Study On The Deformation Behavior Of A Drilled Sample Prepared From Recycled Polyethylene Reinforced With Natural Waste

Dr. Latifa Al Hamwi*
Dr. Rami Mansour**
Riham Abbas***

(Received 25 / 2 / 2025 Accepted 20 / 5 / 2025)

□ ABSTRACT □

The research aims to study the deformation behavior when drilling a polymer composite material reinforced with natural waste by studying the effect of the operating process parameters (rotational speed and feed speed) on the hole surface, where a sample consisting of recycled low-density polyethylene (RLDPE) was prepared with an organic filler from wood waste in the form of powder, on a half-hydraulic press. The drilling process was performed using and two types of machines: a conventional Heckert drilling machine with diameters (5, 10, 15 mm), the rotational speed (500, 1000, 1400, 2000 r.p.m), and the feed speed (0.08, 0.20, 0.32 mm/rev), and CO2 laser cutting machine with a speed (5 mm/s) and a power (48 watt). The delamination was calculated and the deformation behavior when drilling was studied Samples on both machines. The results showed that the significant effect of the drilling process parameters on the thermal properties of the composite materials prepared from thermoplastics showed clear deformation behavior, and that as the cutting speed and feed speed increased, the value of the delamination decreased, and the use of the CO2 laser reduces the deformation but burns the edges of the hole.

Keywords: Low-Density Polyethylene, Sawdust, Delamination Factor

Copyright **:** Latakia University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Associate Professor-Designing and Production Department-Faculty of Electrical &Mechanical Engineering- Lattakia University-Lattakia –Syria.
** Professor-Designing and Production Department-Faculty of Electrical &Mechanical Engineering-Lattakia University-Lattakia –Syria.
***Postgraduate Student (Master)-Designing and Production Department-Faculty of Electrical &Mechanical Engineering- Lattakia University-Lattakia –Syria.riham.abbas@tishreen.edu.sy

دراسة سلوك التشوه عند ثقب عينة محضرة من البولي إيتلين المعاد تدويره المسلح بنفايات طبيعية

د. لطيفة الحموي*

د. رامي منصور**

رهام عباس***

(تاريخ الإيداع 25 / 2 / 2025. قُبِل للنشر في 20/ 5 / 2025)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى دراسة سلوك التشوه عند ثقب مادة مركبة بوليميرية مسلحة بنفايات طبيعية من خلال دراسة تأثير بارامترات عملية التشغيل (سرعة الدوران وسرعة التغذية) على سطح الثقب ، حيث تم تحضير عينة مكونة من بولي ايثلين منخفض الكثافة معاد تدويره (RLDPE) مضاف إليها مادة مالئة عضوية من النفايات الخشبية على شكل بودرة، على مكبس نصف هيدروليكي ، و تم إجراء عملية الثقب على نوعين من الآلات: آلة ثقب تقليدية من نوع Heckert بأقطار (5,10,15 mm)، والبارامترات المختارة لها هي سرع الدوران (500,1000,1400,2000) r.p.m، وسرع التغذية (0.08,0.20,0.32 mm/rev)، وآلة القطع بالليزر CO2 الصينية المنشأ ذات السرعة (5mm/s) والقدرة (48watt) . تم حساب معامل فصل الطبقات ودراسة سلوك التشوه عند ثقب العينات على كلتا الآلتين. بينت النتائج أن التأثير الملحوظ لبارامترات عملية الثقب على الخواص الحرارية للمواد المركبة المحضرة من البلاستيك الحراري أظهر سلوك التشوه بشكل واضح، وأنه كلما زادت سرعة القطع وسرعة التغذية انخفضت عموماً قيمة معامل الفصل، وأن استخدام آلة الثقب بالليزر CO_2 يقلل من التشوهات ولكنه يعمل على حرق حواف الثقب.

الكلمات المفتاحية: بولي ايثلين منخفض الكثافة– نشارة الخشب– معامل الفصل

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص 04 CC BY–NC–SA

* **استاذ مساعد – قسم التصميم والإنتاج– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة اللاذقية– اللاذقية–سورية.**

** **استاذ – قسم التصميم والإنتاج– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة اللاذقية– اللاذقية–سورية.**

*** **طالبة دراسات عليا (ماجستير)– قسم التصميم والإنتاج– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة اللاذقية– اللاذقية–سورية.**
riham.abbas@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تُصنع المواد المركبة القائمة على الخشب من جزيئات الخشب المهدرة مثل نشارة الخشب ورقائق الخشب والأشجار ذات القطر الأصغر. وفي الوقت الحاضر، تحل المواد المركبة القائمة على الخشب محل الخشب الصلب لأنها أرخص ثمنا وأكثر كثافة وخالية من العيوب ومرنة لصنع منتجات بأشكال مختلفة [1].

وتعد عملية الثقب أحد أهم عمليات التصنيع في التجميع النهائي للأجزاء في العمليات الصناعية [3،2]، وأي عيب يؤدي إلى رفض باقي الأجزاء وذلك يمثل خسارة باهظة الثمن، حيث ترتبط جودة السطح المثقوب والأضرار التي تحدث بالسطح بظروف التشغيل، ومعايير القطع وهندسة الأداة ، والأداة ومواد العمل. وعادة ما تحدث أضرار الحفر مثل فصل الطبقات، وتقطع الحواف أثناء الثقب، ونظراً لأن هذه الأضرار تقلل من الأداء الوظيفي للمنتج ومظهره [1].

