاء لازالته [١٠] ويوضح الشكل (٥) تكنولوجيا SLA. وتستخدم الليثوغرافيا الفراغية نطاق واسع من راتنجات البوليمر الضوئي و التي تصنع من مواد شبيهة بمواد ABS، وبوليمر ضوئي سائل خالي من الانتيمون، ومركبات مليئة بالجزيئات المتناهية الصغر، وبوليمر سائل منخفض اللزوجة، وبولي الكربونات، والبلاستيك، ومواد شبيهة بالبولي بروبيلين، والبولي ايثيلين، والخزف، ويوضح الشكل (٦) النمط الهندسي لتصميم طاولة محدثة تم إنتاجها من تجسد قطعة واحدة من راتنجات الايبوكسي باستخدام الطباعة المجسمة، أبعادها ٩٨ × ٦١ × ٤٢. [١٧]



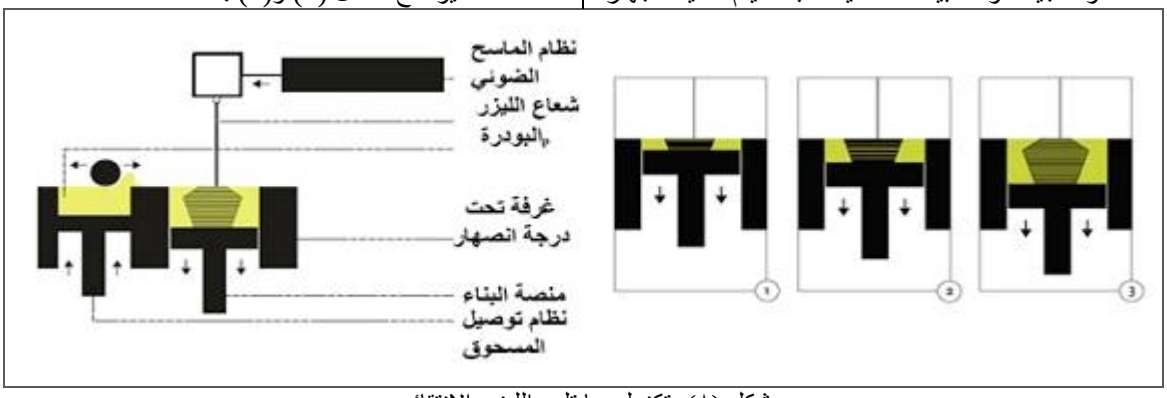
شكل (٥) : تكنولوجيا الليثوغرافيا الفراغية (SLA) [١٧]

شكل (٦) : النمط الهندسي لتصميم طاولة منتجة بتكنولوجياSLA[١٧]

شكل رقم (٧) : مراحل بناء الطاولة داخل الطابعة SLA [٢٧]

٢-٢ تلبيد الليزر الانتقائي Selective Laser Sintering (SLS):

هو مصطلحات تبادلية تشير إلى عملية طباعة ثلاثية الأبعاد قائمة على أشعة الليزر، وتستخدم المواد المسحوقة (بودرة). فيتم توجيه شعاع الليزر عبر طبقة بودرة أساسية مكونة من مسحوق المادة الخام المضغوط جيدا، وفقا لبيانات ثلاثية الأبعاد يتم تغذية الجهاز بها، في محاور X، Y. وعندما يتفاعل الليزر مع سطح مسحوق المادة فانه يلبّد أو يصهر الجزيئات معا مشكلا طبقة صلبة. وعند اكتمال كل طبقة، تنخفض طبقة البودرة الأساسية تدريجيا، ثم تقوم اسطوانة بصقل البودرة على سطح الطبقة الأساسية قبل مرور شعاع الليزر لتكوين الطبقة التالية وصهرها مع الطبقة السابقة[١٠] ص٣٢٨، كما يوضح الشكل (٨) و(٩) .



