مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة . المجلد السابع ، العدد الثاني لسنة 2013
خاص بوقائع المؤتمر العلمي الثاني للعلوم الصرفة – جامعة الانبار 20-2012/11/22

ISSN: 1991-8941

دراسة خواص الكلال لمتراكب ايبوكسي- الياف زجاجية

فائق حماد عنتر* هند صلاح حسن **
جامعة الانبار / كلية العلوم .
جامعة الانبار / كلية التربية للعلوم الصرفة

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير مواد متراكبة ذات اساس بوليميري بطريقة القولبة اليدوية Hand lay – up molding من راتنج الايبوكسي كمادة اساس مدعمة بالألياف الزجاجية نوع (E-glass) المحاكة بشكل حصيرة او العشوائية وبكسر حجمي مقداره 25% تضمن البحث دراسة خاصية الكلال لعينة الايبوكسي غير المدعمة والمدعمة بطبقة واحدة وطبقتين وثلاث طبقات من الالياف الزجاجية المحاكة بشكل حصيرة او العشوائية , في الحالتين الجافة والرطبة وبدرجة حرارة الغرفة.اظهرت نتائج فحص الكلال بأن عدد دورات الكلال لحد الفشل يقل مع زيادة عدد طبقات التدعيم ولكافة العينات الجافة او المغمورة بالماء .وان عدد هذه الدورات في العينات المغمورة بالماء يكون اقل مما للعينات الجافة .

كلمات مفتاحية: مواد متراكبة ، القولبة اليدوية ، الألياف الزجاجية، ايبوكسي

المقدمة

الكلال هو نوع من انواع الفشل الذي يحدث في المواد عند تعرضها لإجهادات دورية (كما في الطائرات والسفن والجسور) والتي لو سلطت سكونيا ما سببت فشل المادة عندما تكون قيمتها اصغر من قيمة اجهاد الخضوع, آن الاجهادات الدورية تؤدي الى حصول شقوق سطحية قابلة للنمو حتى حصول الكسر [1].

ان الكلال في البوليمرات ظاهريا يشبه كلال المعادن ,ولكن بتعقيد اكثر بسبب الحاجة لدراسة بعض العوامل المؤثرة في الكلال للبوليمرات كالتراكيب المجهرية ودرجة التشابك والتبلورية [2] .

ان الكلال هو السبب الاكبر في فشل 90% من المواد سوآءا اكانت معدنية او سيراميكية او بوليميرية .ولم يتم التوصل لحد الان الى فهم اساسي لأسباب فشل الكلال في المواد على الرغم من وضع تصور لألية نشوء الشقوق وتطورها [3].

تعد ظاهرة الفشل تعد ظاهرة الفشل بسبب الكلال (Fatigue Failure) من الظواهر المهمة والمتميزة عن باقي انواع الفشل اذ يحدث من دون سابق انذار . فقد يؤدي الكلال الى ظاهرة الكسر الهش من دون تشكيل تشوه لدن عند الكسر وان سطح الكسر يكون عموديا على اتجاه اجهاد الشد الرئيسي , ويتميز هذا النوع من الفشل بانه يمكن ان يحصل بإجهاد دوري اقل من اجهاد الخضوع اللازم لحدوث الكسر في حالة الاختبار الثابت (الاستاتيكي) القصير الامد[5,4] .ونظرا لإحلال المتراكبات البوليميرية محل المعادن في الكثير من التطبيقات الصناعية ,فقد تم الاهتمام بدراسة خاصية الكلال لهذه المتراكبات البوليميرية لأنها تحدد سلوكية هذه المواد تحت تأثير الاجهاد المسلط عليها وكذلك تأثير درجة الحرارة والضغط .تصنف خاصية الكلال ضمن الخواص الميكانيكية المتحركة (Dynamic Mechanical Properties) [7,6].

ان المواد المتراكبة عبارة عن خلط مادتين او اكثر مع بعضهما بطريقة معينة لتكوين متراكب ذات خصائص افضل من خصائص المواد الداخلة في تكوينه [9,8] , وبذلك يمكن القول بأن المادة المتراكبة تتكون من طورين هما: المادة الاساس او المادة الرابطة (Matrix) ومواد التقوية (Reinforcement) , ويرتبط هذان الطوران مع بعضهما عن طريق السطح البيني (Interface) .

ان المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري تتميز بخفة الوزن والعزل الكهربائي الجيد , وهذا ما حفز العلماء للاهتمام بدراسة

خواصها وبالذات الميكانيكية منها لغرض استخدامها في التطبيقات المختلفة [10]

الجزء العملي

المواد المستخدمة

راتنج الايبوكسي (Epoxy resin) : حيث تم استخدامه كمادة اساس في تحضير عينات البحث ,وهو عبارة عن سائل لزج شفاف عند درجة حرارة الغرفة ومن نوع (Conbextra EP10) .هو احد انواع البوليمرات المتصلدة بالحرارة (Thermosetting) ,وله قابلية التصاق عالية ويتمتع بكثافة مقدارها $1.35gm/cm^3$ويتحول الى الحالة الصلبة بعد اضافة المصلد (Hardener)من نوع (MPDA)بنسبة خلط مقدارها (1:3) ليحدث تفاعل في درجة حرارة الغرفة وبعدها تجري المعاملة الحرارية لضمان زيادة الترابط الجزيئي .

