تأثير توجيه الألياف على الخصائص الميكانيكية لمتراكب الإيبوكسي- كفلر

زهراء عبد الحمزة عزيز عبد العابدي
طالبة ماجستير/قسم الفيزياء /كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة كركوك

حسنيه هادي ذنون البياتي
قسم الفيزياء/كلية التربية للعلوم الصرفة /جامعة كركوك

الخلاصة

في هذا العمل تم تحضير مواد متراكبة من الإيبوكسي المدعم بألياف الكفلر بكسر حجمي 25% مع الأخذ بعين الاعتبار أتجاه الليف وهي (0°,45°،90°) بأستخدام طريقة القولبة اليدوية (Hand lay–up) والمواد المتراكبة المحضرة هي:

- B = ايبوكسي .
- B1 = ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة طولي (0°).
- B2 = ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة بزاوية (45°).
- B3 = ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة مستعرض (90°).

شملت الدراسة إجراء الأختبارات الميكانيكية لكافة العينات ،المتمثلة باختبارات الأنحناء ,الشد، الصلادة والإنضغاطية بالظروف الطبيعية وكذلك دراسة التأثير الحراري على سلوك هذه المتراكبات.

لقد لوحظ أن تقوية الايبوكسي بألياف الكفلر أدى الى تحسين الخصائص الميكانيكية للمتراكبات المحضرة بالظروف الطبيعية وعند المقارنة بين الخصائص الميكانيكية لهذه المتراكبات المحضرة لوحظ بأن أفضل القيم في الخصائص المتمثلة ب معامل المرونة, متانة الشد ,الانحناء ,كانت للمتراكب B1 عند مقارنتها مع B,B2,B3 وكذلك للمتراكبB2 عند مقارنتها مع B, B3. أما صلادة برينل كانت أعلى قيمة للعينة B2 عند مقارنتها مع B,B1,B3 ،أما الإنضغاطية كانت أعلى قيمة B3 وعند وجود هذه المتراكبات في محيط ساخن بدرجات حرارة ضمن المدى (40– 20) درجة مئوية, لوحظ أن للجو الساخن تأثير سلبي على سلوك هذه المتراكبات وبالذات فيما يخص الخصائص الميكانيكية.

الكلمات الدالة :المادة المتراكبة، ألياف الكفلر، الخواص الميكانيكية، توجيه الألياف.

Effect of Fiber Orientation on Mechanical Properties for Epoxy /Kevlar Composites

*Zahraa Abd UL Hamza Aziz Aabdi

**Husnyia hade Thanon

* M.Sc Student /Department of Physics
College of Education for Pure Science
University of Kirkuk

** Department of Physics
College of Education for Pure Science
University of Kirkuk

Abstract

In this work, Composite Materials were Prepared from Epoxy Reinforced with Kevlar Fibers with a Volumetric Fraction of 25%, taking into account the direction of the Fiber (90 °, 45 °, 0 °), Using the manual molding method (Hand Iay-up).

The prepared compound materials are:-

B = Epoxy

B1 = 75% Epoxy + 25% Kevlar The Direction of the Fiber in the Compound Material is Parallel length (0°) .

B2 = 75% Epoxy + 25% Kevlar, The Direction of the Fiber in the Compound Material at an angle (45°).

B3 = 75% Epoxy + 25% Kevlar The Direction of the Fiber in the Composite Material is Vertical (90°).

The Study Included Conducting mechanical tests for all Samples, Represented by tests of bending, Tensile strength, Hardness and compressibility under natural conditions, as well as studying the thermal effect on the behavior of these composites.

It has been Observed that Strengthening The Epoxy with Kevlar fibers led to an improvement in the Mechanical Properties of the Composites prepared under natural conditions. When comparing the mechanical properties of these prepared compositions, It was noticed that the best values in the Properties Represented by modulus of elasticity, Tensile Strength, Bending and Compressibility, were for the B1 Compound when compared with B, B2, B3 and also for the B2 compound when compared with the samples B, B3. The Brinell hardness was the highest value for sample B2 when compared with samples B, B1, and B3

When the Composites exist in hot Environments conditions ranged from (20 – 40) ^oC.it was noticed that young modulus and other Mechanical properties decreases with increasing the Temperature.

Key Words :Composite Material, Kevlar fiber, Mechanical Properties Fiber Orientation.

المقدمة (Introduction)

تعتبر المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري ، من المواد الحديثة التي تعلب دوراً أساسياً نتيجة للتطور التكنولوجيا والهندسة والصناعات الحديثة والتي تحتاج الى مواد لها مزيج من الخواص غيرالأعتيادية والتي لا يمكن وجودها في المواد التقليدية مثل المواد المعادن ،المواد السيراميك، المواد البوليمرية ، وأن صنع مواد ذات مواصفات خاصة تلبي احتياجات تصميمية معينة اثارت أهتمام المهندسين لسنوات عديدة، فمثلا مهندسي الطائرات يبحثون بإستمرار عن مواد متراكبة لها كثافة منخفضة ولكنها قوية وصلبة ومقاومة للصدمات وليس من السهولة تأكلها وهذا مزيج من الصفات التي لا يمكن جمعها بسهولة، فمثلا غالباً ما تكون المواد ذات القوة لها كثافة عالية نسبياً وزيادة القوة والصلابة تؤدي الى انخفاض في قوة الصدمة [1].

