

## تكنولوجيا التصنيع بالإضافة وانعكاساتها في التصميم الصناعي المعاصر Additive manufacturing technology and implications on contemporary industrial design

د. وميض عبدالكريم محسن

قسم التصميم، كلية الفنون الجميلة، جامعة بغداد، بغداد، العراق

**كلمات دالة Keywords:**  
التصنيع بالإضافة  
Additive  
Manufacturing  
التصميم الصناعي  
Industrial Design  
التصنيع الرقمي  
Digital Manufacturing

### ملخص البحث Abstract:

لا شك ان مجال التصميم الصناعي واحدا من اهم المجالات الحديثة ليس لكونه يرتبط فقط بكل ما يحيط بالانسان من منتجات , وانما لكونه أيضا يرتبط بكل العلوم والتكنولوجيا الحديثة التي باتت تتجسد حال ظهورها في نتاجاته او تنعكس عليها. من هذا المنطلق بدأت فكرة هذا البحث في تناول اهم تكنولوجيا ظهرت حديثا الا وهي تكنولوجيا التصنيع بالإضافة Additive manufacturing والتي لاهميتها أصبحت تسمى بالثورة الصناعية الثالثة. وقد كانت مشكلة البحث تتلخص في طرح التساؤلات حول ما هي إمكانات هذه التكنولوجيا الجديدة الثورية ؟ وكيف من الممكن ان تنعكس على التصميم الصناعي المعاصر بكل مجالاته المختلفة ؟  
اما أهمية هذا البحث تتأتى من كونه يتعاطى مع اخر المستجدات التكنولوجية الحديثة ودراسه ما يمكن ان تضفيه هذه التكنولوجيا في مجال متجدد وحيوي كالتصميم الصناعي. وعليه فقد تلخصت اهداف الدراسة بتحديد الانعكاسات المباشرة وغير المباشرة لتكنولوجيا التصنيع بالإضافة والجوانب التي من الممكن ان تكون فاعلة فيها في مجال التصميم الصناعي المعاصر.  
وتوصلت الدراسة الى تحديد آخر التطورات في التقنيات الحديثة كما حددت كيفية الاستفادة من هذا المجال المتجدد سريعا والدائم التطور في أنشطة التصميم الصناعي المختلفة. كما نجحت الدراسة في تحديد النتائج المباشرة وغير المباشرة لتقنية التصنيع بالإضافة والاعتبارات التي يمكن ان يكون لها تأثير في التصميم الصناعي المعاصر.

Paper received 2<sup>nd</sup> November 2017, accepted 8<sup>th</sup> December 2017, published 1<sup>st</sup> of January 2018

ماهي إمكانات تكنولوجيا التصنيع بالإضافة ؟ وكيف من الممكن ان تنعكس على التصميم الصناعي المعاصر ؟

### أهمية البحث Significance:

ان لقاء الضوء على اخر المستجدات وتطويرها في المجال البحثي التصميمي هو ضرورة لا بد منها وسيروية مستمرة تتأتى أهميتها في مواكبة كل ما هو جديد وما يمكن ان يشكل من إضافة ناعمة وفاعلة في مجال متجدد وحيوي كمجال التصميم الصناعي يمكن ان تستثمر من اجل اسباغ سمة العصرية والتطور المستمر عليه. وتعتبر تكنولوجيا التصنيع بالإضافة من اهم المستجدات الحديثة التي باتت تنمو وتنتشر بازدياد متسارع لما تمثله من ثورة عصرية وانقلاب حقيقي لكل تقنيات الإنتاج التقليدية واختصاراً لسلسلة مراحلها الطويلة.

### أهداف البحث Objectives:

تحديد الانعكاسات المباشرة وغير المباشرة لتكنولوجيا التصنيع بالإضافة والجوانب التي من الممكن ان تكون فاعلة فيها في مجال التصميم الصناعي المعاصر.

### الإطار النظري Theoretical Framework:

تحديد وتعريف المصطلحات :

تكنولوجيا التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing Technology

تعرف تكنولوجيا التصنيع بالإضافة حسب الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد (ASTM) بأنها عملية وصل المواد لتشكيل الأشياء من بيانات نماذج ثلاثية , اذ تستخدم طريقة الطبقات المتعاقبة خلافا لطرق التصنيع الطرحية. وتعرف هذه العملية أيضا باسم التشكيل بالإضافة, التشكيل الحر , النماذج الأولية السريعة والطباعة ثلاثية (20,p251).

### التصميم الصناعي

تصف جمعية المصممين الصناعيين في أمريكا (IDSA) التصميم الصناعي باعتباره خدمة احترافية تحسن (الوظيفة , القيمة , المظهر ) من اجل المنفعة المتبادلة لكل من المستخدم والجهة المصنعة. فهو دراسة الشكل والوظيفة , وتصميم العلاقة بين الأشياء , البشر والمساحات (11,p2).

### مقدمة Introduction:

لا شك ان مجال التصميم الصناعي واحدا من اهم المجالات الحديثة ليس لكونه يرتبط فقط بكل ما يحيط بالانسان من منتجات , وانما لكونه أيضا يرتبط بكل العلوم والتكنولوجيا الحديثة التي باتت تتجسد حال ظهورها في نتاجاته او تنعكس عليها. من هذا المنطلق بدأت فكرة هذا البحث في تناول اهم تكنولوجيا ظهرت حديثا الا وهي تكنولوجيا التصنيع بالإضافة Additive manufacturing والتي لاهميتها أصبحت تسمى بالثورة الصناعية الثالثة. وقد كانت مشكلة البحث تتلخص في طرح التساؤلات حول ما هي إمكانات هذه التكنولوجيا الجديدة الثورية ؟ وكيف من الممكن ان تنعكس على التصميم الصناعي المعاصر بكل مجالاته المختلفة ؟  
اما أهمية هذا البحث تتأتى من كونه يتعاطى مع اخر المستجدات التكنولوجية الحديثة ودراسه ما يمكن ان تضفيه هذه التكنولوجيا في مجال متجدد وحيوي كالتصميم الصناعي. وعليه فقد تلخصت اهداف الدراسة بتحديد الانعكاسات المباشرة وغير المباشرة لتكنولوجيا التصنيع بالإضافة والجوانب التي من الممكن ان تكون فاعلة فيها في مجال التصميم الصناعي المعاصر.