الالياف الزجاجية نوع (E-glass)

تعد الالياف الزجاجية من المواد الاساسية المستخدمة في تدعيم الراتنجات بشكل عام وذلك لكونها سهلة التصنيع والتشكيل , تمتاز بالمتانة العالية والكلفة الاقتصادية الواطئة , وكما ان لها عزل كهربائي جيد ومقاومة للحرارة وعديمة الرائحة وغير حساسة للرطوبة . في هذا البحث تم استخدام الالياف الزجاجية من النوع اعلاه وبأشكالها المحاكة بشكل حصيرة والعشوائية. .

تحضير العينات

تم تحضير عينات المواد المتراكبة من راتنج الايبوكسي المدعم بألياف الزجاج نوع (E-glass) بكسر حجمي مقداره 25% وبطريقة القولبة اليدوية (Hand lay – up molding) لأنها بسيطة الاستخدام ويمكن الحصول من خلالها على عينات بأشكال وابعاد مختلفة . جرى تقطيع الياف الزجاج بشكل طبقات وبنفس ابعاد القالب المستخدم cm (25×25) الذي تم تغليف جوانبه وقاعدته من الداخل بالورق الحراري المصنع من مادة البولي فينيل الكحول (PVA)وذلك لضمان عدم التصاق العينة بالقالب وسهولة استخراجها .يحضر راتنج الايبوكسي بإضافة المصلد اليه ويخلط باستخدام الخلاط ثم يضاف الخليط على الالياف الزجاجية التي سبقوان تم وزنها وتقطيعها حسب الكسر الحجمي الذي مقداره 25% . ويترك القالب لمدة 24 ساعة ليجف ويتجانس وبعدها يوضع في فرن تجفيف لمدة 6 ساعات وبدرجة حرارة $50C^{\circ}$ لإتمام المعالجة الحرارية , والعينات التي تم تحضيرها في هذا البحث هي :

1.عينة من الايبوكسي بدون تدعيم

2 . عينة الايبوكسي المدعمة بطبقة واحدة من الالياف الزجاجية المحاكة بشكل حصيرة او العشوائية

3 . عينة الايبوكسي المدعمة بطبقتين من الالياف الزجاجية المحاكة بشكل حصيرة او العشوائية

4 . عينة الايبوكسي المدعمة بثلاث طبقات من الالياف الزجاجية المحاكة بشكل حصيرة او العشوائية

تقطيع وترقيم العينات

لغرض اجراء اختبار الكلال فقد تم تقطيع العينات بإبعاد cm (0.4×1.0×10) , ولغرض تثبيت العينة على جهاز الكلال فقد تم ثقب فتحة في احد طرفيها قطرها mm (4) وتبعد عن جانبيي العينة بمقدار mm (3) و mm (4) عن نهاية العينة . تم بعد ذلك تنعيم العينات وترقيمها حيث تم اعطاء الرمز (D_E) للعينات المنتظمة الجافة والرمز (W_E) للعينات المنتظمة المغمورة بالماء .واعطاء الرمز (D_{Er}) للعينات العشوائية الجافة والرمز (W_{Er}) للعينات العشوائية المغمورة بالماء .وكما موضح بالشكل(1).

الاجهزة المستخدمة

1. جهاز فحص الكلال نوع (Alternating Bending Fatigue Machine)والمصنع من شركة (Hi-Tech) البريطانية .

2. جهاز الفحص المجهري من نوع Nikonوالمصنع من قبل شركة Nikon اليابانيةلتحديد اماكن الفشل والتشققات الطبقية ومناطق والانسلال الالياف الزجاجية

النتائج والمناقشة

اختبارات الكلال للعينات المنتظمة

اظهرت الفحوصات والقياسات المختبرية الموضحة بالجدول (1) بأن عينات الايبوكسي غير المدعمة قد فشلت بعدد من دورات الكلال مقداره (9323) دورة عند حمل مقداره (5.5N) وانحراف (5mm) وسبب ذلك يعود الى أن الايبوكسي يتميز بسلاسل جزيئية طويلة تتشابك عند التصلب , وان انتظامية وتوجيه ودرجة تشابك هذه السلاسل لها دور كبير في تحديد مقاومة المواد البوليميرية . ان تسليط حمل خارجي على عينة الايبوكسي يؤدي الى التأثير على طبيعة وانتظامية السلاسل البوليميريةالمترابطة وهذا بدوره يؤدي الى تمدد السلاسل الجزيئية عندالاحمال العالية]11[مما يؤدي الى فشل عينات الايبوكسي غير المدعمة بعدد اقل من دورات الكلال بالمقارنة مع العينات المدعمة , وايضاً فان الاحمال العالية تؤدي الى زيادة الانحراف أي زيادة المدى المؤثر على العينة لقوى الشد والانضغاط مما يعجل في تكوين الشقوق الاولية في البوليمر وبسبب الزيادة الموضعية الحادة في الطاقة الداخلية وبالتالي يحدث الانهيار في المناطق التي تتجاوز فيها طاقة التقلبات الحرارية طاقة الاواصر الكيمائية فيحدث الكسر الهش (Brittle Fracture) وذلك لعدم وجود مناطق تسليح تمنع تقدم الشق