أكتسبت المواد المتراكبة المقواة بالألياف الكثير من الإهتمام والإنتباه وقد أثبتت نجاحاً في التطبيقات الفضائية ، النقل ، الصناعة المدنية والعسكرية ، الصناعات الزراعية ، الصناعات الطبية ،السيارات ،الطائرات ، والصواريخ، والإستخدامات البحرية [2] .

درست الباحثة أوهان في عام2017 تأثير التدعيم بالألياف على متانة الأنحناء للأيبوكسي المدعم بالألياف الزجاج المقطعة بكسر حجمي مقداره% (20) بالإعتماد على أختبار الأنحناء ثلاثي النقطة والأنحناء رباعي النقطة ، تبين أن الأيبوكسي المقواة بالألياف الزجاج يمتلك متانة انحناء أعلى من تلك للأيبوكسي النقي (أقل أنفعالاً)، أما في أختبار رباعي النقطة أصبحت القوة اللازمة لفشل العينة المعروضة لاختبار ثلاثي النقطة نفسها[3].وفي العام 2019 قام الباحث عبد الرحمن دراسة تأثير الأتجاه والكسور الحجمية ودرجة الحرارة على خاصية الانحناء لصفائح بوليمرية مدعمة بالألياف الزجاجية ،تم دراسة سلوك متانة الأنحناء لخليط الايبوكسي والبولي استر كمادة أساس والمدعمة بطبقات من الألياف الزجاج وبكسور وزني12%و25% بأستخدام طريقة القولبة اليدوية وفق نظام طبائقي مكون من صفيحة آحادي وصفيحه متناظره ، وصفيحه غير متناظره ، بزوايا مختلفة $[0°]_6$، $[45°]_6$، $[90]_6$ $[90°,45°,0°]_s$ ودراسة نظام طبائقي آخر مكون من ثلاث طبقات وهي $[0°]_3$,$[45°]_3$,$[90°]_3$، $[90°,45°,0°]$،وتمت المقارنة بين

النظامين حيث أظهرت النتائج زيادة متانة الانحناء لزوايا أحادية الاتجاه $[0°]_6$,$[0°]_3$ وكذلك اعطت أعلى قيم لمتانة الأنحناء في درجات الحرارة C° (25,50,100,125)، ووجد ايضاً عند زيادة درجة الحرارة تزداد متانة الأنحناء لجميع عينات الأيبوكسي المدعم بألياف الزجاجي لأن مادة الأيبوكسي المدعمة بالألياف الزجاجية تظهر سلوكاً مطيلياً[4].أما الباحث وجماعته S. Arunprasad, et. al في عام 2020 قاموا بدراسة الخصائص الميكانيكية لمتراكب الإيبوكسي المدعم بألياف الكفلر المدعم وألياف الموز (ألياف طبيعية) وصفائح الالمنيوم ، كان الهدف من البحث هو تحسين الخصائص الميكانيكية المتمثلة بخصائص متانة الشد ومقاومة الصدمة للمتراكب المحضر [5].

الهدف من البحث هو تحضير مواد متراكبة من الإيبوكسي وألياف الكفلر المرتبة بزوايا مختلفة (أتجاه الليف °90،°45,°0) ودراسة تأثيرها على الخصائص الميكانيكية المتمثلة بالانحناء والشد والصلادة والإنضغاطية للمتراكبات المحضرة وكذلك دراسة تأثير المحيط الساخن على سلوك هذه المتراكبات.

1- المواد المستخدمة

- راتنج الايبوكسي نوع سيكادور 52 : وهو من الراتنجات غير المطاوعة للحرارة، منشأ شركة Sika التركية . ويتميز هذا الراتنج بأنه متوسط اللزوجة، وهو سائل خفيف ولونه شفاف , وكثافته $1.1\ g/cm^3$ عند درجة حرارة $20C^o$ ويتحول هذا الراتنج إلى مادة بوليمرية صلبة بإضافة المصلد (Hardener) إلى الراتنج بنسبة 2:1 , حيث يتم مزج الخليط لمدة دقيقتين ويحدث بينهما التفاعل عند درجة حرارة الغرفة .
- ألياف الكفلر: أستخدمت ألياف الكفلر الطولية (مستمرة) في عملية التدعيم `ذات منشأ صيني من شركة Nanjing–Faircon Technology. Co .Lt . يعد الكفلر من الألياف الصناعية ذات الأداء العالي وكثافته $1.4\ g\ /\ m^3$ ،غالي الثمن ،أن للكفلر استخدامات خاصة في المجالات التي تتطلب مقاومة اللهب والصدمة. يبين الشكل(1) صورة لنوع ألياف الكفلر المستخدم في البحث.

شكل (1): يبين ألياف كفلر طولية(مستمرة).

