"التطور التقني في تشكيل الخامة وأثره على الرؤية الجمالية في تصميم الأثاث خلال القرن ٢١ "

Technical development in the formation of the material and its impact on the aesthetic vision in furniture design during the ٢١st century

أ.د / محمد حسن إمام

أستاذ تصميم الأثاث كلية الفنون التطبيقية – قسم التصميم الداخلي والاثاث

m_emamart@yahoo.com

Prof.Muhammad Hassan Imam

Professor of Furniture Design, College of Applied Arts - Department of Interior and Furniture Design

أ.د / دعاء عبد الرحمن محمد جودة

أستاذ أساسيات التصميم الداخلي كلية الفنون التطبيقية – قسم التصميم الداخلي والاثاث

doaagoda2018@gmail.com

Prof. Doaa Abdel Rahman Muhammad Gouda

Professor of Interior Design Basics, College of Applied Arts - Department of Interior Design and Furniture

م / ندى شهاب محمد السعيد

معيدة بقسم التصميم الداخلي والاثاث كلية الفنون التطبيقية

Lect. Nada Shehab Mohammed Al-Saeed

Teach Assist in the Department of Interior Design and Furniture, College of Applied Arts

NadaShehab@a-arts.helwan.edu.eg

الملخص

يبدأ التوجه لتصميم الأثاث الحديث مع الثورة الصناعية ،حيث أصبح الأثاث ينتج بشكل كمي في المصانع بواسطة الآلات بدلا من صناعته يدويا ،و قد حدثت ميكنة صناعة الأثاث نتيجة للطلب المتزايد عليه من المستهلكين ، ومع الإمكانات التكنولوجية المتطورة التي كانت ترى بواسطة بعض التوجهات الفكرية القليلة لبعض المصممين أمكن انتاج اشكالا جديدة من قطع الأثاث التي تلائم عصر الصناعة والحداثة ، وصولا الي الثورة الرقمية والاتجاهات التصميمية الجديدة التي أثرت على الشكل التصميمى للاثاث ، وأتاحت للمصمم امكانات غير محدودة للخروج عن المألوف ، حيث سعت الي خلق حالة من الابهار من خلال تقديم فكر غير نمطى عمل على تطوير الشكل الجمالي للأثاث . يهدف البحث الي تقديم رؤية منهجية توضح دور البعد التقني اعتمادا على الخامة وإمكانات تشكيلها، في تطوير الرؤية الجمالية لتصميم الأثاث وأثرها على الأداء الوظيفي؛ وبالتالي تطوير مفاهيم تصميم وتشكيل الأثاث، وذلك من خلال عرض وتحليل لبعض النماذج الحديثة من أعمال المصممين خلال القرن ٢١؛ لدراسة الفكر التصميمي والتحول التقني المتطور والقدرات التشكيلية التي حدثت في تصميم الأثاث.

الكلمات المفتاحية:

الخامة – تشكيل –تقنية– الرؤية الجمالية- تصميم الأثاث .

Abstract:

The trend for modern furniture design begins with the industrial revolution, where furniture

has become quantitatively produced in factories by machines instead of being made manually. Designers were able to produce new forms of furniture that fit the era of industry and modernity, leading to the digital revolution and new design trends that affected the design form of furniture, and provided the designer with unlimited possibilities to break out of the ordinary, as they sought to create a state of dazzling by presenting non-typical thought Work on the development of the aesthetic form of furniture. The research aims to present a methodological vision that clarifies the role of the technical dimension depending on the material and the possibilities of its formation, in developing the aesthetic vision of furniture design and its impact on functional performance; Thus, developing the concepts of furniture design and formation, through the presentation and analysis of some modern models of designers' work during the 21st century; To study the design thought, the advanced technical transformation and the plastic abilities that occurred in the design of furniture.

Keywords:
Material, shaping, technology, aesthetic vision, furniture design.

المقدمة

أدت الثورة الصناعية الي ظهور ما يسمى بالتصميم الصناعي وهو المزج بين الفن والعلم في انتاج منتجات مصنعة بالآلة ، فكانت جهود المصمم وقدراته موجهة للاستفادة من قدرات الميكنة والأساليب الجديدة في الإنتاج والتسويق ،كذلك استخدام الخامات الجديدة وتطوير الأثاث الميكانيكي، كل هذا يعد حركة التحول في العالم من الحرفة إلى الصناعة كمرحلة انتقالية ، ذلك التحول الكبير استلزم فكرا تكنولوجيا للتعامل مع التغيرات الجديدة بأسلوب جديد ، وقد شهد العالم في القرن الواحد وعشرون طفرة كبيرة وثورة رقمية انعكست على مجال تصميم وتصنيع الأثاث ، بالرغم من التطور الكبير فإنه يمكن القول بأن ما نشهده هو مجرد بدايات استخدام الحاسب الآلي ؛ ساعدت برامج الحاسب الآلي على تنمية خيال المصمم وتزويده بأدوات افتراضية تمكنه من تعديل وتغير الهيئة الشكلية للمنتج وتخيله من جميع الاتجاهات ،فأدى الي توفير جهد كبير للمصمم وتطوير أسلوبه ؛ مما اكسبه خبرات بصرية جديدة من خلال معرفة اشكال وخطوط عضوية وعلاقات لم يتاح له رؤيتها من قبل مما ساعد على تحفيز مهارات التفكير الإبداعي لديه .

مشكلة البحث :

احتياج المجتمع الصناعي في مجال الأثاث لمنهجية تصميمية تحدد العلاقة بين إمكانات تشكيل الخامة بالتقنيات الرقمية التي ظهرت خلال القرن ٢١ والرؤية الجمالية التصميمي.

هدف البحث:

تقديم منهجية علمية تحدد كيفية تطوير الرؤية الجمالية لتصميم الأثاث، اعتمادا على الخامة وتقنياتها وإمكانات تشكيلها بالتقنيات الرقمية خلال القرن ٢١.

أهمية البحث:

تمكن أهمية البحث في اتجاهه العلمي نحو بناء عقلية المصمم لتطوير أعماله التصميمية، استنادا لحركات التطور الفكري والتصميمي للعالم المحيط به.

مجال البحث:

تصميم الأثاث.

منهج البحث:

المنهج التاريخي .

المنهج التحليلي الوصفي.

أولا: التطور التقني في تشكيل الخامة خلال القرن العشرين:

- **تقنية تشكيل الخشب بالبخار :**

طور (مايكل تونيت Thonet) تقنية ثني الخشب بواسطة البخار بأشكال مختلفة، حيث أتقن (تونيت Thonet) اثنين من تقنيات التركيب والإنشاء وهي تقنية تشكيل الابلكاج بالقولبة Molded Plywood وتقنية ثني الخشب المصمت بالبخار Bentwood، إن تطوير (تونيت Thonet) للمقعد المصنوع من الخشب المصمت المثني بالبخار يعتبر واحدا من أنجح المنتجات المبتكرة إلى الآن، حيث كان لو تأثير شديد على مسار واتجاه تصميم الأثاث .

صورة رقم (١)

Thonet Chair by Michael Thonet

عبر (تونيت) عن فكره التكنولوجي لانتاج الكرسي بطريقة اقتصادية بتكلفة مناسبة، استخدم تونيت تقنة ثني الخشب بالبخار في تشكيله.