]12[. ونلاحظ من الجدول (1) ان العينة ذات الطبقة الواحدة من الالياف الزجاجية المنتظمة لم تصل لحد الفشل الا بعد عدد من دورات الكلال مقدارها (1923137) دورة وانحراف مقداره (18mm) وبحمل مقداره (9N) وعدد دورات الكلال يقل بزيادة عدد طبقات التسليح للعينات الجافة المنتظمة وسبب ذلك يعود الى ان العينات ذات الطبقة الواحدة من الالياف الزجاجية المنتظمة اظهرت مرونة عالية عند اجراء الاختبار لذا فأنها تتحمل عدد من دورات الكلال لحد الفشل اكثر مما للعينات ذات الطبقتين او الثلاث طبقات . ان العينات ذات الطبقتين اوالثلاث طبقات من التسليح المنتظم سوف يكون انحرافها اقل مما للعينة ذات الطبقة الواحدة لنفس الحمل المسلط , لذا يجب تسليط حمل اعلى من الحمل المسلط على العينة ذات الطبقة الواحدة للحصول على نفس انحرافها , وهذا يعني ان مرونة العينات تقل مع زيادة عدد طبقات التسليح وكما موضح بالشكل (2) .والنتائج المختبرية للعينات المغمورة بالماء موضحة بالجدول (2) .

في الجدول (2) نلاحظ ان العينة (W_{E1}) اي عينة الايبوكسي بدون تدعيم قد سجلت انحرافا اكثر مما في الحالة الجافة , وسبب ذلك يعود الى ان انتشار جزئيات الماء داخل العينة البوليميرية سيؤدي الى تمركز هذه الجزئيات بين السلاسل البوليميرية وسبب انتفاخها , كما ان الماء سيزيد من حركة السلاسل البوليميرية كونها تعمل كمواد مزيتة بين هذه السلاسل فتزيد من مرونتها وتسهل حركتها فيكون انحرافها اكبر من انحراف العينات الجافة 13][. ان وجود جزئيات الماء في بعض الفجوات في المادة الرابطة ستولد اجهادات داخلية تؤدي الى توليد شقوق دقيقة يكون لها الدور الفعال في تسريع عملية الفشل عند اجراء الاختبار. ومن خلال النتائج المختبرية المدرجة في الجدول(2) للعينات المسلحة بالالياف الزجاجية المنتظمة والمغمورة بالماء لمدة (21) يوما , وجد بان هناك تناقصا في عدد دورات الكلال حتى الفشل عند زيادة عدد طبقات التسليح . ففي العينة (W_{E2}) المسلحة بطبقة واحدة من الالياف الزجاجية المنتظمة كان الحمل المسلط عليها هو (7N) والذي سبب انحرافا مقداره (18mm) واستطاعت ان تتحمل عدد من دورات الكلال مقداره (1247640) دورة دون ان تفشل . وعند مقارنة العينة (W_{E2}) المغمورة في الماء مع العينة الجافة (D_{E2}) ذات الطبقة الواحدة ايضا وجد ان الحمل المسلط على العينة الجافة والذي سبب نفس الانحراف (18mm) هو (N9) أي اكبر من الحمل المسلط على العينة المغمورة في الماء . وهذا دليل على ان العينات المغمورة بالماء تزداد مرونتها اكثر من العينات الجافة لان الماء يزيد من لدونة المادة فتزداد المرونة . اما بالنسبة للعينة (W_{E3}) المدعمة بطبقتين من الالياف الزجاجية المنتظمة والمغمورة بالماء مدة (21) يوم والموضحة بالجدول (2) فقد حصلنا على نفس الانحراف (10mm) ولكن بتسليط حمل مقداره (10N) واستطاعت هذه العينة ان تتحمل عدد من دورات الكلال مقداره (729610) دوره دون ان تفشل . وعند مقارنة هذه العينة مع العينة الجافة (D_{E3}) لنفس النوع وعدد طبقات التسليح وجد ان الحمل المسلط على العينة (D_{E3}) الجافة هو اكبر من الحمل المسلط على العينة المغمورة والذي سبب نفس الانحراف ولكن عدد دورات الكلال لحد الفشل كان اقل مما للعينة الجافة الذي كان مقداره (1311673) دورة , و السبب في ذلك يعود الى ان العينة المدعمة بطبقتين من الالياف الزجاجية المنتظمة تمتلك سطحين بينيين يؤديان الى الزيادة في ضعف الترابط بين الالياف الزجاجية والايبوكسي وبالتالي حدوث الفشل بعدد من دورات الكلال اقل مما للعينة (W_{E2}) ذات الطبقة الواحدة والمغمورة بالماء لنفس المدة , وكما موضح بالشكل (2) .اما بالنسبة للعينة (W_{E4})المغمورة بالماء لمدة (21) يوما والمدعمة بثلاث طبقات من الالياف الزجاجية المنتظمة فقد فشلت بعدد من دورات الكلال مقداره (601510) دورة عند حمل مقداره (25N) والذي سبب انحرافا مقداره (5mm) .وعند مقارنة هذه العينة مع العينة الجافة لنفس النوع وعدد الطبقات نجد انها فشلت بعدد اقل من دورات الكلال , وكان الحمل المسلط عليها اقل ايضا وسبب ذلك يعود الى زيادة امتصاصية الماء مع زيادة عدد طبقات التدعيم والناتجة من زيادة المساحة البينية للطبقات وهذا يؤدي الى زيادة مرونة العينة وفشلها بعدد قليل من دورات الكلال وكما مبين في الشكل (2) ايضا