2- تحضير العينات

تم تحضير المواد المتراكبة ذات الأساس البوليمري من الأيبوكسي المدعم بألياف الكفلر بكسر حجمي(25%) مع أجراء عملية ترتيب وتوجيه الألياف في القالب بزوايا مختلفة هي(0° ببعد واحد,45°, ببعدين, 90° ببعد واحد). استخدمت طريقة القولبة اليدوية (Hand Lay-Up Molding) في عملية تحضير العينات المختبرة ,لجميع الحالات تم احتساب نسب مكونات المادة المتراكبة من خلال تطبيق العلاقة [6]:

$$\varphi = \frac{1}{1 + (\frac{1-\psi}{\psi})(\frac{\rho_f}{\rho_m})} \qquad (1)$$

حيث أن :φ, ψ الكسر الوزني والكسر الحجمي للمادة المتراكبة على التوالي.

ρ_m، ρ_f كثافة مادة التقوية والمادة الاساس على التوالي.

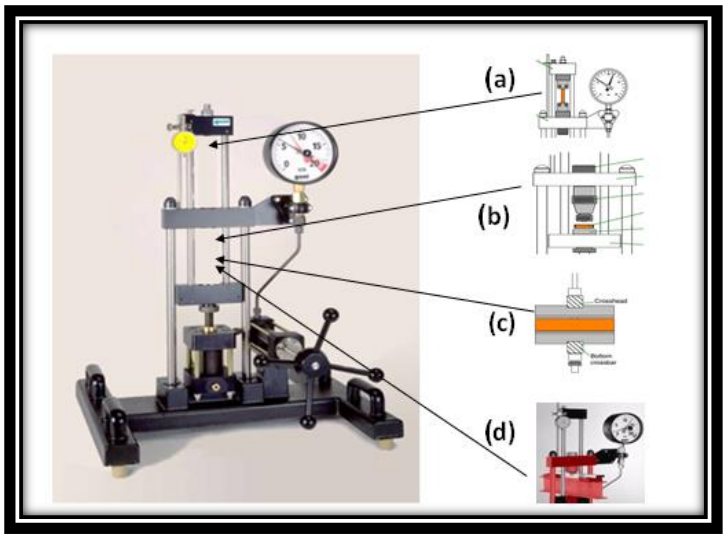
وبعد اجراء عملية الصب في القالب ,يتم ترك المصبوبة داخل القالب عند درجة حرارة الغرفة 24 ساعة وبعد التصلب يتم رفع المادة من القالب وتوضع في الفرن بدرجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 3 ساعات للمعالجة, ثم الحصول على عينات الأختبار بتقطيع الصبة الى عينات خاصة بكل اختبار حسب المواصفات العالمية (DIN-50106),(ASTM-D790) والجدول (1) يوضح رمز المتراكب المحضر ونسب المكونات الداخلة فيه وأتجاه الليف داخل كل نموذج مع صورة مصغرة يبين ترتيب وأتجاه الليف في كل نموذج.

الجدول (1) يبين نسب ومكونات المواد الداخلة في المتراكبات المحضرة مع بيان أتجاه الليف .

Symbols of Composite	Percentage of each material in the composite
B	ايبوكسي
B1	ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة طولي (0°) ببعد واحد
B2	ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة بزاوية (45°) ببعدين
B3	ايبوكسي75% + كفلر 25% أتجاه الليف بالمادة المتراكبة مستعرض (90°) ببعد واحد

3- الاجهزة المستخدمة

تم استخدام الجهاز الخاص بأختبار المواد من نوع WP300 Universal Material Tester.20KN والمصنع من قبل شركة gunt hamburg الألمانية والموضحة صورته في الشكل(2) , استخدم هذا الجهاز لأجراء كل الأختبارات الميكانيكية .



الشكل (2) : يبين الجهاز المستخدم لأجراء الفحوصات الخاصة بالخواص الميكانيكية

a: يمثل الجزء الخاص باختبار الشد b: يمثل الجزء الخاص بأختبار الصلادة

c: يمثل الجزء الخاص باختبار الانضغاطية d: يمثل الجزء الخاص بأختبار الأنحناء.

النتائج والمناقشة:

تمتلك الخواص الميكانيكية للمادة المركبة أهمية كبيرة في مجال إستخدام هذه المادة، يجب أن تصبح قيم هذه الخواص عالية ومقبولة حتى تؤدي عملها بكفاءة جيده ومن خلال هذه الإختبارات التي أجريت على راتنج الإيبوكسي المقوى بألياف الكفلر المستمرة حصلنا على النتائج الموضحة في الرسوم البيانية والتي تمثل قيم مقاومة الأنحناء ومقاومة الشد ومقاومة الإنضغاطية ومقاومة الصلادة لكل النماذج.

1- مقاومة الأنحناء ثلاثي النقاط (Three Point Test)

يعد الهدف الأساسي من أختبار الأنحناء لمعرفة السلوك الخطي أو ما يدعى أحياناً (Hooken Behavior) للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط في الأتجاه العمودي على المستوي السطحي للعينة وقياس معامل المرونة (E) للنماذج والشكل(3) يبين أن الأنحراف يتناسب طردي مع الحمل المسلط عليه ضمن حدود المرونة للمتراكبات المحضرة فعند زوال الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأصلية وأن ميل النسبة بين القوة والأنحراف مقدار ثابت وقد تم حساب معامل المرونة بالاعتماد على المعادلة (2) والمعادلة (3) [7].

