فاعلية دمج تقنية النحت الرقمي مع أقمشة التنجيد وأثرها على تطور صناعه الأثاث

The Effectiveness of Integrating Digital Sculpting Technology with Upholstery Fabrics and Its Impact on the Development of the Furniture Industry

دعاء جمال محمد السعيد
مدرس بقسم النحت والتشكيل المعماري والترميم- كلية الفنون التطبيقية- جامعة دمياط- مصر doaagamal@du.edu.eg
علياء عزت حسن مرغم
مدرس بقسم التصميم الداخلى والأثاث- كلية الفنون التطبيقية- جامعة دمياط- مصر AlyaaEzzat@du.edu.eg
هبة الله السيد أحمد أبو النجا
مدرس بقسم الغزل والنسيج والتريكو- كلية الفنون التطبيقية- جامعة دمياط- مصر des_hebatollah@du.edu.eg

ملخص البحث: Abstract

تعد الطباعة الثلاثية الأبعاد من أهم تقنيات تنفيذ النحت الرقمي وهي ليست بتقنية جديده فعمرها تقريباً أكثر من ثلاثون عاماً ولكن لم تنال شهرة واسعة إلا خلال العشر سنوات الأخيرة؛ نظراً للتطور الهائل في التكنولوجيا الحديثة التي سهلت تداولها. وقد أحدثت تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تغيير جذري في مجال الأثاث عالميا إلا أن قابلية تطبيقها في السوق المحلي لا يزال محدودا نظرا لما تتطلبه من إمكانيات خاصة. ومن هنا ظهرت مشكلة البحث هل يمكن توظيف تقنيات النحت الرقمي في مجال تصميم وتصنيع الأثاث بجمهورية مصر العربية بطرق تلائم إمكانيات ماكينات الطباعة ثلاثية الأبعاد محلية الصنع؟ وهل تطبيق تلك التقنية على أقمشة التنجيد يحسن من خصائص الأقمشة الجمالية والوظيفية؟ ويهدف البحث إلى دراسة مدي إمكانية إضافة تصميمات من النحت البارز على أقمشة تنجيد الأثاث باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد دون أن يؤثر على وظيفة الأثاث وقياس تأثير تلك التقنية على أقمشة التنجيد. واتبع البحث المنهج الوصفي في تغطية الجانب النظري، والمنهج التجريبي متمثلاً في عمل مقترح تصميمي لمقعد باستخدام برنامج 3D MAX ومقترح تصميمي من النحت البارز مستوحاه من الشكل الخارجي للمقعد باستخدام برنامج 3D MAX ثم تنفيذ ه بتقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد علي نوعين من أقمشة التنجيد النوع الأول وهو أقمشة تنجيد شانيليا وتم إنتاج ثلاث عينات بأسلوب المزدوج باختلاف اللحمات وكثافتها (بولى استر- قطن) المستخدمة مع الشانيليا والنوع الثانى قماش تنجيد وبرة تريكو سداء (100% بولى استر) في ظل ظروف قياسية موحدة لخصائص ماكينة الطباعة وخامة البلاستيك المستخدمة وتم اجراء اختبارات (قوة التقشير، وحمل القطع، والاستطالة فى اتجاه السداء واللحمة، ووزن سمك القماش قبل وبعد اجراء الطباعة) على العينات البحثية وقد توصل البحث إلي أنه يمكن توظيف تقنيات النحت الرقمي المتمثلة في الطباعة الثلاثية الأبعاد بماكينات محلية الصنع في مجال تصنيع الأثاث للحصول على قطع أثاث مبتكرة ذات طابع خاص بكل سهولة وسرعة ودقة وقد أوضحت نتائج الاختبارات أن التصميم المنفذ بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد كان أكثر التصاقا بعينة النسيج المزدوج التى تحتوى على لحمات من القطن (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن: 1 لحمة شانيليا) يليها قماش تنجيد وبرة تريكو سداء وقد أوضحت الاختبارات أيضا أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تعمل على زيادة حمل القطع والاستطالة للعينات فى اتجاه السداء والعمود بينما لا يوجد تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على حمل القطع والاستطالة فى اتجاه اللحمة والصف للعينات.

كلمات دالة: Keywords

النحت الرقمي
Digital Sculpture,
الطباعة ثلاثية الأبعاد علي النسيج
3D Printing On Fabric,
صناعة الأثاث المحلي
Local Furniture industry

Paper received June 29, 2022, accepted on August 11, 2022, Published 1st of November 2022

المقدمة: Introduction

كان للتقنيات الرقمية واضح الأثر في تتطور فكر المصمم ودفعه لمعرفة واستكشاف كل ما هو جديد. ومن أكثر هذه التقنيات تأثيراً على الفكر الابداعي لدى المصمم هي الطباعة ثلاثية الأبعاد التي حققت ثورة كبيرة في مختلف مجالات الحياة لأنها توفر حلولًا أسرع وأسهل وأقل تكلفة بالإضافة إلى القدرة على تقديم مقترحات متنوعة من التصميمات البسيطة والمعقدة. لقد ارتبطت تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بمجالات متنوعة وحظيت باهتمام الجميع حول العالم كطريقة لتطوير وإنتاج منتجات معقدة قابلة للتطبيق في العديد من الصناعات مثل الفضاء والسيارات والطب والبناء والنحت والأثاث والمنسوجات. ويتم توظيف تلك التقنية إما لتقديم نماذج أولية سريعة لهياكل معقدة أو إنتاج منتج كامل أوعلي شكل أجزاء متعددة وتجمع في وقت لاحق. أو أن تتداخل مع عمليات الإنتاج التقليدية ففي مجال صناعة الأثاث تم توظيف الطباعة ثلاثية الأبعاد في العديد من الأجزاء جنبا إلي جنب مع طرق التصنيع التقليدية، حيث تم استبدال بعض الأجزاء الخشبية في قطع الأثاث بأجزاء مصنوعة باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد كالوصلات ووحدات التجميع المستخدمة لربط أجزاء الأثاث ببعضها، والمفصلات التي تستخدم لتحقيق حركة معينة بقطعة الأثاث حيث تعد المفصلات صعبة في التصنيع وتستغرق وقتًا طويلاً و صناعة ثقيلة. (Antoniu Nicolau et al, 2022, p. 1)

وكلما تطورت تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تمكن مصمم الأثاث من تحقيق أفكار وأليات جديدة وقطع أثاث بدون حدود للشكل أو عدد الوصلات أو اللون أو الحجم (Antoniu Nicolau et al, 2022, p. 1) في العادة يتم إنتاج الأجزاء ثلاثية الأبعاد على أنها واحدة مستقلة علي هيئة قطع كاملة أونماذج منفصلة. ومع تطور تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد عالميا تم استخدام خامات متنوعة (Maryna Gorlachova,Boris Mahltig , 2021, p. 1). ولكن تطبيقات النحت الرقمي باستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد مع مجالات أخرى لازالت محدودة علي مستوي السوق المحلي وتعاني من كثير من المشاكل.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

1- هل يمكن توظيف تقنيات تنفيذ النحت الرقمي في مجال تصميم وتصنيع الأثاث بجمهورية مصر العربية بطرق تلائم إمكانيات ماكينات الطباعة ثلاثية الأبعاد محلية الصنع؟
2- هل استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد علي أقمشة التنجيد الموجودة بالسوق المصري يحسن من خصائص الأقمشة الجمالية والوظيفية على المدى البعيد؟

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

أهداف البحث: Research Objectives

1- دراسة إمكانيات تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد عالميا وتطبيقاتها في مجال صناعة الأثاث.
2- تقديم تصميمات نحت بارز على أقمشة تنجيد الأثاث باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد دون أن يؤثر على وظيفة الأثاث الأساسية.
3- قياس تأثير الطباعة ثلاثية الأبعاد على أقمشة التنجيد وقوة التصاقها بالسطح.

أهمية البحث: Research Significance

1- الربط بين عدد من تخصصات الفنون التطبيقية المختلفة (الأثاث- النحت- النسيج).
2- عرض مزايا الطباعة ثلاثية الأبعاد وتوضيح إمكانية تطبيقها في السوق المحلي بشكل عملي.

فروض البحث: Research Hypothesis

1- إن توظيف النحت الرقمي في مجال تصنيع الأثاث يساعد في الحصول على قطع أثاث مبتكرة تحمل طابع شخصي خاص ومميز.
2- يمكن تنفيذ تصميمات من النحت البارز على أقمشة تنجيد الأثاث باستخدام تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد.
3- تختلف درجة التصاق التصميم المطبوع بالطابعة ثلاثية الأبعاد على أقمشة التنجيد وفقا لنوع الأقمشة في ظل ظروف قياسية موحدة لخصائص ماكينة الطباعة وخامة البلاستيك المستخدمة.
4- إن تطبيق تصميمات من النحت البارز الرقمي على أقمشة التنجيد باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يؤثر على خصائص أقمشة التنجيد الوظيفية.

منهج البحث: Research Methodology

يتبع البحث المنهج الوصفي في تغطية الجانب النظري، والمنهج التطبيقي متمثلاً في الجانب التطبيقي للبحث.

