

حبيبات لمواد المتراكبة ذات الأساس الايبوكسي كربيد السليكون / ألياف

غيداء إبراهيم حسين

قسم الهندسة الميكانيكية - كلية الهندسة -

يهدف البحث وزنيه (1 wt.%) (3 wt.%) حبيبات كربيد السليكون (25 wt.%) ألياف الكربون، ومقارنتها بمادته بسيطةه بتة قليلة يتكون مادة الأساس (الايوكسي غير المقوى) تم تصميم وتصنيع جهاز لتسليط الإجهاد وأجهزة قياس وهي (70, 85 and 100 °C) حيث أظهرت نتائج (29.4, 34.3 and 40 N) ، وكذلك تبين أن مقاومة الزحف تقل بزيادة لتمام المواد قيد الدراسة. حبيبات كربيد السليكون ألياف :

CREEP BEHAVIOR OF EPOXY- BASED COMPOSITE REINFORCED WITH SiC PARTICLES/ CARBON FIBERS.

Dr. Abdulhaqq A. Hamid

Mechanical Eng. Dept. College of Engineering

Ghaydaa I. Husaen

University of Mosul

Abstract

The aim of the current research work is to study the creep behavior of the epoxy-based reinforced with different weight percentages of 1 wt.% and 3 wt.% of SiC particles and 25 wt.% of carbon fibers and the results obtained have been compared to that of unreinforced epoxy matrix. Experimental creep testing device have been designed and constructed for this purpose. Basically, it contains from variable heat source, loading mechanism for generating stress in the specimen and instruments for recording temperatures and strains. The test was carried out under (70, 85 and 100 °), and different loads of (29.4, 34.3 and 40 N). Results showed that the creep was decreased in composite material compared with pure matrix material, also it was concluded that the creep resistance decreases with increasing the temperature and applied load.

Keywords: Creep, Epoxy, SiC Particles, Carbon Fiber, Composite Materials.

3 - 5 - 2015 :

10 - 2 - 2014 :

:

يعتبر الزحف احد الخواص الميكانيكية المهمة التي تتعرض لها المواد الهندسية سواء كانت معدنية أو غير معدنية ، حيث يعرف الزحف على انه تشوه غير مرن بطيء يعتمد على الزمن [1] . إن الزحف للمادة يحدث في جميع درجات الحرارة ولكنه يظهر بصورة اكبر في درجات الحرارة المرتفعة. لذلك فان دراسة خاصية الزحف للمواد هي من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار عند تحليل وتصميم أجزاء المكنات والمعدات وغيرها، وخصوصا تلك التي تتعرض لدرجات حرارة عالية مثل التوربينات، المراجل البخارية، المركبات الفضائية وغيرها، وذلك بسبب التغيير الذي يحصل في الأبعاد نتيجة الزحف للمادة الذي يحدث بسبب تأثير الحرارة أو تأثير الاجهادات المسلطة عليها مع مرور الزمن[2].

في مختلف المواد، يعتمد الزحف على درجة انصهار المادة $[T_m]$ ، ففي المعادن المتبلورة يحدث الزحف عندما تكون درجة الحرارة $(0.3-0.4 T_m) > T$ وفي المواد السيراميكية $(0.4-0.5 T_m) > T$ أما في المواد غير متبلورة (amorphous) مثل البوليمرات والزجاج فيحدث الزحف عندما تقترب درجة الحرارة من درجة حرارة التحول الزجاجي (T_g) [3].

نظراً لأهمية الزحف، اتجه العديد من الباحثين إلى دراسة سلوك الزحف في مختلف المواد البوليميرية والمعدنية ومنهم الباحث (Jing lie, 2010) [4]، الذي قام بدراسة خصائص الزحف في المادة البوليميرية تحت اجهادات مختلفة وبدرجات حرارة مختلفة، واستنتج الباحث أن معدلات الزحف ومقدار التشوه يعتمد اعتماداً كلياً على درجات الحرارة، وقيمة الاجهادات المسلطة، وفي عام 2006 قدمت الباحثة نوال [5]، بحثاً يهدف إلى سلوك الزحف عند درجات

مكون من سبيكة ألومنيوم المقوى حبيبات كربيد السليكون

أن المادة المترابكة، تكون مقاومتها للزحف أفضل من السبيكة الخاصة عند درجات حرارية واطنة.

(Fatemi and Plaseied 2009) [6] بدراسة عملية ونظرية لسلوك الزحف للمادة المترابكة. حيث استنتج

من هذا البحث مقاومة الزحف لهذه المواد تقل عند زيادة الاجهاد ماء درجة الحرارة ثابتة

مقاومة الزحف في حالة زيادة درجة الحرارة عند بقاء الاجهاد . (Tong), (2002) [7] وزملائه

وخاصة في المرحلة الثانية وهي المرحلة التي تكون فيها حالة الزحف مستقرة steady-state

آلية تسلق هذه الحبيبات ومدى استجابتها . عدنان حميد (2011) [8] ظاهرة

غير قوى بالألياف الزجاج نوع (E-glass) حيث هذا بكل التقليدية

بزيادة المسلطة عليه فيما التدعيم بالألياف الزجاجية.

الباحث (Houshya and Shants, 2010) [9] دراسة لسلوك الزحف للمادة المترابكة المكونة من مادة

(Propylene-ethylen PPE) وألياف طويلة من مادة Propylene (PP) كمادة مقوية.

الزحف يزداد مع زيادة الاجهادات المسلطة عليه.

1- تصنيع جهاز قياس الزحف

تم تصميم وتصنيع جهاز قياس الزحف الذي يتكون أساساً من مصدر حراري متغير

هيكلي معدني تم تصنيعه محلياً من مادة الألومنيوم وجهاز قياس (Strain Meter)، مقياس لدرجة الحرارة

(Thermocouple Type-K) يستعمل لقياس الحرارة بصورة دقيقة، كما تم عمل آلية لذراع تحميل يستخدم لحمل

تم تثبيت خطاف في أعلى الفرن من الداخل (يستخدم لتثبيت الأنموذج داخل الفرن،

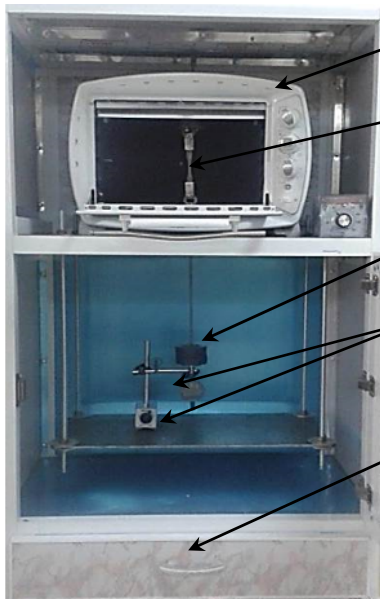
تم عمل ثقب ليمر منه ذراع التحميل يكون حُر الحركة يرتبط في نهايته العليا يعلق فيه الأنموذج، ومن

نهايته السفلى يحتوي على القرص يستخدم لحمل الأثقال. ويوضع مقياس الانفعال بحيث يلامس السطح السفلي للقرص الذي