- **استخدام المعادن في تشكيل هيئة المقعد:**

تغير الوضع في استخدام الأثاث عندما حاول مارسيل بروير تجميع أول كرسي فولاذي أنبوبي حديث له، حيث تمكن بروير من الاستفادة من مرونة الأنبوب الفولاذي وتوصل الي أنبوب منحني في خط واحد مستمر. بمجرد استكشاف Breuer للإمكانيات التقنية للصلب الأنبوبي، كانت مسألة وقت فقط قبل أن تصبح الإمكانات الحقيقية للمادة واضحة.

صورة رقم (٢)

Cantilever chair made of gas pipes. Pre-model, designed by Mart Stam in 1926.
الكرسي الكابولي المصنوع من المواسير المعدنية، نموذج اولى، صممه (مارت ستام Mart Stam)عام ١٩٢٦ .

- **ظهور البلاستيك Plastic والمواد الصناعية Synthetic Materials:**

صمم (تشارلزCharles Eames) و(راي إيمزRay Eames) عام ١٩٤٨ أول كراسيهم المصنوعة من الألياف الزجاجية Fiberglass (البلاستيك المقوى بالزجاج). تميز (تشارلز ايمز Charles Eames) باستغلاله التقدم التكنولوجي في البلاستيك في تصميم الأثاث بجانب الخشب والمعدن فجرب المصممان مجموعة متنوعة من الخامات، بما في ذلك البلاستيك والألياف الزجاجية والخشب والألمنيوم والشبكات السلكية والخشب الرقائقي، وصمموا أثاثهم للاستخدام الخاص والعام، فانتج بكميات كبيرة كانت متوفرة بألوان وإصدارات مختلفة.

جدول (١) يوضح التطور التقني في تشيكل الخامة خلال القرن العشرين.

ثني الخشب بالبخار	ظهور المعادن	ظهور اللدائن والمواد الصناعية
المصمم : آلفار التو Alvar Aalto (١٨٩٨-١٩٧٦م)	المصمم : مارسيل بيرويز Marcel Breuer (١٩٠٢-١٩٨١م)	المصمم : فيرنر بانتون Verner Panton (١٩٢٦-١٩٩٨م)
يتكون إطار الكرسي من تشكليين مغلقتين من الخشب الرقائقي، وتشكلان أذرعًا وأرجلًا، والمقعد وهو لوح رفيع من الخشب الرقائقي مثني بإحكام من أعلى وأسفل في لفائف متعرجة. تم استخدام تقنية الخشب المثني Bentwood وعمل قالب خشبي له ليظهر بالشكل المطلوب.	يتكون المقعد من إطار فولاذي أنبوبي يصف في خط لامع ناعم بذراعين مطليا بالكروم المصقول، حيث أحدث ثورة في استخدام الصلب الأنبوبي وطريقة تصنيعه، مهتما في المقام الأول باكتشاف الإمكانات التي يوفرها استخدام مثل هذه المواد الدقيقة.	أول كرسي بلاستيكي مقولب في قطعة واحدة من تصنيع شركة (Vitra)، يتم تصنيع الكرسي عن طريق حقن مادة البولي بروبيلين المقواة بالألياف الزجاجية في قالب تم إنشاؤه خصيصًا والذي يُترك ليبرد ويجف.

ثانيا: التقنيات الرقمية في القرن الواحد وعشرين:

1.التصنيع الرقمي Digital Fabrication:

التصنيع الرقمي هو نوع من عمليات التصنيع، حيث يتم التحكم في الآلة المستخدمة بواسطة الكمبيوتر. تقوم البيانات الرقمية بتوجيه معدات التصنيع مباشرة لتشكيل أشكال هندسية مختلفة. غالبًا ما تأتي هذه البيانات من Computer Adid Design (CAD) (التصميم بمساعدة الكمبيوتر)، والتي يتم نقلها بعد ذلك إلى برنامج(CAM) Computer Adid Manufacturing (التصنيع بمساعدة الكمبيوتر). ناتج برنامج (CAM)هو البيانات التي توجه أداة تصنيع مضافة وطرح معينة مثل الطابعة ثلاثية الأبعاد أو أجهزة.

2.أنواع أجهزة التصنيع الرقمي Digital Fabrication Devices:

أ. قواطع الليزر ثنائية الابعاد Laser Cutter (2D):

آلات القطع بالليزر هي أداة مستخدمة في مجموعة واسعة من الصناعات للقطع الدقيق وتصميم المشاريع، حيث تصدر آلة القطع بالليزر شعاع ليزر عالي الطاقة إما لقطع أو حفر تصميم معين على مواد مثل الفولاذ أو البلاستيك أو الخشب. يتم إنشاء شعاع الليزر من خلال عملية يتم بموجبها التفريغ الكهربائي أو المصباح تشغيل مادة الليزر داخل حاوية محصورة مما يؤدي إلى تفاعل كيميائي، مما يؤدي إلى إطلاق شعاع عالي الطاقة. ثم ينعكس الشعاع باستخدام مرآة في تيار من الضوء أحادي اللون. من المرآة يتم توجيه الضوء بعد ذلك عن طريق الألياف الضوئية أو المرايا إلى منطقة العمل، مع أضيق نقطة في الشعاع تقطع أو تجعل التصميم محفورًا على المادة. فهي تمكن المصمم من عمل تكوينات معقدة ورسم أنماط Patterns مختلفة.

صورة رقم (٣) توضح بعض اعمال تقنية الليزر في تصميم الأثاث.

ب. جهاز التحكم الرقمي بالحاسوب (CNC):

تطور التصنيع مع بداية استخدام اجهزة CNC الذي كان يعتمد على العمال في أعمال تستهلك الكثير من الوقت والمال والأخطاء البشرية، فساهمت التقنية في تقليل الزمن اللازم للمنتج مع تقليل التكاليف وإمكانية إنتاج منتجات معقدة، جهاز التوجيه CNC هو نوع من الآلات التي يتم التحكم فيها بواسطة الكمبيوتر، والتي من خلالها يتم طحن المواد وحفرها وقطعها والنقش عليها. هناك عدة أنواع مختلفة من آلات CNC شائعة الاستخدام وفق الغرض المطلوب منها:

- **آلة الطحن CNC Milling Machine:** من أكثر أنواع آلات CNC شيوعًا، تستخدم مطحنة CNC أدوات التحكم في الكمبيوتر لقطع المواد المختلفة.

صورة رقم (٥) توضح جهاز وآلية عمله CNC Lathe.

- **مخرطة CNC Lathe: التي تعمل على قطع العينات أثناء تدويرها.**

صورة رقم (٦) توضح جهاز وآلية عمله CNC Router.