حدود البحث: Research Delimitations

الحدود الزمنية: تم البحث واجراء الاختبارات في الفترة الزمنية من 2021-2022.

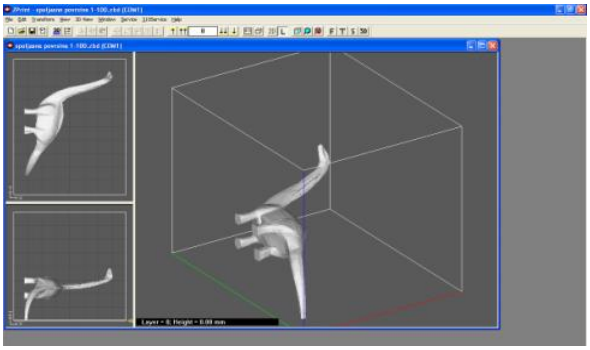
أدوات البحث: Research Tools

طابعة ثلاثية الأبعاد - أجهزة اختبارات النسيج

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- النحت الرقمي بين العالم الافتراضي والواقع المادي:

النحت الرقمي هو شكل جديد من أشكال التعبير في فن النحت المعاصر للقرن العشرين ويطلق هذا المصطلح على الأعمال الفنية التي تم إنشاؤها باستخدام التكنولوجيا الرقمية. اعتمادًا على تطبيق التقنيات أو البرامج أو الأجهزة المختلفة، غيرت التكنولوجيا الرقمية مفهوم النحت فتجاوز النحت الرقمي حدود التصنيع التقليدية، وخلقت ممارسات فنية جديدة. (Sargentis, Fivos, 2022, p. 1) فالنحت الرقمي سمح للنحات المعاصر بتصميم وبناء أشكال نحتية معقدة سهلت له التفرد الجمالي، فمن خلال برنامج النحت الرقمي، يصمم النحات نماذج ثلاثية الأبعاد صورة (1) ومن ثم يستطيع أيضاً تنفيذ عمله باستخدام الطباعة الثلاثية الأبعاد صورة (2) ، فالطباعة ثلاثية الأبعاد سهلت الانتقال من العالم الافتراضي إلى العالم المادي فهناك العديد من القيود والمشاكل الصعبة في الطريقة التقليدية لتنفيذ العمل النحتي. (Shi1, 2021, p. 3) يمكن أن تساعد تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد في حل هذه المشاكل التي لا يمكن تحقيقها بالطريقة التقليدية، كما يمكنها أن تصنع نمذجة صلبة بشكل مباشر باستخدام المواد المتاحة الوقت الحالي، وبالتالي حذف الإجراء الأول المتمثل في عمل القالب.



صورة (1) نموذج جاهز للطباعة باستخدام برنامج ZPrint

المصدر (Nenad Grujović, 2011, p. 4)

صورة (2) النموذج بعد طباعته بالطباعة ثلاثية الأبعاد

المصدر (Nenad Grujović, 2011, p. 4)

1-1-دورالطباعه ثلاثية الأبعاد في تيسير عملية التصميم:

تعد الطباعة ثلاثية الأبعاد مصطلحاً لتعريف التكنولوجيا المطبقة على النماذج الأولية السريعة أو التصنيع السريع لمنتجات ثلاثية الأبعاد مباشرة من خلال ملفات التصميم الرقمي على الكمبيوتر (RaziehHashemi Sanatgar, 2017, p. 552) تعتمد الطابعة ثلاثية الأبعاد في عملها على مبدأ بناء الأشياء عن طريق إضافة طبقة تلو الأخرى من المادة المستخدمة في الطباعة وربطها بطرق مختلفة اعتماداً على نوع المواد المستخدمة في طباعة المنتج ووفقاً لبيانات التصميم المرسلة إلى الطابعة. (Leonie partsch, 2015, p. 1)

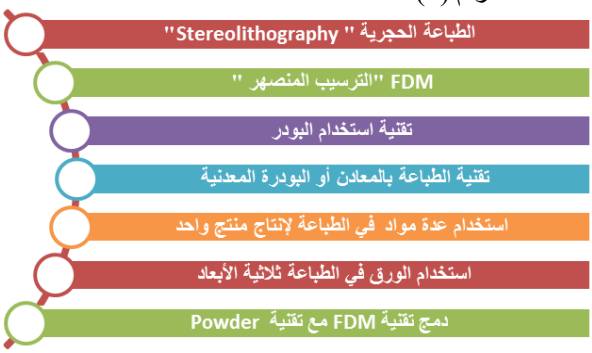
تعمل الطباعة ثلاثية الأبعاد على تسريع عملية التصميم والنماذج الأولية بشكل كبير، فلا توجد مشكلة في إنشاء جزء واحد من أجزاء التصميم أو تغييره في كل مرة يتم إنتاجه، كما يمكن إنتاج الأجزاء في غضون ساعات، وتعمل أيضاً على تقليص دورة التصميم إلى أيام أو أسابيع مقارنة بطرق التنفيذ التقليدية، ونظرًا لانخفاض سعر الطابعات ثلاثية الأبعاد، أصبحت بعض الطابعات ثلاثية الأبعاد الآن في متناول المستهلك العادي أو الشركة الصغيرة.

2-1 أثر تطور تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد على تطبيقات الصناعة:

أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد والرقمنة أساساً لعصر التصنيع الرقمي والانتاج الذكي من التصميم، فالطباعة ثلاثية الأبعاد هي بزوغ لثورة صناعية قادمة لفتت أنظار الكثير حول العالم سواء من الباحثين أو الصناع أو متخذي القرار. بدأ الاهتمام بها منذ بداية عام2010م، لكن الظهور الأول لهذه التقنية كان في الثمانيات وهي طريقة تصنيع تعرف بإسم " التصنيع بالاضافة ". تقنية الطباعة الثلاثية الأبعاد تستخدم لبناء العناصر المادية المجسمة من الصفر عن طريق الإضافة (Utkarsh Chadha et.al, 2022, p. 1) تم تطوير التقنية في عام 1983م من قبل المخترع الأمريكي تشاك هاك Chuck Hull وتسمى الطباعة الحجرية stereolithgraphy وتتم عملية الطباعة بتوجيه الليزر على الراتنج ومن ثم تبدأ عملية التجميد لهذا السائل فينتج منه نموذج ثلاثي الابعاد بوضع طبقة تلو الاخرى وكانت هذه أول طابعة سجلت وحصلت على أول براءة اختراع لجهاز المجسمات (Vinod G. Gokhare, 2017, p. 2), ثم جاء بعده سكوت كرامب Scott Crump عام 1988م اخترع أسهل أنواع الطباعة والمعروفة لدى الكثير من الناس والأوسع انتشاراً وهى الترسيب المنصهر FDM ويتم من خلالها ترسيب للبلاستيك المنصهر من خلال الفوهة nozell طبقة تلو الـأخرى حتى اكتمال الشكل المطلوب.

وفي عام 1993م جاءت تقنية استخدام البودر شبيه خامة الجبس تعمل بنفس الطريقة طبقة تلو الأخرى حتى اكتمال المجسم. (A. Savini, 2015, p. 3) أما أول تقنيات الطباعة بالمعادن أو البودرة المعدنية كانت بدايتها في عام 1996م وهي عبارة عن تسليط الليزر على البودرة المعدنية سواء تيتانيوم أو استانلس ستيل. بدأت شركة Stratasys الأمريكية عام 2007م تطور التقنية عن طريق استخدام عدة مواد في الطباعة لإنتاج منتج واحد ويطلق على هذه التقنية polyjet Technology، على سبيل المثال: إذا أردت طباعة علبة تحتوي على عدة مواد جزء رخو والباقي صلب فيمكن طباعه هذه العلبة كاملة بكل المواد التي تحتويها في مرة واحدة.

وفي عام 2013م تم استخدام الورق في الطباعة ثلاثية الأبعاد وتتم الطباعة بنفس الطريقة المعتادة طبقة تلو الأخرى لحين اكتمال الشكل.أما في عام 2014م تم دمج تقنية FDM مع تقنية Powder وتستخدم هذه الطريقة في الأعمال الطبية و هندسة الأنسجة. (Paul, Gordon M., 2018, p. 1) ومازالت التقنية في تطور دائم حتى وقتنا هذا لتلبي احتياجات العصر وتطور التطبيقات واحتياج سوق العمل، شكل رقم (1).