$$E = \left[\frac{M}{S}\right]\left[\frac{g}{48I}\right]L^3 \qquad (2)$$

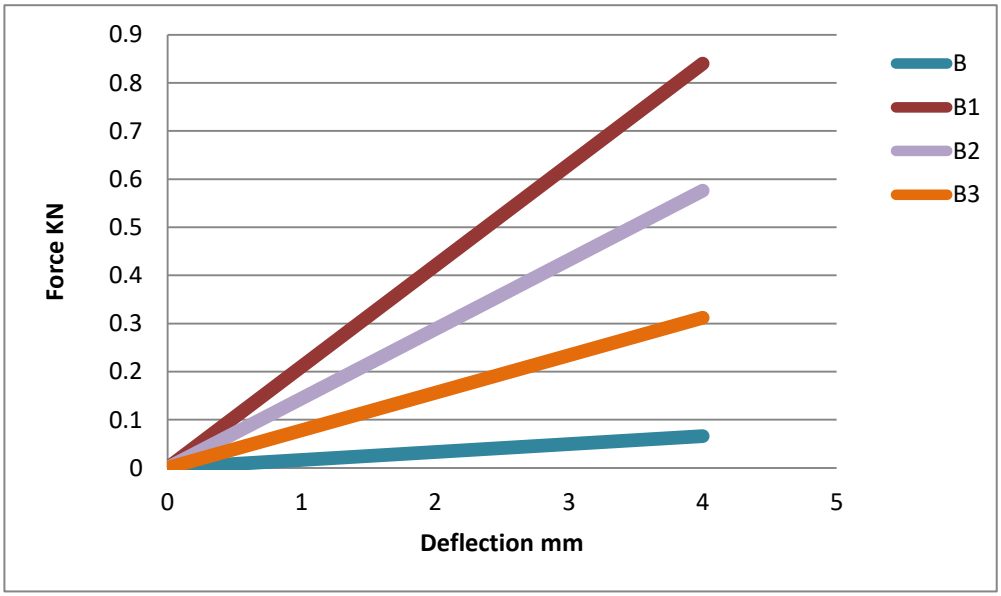
$$I = \frac{bd^3}{12} \qquad (3)$$

M :تمثل الكتلة المسلطة على العينة (gm) , g: التعجيل الارضي ($cm/\sec^2$) , L: المسافة بين نقطتي التحميل الأرتكاز (mm), M /S: يمثل الميل الجزء المستقيم من العلاقة بين الكتلة الأنحراف (Kg /m) , أما S: مقدار الأنحراف (Deflection) الناجم عن الحمل المسلط (mm), d : سمك العينة (mm), b: عرض العينة (mm), I: عزم الأنحناء الهندسي(mm).

أذ نلاحظ من الجدول(2) أن النماذج (B1,B2,B3) تمتلك معامل مرونة أعلى من معامل مرونة النموذج غير المقواة B بدرجة حرارة الغرفة وكذلك قيمة معامل المرونة للمتراكب (B1) هي أفضل من قيمة معامل المرونة للنموذجين (B2,B3) و يعود ذلك الى التقوية بالألياف و تأثير

أتجاه الليف, حيث أن الحمل المسلط بالمتراكب (B1) يكون بأتجاه موازي لطول الليف بينما بالمتراكب (B3) عكس الحالة في النموذج (B1) [8].

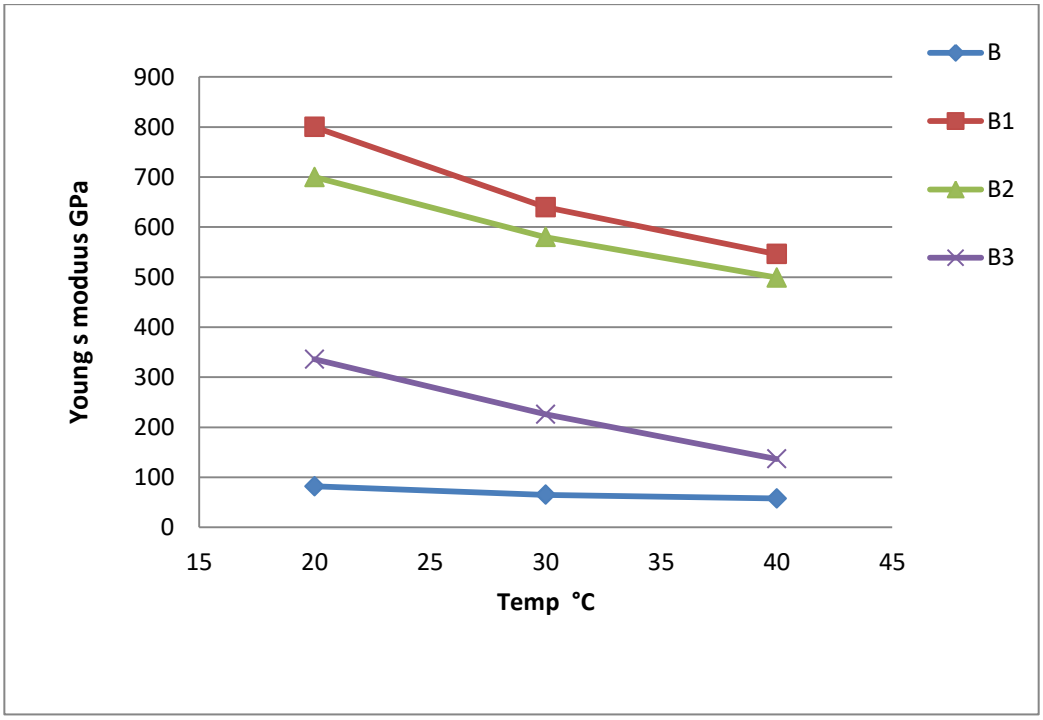
أما قيم معامل المرونة للمتراكبات بعد وضعها في جو ساخن (20,30,40) درجة مئوية تبين أن قيم معامل المرونة قلت لأن الحرارة تسببت في أضعاف قوى الترابط بين السلاسل الجزيئية للمادة الأساس وبالتالي تصبح لينة ويحدث فيها أنفعال كبير يؤدي الى إنخفاض في قيم معامل المرونة والشكل(4) يوضح تغير سلوك هذه المتراكبات مع زيادة درجة الحرارة وأن مقدار الإنخفاض في قيم معامل المرونة للنموذجين (B,B3) هي أكبر من النموذجين (B1,B2) ويعد سبب ذلك تأثير أتجاه الليف في المتراكب وأتجاه المسلط [9, 10].