- **جهاز التوجيه CNC Router: هو جهاز يستخدم في قطع المواد المختلفة مثل قطع الفولاذ ، والخشب ، والألمنيوم ، والمواد المركبة ، والبلاستيك .**

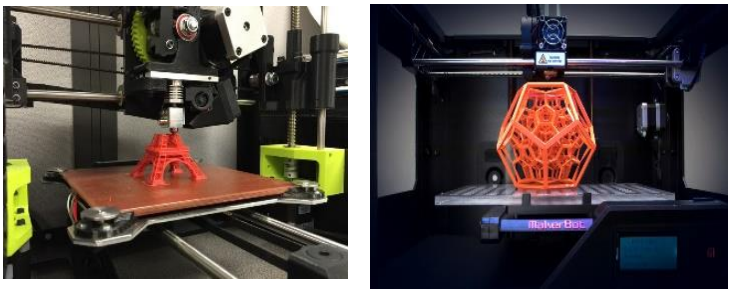
صورة رقم (٧) توضح جهاز وآلية عمله CNC Plasma Cutter .

- **آلة قطع البلازما CNC Plasma Cutter : تُستخدم بشكل شائع لقطع المواد الثقيلة ، مثل الفولاذ وأشكال المعادن الأخرى.**

صورة رقم (٨) توضح أجهزة النماذج الأولية السريعة وآلية عملها Rapid Prototyping Machines.

ج. أجهزة النماذج الاولية السريعة (ثلاثية الابعاد3D) Rapid Prototyping Machines:

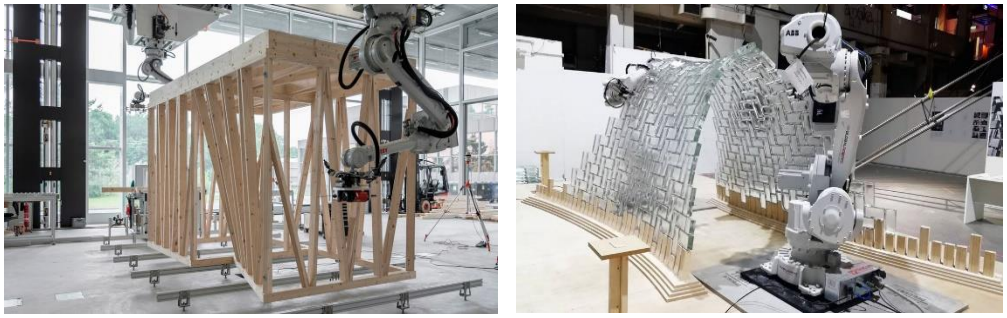
تعمل أجهزة النماذج الاولية (النماذج الأولية السريعة هي بناء أجزاء ونماذج داخل آلة تضيف طبقات باستمرار بمرور الوقت)، وهي عملية تسمى التصنيع الإضافي(Additive Manufacturing) على الاعتماد على التراكم التدريجي لطبقات ثنائية الابعاد من حبيبات المواد او المواد الشبه سائلة؛ لإنتاج أجسام ثلاثية الابعاد. ترتبط الخامات المستخدمة بنوع وطريقة عمل الجهاز، فيوجد خامات يتم تفتيتها مثل المعادن، مواد يتم تحويلها مثل البوليمرات، مواد يتم صهرها مثل البلاستيك ويعتبر أشهر هذه الاجهزة الطباعة ثلاثية الابعاد 3D Printing.



صورة رقم (٩) توضح أجهزة الروبوتات وآلية عملها.

د. أجهزة الروبوتات Robotics (ثلاثية الابعاد3D):

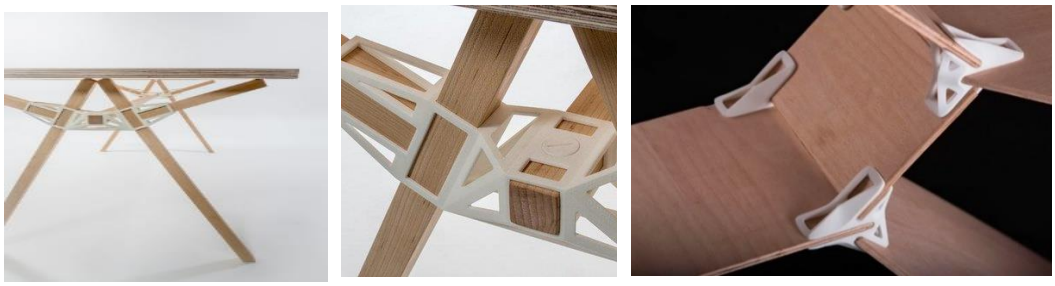
مصطلح "الروبوتات" يشير إلى أي آلة أو نظام تقني يؤدي مجموعة من المهام التي عادة ما يقوم بها البشر يدويًا تأتي في مجموعة كبيرة من الأشكال والأحجام بناءً على الدور الذي من المفترض أن تقوم به في الموقع. يمكن لها أداء نفس المهام بشكل أسرع ويمكنها حتى العمل على مدار اليوم او الأسبوع دون الشعور بالتعب.



3.دور الطباعة ثلاثية الابعاد في تصميم وصلات تجميع الأثاث:

أدى ظهور الأدوات الرقمية إلى ظهور إمكانات لنماذج إنتاج بديلة تتطلب طرقًا جديدة للتعامل مع الأشياء من حولنا وتحديدها، أن تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد هي أحد نتائج التطور التكنولوجي في القرن الحادي والعشرون، والتي

انعكست في العديد من مجالات الحياة وخاصة في إنتاج الأثاث وتحظى في الوقت الحاضر بمزيد من الاهتمام بمفهوم "افعلها بنفسك". الطباعة ثلاثية الابعاد تعتبر من ضمن تقنيات التصنيع السريعة النمو والأكثر انتشارا في العالم، فهي توفر فرص متنوعة لتصميم وتصنيع منتجات جديدة، ولم تقتصر فقط على الأثاث بدل امتدت لوصلات تجميع الأثاث من خلال إنتاج أجزاء كبيرة او صغيرة أكثر تداخلا وتعقيدا يصعب على الطرق التقليدية إنتاجها ، تشمل هذه الوصلات أدوات الربط والوصلات الداخلية التي تعمل بمثابة تعاشيق تثبت قطع الأثاث ، وتعمل على تجميعها مع بعضها البعض بطريقة يسهل استخدامها.

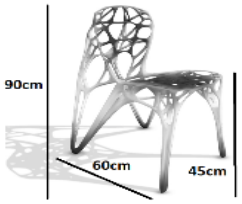


صورة رقم (١٠) نماذج لمجموعة من وصلات تجميع الأثاث باستخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد.

4.دور الطباعة رباعية الابعاد 4D Printing في تصميم الأثاث:

الطباعة رباعية الأبعاد هي العملية التي من خلالها يتم تحول مجسم مطبوع ثلاثي الأبعاد نفسه إلى بنية أخرى، تحت تأثير مدخلات الطاقة الخارجية مثل درجة الحرارة أو الضوء أو الماء أو المجالات المغناطيسية والمحفزات البيئية الأخرى، أي إضافة بعد رابع وهو الوقت وبالتالي تغيير شكله بمرور الوقت. لم تقصتر الطباعة رباعية الابعاد على مجالات الفضاء وصناعة السيارات والمجال الطبي وغيرها، يعد إنتاج المنتجات الاستهلاكية مجالًا آخر يمكن إعادة تخيله من خلال الطباعة رباعية الأبعاد. يمكن استخدام هذه التقنية لصنع قطع أثاث مثل الكراسي والطاولات، والتي يمكن تجميعها ذاتيًا عند تشغيلها. إن الأثاث المطبوع رباعي الأبعاد قادر على تجميع نفسه ببساطة، مما يلغي الحاجة إلى تجميع جميع الأجزاء يدويًا قد يؤدي ذلك إلى منتجات تتطلب مساحة تخزين أقل وتسهل عملية النقل.