اختبارات الكلال للعينات العشوائية

ان النتائج والفحوصات المختبرية لعينات الايبوكسي المدعمة بطبقة واحدة او طبقتين او ثلاث طبقات من الالياف الزجاجية العشوائية مبينة في الجدول (3) . اما النتائج المختبرية للعينات اعلاه عند غمرها بالماء لمدة (21) يوما فهي مبينة في الجدول (4)

من الجدولين (3) ,(4) نلاحظ بان عدد دورات الكلال تقل مع زيادة عدد طبقات التسليح لكافة العينات سواء في الحالة الجافة او المغمورة . ولاحظنا ايضا بأن عدد دورات الكلال لحد الفشل للعينات المغمورة هو اقل دائما من عدد دورات الكلال للعينات الجافة وبأن الحمل المسلط على العينات المغمورة لتوليد نفس الانحراف للعينات الجافة هو دائما اقل مما للعينات الجافة . ويبين الجدول (3) بأن عينات الايبوكسي الجافة غير المدعمة قد فشلت بعدد من دورات الكلال مقداره (9323) دورة وحمل مقداره (5.5N) والذي سبب انحراف مقداره(5mm) وعند مقارنتها مع نفس العينة المغمورة بالماء

الموضحة بالجدول (4) نجد انها فشلت بعدد من دورات الكلال مقداره (5869) دورة عند حمل مقداره (4.0N) والذي سبب نفس الانحراف للحالة الجافة (5mm) . ونستنتج من هذا بأن عينة الايبوكسي المغمورة قد فشلت بعدد من دورات الكلال اقل مما للعينة الجافة وبحمل مسلط اقل مما للعينة الجافة . اما العينة الجافة ذات الطبقة الواحدة من التسليح العشوائي فأنها وصلت لحد الفشل بعدد من دورات الكلال مقداره (1447157) دورة عند تسليط حمل مقداره (6N) والذي سبب انحرافا مقداره (18mm) وعند مقارنتها مع العينة المغمورة لنفس نوع وطبقة التدعيم نلاحظ أنها وصلت لحد الفشل بعدد من دورات الكلال مقداره (1000000) دورة عند تسليط حمل مقداره (5.5N) والذي سبب نفس الانحراف للحالة الجافة (18mm) وهذا يبين بأن العينة المغمورة قد فشلت بعدد من دورات الكلال اقل مما للعينة الجافة كما أن الحمل المسلط عليها الذي سبب نفس انحراف العينة الجافة هو اقل ايضاً من الحمل المسلط على العينة الجافة .

بالنسبة للعينة (W_{Er3}) ذات الطبقتين من التسليح العشوائي والمغمورة بالماء فقد اظهرت انحرافا مقداره (10 mm) عند تسليط حمل مقداره (11.0N) وعند اجراء اختبار فحص الكلال عليها فقد فشلت عند دورات كلال مقدارها (600000) دورة . وعند مقارنة هذه العينة مع العينة الجافة لنفس النوع وطبقة التسليح وجدنا ان الحمل المسلط على العينة الجافة العشوائية والذي سبب نفس الانحراف(10mm) هو (12.5N) أي اكبر من الحمل المسلط على العينة المغمورة بالماء , وذلك لان مرونتها كما اسلفنا اقل من مرونة العينة ذات الطبقة الواحدة العشوائية المغمورة بالماء, لان المرونة تقل مع زيادة عدد طبقات التسليح وكما موضح بالشكل (3) . ويعود السبب في ذلك لتفكك الاصرة بين طبقتي الالياف الزجاجية .ان الاواصر الضعيفة جدا بين طبقات الالياف الزجاجية تتواجد عند تواجد الفجوات وكذلك عند تواجد الكميات الكبيرة من المادة الرابطة . وعند فحص العينة فأن الاواصر الضعيفة سوف تتكسر مؤدية الى تقليل متانة العينة .