أهمية البحث وأهدافه:

أهمية البحث: تكمن أهمية البحث في الحصول على أعلى جودة ثقوب في المواد المركبة البوليميرية المعاد تدويرها والمسلحة بنفايات طبيعية من خلال اختيار بارامترات عملية تشغيل مناسبة لكي تلبي الغرض المطلوب.

هدف البحث: دراسة سلوك الفشل عند ثقب مادة مركبة بوليميرية من (نفايات معاد تدويرها) مسلحة بنفايات طبيعية وذلك من خلال:

-دراسة تأثير بارامترات التشغيل على جودة السطح.

الدراسة المرجعية:

أشارت الدراسة العلمية [4] إلى استخدام خلائط من البلاستيك المعاد تدويره مع مواد بلاستيكية جديدة أو نفايات البلاستيك الحراري في صناعة الأخشاب الصناعية.

كما أظهرت الدراسة [5] إمكانية استخدام نفايات البولي ايتلين منخفض الكثافة في صناعة ألواح الخشب الصناعي، وقد تم تشكيل هذه الألواح بالكبس (بالضغط)، بزيادة نسبة نفايات البولي ايتلين منخفض الكثافة من (RLDPE)، وقد تم التشكيل بدرجة حرارة $140C^o$ ، $180C^o$، وضغط التشكيل بين kg/cm^2 (30-40) وزمن لتطبيق الضغط بين (7-13) دقيقة.

ركز الباحثون في الدراسة [6] على تحليل خصائص الثقب وتحليل خصائص المركبات البوليميرية المدعمة بألياف طبيعية، والتحديات التي تواجه عملية الثقب لهذه المركبات، مثل الفصل بين الطبقات، والتآكل والاحتكاك، بالإضافة إلى التأثيرات الحرارية والميكانيكية التي تحدث أثناء عملية الثقب. وتم التركيز على أهمية اختيار معايير الثقب المناسبة مثل سرعة الدوران، ومعدل التغذية، ونوع الأداة المستخدمة، لتحسين جودة الثقب وتقليل الأضرار في هذه المواد. كما تم ذكر تقنيات الثقب التقليدية وغير التقليدية مثل الثقب باستخدام الليزر والماء المضغوط، ومدى فعاليتها في تقليل الأضرار على هذه المركبات.

يعد الفصل الحاصل في العينات أحد المشاكل الرئيسية التي تحدث عند إنتاج ثقوب محفورة عالية الجودة في المركبات المقواة بألياف طبيعية.

عامل الفصل هو نسبة أقصى قطر للثقب (D_{max}) إلى قطر الثقب (D)

$$f_d = \frac{D_{max}}{D} \qquad (1)$$

كما قام الباحثون في الدراسة [7] بدراسة تأثير معامل الفصل عند ثقب المركبات البلاستيكية الخشبية (WPC). وتم التوصل إلى أن الثقب بخطوة واحدة كانت الأفضل حيث قللت من الفصل عند مداخل ومخارج الفتحات.

كما أظهرت النتائج أن زيادة معدل التغذية يزيد من الفصل عند فتحة الثقب، بينما ارتفاع سرعة الدوران يقلل من هذا المعامل.

كما تبين بالدراسة [1] أنه عند ثقب ألواح الخشب (MDF) مسبقة التغليف بمثاقب لولبية من الفولاذ عالي السرعة (HSS) بأقطار مختلفة أن معدل التغذية هو العامل الأكثر تأثيرا على معامل الفصل.

طرائق البحث ومواده:

المواد المستخدمة في البحث:

1- المادة البلاستيكية الرابطة: تم استخدام مجروش نفايات رقائق البيوت البلاستيكية المصنوعة من البولي ايثلين منخفض الكثافة (RLDPE) كمادة أساس رابطة. كما يوضح الشكل (1)

الشكل (1) – مجروش نفايات رقائق البولي ايثلين منخفض الكثافة (RLDPE)

2- المادة المالئة العضوية: وتم استخدام النفايات الخشبية كمادة مالئة عضوية حيث تم الحصول عليها من ورشات النجارة الناتجة عن عمليات تشكيل المنتجات الخشبية على شكل بودرة. الموضحة في الشكل (2)

الشكل (2) – بودرة الخشب

مراحل تحضير عينة الاختبار على المكبس النصف هيدروليكي المبين بالشكل (3)، الموجود في مخبر البلاستيك بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة اللاذقية .

1–يخلط مجروش RLDPE مع النفايات العضوية بنسبة % 40 نفايات بودرة الخشب و% 60 مجروش البلاستيكي.

2–يوضع الإطار المعدني بالسماكة المختارة على صفيحة معدنية، وهي في هذا البحث mm6.

3–يوضع الخليط المحضر مسبقاً ضمن الإطار المعدني ويوزع بشكل جيد على كامل مساحة الإطار،

4–يُغطى سطح الخليط بواسطة صفيحة معدنية أخرى.

5–توضع كامل الكتلة بين نصفي القالب المسخن مسبقاً حتى درجة حرارة التصنيع C° 165.