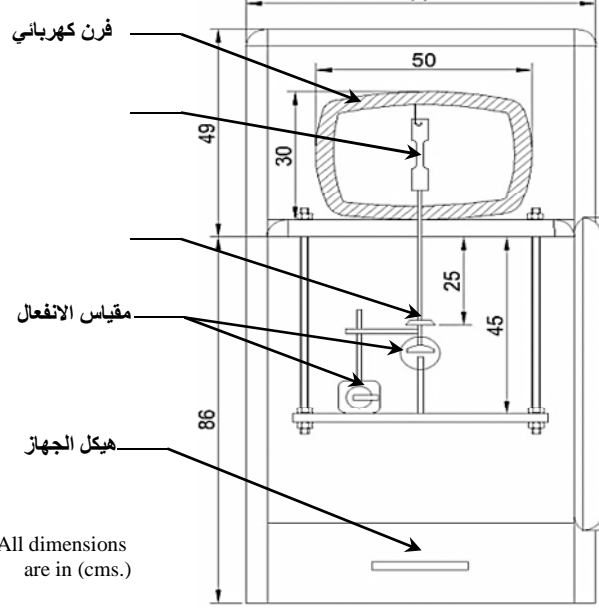
يحمل الأثقال (1) يمثل رسم تخطيطي للجهاز المستخدم لقياس الزحف والشكل رقم (2) يمثل صورة فوتوغرافية

لجهاز قياس الزحف. تم الاختيار مختلفة وهي: 70, 85, 100 °)

وزن ذراع التحميل وماسكة النموذج) هي: 29.4, 34.3, 40 N .



(2): صورة فوتوغرافية لجهاز قياس الزحف المصمم والمصنع محليا

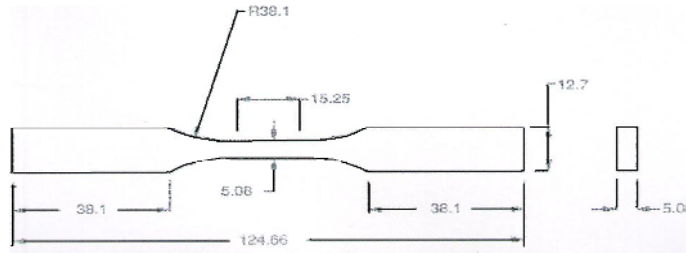


All dimensions are in (cms.)

(1): رسم تخطيطي لجهاز قياس الزحف المصمم والمصنع محليا

2-تحضير القالب :

الاختبار على مادة التيفلون لصناعة القالب الخاص بصب وتهيئة النماذج القياسية الخاصة بدراسة الزحف يتميز التيفلون ببعض الصفات مثل صفة الشد لسطحه ونعومة ملمسه وسهولة تشغيله على المكائن التقليدية [9]. ومن ثم، تم اختيار القياسي (Dog bone) بعاده بالملم طبقاً للمواصفات العالمية ASTM [6] Standard D 2990-77 (3) يمثل رسم تخطيطي لأبعاد

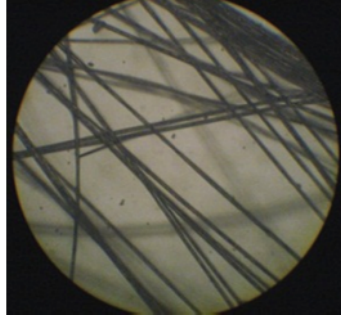


(3): تخطيطي

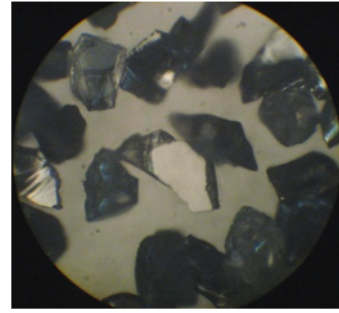
3-تحضير المادة :

وهو راتنج الأيبوكسي (EP1500) و ZNR التركيبية والحاصلة على امتيألماني. وهو من البوليمرات المتصلبة حرارياً ويكون بشكل سائل لزج شفاف اللون يتم مزجه مع المصلد (Hardener) $\frac{1}{2}$ قوة حبيبات كربيد السليكون ألياف (4) (5) يظهران مجهرية لحبيبات كربيد السليكون وألياف الك. أما خطوات تهيئة المادة المترابكة الحبيبية فقد تمت بمزج الراتنج مع حبيبات لضممان ترطيب كافة حبيبات الخليط قوية مخلطهما يدويا لمدة مزجهم يدويا أن يصبح المزيج هلامي لضممان عدم ترسيب الحبيبات القالب بطبقة رقيقة من الـ (Crease) حبيبات عملية التحضير تمت بعد بعد تهيئة كل من المزيج والقالب

يصب المزيج في القالب من جهة واحدة وذلك لضمان خروج الهواء من القالب [10]. عملية الصب يغطي القالب ويتم الغطاء جيدا ويترك لمدة 24 أما عملية تحضير المادة المترابكة المقواة بألياف أن يصبح المزيج بحالة هلامية ومن ثم صب جزء منه في القالب بعد طلاء القالب بطبقة رقيقة من الألياف فوق المزيج وبعد بضع دقائق تصب كمية أخرى من المزيج فوق الألياف فوق المزيج وأخيرا يصب بقية المزيج وبعد عملية الصب يغطي القالب بأحكام ويترك ليتصلب.



(5): صورة مجهرية لألياف الكربون (X630)



(4): صورة مجهرية لكربيد السليكون (X630)

4 عملية اختبار الزحف:

تمت عملية اختبار الزحف بعد صقل النماذج القياسية بدقة شديدة بورق صقل رقم 1200 الزائدة الناتجة من عملية الصب وتم استخدام ورق صقل رقم 2000 النموذج الأصلية يتم ربط النموذج على جهاز الاختبار باستخدام الماسكات يتم تصفير جهاز قياس الانفعالات يتم تحديد درجة حرارة الاختبار ثم يشغل الجهاز فتبدأ درجة الحرارة ويتم مراقبتها باستمرار عن طريق مقياس الحرارة ، يترك لمدة خمسة عشر دقيقة الحراري للنموذج والمحيط، ثم بعدها يتم تسليط الحمل المحدد على قرص التحميل ويؤخذ مقدار الانفعال الناتج لحظة تسليط الحمل والذي يمثل الانفعال ثم تسجل القراءات وبفترات متقاربة لغرض تحديد منطقة الزحف الابتدائي وبالتالي تحديد المرحلة المستقرة للزحف [5].

