جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
قسم هندسة التصميم الميكانيكي

تحسين متانة منتجات الطباعة ثلاثية الأبعاد
دراسة حالة (شكل البنية الداخلية)

Improving the strength of 3D printed part - Case study (Infill type)

م. يمامة محمد ربيح قصيدة

أ.د. محمود بني المرجة

الملخص

أصبحت الطباعة ثلاثية الأبعاد من أهم طرق التصنيع المستخدمة بمجالات مختلفة، وكذلك فإن متانة القطع المنتجة بهذه الطريقة تتأثر بشكل أو بآخر بعدة عوامل منها **نمط وكثافة البنية الداخلية (الملء)** infillمما ينعكس على زمن وكلفة الإنتاج.

يهدف البحث إلى الوصول إلى الحد الأدنى من الزمن والمواد المستهلكة، وذلك من خلال الاختيار الأمثل لشكل ونسبة (كثافة) البنية الداخلية (الملء) infill الذي يحقق المتانة الكافية للعناصر المصنعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد.

قد تم في هذا البحث دراسة متانة عينات معيارية مصنعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتحديداً تقنية البناء بالترسيب المنصهر FDM ودراسة تأثير نمطونسبة (كثافة) البنية الداخلية (الملء) infill في المتانة وذلك من خلال اختبار مجموعة من العينات تجريبياً وكذلك نمذجتها حاسوبياً باستخدام طريقة التحليل بالعناصر المنتهية FEA، وتم مقارنة النتائج التجريبية والحاسوبية، وبيان مدى إمكانية اعتماد نتائج النمذجة الحاسوبية - والتي تسبق عمليات التصنيع- في الدراسات التصميمية، والاستعاضة بها إلى حد ما عن الاختبارات التجريبية. كما تم تحديد أنماط ونسب الملء المناسبة لبعض التطبيقات التي تستخدم الطباعة ثلاثية الأبعاد في الإنتاج.

القسم العملي

تضمن الجانب التطبيقي المواد الأولية والأجهزة المستعملة وتوصيف العينات المختارة، والاختبارات التي طبّقت على هذه العينات المعيارية والنمذجة الحاسوبية لهذه العينات، وتحليل نتائج البحث ومناقشتها.

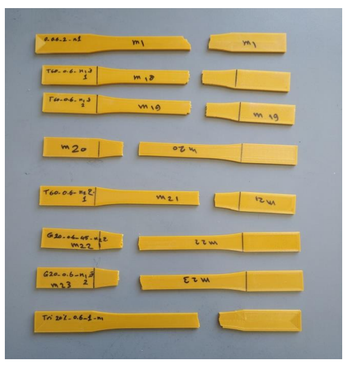
تهتم الدراسة العملية بدراسة تأثير نسبة الملء الداخلية (infill) في متانة الأجزاء المصنوعة بتقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد تحديداً بتقنية الطباعة بالترسيب المنصهر FDM، والوصول إلى النسبة الأمثل التي تحقق وفراً في كمية المواد المستهلكة وبالتالي وفراً في الوزن وزمن طباعة الجزء في حدود المتانة المناسبة للتطبيقات المختلفة.

تم تقسيم الإجراء العملي إلى محورين، وهما:

✓ الاختبارات التجريبية:

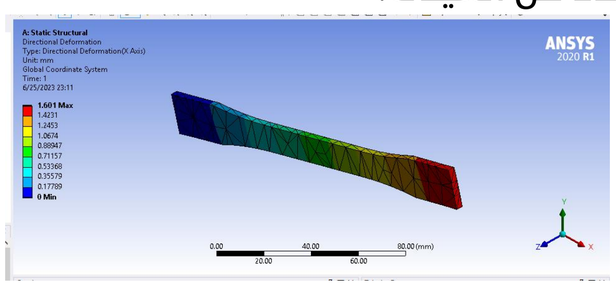
حيث جرى تحضير عدة مجموعات من عينات الشد المعيارية من مادة **PLA**، بالشوط البرمجية والتنفيذية ذاتها وباختلاف المتغيرين المدروسين وهما نمط وكثافة الملء **infill pattern and density**، حيث تدرجت كثافة الملء من العينات المفرغة تماماً والتي توافق النسبة (0%) لكثافة الملء إلى العينات المصمتة التي توافق النسبة (100%) متضمنة العينات ذات الكثافات (20% - 40% - 60% - 80%)، وتم اختبار هذه العينات بواسطة جهاز اختبار الشد للمواد البلاستيكية.