شكل (1) يوضح تطور التقنية، المصدر"الباحث"

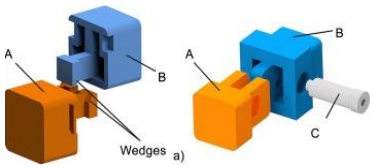
2- تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال تصنيع الأثاث محلياً وعالمياً:

أحدثت تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد تغيير جذري في مجال تصنيع الأثاث عالميا صورة (3) مقعد مصنع من أجزاء بلاستيك معاد تدويرها (David Scaradozzi et al, 2019, p. 98)، ويُعد كرسي "Endless Pulse Chair" الذي صممه المصمم ديرك فاندر Dirk Vander Kooij مثالاً جيدًا على إمكانيات وقدرات الطباعة ثلاثية الأبعاد وهو تصميم متين وقوي وخفيف الوزن (Shuguang Yang,Peng Du, 2022, p. 3). وفي إيطاليا تقوم ثلث شركات الأثاث الخشبي بالتعامل مع تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد خلال مراحل وعمليات تصنيع الأثاث المختلفة (Vikas Kumar et al, 2022, p. 260). ونظرا لسهولة الحصول علي أشكال معقدة خلال الطباعة ثلاثية الأبعاد وسهولة التعديل علي الأشكال الناتجة بدقة ومرونة تم توظيف تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد باستخدام خامة (ABS أكريلونيتريل بوتادين ستيرين) لتصنيع مفصلات ووحدات تجميع الأثاث (Marcin Podskarbi, Jerzy Smardzewski, 2019, p. 222) صورة (4)؛ لينتج عنها تنوع كبير في أساليب تجميع الألواح الخشبية معا، ويساهم أيضا في الحصول على أشكال وصلات جديدة ومختلفة لكل قطعة أثاث صورة (5). ولا تتوقف اسهامات الطباعة ثلاثية الأبعاد في مجال تصنيع الأثاث علي طباعة قطعة أثاث كاملة أو أجزاء من قطع منفصلة ويتم تجمعيها معا فقط، ولكن يمكن أيضا الطباعة باستخدام خامة (PLA عديد حمض اللبنيك) على سطح الأخشاب ولكن لتحقيق نتائج أفضل في التصاق التصميم المطبوع علي السطح الخشبي لابد من إعداد السطح وطلاءه بطبقة باستخدام (خلات البولي فينيل PVAC) كطبقة أولية للسطح الخشبي قبل الطباعة عليه، وتتم الطباعة في تلك الحالة بتقنية (FDM الترسيب المنصهر) بدرجة حرارة C°220 (Daša Krapež Tomec et al, 2022, p. 1787).

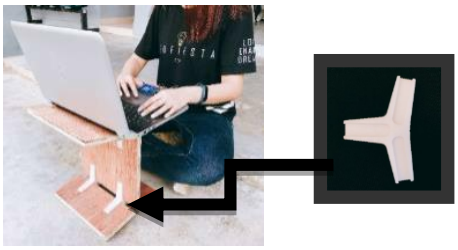
وتعد الطباعة ثلاثية الأبعاد "الترسيب المنصهر FDM" الأكثر انتشاراً عالمياً نظراً لأنها بسيطة نسبيًا وتسمح بالتعامل مع أنواع مختلفة من اللدائن (Daša Krapež Tomec et al, 2022, p. 1787). إلا أن قابلية تطبيقها في مجال الأثاث لا يزال محدوداً ومعتمد على إنتاج أجزاء صغيرة من المنتج ويقوم المستهلك بتجميعها لقطع أثاث مختلفة (Mirko Kariž et.al, 2021, p. 1) ونظراً لأن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تتطلب إمكانات خاصة تتوفر أكثر في البلدان المتقدمة، فقد تحتم على المجتمع المحلي إجراء دراسات مكثفة للتغلب على بعض المشكلات التي قد تحدث أثناء تصنيع الأثاث أو تجميعه باستخدام تلك التقنية فيظهر في صورة (6) أحد عيوب وصلات تجميع الأثاث التي لم تتحمل قوي الضغط عليها. ولابد أن تركز الدراسات على إمكانيات توظيف تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد بطرق أخرى أكثر كفاءة للاستخدام وتتوافق مع إمكانيات السوق المتاحة.

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

صورة (3) مقعد مصنع بتقنية الطباعة 3D
(David Scaradozzi et al, 2019, p. 99)



صورة (4) نماذج لوصلات مصنعة بتقنية الطباعة 3D المصدر: (Marcin Podskarbi, Jerzy Smardzewski, 2019, p. 222)



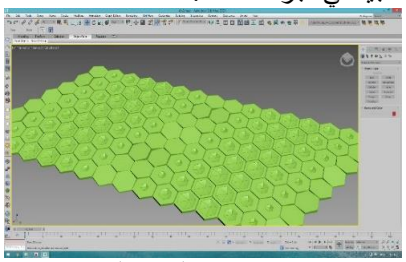
صورة (5) حامل لابتوب مجمع بأجزاء مطبوعة 3D
(A F Aiman et.al, 2020, p. 8)

صورة (6) إختباروصلات مصنعة بتقنية الطباعة 3D ويوضح الضعف وعدم تحمل قوي الضغط في الإتجاه القطري
(Antoniu Nicolau et al, 2022, 2)

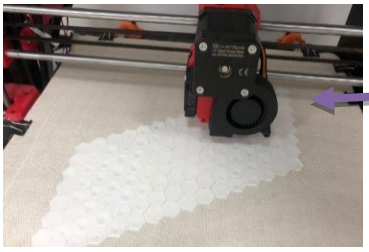
2-1- تطبيقات الطباعة ثلاثية الأبعاد على الأقمشة:

تم التفكير في تطبيق الطباعة ثلاثية الأبعاد بطريقة (الترسيب المنصهر FDM) على الأقمشة ومن خلال ذلك الدمج تم الحصول على هياكل مركبة وأشكال مبتكرة من الأقمشة ويطلق عليها الأنسجة الهجينة وتعددت استخداماتها خاصة في مجال صناعة الملابس. (Jihye Deborah Kang ,Sungmin Kim, 2022, p. 269). وحققت الطباعة ثلاثية الأبعاد بالترسيب المنصهر للبوليمر على الأقمشة إضافة جيدة لأسطح النسيج التي يتم إضافتها لها.لذا تم التفكير في الاستفادة منها لتطوير بعض الخصائص الشكلية والوظيفية للأثاث من خلال الطباعة علي سطح أقمشة التنجيد في أجزاء محددة.

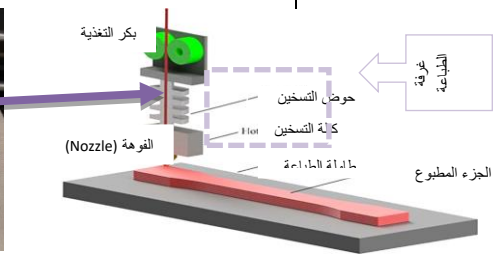
في البداية يتم عمل نمذجة للشكل المراد طباعته، ثم يتم حفظه بامتداد stl صورة (7) ليتم الطباعة علي سطح , (Rajeev Ranjan et.al 2022, p. 43) أقمشة التنجيد شكل (2)، وصورة (8) تقوم الطابعة ثلاثية الأبعاد بمعالجة بوليمرات البلاستيك الحراري في شكل خيوط عن طريق صهرها وبثقها عبر فوهة إلى مكان الطباعة، ويتم من خلال أليات عالية الدقة واجراءات يتم التحكم فيها من جهاز الكمبيوتر ثم طباعة المقطع العرضي المسطح للنموذج على طاولة الطباعة لتكون الطبقات واحدة تلو الأخرى ويتم الاحتفاظ بغرفة الطباعة في درجة حرارة مرتفعة ثابت لزيادة الالتصاق بين الشرائح . (Eujin Pei et.al, 2015, p. 557)



صورة (7) تصميم من النحت البارز محفوظ بامتداد stl
المصدر: الباحث



صورة (8) الطباعة تصميم من النحت البارزالسابق علي سطح أحد أنواع أقمشة التنجيد
المصدر: الباحث



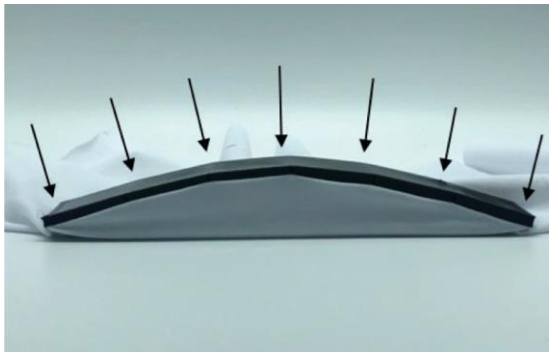
شكل (2) مخطط يوضح مسار البولمير داخل الطابعة ثلاثية الأبعاد
المصدر: (Satyanarayana Poornaganti et.al, 2022, p. 3837)

2-2-مقترحات لدمج الطباعة ثلاثية لتطوير الأثاث المحلي:

تتيح الطباعة ثلاثية الأبعاد على سطح أقمشة التنجيد مميزات عدة منها حماية الأسطح وجعلها أكثر قوة (Gozde Goncu-Berk et al, 2022, p. 173) فالطباعة تؤدي إلي ترسب طبقة البلاستيك علي أقمشة التنجيد يمكن بذلك إضافتها للأجزاء التي تكون عرضة للاحتكاك أكثر في الأثاث المنجد كمقدمة الجلسة في المقاعد أو الأجزاء التي تغطي المخدع صورة (9). كما تحسن من خصائص أقمشة التنجيد وجعلها مقاومة للسوائل. بالإضافة إلي القيمة الجمالية التي يمكن إضافتها إلي سطح أقمشة التنجيد فقد تنكمش أقمشة التنجيد أو تتمدد نتيجة للحرارة العالية الناتجة من طباعة اللدائن علي السطح مما يخلق أشكال غير منتظمة وقيم جمالية غير تكرارية لسطح أقمشة التنجيد صورة (10)، ، بالإضافة إلي تصميم زخارف من النحت البارز صورة (11) التي يتم إضافتها غلي سطح أقمشة التنجيد بأشكال كثيرة ومتنوعة ويتيح للمصمم عمل تصميمات أكثر تعقيدا وخاصة للعميل في أقل وقت وجهد وتكلفة . ويمكن أيضا توظيف الطباعة ثلاثية الأبعاد بطريقة (الترسيب المنصهر FDM) بخامة اللدائن المرنة ودمجها مع الأخشاب في الأجزاء الحادة كنهاية المناضد ومقدمة الجلسة في المقاعد الخشبية صورة (12) وأجزاء من أرجل الخشبية لمنع احتكاكها بالأرضيات صورة (13) كما يمكن استغلال المرونة والمطاطية الموجودة ببعض خامات الطباعة ثلاثية الأبعاد لعمل وصلات بسيطة باستغلال سهولة الثني لتلك اللدائن صورة (14).