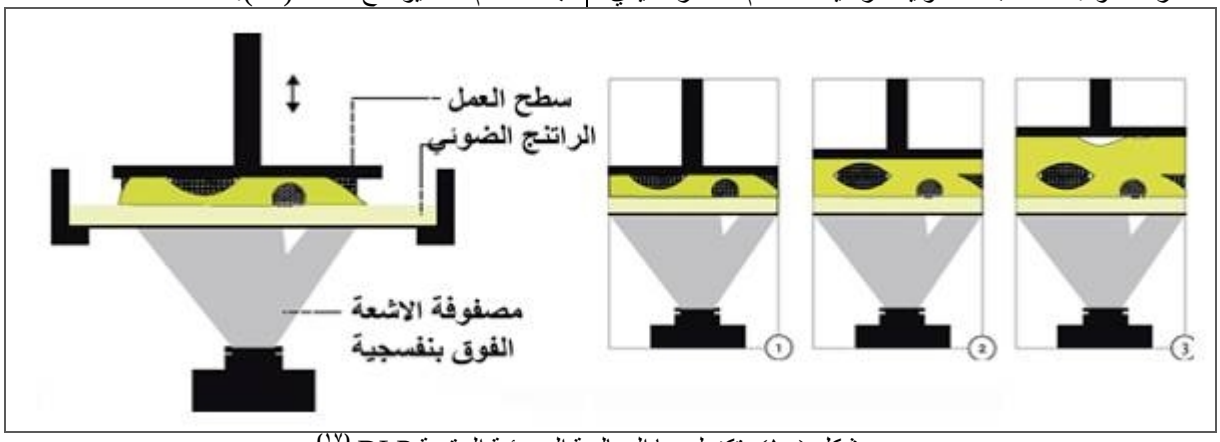
شكل (٨): تكنولوجيا تلبيد الليزر الانتقائي

شكل (٩) : مراحل بناء وحدة الأثاث باستخدام تكنولوجيا SLS [٢٤]

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

٢-٣ المعالجة الضوئية الرقمية Digital Light (DLP) Processing:

هي عملية مماثلة للثوغرافيا الفراغية، فهي عملية طباعة ثلاثية الأبعاد تستخدم البوليمر الضوئي، لكن الاختلاف الرئيسي هو مصدر الضوء. فالمعالجة الضوئية الرقمية تستخدم مصدر تقليدي للضوء، مثل المصباح المقوس، يكون به لوحة عرض من الكريستال السائل، أو جهاز المرآه المعدلة للشكل (DMD)، والتي يتم وضعها على سطح وعاء راتنجات البوليمر الضوئي بأكمله في خطوة واحدة، مما يجعل هذه العملية اسرع من الليثوغرافيا الفراغية بشكل عام، كما يوضح الشكل (١٠).



شكل (١٠): تكنولوجيا المعالجة الضوئية الرقمية DLP [١٧]

شكل (١١) مراحل بناء مجسم باستخدام تكنولوجيا DLP [٢٦]

٢-٤ مصفوفة النفاث المتعدد – راتنجات مبلمرة بضوء فوق بنفسجي ترش بنافث حبري

تستخدم هذه التقنية بوليمرات سائلة يقوم الجهاز بنفثها من خلال عدد لانهائي من صنابير الرش. ويتحرك رأس الطابعة ذهابا و إيابا، مثل الطابعات العادية، و يتم رش البوليمر الضوئي السائل بشكل متواصل في طبقات رفيعة جدا (من ١٦ إلى ٣٠ ميكرون). تتم معالجة كل طبقة بشكل فوري بعد رشها باستخدام ضوء فوق بنفسجي (مبلمر)، و نتيجة لهذه المعالجة الفورية لكل طبقة ، لا يحتاج الأمر بعد ذلك لمعالجة المنتج النهائي نفسه.