الشكل (3) – مكبس تشكيل نصف هيدروليكي

الشكل(4) – الشكل العام لعينة اختبار (40% نفايات بودرة الخشب و 60% بولي ايتلين معاد تدويره)

طرائق البحث:

1- الثقب بآلة ثقب تقليدية: تمت عملية الثقب على آلة ثقب موجودة في مخبر الورش في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة تشرين من النوع Heckert ألمانية المنشأ. كما في الشكل (5)

a

b

الشكل (5) – (a) آلة الثقب التقليدية (Heckert) **– (b) ريش الثقب المستخدمة**

تتألف آلة الثقب من طاولة عمل يتم تثبيت العينات عليها ورأس دوّار يتم عليه تثبيت ريشة الثقب، وتم استخدام (3) ريش ثقب مصنوعة من الفولاذ القاسي مختلفة بالقطر المبينة بالشكل(5-b).

2- الثقب بآلة القطع بالليزر **CO_2**:

الشكل (6) – يوضح آلة القطع الليزرية CO2 الصينية المنشأ

تعتمد قدرة الآلة على حجم أنبوب الليزر، وكلما ازداد حجم الآلة تزداد السماكات التي ممكن تشغيلها عليها.
نوع المادة وسماكتها هي التي تحدد قيمة الPower أو الاستطاعة التي أستطيع تشغيل المادة عليها.
تكون هذه الآلة مربوطة مع الحاسب حيث يتم عليه رسم الأشكال التي نريدها، حيث تظهر بارامترات الرسم على شاشة موجودة على الآلة، وبالنسبة لهذه الآلة فإنها تقص جميع الخامات اللا معدنية.

النتائج والمناقشة:

تم إجراء عملية الثقب على آلة الثقب التقليدية وتم اختيار البارامترات التالية:
D: قطر الثقب وتم اختيار ثلاث أقطار مختلفة وهي (5, 10, 15 mm)
n : سرعة الدوران وتم اختيار أربع قيم وهي (500, 1000, 1400, 2000 r.p.m)
v: سرعة القطع وتحسب من العلاقة:

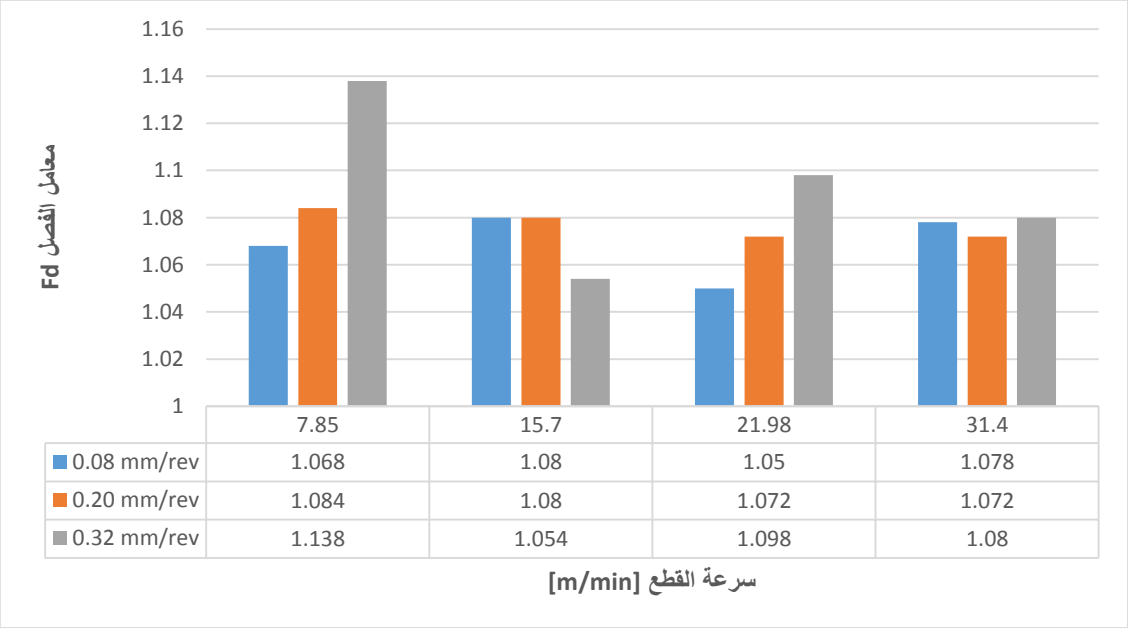
$$v=\frac{\pi\, D.n}{1000} \qquad (2)$$

الجدول (1) يبين قيم سرعة القطع المحسوبة من العلاقة (2)

(D (mm	(n (r.p.m	(v (m/min
5	500	7.85
	1000	15.7
	1400	21.98
	2000	31.4
10	500	15.7
	1000	31.4
	1400	43.96
	2000	62.8
15	500	23.55
	1000	47.1
	1400	65.94
	2000	94.2

f: معدل التغذية وتم اختيار ثلاث قيم مختلفة وهي: (0.08,0.20,0.32 mm/rev)

F_d :معامل الفصل وتم حسابه لكل حالة من العلاقة (1).