### مشكلة البحث Statement of the problem:

ترتبط النتاجات التكنولوجية الحديثة ارتباطا مباشرا ومؤثرا في التصميم الصناعي من نواح عديدة. تبدأ هذه المؤثرات من مرحلة التصميم نفسها وما يستخدم فيها من تقنيات تسهم في بلورة الأفكار التصميمية على اختلاف تعقيدها , مروراً بمراحل الإنتاج التي تتحقق باستخدام العديد من تكنولوجيا التصنيع , وانتهاءً باعتبار التكنولوجيا والتقنيات الحديثة كنتاج مهم واجب التوظيف في المنتجات الصناعية الحديثة على اختلاف أنواعها.  
ولا شك ان بزوغ أي تكنولوجيا حديثة تحتم على المصمم التعاطي معها باعتبارها (وسيلة ونتاج), وعليه فان ظهور تكنولوجيا التصنيع بالإضافة وتطور جميع تقنياتها بصورة تصاعديّة تحتم على المصمم استكشافها ودراسة إمكانياتها وفهم معطياتها من اجل التعاطي معها بطريقة يمكن من خلالها استثمار كل ما يمكن ان تقدمه من نتاجات تعود على العملية التصميمية برمتها بالنفع والتجديد.  
من هنا برزت مشكلة البحث الحالي التي تطرح تساؤلات حول

التصنيع بالإضافة , من ادنى درجة انصهار للمواد البوليمرية الى اعلى درجة لذوبان المعادن والسيراميك إضافة الى أنواع مختلفة من المواد بما في ذلك السوائل , المساحيق , الاسلاك .. الخ. ان انتاج اجسام مادية في فترة قصيرة مباشرة من نماذج CAD يساعد على تقصير خطوات تطوير الإنتاج (8,p2) . وتشتمل طريقة عمل التصنيع بالإضافة AM على إضافة طبقات من المادة لتكوين الأجزاء. وتكون كل طبقة عبارة عن مقطع عرضي رقيق مشتق من بيانات CAD الاصلية. اذ تكون هذه الطبقات بسلك محدود بطريقة تجعل من تراتبها فوق بعض تجسيدا تقريبا للشكل الأصلي. وتكون هذه المراحل كالآتي:

1- التصميم بالحاسوب CAD: يجب ان تبدأ كل أجزاء التصنيع بالإضافة من نماذج برمجية التي تتضمن كل تفاصيل التكوين النهائية للمنتج. والتي تبني بواسطة برامج ال CAD المتخصصة. مثلما الحال كذلك في معدات الهندسة العكسية Reverse engineering equipment كالليزر والمسح الضوئي التي يمكن ان تستخدم أيضا بمجال تكوين النماذج المجسمة.

2- التحويل الى الملفات المجسمة STL stereolithography : كل آلات AM تقبل الملفات المجسمة. والتي أصبحت من المعايير الفعلية التي يحتويها أي نظام CAD متخصص اذ تصف هذه الملفات الاسطح الخارجية الاسطح الخارجية للنموذج الأصلي وتشكل أساسا لحساب الشرائح.

3- النقل الى آلة التصنيع بالإضافة ومعالجة ملفات STL : يجب نقل ملفات STL التي تصف الأجزاء الى آلة AM والتي قد يحدث فيها بعض التعديلات العامة للملف كتعديل الحجم , الموضع والتكيف مع التكوين.

4- اعدادات الآلة : يجب ضبط اعدادات آلة AM قبل عملية الانشاء اذ تتصل هذه الاعدادات بمعايير البناء مثل القيود المادية ومصدر الطاقة وسلك الطبقة والتوقيت .. الخ .

5- البناء : ان عملية التشكيل هي عملية مؤتمتة في الأساس ويمكن لآلة ان تقوم بعمليات تشكيل كثيرة دون حاجة للتدخل باستثناء عملية الاشراف للتأكد من عدم حدوث أخطاء كنفاد المواد او الطاقة او خلل في البرامج التشغيلية .. الخ .

6- الازالة : بمجرد انتهاء آلة التصنيع بالإضافة من البناء يتوجب إزالة الأجزاء وهذا قد يتطلب تفاعلا مع هذه الآلة في جوانب قد تتعلق بالسلامة مثل التأكد ان درجات حرارة التشغيل منخفضة او ان هنالك أي أجزاء لا تزال متحركة .

7- المعالجة البعدية : حال إزالة الأجزاء من الآلة , قد تتطلب هذه الأجزاء اعمال انهاء إضافية كالتنظيف مثلا او قد تكون هنالك أجزاء ضعيفة او أجزاء أخرى يجب ازلتها والتي قد تتطلب في كثير من الأحيان المزيد من الوقت والحذر من قبل فنيين متخصصين.

8- قابلية التطبيق العلمي : بعض الأجزاء قد تكون جاهزة للاستخدام المباشر او قد تكون بحاجة الى اجراء معالجات إضافية قبل ان تكون مقبولة للاستخدام كإطلاء وقد تكون هنالك حاجة أيضا لتجميعها مع أجزاء أخرى ميكانيكية او مكونات إلكترونية لتشكيل النموذج النهائي (7,7-p4) .