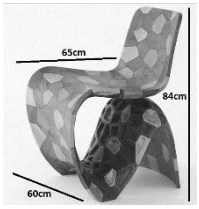
صورة رقم (١١) يطلق عليها اسم The Programmable Table، وهي قطعة أثاث مصنوعة باستخدام عملية Wood-Skin. يدمج الأسلوب نسيجًا مُجهد مسبقًا في الهيكل الخشبي للسماح له بتحويل نفسه إلى أشكال يمكن التنبؤ بها. على عكس الأثاث القابل للطي الموجود، فإن هذا النموذج الأولي الذي تم تصنيعه في مختبر التجميع الذاتي التابع لمعهد (ماساتشوستس للتكنولوجيا)وWood-Skin لا يعتمد على المفصلات أو الأجزاء المعقدة الأخرى لإعادة تشكيل نفسه. إذا كان الأثاث بحاجة إلى النقل، فيمكن تسويته مرة أخرى لتسهيل نقله.

جدول رقم (٢) دراسة تحليلية لأشهر اثاث القرن الواحد وعشرين		
اسم المصمم		(جوريس لارمان Marco Hemmerling, أولريش نيثر Philipp , Ulrich Nether فيليب ميز Meise)
سنة التصنيع		2014 م
GENERICO Chair صورة رقم (١٢) كرسي من تصميم (ماركو هيمرلنج) ، (أولريش نيثر)، (فيليب ميز).		
تحليل التصميم		
(١-٣) وصف القطعة **(٢-٣) الوظيفة (المقاسات الوظيفية)**		تم تصميم كرسي Generico باستخدام الخوارزميات التوليدية ، ويقع ضمن مجال التصميم الحسابي أو البارامتري ، أي استخدام الخوارزميات الحسابية في عملية التصميم، تسمح عملية التصميم التوليدي للبرنامج بتحقيق تصميم يفي بمعايير معينة. يحتفظ الكرسي بقوته ويأتي أيضًا بمسند ظهر مرن ،تشكيل الكرسي تم باستخدام مخطط Voroni Cell كرسي جلوس. صمم ليلائم مقياس جسم الانسان حيث: **الطول:** 90 سم، العمق: 60 سم. **العرض:** 45 سم، ارتفاع القاعدة :45 سم. 
٤	**الخامات المستخدمة**	• مادة ABS (أكريلونيتريل بوتادين ستايرين Acrylonitrile Butadiene Styrene) (نوع من البلاستيك ،حراري غير شفاف وبوليمر غير متبلور)
٥	**التقنية المستخدمة**	استخدام المعلومات الخوارزمية لتحديد الشكل من خلال تقنيات التصنيع التوليفية والإضافية ،من أجل التحقق من الأداء الهيكلي لتصميم الكرسي ومفهوم المواد وتحسينها ،تم تحليل النموذج باستخدام برنامج (FEM-software) (برنامج تحليل وتصميم هيكلي ثلاثي الأبعاد المختص بالتشوه والضغوط)، تم طباعة نموذج أولي بتقنية الطباعة FDM (ترسيب منصهر النمذجة Fused Deposition Modeling).
	صورة رقم (١٤) توضح شكل الكرسي وعملية إيجاد النموذج من خلال تحسين الهيكل	

٦	الرؤية التصميمية	
	(٦-١) الجانب الفكري:	تميز كرسي Generico بتصميم مبني على الخوارزميات الحسابية ،حيث يوضح طرق تكييف التصميم الرقمي وأساليب التصنيع بمساعدة الكمبيوتر للإنسان واحتياجاته ،فهو يحقق التكيف المرن من خلال استخدام المعلومات الخوارزمية لتحديد الشكل والمادة ، سمحت لهم تقنيات التصنيع المضافة بتحسين وظيفة المنتج وكفاءة الإنتاج من خلال تقييم المتطلبات الهيكلية والمريحة والمتطلبات التصنيعية : "باتباع إستراتيجية التصميم التكراري ، أدى حساب تخطيط المواد إلى تقليل أجزاء من الحجم ، مع الاستمرار في تمكين الصلابة اللازمة والراحة والمتطلبات الوظيفية التي يجب الوفاء بها. تمت مراجعة نموذج كمبيوتر ثلاثي الأبعاد باستخدام برنامج FEM لقياس التشوه والضغوط قبل دمج جميع النتائج في نموذج ثلاثي الأبعاد نهائي".
	(٦-٢) الجانب الجمالي وأثره على الجانب الوظيفي:	• يعتمد التصميم على متطلبات الجلوس المريح ويستجيب لقوى الحمل والظروف المريحة. • طريقة جديدة في التفكير التصميمي، تم تطويره بنهج شامل باستخدام أحدث التقنيات. • يعد الكرسي نتاج خط فكري شامل من التصميم إلى الإنتاج مجالًا مثاليًا لتطبيق تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد لأنها تتيح التوزيع الأمثل للمواد. • النهج التصميمي البصري الذي يظهر الإمكانات المستقبلية لعملية الإنتاج. • المرونة العالية ودقة التفاصيل وتحقيق الجانب الجمالي. • الخطوط الانسيابية والعضوية في التشكيل.

جدول رقم (٣) دراسة تحليلية لاشهر نماذج اعمال المصممين

1	اسم المصمم	جوريس لارمان(Joris Laarman(Lab
2	سنة التصنيع	2014 م
	Maker Chairs صورة رقم (١٥) مجموعة (Maker Chairs) من تصميم جوريس لارمان توضح الاشكال المختلفة بتشكيل الخامة.	
٣	**تحليل التصميم**	