الشكل (3): يبين العلاقة بين القوة والأنحراف لكل العينات بدرجة حرارة المختبر.

الجدول (2): يمثل قيم معامل المرونة لكل العينات بدرجة حرارة المختبر.

Symbols of Composite	Percentage of each material in the composite
B	82.00
B1	800.00
B2	699.8
B3	335.689



الشكل (4): يبين تغير معامل يونك لكل العينات بدرجات الحرارة المختلفة للمدى ^{o}C (20-40).

2- مقاومة الشد (Tensile Strength)

لقد اظهرت نتائج اختبار الشد للمتراكبات المحضرة بعد حساب معامل يونك, متانة الشد ،متانة الكسر والمطيلية للمادة وبالاعتماد على المعادلات (4) و(5) في حساب معامل يونك والمطيلية[11] .

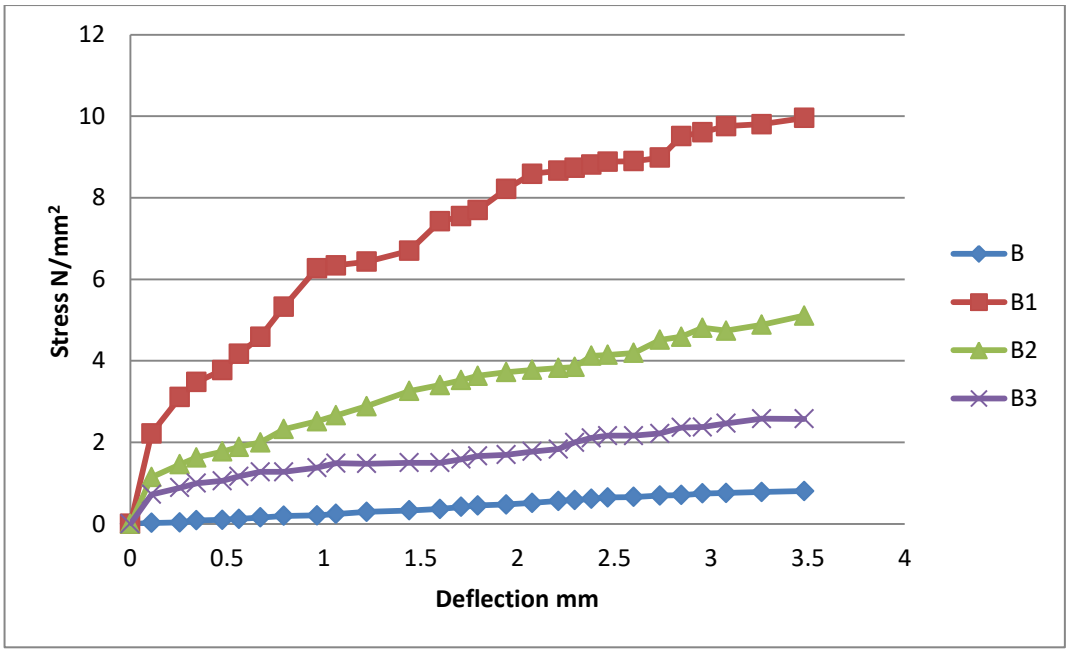
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

$$Ductility = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (5)$$

E: معامل يونك (N/m^2) ,σ: يمثل الأجهاد المسلط على المادة, ε : الأنفعال عند لحظة التشوه

ΔL :التغير في الطول، L_0 : الطول الابتدائي (mm)، ليونة المادة Ductility.