إن عملية البناء الشديدة الدقة تتيح إنشاء حوائط بسمك ٠,٦ ملم، و تستلزم الفجوات و النتوءات الموجودة في الجسم وجود بناء مدعم له، لذلك يتم رش مواد البناء و المواد المدعمة الغير سامة و الشبيهة بالهلام بشكل متلازم. و تنخفض المنصة التي يتم بناء الجسم عليها بشكل تدريجي لمسافة تعادل سمك الطبقة الواحدة. و يمكن ازالة البناء المدعم للجسم باستخدام جهاز المياه النفاثة بعد ذلك، و الذي يترك وراءه الجسم المطلوب فقط. [١٨]

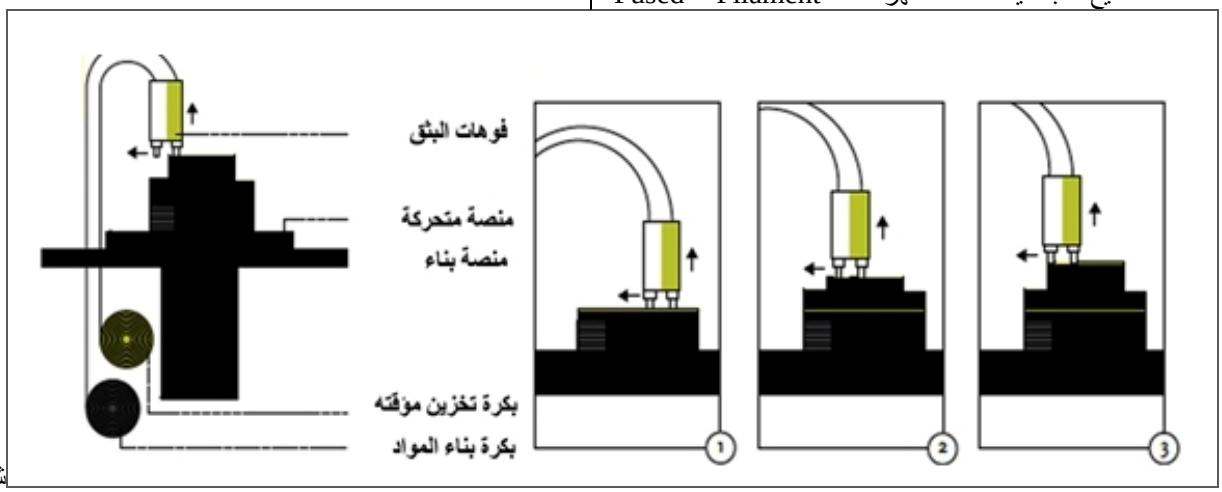
شكل (١٢): راتنجات مبلمرة بضوء فوق بنفسجي ترش بنافث حبري[١٧] ص٦٠

شكل رقم (١٣) : مراحل إنتاج وحدات باستخدام تكنولوجيا UV [٢٨]

٢-٥ التشكيل بالترسيب المنصهر / التصنيع بالخيط المنصهر
Fused Deposition Modeling/Fused Filament Fabrication (FDM/FFF)

يعتمد "التشكيل بالترسيب المنصهر Fused deposit modeling (FDM)" على إذابة خيط بلاستيكي يتم ترسيبه من خلال جهاز طرد ساخن، في شكل طبقة واحدة في كل مرة، فوق منصة بناء وفقا لبيانات ثلاثية الأبعاد يتم تغذيتها للطابعة. و تتصلب كل طبقة بعد ترسيبها و تلتصق بالطبقة السابقة لها [١٨]، كما يظهر في الشكل (١٤).

تعتمد"التصنيع بالخيط المنصهر Fused Filament Fabrication"والتي تتضمن بثق بلاستيك حراري أو مادة شمعية من خلال فوهة ساخن لتكوين المقطع العرضي للجسم. ويتم توجيه المادة الخام للسلك بواسطة اسطوانة داخل مسيّل يتم تسخينه إلى درجة حرارة أعلى من درجة انصهار السلك، وبذلك يمكن للمادة ان تتدفق بسهولة من خلال الفوهة. وعندما تصل المادة إلى الركيزة، تبرد وتتصلب، وعند اكتمال الطبقة، يتم خفض منصة البناء بما يعادل سمك طبقة واحدة بواسطة منصة تحديد الموقع Z، ويبدأ ترسيب الطبقة التالية. وقد يتم ترسيب طبقة ثانوية مهدورة (يتم ازالتها بعد ذلك) لتدعيم البنية الهندسية المعلقة للجسم. [٤] ص٦