اما بالنسبة للعينة (W_{Er4}) ذات الثلاث طبقات من التسليح العشوائي المغمورة بالماء , فقد اظهرت انحرافا مقداره (3 mm) عند تسليط حمل مقداره (21N) , وفشلت بعدد من الدورات مقدارها (580000) دورة اي بعدد دورات كلال اقل بقليل مما للعينة ذات الطبقتين وهذا ربما ناتج من ان امتصاص العينة للماء قد أثر على طبقتي التسليح الخارجية وأدى الى زيادة مرونتها ولكن طبقة التسليح الوسطى قد تأثرت قليلا لقلة وصول الماء اليها لذا فأنها قد تحملت عدد من الدورات اقل بقليل من للعينة (W_{E6}) وهذا موضح بالجدول (4) الشكل (3) . وعند مقارنة هذه العينة مع العينة الجافة لنفس النوع وطبقة التسليح نجد ايضا أن الحمل المسلط على العينة الجافة العشوائية والذي سبب نفس الانحراف (3mm) هو (22N) اي اكبر من الحمل المسلط على العينة المغمورة بالماء وذلك لان كمية الماء الممتص من قبل هذه العينة أدت الى زيادة مرونتها وفشلها بعدد من دورات الكلال اقل مما للعينة الجافة من نفس النوع. ان مقارنة العينات الجافة والمغمورة العشوائية موضحة بالشكل (3) .

مقارنة سلوك الكلال لعينات الايبوكسي المنتظمة والعشوائية

مقارنة سلوك الكلال للعينات الجافة المنتظمة والعينات الجافة العشوائية

الجدول (1) يوضح الفحوصات المختبرية للعينات الجافة المدعمة بالألياف الزجاجية المنتظمة اما الجدول (3) فأنه يوضح ايضاً الفحوصات المختبرية للعينات الجافة المدعمة بالألياف الزجاجية العشوائية . ومن النتائج الموضحة في الجدولين اعلاه يمكن ان نحصل على مقارنة بين العينات المنتظمة الجافة والعينات العشوائية الجافة حيث نلاحظ من الجدول (1) بأن عدد دورات الكلال للعينات المنتظمة الجافة ذات الطبقة الواحدة هو (1923137) دورة في حين نجد ان هذا العدد يتناقص في العينات العشوائية الجافة ذات الطبقة العشوائية الواحدة الى (1447157) دورة وهذا دليل ان قوة الآصرة وتوزيع الجهد يكون افضل في حالة العينات المنتظمة . ان عدد دورات الكلال للعينات العشوائية ذات الطبقتين او الثلاث طبقات يكون اقل من عدد دورات الكلال للعينات المنتظمة لنفس عدد الطبقات كما موضح بالشكل (4) .

مقارنة سلوك الكلال لعينات الايبوكسي المغمورة بالماء المنتظمة والعشوائية

الجدول (2) يوضح الفحوصات المختبرية للعينات المنتظمة بعد غمرها بالماء لمدة (21) يوما و الجدول (4) يوضح الفحوصات المختبرية للعينات العشوائية بعد غمرها بالماء لمدة 21 يوما ايضاً . ومن مقارنة النتائج في الجدولين اعلاه يتبين ان عدد دورات الكلال للعينة المنتظمة ذات الطبقة الواحدة بعد غمرها بالماء اعلى من عدد دورات الكلال للعينة العشوائية ذات الطبقة الواحدة المغمورة بالماء ولنفس المدة . اما بالنسبة للعينات ذات الطبقتين والثلاث طبقات من التسليح المنتظم فأننا نلاحظ ايضا بأن عدد دورات الكلال لها اعلى من عدد دورات الكلال للعينات العشوائية وكما موضح بالشكل (5) ومن هذا الشكل نلاحظ ايضا بأن عدد دورات الكلال للعينات ذات الثلاث طبقات سواء العينات المنتظمة او العشوائية تكون اقل بقليل من عدد دورات الكلال للعينات ذات الطبقتين من التدعيم , ويعزى سبب ذلك الى ان طبقتي التسليح القريبة من السطح سوف تصبح

مرنة نتيجة لامتصاص الماء وتنكسر بعدد قليل من الدورات ولكن الطبقة الوسطى المسلحة ستبقى تقاوم دورات الكلال ولا تفشل الا بعد عدد من دورات الكلال مقارب لعدد دورات الكلال للعينة ذات الطبقتين من التدعيم .

الاستنتاجات

1.ان عدد دورات الكلال لحد الفشل يقل مع زيادة عدد طبقات التدعيم ولكافة العينات الجافة او المغمورة بالماء .

