

## تأثير تبادل الطبقات للألياف المختلفة على معامل المرونة وثابت العزل الكهربائي لبعض المتراكبات الليفية

فائق حماد عنتر  
نور سعدي صالح  
جامعة الانبار - كلية العلوم

### الخلاصة

ان الهدف من هذا البحث هو تحضير مواد متراكبه بطريقه القولية اليدوية ( Hand – ray up method ) من تدعيم راتنج الايبوكسي بألياف الزجاج من نوع (E-glass) والالياف الكاربون المقطع (chopped carbon) و بكسور حجمية (٢٠%، ٣٠%، ٤٠%) تم قياس معامل المرونة و ثابت العزل الكهربائي وأوضح النتائج العملية ان معامل المرونة يقل بزيادة الكسر الحجمي وكذلك ثابت العزل الكهربائي .

الكلمات المفتاحية: راتنج ايبوكسي ، الياف الزجاج ، الياف الكاربون المقطع، معامل المرونة

### ١. المقدمة :

الشد والصدمات والتآكل و خفة الوزن ، وقليلة التفاعل مع المواد الكيماوية وذات موصلية حرارية عالية ، إن أهم العوامل المؤثرة في عملية التقوية هي الكسر الحجمي للألياف و قطر الليف ، طول واتجاه الليف ، وتكون الألياف اما مستمرة أو منقطعة (قصيرة) ومرتبطة باتجاه واحد أو عدة اتجاهات ثنائي أو ثلاثي البعد ، ومرتبطة بشكل عشوائي أو منتظم [٣].

#### ١ - ١. الانحناء - Bending

ان مقاومة الشد للمادة هي قابلية تحمل المادة لقوى الشد المسلطة بصورة عمودية على محورها الطولي ويعتبر هذا الاختبار من الاختبارات الرئيسية للمواد المتراكبة وذلك لتحديد خواص المرونة واللدونة ، وأن معامل المرونة للمواد المتراكبة تتأثر (بنسق واتجاهية الجزئية للمتراكبات ومعامل مرونة الألياف المدعمة) وهناك بعض العوامل المؤثرة في هذا الاختبار وهي: المسافة بين المسندين ونوع ومعدل التحميل وابعاد المقطع العرضي للنموذج [٤]. يعد اختبار الانحناء الثلاثي النقاط من اكثر الاختبارات شيوعاً في حساب الانحناء واكثرها سهولة ، إن الانحراف " *Deflection* " يتناسب طردياً مع الحمل المسلط فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأولى ويستنتج من ذلك إن المادة تخضع لقانون هوك " *Hook's Law* " وان نسبة  $\frac{load}{Deflection}$  ثابت يمثل الميل " *Slope* " ويمكن حساب معامل مرونة ( $E_b$ ) الذي يقاس بوحدة (MPa) من العلاقة التالية [٥]:

المواد المتراكبة ذات الاساس البوليميري هي مواد حديثة تستخدم في التطبيقات التكنولوجية و الهندسية ، ومن اهم متطلبات استخدامها هي الاداء العالي و المتانة الجيدة ومقاومتها للإجهادات الداخلية والخارجية المؤثرة عليها ومقاومتها للظروف المحيطة من ضغط و درجة حرارة. إن اختيار المواد المضافة السيراميكية او اللدائنية أو المعدنية يكون حسب نوعية الاستخدام اذا كانت استخدامات صناعية او إنشائية و تستخدم في مجالات كهربائية و حرارية وتكون على أشكال مختلفة أما على شكل ليف (Fiber) مستمر أو غير مستمر (مقطع) أو صوف (wool) أو على شكل قشور (Flakes) أو دقائق (Particles) أو حشوات (Fillers) وتتكون المادة المتراكبة من المادة الاساس ومواد التقوية. ان استعمالات المواد البوليميرية المتراكبة المقواة بأنواع مختلفة من الألياف الزجاجية والكربونية والمعدنية اخذت الحيز الاكثر من البحوث السابقة ولكن لم تأخذ المواد البوليميرية المتراكبة المدعمة بالدقائق الكثير من الاهتمام الواسع مقارنة مع المواد المتراكبة المقواة بالألياف [١].