يعد راتنج الإيبوكسي من المواد الهشة إذ تكون مقاومتها للشد منخفضة جداً والمتمثلة بالنموذج (B) ولكن عند إضافة الياف الكفلر الى الإيبوكسي تتحسن مقاومتها للشد بصورة كبيرة وبنسب متفاوتة حسب ترتيب أتجاه الألياف بالمادة وتعد مقاومة الشد مقياسًا لقابلية المادة على مقاومة القوى الساكنة التي تحاول سحب المادة وكسرها اذ تبدا المادة المتراكبة في الاستطالة بشكل خطي في البداية استجابة للجهد المسلط ومع استمرار التحميل يحصل أنحراف (استطالة) للعينة كما نراه في الشكل (5), بعد عبور المادة نقطة الخضوع وتستمر الألياف في الأستطالة والمقاومة حتى تنهار مقاومة المادة [11]. وإذا كان الحمل المسلط على المادة (المتمثلة بالمتراكب B1) بأتجاه موازي لليف بزاوية (0°) تكون متانة الشد والخصائص الأخرى منها معامل يونك ،متانة الكسر ومطيلية المادة والمدونة قيمها في الجدول(3) أعلى من القيم المستحصلة في المتراكب (B3)الذي فيه الحمل المسلط بأتجاه عمودي على الليف بزاوية (90°).بينما المتراكب B2 الذي فيه الحمل المسلط على المادة بزاوية (45°) تكون قيم الخصائص الميكانيكية المذكورة أعلاه مابين القيم المستحصلة للمتراكبين (B1,B3) .



الشكل (5): يمثل العلاقة بين الاجهاد والانحراف لكافة العينات بدرجة حرارة المختبر.

الجدول (3): يبين خصائص وصفات العينات المحضرة

Symbols of Composite	E(MPa)	T.S(MPa)	F.S(MPa)	Ductility
B	69.39	9.69	9.21	0.287
B1	253.8	30.54	30.32	0.156
B2	178.15	25.31	25.01	0.188
B3	108.15	15.63	15.10	0.220

3-مقاومة الصلادة (Hardness)

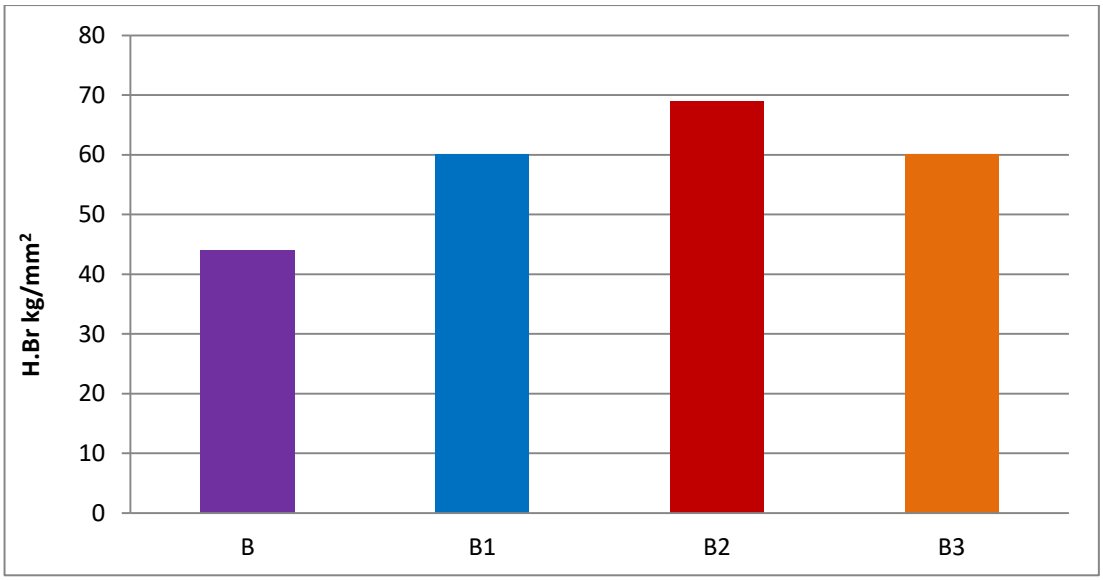
تعد خاصية الصلادة من الخواص الميكانيكية السطحية المهمة وهي مقياس للتشوه اللدن وتعتمد الصلادة كغيرها من الخواص الميكانيكية على نوع السطح ودرجة حرارته والظروف المؤثرة فيه وعلى نوع القوى الرابطة بين الذرات والجزيئات حيث تزداد الصلادة مع زيادة مقدار القوى [12] ويحسب وفق المعادلة الآتية [13].

$$H.Br = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - D^2}} \qquad (6)$$

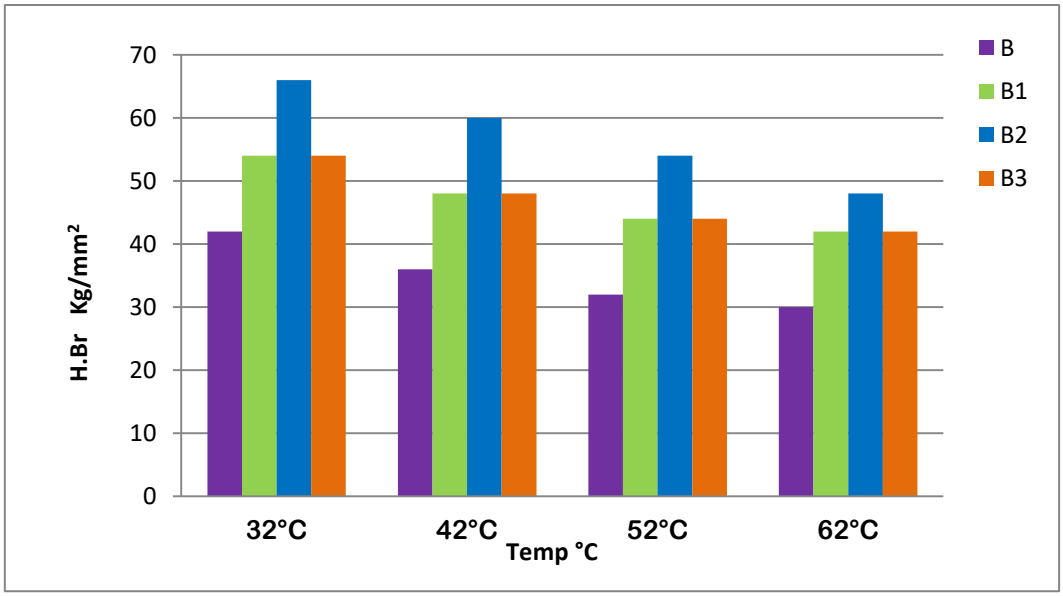
حيث أن: H.Br صلادة برينل,F: الحمل المسلط (Nt.), D :قطر أداة الغرز(mm), d: قطر الأثر على سطح العينة(mm) .

اظهرت نتائج أختبار صلادة برينيل لكل النماذج بدرجة حرارة الغرفة أن الصلادة تحسنت مع التدعيم بالألياف والشكل (6) يوضح قيم الصلادة لكل النماذج, وأن وجود ألياف الكفلر رفعت الصلادة للنماذج (B1,B2,B3) بمقدار كبير كما نلاحظ ذلك عند مقارنتهم مع النموذج (B) [14]. وأن الصلادة للمتراكبات (B1,B2,B3) أعلى من صلادة العينة غير المدعمة بألياف الكفلر (B) وهذا يعود إلى ترتيب الألياف حسب الأتجاه.

وكذلك نلاحظ ايضاً أن صلادة برينيل للنماذج (B,B1,B2,B3) تقل بزيادة درجات الحرارة وأعلى قيمه كانت للعينة (B2) ثم تليها العينات (B1,B3) بشكل مستعْرض وطولي تعطي (لأن القوة الملطة على النموذجين بأتجاه عمودي على الليف) نفس النتيجة ،كما نره في الشكل (7).



الشكل (6): تأثير أتجاة ألياف الكفلر على صلادة برينيل للعينات المختبرة بدرجة حرارة المختبر



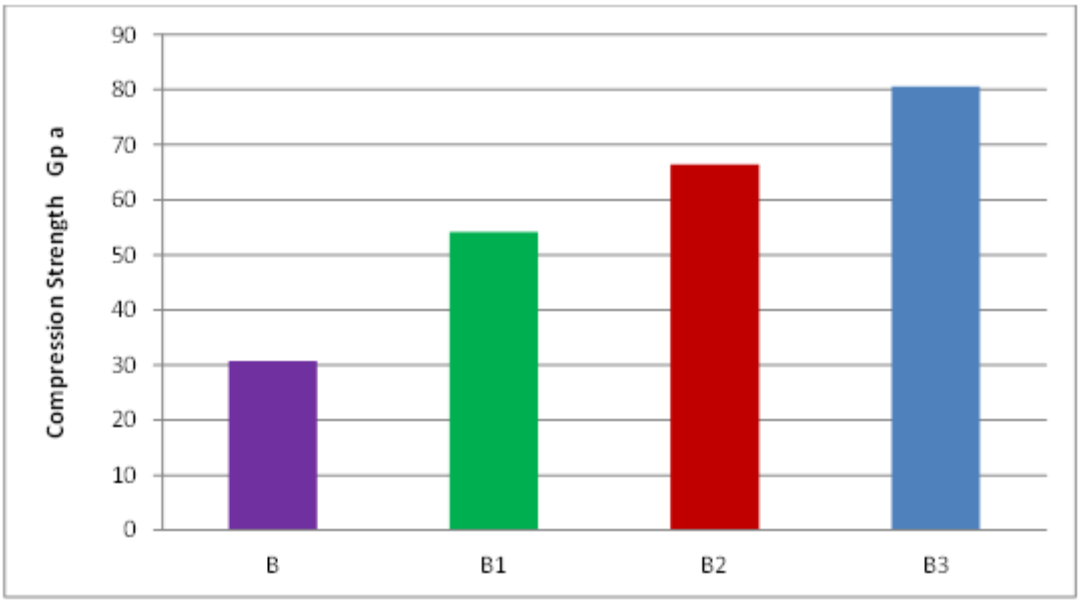
الشكل(7): تأثير أتجاه الليف على قيم صلادة برينيل لكل العينات وبدرجات الحرارة ^{o}C(32-62).

4-مقاومة الإنضغاطية (Compression Strength)

ولمعرفة سلوك المادة الواقعة تحت تأثير إجهاد الضغط العمودي المسلط على العينات وهي أقصى إجهاد تتحمله المادة الجاسئه تحت تأثير الضغط العمودي قبل الوصول الى حالة الفشل اي أن مدى تحمل المادة عند تعرضها للأحمال الساكنة المسلطة عليها قبل أن تتحطم أو تنكسر وتدعى هذه الاحمال بأحمال الإنضغاط), ومن العلاقة (7) [15,16] .تم حساب مقاومة الإنضغاط (GPa) C.S لكل النماذج بدرجة حرارة الغرفة. أظهرت النتائج أن قيم مقاومة الإنضغاطية للنماذج B1,B2,B3 المقواة قد تحسنت مع التقوية بالياف الكفلر والشكل (8) يوضح ما ذكر, وأن أفضل مقاومة أنضغاط كانت للنموذج (B3).

$$C.S = \frac{F(Nt.)}{A(mm)^2} \qquad (7)$$

حيث أن $C.S$: تمثل مقاومه الانضغاط , F: الحمل المسلط (N), A:مساحة المقطع العرضي (mm^2).



الشكل (8): يبين تأثير أتجاه ألياف الكفلر على قيم الإنضغاطية بدرجة حرارة المختبر.

الاستنتاجات (conclusions)

1- يلاحظ أن المتراكب (B1) لديهما قوة شد أفضل بالمقارنة مع غيرها من المتراكبات بسبب ترتيب ألياف الكفلر بشكل موازي للحمل المسلط مما يزيد من صلابة وقوة المتراكب.

2- يقل معامل المرونة في أختبار الأنحناء كلما أرتفعت درجة الحرارة ورغم ذلك فأن النموذج (B1) له أعلى قيمة لمعامل يونك .أما (B3) فأعطت قيم أقل بكثير من النموذج (B1).

3 - قلت الصلادة بزيادة درجة الحرارة لأن زيادة درجة الحرارة.

4 - يلاحظ أن المتراكبات (B2,B3) يمتلك مقاومة أنضغاط عالية مقارنة مع العينات الأخرى.

المصادر (References)

[1] W. D .Callister , Jr " **Materials Science and Engineering An Introduction** ",5th ed John Wiley and Sons, Inc. New York. (2000)

[2] K. Al . Rawi , H . Jaffa , H. W. Abdullah. "**Study of Fatigue and Bending Properties For Epoxy – Kevlar– Glass Fibers and Hybrid Composite**" Baghdad Science Journal .Vol (11).Issue (2) .pages(540–546). (2014).

[3] A. M. Hameed . " **Comparing the Flexural Strength Values for Polymeric Material and other Fibrous Composite in 3 and 4 Point Bending Methods** " . Journal of college of education .No1. Applied Sciences Department, University of Technology.(2017).

[4] A. U . Rashid Mohammed Rashid "**Study the effect of Direction Volume Fraction and temperature on the bending strength properties of polymer laminates Reinforced by E-glass Fiber**" Master Thesis . college of Education Department of physics .University of AL-Qadisiyah. .(2019).

[5] S. Arunprasad , S. Abish, V. Aravind , U. A. Krishna. " **Mechanical Properties of Kevlar Fibre With Banana Fibre and Aluminium Mesh using Reinforced Epoxy Resin**" , International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: (2277-3878), Vo l. (8) No.(5), January (2020).

[6] M. M. Schwatz . "**Composite Materials Handbook**", McGraw Hill Company, New York. (1984).

[7] J. Delmonte " **Technology of Carbon and Graphite Fiber Composites** ", Van Nostrand Reinhold Co. ,New York. (1981).

[8] R . Satheesh Raja, K. Manisekar, V. Manikandan, , "**Effect of fly ash filler size on mechanical properties of polymer matrix composites**", International Journal of Mining , Metallurgy & Mechanical Engineering (IJMMME) Vol - 1 , Issue -1, ISSN 2320-4060.(2013).

[9] M.W .Pilling,(1979), "**Thermal Conductivity of Carbon Fiber Reinforced Composites,** "Journal of material science14,6,(1326-1338).

[10] بلقيس محمد ضياء (1996), "**تسليح ودراسة راتنجي الإيبوكسي والبولي أستر غير المشبع**" رسالة دكتوراه , قسم العلوم التطبيقية , الجامعة التكنولوجية ,بغداد.

[11] T. Liyong , A. P. Mouritz , M. K. Bannister. " **3D Fiber Reinforced Polymer Composites** " , First Edition , Elsevier Science Ltd. (2002).

[12] علي هوبي حليم الخزرجي (1999). " **تحسين خواص المواد اللدائنية المقساة** " رسالة ماجستير، جامعة بابل.

[13] أوهام محمد حميد. " **دراسة تأثير التدعيم بالألياف على بعض الخصائص الفيزيائية لمواد متراكبة** " رسالة ماجستير , العلوم التطبيقية – الجامعة التكنولوجية .بغداد (2000).

[14] S.J. Pande , D.K. **Sharma** "**Strength and Stiffness of Short Glass Fiber/Glass Particulate hybrid Composites** ", fiber Science and Technology ,Vol. 20, No. 3,pp (235-243). (1984).

[15] آنا.أ.تاكر. ترجمة أكرم عزيز محمد." **الكيمياء الفيزيائية**" للبوليمرات "جامعة الموصل، (1984) .

[16] E .S . de Medeiros , Jose' A. M. Agnelli , K. Joseph , Laura H. de Carvalho , Luiz H.C. Mattoso." **Mechanical properties of phenolic composites reinforced with Jute\cotton hybrid fabrics**", polymer Composites", Vol (26), No.(1),pp (1-11) ,(2004).