2.إن عدد دورات الكلال لحد الفشل للعينات المغمورة بالماء هو اقل من عدد دورات الكلال لحد الفشل للعينات الجافة ,وأن رونة العينات تقل مع زيادة عدد طبقات التدعيم.

3. ان عدد دورات الكلال لحد الفشل للعينات العشوائية الجافة او المغمورة بالماء يكون اقل من عدد الدورات لحد الفشل للعينات المنتظمة الجافة او المغمورة بالماء لنفس الطبقة من التسليح .

المصادر

1. William D, Callister . Jr., "Material Science and Engineering, An Intgroduction",4th edition ,pp. 203 - 213 ,Canada , 1997
2. Van and Cegrieck " Tensile and Compressive damage couplingFor fully reversed Bending fatigue of fiber reinforced composites "fatigue and fracture and Eng. Material and structure, Vol.25, No.6, pp. (547-562), 2002 .
3. Duggen, T.V and Byrne, J, "Fatigue as a design Criterion", The Macmillan press Ltd, pp., (113-120), 1979
4. Y. Rioter and S. Minco ,J . of .American chemical society ,Vol.127 , No . 45 , PP. (1568- 1588) , 2005.
5. Marc Andrew Mergers , Krishna Kumar Chalwla " Mechanical behavior of materials",prentice ,Hall New jersey , 1999.
6. Ask eland D.R , Phil P.P " The science and Engineering of materials " , Thomson book , Cole , 2003 .
7. Dodd Coordination Draft , " polymer matrix composite materials properties ,USA, 1996 .
8. Hull . O ,T.W Cline "An Introduction to Composite Material ", 1st Edition, Cambridge University press, 1996 .
9. W. D. Callister, "Material Science and Engineering, An Introduction", John Wiley sons, Inc.,, 2003.
10. R .A .Higgin, "Materials for Engineering and Technics ", Elsevier Ltd, 2006.
11. Walter Driver, "Plastic Chemistry and Technology ", Litton Educational pub, Inc., 1979
12. د. اكرم عزيز محمد " كيمياء اللدائن ", دار الكتب والنشر, جامعة الموصل 1993
13. Kevin Kendall, "Molecular Adhesion and Its Applications", Kluwer Academic/plenum pub, New York, 2001

جدول(1) يوضح اختبارات الكلال للعينات المنتظمة الجافة

رقم ورمز العينة	عدد طبقات التسليح	السمك d (mm)	الحمل P(N)	الانحراف δ (mm)	الاجهاد σ (Mpa)	عدد الدورات N
D_{E1}	بدون تسليح	1.30	5.5	5	45.34	9323
D_{E2}	1	1.60	9	18	73.84	1923137
D_{E3}	2	1.75	15	10	113.04	1311673
D_{E4}	3	2.03	30	5	173.05	960420

جدول (2) يوضح اختبارات الكلال للعينات المنتظمة المغمورة بالماء

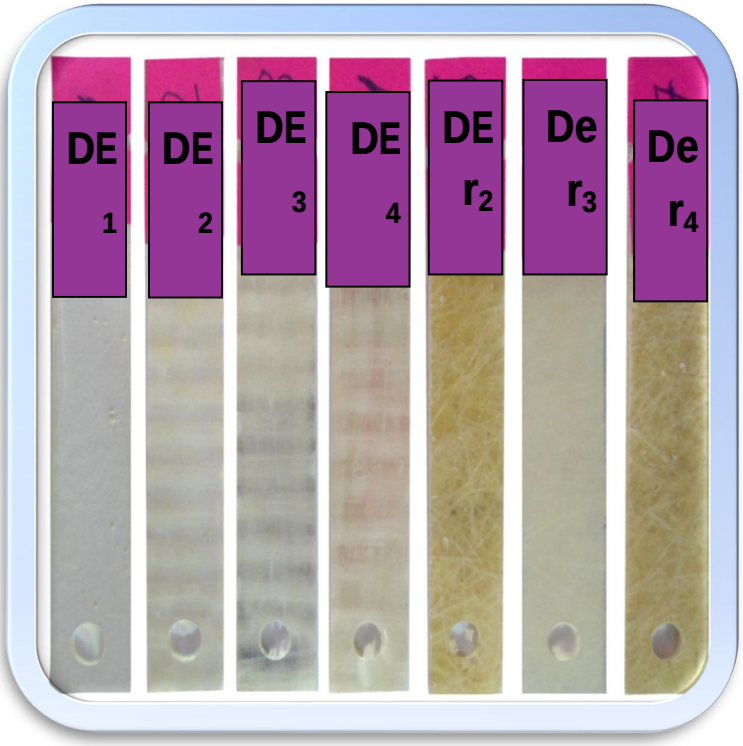
رقم ورمز العينة	عدد طبقات التسليح	السمك d (mm)	الحمل P(N)	الانحراف δ (mm)	الاجهاد σ (Mpa)	عدد الدورات N
W_{E1}	بدون تسليح	1.30	4.0	5	39.25	5869
W_{E2}	1	1.60	7	18	57.93	1247640
W_{E3}	2	1.75	10	10	89.36	729610
W_{E4}	3	2.03	25	5	144.21	601510