	(١-٣) وصف القطعة	استلهم Joris Laarman من فكرة بسيطة تصميم كرسي يمكن لأي شخص تصنيعه باستخدام الأدوات الرقمية، نظرًا لإدراكه لقيود الحجم الخاصة بالطابعات ثلاثية الأبعاد تجاريًا والقواطع الموجهة بالكمبيوتر فقد ابتكر كرسيًا على شكل حرف (S) مبنيًا من العديد من الأجزاء الصغيرة الفردية، نفذ هذه الفكرة باستخدام مواد مختلفة وأشكال متباينة (مثلثة Triangular، سداسية Hexagonal، تصويرية Figurative، مثقبةPixilated) حيث تتكون جميع الكراسي من أجزاء ثلاثية الأبعاد مُصنَّعة رقميًا تتلاءم معًا، من خلال تجزئة التصميمات إلى العديد من الأجزاء الصغيرة .
	(٢-٣) الوظيفة (المقاسات الوظيفية)	كرسي للاستخدام الداخلي. صمم ليلائم مقياس جسم الانسان حيث: الطول: 84 سم، العمق: 65 سم. العرض: 60 سم، ارتفاع القاعدة :45 سم.
		 **صورة رقم (١٦) مقاسات الكرسي**
٤	**الخامات المستخدمة**	• باستخدام خامات مختلفة (راتينجResin، خشب البلوط Oak Woods، بلاستيك(ABS) Plastics، المعدن Metal).
٥	**التقنية المستخدمة**	عن طريق استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد أو CNC بشكل وحدات وقطع صغيرة، ثم تجميعها يدويًا عن طريق كتابة رقم تسلسلي على كل قطعة.
		     صورة رقم (٢٣) توضح مراحل التصنيع الرقمي وافراد القطع المكونة للكراسي.
		 صورة رقم (١٧) Maker Chair (Pixel) **مصنوع من الراتنج Resin عن طريق الطباعة ثلاثية الابعاد.**
		 صورة رقم (١٨) Maker Chair (Polygon) **مصنوع من خشب البلوط Oak عن طريق تقنية CNC.**
		 صورة رقم (١٩) Maker Chair (Puzzle 3D) **مصنوع من بلاستيك Acrylonitrile Butadiene (ABS) Styreneمن ٧٧ قطعة مطبوعة ثلاثية الأبعاد بالأبيض والأسود منفصلة.**
		 صورة رقم (٢٠) Maker Chair (Hexagon) **مصنوع من ٣٠٠ قطعة من خشب الجوز Walnut باستخدام الحاسب الآلي عن طريق تقنية CNC ولصقها بالإيبوكسي بنمط هندسي سلس.**

٦	الرؤية التصميمية	
	(٦-١) الجانب الفكري:	كان لتكنولوجيا التصنيع الرقمي تأثير كبير على عمليات التصنيع في عالم التصميم. لقد أصبح أكثر من مجرد أداة للنماذج الأولية. يقول لارمان: " في أوائل القرن العشرين، قدر رواد الحداثة وغيّروا الجماليات وأفكارنا حول التصميم عندما استلهموا من أساليب التصنيع الصناعية الناشئة. يعمل عالم أدوات التصميم الرقمي والتصنيع الرقمي الآن على تغيير مفهومنا عن التصميم ودفع الفنانين لاستكشاف الاحتمالات الجديدة التي لا نهاية لها للثورة الرقمية ". تم توفير مخططات النسخ ثلاثية الأبعاد القابلة للطباعة من Makerchairs على الإنترنت بموجب ترخيص للأشخاص لتنزيلها وتعديلها وتصنيعها بأنفسهم.
	(٦-٢) الجانب الجمالي وأثره على الجانب الوظيفي:	• يسمح العصر الرقمي بإنتاج أشكال عضوية خفيفة الوزن مصنوعة من مجموعة لا حصر لها من المواد وكتل البناء وتدرجات الألوان. • استكشاف العلاقة بين التصميم الرقمي والتصنيع، وطرق العمل اليدوي التقليدية لتشكيل الأثاث. • اختلاف طريقة تشكيل وتكوين الخامة أدى الي ابتكار اشكال أنماط متعددة بالرغم من ثبات هيئة الكرسي. • تكافل الحرف اليدوية والتكنولوجيا مثل أدوات التصميم المعياري والتصنيع الرقمي. • توسيع نطاق إمكانات الطابعات ثلاثية الأبعاد وآلات CNC بشكل جذري. • التلاعب بتقنيات التصنيع الرقمي. • الحركة والديناميكية.

- **ثالثا: التطور التقني في تشكيل الخامة خلال القرن الواحد وعشرين (دراسة تحليلية):**

المشروع	الشكل	الخامة	التقنية	الرؤية الجمالية وأثرها على الأداء الوظيفي
"Pipo Chair" أليخاندرو استرادا Alejandro Estrada ٢٠١٤م	 	• الخشب الرقائقي Plywood . شكل الخامة: 	استخدام الخوارزميات البارامترية بواسطة الحاسب الآلي للحصول على الشكل النهائي للكرسي، باستخدام تقنيات التصنيع الرقمي الثنائي الأبعاد 2D (تقنية التقطيع) باستخدام ماكينة CNC للحصول على أقسام الخشب.	حققت شرائح الخشب مع بعضها البعض التناغم والإيقاع وإضافة البعد الرابع (الحركة) من خلال التكوين. تكرار الوحدات سمح بالتنوع في الشكل والحركة مع الحفاظ على القيم الوظيفية والجمالية.
مواصفات الخامة: يعرف أيضا باسم "الابلكاج" يتكون من عدة طبقات من الخشب ذي الأبعاد الملتصقة مع بعضها البعض بطريقة دائمة باستخدام مواد لاصقة مقاومة للرطوبة، فالمادة اللاصقة تكون أشبه بالغراء ثم توضع فوق بعضها تحت مكبس.				

خصائص: قابل للثني والانحناء بشكل جيد، المتانة والصلابة والقوة، خفيف الوزن، صديقًا للبيئة، أكثر أنواع الأخشاب الصناعية استخداما، خلوه من عيوب الانكماش والانتفاخ، متعادل بسبب ترتيب طبقاته المتعاكسة، يتم تشكيل طبقاته بواسطة المكابس دون الحاجة إلى أي وصلات للحصول على الأسطح المنحنية.

مقاساته: ١٢٢ * ٢٤٤ وأيضا 153 * 153 ويتراوح سمك خشب الكونتر ما بين ١٢-١٦-١٨-٢٢ ملم.

قوة التشكيل والمرونة.

المشروع	الشكل	الخامة	التقنية	الرؤية الجمالية وأثرها على الأداء الوظيفي
Bone" " Chair جوريس لارمان Laarman Joris ٢٠٠٦م		• الألومنيوم Aluminum. شكل الخامة:	باستخدام أدوات التصميم والتصنيع الرقمي تم إنشاء نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد وصولا إلى الشكل المطلوب وعليه صب المعدن في قوالب السيراميك المطبوعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing.	استخدام لغة بيولوجية لإنشاء تصميم ذو قوة استثنائية، قوة ومتانة الألومنيوم تجعل عمره الافتراضي أطول، مقاوم للتآكل وخفيف الوزن، وقابل لإعادة التدوير.

مواصفات الخامة: الألومنيوم فلز خفيف ذو لون أبيض فضي، ويتميّز بانخفاض كثافته؛ وهو قابل للسحب والطرق، وهو أكثر الفلزات انتشاراً ترتيبه الثالث من بين أكثر العناصر الكيميائية وفرةً.

خصائص: القوة والخفة ومقاومة التآكل وقابلية إعادة التدوير والقابلية للتشكيل، مادة هيكلية هامة تسمح بزيادة الحمولات ولا يسمح بنفاذ أي رائحة.

الخواص الفيزيائية: لديه كثافة حوالي ثلث الحديد أو النحاس مما يجعله واحد من أخف المعادن، مناسب للبيئات الباردة، مقاوم للتآكل، موصل للحرارة، غير سام، موصل كهربائي عالي، الألومنيوم مثالياً كمواد عازلة للحماية من أشعة الشمس في الصيف، والعزل ضد فقدان الحرارة في الشتاء.