**الفرق بين التصنيع بالإضافة والتصنيع بالتحكم الرقمي CNC**  
يخاط البعض بين تكنولوجيا التصنيع بالإضافة وتكنولوجيا التصنيع بالتحكم الرقمي بسبب اعتماد كلا الطريقتين على استخدام الحاسب الالى. وفي الحقيقة هنالك بعض المشتركات بين التصنيع بالإضافة وتقنية التصنيع باستخدام الحاسب الالى CNC. اذ تعتمد الأخيرة أيضا على الكمبيوتر في تصنيع المنتجات الا انها تختلف في كونها تعتمد على عملية الطرح بدلا من عملية الإضافة. ولذلك فهي تتطلب كتلة من المواد تكون اكبر من الجزء المراد تصنيعه. وتشتمل هذه الفروقات على الجوانب الآتية :

## التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing AM

كانت التكنولوجيا ولا تزال العصب الأساس والفاعل في تحريك عجلة التقدم والتطور بكل مجالاته وأصبحت مدخلاتها على اختلاف أنواعها عاملا رئيسا في تحقيق السبق والتفرد في أي مجال تنشط فيه وبالأخص موضوع بحثنا الذي يتناول تكنولوجيا التصنيع بالإضافة وما شكلته من إضافة نراها مهمة في مجال التصميم والبيئات المستحدثة.

اذ تعتبر تكنولوجيا التصنيع بالإضافة من التكنولوجيات المتقدمة في الوقت الحاضر والتي يتم من خلالها تقريب الشكل المنتج من مخططات التصميم بنسبة عالية جدا. ونتيجة لذلك أصبحت هذه التكنولوجيا تستخدم في مجالات الفضاء، السيارات، الالكترونيات، الطب، الروبوتات والطب الحيوي وما الى ذلك من المجالات الأخرى التي تتطلب دقة تصنيع عالية من ناحية الأبعاد والتفاصيل الدقيقة لما لها من إمكانية عالية في صنع المكونات المطلوبة في فترة قصيرة من الوقت بدقة عالية دون أي خطأ. وقد خضعت تكنولوجيا التصنيع بالإضافة الى تغييرات وتطورات جذرية بدءا من البلاستيك والبوليمرات وصولا الى المعادن والمواد المختلفة (10,p95).

ويعرف التصنيع بالإضافة Additive Manufacturing AM بأنه عملية صنع كائنات ثلاثية الأبعاد من خلال وصف رقمي او ملف , وتعتبر عملية إضافة لان المواد توضع في طبقات متتالية ( 13,p2). وقد كانت تسمى هذه العملية بالأصل بالنماذج الأولية السريعة rapid prototyping , اذ طورت هذه التقنية المهمة في 1980 لغرض التصنيع. وقد كانت تستخدم في مراحلها المبكرة لتشكيل النماذج الأولية واجرائها كتجسيم سريع لافكار المصممين الأولية. ثم تطورت تقنية النماذج الأولية السريعة بعد ذلك لتصل ذروتها في نهاية المطاف بما يسمى التصنيع بالإضافة additive manufacturing (AM) , والتي امكن من خلالها انتاج الأجزاء المطبوعة الحقيقية , إضافة الى النماذج الأولية باقصر وقت واقل تكلفة وتشكيل منتجات واشكال يصعب تشكيلها بالطرق الإنتاجية التقليدية (21,pvii).

وبما ان التصنيع بالإضافة هو مصطلح لفئة من التكنولوجيات التي تستخدم التصميم بمساعدة الكمبيوتر CAD في التصنيع على أساس طبقة فوق طبقة layer by layer في عملية بناء الأجزاء التي تستخدم مباشرة كمنتجات للاستخدام النهائي. لذلك فهو يسمى التشكيل الحر للمجسمات sold freeform fabrication , التصنيع الرقمي digital manufacturing , التصنيع المباشر direct manufacturing او التصنيع الالكتروني e-manufacturing . وفي الآونة الأخيرة تم استخدام مصطلح الطباعة الثلاثية الأبعاد 3D printing على نطاق واسع في وسائل الاعلام لتسمية تكنولوجيا التصنيع بالإضافة , التي من المتوقع ان تكون محرك الثورة الصناعية الثالثة بسبب امكانياتها المتقدمة (8,p1).

## مراحل عمل تكنولوجيا التصنيع بالإضافة

اكتسبت تكنولوجيا التصنيع بالإضافة دورا أساسيا في عملية التصنيع. باعتبار انها تسهل بناء أجزاء مختلفة من خلال إضافة الطبقات المتعاقبة باستخدام برامج الكمبيوتر ثلاثية الأبعاد. ولا تتطلب هذه التقنية أدوات القطع ومحاليل التبريد او المصادر الإضافية الأخرى المستخدمة في عمليات التصنيع التقليدية. اذا تسمح هذه التقنية بالاستفادة المثلى من التصميم بالإضافة الى القدرة على انتاج أجزاء مخصصة حسب الطلب. وتمتاز هذه التقنية بالعديد من المزايا عن الصناعات التقليدية مما أدى الى تسمية التصنيع بالإضافة (بالثورة الصناعية الثالثة) (21,p2).

وتختلف هذه التكنولوجيا عن تكنولوجيا إزالة المواد في عمليات التصنيع التقليدية , اذ تستند تماما على فكرة معاكسة من خلال تشكيل طبقة تلو أخرى وتماسك المواد في تكوينات افتراضية. ويمكن تطبيق مجموعة واسعة من المواد الخام في تكنولوجيا

الأجزاء لاستخدامها في عمليات متعددة المراحل كالصب. كما وانها تكون ممتازة في تشكيل المنتجات النهائية وخصوصا في مواد الفولاذ وسبائك المعادن الأخرى لإنتاج أجزاء عالية الدقة وجيدة الانهاء. بينما على العكس تحتوي بعض أجزاء تقنية التصنيع بالإضافة على فراغات او تباين في سطوحها.