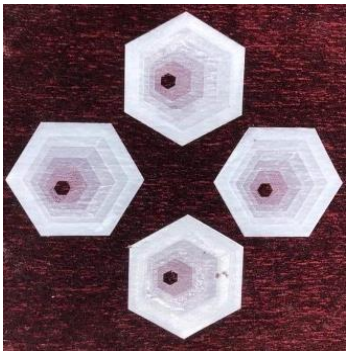
صورة (9) أحد أجزاء مقعد تعرض للتمزق بفعل الإحتكاك

المصدر: (الباحث)



صورة (10) انحناء وانكماش سطح النسيج بعد الطباعة بالترسيب المنصهر للبولمير

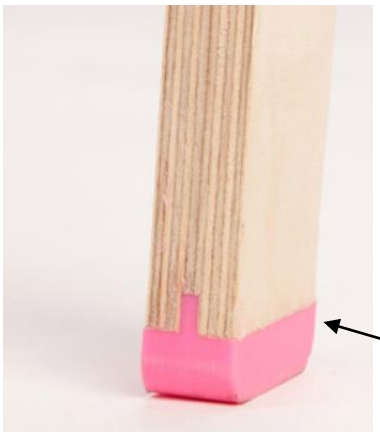
(Jihye Deborah Kang ,Sungmin Kim, 2022, p. 262)



صورة (11) تطبيق طباعة ثلاثية الأبعاد بالترسيب لوحدة زخرفية علي أحد أقمشة التنجيد .. المصدر (الباحث)

صورة (12) مقعد خشبي تم دمج الأجزاء الخشبية مع أجزاء من البلاستيك في مقدمة الجلسة وكعوب الأرجل وأجناب المقعد

(kuchik, 2010)



صورة (13) تفصلية بأرجل المقعد توضح دمج الأجزاء الخشبية مع أجزاء من البلاستيك

(kuchik, 2010)

صورة (14) إمكانية ثني البلاستيك المطاطية بعد دمجها مع الأخشاب

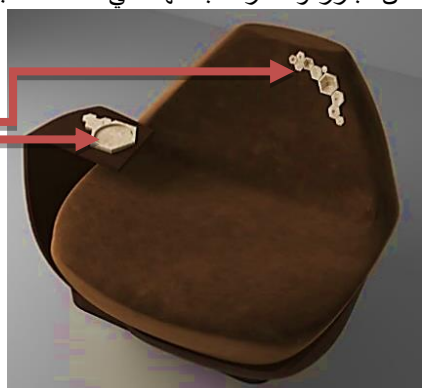
(kuchik, 2010)

ثانياً: الإطار التطبيقي:

1.2 مرحلة وضع التصميم:

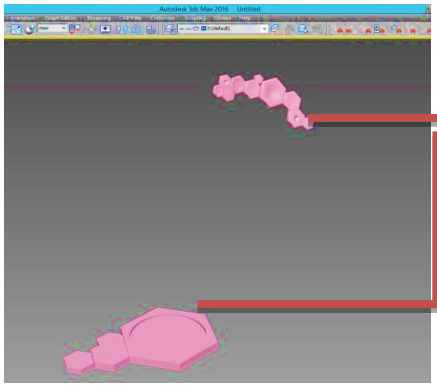
1- تصميم المقعد: تم عمل مقترح تصميمي لمقعد أبعاده 87.2×141.3سم كما هو موضح في صورة(15) ببرنامج 3D MAX وتم اقتراح درجات لونية مختلفة للتصميم وكذلك ملامس مختلفة لأقمشة التنجيد .

2- تصميم الزخارف : تم أيضاً تصميم وحدة زخرفية من النحت البارز تتوافق مع الهيئة الشكلية الكلية للمقعد وتكون من طبقات دقيقة لها مستويات من البارز والغائر لطباعتها علي أقمشة التنجيد وكذلك المسند المسطح المرتبط بالمقعد ببرنامج 3D MAXصورة (16) وكان الغرض من التصميم تحقيق التوافق بين تصميم المقعد وعناصر النحت الموجودة ببعض أجزاءه وتم حفظ الملف بإمتداد STL. ومن المقترح طباعة الوحدة الزخرفية مباشرة علي سطح أقمشة التنجيد، أما الزخارف الموجودة علي المسند فيتم طباعتها بشكل منفصل ثم إعداد السطح الخشبي وطلاءه بطبقة باستخدام (خلات البولي فينيل PVAC) ليتم لصقها على السطح لتستخدم كمكان مخصص لوضع الأكواب.



صورة (15) تصميم المقعد المقترح وأماكن الزخارف المضافة

المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax

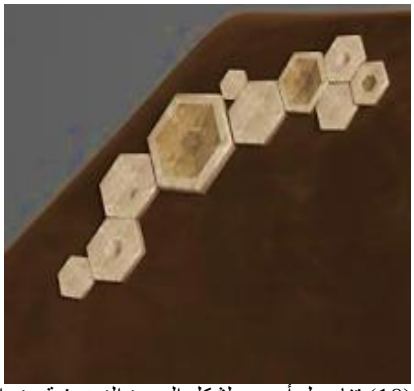


صورة (16) تصميم الموتيفة على برنامج 3DMAX بعد حفظه بامتداد stl.

المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax

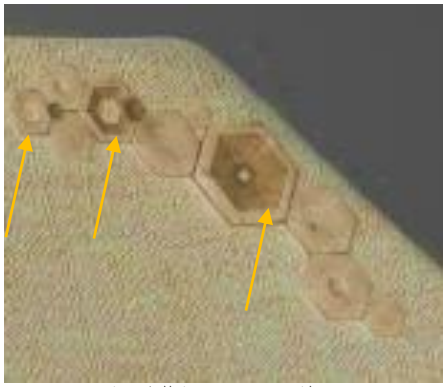
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

صورة (17) توضح التفاصيل الأمامية للمقعد وكيفية الترابط الشكلي بين المقعد والزخارف.
المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax



صورة (18) تفاصيل أوضح لشكل الوحدة الزخرفية عند الطباعة علي قماش من تريكو بوبرة.
المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax

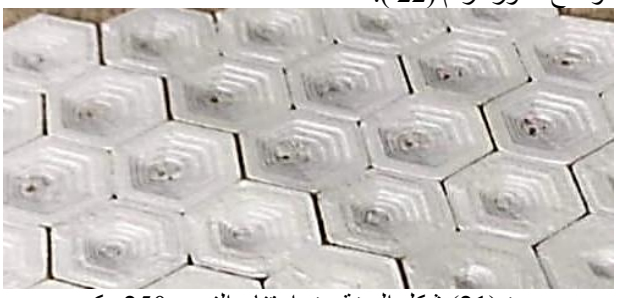
صورة (19) توضح إمكانية التعديل علي التصميم وتغير اللون أو الحجم بسهولة ومرونة
المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax



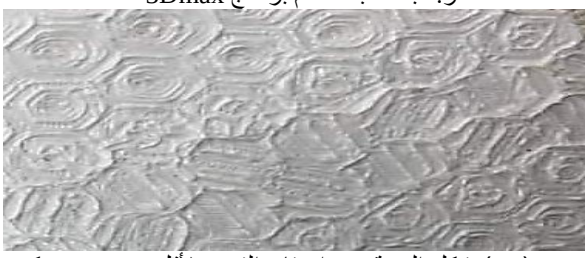
صورة (20) تفصيلة توضح تجربة للطباعة عن تغيير سمك التصميم ولون اللدائن وجعل أجزاء القماش تظهر في مساحات داخل الوحدة الزخرفية
المصدر: الباحث باستخدام برنامج 3Dmax

2-2 مرحلة طباعة التصميم على أقمشة التنجيد:

تم تطبيق الدمج بين تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد بالترسيب المنصهر وأقمشة تنجيد مختلفة وتعتمد جودة الالتصاق بين اللدائن المطبوعة والأقمشة بشكل عام على حجم الفوهة، وسرعة التغذية باللدائن، ودقة مكونات الطابعة، ودرجة تعقيد التصميم (Byoungho Ellie Jin, Elena Cedrola, 2022, p. 61) تمت طباعة عينات التصميم الأولية والنهائية بماكينة طباعة ثلاثية الابعاد تجميع محلى متوفرة تجارياً لدى شركة "EBBAMS"، وتم طباعة عدد من العينات بإعدادات ضبط مختلفة للحصول على نتيجة مرضية ، ومن ضمن هذه الإعدادات إذا كان ارتفاع الفوهه nozzle أكثر من 250 ميكرون نحصل على عينة خالية من الشوائب تماماً واضحة الطبقات لكنها لا تلتصق بالقماش كما هو موضح في صورة (21)، وإذا كان ارتفاع الفوهه nozzle أقل من 200 ميكرون نحصل على عينة شديدة الالتصاق بجميع انواع الأقمشة التي تم اختيارها لإجراء التجارب عليها لكنها غير منتظمة الطبقات كثيرة العيوب كما هو موضح صورة رقم (22).