شكل (١٤): التشكيل بالترسيب المنصهر[١٧] ص ٥

شكل (١٥) : مراحل إنتاج كرسي باستخدام تكنولوجيا FDM، [٢٥]

٣- تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على الصناعات الرئيسية والاقتصاد

إن التصنيع بالإضافة على وشك أن يتحول من مجرد تقنية ناشئة إلى تقنية تحويلية فعلية. حيث ان إمكانية طباعة تقريبا اي جسم يمكن تصميمه، وبشكل مباشر ومحلي، سيكون له انعكاسات مباشرة على المجتمعات. وعليه، فمن المهم أن يبدأ التقنيين في الحوار وتبادل الآراء تحسبا للتحديات التي ستواجه الوضع الراهن للاقتصاد العالمي، من خلال شكل رقم (١٦) نستنتج ما يلي :

٣-١ الإنتاجية والتسويق : فبالرغم من محدودية الإنتاج إلا أنها الأسرع في التسويق مما يؤدي إلى زيادة الطلب على المنتجات فتتحول التسويق إلى سياسة العرض والطلب .

٣-٢ إنهاء مشاكل التخزين نتيجة وصول المنتج إلى العميل فور الانتهاء من عملية التصنيع وبالتالي لا حاجة إلى أماكن تخزين كبيرة ويقتصر فقط على تخزين المواد الخام .

٣-٣ سيختلف مفهوم الاستيراد من استيراد منتج أو وحدات تجميع أو وصلات إلى استيراد خامات وتصنع حسب الطلب محليا مما يؤدي الى توفير التكلفة، وخلق فرص عمل، ومن ثم الاعتماد على الصناعة المحلية.

٤- دراسة التغيرات التي حدثت في صناعة الأثاث و الناجمة عن تطور تكنولوجيا الطباعة الثلاثية الأبعاد

إن الطباعة الثلاثية الأبعاد ستؤدي إلى تحولات جذرية في الصناعة المحلية وخاصة صناعة الأثاث، نتيجة لقدرتها على التخلص من التقنيات المستهلكة للوقت، مثل القطع و الحفر. فعند تطبيق تكنولوجيا التصنيع بالإضافة من خلال الكمبيوتر، من المتوقع أن تتمكن الصناعات من توفير تكاليف عمل النماذج ، ومن مشاكل التصنيع المتكررة والأخطاء البشرية، فضلا سيتغير مفهوم التصنيع الكمي الى التصنيع حسب الطلب والذي بدوره سيقضي على مشاكل التسويق للمنتج النهائي .

شهدت التكنولوجيا تطورًا كافيًا لإنتاج آلاف من منتجات الأثاث على المدى القصير، وازدهر الكثير من مصممي الأثاث حول العالم بسبب حرية التصميم دون التقيد بالخامات ولا مشاكل التنفيذ ، مما يتيح للشركات اختبار السلع في السوق.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ومع نمو هذه الصناعة، من المتوقع أن يتزايد الطلب بكثرة على كل من يتمتع ببعض الخبرة الفنية في مجال الطباعة ثلاثية الأبعاد، "فالخبرة تفوق ما عداها في الأهمية" ، وهذا يمثل أحد مواضع الخلل في السوق، ومن أجل ذلك فإن هذه المهارات تعد ذات صلة كبيرة، ولا سيما في مجالي التطوير والتصميم .