شكل رقم (1) مراحل التصنيع بالإضافة (7،7) (p7)

المواد والهندسة الميكانيكية تعتبر ثورة هامة في الصناعات التحويلية ويعتبرها الخبراء بانها تكنولوجيا (الجيل القادم) (p6،8). وتتميز هذه التكنولوجيا بعدة مزايا تتعكس بصورة مباشرة وغير مباشرة على المنتجات الصناعية. إضافة الى انعكاسات أخرى ترتبط بالمصمم نفسه وبالمستخدم.

1- سرعة الإنتاج production speed : تتشكل الأجزاء دون الحاجة الى تشكيل القوالب مما يسمح أنتاج النماذج والاقزاء من أي تكوينات معقدة وحسب الطلب (p7،8). مما يجعل من عملية التصنيع عملية مباشرة تقتصر على مرحلة واحدة او مجموعة مراحل قصيرة حسب طبيعة المنتج. كما ان تقليل الأجزاء التي تتكون منها المنتجات تسهم كذلك في سرعة الإنجاز وانتفاء الحاجة الى عمليات التجميع والتركيب. "إضافة الى تحقيق وقت اسرع لتسويق المنتجات (p2،14). وتحقيق سمة السبق بين الشركات المتنافسة.

2- توفير التكاليف Cost saving : أصبحت الشركات التي تستخدم تكنولوجيا التصنيع بالإضافة قادرة على تفادي القيود والحواجز اذ يمكن معالجة ملفات التصميم رقميا في موقع مركزي واحد، وبعد ذلك يتم ارسال مخططات التصميم الثلاثية الى أي معمل تصنيع بالإضافة في جميع انحاء العالم وبالتالي خلق مصانع رقمية عالمية. ان افضل جوانب العملية هو الغاء الوقت والتكاليف المتعلقة بشحن الأجزاء عالميا. اذ يمكن انشاء الأجزاء في مصنع رقمي بالقرب من منشأة التصنيع متى وأين هنالك حاجة اليها. إضافة الى ان تكنولوجيا التصنيع بالإضافة تحقق توقع الوقت الحقيقي للإنتاج واستلام الأجزاء (p7،8). فضلا الى تقديم منتجات اقل تكلفة للمستخدمين النهائيين من خلال عملية الاستفادة من الحد الأدنى من الموارد (p3،21). مما يسبب من تخفيض أسعار المنتجات وجعلها متاحة للجميع.

3- التصنيع الأخضر Green manufacturing : سهلت تكنولوجيا التصنيع بالإضافة إصلاح واستبدال الأجزاء لمجموعة واسعة من المنتجات المعطلة بدل من اتلافها مما يؤدي الى تقليل النفايات وكذلك تقليل استخدام الموارد من ناحية الخامات والطاقة (p177،6). كما تكون عمليات التصنيع بالإضافة صديقة للبيئة سواء في استخدام مصادر طاقة نظيفة او حتى في تقليل النفايات الناتجة مقارنة بعمليات التصنيع التقليدية التي يحصل فيها هدر كبير للطاقة وتأثير سلبي كبير على البيئة ، لذلك يكون التصنيع بالإضافة مرتبط

1- الخامات : تم تطوير تقنية AM للتعامل مع المواد البوليمرية ، الشمعية والصفائح الورقية. وأحرزت بعد ذلك تقدما من خلال استخدام المواد المركبة والمعادن والسيراميك. فيما تستخدم CNC المواد الهشة نسبيا مثل اللوح الليفي medium density fiberboard MDF و المواد الرغوية والشمعية وحتى بعض البوليمرات. غير ان استخدام تقنية CNC لتشكيل المواد تركز اكثر على اعداد

2- السرعة : تكون مكائن CNC اسرع بكثير من مكائن AM من خلال إزالة نفس كمية المواد التي تشكلها مكائن AM. ولكن تتطلب تقنية MA مرحلة واحدة لإنتاج تكوين ما بينما تتطلب تقنية CNC الى عدد من المراحل وخاصة في الأجزاء المعقدة التكوين. لذلك يجب ان يكون الحكم في جانب السرعة شاملا للعملية التكوينية للمنتج برمته وليس مقصورا على بعض الأجزاء. كما ان عملية التكوين باستخدام تقنية CNC تكون متعددة المراحل الامر الذي يتطلب إعادة تموضع او نقل الأجزاء وتحريكها داخل الجهاز الواحد او استخدام اكثر من جهاز. بينما على العكس في تقنية MA قد يتطلب التكوين بضع ساعات فقط وغالبا ما يتم تشكيل أجزاء متعددة ومختلفة في عملية تكوينية واحدة فقط.

3- التعقيد : تتميز تقنية MA بقدرتها على إنتاج أجزاء فائقة التعقيد على العكس من تقنية CNC التي لا يمكن من خلالها تشكيل بعض التفاصيل كالممنحنيات وغيرها من التفاصيل الداخلية في المنتجات المصنعة او التفاصيل الأخرى التي تتطلب اجراء عمليات إنتاج إضافية بواسطة أجهزة إضافية مختلفة او أحيانا تتطلب تقسيم بعض التكوينات الى مجموعة أجزاء ثم يتم تجميعها في مرحلة لاحقة. بينما تكون عمليات التصنيع بالإضافة غير مقيدة ويمكن من خلالها تشكيل أي تفاصيل بدون عمليات إضافية مساعدة. فعلى سبيل المثال لو اردنا صنع سفينة داخل زجاجة فعلى الأرجح سنقوم الأجهزة التقليدية بتصنيع كل من السفينة والزجاجة على حدة ثم محاولة إيجاد طريقة لما لوضع السفينة داخل الزجاجة بينما باستخدام طريقة التصنيع بالإضافة فيمكن بناء هذا الانموذج بعملية واحدة فقط.