صورة (21) شكل العينة عند ارتفاع الفوهه 250ميكرون
المصدر الباحث



صورة (22) شكل العينة عند ارتفاع الفوهه لأقل من 200 ميكرون
المصدر الباحث

نوع و خصائص اللدائن "Filament" المستخدمة:

في أثناء اجراء التجارب لطباعة التصميم المقترح تم استخدام نوع لدائن esun المسمى العلمي له (البولي إيثيلين تيريفثالات PETG) (A F Aiman et.al, 2020, p. 2) يتم بثق الفيلمينت في درجة حرارة تتراوح بين 230-250درجة مئوية, ودرجة حرارة القاعدة التي يتم وضع القماش عليها تتراوح بين 80:90° مئوية ،وسرعة الطباعة 30مم/ث.

ميزات اللدائن المستخدمة في التطبيق:

- يعتبر PETG مادة ممتازة تجمع بين مزايا كل من PLA وABS. عديم الرائحة، ومعدل الانكماش ضئيل بالمقارنة مع الأنواع الأخرى، عدم نفاذيته للماء.
- يمتاز بالقوة والمتانة والمرونة مع امكانية الحصول على منتج نهائي لا يحتاج إلى تشطيب. (Prusa, 2021)

إلى أن توصلنا للإعدادات المدرجة في الجدول (1)

إعدادات الضبط	القيمة

قطر الفوهه Nozzel	0.4m
ارتفاع الفوهه Nozell	200 micron
سمك الطبقة الواحده	0.2mm
عدد الطبقات	5 طبقات
سرعة الطباعة	25 mm/sec
زاوية الطباعة	90° C
درجة حرارة الفوهةNozell	230° C
درجة حرارة القاعدة build plate	60° C

3-2 مواصفات الأقمشة المستخدمة فى البحث محل الدراسة

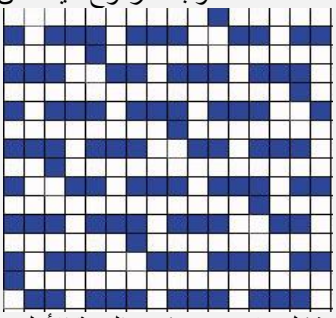
تم استخدام نوعين من الأقمشة المستخدمة فى أقمشة التنجيد.

2-3-1 النوع الأول من القماش : أقمشة تنجيد الشانيليا :

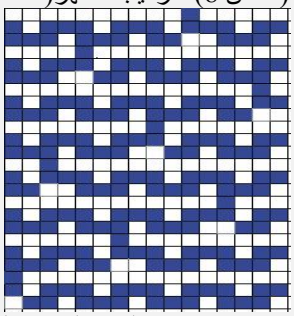
تم انتاج عينات أقمشة تنجيد الشانيليا على ماكينة جاكارد الكترونى (قوة الجاكارد 5120 شنكل) وعرض الماكينة (190 سم) ومشط النسيج المستخدم 11 باب/ سم بتطريح 6 فتله /باب.

جدول (2) مواصفة أقمشة تنجيد الشانيليا

الخامات ونمر الخيوط	السداء	بولى استر/ 150 دنير
	اللحمة	قطن : 1/16قطن غزل حلقى
		بولى استر شعيرات: 300 دنير
		شانيليا بولى استر ميكروفلات 4.5 مترى
العدة المستخدمه	السداء	66 فتلة /سم
	اللحمة	24لحمة /سم
	ترتيب اللحمات	العينة الأولى 1 لحمة بولى استر : 1 لحمة شانيليا العينة الثانية 2 لحمة بولى استر : 1 لحمة شانيليا العينة الثالثة 2 لحمة قطن : 1 لحمة شانيليا
التركيب النسجى المستخدم	أسلوب المزدوج حيث كان تركيب الوجه (أطلس 8)، تركيب الظهر(سادة 1/1)	



شكل رقم (3) تركيب العينة الأولى



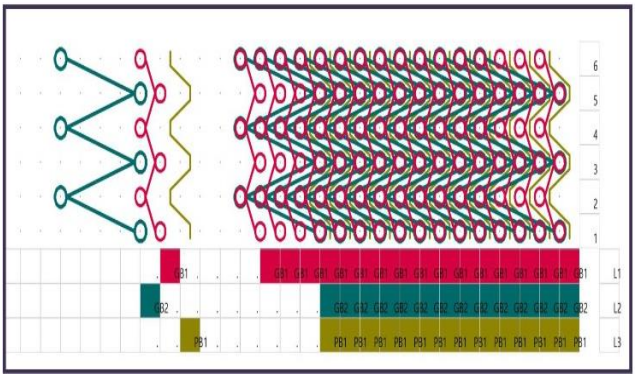
شكل رقم (4) تركيب العينة الثانية والثالثة

2-3-2 النوع الثانى من القماش: قماش تنجيد وبرة تريكو سداء:

تم إنتاج عينة أقمشة تنجيد التريكو على ماكينة تريكو وبرة سداء جوج 28 وعدد قضبان التغذية 2groud par +1pile bar.

جدول (3) قماش تنجيد وبرة تريكو سداء

الخامات (الارضية – الوبرة)	نمرالخيوط (الارضية – الوبرة)	عدد الغرز / سم	ارتفاع الوبرة/ملى	عدد التكرارات الرأسية	عدد التكرارات الأفقية
بولى استر فلات	450 دنير	30	3	3	1

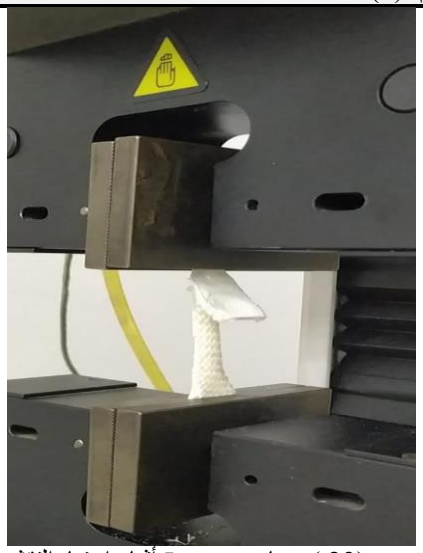


شكل (5) التركيب البنائى المستخدم للعينة الرابعة

4-3 الاختبارات المعملية التى تمت على العينات المنفذة:

1- اختبار قوة تقشير طبقة الطباعة Peal adhesion test

يستخدم جهاز Instron صورة (23) لاجراء اختبار (التقشير) peel adhesion test لتحديد القوة المطلوبة لفك ارتباط مكونين مرتبطين بواسطة مادة لاصقة (القماش والطباعة الثلاثية الأبعاد) وذلك طبقا Peel Adhesion Test –180° Peel Test



صورة (23) جهاز Instron أثناء اختبار التقشير

2- اختبار حمل القطع للنسيج Max Load (kgf): تم استخدام جهاز Instron لاجراء اختبار حمل القطع أى القوة اللازمة لقطع العينة قبل وبعد الطباعة (3d) وذلك طبقا للمواصفة القياسية ASTM D5035-11

3- اختبار وزن المتر مربع (g/m2): تم استخدام جهاز for digits digital balance لاجراء اختبار وزن المتر مربع قبل وبعد الطباعة الثلاثية الأبعاد وذلك طبقا للمواصفة القياسية ASTM D-3776.

4- **اختبار السمك (mm):** تم استخدام جهاز J 100 Tasterform لإجراء اختبار السمك قبل وبعد الطباعة ثلاثية الأبعاد وذلك طبقا للمواصفة القياسية ASTM-D1777.