شكل (١٦): التغيرات التحولية الرئيسية الناتجة عن الطباعة الثلاثية الأبعاد[١٤]

جدول (٣) نماذج من الأثاث المنتج بتقنيةالطباعة ثلاثية الابعاد

أ- طاولة للكتابة متعددة الأرفف	
تقنية التصنيع	تلبيد الليزر الانتقائي (LS)
المادة المستخدمة	مفصلات الومنيوم، أنبوب صلب ذو مرونة عالية، رف سطحي من الالومنيوم مغطى بالبودرة
تحليل المنتج	• ذو تصميم خاص، ومفصلات متفرعة توضح الاجهادات. • تم عمل كل مفصل مختلف اللون باستخدام حسابات لعناصر محددة تمت على برنامج كمبيوتر مخصص لهذا الغرض • يتضح من التصميم رشاقة الأرجل ذات السمك المتناهي الصغر مع اتزان الطاولة يدل على دقة التنفيذ والاعتماد الكلي على حسابات التصميم.[٧] ص ٣٤٤
شكل (١٧) [٨] ص٥٩٥	
ب- مقعد خشبي	
تقنية التصنيع	التشكيل بالترسيب المنصهر (FDM)
المادة المستخدمة	الخشب
تحليل المنتج	• تمت طباعة المقعد في ثلاثة أجزاء (القاعدة و الأرجل)، بينما يحتاج تصنيعه إلى ٩ أجزاء إذا تم بالطرق التقليدية. • تم الجمع بين الأجزاء الخشبية الموحدة المقطوعة لتكوين الطبقات. • يمكن للمستهلك أن يحصل على أثاث معدل حسب الطلب بأسعار معقولة خلال أيام من طلب المنتج
شكل (١٨)[٨] ص٥٩٥	

ج- منضدة متنامية Growth Table	
تقنية التصنيع	التشكيل بالترسيب المنصهر
المادة المستخدمة	طبقات من الخشب
تحليل المنتج	• هذا المنتج من تصميم المصمم Mathias Bengtsson الذي حاول المزج بين التكنولوجيا مع جمال الطبيعة والتي تشبه فروع الشجر المتشابك فأصبحت الوحدة كقطعة نحتية.

شكل (١٩)[٢٣]

د- كرسي على شكل البازل Puzzle chair printed	
تقنية التصنيع بالإضافة	تمت طباعته بطريقة التشكيل بالترسيب المنصهر (FDM) و تم تجميعه على شكل كرسي
المادة المستخدمة	خشب أو بلاستيك
تحليل المنتج	• تصميم بسيط باللونين الأبيض و الأسود • يجب استخدام لاصق قوي مناسب لربط الأجزاء معا في بناء صلب • تمت طباعة الموصلات من نفس المادة كما هو واضح في الشكل • حرية استخدام الألوان مع مزجها بعضها مع بعض في تكوينات جديدة أعطت قيمة مضافة للتصميم وحرية للمصمم وثقة في تنفيذ التصميمات بجدارة .

شكل (٢٠) [٨] ص ٥٩٥

ه- مقاعد ملكية	
تقنية التصنيع	تقنية تلبيد الليزر (LS)
المادة المستخدمة	زجاج مقوى بالبوليمر
تحليل المنتج	• مقاعد ملكية ذات بناء شبكي منقوشة بالفراشات • يمكن طباعة كل مقعد كقطعة واحدة بدون استخدام لاصق، حسب الأبعاد، ويمكن تخزين المقاعد فوق بعض • بالرغم من أنها تبدو كملحقات أثاث ضعيفة التحمل، إلا أنها قوية بما يكفي للجلوس عليها ، و يرجع هذا لتصميمها و خصائص المواد المستخدمة في بنائها.

شكل (٢١)[٧] ص ٣٤٣

و- مقعد منجّد	
تقنية التصنيع	التشكيل بالترسيب المنصهر
المادة المستخدمة	الخشب
تحليل المنتج	• يماثل شكل هذا المقعد شكل الأثاث التقليدي نظرا لتركيبه و طبيعته، و لونه .. الخ. • يسمح تصميم هذا المقعد بتخزين بعض الأغراض • يمكن تقسيم عملية التصنيع في التقنية المتبعة هنا الى خطوتين رئيسيتين: قطع أجزاء صغيرة موحدة من الخشب،