جدول (3) يوضح اختبار الكلال للعينات العشوائية الجافة

رقم ورمز العينة	عدد طبقات التسليح	السمك d (mm)	الحمل P(N)	الانحراف δ (mm)	الاجهاد σ (Mpa)	عدد الدورات N
D_{E1}	بدون تسليح	1.30	5.5	5	45.34	9323
D_{E5}	1	1.55	6.0	18	50.89	1447157
D_{E6}	2	1.72	12.5	10	97.51	710502
D_{E7}	3	2.02	22	3	128.94	680204

جدول (4) يوضح اختبار الكلال للعينات العشوائية المغمورة بالماء

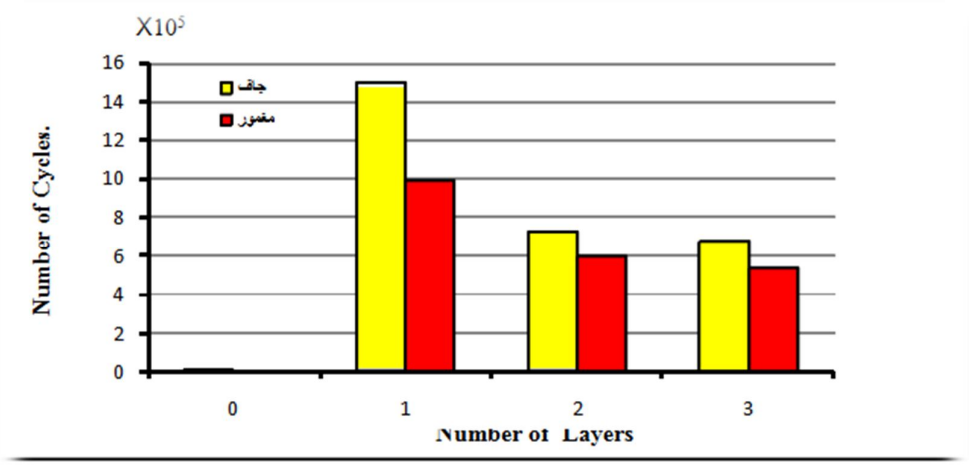
رقم ورمز العينة	عدد طبقات التسليح	السمك d (mm)	الحمل N(P)	الانحراف δ (mm)	الاجهاد σ (Mpa)	عدد الدورات N
W_{E1}	بدون تسليح	1.30	4.0	5	39.25	5869
W_{E5}	1	1.55	5.5	18	42.35	1000000
W_{E6}	2	1.72	11.0	10	85.81	600000
W_{E7}	3	2.02	21	3	123.09	580000



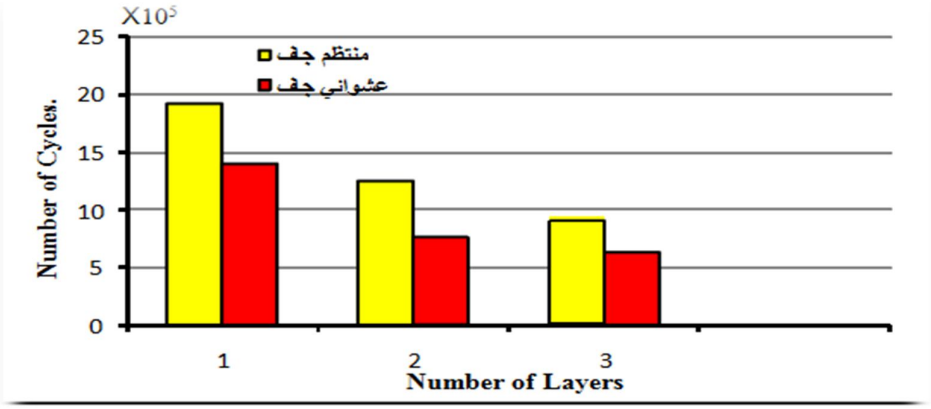
شكل (1) يوضح عينات راتنج الايبوكسي بدون تدعيم ومتراكباه المدعمة بالألياف الزجاجية بنوعيها المنتظم والعشوائي