المواد المتراكبة تستخدم في التطبيقات المختلفة التي لا تعود فقط بالاعتماد على الخواص الخارجية والخصائص الميكانيكية والفيزيائية ، وإنما بالاعتماد على قابليتها على تغيير خصائصها طبقاً للمواد المستخدمة فيها [٢].

استخدمت ألياف الكاربون مع البوليميرات في عملية التدعيم وذلك لامتلاكها خواص جيدة منها مقاومة عالية ضد

$$E_b = \frac{FL^3}{48I\delta} \dots \dots (١ - ١)$$

حيث ان:

F: القوة المسلطة على العينة (N)

L: المسافة بين المسندين (المسافة بين المرتكزين) (mm)

$\delta$ : الانحراف الحاصل في العينة نتيجة تسليط الحمل (mm)

ا: عزم القصور الذاتي للمقطع العرضي للعينة ( $mm^4$ ) التي عرضها (b) وسمكها (d) من خلال تطبيق العلاقة التالية [٦]:

$$I = \frac{bd^3}{12} \dots \dots (٢ - ١)$$

الفولتية سوف تبقى مخزونة في الدائرة وقيمة هذه الشحنة المخزونة بين الموصلين تدعى السعة (Capacitance) ويرمز لها (C) وتتناسب مع الفولتية بوساطة العلاقة الاتية [٧]:

$$Q = CV \dots \dots (٣ - ١)$$

نسبة السعة لمتسعة كهربائية (Electric Capacitor) مملوءة بالمادة الى سعة المتسعة نفسها في الفراغ المطلق وعند تردد مجال كهربائي خارجي معين [٧].

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \dots \dots (٤ - ١)$$

(Flakers) او حشوات او بهيئة شبكة من هذه المواد [١١].  
واستخدمنا نوعين من مواد التقوية هي:

#### ٢-٢.١ - الألياف الزجاجية - Glass Fibers

الألياف الزجاجية مصنوعة من ألياف رقيقة جدا من الزجاج قد تكون ارق من الشعر البشري بمرات كثيرة ، وتعد الألياف الزجاجية من المواد الأساسية المستخدمة في تدعيم الراتنجات بشكل عام لكونها سهلة التصنيع والتشكيل وتمتاز بالمتانة العالية والكلفة الاقتصادية الواطنة . وتمتلك كثافة مقدارها ( $2.54g/cm^3$ ) وهناك عدة أنواع من الألياف الزجاجية التي تستخدم في تدعيم الراتنجات ومنها النوع الناعم المحاك بشكل حصيره من نوع (E- glass) والتي تتميز بانها ذات صلادة عالية وكثافة منخفضة نسبيا ولها عزل كهربائي جيد ومقاومة عالية للحرارة [١٢].

#### ٢-٢.٢ - ألياف الكربون - Carbon Fiber

##### Chopped

هي ألياف دقيقة للغاية تتراوح أقطارها في الغالب بين ( $0.010 - 0.002$  mm) تتكون في معظمها من ذرات الكربون إذ ترتبط مع بعضها في بلورات مجهرية موازية بشكل أو بآخر لمحور الألياف . هذا التوازي أو التوجه يجعل الألياف قوية جدا مقارنة بحجمها . كثافة ألياف الكربون هي أقل بكثير من كثافة ألياف الفولاذ ومقدارها ، ( $1.8 gm/cm^3$ ) ، مما يجعلها مثالية للتطبيقات التي تتطلب وزنا منخفضا وقوة شد كبيرة .