الخواص الميكانيكية للألومنيوم: الألمنيوم قابل للدوران وله نقطة انصهار وكثافة منخفضة، وفي حالة منصهرة يمكن معالجته بعدد من الطرق، تسمح ليونة الألومنيوم بتشكيل العديد من منتجات الألمنيوم، يمكن تشكيله عن طريق التدحرج والبثق والرسم والتشغيل الآلي والعمليات الميكانيكية الأخرى.

إبراز تصميمات ذات تشكيل حر وأكثر تعقيدا كان من الصعب التوصل إليها.

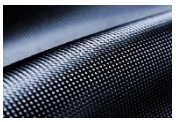
المشروع	الشكل	الخامة	التقنية	الرؤية الجمالية وأثرها على الأداء الوظيفي
"The TAMU Chair" باتريك جوين Patrick Join 2004م		• **مادة البولي أميد Polyamide.** **شكل الخامة:**	**عمليات التصميم التوليدية باستخدام الخوارزميات الرياضية ثم استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing.**	**قابل للطي وبالتالي يشغل ويوفر مساحة أقل، اتصال كل عنصر بعنصر آخر فيخلق تصميمًا وظيفيًا ومتماسكًا، استخدام نظام تحسين بحيث يكون الكرسي شفافًا وخفيفًا.**

مواصفات الخامة: البولي أميد عبارة عن سلسلة من البوليمرات التي تحتوي على روابط متكررة من الأميد (-CO-NH-)، تتكون أساساً من الأحماض الأمينية وأحماض أخرى ذات تركيب معقد في سلاسل طويلة ،والبولي أميد المصنع له اسم تجاري وهو النايلون ،أهم نوعين من البولي أميدات هما: نايلون ٦،٦ ونايلون ٦ .

خصائص: قوة شد عالية،مقاوم بشكل كبير للحرارة, المرونة،قوة الشد, المتانة, مقاومة جيدة للزيوت والفطريات والكثير من المذيبات .

الخواص الكيميائية: مقاومة عالية للتآكل ،انخفاض معامل الاحتكاك ،يتأثر بالأحماض القلوية إلا أنه مقاوم للهيدروكربونات والزيوت ،عالي الامتصاص للرطوبة مما يجعل أبعاده غير ثابتة ،يوجد النايلون على شكل حبيبات (للقوالب) وبودرة (للتغطية) و ألواح وخيوط وأعواد.

الطباعة ثلاثية الأبعاد لوصلات التجميع .

المشروع	الشكل	الخامة	التقنية	الرؤية الجمالية وأثرها على الأداء الوظيفي
"Ti-Join Chair" بيتر دوندرز Peter Donders 2015م	 	• ألياف الكربون Carbon fiber. • المعدن Steel. **شكل الخامة:** 	التجميع يدويًا، أنابيب من ألياف الكربون عن طريق وصلات معدنية مطبوعة ثلاثية الأبعاد (قالب رملي) 3D Printing.	توفر الوصلات الصلابة والقوة الهيكلية وتساعد على تقليل تكاليف الإنتاج وإفادة البيئة بشكل غير مباشر مع الحفظ على الشكل الجمالي ودقة التفاصيل.

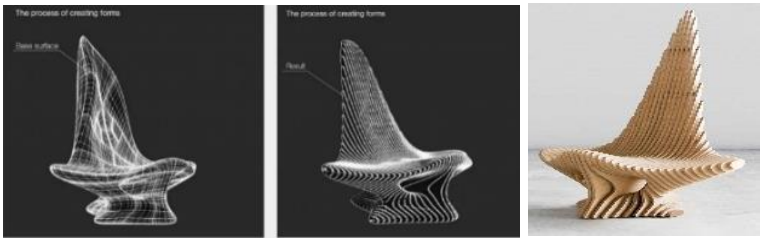
مواصفات الخامة: ألياف الكربون هي مواد تتألف من ألياف دقيقة للغاية ذات قطر يتراوح بين ٠,٠٠٥ و٠,٠١٠ ميليمتر وتتكون في معظمها من ذرات الكربون. ترتبط ذرات الكربون ببعضها في بلورات مجهرية موازية بشكل أو بآخر لمحور الألياف. هذا التوازي أو التوجه يجعل الألياف قوية جدا مقارنة بحجمها.

خصائص: الصلابة، المقاومة العالية للشد، المقاومة العالية للمواد الكيميائية، تحمل درجات الحرارة المرتفعة، معامل تمدد حراري منخفض، موصلة للكهرباء، مقاومة للاحتراق.

الخواص الكيميائية: مقاومة جيدة للتآكل للأحماض العضوية الشائعة وأملاح القلويات، غير قابلة للذوبان.

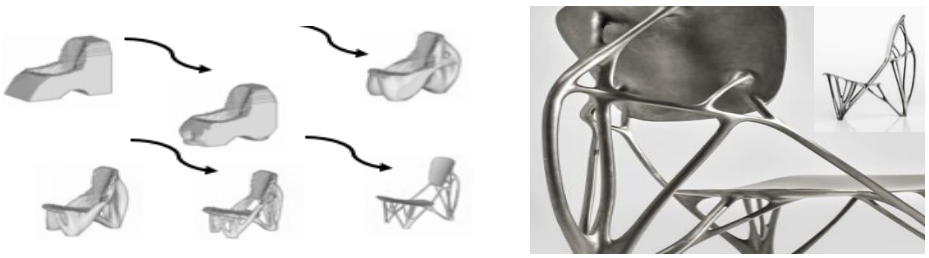
الخواص الفيزيائية: تتمتع بلونها الأسود، عندما تتكسر بضعة ألياف في جزء واحد، يتم توزيع الحمل بسرعة على ألياف أخرى غير منقطعة ولن يسبب ضررًا في وقت قصير.

- استخدام الخوارزميات البارمترية أدى إلى زيادة التصور والتخيل للأشكال من خلال استخدام منطق حسابي (Algorithm)، الذي يعتمد على كتابة برامج حسابية لعمل حسابات تنتج منها أشكال متعددة من المجسمات والفراغات ثلاثية الأبعاد.

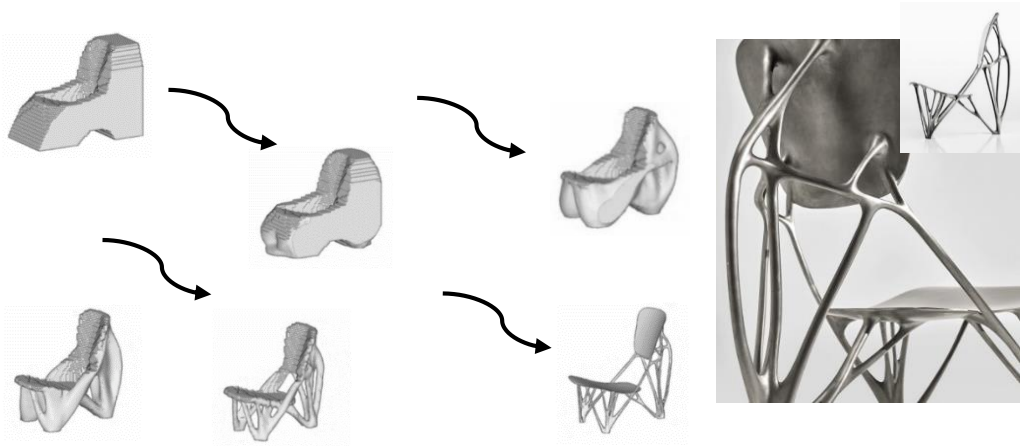


صورة رقم (٢١)
ساعدت النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد بواسطة برنامج ثلاثي الأبعاد (Three Dimensional Software) لتصميم الهيكل الهندسي للكرسي. by konstantin grcic Chair One

- ساعدت التقنيات الرقمية على تصور وبناء اشكال معقدة من الصعب تطويرها تصميميا باستخدام الأساليب التقليدية.