4- الدقة : تعمل الات التصنيع بالإضافة بدقة تصل الى بضع عشرات من المايكرون Microns. كما ان الات التصنيع بالإضافة يمكن ان تعمل بدقة مختلفة وعلى اختلاف محاورها. وفي الناحية الأخرى تعتمد دقة الات التصنيع CNC على قطر أدوات القطع الدوارة التي تقوم بحفر الخامات وتشكيلها (P10-12،15).

#### مزايا ومجالات تطبيق تكنولوجيا التصنيع بالإضافة

تطورت تكنولوجيا التصنيع بالإضافة خلال 20 عاما لتدخل مرحلة النمو المتقدمة لتصبح الآن منافسة لتقنيات التصنيع التقليدية من حيث التكلفة والسرعة والدقة والموثوقية. وتعتبر تكنولوجيا التصنيع بالإضافة التي تنطوي على تكامل شامل لتكنولوجيا الليزر وعلوم

من خلال تكنولوجيا التصنيع بالإضافة التي أصبحت توفر إمكانية تجسيد عقد التصميم وابعاد الخيالات التي من الممكن ان تتحقق بطريقة دقيقة ومبسطة (p88,17). وبذلك تسمح تكنولوجيا التصنيع بالإضافة بإعادة النظر في الأساسيات والمحددات مما يسهم في إعادة تكوين وخلق منتجات جديدة ومطورة متحررة من قيود التصنيع التقليدية (p4,5). فبدلاً من الطلب من المصممين بتطوير أفكار موضوعة سابقاً، أصبحت الشركات تطلب منهم الآن بخلق أفكار مبتكرة تلبى احتياجات المستهلكين ورغباتهم ليس من أجل خلق منتجات فقط وإنما بخلق خبرات جديدة أيضاً. إذ يعتبر الدور السابق هو دور تكتيكي يؤدي إلى خلق قيم محدودة، بينما الأخير هو استراتيجي يؤدي إلى قيم جديدة. في هذا الإطار فإن تفاعل المصممين مع تكنولوجيا التصنيع بالإضافة لا يقتصر على تكوين النماذج الأولية فقط كما كان سابقاً، ولكن باعتبارها تكنولوجيا تصنيع إبداعية وملهمة والتي تتطلب طريقة مختلفة للتفكير في قضايا التصميم (p61,19). ومن أجل لمس هذا الجانب بتطبيقه المادي نلاحظ المثال الاتي الذي يمثل آلة موسيقية قام المصمم من خلالها بتصميم تكوين مبتكر من خلال الاستعارة الشكلية لشبكة العنكبوت وتوظيفه بطريقة ثلاثية التكوين العام للاله دون التقيد بمحددات التصنيع التقليدية أو تكوين قوالب خاصة.



شكل رقم (3) آلة موسيقية على شكل شبكة عنكبوت مجسمة (p89,17)

اذ تم تصنيع هذه الآلة باستخدام تقنية تلبد الليزر الانتقائي والتي كانت من الممكن ان تكون مكلفة باستخدام أساليب التصنيع التقليدية. لولا استخدام تكنولوجيا التصنيع بالإضافة التي كانت هنا ضرورة لا بد منها لتجاوز المشاكل المشتركة بين فريق التصميم وفريق التنفيذ فيما يتعلق بإمكانية تنفيذ أفكار المصممين مهما كانت معقدة (p89,17). وهكذا أصبحت حرية التصميم the design freedom من أهم المزايا التي تقدمها تكنولوجيا التصنيع بالإضافة بل وتتفرد فيها (p96,10) مما يسهم في تطوير أفكار المصممين وإطلاقها لمجالات إبداعية أوسع.

6- تقليل وزن المنتجات: يمثل وزن المكونات المادية للمنتجات عنصراً ضاغظاً ومؤثراً على التعاطي مع المنتج من نواح عديدة، فالمنتجات الخفيفة تكون أرخص في الشحن، وأسهل في التعبئة والتغليف وتتطلب عمالة أقل للمناولة. فضلاً عن ذلك فإنها توفر ميزة تسويقية مهمة من خلال إمكانية استخدام خدمات البريد السريع مثل ( DHL, FedEx ) وغيرها من الخدمات الأخرى في الحصول على المنتجات وإيصالها لمستخدميها النهائيين بأسرع الطرق مع تقليل كلفتها مما يجعل المستهلكين أكثر سعادة ورضى (p27,9). بالإضافة إلى فوائد هذا الجانب الأرجنوميكية على المستخدم. وتحقق تكنولوجيا التصنيع بالإضافة إمكانية إنتاج هياكل خفيفة الوزن وفي نفس الوقت ذات قوة تحمل عالية مما يعطيها ميزة تحسين العلاقة بين المحتوى المادي والأداء. هذا الجانب ممكن ان يسهم بشكل كبير في تطوير منتجات جديدة تماماً وخصوصاً في قطاعات مهمة مثل الفضاء والطيران