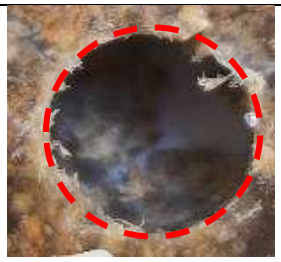


	7.85	15.7	21.98	31.4
0.08 mm/rev	1.068	1.08	1.05	1.078
0.20 mm/rev	1.084	1.08	1.072	1.072
0.32 mm/rev	1.138	1.054	1.098	1.08

الشكل (8) منحنيات تغير معامل الفصل بدلالة سرعة القطع عند قيم مختلفة لمعدلات التغذية وقطر أداة الثقب D1=5[mm]

من أجل استقراء سلوك التشوه عند ثقب العينة بالأقطار المدروسة وتوضيح مدى تأثير سرعة التغذية وسرعة القطع تم تصوير مكان الثقب على الوجهين الأمامي والخلفي كما توضحه الجداول (2,3,4,5,6,7,8,9,10) أدناه.

الجدول (2): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f1=0.08[mm/rev] وقطر أداة الثقب D1=5 [mm]

[D1=5[mm			
[f1=0.08[mm/rev			
[V1=7.85 [m/min	[V2= 15.7 [m/min	[V3= 21.98 [m/min	[V4= 31.4 [m/min
Fd=1.068	Fd= 1.08	Fd =1.05	Fd= 1.078
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	 الوجه الأمامي
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي

شكل الرائش الناتج

من الجدول (2) نلاحظ أن أفضل الثقوب تم الحصول عليها عند سرعة دوران (7.85 m/min)، في حين نلاحظ أن زيادة سرعة الدوران قد سبب حدوث تشوهات كبيرة وواضحة لطبيعة الثقوب المشكلة وتجلى هذا التشوه عند معاينة الوجه الخلفي لهذه العينات.

تؤثر أداة القطع على مادة (RLDPE) بشكل واضح عند زيادة السرعة ويمكن تبرير عدم حدوث الفصل بالحرارة الناتجة التي تتجاوز درجة حرارة الانصهار ولذا السبب نلاحظ عدم انفصال نواتج الثقب على السطح الخلفي بسبب اقتراب المادة من حرارة الانصهار لها.

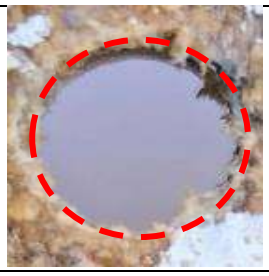
تلعب الحرارة الناتجة عن عملية الثقب مثل هذ العينات دوراً رئيسياً في حدوث تشوه أبعاد الثقب الأمر الذي ينعكس في الحياة العملية على جودة المنتج النهائي ولهذا السبب يمكن القول بأن السرعة المنخفضة الواردة في الجدول (2) تعتبر مناسبة قدر الإمكان للحصول على ثقوب مقبولة في التطبيقات الصناعية.

يؤكد صحة هذا التبرير النتائج الواردة في الجدولين (2و3) حيث نلاحظ أن أفضل الثقوب يتم الحصول عليها عند السرعة (7.85m/min).

كما هو واضح من منحنيات الشكل (8) أنها تأخذ مساراً متشابهاً حيث يلاحظ حدوث انخفاض في قيم معامل الفصل (Fd) بزيادة سرعة القطع. كما يلاحظ من الشكل (8) أن أعلى قيم لمعامل الفصل تم الحصول عليها عند معامل التغذية (0.32 mm/rev)، وأن أقل قيم لمعامل الفصل عند (0.08 mm/rev).

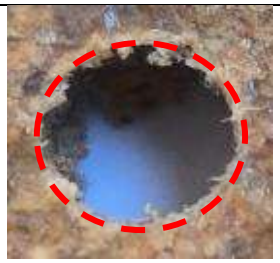
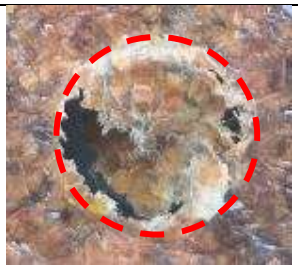
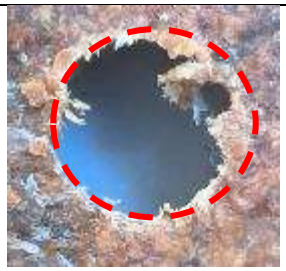
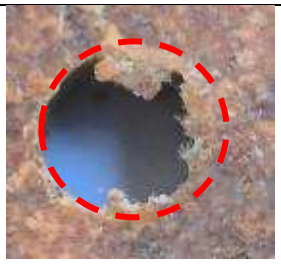
ومن هنا نستنتج أهمية البحث على بارامترات الثقب المناسبة كي نتمكن من الحصول على ثقوب جديدة وقيم منخفضة للفصل.