5

والمادة المترابكة التي تحوي على النسب الوزنية

(1 wt.% 3 wt.%) من حبيبات كربيد السليكون، وكذلك المادة المترابكة المقواة بـ 25 wt.% ألياف

وذلك لمعرفة مراحل التشويه الذي حصل لها. الشكل (6) يمثل علاقة

المقواة بحبيبات SiC 70 ° 29.4N

تبين يحدث في الأساس وفي وقت قصير وبسرعة ضمن السلوك المرن ثم يثبت ضمن معدل الزيادة (مرحلة

1) قيمة الانفعال في المادة تكون أكبر من قيمة

wt.% حبيبات كربيد السليكون، وعند النسبة الوزنية 3 wt.% تكون قيمة الانفعال أقل من المادة

1 wt.% وعند زيادة درجة حرارة جهاز اختبار الزحف 85 °C مع بقاء الحمل ثابت تبين أن قيمة

85 ° يكون أكبر من قيمته عند درجة 70 °، وهو ما

ظهر في (7)، حيث عانى ن

255 دقيقة ازداد بعدها هذا التشوه مما أدى

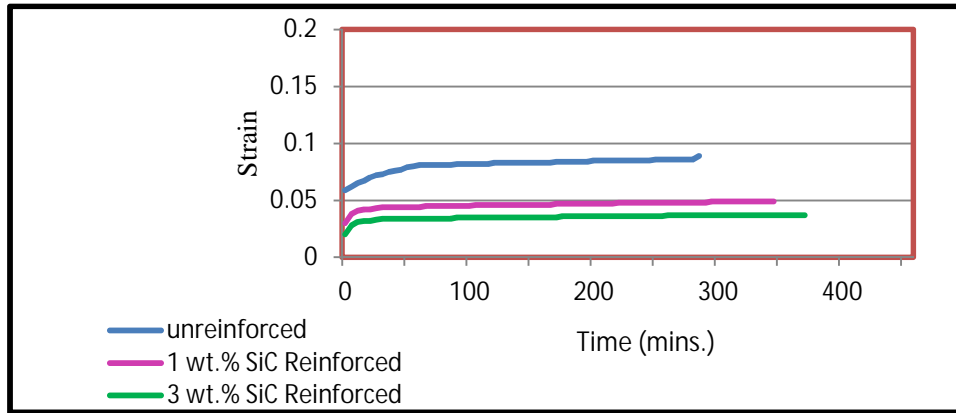
1 wt.% كربيد السليكون، وتحت ظروف مماثلة ضمن نفس المخطط كان النموذج أكثر صمودا حيث بدأت مرحلة

الزحف الثانوي التي كان فيها الانفعال يزداد خطيا مع الزمن ولكن بمقدار أقل حيث

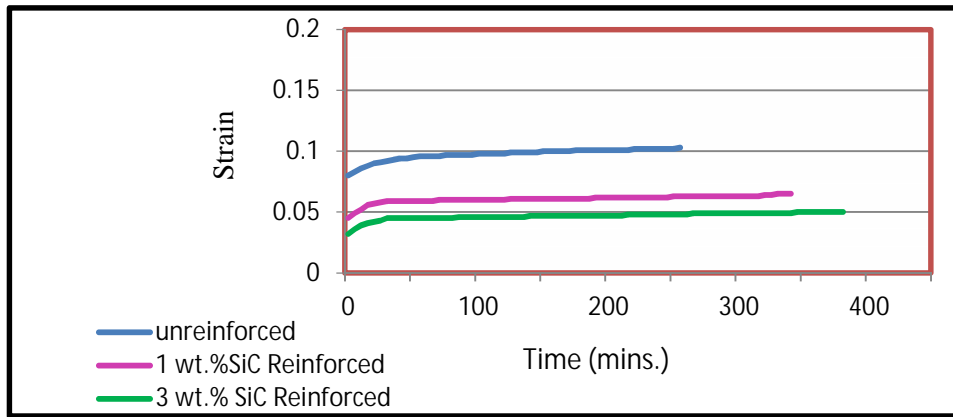
345 دقيقة، 3 wt.% كربيد السليكون

انفعالا أقل بقليل من المادة المترابكة التي تحوي على 1 wt.% من كربيد السليكون

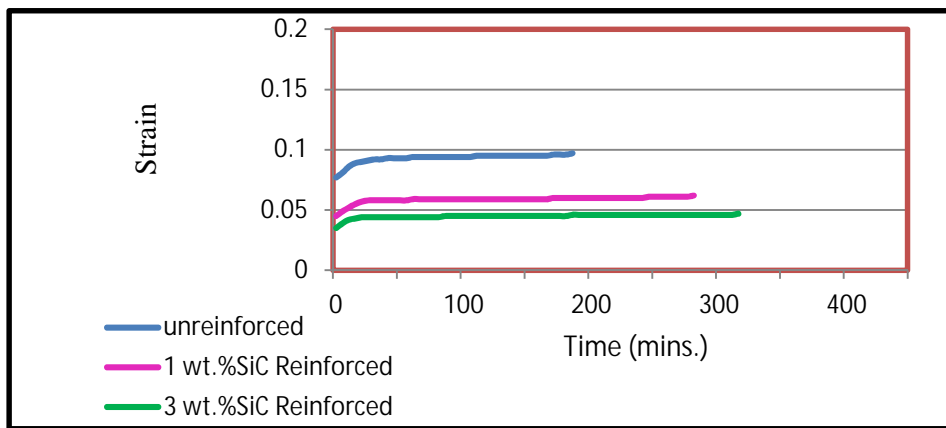
385 دقيقة.



(6): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المترابطة المقواة بحبيبات كربيد السليكون تحت 70° 29.4 N



(7): المادة المترابطة المقواة بدقائق كربيد السليكون تحت 85° 29.4 N

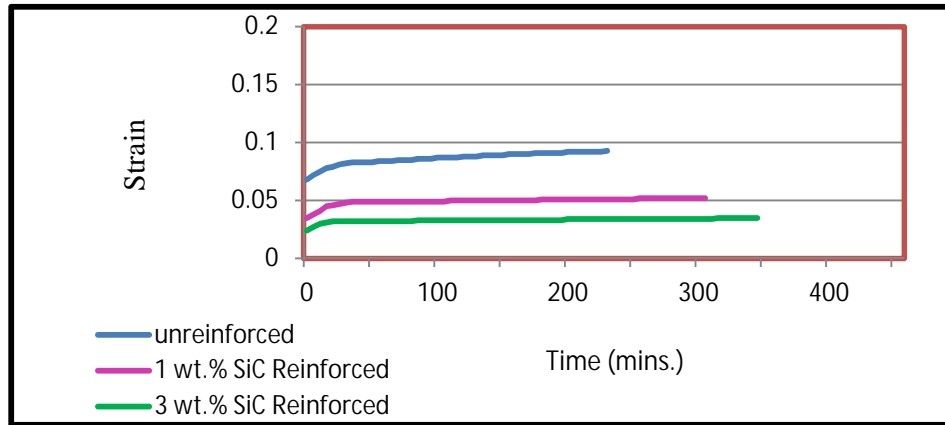


(8): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المترابطة المقواة بحبيبات كربيد السليكون تحت 100° 29.4 N

(8) لغرض توكيد عامل زيادة درجة الحرارة، تم اختبار درجة حرارة 100° الانفعال أكبر بكثير من الحالتين الأولى والثانية، الشكلان (6) (7) حيث بقي نموذج المادة الأساس في المرحلة الثانوية حتى الدقيقة 185 ثم تبعها مرحلة الكسر، بينما في حالة نموذج المادة المتراكبة ولكلا النسبتين الوزنيتين وفي درجة الحرارة ذاتها كان الانفعال