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

	و تجميعها لتكوين طبقات باستخدام عملية ربط خاصة. • عند تنفيذه بالطرق التقليدية يحتاج إلى قالب ووقت لتجميع وتثبيت الطبقات وينتج عنه مشاكل في المنتج النهائي نظرا لعيوب في دقة التنفيذ ،أما عند استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يمكننا الحصول على المنتج في ساعات قليلة وبأعلى جودة في التشطيب	 شكل (٢٢)(٧) ص ٣٤٣
ز- وحدات تجميع الأثاث مصنّعة بالطباعة ثلاثية الأبعاد		
تقنية التصنيع	التشكيل بالترسيب المنصهر	 شكل (٢٣) (٧) ص٣٤٥
المادة المستخدمة	بلاستيك	
تحليل المنتج	• تولد مصادر أشعة الليزر حرارة عالية قد تتسبب في تحلل المادة الخشبية. لكن يمكن استخدام النشارة الخشبية في تقنية تلبيد الليزر الانتقائي لتحويلها إلى منتج ذو قيمة إضافية، وذلك على الرغم من أن هذه التقنية مناسبة أكثر للبودرة المعدنية. (٨) ص ٥٩٧ • * تتيح هذه التقنية استخدام أثاث قابل للفك والتركيب على مدى واسع، ومن ثم تقلل من نفقات النقل التخزين وخصوصا عند التصدير، فضلا عن جودة وحدات التجميع المختارة من خامات مختلفة تناسب وحدة الأثاث وتضيف قيم وظيفية وجمالية جديدة للمنتج النهائي مع ضمان استدامة المنتج من خلال استبدل الأجزاء التالفة والمفقودة .	
ح- أريكة جيدة جدا Sofa so good		
تقنية التصنيع بالإضافة	تقنية تلبيد الليزر الانتقائي، وراتنجات تتفاعل ضوئيا معالجة بليزر الأشعة فوق البنفسجية	 شكل (٢٤) (٧) ص ٣٤٤
المادة المستخدمة	السطح الخارجي مغطى بطبقة من النحاس والكروم، وتم تصنيع المنتج باستخدام ٢,٥ لتر فقط من الخامة.	
تحليل المنتج	• يعتبر وزن المنتج من المعايير الرئيسية للتصنيع بالإضافة، حسب كثافة المادة المستخدمة، و قد تم بناء هذه الأريكة كقطعة واحدة بالطباعة الثلاثية الأبعاد. • بشكل عام، يتم بناء النماذج ثلاثية الأبعاد في إشكال شبكية أو متداخلة أو ما يماثلها، لتقليل وزن المنتج. "الأريكة الجيدة جدا" هي مثال جيد لهذه النقطة.	
ط- طاولة جانبية الجوز المذهل Stunning Walnut Side Table		
تقنية التصنيع بالإضافة	التشكيل بالترسيب المنصهر	 شكل (٢٥) (٢٣)
المادة المستخدمة	القرصة من خشب الجوز والأرجل من ألياف بلاستيكية	
تحليل المنتج	• وزن هذه الوحدة لا يتعدى ١,٥كجم ، وزن مذهل وتصميم عصري بإضافة قيم جمالية . • اماكنية الدمج بين خامة طبيعية وصناعية وأساليب التجميع بينهم باستخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد	

النتائج Results:

١- نجح استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد في إنتاج الأثاث الكمي (حسب الطلب) في إيجاد علاقة مباشرة بين مصمم الأثاث والمستهلك له ومن ثم سوف يقضي على مشاكل الإنتاج الكمي في وجود صعوبة للتخزين والتسويق المنتج .

٢- من خلال المقارنة بين صناعة الأثاث الكمي باستخدام الطرق التقليدية والتصنيع باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تبين ما يلي :