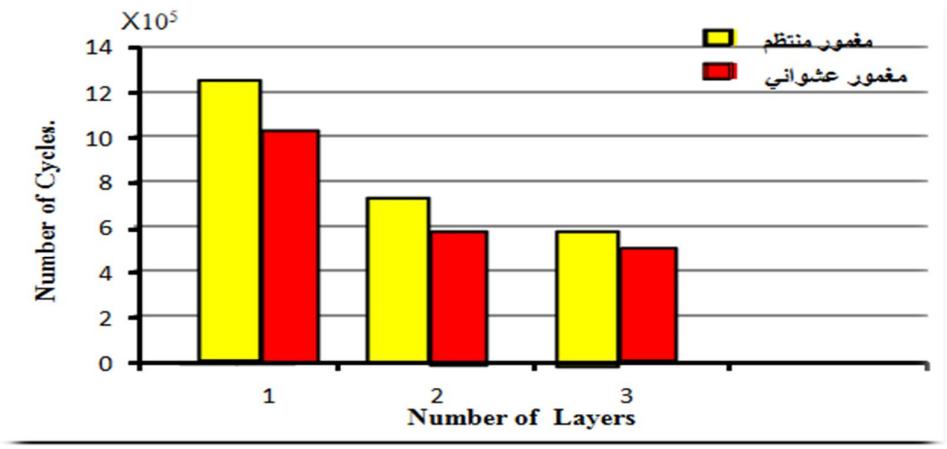
الشكل (4 - 1) مقارنة بين عدد دورات الكلال لحد الفشل وعدد طبقات التسليح لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بالالياف الزجاجية المنتظمة قبل وبعد غمرها بالماء لمدة (21) يوما



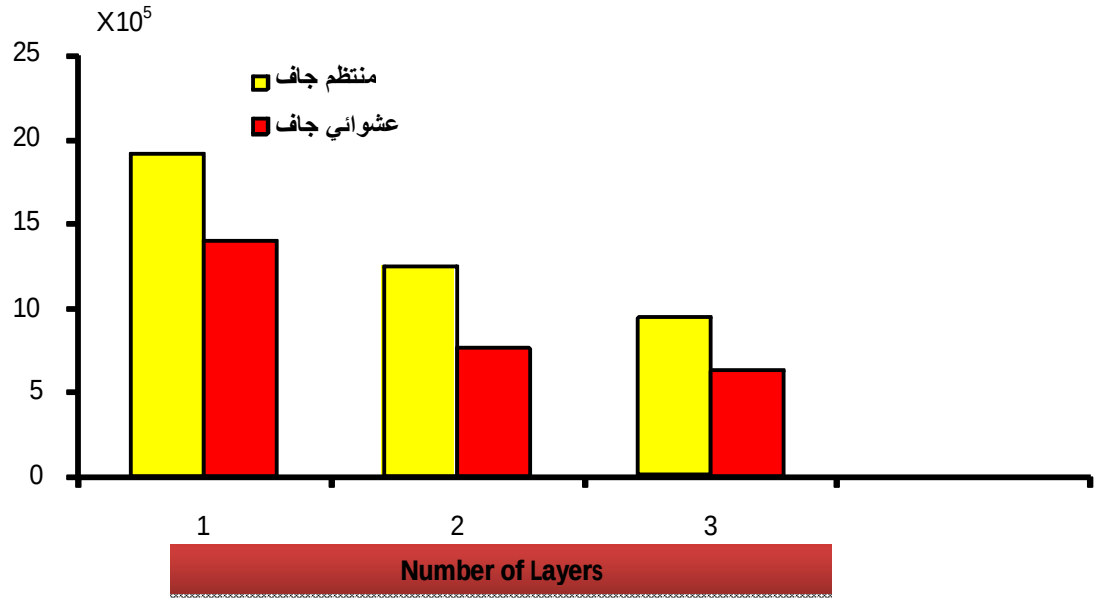
الشكل (4 - 3) يوضح مقارنة بين عدد دورات الكلال لحد الفشل وعدد طبقات التسليح لمتراكبات الايبوكسي المدعمة بالالياف الزجاجية العشوائية الجافة و المغمورة بالماء ولمختلف طبقات التسليح



الشكل (4-5) يبين مقارنة سلوك الكلال لعينات الايبوكسي الجافة المنتظمة و العشوائية والمدعمة بطبقة وطبقتين وثلاث طبقات من الالياف الزجاجية



الشكل (4 - 6) يوضح مقارنة سلوك الكلال لعينات الايبوكسي المنتظمة والعشوائية المغمورة بالماء والمدعمة بطبقة واحدة وطبقتين وثلاث طبقات من الالياف الزجاجية



الشكل (4-5) يبين مقارنة سلوك الكلال لعينات الايبوكسي الجافة المنتظمة و العشوائيةوالمدعمة بطبقة وطبقتين وثلاث طبقات من الالياف الزجاجية

STUDY OF FATIGUE PROPERTIES FOR EPOXY / GLASS FIBER COMPOSITES

FAIK H. ANTER HIND SALAHHASSAN
E.mail: dean_coll.science@uoanbar.edu.iq

ABSTRACT

This work is aimed to prepare polymer matrix composite material by Hand lay – up molding from Epoxy resin reinforced by woven Roving (W.R) or random glass fiber type (E-glass) at different layers and volume fraction 25%. The experimental results show that the number of fatigue cycles to failure decrease with increasing the number of reinforcing layers for all samples in the dry and wet cases . Also the results show that the number of fatigue cycles for immersed samples in water less than that of the same dry samples.