ارتباطاً وثيقاً مع التنمية المستدامة والنمو الأخضر (p7,8). إمكانية تلبية الاحتياجات المختلفة لكل فرد من العملاء الأمر الذي يؤدي إلى تحسين الرفاهية العامة بين الأفراد (p3,20). فمع تطور توجهات التصميم الحديثة لم يعد دور المصممين يقتصر على تصميم المنتجات المادية، وإنما بناء أنواع جديدة من العمليات، الخدمات، التفاعل مع المنتجات، وسائل الترفيه وطرق التواصل وجميع أنواع الأنشطة التي تركز على الإنسان. وبفضل الابتكارات التكنولوجية وإمكانات التصنيع بالإضافة فقد أصبح يمكن للمستهلك ان يشارك في انشاء المنتج النهائي (p60,19). إذ توفر تكنولوجيا التصنيع بالإضافة فرص متواصلة لتطوير المنتجات وتغيير أجزاء معينة فيها وفقاً لمتطلبات العملاء واحتياجاتهم دون الحاجة لعمل قوالب جديدة ودون تكاليف إضافية (p241,18). احد تطبيقات هذا الجانب المهمة كانت في عام 2014 عندما عرضت تكنولوجيا التصنيع الدولية في شيكاغو اول سيارة مطبوعة بطريقة التصنيع بالإضافة باسم ستراتي Strati، والتي طبعت كقطعة واحدة. إذ تم تشكيل جميع هيكل وبدن السيارة باستثناء المكونات الميكانيكية مثل المحرك ونظام التعليق والبطارية والاجزاء الأخرى التي يجب تجميعها بشكل منفصل. وتأمّل الشركة المصنعة ( لوكل موتورز Local Motors ) في إنتاج السيارة باستخدام تقنية الطباعة الثلاثية بنسبة 90%. و استخدام ميزات جمالية مختلفة عالية التخصيص وفقاً لمتطلبات كل فرد على حدة (pp278-279,5). ويعتبر هذا الجانب إنجازاً مهماً في جانب تطوير المنتجات نحو اهتمامات المستخدمين ومتطلباتهم الشخصية والخروج عن أهم محددات الإنتاج الكمي في إطار المنتج الواحد وبالأخص في مجال تصاميم السيارات التي لا تتغير تصاميمها لثلاث سنوات أو أكثر بسبب محددات الإنتاج الكمي وكلفه العالية.



شكل رقم (2) سيارة ستراتي Strati المنتجة بالطباعة الثلاثية (p280,5)

5- حرية التصميم The Design freedom: لا شك ان النهج المتبع في تقنيات التصنيع الشائعة حدد من إمكانية تغيير المصممين للأشكال الأولية السائدة في التصاميم وتوليد تصاميم مبتكرة لاعتبارات متعددة تتعلق بكلف الإنتاج وتشكيل القوالب وتعقيدها أو حتى تدخل خبراء الإنتاج (pp 634-635,22). إذ أصبح " من الشائع قبول بان المصممين لديهم حرية محدودة " (p10,1). إذ يقوم المصممون بتحجيم بعض القيم الجمالية والوظيفية في بعض الأحيان من أجل تقليل تكاليف المنتجات إلى نسب مقبولة بسبب القيود التكنولوجية لأساليب التصنيع التقليدية. وغالباً ما يواجه المصممون عقبة ( لا يمكن صنع مثل هذا الشيء ) من قبل مهندسي التصنيع مما يضطرهم إلى تعديل تصاميمهم مما يؤثر بطريقة سلبية على تجسيد رؤيتهم التصميمية وتحدد من خيالهم الأمر الذي يعكس بالتالي على رغبة المستهلك وطول عمر المنتج. ويمكن تخطي جميع هذه المشاكل والقيود

7- إتمام صفقات المبيعات : تتفاوت المنتجات في احجامها ويكون العديد منها ذات احجام كبيرة مما يؤثر ذلك سلبا في بعض الأحيان على إتمام صفقات المبيعات اذ غالبا ما يرغب المستثمرون والمشترون بروبة المنتجات والشعور بها قبل قرار الاستثمار او الشراء. وهو ما كان صعب التحقيق او مكلف بدرجة عالية. وقد حققت تقنية التصنيع بالإضافة هذا الجانب واصبح بالإمكان صنع نماذج مصغرة من أي منتج او حتى صنع المنتجات نفسها بقياساتها الحقيقية (p452,16). وبالتالي تقرب المنتجات من المهتمين وانجاح عمليات الاقناع.

كما ويمكن بناء هياكل خفيفة الوزن بواسطة تكنولوجيا التصنيع بالإضافة بطريقة كاملة او حتى عن طريق الجمع بينها وبين طرق التصنيع التقليدية لخلق ما يسمى بالمنتجات الهجينة hybrid products من أجل استخدام مزايا كل تكنولوجيا لتحقيق اداء افضل. اذ وكما نلاحظ في الشكل التالي تم الجمع بين طباعة أجزاء من القاعدة وجميع القطع الموصلة مع طرق التنجيد التقليدية من أجل تقليل نسبة الوزن وتحسين الأداء من خلال احتساب الحد الادني من المواد لتحتمل أقصى وزن للجلوس في تصميم مقعد جلوس (p98,3).



شكل (5) مقعد خفيف الوزن هجين بالاعتماد على تكنولوجيا التصنيع التقليدية وتكنولوجيا التصنيع بالإضافة (p98,3)

ورغبتهم مما يؤدي الى خلق منتجات اكثر نجاحا وقبولا وقربا من المستخدمين .

2- المنتج :

- زيادة عمر المنتج وإمكانية تعديله وإدامته اثناء مرحلة الاستخدام بسبب إمكانية إعادة طبع أي جزء فيه.
- تكون المنتجات المصنوعة اكثر دقة وموثوقية وذات كفاءة عالية ، كما تكون ذات متانة كبيرة بسبب قلة الأجزاء المكونة وتشكيلها بتكوين مجسم واحد وليس أجزاء مجمعة مع بعضها.
- تمتاز المنتجات المصنوعة بطريقة التصنيع بالإضافة بخواصها الارجنوميكية العالية بسبب خفة وزنها والمرونة العالية في تصميم وتشكيل اجزائها .
- إمكانية تنفيذ المنتجات على اختلاف اشكالها ومهما بلغت من تعقيد ، كما تسهم في تلافي جانب (الشكل الواحد) كاحد مظاهر الإنتاج الكمي.