- إمكانية تنفيذ التصميمات المعقدة باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بكميات كبيرة (إنتاج كمي) وهدا ما كان صعب أو شبه مستحيل تنفيذه بالطرق التقليدية نظرا لكمية الهادر واستهلاك الوقت والعمالة مما يترتب عليه زيادة تكلفة المنتج النهائي، فيعتبر استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد ينهي مشكلة التقيد بتصميمات محددة بمقاسات محددة لارتباطها بمقاسات الخامة لتقليل الهادر فيها .
- تتميز الطباعة ثلاثية الأبعاد بإنتاج متناهي في الدقة والدي يقضي على مشاكل التجميع في وحدات الأثاث الكبيرة الحجم ، وإنتاج أثاث بلا لحامات (قطعة واحدة) .
- من متطلبات الأثاث الحديث خفة وزن المنتج فأصبح سهل تحقيق دلك من خلال تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد والتي تستطيع عمل تفريغ داخلي للمنتج دون التأثير على شكله الخارجي ولا متانته وجودته .
- الطباعة ثلاثية الأبعاد تختصر مراحل الإنتاج المتعددة مما يؤدي الى تنفيذ المنتج في أقل وقت ممكن ودون الحاجة إلى عمالة كثيرة ، ومن هنا تفترض الدراسة إمكانية استخدام هده التقنية في المشاريع او المصانع الصغيرة فقط تحتاج إلى عمالة مدربة .
- الطباعة ثلاثية الأبعاد حلت مشكلة طول دورة المنتج بداية من تصنيع الخامات وصولا بها إلى المستهلك والتي كانت تمر على مشاكل اقتصادية نتيجة الفترة بين الإنتاج والتسويق مما يؤثر على التكلفة النهائية للمنتج ومن ثم أصبحت المنافسة العالمية متاحة في ظل التصميمات المبتكرة .

٣- جودة منتج الأثاث يعتمد على تصميمه في المقام الأول لان الطابعات ما هي إلا آداه تنفذ التصميم المرسوم بأعلى تقنيه موجودة .

٤- ما زال ثمن الطابعات الثلاثية الأبعاد باهظة نظرا لعدم انتشارها على مستوى العالم وهي كأي تكنولوجيا حديثة تبدأ مرتفعة الثمن وبمجرد أنها تبني ثقة العملاء ويتوسع مجالها تتطور لتقضي على عيوبها المبدئية.

٥- تعتبر الطباعة ثلاثية الأبعاد احد حلول استدامة منتج الأثاث حيث يستطيع إعادة تدوير المنتج وإعادة تصنيع الأجزاء التالفة بأقل تكاليف ممكنه .

٦- توفر استخدام المواد الخام ، حيث أن الطابعة تقوم بإخراج الكمية المطلوبة فقط في حالة طابعات الرش، وفي حالة طابعات الليزر فإن المواد الخام المتبقية يمكن استخدامها مرة أخرى.

٧- إمكانية الاستخدام المتعدد للألوان داخل المنتج الواحد للأثاث مهما صغر حجمه وبأعلى جودة ممكنة مما يؤدي إلى زيادة الإبداع في تصميم الأثاث .

٦- التوصيات Recommendations :

١- إعداد برامج تدريب متخصصة للمصممين ومهندسين الإنتاج والعمالة للتدريب على استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد داخل مصانع الإنتاج الكمي للأثاث .

٢- الاستبدال التدريجي للإنتاج الكمي للأثاث إلى إنتاج أثاث حسب الطلب من خلال استخدام تكنولوجيا التصنيع بالإضافة (AM) نظرا لما أحدثته من ثورة في عالم الصناعة وحل مشاكل التصنيع بداية من الخامات ونهايتا بمشاكل التسويق والتوزيع .

٣- عمل المزيد من الدراسات التي تؤكد على تجنب أخطار استخدام تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد داخل مصانع الإنتاج الكمي للأثاث حيث الاستخدام المتكرر لأشعة والليزر وتجنب تعرض العمالة للإشعاع المباشر وكذلك إمكانية استخدام الخامات الطبيعية والخامات الصديقة للبيئة