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

خامساً: النتائج والمناقشة:

جدول (4) نتائج الاختبارات المعملية التى تمت على العينات المنفذة

العينة	وزن المتر مربع Weight (g/m^2)		السمك Thickness (mm)		قوة التقشير Peel force (kgf)		حمل القطع Max load (kgf)				الاستطالة فى اتجاه اللحمة Elongation (%)			
							السداء		اللحمة		السداء		اللحمة	
	قبل الطباعة	بعد الطباعة	قبل الطباعة	بعد الطباعة	السداء	اللحمة	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
1- قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (1 لحمة بولى استر: 1 لحمة شانيليا)	453.5	1320.1	2.35	2.75	0.8076	1.5	81.65	84.52	42	45.77	22.19	27.14	16.9	20
2- قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة بولى استر: 1 لحمة شانيليا)	423.15	1202.6	2.2	2.67	0.7925	1.016	78.43	82.32	46.1	52	24.29	28	18.43	22
3- قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن : 1 لحمة شانيليا)	458.96	1345.6	2.8	3.09	2.31	3.238	82.06	85.1	66	62.02	26	29.2	16.57	18.6
4- قماش تنجيد وبرة تريكو سداء	301.7	1146.3	2.45	2.76	1.16	1.4	25.56	33.58	17.08	19.02	77.14	82.86	76.43	87.86

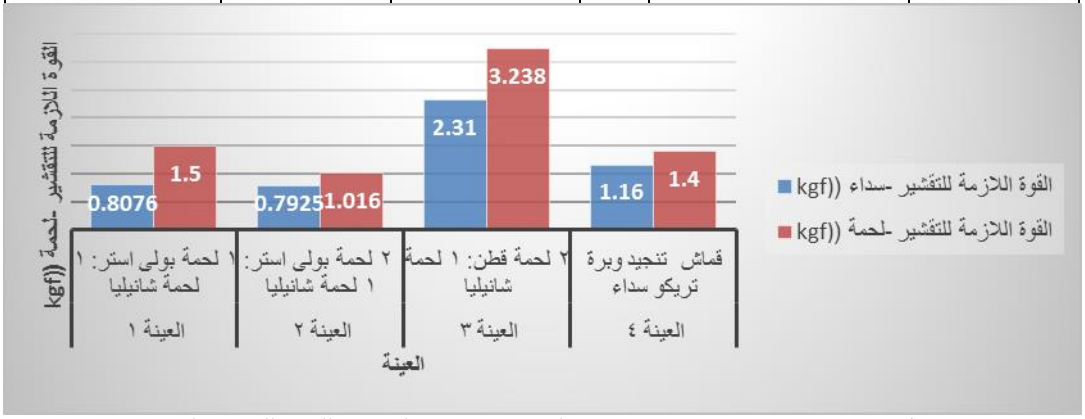
التحليل الإحصائي:

تم إجراء تحليل التباين ثنائى الاتجاه (ANOVA-2way) لمعرفة معنوية تأثير كل من 1- نوع العينة 2- الطباعة ثلاثية الأبعاد على الخواص المقاسة.

1- قوة التقشير Peel force (kgf):

جدول (5) تحليل التباين (Anova test) بين العينات البحثية لخاصية قوة التقشير

مصدر الاختلاف	مجموع المربعات SS	Df	متوسط المربعات (MS)	F	مستوى الدلالة P-value
نوع العينة	4.286219	3	1.42874	23.64848	0.01370269
اتجاه الطباعة	0.54283	1	0.54283	8.984914	0.0577846



شكل (6) متوسطات قياسات خاصية قوة التقشير فى اتجاه السداء واللحمة للعينات البحثية

يتضح من الجدول (5) والشكل (6) ما يلى:

يوجد تأثير معنوى لنوع العينات على خاصية قوة التقشير عند مستوى دلالة [P-value0.01370269] وذلك لصالح العينة رقم (3) (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن: 1 لحمة شانيليا) حيث جاءت بمتوسط (2.31 kgf) فى اتجاه السداء وبمتوسط (3.238 kgf) فى اتجاه اللحمة يليها العينة رقم (4) (قماش تنجيد وبرة تريكو سداء) يليها العينة رقم (1) (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (1لحمة بولى استر : 1 لحمة شانيليا) يليها العينة رقم (2) (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2لحمة بولى استر: 1 لحمة شانيليا) وقد يرجع ذلك إلى أن:

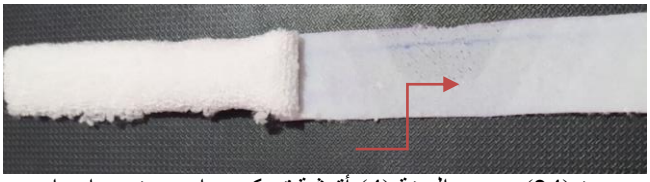
1- العينة رقم (1) تحتوى على لحمات من القطن (1/16)غزل حلقى والذى يتميز بالتشعير على سطح المنسوج مما يعطى تماسك أقوى لطبقة الطباعة مع سطح المنسوج أى تعمل على تعزيز تكوين شكل متصل (formation of form-locking connections) بالإضافة إلى الطبيعة الهيدروفيلية للقطن والتى تعزز التصاق طبقة الطباعة بها.
2- العينة رقم (4) قماش تنجيد وبرة تريكو سداء والذى يتميز بالمسامية العالية والتى تعزز التصاق طبقة الطباعة بها وتكوين شكل متصل.
3- العينة رقم (3) والعينة رقم (4) أكثر سمكا حيث يبلغ متوسط سمك العينة رقم (3) (2.8mm) وسمك العينة رقم (4) (mm2.45) مع انخفاض المسافة (ارتفاع الفوهة µ200) يتم ضغط القماش بواسطة رأس الطباعة أثناء تطبيق الطبقة

الأولى للطباعة من خلال هذا الضغط ، يتم تغذية بوليمر PETG مباشرة في بنية النسيج.

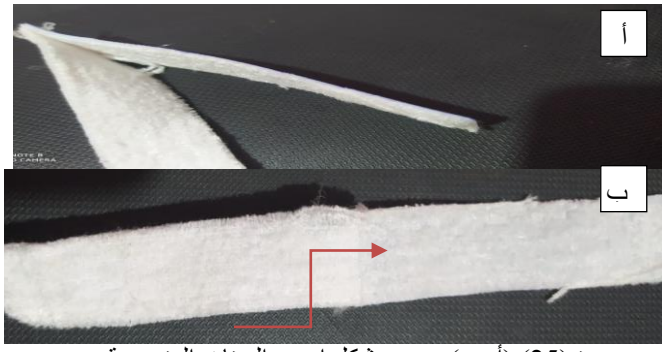
4- أما بالنسة للعينة رقم (1) والعينة رقم (2) فقد سجلوا أقل قوة التصاق ويرجع ذلك لاحتوائهم على لحمات البولى استر والتى تتميز بالسطح الأملس الناعم والذي يقلل قوة التصاق طبقة الطباعة على سطح القماش وقد سجلت العينة رقم (1) قوة التصاق اعلي من العينة رقم (2) نظرا لاحتواها على نسبة أقل لخيوط البولى استر.

ليس هناك تأثير معنوى لاتجاه الطباعة على خاصية قوة التقشير فى اتجاهى السداء واللحمة للعينات البحثية حيث بلغت قيمة (P-value 0.0577846) وهى قيمة أعلى من (0.05) أى ليست ذات دلالة إحصائية.

وقد اتضح أثناء تقشير الطباعة ثلاثية الأبعاد ازالتها بالكامل دون حدوث ازالة للسطح الوبرى أو تلف للعينة رقم (4) قماش تنجيد وبرة تريكو سداء على عكس العينات الأخري المنسوجه ويرجع ذلك إلى الطبيعة البنائية لأقمشة التريكو الوبرية والتى يكون فيها السطح الخارجى الوبرى ناتج عن العراوى المنتظمة صورة (24) أما بالنسبة لعينات الشانيليا فنظرا لسهوله خروج الوبرة من خيط الشانيليا والتصاقه بطبقة الطباعة مما يؤدى الى انتزاع سطح الوبره مع طبقة الطباعة اثناء اجراء اختبار التقشير كما هو موضح بالصورة (25 أ، ب)



صورة (24) يوضح العينة (4) أقمشة تريكو سداء وبرة بعد اجراء اختبار قوة التقشير عليها والسهم يوضح خلو طبقة الطباعة من أى وبرة

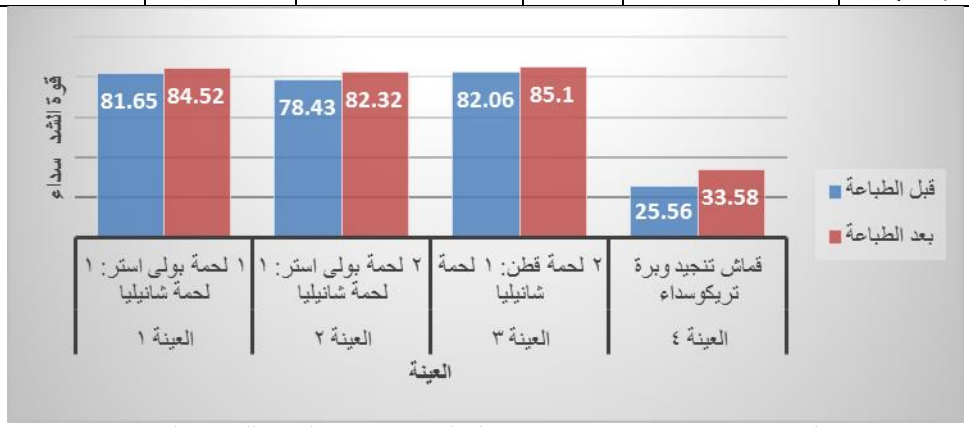


صورة (25) (أ، ب) يوضح شكل احدى العينات المنسوجة بعد اجراء اختبار قوة التقشير والسهم يوضح انتزاع وبرة الشانيليا مع الطبقة اللاصقة