#### ١-٢ . ثابت العزل الكهربائي :- Dielectric Constant

عند تسليط فولتية على لوحين موصلين مفصولين عن بعضهما بوساطة الفراغ (Vacuum) سوف يتوقع عدم مرور تيار عوضاً عن ذلك فالشحنة الكهربائية الناتجة بوساطة

لوصف قابلية المادة للاستقطاب وخزن الشحنة الكهربائية تعطى بوساطة السماحية النسبية او ثابت العزل ( $\epsilon_r$ ) وتعرف على انها النسبة بين سماحية المادة العازلة ( $\epsilon$ ) إلى سماحية الفراغ ( $\epsilon_0$ ) [٨]. او تعرف على انها

#### ٢ - الجزء العملي - Experimental Work

##### ٢ - ١ المادة الاساس - Matrix Material

تعرف بأنها المادة المتجانسة التي تغرس فيها أطوار التقوية [٩]. وهي إحدى واهم مكونات المادة المترابطة وتمثل الطور المستمر (Continuous Phase) واحيانا تسمى المادة الرابطة التي غالبا ما تكون سيراميكيا او معدنيا او بوليمرية [١٠] ، واستخدمنا في هذا البحث راتنج الايبوكسي من نوع (Poly Prime-Ep) ويمتاز بكونه سائل شفاف كثافته بحدود ( $1.03 gm/cm^3$ ) متوسط اللزوجة، له قابلية الالتصاق عالية وقليل الانكماش المصنّع في شركة (Henkel Polybit Co.) الإماراتية ويتحول الى الحالة الصلبة بإضافة المصلد (Hardener) الخاص به وهو عبارة عن مادة سائلة شفافة عديمة اللون خفيفة القوام، تضاف بنسبة (٢:١) ويحدث بينهما التفاعل في درجة حرارة المختبر والأيبوكسي من البوليمرات المتصلدة حرارياً (Thermoset Polymers).

##### ٢-٢ . مادة التقوية - Reinforcement Materials

وتمثل الجزء الصلب في المادة المترابطة وهي عبارة عن مواد ذات متانة ومقاومة عاليتين تضاف الى المادة الاساس في المواد المترابطة لتزيد من صلابتها وقوتها إضافة الى التحكم بالتوصيل الكهربائي والحارري ، ، وتصنف حسب الشكل والإبعاد الى ألياف (Fibers) او دقائق (Particles) او قشور

٢-٣. تحضير العينات المترابطة البوليمرية

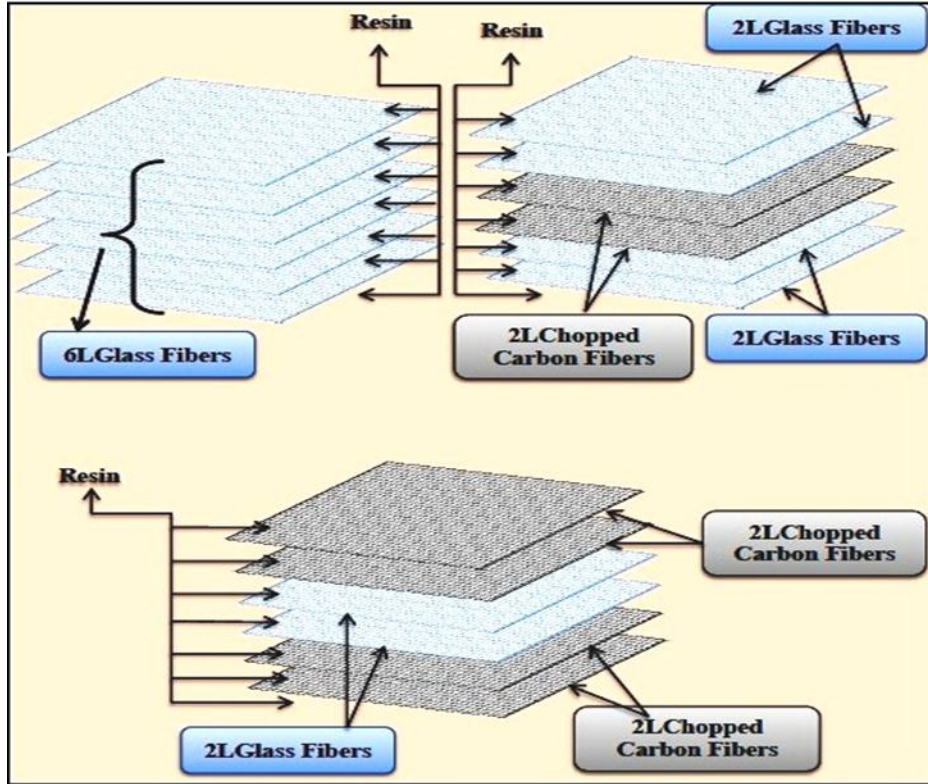
تم استخدام طريقة القولبة اليدوية في عملية تحضير المترابكات البوليمرية، وذلك لانها من الطرق السهلة والناجحة تم تحضير نوعين من المترابكات البوليمرية حسب تبادل الطبقات: وكما مبين في الشكل (١):

١- عينات مترابطة مكونة من تدعيم راتنج الايبوكسي مع (بألياف الزجاج +الياف الكاربون المقطع+ الياف الزجاج)

٢- عينات مترابطة مكونة من تدعيم راتنج الايبوكسي مع (الياف الكاربون المقطع + الياف الزجاج + الياف الكاربون المقطع)

٢-٤. تقطيع وتنعيم العينات

لغرض اجراء اختبارات معامل المرونة وثابت العزل الكهربائي فقد تم تقطيع وتنعيم العينات حسب الابعاد القياسية العالمية الخاصة بكل فحص وكما موضح بالجدول (١):



الشكل (١) تداخل وتبادل طبقات الالياف الزجاجية مع الياف الكاربون المقطع

الجدول (١) يوضح الابعاد القياسية للعينات التي تم تحضيرها

المواصفات القياسية	الابعاد القياسية للعينات	انواع الاختبار
ASTM-D790-86	4mm 100mm 4mm	1- اختبار الانحناء Bending test
Leès Disk	4mm 40mm	2- اختبار ثابت العزل الكهربائي Dielectric constant test

## ٣. الاجهزة المستخدمة

## ٣-١ جهاز الانحناء:-

تم قياس الانحناء للعينات جميعها بواسطة جهاز مصنع من قبل شركة (Phywe) الالمانية والذي تثبت فيه العينة من طرفيها على مرتكزين وتعلق الكتل (Masses) عليه بصورة تدريجية على الحامل المثبت عند منتصف العينة مما يسبب انحناءها تدريجيا ، ويوجد فوق منتصف موضع العينة مؤشر مقياس رقمي (Digital Gauge) ومن خلال مؤشر مقياس الانحراف الرقمي يمكن قراءة مقدار الانحراف (Deflection) الحاصل للعينة عند وضع كل ثقل وبصورة تدريجية ومن ثم يتم رسم شكل بياني بين الكتل ومقدار الأنحراف الحاصل

## ٣-٢. جهاز اختبار ثابت العزل الكهربائي -

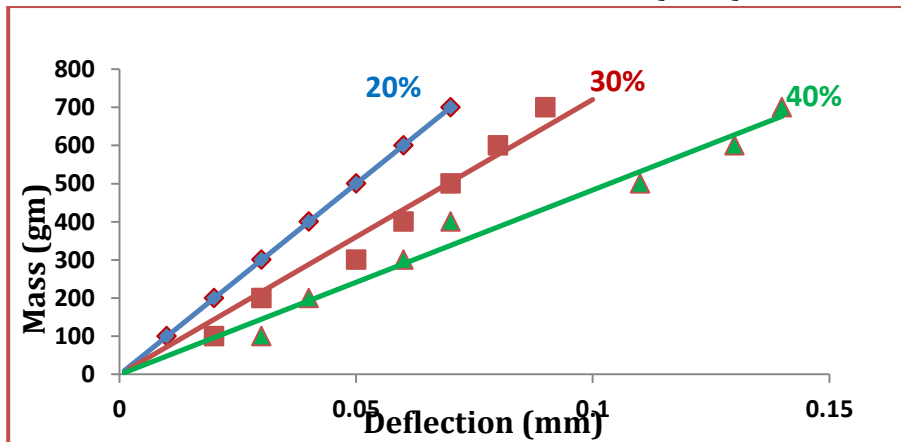
تم استخدام جهاز ثابت العزل الكهربائي من نوع (Leybold Heraeus) المصنع في المانيا والذي يتكون من لوح مسطح ذات شكل دائري مثبت على قاعدة اسناد ، واحد هذين القرصين مربوط الى مسطحة مدرجة لقياس سمك العينة الموضوعه بين اللوحين ، ومتكون ايضا من ملف حثي ومقاومة كهربائية واميتير ومولد (frequency generator) مجهز قدرة لتغير التردد والحصول على التردد الرنيني.

## ٤. النتائج والمناقشة -

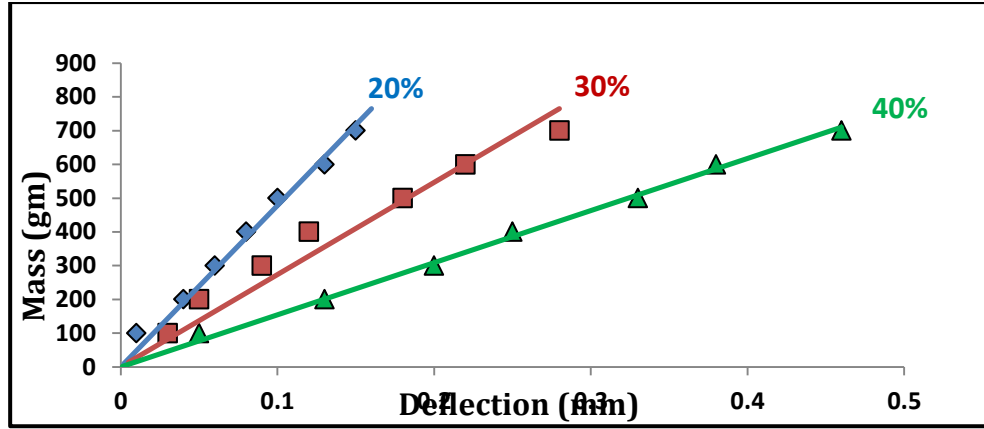
## ٤-١. نتائج اختبار الانحناء -

تم استعمال طريقة الثلاثية النقاط لقياس مقاومة الانحناء والنتائج العملية موضحة بالشكلين (٢) و (٣) توضح العلاقة بين الكتلة المؤثرة على العينة والانحراف الحاصل فيها، وان الكتل تتناسب طرديا مع الانحراف ولكافة العينات ونلاحظ لمختلف الكسور الحجمية ان الانحراف يزداد مع زيادة الكتل او الحمل المسلط وسبب ذلك هو ان قوة الترابط بين جزيئات الايبوكسي والالياف لكافة المجاميع تقل مع زيادة الكتل وهذا

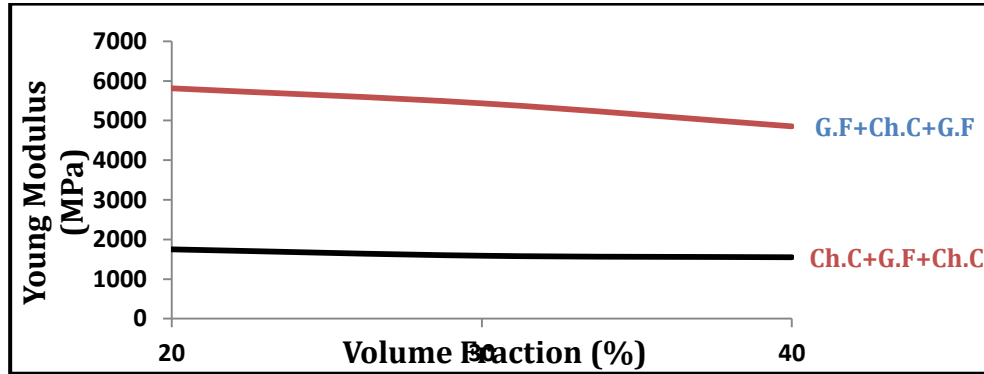
يعني زيادة الانحراف وزيادة مطيلية المادة. كذلك فإن الانحراف يزداد بزيادة الكسر الحجمي نتيجة زيادة مادة التدعيم على حساب المادة الاساس وكذلك زمن التقسية والسبب زيادة كثافة الربط التشابكي للسلاسل البوليميرية نتيجة للتعرض للمعاملة الحرارية [٢١] أو أن النسبة بين الكتلة والانحراف (Mass/Deflection) تمثل مقدارا ثابتاً هو الميل (Slope). إذ تمكنا في هذا الاختبار من حساب قيم معامل مرونة (معامل يونغ Y) باستخدام المعادلتين (١-٢) و (١-١) والنتائج العملية موضحة في الشكل (٤) وسبب نقصان قيم معامل المرونة للمركب الاول (G.Ch.G.) الذي يمثل (طبقتان من الالياف الزجاجية على الوجهين وبينهما طبقتان من الالياف الكربون المقطع ) يعود إلى انه عند تسليط حمل على المادة المترابكة سوف يتوزع الحمل على كل من مادة الأساس والالياف الزجاج وحسب طبيعته والكسر الحجمي لكل منها وان الالياف الزجاجية تتحمل الجزء الأكبر من الحمل علاوة على أن وجودها سوف يمنع التشوه الذي يحصل في مادة الأساس فضلاً عن كون الالياف تتميز بمعامل مرونة عالي مقارنة بمادة الأساس (الايوكسي) [١٥، ١٤] وكذلك بسبب اضافة الياف الكربون الى الياف الزجاج و طول قصر الياف الكربون وعدم ترتيبها وهذا يتفق مع الباحث [١٦] وكذلك الحال لمترابك الثاني (Ch.G.Ch.) والذي يمثل (طبقتان من الالياف الكربون المقطع على الوجهين وبينهما طبقتان من الالياف الزجاجية ) فإنه امتلك معامل مرونة اقل من المركب الاول (G.Ch.G.) وذلك لان نسبة الياف الكربون في هذا المركب اكثر اضافة الى وجود الفجوات الهوائية في الياف الكربون المقطع التي تقلل من الالتصاق التام بين اليافه وعدم وصولها الى السطح البيني والمادة الاساس فضلاً عن تأثير سمك العينة وهذا يتفق ما توصل اليه الباحث [١٧].



الشكل (2) علاقة الكتلة مع الانحراف لعينات (G Ch G)



الشكل (٣) علاقة الكتلة مع الانحراف لعينات (Ch\G\Ch)

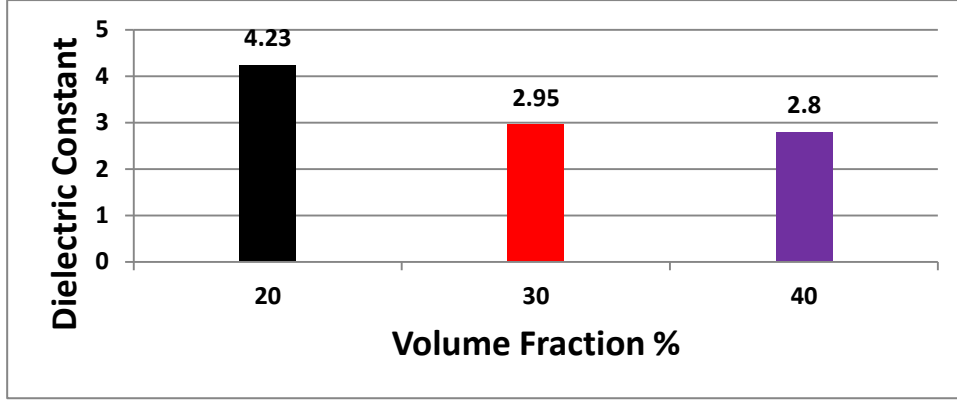


الشكل (٤) مقارنة معامل يونك مع الكسر الحجمي للعينات (G\Ch\G) وعينات (Ch\G\Ch)

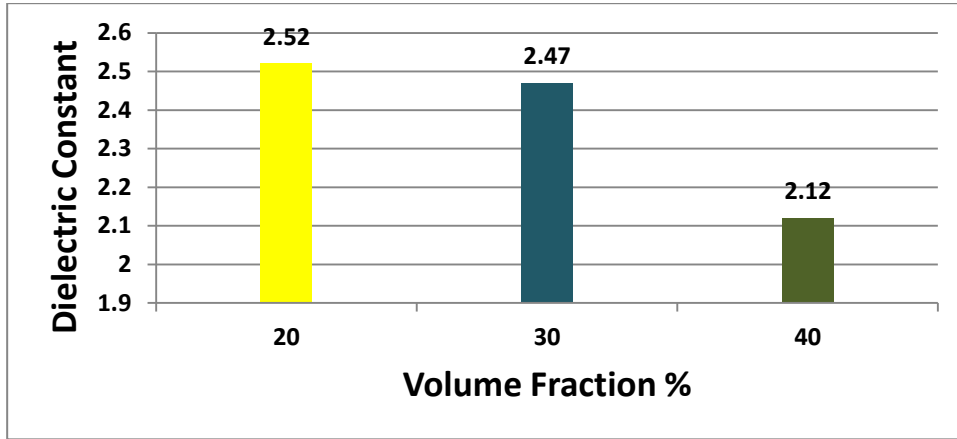
٤-٢. نتائج اختبار ثابت العزل الكهربائي -  
 يعرف ثابت العزل الكهربائي (المساحية) ( $\epsilon_r$ ) بأنه نسبة قدرة مكثف كهربائي ذو عازل بين قطبين الى القدرة في حالة وجود الهواء بدلا من العزل بين قطبين وتم حساب قيم ثابت العزل الكهربائي من المعادلتين (١-٣) و (١-٤).

والنتائج التي تم الحصول عليها موضحة بالشكلين (٥) و (٦) وتبين ان ثابت العزل يقل بزيادة الكسر الحجمي لجميع العينات. وسبب ذلك يرجع الى تأثير المجال الكهربائي الخارجي المسلط الذي يؤدي الى نشوء ثنائيات الاقطاب الكهربائية  
 وبا لنسبة للمركب الاول (G. /ch. /G.) الذي يتكون من (طبقتين من الالياف الزجاجية + طبقتين من الالياف الكربون المقطع + طبقتين من الالياف الزجاجية + طبقتين من الياف الكربون المقطع) فانه امتلك قيم اقل من المجموعة الاولى وسبب ذلك يعود الى طبيعة الياف الكربون المقطع الموصلة التي تؤدي الى نقصان مساهمة الاستقطاب البيئية او استقطاب الشحنة الفراغية الى الاستقطاب الكلي مما يؤدي الى نقصان ثابت العزل الكهربائي اضافة الى ذلك ان التوصيلية الجيدة لألياف الكربون المقطع ادت الى تقليل الطاقة الممتصة من المجال الكهربائي المسلط والذي ادى الى قلة قابلية ثنائيات الاقطاب الكهربائية المحدثة على مواكبة تغيير المجال الكهربائي المسلط .

والنتائج التي تم الحصول عليها موضحة بالشكلين (٥) و (٦) وتبين ان ثابت العزل يقل بزيادة الكسر الحجمي لجميع العينات. وسبب ذلك يرجع الى تأثير المجال الكهربائي الخارجي المسلط الذي يؤدي الى نشوء ثنائيات الاقطاب الكهربائية  
 وبا لنسبة للمركب الاول (G. /ch. /G.) الذي يتكون من (طبقتين من الالياف الزجاجية + طبقتين من الالياف الكربون المقطع + طبقتين من الالياف الزجاجية) ان وجود طبقتين من الياف الكربون المقطع بين طبقات الالياف الزجاجية لعينات المجموعة الاولى (G1) ادى الى امتلاكها قيمة لثابت العزل الكهربائي اعلى مما لعينات المجموعة (G2)



شكل (٥) قيم ثابت العزل الكهربائي مع الكسر الحجمي لعينات (GIGlG)



شكل (٦) قيم ثابت العزل الكهربائي مع الكسر الحجمي لعينات (ChIGlCh)

الخواص الميكانيكية لمتراكبات منفردة وهجينة"،  
مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية، ٦٩-٧٩:  
(٢) ٢ (2011).

[5] A. M. Hamzah, and Al-Dabbagh, Study the physical properties of polymer blends reinforced by meta laminates and micro cotton power, Tech. Journal, 3(3):49-65. (2013),.

[6] R. Donald .Askeland & Pradeep P. Phule , "The Science & Engineering Of Material " 4th ed. PWC , (2006).

[7] D. Askeland "The Science and Engineering of Material " Second Edition Chapman and Hall London, (1995).

[8] ورود مهدي حميد العسكري "تأثير المحاليل على بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمتراكبات الالبوكسي"، رسالة ماجستير ، كلية العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية، (2006).

[9] رولا عبد الخضر عباس الصافي ، " دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية النوفلاك و متراكباتها" ، رسالة ماجستير ، قسم العلوم التطبيقية ، الجامعة التكنولوجية ، (2001) .

[10] P . K . Mallik , " Fiber Rienforced Composite Material Manufactasing and Design " , Taylor and France Group , LTC ,USA ,(2007).

## ٥ . الاستنتاجات

من النتائج التي تم الحصول عليها تم التوصل الى الاستنتاجات التالية:

١. اوضحت هذه الدراسة ان معامل يونك يقل بزيادة الكسر الحجمي

٢. ووضحت النتائج التي تم الحصول عليها من ثابت العزل ان ثابت العزل الكهربائي يقل بزيادة الكسر الحجمي لكلا النوعين من المركبات.

## المصادر

[1] فانتن نعمان عبدالله "دراسة تأثير الحجم الحبيبي للدقائق ودرجة حرارة التشكيل على الخواص الميكانيكية للمواد المترابطة ذات الاساس من البوليمر " مجلة الهندسة والتكنولوجيا ، المجلد ٢٥ ، العدد ٥ ، (2007) .

[2] K. J. PASCOE " An Introduction to the Properties of Engineering Materials" published by Van Nostr and Reinhold(U.K) CO. Ltd. Third editionpp, (387), (1978).

[3] K. Othmer" Encyclopedia of Chemical Technology" John Wiley and Sons Inc. (1982).

[4] عبدالله، مصطفى زيد، الصراف، عبدالحميد والدباغ، بلقيس. دراسة تأثير درجة الحرارة على بعض

- [15] Mays Sabah Mahdi," Preparation and Studying of Toughness and Fracture Characteristics for Fibrous Composites" University of Technohogy (2016).
- [16] هبة جمعه جعفر، "تأثير الألياف على سلوك الإخماد للمواد المركبة ذات اساس بوليمري"، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية (2010) ،
- [17] G.Rathnakar and H. K. Shivanan, "Experimental Evaluation of Strength and Stiffness of Fibre Reinforced Composites under Flexural Loading", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), vol. 2 (7),pp. 219-222, (2013) .
- [11] Shakila Umair , " Invernonmental Impact of Fiber composite Material" ,Ms.c thesis , Royal Institute of Technology , FNS ,(2006).
- [12] د. ميشيل كامل عطا الله ، " أساسيات الجيولوجيا " ، كلية العلوم ، عمان ، الأردن ، (2000).
- [13] رفقة عامر سلمان "دراسة الخواص الميكانيكية والحرارية لمتراكب بوليمر عضوي- بوليمر لاعضوي"، رسالة ماجستير ، كلية العلوم ،جامعة بغداد، (2012)
- [14] بسمة هاشم محمد" دراسة الخصائص الميكانيكية والفيزيائية لمتراكبات الأيبوكسي المدعمة بالألياف الزجاجية وقشور الرز المعالجة حرارياً"، رسالة ماجستير ،الجامعة التكنولوجية، (2008) .

### Layer Exchange Effect of Different Fibers on Modulus of Elasticity and Dielectric Constant For Some Fibrous Composites.

Faiq Hammd Antar

Noor Sadi Saleh

E.mail: [dean\\_coll.science@uoanbar.edu.iq](mailto:dean_coll.science@uoanbar.edu.iq)

#### Abstract

The aim of this research is to prepare materials overlays way the molding hand of strengthening the epoxy resin fiber glass type (E-glass) fibers and carbon fiber (chopped carbon) section and fractures volumetric (20%, 30%, 40%) were measured modulus of elasticity and the dielectric constant and explained the practical consequences that the modulus of elasticity decreases with increasing volume fraction as well as the dielectric constant