المراجع References

1. AdvanWijk& Iris van Wijk- 3D Printing with Biomaterials towards A sustainable and Economy –Published by IOS Press under the imprint Delft University Press - 2015 - http://ulib.iupui.edu/static/pdfs/3DPrintingBiomaterials.pdf
2. Anon, “Indiegogo for 3D Printing Real Wood Furniture”, 2014, http://www.3ders.org/articles/20140424-4-axyz-seeks-indiegogo-for-3d-printing-real-wood-furniture.html/
3. Cauê G. Mançanares& Eduardo de S. Zancul& Juliana Cavalcante da Silva & Paulo A. Cauchick Miguel, Additive manufacturing processes selection based on parts’ selection criteria, 12 April 2015, springer-Verlag London.
4. Claudio Munoz, Senior Industry Analyst, Mars Market Intelligence Christina Kim, Information Specialist, Mars Market Intelligence Lucas Armstrong, Junior Industry Analyst, Mars Market Intelligence, Layer-by-Layer: Opportunities in 3D printing Technology trends, growth drivers and the emergence of innovative applications in 3D printing, Mars Discovery District, © December 2013, https://www.marsdd.com/mars-library/layer-by-layer-opportunities-in-3d-printing/
5. EDWARD D. HERDERICK, Progress in Additive Manufacturing, DOI: 10.1007/s11837-015-1323-x, ©2015 The Minerals, Metals & Materials Society
6. Mark Cotteleer, Jonathan Holdowsky& Monika Mahto, The 3D opportunity primer The basics of additive manufacturing, March 6, 2014, http://dupress.com/articles/the-3d-opportunity-primer-the-basics-of-additive-manufacturing/
7. Murat Aydin, "Additive Manufacturing: Is It a New Era for Furniture Production?" Journal of Mechanics Engineering and Automation 5 (2015) 338-347, doi: 10.17265/2159-

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

0/1-s2.0-S0007681311001790-main.pdf?_tid=7a785532-721c-11e6-b2ae
16. http://www.acid.uk.com/news-article/items/the-challenges-to-the-furniture-industry-presented-by-3d-printing-450.html
17. https://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF_20123DPrinting.pdf
18. https://www.creativemechanisms.com/blog/additive-manufacturing-vs-subtractive-manufacturing
19. http://www.furniturelinkca.com/cnc_s.htm
20. http://www.rhubarbstudios.co/blog/2015/12/8/how-to-be-part-of-the-next-industrial-revolution
21. http://www.sculpteo.com/en/3d-printing/3d-printing-and-traditional-manufacturing-processes/
22. http://www.slideshare.net/FrostandSullivan/the-rise-of-3d-printing-market-insight?next_slideshow=1
23. http://ar3dprinter.com/3dprinting/
24. https://i.materialise.com/blog/3d-printing-meets-traditional-cabinetmaking-3d-printed-furniture-by-mathias-bengtsson/
25. https://www.youtube.com/watch?v=9E5MfBAV_tA
26. https://www.youtube.com/watch?v=36mB-UfysJ4
27. http://www.3ders.org/articles/20150325-new-gizmo-3ds-super-fast-dlp-3d-printer-creates-objects-in-6-minutes.html
28. https://vimeo.com/71818599
29. https://www.youtube.com/watch?v=jpTzjCfGSnM

5275/2015.06.002
8. Murat Aydin, Use of 3D Printing in Furniture Production, http://www.isites.info/PastConferences/ISITES2015/ISITES2015/papers/A8ISITES2015ID92.pdf
9. Thomas Campbell Christopher Williams Olga Ivanova Banning Garrett, could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, 2011, https://info.aiaa.org/SC/ETC/MS%20SubCommittee/Alice%20Chow_3D%20Printing%20Change%20the%20World_April%202012.pdf
10. Ujwal Bhatia - 3D Printing Technology – International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR) ISSN: 2321-0869, Volume-3, Issue-2, 2015, https://www.erpublication.org/admin/vol_issue1/upload%20Image/IJETR031424.pdf
11. Wei Gao, Yunbo, Devarajan Ramanujan, ……others – The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering
12. https://engineering.purdue.edu/ZhangLab/publications/papers/2015-cad-review.pdf
13. Zhang Feixiang, ZongLiyong, Kuang Xia, Study of Impact of 3D Printing Technology and Development on Creative Industry, Journal of Social Science Studies ISSN 2329-
14. http://3dprint.com/110824/3d-print-would-wood-project.
15. http://ac.els-cdn.com.sdl.idm.oclc.org/S000768131100179