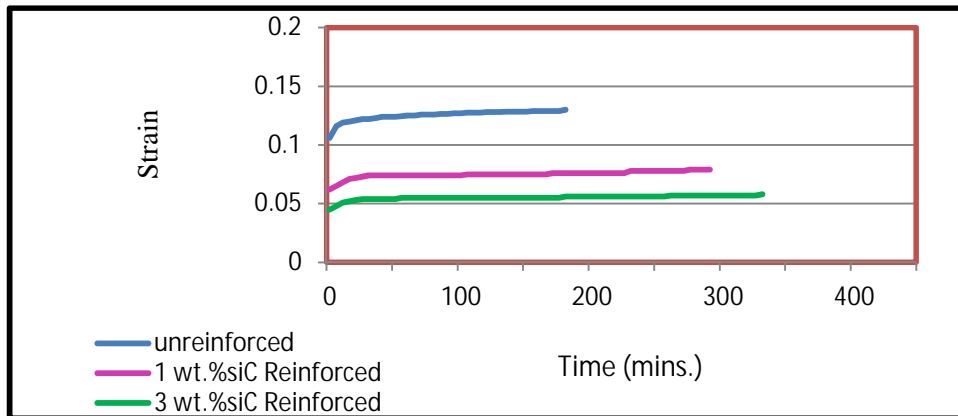
1 wt.% كربيد السليكون مدة 280 دقيقة، أما المادة المتراكبة ذات النسبة الوزنية 3 wt.% كربيد السليكون فقد قاومت الزحف حتى الدقيقة 315 .

وعند زيادة الحمل ا
وكما مبين في الشكل (9) والأساس بسرعة، وبعدها يدخل مرحلة التشوه المرن ثم انتقل
مرحلة التشوه اللدن وبقي حتى الدقيقة 235، ثم تعرض بعدها للكسر. 1 wt.% كربيد
السليكون، فقد كانت مقاومتها للانفعال أكبر حيث بقيت في المرحلة المستقرة حتى الدقيقة 310
المادة المتراكبة ذات النسبة الوزنية 3 wt.% كربيد السليكون في المرحلة المستقرة حوالي 350 دقيقة ثم فشلت. عند زيادة
درجة الحرارة بحيث تصل 85° .



(9): المادة المتراكبة المقواة بحبيبات كربيد السليكون
 70°C 34.3 N

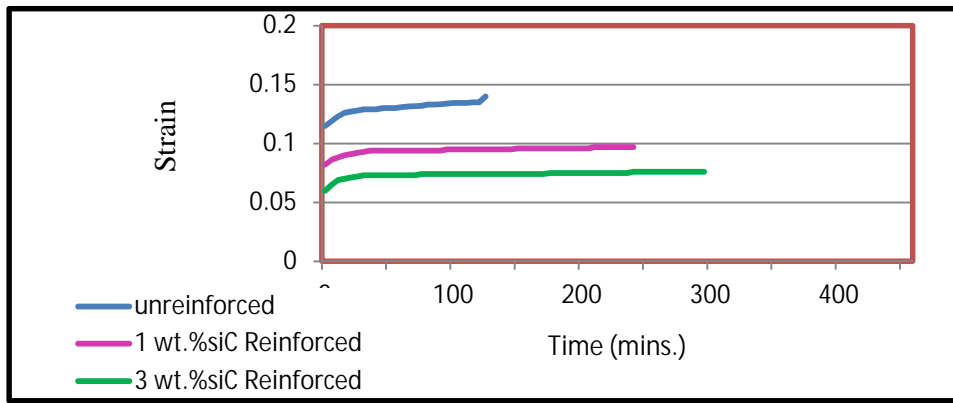
(10) في المرحلة الأساسية انفعالا أكبر في مرحلة التشوه المرن، ثم دخلت مرحلة التشوه اللدن
وبقيت فيها حتى الدقيقة 185 وبعدها حصل الفشل، أما 1 wt.% كربيد السليكون فقد دخلت



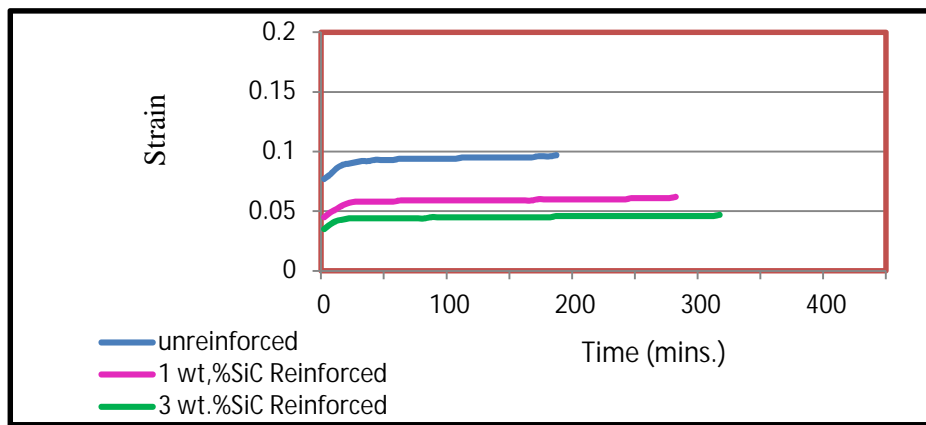
(10): سلوك الزحف للمادة الأساس والمتراكبة المقواة بحبيبات كربيد السليكون تحت حمل
 85° 34.3 N

3 مرحلة التشوه اللدن وبقيت فيها حتى الدقيقة 290 ، وبقيت
 wt.% صامدة في مرحلة التشوه اللدن قبل حصول الفشل حتى الدقيقة 335 . وبارتفاع درجة الحرارة ووصولها 100°
 حيث حصل الفشل في الدقيقة 125 (11)
 wt.% 1 في الدقيقة 250
 wt.% 3 أبدت مقاومة أكبر حيث
 في الدقيقة 300. وعند تغيير الحمل 40 N 70° (12)

الدقيقة 190 ثم فشل وأيضاً مقاومة المادة المترابكة للزحف بزيادة الحمل المسلط عليها، فالمادة المترابكة ذات النسبة الوزنية 1 wt.% من كربيد السليكون بقيت في المرحلة المستقرة حتى الدقيقة 280 بعدها حصل الفشل، وبدا تأثير الزيادة في الحمل واضحا في المادة المترابكة ذات النسبة 3 wt.% فزيادة الدقيقة 320.