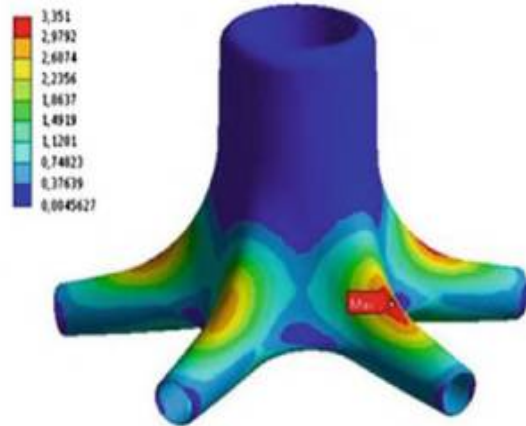
3- المستخدم :

- تنوع المنتجات المقدمة وزيادة الخيارات المتاحة مع إمكانية الحصول على منتجات مصممة او معدلة حسب الطلب مما يؤدي الى توافق المنتجات مع متطلبات

(p495,4). اذ اصبح للتصنيع بالإضافة دور مهم في قطاع الطيران وقطاع النقل ، من خلال تأثيرها المزدوج على وزن الأجزاء التي يتم نقلها من جهة وانخفاض وزن المركبات والطائرات من جهة أخرى اذ تسهم في خفض نسبة وزن الأجزاء المطبوعة من 40-60% مما يجعل الطائرات تستهلك وقود اقل بكثير. ولذلك تم استخدام الأجزاء المطبوعة بالفعل في طائرات الابرصاص التجارية في الموديلات A350 و A320 ومجموعة A300/A310 (p42,2)



شكل (4) مسند المقصورة لطائرة ايرباص Airbus A350 XWB مصنوع بطريقة الطباعة الثلاثية (p43,12)



شكل (5) مقعد خفيف الوزن هجين بالاعتماد على تكنولوجيا التصنيع التقليدية وتكنولوجيا التصنيع بالإضافة (p98,3)

- 1- تقليل الأجزاء المكونة للمنتج وإمكانية عمل منتج متكامل وكانه قطعة واحدة (p11,5) مما يقلل أيضا من طرق الربط واثارها الشكلية كالثقوب واللحام وأدوات الربط المختلفة. كما ان بناء الأجزاء كقطعة واحدة دون مفاصل او أجزاء رابطة تسهل في جعل المنتج اقوى هيكليا واكثر موثوقية مما يؤدي الى السلامة الشاملة للمنتج (p42,12). وخصوصا بالنسبة للاجزاء والمنتجات التي تتعرض لاجهادات عالية .

#### الاستنتاجات Findings :

انعكست تكنولوجيا التصنيع بالإضافة على التصميم الصناعي في أوجه متعددة ، يمكن تصنيفها كالآتي :

1- المصمم :

- تسهم حرية التصميم وتحجيم المحددات التصنيعية فتح باب الابداع والابتكار بالنسبة للمصمم وتوجيه أفكاره نحو مديات أوسع متجاوزا كل العقبات السابقة الامر الذي يؤدي الى تكوين تصاميم اكثر خيالا وابداعا.
- تلافي الأخطاء التصميمية بصورة اسرع من السابق من خلال تجربة وتحليل المنتج واختبار امكانياته قبل تسويقه الى المستخدمين .
- تفاعل المصمم مع المستخدمين وفهم احتياجاتهم

- Publishing, 2017.
2. Bell, John Manners. **Supply Chain Ethics: Using CSR and Sustainability to Create Competitive Advantage**. UK: Kogan Page Publishers, 2017.
  3. Bertling, Jurgan and Rommel, Steve. **A Critical View of 3D Printing Regarding Industrial Mass Customization Versus Individual Desktop Fabrication**. in: Ferdinand, Jan-Peter & others. **The Decentralized and Networked Future of Value Creation: 3D Printing and its Implications for Society, Industry, and Sustainable Development**. Pp 75-108. USA: Springer, 2016.
  4. Bryson, John R. & others. **Handbook of Manufacturing Industries in the World Economy**. UK: Edward Elgar Publishing, 2015.
  5. Chua, Chee Kai & Leong, Kah Fai. **3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications Fifth Edition of Rapid Prototyping Fifth Edition**. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2016.
  6. Dastbaz, Mohammad & others. **Green Information Technology: A Sustainable Approach**. USA: Morgan Kaufmann, 2015.
  7. Gibson, Ian & others. **Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing**. 2<sup>nd</sup> Edition. Germany: Springer, 2014. P 4-7
  8. Gu, Dongdong. **Laser Additive Manufacturing of High-Performance Materials**. Berlin : Springer, 2015 .
  9. Hicks, Tyler G. **101 Great Mail-Order Businesses**. Revised 2nd Edition. USA: Crown Publishing Group, 2010.
  10. Kannan, Ganesa Balaniuragan and Rajendran, Dinesh Kumar. **A Review on Status of Research in Metal Additive Manufacturing**. in: Wimpenny, David Ian and others (ed). **Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies**. pp 95-100. Berlin: Springer, 2016.
  11. King, Simon & Chang, Kuen. **Understanding Industrial Design: Principles for UX and Interaction Design**. USA: "O'Reilly Media, Inc.", 2016.
  12. L. Jyotliish Kumar and C.G. Krishnadas Nair. **Current Trends of Additive Manufacturing in the Aerospace Industry**. in : Wimpenny, David Ian & others (ed). **Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies**. pp 39-54. Singapore : Springer. 2017.
  13. Mellody , Maureen & others. **Novel Processes for Advanced Manufacturing: Summary of a Workshop**. Washington D.C : National

- المستخدمين واحتياجاتهم وادواقهم على اختلاف أنواعها.
- إمكانية مشاركة المستخدمين في العملية التصميمية و تطوير الحس التصميمي والإمكانات التكوينية والذائقة الجمالية لديهم.
  - الحصول على المنتجات المطلوبة في أي مكان بالعالم بوقت أقل وكلف منخفضة.
- 4- التسويق :
- ان تقليل الخطوات الإنتاجية ومرآحها يسهم في تقليل البنى التحتية المطلوبة لإنتاج المنتجات وبالتالي إمكانية أقل تعقيدا وتكلفة في تكوين المنشآت التصنيعية .
  - يسهم تقليل الكلف الإنتاجية الى تقليل أسعار المنتجات الى الحد المقبول مما يسهم في انتشار المنتجات بين شرائح مختلفة من المستخدمين ورواج تلك المنتجات.
  - تعزيز عمليات الإقناع بالنسبة للمستثمرين والمهتمين بسبب مزايا عملية التصنيع بالإضافة في توفير نماذج حقيقية مجسمة للمنتجات على اختلاف أنواعها واحجامها.
  - تحقيق السبق عن الشركات المتنافسة بسبب تقليل وقت التصميم والتحليل والتصنيع وانخفاض الكلف.
  - إمكانية إيصال المنتجات الى المستخدمين في أي مكان سواء عن طريق طبعها مباشرة في أماكن قريبة منهم او حتى من خلال إمكانية ارسالها عن طريق البريد السريع بسبب خفة وزنها.

#### التوصيات Recommendations:

1. يوصي الباحث بضرورة استخدام الكليات والأقسام التصميمية لتكنولوجيا التصنيع بالإضافة بسبب إمكاناتها المتقدمة في تصنيع النماذج والمنتجات مما يساعد بصورة فاعلة في تنفيذ تصاميم الطلاب بطريقة سريعة وغير مكلفة ودون الحاجة الى استخدام ورش متعددة تتطلب عدد غير قليل من المكانن والمعدات فضلا عن انتفاء الحاجة الى التعاقد شركات ومعامل الإنتاج لإداء هذا الغرض .
2. ضرورة استحداث مناهج جديدة في موضوع الطباعة الثلاثية تساهم في تدريب الطلاب على التصميم من خلال التطبيقات الخاصة بهذه التكنولوجيا من أجل تهيأتهم لاستخدامها سواء في مراحل الدراسة او في حياتهم العملية.

#### الخلاصة Conclusion:

تلعب التكنولوجيا الحديثة دورا فاعلا ومؤثرا في مجال التصميم الصناعي في مديات عدة، إذ تعتبر (الوسيلة والغاية) في أي نتاج تصميمي. ولا شك ان تكنولوجيا التصنيع بالإضافة احد اهم التكنولوجيات المستحدثة التي تنعكس اثارها بشكل واضح وملموس في مجال التصميم الصناعي المعاصر الذي أصبحت تمثل التكنولوجيا الحديثة فيه اهم عناصر السبق والمنافسة. وبسبب تميز هذه التكنولوجيا من خلال تجاوز السلسلة الطويلة لاساليب الإنتاج التقليدية فهي تشكل إضافة مهمة في مجال التصميم الصناعي بما يمكن ان تقدمه ليس في مجال تصنيع النماذج الأولية فحسب وانما في كل جوانب تصميم المنتجات. إذ أصبح يمكن من خلالها تجاوز معظم المحددات والجوانب الضاغطة في تصميم المنتجات مثل التعقيد الشكلي وتطويع المنتجات حسب متطلبات المستخدم وتحقيق السبق من خلال مزايا سرعة الإنتاج وتوفير التكاليف واتمام صفقات المبيعات فضلا عن جوانب البيئة ومتطلبات التصنيع الأخضر. كل هذه الجوانب تضع التصميم الصناعي في مرحلة وعتبة جديدة من الإبداع والابتكار وجب التهيؤ لها واستثمار كل ما فيها.

#### المراجع References:

1. Anjou, Philippe. **Design Ethics beyond Duty and Virtue**. UK: Cambridge Scholars

- Routledge Handbook of Sustainable Product Design.** PP 236-249. London :Taylor & Francis, 2017 .
19. Pisano,Paola. & others. **The changing role of the designer in new business models.** in: DeFillippi, Robert. & others (eds). **International Perspectives on Business Innovation and Disruption in Design.** PP 60-75. UK : Edward Elgar Publishing, 2016.
  20. Rodriguez, Marisela & others. **Additive Manufacturing: Importance and Challenges for Latin America** .in : Daim, Tugrul U & others (eds). **Anticipating Future Innovation Pathways Through Large Data Analysis.** pp 249-272. Switzerland :Springer, 2016.
  21. Srivatsan, T.S & Sudarshan T.S. **Additive Manufacturing: Innovations, Advances, and Applications.** USA : CRC Press, 2015.
  22. Vayre , B. & others. **Designing for Additive Manufacturing** .in : **45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012** PP 632-637. USA : Curran, 2012.
  - Academies Press, 2013.
  14. Milan, Brandt (ed). **Laser Additive Manufacturing: Materials, Design, Technologies, and Applications.** UK: Woodhead Publishing, 2016.
  15. Muthu, Subramanian Senthilkannan & Savalani, Monica Mahesh. **Handbook of Sustainability in Additive Manufacturing.** V1. Germany: Springer, 2016 .
  16. NIIR Board of Consultants & Engineers. **Handbook on Printing Technology (Offset, Flexo, Gravure, Screen, Digital, 3D Printing)** 3rd Revised Edition .India : ASIA PACIFIC BUSINESS PRESS Inc., 2017.
  17. O, Diegel. & others. **Additive Manufacturing and its Effect on Sustainable Design.** in : Muthu, Subramanian & Savalani, Monica (ed). **Handbook of Sustainability in Additive Manufacturing.** V1, pp 73-100. Singapore : Springer, 2016.
  18. Park , Miles .**Print to repair: 3D printing and product repair.** in: Chapman, Jonathan(ed).