الجدول (3): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f2=0.20[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D1=5 [mm]

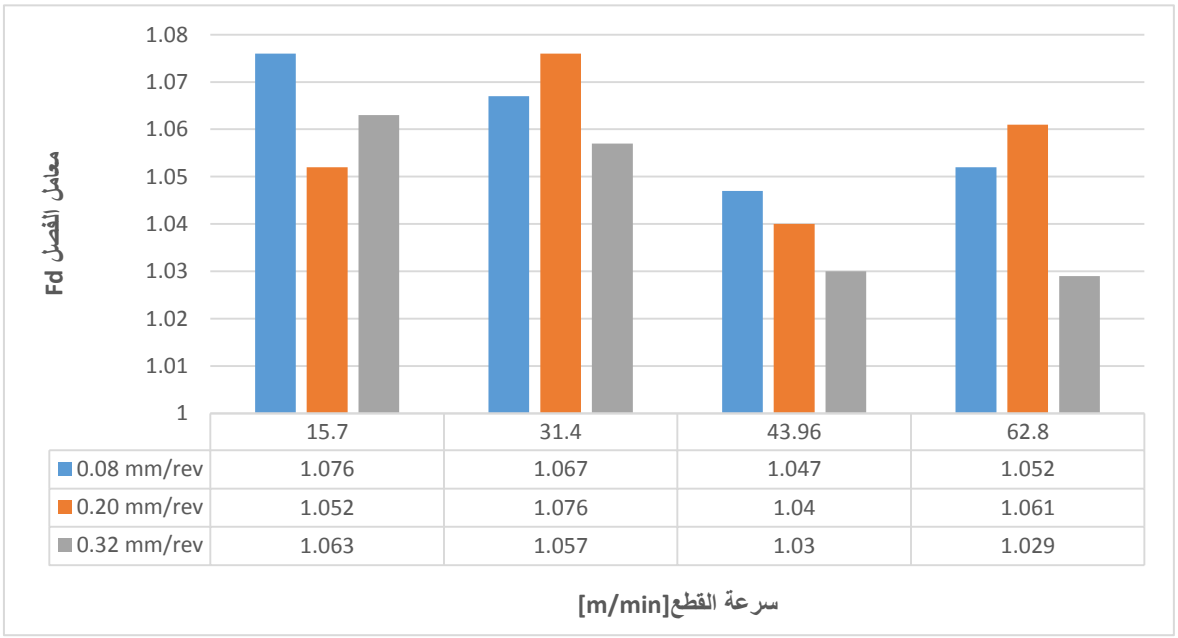
[D1=5[mm			
[f2=0.20[mm/rev			
[V1=7.85 [m/min	[V2= 15.7 [m/min	[V3= 21.98 [m/min	[V4= 31.4 [m/min
Fd=1.084	Fd= 1.08	Fd =1.072	Fd= 1.072
			

الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي
شكل الرائش الناتج			

الجدول (4): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f3=0.32[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D1=5 [mm]

[D1=5[mm			
[f3=0.32[mm/rev			
[V4= 31.4 [m/min	[V3= 21.98 [m/min	[V2= 15.7 [m/min	[V1=7.85 [m/min
Fd= 1.08	Fd =1.098	Fd= 1.054	Fd=1.138
			
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي
			
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي

شكل الرائش الناتج

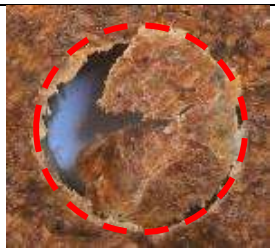
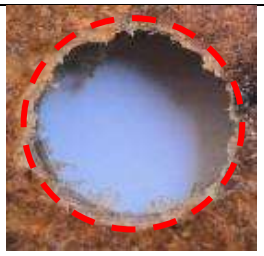


الشكل (9) منحنيات تغير معامل الفصل بدلالة سرعة القطع عند قيم مختلفة لمعدلات التغذية وقطر أداة الثقب [D2=10 [mm

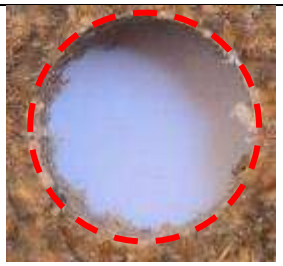
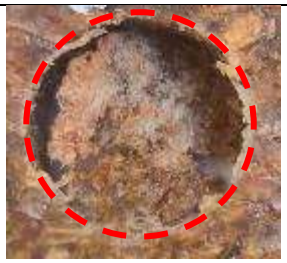
مع المحافظة على بارامترات عملية الثقب السابقة والواردة بالجداول(2و3و4) واعتماد قطر أداة الثقب D_2=10 mm بدلاً من 5mm فإنَّ الشكل (9) يظهر انخفاض في معامل الفصل بشكل مشابه تقريباً لمنحنيات الشكل (8) وبالعودة إلى أشكال الثقوب الناتجة نلاحظ أنه كلما زادت سرعة الدوران يقل معامل الفصل عند معدلات التغذية المختارة

الجدول (5): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f1=0.08 [mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D2=10 [mm]

[D2=10[mm			
[f1=0.08[mm/rev			
[V8=62.8 [m/min	[V7=43.96 [m/min	[V6=31.4 [m/min	[V5=15.7 [m/min
Fd= 1.052	Fd =1.047	Fd= 1.067	Fd=1.076

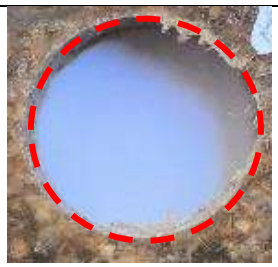
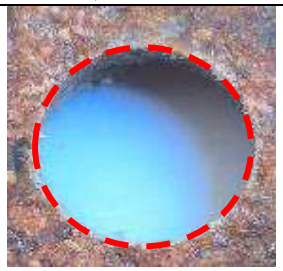
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي
 الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	 الوجه الخلفي	الوجه الخلفي
شكل الرائش الناتج			