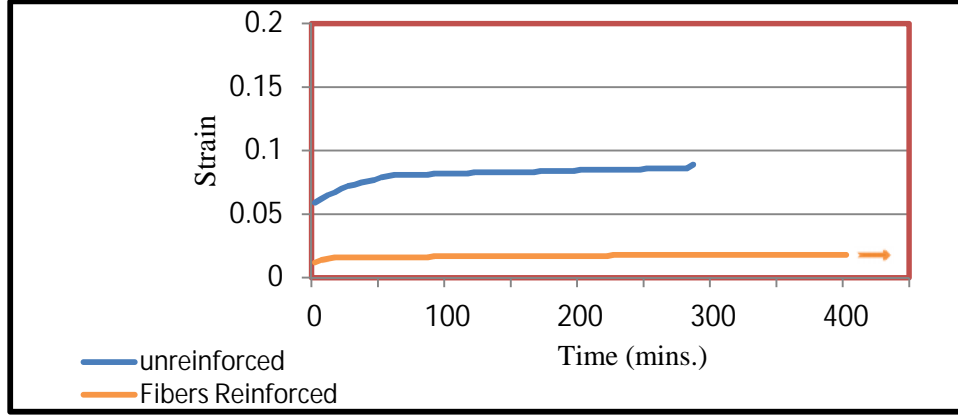
(11): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المترابكة المقواة بحبيبات كربيد السليكون تحت 100° 34.3 N



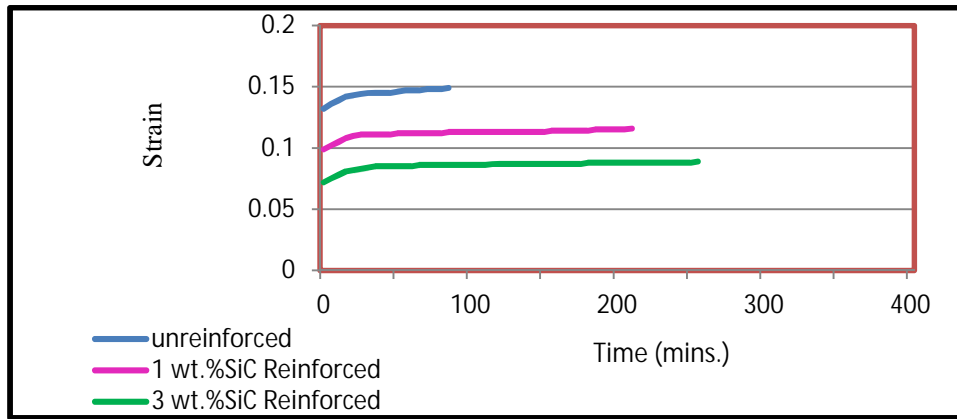
(12): بحبيبات كربيد السليكون 70° 40 N

أدت زيادة الحرارة 85° 40 N (13) ازدياد قيمة
 150 دقيقة ثم تعرضت بعدها
 1 wt.% من كربيد السليكون فقد عانت الفشل في الدقيقة 230
 المترابكة ذات النسبة الوزنية 3 wt.% كربيد السليكون في الدقيقة 255 وبازيادة الحرارة تقل مقاومة الزحف مع بقاء

الإجهاد 100 °
 المتراكبة التي تحوي على نسبة وزنية 1 wt.% في الدقيقة 205
 الدقيقة 230.
 فشلت المادة الأساس في الدقيقة 80
 المتراكبة التي تحوي على نسبة وزنية 3 wt.%
 الدقيقة 230.



(15): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون تحت حمل 29.4 N و70°C.



(14): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بحبيبات كربيد السليكون تحت 40 N و100°C.

ومقارنتها بالمادة

بألياف

ببألياف

أظهرت 29.4 N

(15).

المقواة بحبيبات كربيد السليكون، أظهرت

70 °

عالية للزحف حيث كان الانفعال قليل ومرحلة التشوه المرن قليلة، فبعد المرور بمرحلة التشوه الابتدائي، حصلت مرحلة التشوه اللدن (المرحلة الثانوية) التي دامت لأكثر من 400 دقيقة ولم تتعرض المادة للفشل، ولم تتأثر

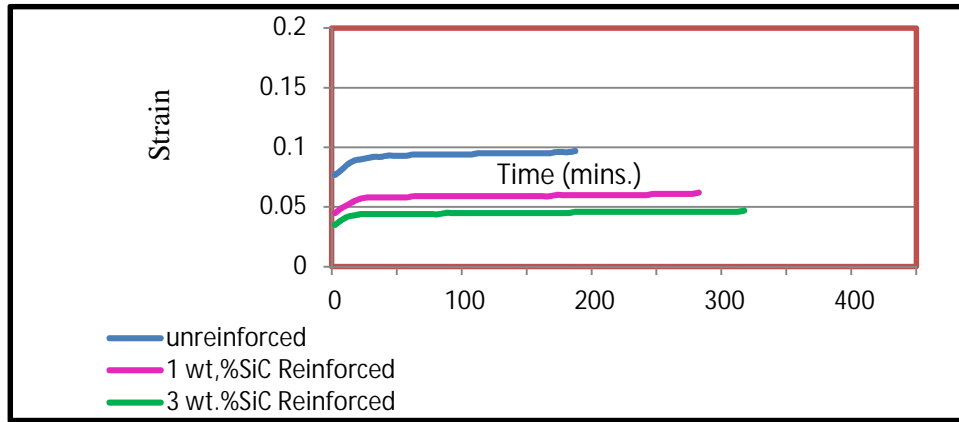
ببألياف بارتفاع درجة الحرارة، حيث حصلت زيادة قليلة في الانفعال عند درجة 85° وهذا موضح في الشكل

100 °

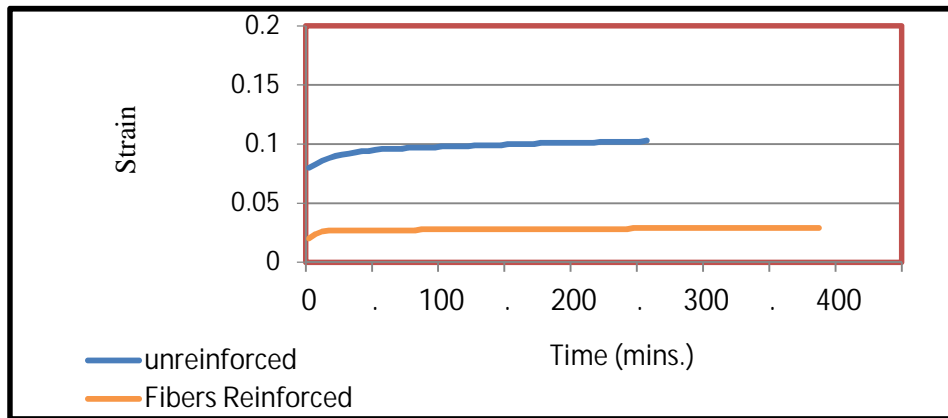
(16) وبقيت المرحلة الثانوية مستقرة حتى نهاية الدقيقة 400

وهذا موضح في الشكل (17).