القسم العملي



✓ النمذجة الحاسوبية:

تمت باستخدام طريقة التحليل بالعناصر المنتهية FEA فيبرنامج ANSYS وذلك بعد تطبيق أنماط وكثافات الملء المناسبة حاسوبياً، حيث تم الحصول من خلالها على قيم الإجهادات والانفعالات لعدد من العينات.



تم استخلاص النتائج ومناقشتها والمقارنة بين نتائج الطريقتين.

القسم النظري

تم في القسم النظري إيراد شرح عام عن الطباعة ثلاثية الأبعاد (نشأتها، تطورها، تقنياتها) وأهم المواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد والمتعلقة بالبحث.

كما تم استعراض عدد من الدراسات المرجعيّة العلميّة التي تناولت الطباعة ثلاثية الأبعاد بتقنية FDM، ودرست المتغيرات (البارامترات) المختلفة في عملية الطباعة ثلاثية الأبعاد وتأثيراتها على زمن وكلفة عملية الطباعة وكذلك على متانة وجودة الأجزاء المطبوعة.

قامت معظم الأبحاث السابقة على منهجيتين رئيسيتين، هما الاختبارات التجريبية والمحاكاة الحاسوبية، حيث اعتمدت إحدى هاتين المنهجيتين أو كليهما.

وبالتالي يمكن تصنيف الدراسات السابقة حسب الموضوع في ثلاث مجموعات، وهي:

- دراسات اعتمدت المنهج التجريبي
- دراسات اعتمدت منهج المحاكاة الحاسوبية
- دراسات اعتمدت المنهجين معاً

النتائج والمناقشة

- أظهرت العينات المصمتة المطبوعة أعلى متانة بين العينات التي تم اختبارها، وكانت قيمة الإجهاد الأعظمي عند التحطم (51MPa)، تليها العينات المطبوعة بكثافة ملء 40%
- أبدت العينات المطبوعة بكثافة ملء 40% تغيراً في الطول واستطالة أعلى من باقي العينات المختبرة.
- تعطي النمذجة الحاسوبية نتائج مختلفة إلى حد ما في العينات ذات نسب infill المختلفة المغايرة للعينات المصمتة تماماً 100% أو المفرغة تماماً 0%، مقارنة بنتائج الاختبارات التجريبية.
- قدمت الدراسة خوارزمية مناسبة لاختبار كثافة الملء المناسبة للأداء الوظيفي المطلوب

المراجع

- *Sub-modeling Finite Element Analysis of 3D Printed Structures* .**Armin Iravani, Zeinab Amin-Akhlaghi Javad Zarbakhsh**.2015 .
- .3**Stelian Coros** .*Additive Manufacturing* .
- .4*Introduction to 3D Printer* .**Muhammad Shamaas** .
- .5*The Impact and Application of 3D Printing Technology* .**Cephas Mawere**.2014 .
- .6A Brief History of 3D Printing2014 .
- .Basics of Fused Deposition Modelling.2020 .
- *Study of infill print design on production cost-time of 3D printed ABS parts* .**Hazel Marie, Guha P. Manogharan Liseli Baich** ،2015 . International Journal of Rapid Manufacturing.
- .*ANALYZING THE TENSILE, COMPRESSIVE, AND FLEXURAL PROPERTIES OF 3D PRINTED ABS P430 PLASTIC BASED ON PRINTING ORIENTATION USING FUSED DEPOSITION MODELING* .**D. Slaughter, D. Whaley, J. Tate, and B. Asiabanpour R. Hernandez**.2016 .
- *A Comparative Finite Element Stress Analysis of Isotropic and Fusion Deposited 3D Printed Polymer.* .2014
- | All3DP
- (youtube.com)