صورة رقم ٢٢)
سهلت أدوات التصميم والتصنيع الرقمي في إنشاء نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد ساعد على تطوير العملية التصميمية.



صورة رقم (٢٣)
سهلت أدوات التصميم والتصنيع الرقمي في إنشاء نموذج افتراضي ثلاثي الأبعاد ساعد على تطوير العملية التصميمية.

النتائج

1. على الرغم من استخدام نفس الخامة منذ بداية ظهورها الي وقتنا الراهن، إلا ان التطور التقني في تشكيل الخامة مكن من ظهور اشكال جديدة ومعقدة كان من الصعب الحصول عليها، وانعكس ذلك على الرؤية الجمالية للتصميم والأداء الوظيفي.

2. ساعدت الثورة الرقمية وظهور برامج الحاسب الآلي على اكتساب خبرات بصرية جديدة من خلال تحقيق أشكال وخطوط عضوية وعلاقات لم يتاح رؤيتها من قبل او تنفيذها، ان مرونة استخدام برامج الحاسب الآلي مكنت من سهولة عمليات الإضافة والحذف والدمج بسرعة وإبتكار تكوينات جديدة ساعدت على تطوير اللغة الجمالية في تصميم الأثاث.

٣. أثرت الخامات الحديثة والتقنيات الرقمية بشكل بليغ على تطور الرؤية الجمالية مما انعكس ذلك على تحقيق الأداء الوظيفي للتصميم من حيث المرونة والديناميكية والتفاعل والحصول على تشكيلات حرة أكثر تعقيدا.

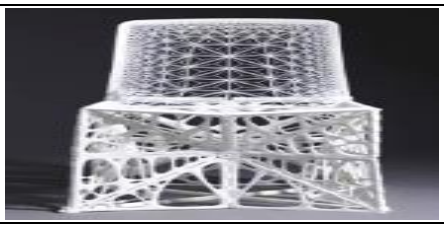
٤. تعدد الخامات والتقنيات دافع لتنمية القدرة الابتكارية وتجاوز الفكر التقليدي.

٥. لم تعد الخامة مجرد وسيط مادي يحمل الشكل؛ بل ان الخامة أصبحت عنصرا جماليا من خلال خواصها الحسية والتركيبية.

من خلال الجدول الآتي يحدد العلاقة بين الخامة والتقنية والشكل التصميمي في القرن ٢١ :

جدول (٤) -العلاقة بين الخامة والتقنية وتأثيرها على الشكل التصيمي -

الخامة	التقنية	الشكل التصميمي
-مادة ABS (أكريلونيتريل بوتادين ستايرين Acrylonitrile Butadiene Styrene) .	استخدام المعلومات الخوارزمية لتحديد الشكل من خلال تقنيات التصنيع التوليفية والإضافية ثم استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الابعاد 3D Printing.	
- خشب البلوط Oak Wood.	تقنية CNC بشكل وحدات وقطع صغيرة، ثم تجميعها يدويًا عن طريق كتابة رقم تسلسلي على كل قطعة.	
- خشب الجوز Wood Walnut.	باستخدام الحاسب الآلي عن طريق تقنية CNC ولصقها بالإيبوكسي بنمط هندسي.	
٧٧ قطعة من بلاستيك (ABS) Acrylonitrile Butadiene Styrene	الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printingبالأبيض والأسود.	
-الخشب الرقائقي Plywood.	استخدام الخوارزميات البارامترية بواسطة الحاسب الآلي للحصول على الشكل النهائي للكرسي، باستخدام تقنيات التصنيع الرقمي الثنائي الأبعاد 2D	

	(تقنية التقطيع) باستخدام ماكينة CNC للحصول على أقسام الخشب.	
-الألومنيوم Aluminum.	أدوات التصميم والتصنيع الرقمي للوصول إلى الشكل المطلوب وعليه صب المعدن في قوالب السيراميك المطبوعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing.	
-مادة البولي أميد Polyamide.	عمليات التصميم التوليدية باستخدام الخوارزميات الرياضية ثم استخدام تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد 3D Printing.	
-ألياف الكربون Carbon fiber. المعدن Steel.	التجميع يدويًا، بواسطة وصلات معدنية مطبوعة ثلاثية الأبعاد (قالب رملي) 3D Printing.	
-أرجل من الألومنيوم المؤكسد أو المطلي. -المقعد من الألمنيوم المصبوب	النمذجة الرقمية ثلاثية الأبعاد بواسطة برنامج ثلاثي الأبعاد Three Dimensional Software لتصميم الهيكل الهندسي للكرسي، ثم عمل قالب Mold لصب الجزء العلوي للكرسي من الألومنيوم.	
-خشب بتولا الرقائقي Birch Plywood. -قضبان معدنية Metal Rods.	باستخدام أدوات تصميم البارامترك وخوارزميات معقدة بواسطة برنامج Rhino3D، Grasshopper3D، ثم استخدام تقنية التصنيع الرقمي CNC لقطع شرائح الخشب ومدمج مع قضبان معدنية في الجانب مع فواصل بين الأقسام.	

التوصيات:

١. ضرورة اهتمام المصممين بالخامات ومواصفتها وإمكانات تشكيلها وكيفية تطويعها لتحقيق البعد الجمالي والوظيفي معا.

٢. الاهتمام بعلوم الحاسب الآلي واستخدام التكنولوجيا الحديثة المواكبة لكل عصر للحصول على تصميمات حديثة متطورة.

قائمة المصطلحات:

- **التصنيع الرقمي:** التصنيع الرقمي هو نوع من عمليات التصنيع حيث يتم التحكم في الآلة المستخدمة بواسطة الكمبيوتر. حيث تقوم البيانات الرقمية بتوجيه معدات التصنيع مباشرة لتشكيل أشكال هندسية مختلفة، غالبًا ما تأتي هذه البيانات من CAD (التصميم بمساعدة الكمبيوتر)، والتي يتم نقلها بعد ذلك إلى برنامج CAM (التصنيع بمساعدة الكمبيوتر). ناتج برنامج CAM هو البيانات التي توجه أداة تصنيع مضافة وطرح معينة مثل الطابعة ثلاثية الأبعاد أو أجهزة CNC.
- **مخطط Voronoi Cell :**مخططات Voronoi المعروفة أيضًا باسم(Voronoi Tessellations) على مستويات مختلفة في هياكل الخلايا الطبيعية، وأقراص العسل وأنماط فرو الحيوانات، هو نظام يقسم المساحة إلى مساحات فرعية بطريقة عضوية، في الرياضيات يعرف على أنه طريقة لتقسيم السطح إلى عدد من المساحات الأصغر.
- **مادة ABS:** أكريلونتريل بوتادين ستايرين نوع من البلاستيك هو بلاستيك حراري غير شفاف وبوليمر غير متبلور.