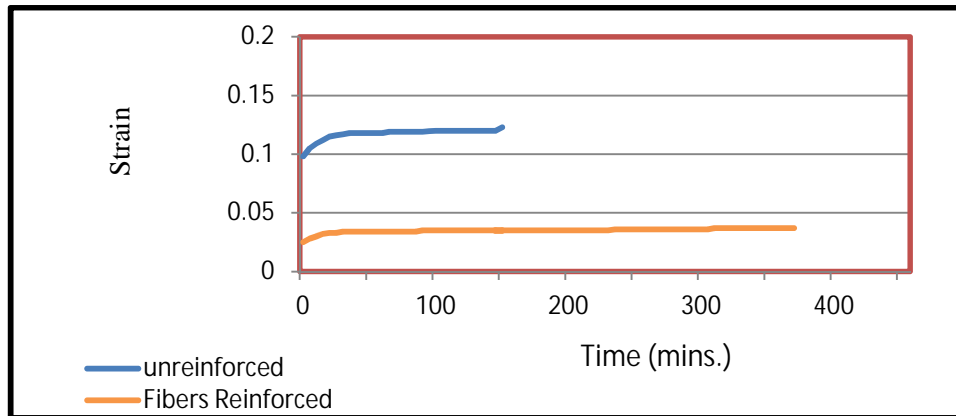
الدقيقة 360 حيث حصل انسلاخ للألياف



(13): سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المترابكة المقواة بحبيبات كربيد السليكون
40 N
85 °C



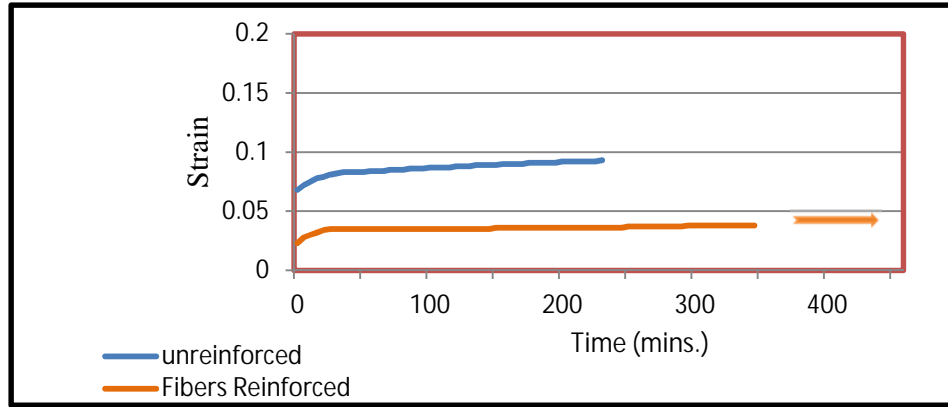
(16): المترابكة المقواة بألياف الكربون تحت
29.4 N
85 °C



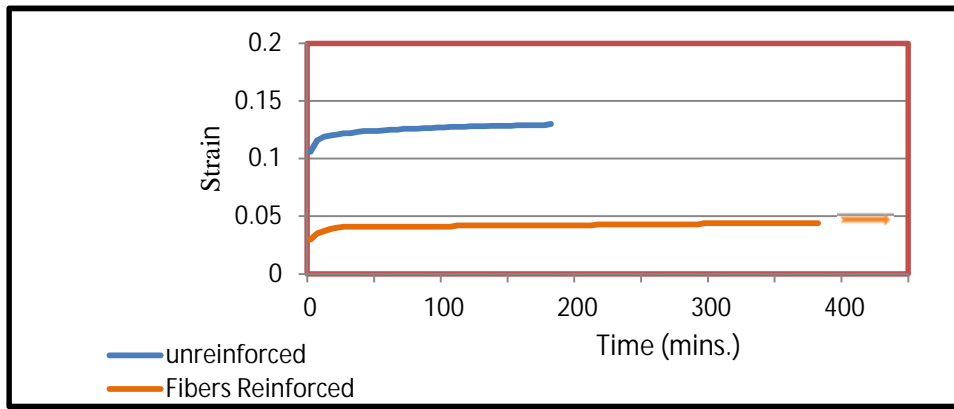
(17) سلوك الزحف للمادة الأساس والمادة المترابكة المقواة بألياف الكربون تحت حمل
29.4 N
100 °C

زيادة
34.3 N
70 °
(18)
الذي زاد بزيادة الحمل المسلط ولكن لم يحصل الفشل حتى بعد مرور الدقيقة 400.
بألياف
85 °
جدة الحرارة وعند وصولها

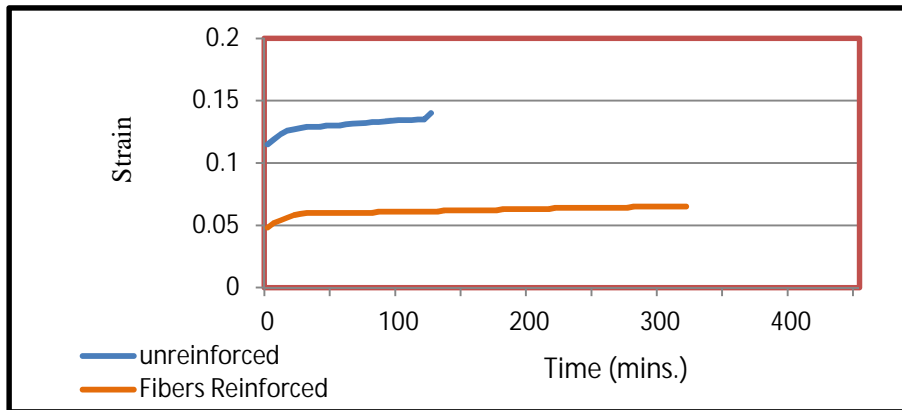
الدقيقة 400 كما مبين في الشكل (19). 100° (20)
بالألياف بشكل ملحوظ وذلك بسبب زيادة الحرارة مع زيادة الإجهاد حيث أن زيادة درجة الحرارة
لجزئيات الراتنج وانفصالها وخاصة في المناطق التي يتركز الإجهاد عليها ولهذا السبب حصل الفشل
المتراكبة عند الدقيقة 340 .



(18): سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون
34.3 N 70° .

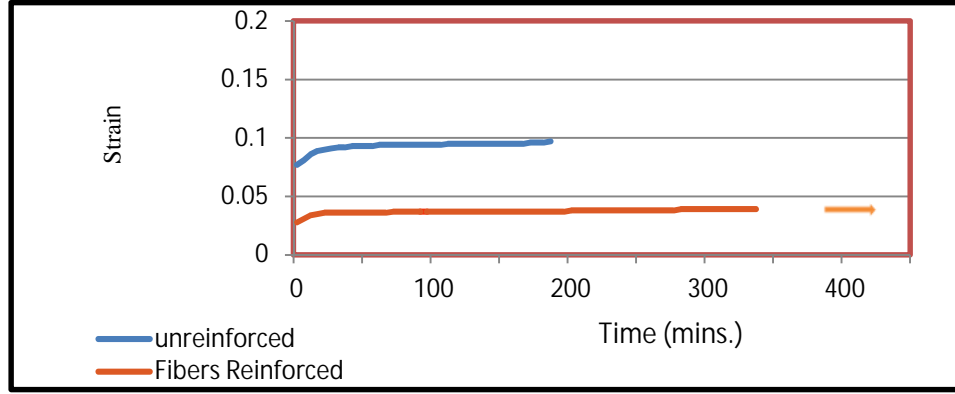


(19): يمثل سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون
34.3 N 85° .