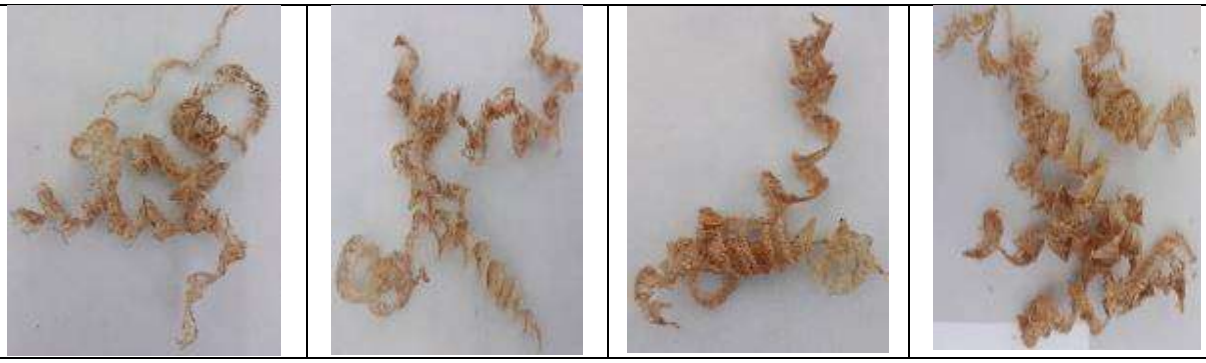
الجدول (6): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f2=0.20[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D2=10 [mm]

[D2=10[mm			
[f2=0.20[mm/rev			
[V8=62.8 [m/min	[V7=43.96 [m/min	[V6=31.4 [m/min	[V5=15.7 [m/min
Fd= 1.061	Fd =1.040	Fd= 1.076	Fd=1.052
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	 الوجه الأمامي	 الوجه الأمامي

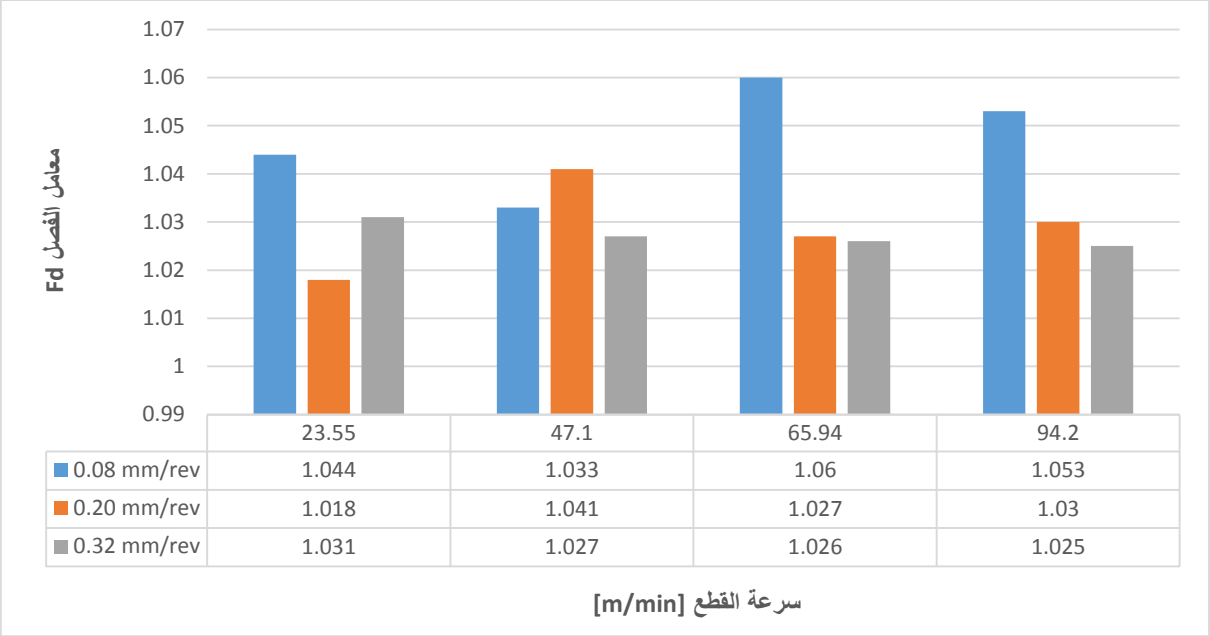
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي
شكل الرائش الناتج			

الجدول (7): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f3=0.32[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D2=10 [mm]

[D2=10[mm			
[f3=0.32[mm/rev			
[V8=62.8 [m/min	[V7=43.96 [m/min	[V6=31.4 [m/min	[V5=15.7 [m/min
Fd= 1.029	Fd =1.030	Fd= 1.057	Fd=1.063
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	 الوجه الأمامي
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	 الوجه الخلفي



شكل الرائش الناتج



الشكل (10) منحنيات تغير معامل الفصل بدلالة لسرعة القطع عند قيم مختلفة لمعدلات التغذية وقطر أداة الثقب [D3=15[mm

مع المحافظة على بارامترات عملية الثقب السابقة والواردة بالجداول(5و6و7) واعتماد قطر أداة الثقب D_3=15mm بدلاً من 10 mm فإنَّ الشكل (10) يظهر انه كلما زادت سرعة القطع وزاد قطر ريشة الثقب انخفضت قيمة معامل الفصلFd. وبالعودة إلى أشكال الثقوب الناتجة نلاحظ تشوهات كبيرة على حواف الثقوب.

الجدول (8): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية

D3=15 [mm] **وقطر أداة الثقب** f1=0.08[mm/rev]

[D3=15[mm			
[f1=0.08[mm/rev			
[m/min]94.2=12V	[m/min]65.94=11V	[m/min]47.1=10V	[m/min]23.55=9V
Fd= 1.053	1.06= Fd	Fd= 1.033	Fd=1.044

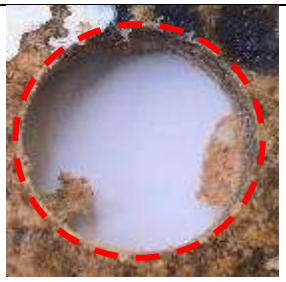
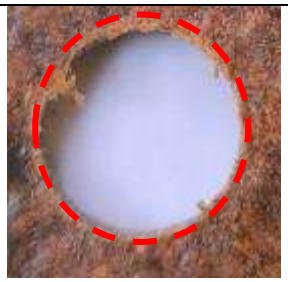
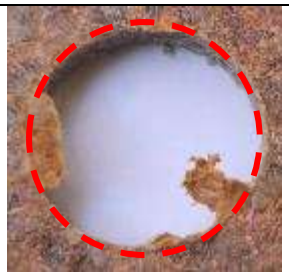
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي
شكل الرائش الناتج			

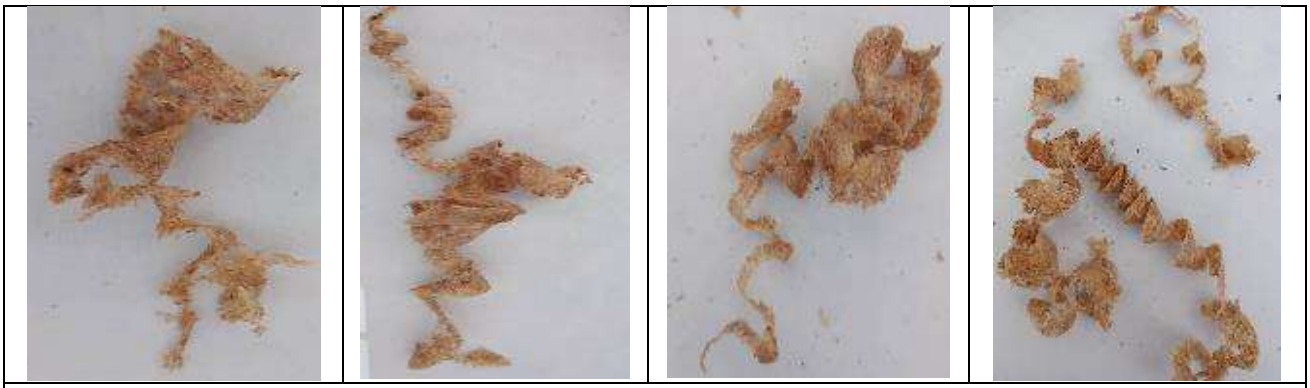
الجدول (9): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f2=0.20[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D3=15 [mm]

[D3=15[mm			
[f2=0.20[mm/rev			
[m/min]94.2=12V	[m/min]65.94=11V	[m/min]47.1=10V	[m/min]23.55=9V
Fd= 1.030	Fd =1.027	Fd= 1.041	Fd=1.018
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي

الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	الوجه الخلفي
شكل الرائش الناتج			

الجدول (10): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقب وشكل الرائش الناتج عند قيم مختلفة لسرعة القطع ومعدل تغذية f3=0.32[mm/rev] **وقطر أداة الثقب** D3=15 [mm]

[D3=15[mm			
[f3=0.32[mm/rev			
[m/min]94.2=12V	[m/min]65.94=11V	[m/min]47.1=10V	[m/min]23.55=9V
Fd= 1.025	Fd =1.026	Fd= 1.027	Fd=1.031
الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	 الوجه الأمامي
الوجه الخلفي	الوجه الخلفي	 الوجه الخلفي	 الوجه الخلفي



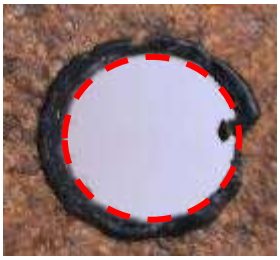
شكل الرائش الناتج

نلاحظ من الجداول (2,3,4,5,6,7,8,9,10) أن شكل الرائش الناتج عن عملية الثقب هو مستمر ، ولكن تم ملاحظة انه عند معدل التغذية وسرعة القطع العالية يكون شكل الرائش الناتج حلقي.

تم تفسير وجود التشوهات الكثيرة والقيم العالية لمعامل الفصل بأن المادة البوليميرية المستخدمة معاد تدويرها وغير متجانسة بشكل كامل لذلك لم يتم الحصول على ثقوب بجودة سطح جيدة.

تم إجراء عملية الثقب على آلة الثقب الليزرية:

الجدول (11): يوضح تغير قيم معامل الفصل وشكل الثقوب عند أقطار مختلفة لأداة الثقب.

السرعة: 5 [mm/s] القدرة: 48[Watt]	D1= 5 [mm]	D2= 10 [mm]	D3= 15 [mm]
	$F_d = 1.514$	$F_d = 1.231$	$F_d = 1.127$
	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي	الوجه الأمامي
	الوجه الخلفي	 الوجه الخلفي	الوجه الخلفي

بقصد دراسة تأثير عملية القطع تم إجراء الثقب على آلة ليزرية بهدف مقارنة أسلوب الثقب على الأضرار الناتجة عن هذه العملية.

يبين الجدول (11) أشكال الثقب التي تم الحصول عليها على آلة القص الليزرية (CO2)، وكما هو واضح من هذه الأشكال أن القص بالليزر سبب حدوث احتراق للمادة عند الحواف وهذا دليل على حدوث تفكك وتحطم مادة البولي ايتلين بتأثير أشعة الليزر المستخدمة.

تبين أيضا من الجدول (11) وجود حروق وانتفاخات على حواف الثقوب نتيجة الحرارة العالية لليزر وعدم وجود تبريد في الآلة، وبما أن البولي ايتلين من المواد البلاستيكية اللدنة حراريا فإنها تضعف وتصبح طرية ولينة مع ازدياد الحرارة وهذا يفسر وجود الانتفاخات على حواف الثقب.

ولكن مع ازدياد قطر الثقب قلت لدينا التشوهات الناتجة عن الحرارة وكانت أقل قيمة لمعامل الفصل عند القطر (15mm) والشكل 11 يبين الفرق الواضح بين شكل الثقب التقليدي والتشوه الحاصل والثقب بآلة الليزر والحرق الظاهر على الحواف وذلك بدون أي سائل تبريد.

(c) الثقب التقليدي (d) الثقب بالليزر

الشكل (11): الفرق بين شكل الثقب التقليدي والثقب بآلة الليزر CO_2

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

عند ثقب عينة مصنوعة من البولي ايثلين المضاف إليه بودرة الخشب بأقطار أداة ثقب مختلفة (5.10.15 mm) على نوعين من آلات الثقب تم استنتاج ما يلي:

1- وجود تأثير ملحوظ لبارامترات عملية الثقب على الخواص الحرارية للمواد المركبة المحضرة من البلاستيك الحراري.
2- عند قيم السرع العالية وزيادة قطر الثقب تقل قيمة معامل الفصل.
3- عند السرعة (1400 r.p.m) يكون الثقب مقبول لمثل هذه المواد على الأغلب عند ثبات سرعة التغذية.
4- كلما ازدادت قيمة سرعة التغذية وقلّت قيمة سرعة القطع وقطر اداة الثقب ازدادت قيمة معامل الفصل.
5- يكون شكل الرائش الناتج عن عملية الثقب مستمر.
6- وجوود تأثير للحرارة العالية لأشعة الليزر على حواف الثقوب مع وجود انتفاخات وذلك بسبب عدم وجود تبريد في الآلة.
7- عند الثقب بالليزر تم الحصول على أقل قيمة لمعامل الفصل، وقلت التشوهات الناتجة عن الحرارة عند القطر (15mm).

التوصيات:

- دراسة تأثير سرع دوران أقل من (500 r.p.m) على سلوك التشوه لمثل هذه المواد.
- ضرورة استخدام سوائل التبريد المناسبة للتقليل من التشوه الحاصل.
- استخدام سماكات مختلفة لدراسة تأثير عمق القطع.

References:

[1] TN. Valarmathi, K. Palanikumar and S. Sekar, Parametric Analysis on Delamination in Drilling of Wood Composite Panels, *Journal of Science and Technology*, Print ISSN: 0974-6846 | Online ISSN: 0974-5645, (2013).

[2] K. Ganesan, C. Kailasanathan , N. Rajini , Sikiru O. Ismail , Nadir Ayrilmis , Faruq Mohammad ,et al , Assessment on hybrid jute/coir fibers reinforced polyester composite with hybrid fillers under different environmental conditions, *Construction and Building Materials*.Volume 301, 27 September (2021).

[3] A. Mohan Kumar, R. Rajasekar, P. Manoj Kumar, R. Parameshwaran, Alagar Karthick,et al, Investigation of Drilling Process Parameters of Palmyra Based Composite,*Manufacturing of Polymeric Composites*,(2021).

[4] M.Wollerdorfer., Bader, H., Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. *Industrial Crops and Products*,Vol 8:105-112,(1998).

[5] U. Atuanya, Solomon, N., Evaluation of the Mechanical Properties of Recycled Polyethylene/Iroko wood Saw Dust particulate Composite, *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, (2011).

[6] P. Jagadeesh, S. M. Rangappa, I. Suyambulingam, S.Siengchin, M.Puttegowda, J. Selvi Binoj et al, Drilling characteristics and properties analysis of fiber reinforced polymer composites: A comprehensive review, *Heliyon*,(2023).

[7] M. ZuraikS,Sobri,N.Abdullah,A.Hermawan,M.Mohamed,andN.Shuaib, Preliminary Investigation of Delamination Factor for Drilling Wood Plastic Composites (WPC) ,*IOP Conf Series: Earth and Environmental Science* ,(2020).