الدراسات السابقة:

١.دعاء عبد الرحمن محمد جودة -"القيم الجمالية والتكنولوجية لتوظيف الخامات الحديثة في التصميم الداخلي والأثاث "- رسالة ماجستير - قسم التصميم الداخلي والاثاث -كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان ٢٠٠٠- تتحدث الرسالة عن التكامل بين القيم الجمالية والأساليب التكنولوجية في تنفيذ أعمال التصميم الداخلي وتصنيع الأثاث بالخامات الحديثة والتأكيد على دور الخامات الأساسي في العملية التصميمية.

٢.أحمد سمير كامل – "أثر الخامات الحديثة في إثراء الفكر التصميمي للفرال الداخلي " - بحث منشور - قسم التصميم الداخلي والاثاث - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان- يتحدث البحث عن استفادة المصمم من التقدم التكنولوجي والتنوع فى الخامات فى تطوير الفكر التصميمي للأثاث. لذا يهدف البحث إلى توضيح دور تكنولوجيا الخامات والذي كان له عظيم الأثر فى تطوير مفاهيم تصميم وتشكيل الأثاث، والتنفيذ باستخدام التقنيات الحديثة.

سها سمير رمضان - "أثر التطور الفلسفي في الفكر المعماري علي التصميم الداخلي لعمارة القرن ٢١"- رسالة دكتوراة -كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان -٢٠١٧- تتحدث الرسالة عن دراسة الاتجاهات المعمارية الحديثة في ظل المستجدات التي يشهدها العالم من تطور مدخل هام ، للوصول إلي نظريات مختلفة تعمل على تطور التصميم الداخلي ، وتهدف الي إيجاد مرجعية للمدارس والاتجاهات المعمارية لأواخر القرن العشرين ومطلع القرن ا

المراجع:

المراجع العربية

1. المسلمى، أحمد محمد رأفت. (٢٠٠٧). العلاقة بين الفكر التكنولوجي المتقدم والاتجاهات الحديثة لتصميم الأثاث، رسالة دكتوراة، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان. ص ١.

almuslmaa ،'ahmad muhamad rafat. (٢٠٠٧). alealaqat bayn alfikr altiknulujii almutaqadim walaitijahat alhadithat litasmim al'athathi, risalat dukturat, kuliyat alfunun altatbiqiati, jamieat hulwan. s ١

2. الزبدي، منصور عبد الله. (٢٠٠٧). الاتجاهات المعمارية العالمية وتأثيرها على العمارة المعاصرة في اليمن، رسالة دكتوراة، كلية الهندسة، جامعة القاهرة. ص ١٥.

alzabadi, mansur eabd allah. (2007). aliatijahat almiemariat alealamiat watathiruha ealaa aleimarat almueasirat fi alyaman, risalat dukturat, kuliyat alhandasati, jamieat alqahirati. s 15.

3. حسين، نرمين محمد. (٢٠٢٠). رؤية تصميمية لجماليات الخامات المحلية لإضافة قيمة تشكيلية تميز الأثاث المصري، رسالة ماجستير، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان. ص ٨٩.

hsin, nirmin muhamad. (٢٠٢٠). ruyat tasmimiat lijamaliaat alkhamat almahaliyat li'iidafat qimat tashkiliat tumayiz al'athath almisria, risalat majistir, kuliyat alfunun altatbiqiati, jamieat hulwan. s ٨٩

1. الشايب، جلال احمد. (٢٠١١). تاريخ العمارة الداخلية الحديثة. عالم الكتب للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر. ص ١٣٦.

alshaaybi, jalal ahmad. (٢٠١١). tarikh aleimarat aldaakhiliat alhadithati. ealam alkutub lilnashr waltawzieu, alqahirata, misr. s ١٣٦

المراجع الأجنبية

1- Design Museum. (٢٠١١). Fifty Chairs That Changed the World. Conran Octopus Ltd Publishing. london.

2- Andrea Mehlhose, Fremdkörper Studio. (2013, March 15). Modern Furniture: 150 Years of Design. H.F. Ullmann Publishing Gmbh.p690.

3- Jim Postell, (2012). Furniture Design. John Wiley & Sons Publishing Canda. p85.

4- Máčel, O., Woertman, S., & Wijk, V. C. (2008). Chairs: Catalogue of the Delft Faculty of Architecture Collection. nai010 publishers. p14.

5- Meadmore, C. (2019, August 14). The Modern Chair: Classic Designs by Thonet, Breuer, Le Corbusier, Eames and Others (Illustrated). Dover Publications. New York. p40.

6- Md Enamul Hoque, (2011). Advanced Applications of Rapid Prototyping Technology in Modern Engineering. Books on Demand Publishing. Croatia. P10.

7- Iwamoto, L. (2012). Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques (Architecture Briefs) (144 p.). Princeton Architectural Press.London. P111.

8- Woodham, J. M. (2016). A Dictionary of Modern Design (Oxford Paperback Reference) (1st Edition.). Oxford University Press. United Kingdom.

9- John Stewart. (2018). Nordic Classicism: Scandinavian Architecture 1910-1930. Bloomsbury Publishing. London.UK. Kingdom.

10- Goldberger, P. (2015, September 15). Building Art: The Life and Work of Frank Gehry (First Edition). Knopf.NewYork. p171.

الأبحاث المنشورة

1. Marco Hemmerlin, Ulrich Nether. (٢٠١٤). Generico “A case study on performance-based design”, Volume 1, Num8.

2. M Hussain & Shaima Hassan. (2016). The application of 3D printing technology in mass production of furniture ,Volume 6, Issue 4.

المواقع الإلكترونية

1- https://formlabs.com/blog/digital-fabrication-101/

2- https://www.shapecut.com.au/what-are-laser-cutting-machines/

3- https://www.uti.edu/blog/cnc/6-cnc-machines.

4- https://amfg.ai/2019/02/05/what-is-4d-printing/

5- https://www.techrepublic.com/pictures/from-self-assembling-furniture-to-curving-racing-car-wings-seven-gifs-that-show-the-future-of-4d/

6- https://www.yankodesign.com/2019/01/29/parametrically-designed-generico-chair-takes-on-your-weight-with-half-the-volume/
7- https://www.designboom.com/design/marco-hemmerling-ulrich-nether-additive-generico-chair-04-09-2014/
8- https://www.jorislaarman.com/work/makechairs/
9- https://www.friedmanbenda.com/editorial/joris-laarman-maker-series/
10- https://www.vitra.com/en-at/product/wiggle
11- https://www.jorislaarman.com/work/makechairs/
12- https://www.fiamitalia.it/en/ghost
13- https://www.designboom.com/technology/patrick-jouin-unveils-3d-printed-tamu-chair-prototype-04-12-2019/
14- https://peterdonders.com/index.php?channel=home&page=portfolio&show=TI_join&lang=en