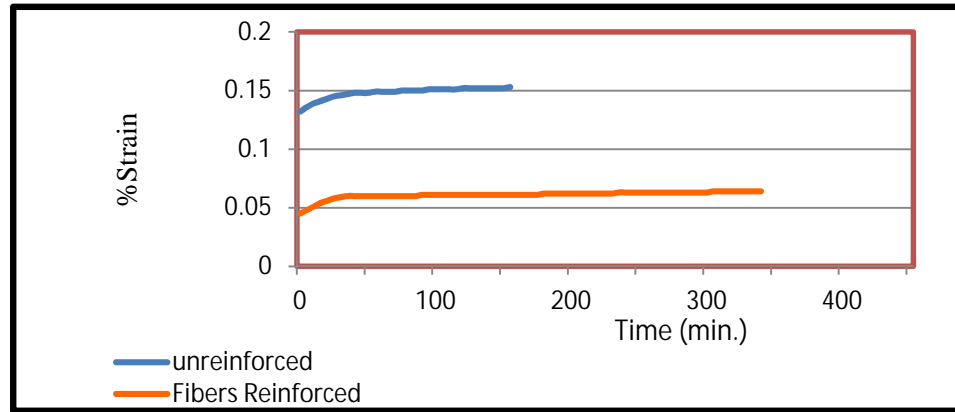


(20): سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون
34.3N 100° .

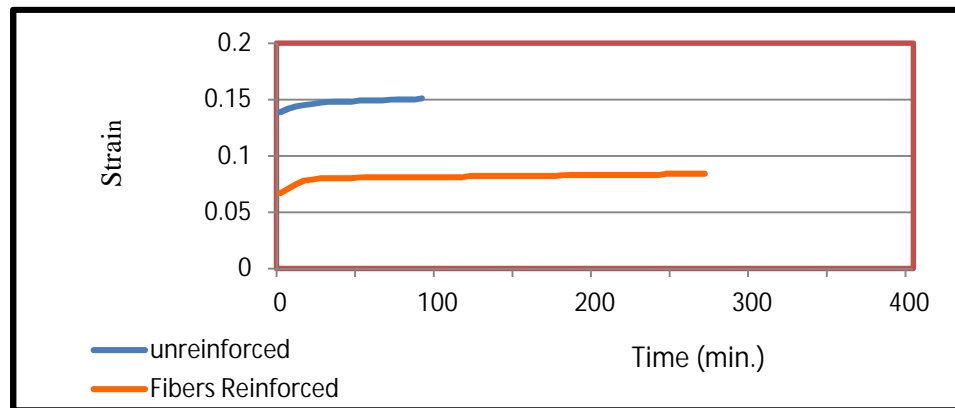
- 70 ° عند زيادة الحمل المسلط 40 N بألياف
بكربيد السليكون والمادة (21)
- 85 ° بزيادة الحمل المسلط ولكن بقت المادة صامدة حتى نهاية الدقيقة 450
بالألياف اقل من المواد المذكورة سابقا حيث لم تتعرض المادة المتراكبة المقواة بألياف
حتى بعد مرور عدة ساعات، وكما مبين في الشكل (22) 100 ° (23)



(21): سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون تحت 70 ° 40 N

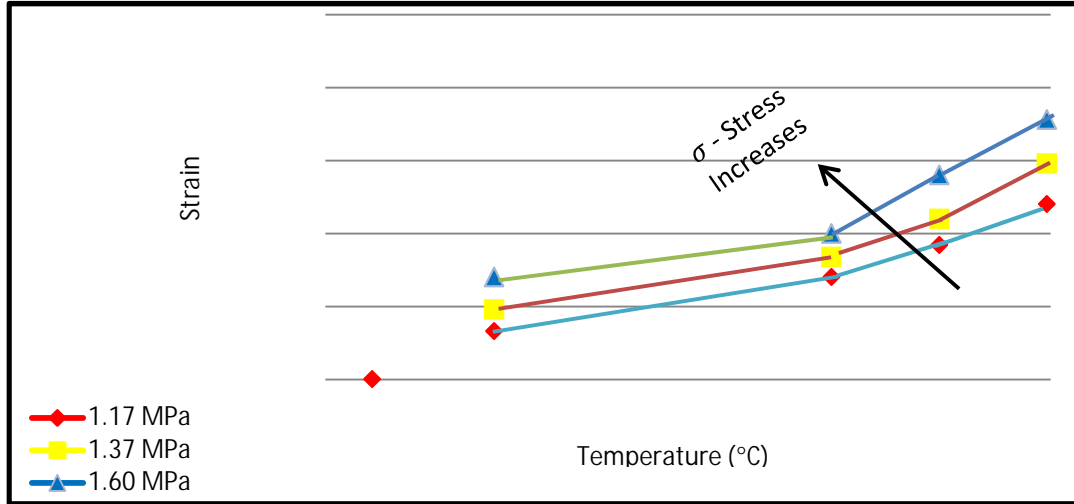


(22) : سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون تحت 85 ° 40 N

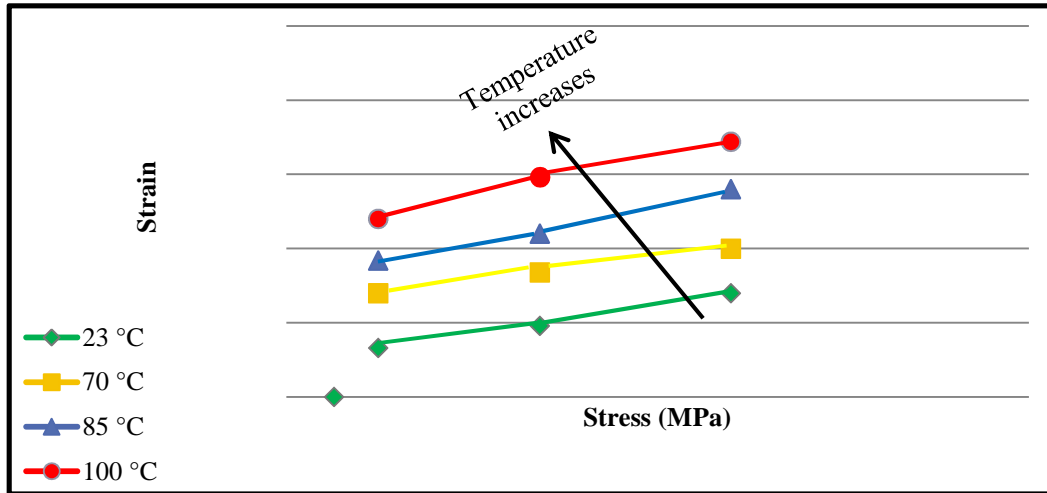


(23) : سلوك الزحف بين المادة الأساس والمادة المتراكبة المقواة بألياف الكربون تحت 100 ° 40 N

ويوضح الشكل (24) يوضح العلاقة بين الانفعال ودرجات الحرارة
 لوحظ من الشكل بان الانفعال يزداد بشدة بزيادة درجات الحرارة المستخدمة في البحث الحالي. بينما يوضح الشكل (25)
 العلاقة بين الانفعال ومقدار الجهد المسلط وتحت درجات اختبار مختلفة، إذ لوحظ بان الانفعال يزداد بصورة أشبه بالطردية
 مع زيادة الإجهاد المسلط وعند الدرجات الحرارية المستخدمة في البحث الحالي.



(24) العلاقة بين الانفعال ودرجات الحرارة.