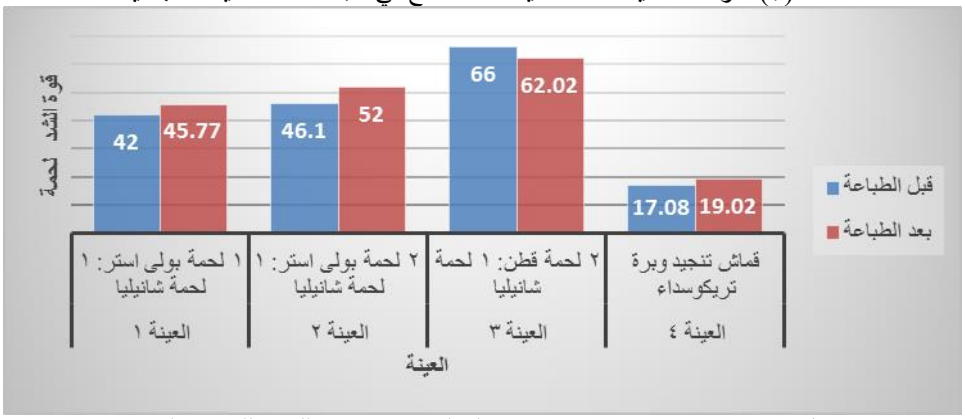
2- حمل القطع (Max load kgf) للعينات البحثية:

جدول (6) تحليل التباين (Anova test) بين العينات البحثية لخاصية حمل القطع (max load/ kgf)

مصدر الاختلاف	مجموع المربعات SS	df	متوسط المربعات (MS)	F	مستوى الدلالة P-value
اتجاه السداء					
نوع العينة	4189.972	3	1396.657	477.683	0.000162
الطباعة ثلاثية الأبعاد	39.69405	1	39.69405	13.57611	0.03464681
اتجاه اللحمة					
نوع العينة	2196.264	3	732.0881	79.69683	0.002333
الطباعة ثلاثية الأبعاد	7.430513	1	7.430513	0.808903	0.434729



شكل (7) متوسطات قياسات خاصية حمل القطع في اتجاه السداء للعينات البحثية



شكل (8) متوسطات قياسات خاصية حمل القطع في اتجاه اللحمة للعينات البحثية

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

يتضح من الجدول (6) والشكل (7)، (8):

1- يوجد تأثير معنوى لنوع العينات على خاصية حمل القطع في اتجاه السداء واللحمة عند مستوى دلالة [P- 0.000162] value (P-value 0.002333) على الترتيب لصالح العينة رقم (3) (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن: 1 لحمة شانيليا) قبل وبعد الطباعة حيث سجلت أعلى متوسط لحمل القطع فى اتجاه السداء واللحمة بينما سجلت العينة رقم (4) (قماش تنجيد وبرة تريكو سداء) أقل متوسط فى اتجاه الصف والعمود.

ويرجع ذلك إلى:

- طبيعة التركيب البنائى للعينة رقم (3) والعينة رقم (4) حيث أن العينة رقم (3) أقمشة تنجيد منسوجة بينما العينة رقم (3) أقمشة تريكو سداء وبرى وكما هو معروف أن اندماج الخيوط داخل الأقمشة المنسوجه بيكون أعلى من التريكو فيكون حمل القطع بها أعلى على عكس أقمشة التريكو التى تتميز بالمرونة العالية نتيجة لشكل التشابك العروى والتى تتطلب خيوط ذات برم أقل والتى تحتاج لحمل أقل للقطع .

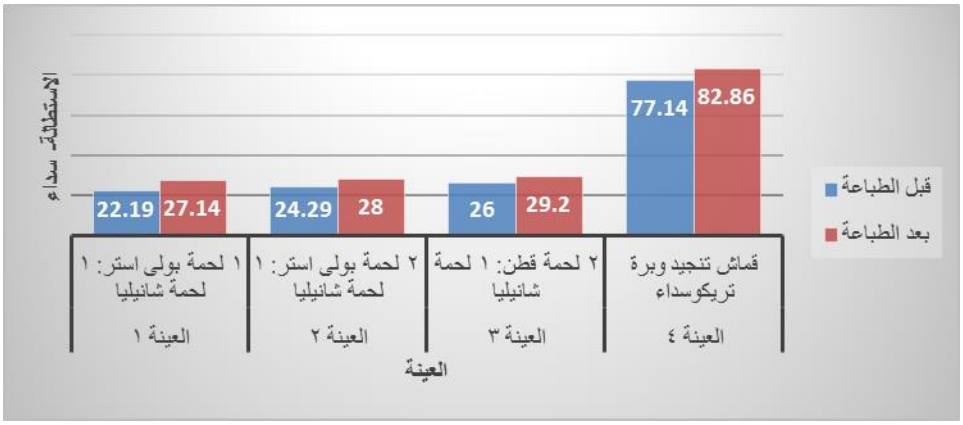
2- بعد إجراء عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد تم إجراء تحليل التباين لمعرفة تأثير عملية الطباعة على خاصية حمل القطع في اتجاه السداء واللحمة حيث وقد وجد أن:

- هناك تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على **حمل القطع فى اتجاه السداء** للعينات البحثية عند مستوى دلالة (P-value0.03464681) حيث زاد حمل القطع للعينات البحثية بعد عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد شكل (7) وقد يرجع ذلك إلى مشاركة طبقة الطباعة ثلاثية الأبعاد فى زيادة سمك ووزن العينات البحثية كما موضح بالجدول (4) مما أدى إلى زيادة الحمل اللازم للقطع.
- لا يوجد تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على **حمل القطع فى اتجاه اللحمة** للعينات البحثية (0.434729 P-value) ونلاحظ من الشكل (8) أن حمل القطع بعد الطباعة زاد زيادة طفيفة غيرمعنوية للعينات (1، 2، 4) وقد يرجع الى أن خيوط اللحمة كانت أكثرمواجهة لطبقة الطباعة وكانت درجة حرارة الفوهة (230°) الأمر الذى أدى إلى دخول الطبقة السطحية من البولى استر إلى مرحلة التلين أو التعجن مما تقلل من قدرة الخيط على تحمل القوى الخارجية (Lemmi, T.S. et.al, 2021, p. 5) ولكن إضافة طبقة الطباعة شارك فى زيادة حمل القطع للعينات بعد الطباعة .
- نلاحظ من الشكل (8) أيضا أن حمل القطع للعينة رقم (3) (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن: 1 لحمة شانيليا) قل بعد الطباعة ثلاثية الأبعاد وقد يرجع ذلك إلى أن درجة حرارة درجة حرارة الفوهة (230°) وعند تعرض القطن لدرجة حرارة أعلى من 150 يحدث تحلل جزئي للشعيرات وتقل قوة الشد به (H, 2007, p. 8)ما أدى إلى تقليل حمل القطع بعد عملية الطباعة.

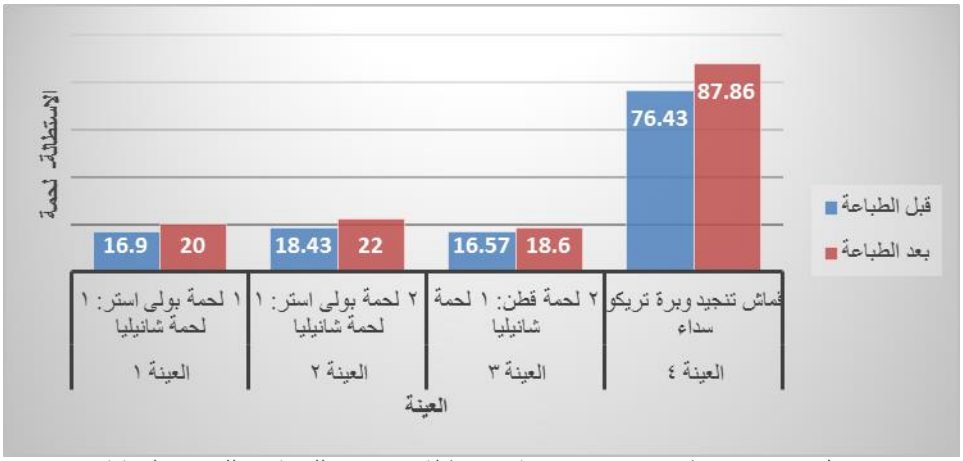
3- الاستطالة للعينات البحثية:

جدول (7) تحليل التباين (Anova test) بين العينات البحثية فى قياسات الاستطالة %

مصدر الاختلاف	مجموع المربعات (SS)	df	متوسط المربعات (MS)	F	مستوى الدلالة P-value
اتجاه السداء					
نوع العينة	4360.502	3	1453.501	2201.774	0.000016
الطباعة ثلاثية الأبعاد	38.63205	1	38.63205	58.52011	0.00463897
اتجاه اللحمة					
نوع العينة	6035.576	3	2011.859	216.265	0.000529
الطباعة ثلاثية الأبعاد	50.65211	1	50.65211	5.444856	0.10183



شكل (9) متوسطات قياسات خاصية الاستطالة في اتجاه اللحمة % للعينات البحثية



شكل (10) متوسطات قياسات خاصية الاستطالة في اتجاه اللحمة % للعينات البحثية

يتضح من الجدول (7) والشكل (9)، (10) ما يلى:

1- يوجد تأثير معنوى لنوع العينات على خاصية (الاستطالة عند القطع في اتجاه السداء واللحمة) عند مستوى دلالة (P-value 0.000016) (P-value 0.000529) على الترتيب لصالح العينة رقم (4) (قماش تنجيد وبرة تريكو سداء) حيث سجلت أعلى متوسط لخاصية الاستطالة فى اتجاه الصف والعمود ويرجع ذلك إلى طبيعة التركيب البنائى للعينة رقم (4) حيث أن أقمشة التريكو تتميز بالمرونة العالية والاستطالة نتيجة لشكل التشابك العرزى بها.

وبعد إجراء عملية الطباعة تم إجراء تحليل التباين لمعرفة تأثير عملية الطباعة على خاصية الاستطالة عند القطع فى اتجاه السداء واللحمة وجد أن:

- هناك تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على خاصية الاستطالة فى اتجاه السداء عند مستوى دلالة (P- 0.00463897 value) حيث زادت الاستطالة عند القطع لجميع العينات البحثية بعد الطباعة شكل (9) ويرجع ذلك إلى زيادة حمل القطع للعينات بعد الطباعة مما يجعل فى الامكان تحقيق استطالة أعلى .

- لا يوجد تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على خاصية الاستطالة فى اتجاه اللحمة للعينات البحثية (P-value 0.10183) ونلاحظ من الشكل (10) أن معدل الاستطالة بعد الطباعة ثلاثية الأبعاد زاد زيادة غير معنوية وقد ترجع الزيادة فى العينات (4.1.2) إلى دخول الطبقة السطحية من خيوط البولى استر إلى مرحلة التعجن أو التلين مما أدى الى زيادة الإستطالة. أما الزيادة الطفيفة فى الاستطالة للعينة رقم (3) فقد ترجع إلى بوليمر (PETG) المكون لطبقة الطباعة.

نتائج البحث: Research Results

1- يمكن توظيف تقنيات تنفيذ النحت الرقمي المتمثل في الطباعة ثلاثية الأبعاد بالإمكانيات المحلية المتاحة في مجال تصنيع الأثاث للحصول علي قطع أثاث مبتكرة تحمل طابع شخصي خاص ومميز للعميل وللمصمم بكل سهولة وسرعة ودقة وذلك من خلال تطبيقها على أقمشة التنجيد المستخدمة فى قطع الأثاث أوإضافة أجزاء من زخارف المصممة على برامج النحت الرقمي والمطبوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتثبيتها علي سطح الأخشاب بعد إعداد السطح وطلاءه بطبقة باستخدام (خلات البولي فينيل PVAC).

2- تختلف درجة التصاق التصميم المطبوع بالطابعة ثلاثية الأبعاد علي أقمشة التنجيد وفقا لنوع الأقمشة حيث أوضحت نتائج اختبار قوة التقشير أن التصميم المنفذ كان أكثر التصاقا بالعينة التى تحتوى على لحمات من القطن (قماش تنجيد شانيليا بترتيب لحمات (2 لحمة قطن: 1 لحمة شانيليا) وتزداد قوة التصاقه مع الأقمشة الأكثر سمكا بينما تقل مع الأقمشة ذات الاسطح الناعمة.

3- تطبيق تصميمات من النحت البارز الرقمي علي أقمشة التنجيد باستخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد يؤثر على خصائص أقمشة التنجيد الوظيفية حيث أوضحت الاختبارات أن تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تعمل على زيادة حمل القطع والاستطالة للعينات فى اتجاه السداء بينما لا يوجد تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على حمل القطع فى اتجاه اللحمة للعينات البحثيةحيث أن حمل القطع بعد الطباعة زاد زيادة طفيفة غيرمعنوية للعينات (1،2،4) التى تحتوى على لحمات بولى استر بينما قل حمل القطع للعينة رقم (3) والتى تحتوى على لحمات من القطن وكذلك لا يوجد تأثير معنوى لتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد على خاصية الاستطالة فى اتجاه اللحمة للعينات البحثية حيث أن معدل الاستطالة بعد الطباعة زاد زيادة غيرمعنوية لجميع العينات محل الدراسة.

التوصيات: Recommendation

1- يجب علي المصمم دراسة إمكانيات الطباعة ثلاثية الأبعاد المتاحة في السوق المحلي بشكل عملي لمعرفة كيفية توظيفها في الصناعة بشكل قابل للتطبيق.

2- يجب علي المصمم الربط بين عدد من تخصصات المختلفة لتطوير منتجات الفنون التطبيقية.

المراجع: References

1- A F Aiman et.al. (2020). Design and structural analysis of 3D-printed modular furniture joints.

2- A.SAVINI, G. (2015). *A Short History of 3D Printing, a Technological Revolution Just Started.*

3- Antoniu Nicolau et al. (2022). 3D Printing Application in Wood Furniture Components Assembling. doi:. https://doi.org/10.3390/ma15082907

4- BYOUNGHO ELLIE JIN , ELENA CEDROLA. (2022). *Palgrave Studies in Practice: Global Fashion Brand Management.* Switzerland: Springer Nature. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91135-5

5- Daša Krapež Tomec et al. (2022). The Effect of Printing Parameters and Wood Surface Preparation on the Adhesion of Directly 3D-Printed PLA on Wood. *10*.

6- David Scaradozzi et al. (2019). *Makers at School, Educational Robotics and Innovative Learning Environment Research and*

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

17- Nenad Grujović. (2011). ART AND DESIGN OPTIMIZED 3D PRINTING.
18- Paul, Gordon M. (2018). Medical Applications for 3D Printing: Recent Developments.
19- Prusa, J. (2021). *Flexible materials*. Retrieved 8 30, 2022, from Prusa Research: https://help.prusa3d.com/article/flexible-materials_2057
20- Rajeev Ranjan et.al . (2022). A critical review on Classification of materials used in 3D printing process. *61*.
21- RaziehHashemi Sanatgar, a. o. (2017). Investigation of the adhesion properties of direct 3D printing of polymers and nanocomposites on textiles: Effect of FDM printing process parameters. 552.
22- Sargentis, Fivos. (2022). *3D Scanning/Printing: A Technological Stride in Sculpture*.
23- Satyanarayana Poornaganti et.al. (2022). Insights on surface characterization of 3D printed polymeric parts. *62*.
24- Shi1, L. (2021). Application Research of 3D Digital Technology in Sculpture. 3.
25- Shuguang Yang,Peng Du. (2022). The Application of 3D Printing Technology in Furniture Design. *2022*.
26- Utkarsh Chadha et.al. (2022). Performance evaluation of 3D printing technologies: a review, recent advances, current challenges, and future directions.
27- Vikas Kumar et al. (2022). *Digital Transformation in industry Digital Twins and new Business models.* Switzerland: springer Nature.
28- Vinod G. Gokhare, a. o. (2017). *A Review paper on 3D-Printing Aspects andVarious Processes Used in the 3D-Printing.*

Experiences from FabLearn Italy 2019, in the Italian Schools and Beyond. Switzerland: Springer Nature.
7- Eujin Pei et.al. (2015). 3D Printing of Polymers onto Textiles:Experimental Studies and Applications .
8- Gozde Goncu-Berk et al. (2022). Embedding 3D Printed Filaments with Knitted Textiles: Investigation of Bonding Parameters . *40*.
9- H, Y. L. (2007). Chemical structure and properties of cotton ,cotton: science and technology, woodhead publishing limited,2007. *woodhead publishing limited*.
10- Jihye Deborah Kang ,Sungmin Kim. (2022). Development of a 3D printing method for the textile hybrid structure. *34*.
11- kuchik, g. (2010). *salone satellite 2010: elastic wood by*. Retrieved 8 20, 2022, from designboom: https://www.designboom.com/design/salone-satellite-2010-elastic-wood-by-gilli-kuchik/
12- Lemmi, T.S. et.al. (2021). Effect of Thermal Aging on the Mechanical Properties of High Tenacity Polyester Yarn. *Materials, 14*(7). doi:https://doi.org/10.3390/ma14071666
13- Leonie partsch, a. o. (2015). 3D PRINTED TEXTILE FABRICS STRUCTURES. 1.
14- Marcin Podskarbi, Jerzy Smardzewski. (2019). Numerical modelling of new demountable fasteners for frame furniture. *185*.
15- Maryna Gorlachova,Boris Mahltig . (2021). 3D-printing on textiles – an investigation on adhesion properties of the produced composite materials.
16- Mirko Kariž et.al. (2021). Effect of Sanding and Plasma Treatment of 3D-Printed Parts on Bonding to Wood with PVAc Adhesive. *13*.