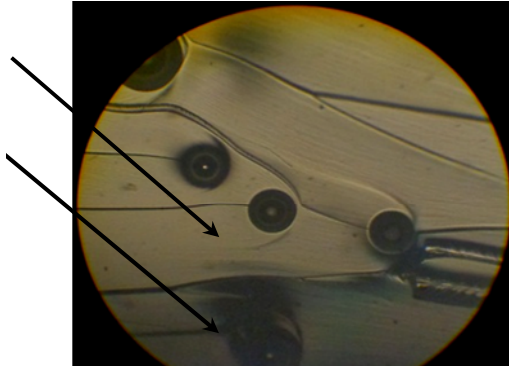
(25) العلاقة بين الانفعال والإجهاد المسلط.

أن سبب حصول الزحف في مادة الأساس غير المقواة هو انه عند تسليط حمل فا ين النموذج يتعرض إجهاد
 يعمل على سحب السلاسل البوليمرية التي تكون ملتفة بشكل عشوائي حد ما يعتمد فيها على درجة الحرارة وقيمة
 الإجهاد المسلط. أما في المواد المتراكبة فأن الحبيبات تعمل على زيادة مقاومة المادة للتشوه بالاعتماد على كيفية توزيع
 الحبيبات داخل المادة الأساس فضلا عن مشاركتها في تحمل الاجهادات المسلطة على المادة المتراكبة سوياً م
 ، وسهولة تغلل المادة بين هذه الحبيبات، خلق سطوح بينية تامة ما بين المادة ومواد التقوية،
 ن المتراكبات الحبيباتية تمتلك خواص موحدة متماثلة في جميع الاتجاهات، وهذا يحسن من مقاومتها
 [11]. أن زيادة النسبة الوزنية لحبيبات كربيد السليكون والتي تؤدي زيادة مقاومة الزحف يعود

فيحدث تقارب بين حبيبات المادة المقواة التي تتحمل جزاً من الاجهادات المسلطة وبهذا تزداد مقاومة المادة [12]. درجات الحرارة يؤثر سلباً على معظم الخواص الميكانيكية، حيث أن ارتفاع درجة الحرارة

يؤدي حصول حركة موضعية للجزيئات والسلاسل البوليمرية وبزيادة درجة الحرارة تزداد حركة الجزيئات وهذا يسهل عملية التشوه التي تحصل للمادة المعرضة للإجهاد [13].

فجوة هوائية



حصول الفشل والسبب يعود الى تكوين فجوات هوائية على السطح البيني ما بين المادة والحبيبات ، تؤدي

[5] [26] يمثل صورة مجهرية للمادة المتراكبة المقواة بكربيد السليكون ويظهر فيها بعض الفجوات الهوائية الملاصقة لحبيبات التقوية.

(26): صور مجهرية للمادة المتراكبة ذات النسبة الوزنية 3 wt.% SiC 100 °C (X320).

أن سبب زيادة الانفعال في المادة الأساس والمتراكبة الناتج من زيادة الإجهاد يعود أن زيادة الإجهاد المسلط، لا يفسح الوقت لجزيئات أو سلاسل البوليمر للتخلص من الطاقة المصروفة عليها كإجهاد مما يؤدي رفع درجة الحرارة في نقاط معينة تؤدي

تحت نفس الظروف من (درجة الحرارة والحمل المسلط) يقلل من خاصية بركبيد السليكون، والسبب هو توزيع تأثيرات تلك الظروف على والمادة المقوية (الألياف) الألياف مقوية الإجهاد المسلط سيقع بدرجة كبيرة عليها، ألياف قيم معامل مرونة عالية بسبب ما تتمتع به من حالة ترابط بين جزيئاته ومتانة عالية أدت لتقليل معدلات الانفعال أثناء تسليط الحمل ، ألياف تمتلك قوة وصلابة عالية [15].

6 :

- أن أهم
- 1- صلاحية وملائمة الجهاز المصنع محلياً لدراسة خصائص وسلوك الزحف للمواد
 - 2- الأيبوكسي، مقارنة مع المادة الايبوكسي (غير المعزز).
 - 3- زيادة النسبة الوزنية للدقائق المعززة في المادة المتراكبة يزيد من مقاومة الزحف.
 - 4- بزيادة كل من درجات الحرارة، والإجهاد المسلط، تزداد قيمة الانفعال يقل الزمن المستغرق لحدوث الفشل.
 - 5- اارنة معدلات الزحف في المرحلة المستقرة لوحظ أن المادة المتراكبة لها معدلات زحف واطئة مقارنة بالمادة

-7 :

- 1- ترجمة د.جعفر طاهر الحيدري والسيد عدنان النعمة "المعادن وبنيتها وخواصها ومعاملاتها الحرارية" التكنولوجيا 1989.
- 2- M.F Ashby and D.R.H Jones "Engineering materials I-An introduction to their properties and application, chapter 17-20 (1980).
- 3- عدنان حميد فياي "الزحف في البولستر الغير مشبع المدعم وتأثير درجة الحرارة فيه" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، 2007 9 25.
- 4- Jing-Lei Yang, Zhong Zhang, " On the C haracterization of tensile creepresistance of polyamide 66 nano composite "Science Direct Polymer ", Vol. 47 , pp. 2791-2801, (2006).

- 5 . إيمان " الألمنيوم حبيبات من كربيد السليكون" التكنولوجيا و الهندسة ، المجلد 25 7 2006.
- 6- A. Plaseied , A. Fatemi, "**Tensile creep and Deformation Modeling Polymer and its Nano-composite** " Journal of Reinforced Plastic and composites Vol. 28, No.14, 2009.
- 7- W.S. Tong, "**Deformation of Materials**", Journal of Material Research, Vol.17 , Issue 02, pp. 348-352, 2002.
- 8- S. Houshya, R. A. Shants, "**Tensile creep behavior of polypropylene fiber reinforced polypropylene composites**", Polymer testing, Vol. 24, pp.257-264, 2005.
- 9- Teflon and the Health Consequences "Fehminaz Temel and Songul Acar, Journal TAF Preventive Medicine Bulletin, Vol. 8, Issue 3, pp. 273-280, 2010.
- 10 هبة جمعة جعفر "تأثير الألياف على سلوك البوليمري"، رسالة ماجستير، التكنولوجيا، 2010.
- 11 سهامة عيسى صالح ، د.كاظم مطر شبيب "دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات بوليمري بالألياف حبيبات " مجلة الهندسة والتكنولوجيا 28 4 2010.
- 12 "تأثير حجم وتركيز مالينات حبيباتية على الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكب بوليمري" مجلة الهندسة والتكنولوجيا 30 5 2010.
- 13- C. Lechat, A. R. Bunsell, "**Tensile and creep of polyethylene terephthalate and polyethylene nano phthalate fibers**" journal of Materials Science Vol.46, No.2, pp. 528-533, 2011.
- 14- G. Requeua, H. P, Degischer, "**Creep behavior of unreinforced and short fiber reinforced piston alloy**", Materials Science and Engineering –A, Vol. 420, pp. 265–275, 2006.
- 15 بلقيس محمد ضياء "تأثير التدعيم بالألياف الصناعية الفيزيائية" مجلة جامعة النهرين للعلوم 11 22 28 2008.

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل