

تأثير الإضافات الدقائقية على بعض الخواص الفيزيائية والكهربائية لمركب بوليمري

أحمد جبير جفال
فائق حماد عنتر
جامعة الأنبار - كلية العلوم

الخلاصة:

يتضمن هذا البحث إضافة دقائق الالمنيوم (Al) ودقائق النيكل (Ni) او مزيج من دقائق الالمنيوم والنيكل (Al+Ni) بحجم حبيبي (40 μm) الى راتنج الايبوكسي لتحضير مادة متراكبة بنسب مئوية وزنية (2%, 4%, 6%, 8%). تم دراسة اختبار ثابت العزل الكهربائي والتوصيلية الحرارية، وقد أظهرت النتائج بان قيمة ثابت العزل الكهربائي تزداد بزيادة النسبة المئوية الوزنية ولكافة العينات قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية، التوصيلية الحرارية تزداد بصورة بطيئة مع زيادة النسب المئوية الوزنية للدقائق المضافة قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية وعلى قيمة للتوصيلية الحرارية كانت للعينات المدعمة بدقائق الالمنيوم تليها العينات المدعمة بمزيج من دقائق الالمنيوم والنيكل ثم العينات المدعمة بدقائق النيكل.

الكلمات المفتاحية: دقائق الالمنيوم، دقائق النيكل، راتنج الايبوكسي، اشعة فوق البنفسجية.

1. المقدمة والجانب النظري

تعرف المواد المتراكبة بانها تلك الأنظمة الصلبة الناتجة عن اشتراك مادتين او أكثر لا تتفاعلا كيميائياً، ولكن تتصانرا فيزيائياً لتكوين مادة جديدة تمتلك خواص تختلف عن خواص أي من المواد المفردة الداخلة في تكوينها [1,2]. ان التطور الصناعي والتكنولوجي الكبير الذي يمر فيه العالم اليوم في مختلف المجالات ظهرت الحاجة لإيجاد مواد بديلة للمواد ذات الاستعمالات الصناعية المختلفة بحيث تكون البدائل عالية الموصافات والنوعية وذات جدوى اقتصادية وخفيفة الوزن وذلك لاستعمالها في التطبيقات الصناعية المختلفة كالرادارات والطائرات والسفن والسيارات وغيرها [3]. وفي السنوات الأخيرة شهدت المواد المتراكبة المدعمة بالدقائق انتشاراً واسعاً في مختلف المجالات بسبب متانتها العالية وخفة وزنها وانخفاض تكاليفها وسهولة تشكيلها [4,5]، كذلك استخدمت المتراكبات الهجينة الدقائقية (وهي المواد الناتجة عن خلط مادتين دقائقيتين او اكثر مع المادة الأساس) في صناعة الأجهزة الرياضية والأطراف الصناعية ومواد النقل الجوي [6]، كذلك تم دراسة تأثير الاشعة فوق البنفسجية على المتراكبات البوليمرية المدعمة بالدقائق وعلى خواصها الكهربائية والفيزيائية.

1.1 ثابت العزل الكهربائي Dielectric Constant

يعتبر العالم فراداي (Faraday) من العلماء الأوائل الذين تعاملوا مع المواد العازلة حيث لاحظ عند وضع مادة عازلة تملأ الحيز بين لوحين معدنيين (مكثف) فان السعة الكهربائية تزداد بمقدار يميز تلك المادة ويرمز لهذا المقدار بالرمز (ε) ويطلق عليه سماحية المادة العازلة والتي قد تكون

عشوائية او بلورية او سائلة او غازية [7]، وعندما يكون الفاصل بينهما هو الفراغ فان بعض الشحنات يمكن ان تخزن بين الموصلات، وتعطى السعة بالعلاقة الآتية:

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad \dots (1)$$

حيث ان:

C_0 : سعة المتسعة بوجود الفراغ (F)، ϵ_0 : سماحية الفراغ وتساوي (8.85×10^{-12} F/m)
d: المسافة الفاصلة بين اللوحين (m)، A: المساحة السطحية للوحين (m^2)

وعندما تكون هناك مادة عازلة بين اللوح الموصل بدل الفراغ فانه يحصل استقطاب في العازل وبذلك سوف ينشحن العازل بشحنات إضافية وتعطى السعة بالعلاقة الآتية:

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad \dots (2)$$

حيث ان:

C: السعة المتسعة بوجود مادة عازلة (F)، ϵ : سماحية المادة العازلة (F/m)

ولهذا فان قابلية المادة للاستقطاب وخصائص الشحنات الكهربائية تعطى بوساطة ثابت العزل (السماحية النسبية) (ϵ_r) ويعرف بانه النسبة بين سماحية المادة العازلة الى سماحية الفراغ [8]

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad \dots (3)$$

او يعرف على انه النسبة بين سعة المتسعة مملوءة بالمادة الى سعة المتسعة نفسها في الفراغ المطلق في حالة ثبوت تردد المجال الكهربائي [9]. ولإيجاد قيمة السعة بوجود الهواء (C_0) عند التردد الرنيني نعوض عن قيمة التردد الرنيني (f_{r_0}) في المعادلة الآتية:

$$C_0 = \frac{1}{4\pi^2 f_{r_0}^2 L} \quad \dots (4)$$

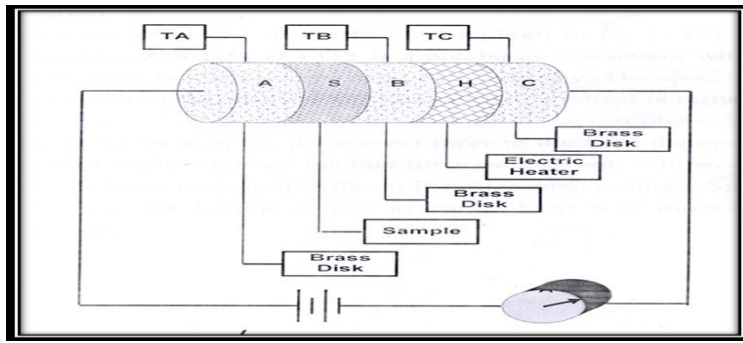
$$Q=C V \quad \dots (6)$$

حيث ان: C: السعة ووحدتها (Farad)، V: الفولطية عبر الموصلات ووحدتها (Volt)،

Q: الشحنة المختزنة ووحدتها (Coulomb)

2.1 التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity

ان قابلية المادة على نقل الحرارة (Heat Transfer) من المناطق ذات الدرجة الحرارية العالية الى المناطق ذات الدرجة الحرارية الواطئة تسمى بالتوصيلية الحرارية [11] وتقاس التوصيلية الحرارية (K) باستخدام طريقة قرص لي (Lee's Disk Method) الموضحة صورته بالشكل (1)



الشكل (1) مخطط جهاز التوصيلية الحرارية (قرص لي) [12]

حيث ان (e) تمثل الطاقة الحرارية للمادة عبر وحدة المساحة في وحدة الزمن ووحداتها $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K \cdot s}\right)$ وتحسب من العلاقة الاتية:

$$H = IV = \pi r^2 e (T_A + T_B) + 2\pi r e \left[d_A T_A + d_S \frac{1}{2} (T_A + T_B) + d_B T_B + d_C T_C \right] \quad \dots (8)$$

حيث ان: H : المعدل الزمني للطاقة المسلطة على الملف،

(T_A، T_B، T_C) : تمثل درجة حرارة الأقراص (k)

(d_A , d_B , d_C) : تمثل سمك الأقراص = 12.5mm ، d_S

: سمك النموذج (mm)

I : التيار المار في الدائرة (0.23 A) ، V : الفولطية المجهزة للدائرة (6.5 V).

2. الجزء العملي Experiment Part

1.2 المادة الأساس matrix Material

المادة الأساس المستخدمة هي راتنج الايبوكسي (Epoxy Resin) نوع (EP-Polyprime) اماراتي المنشأ والمصنع من قبل شركة (Henkel) الإماراتية، ويمتاز بانه سائلاً شفافاً ولزجاً ذا كثافة (1.1-1.4 gm/cm³) ، يضاف إليه المصلد من نوع ميتافنيلين دايمين (Metaphenylen Diamine) (MPDA) والمصنع من نفس الشركة وبنسبة (1:2) و يتحول إلى الحالة الصلبة.

اما لإيجاد قيمة سعة المتسعة بوجود العازل (C) نعوض عن قيمة التردد الرنيني (f_r) في المعادلة الاتية:

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L} \quad \dots (5)$$

حيث ان: f_r: التردد الرنيني بوجود الهواء (Hz)، f_r: التردد الرنيني بوجود العازل (Hz)

L: معامل الحث الذاتي للملف (H)، C: سعة المتسعة (F)

عند ربط طرف المكثف بتيار مستمر (dc) فان الشحنات (charges) تمر بإحدى الصفيحتين وتخرج من الصفيحة الثانية وبذلك تشحن احدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة والثانية بالشحنة السالبة، ويمكن التعبير عن فرق الجهد التناسبي (v) بين الصفيحتين بالمعادلة الاتية [10]:

في هذه الطريقة يتم وضع النموذج (S) بين قرصين من النحاس (A,B)، ويوضع المسخن (H) بين القرصين (B,C) كما موضح بالشكل (1) الذي يمثل مخطط جهاز قياس التوصيلية الحرارية، وتوضع محارير قياسية داخل الفتحات الموجودة في الأقراص النحاسية (A,B,C) لقياس درجة حرارتها، ويجب ان تكون اسطح الأقراص النحاسية مصقولة جيداً وبدرجة متساوية لإعطائها الانبعاثية (Emissivity) نفسها، كذلك يجب قياس سمك النموذج (ds) ويجب وضع الجهاز في مكان محكم الاغلاق لتثبيت درجة حرارة المحيط، ويكون ملف التسخين (Heating Coil) موصل بمجهز القدرة (DC Bower Supply)، وبعد فتح الدائرة الكهربائية فترة من الزمن يصل القرصان (B,C) الى حالة الاتزان الحراري، ان عدم الانتظام في قرص العينة يحد من وصول القرص A الى حالة الاتزان مع القرصين (A,B) وبمعرفة درجة حرارة الأقراص (T_A, T_B, T_C) والطاقة الحرارية المارة عبر الملف يمكن حساب التوصيلية الحرارية (k) من العلاقة الاتية [2]:

$$K \left(\frac{T_B - T_A}{d_S} \right) = e \left[T_A + \frac{2}{r} \left(d_A + \frac{1}{4} d_S \right) T_A + \frac{1}{2r} d_S T_B \right] \quad \dots (7)$$

حيث انه عندما يكون تركيز المواد المضافة قليل فان الجسيمات المضافة تكون معزولة عن بعضها ولا يوجد اتصال فيما بينها وبتزايد تركيز المواد المضافة تبدأ الجسيمات (جسيمات الالمنيوم او النيكل) بالتجمع، وان معدل الاستقطاب للتجمعات يكون اعلى من قيمته في حالة الجسيمات المنفردة بسبب زيادة ابعاد التجمعات للمواد المضافة [13]، اما افضل النتائج فكانت للالمنيوم ثم المزيج ثم النيكل على الترتيب ويعود السبب في ذلك الى ان التوصيلية الكهربائية للالمنيوم اعلى منها للنيكل.

الشكل (3) يوضح قيم ثابت العزل الكهربائي لكافة العينات بعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية لمدة (10) ساعة، حيث نلاحظ بان قيم ثابت العزل الكهربائي ازدادت زيادة طفيفة عن قيمتها في الظروف الطبيعية ولكافة العينات، حيث كانت اعلى قيمة لعينات الالمنيوم (1.223) عند النسبة المئوية الوزنية (8%) ونقل هذه القيمة الى (1.128) عند النسبة المئوية الوزنية (2%) وكذلك الحال مع عينات النيكل والمزيج، ومن ملاحظة الشكل (4) الذي يوضح مقارنة قيم ثابت العزل الكهربائي قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية حيث نلاحظ بان التشعيع أدى الى زيادة طفيفة في قيم ثابت العزل الكهربائي ولكافة العينات عن قيمتها في الظروف الطبيعية، ويعود السبب في ذلك الى ان عملية التشعيع أدت الى زيادة تشابك وترايب السلاسل البوليمرية وهذا بدوره أدى الى تحسين الخواص الكهربائية وبالتالي زيادة قيم ثابت العزل الكهربائي وهذا يتفق مع ما جاء به الباحث [Emad] [14].

2.2 مواد التقوية Reinforcement Material

استخدم في هذا البحث نوعين من مواد التقوية:

1. دقائق الالمنيوم Aluminum Particle

دقائق الالمنيوم المستخدمة ذات حجم حبيبي (grain size) (40 μm) وكثافة (2.7gm/cm^3) ونقاوة تقدر بحدود (99%).

2. دقائق النيكل Nickel Particle

تمتلك دقائق النيكل حجم حبيبي (grain size) (40 μm) وكثافة (8.9gm/cm^3) ونقاوة بحدود (99.8%).

3.2 تحضير العينات Preparation of Sample

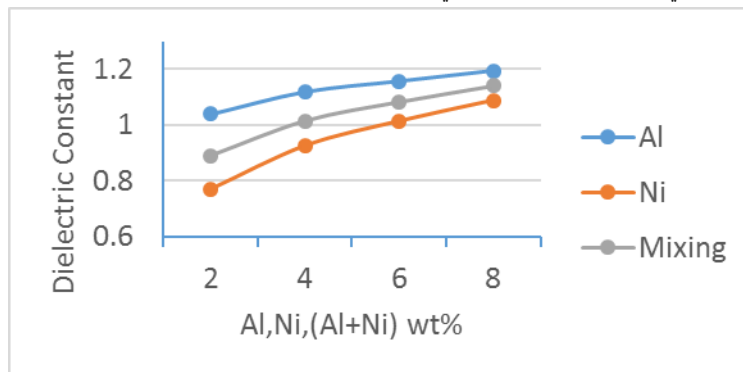
استخدمت طريقة القولية اليدوية Hand lay-up (molding) في تحضير العينات، حيث تعتبر هذه الطريقة من الطرق السهلة والشائعة، حيث تم تحضير ثلاث مجاميع من العينات (ايبوكسي والمنيوم) و (ايبوكسي ونيكل) و (ايبوكسي و(المنيوم+نيكل)) وبنسب وزنية للمواد المضافة (2% , 4% , 6% , 8%).

3. النتائج والمناقشة Results and Discussion

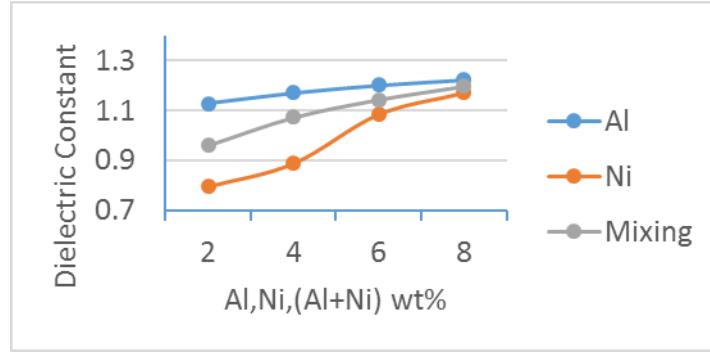
1.3 نتائج اختبار ثابت العزل الكهربائي Dielectric

Constant Results

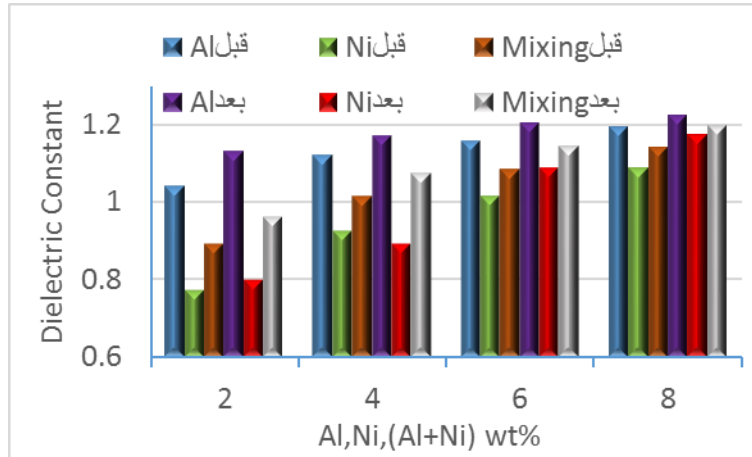
تم استخدام جهاز من نوع (Ley Boold - Heraeus) الماني المنشأ لقياس ثابت العزل الكهربائي، و الشكل (2) يوضح مقارنة قيم ثابت العزل الكهربائي مع النسبة المئوية الوزنية لكافة العينات، حيث نجد بان قيم ثابت العزل الكهربائي لعينات الالمنيوم (1.039) للنسبة المئوية الوزنية (2%) وتزداد الى (1.193) لعينات الالمنيوم عند النسبة المئوية الوزنية (8%) وكذلك هو الحال مع عينات النيكل والمزيج، ويعود السبب في ذلك الى الاستقطاب البيني،



الشكل (2) مقارنة قيم ثابت العزل الكهربائي مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج في الظروف الطبيعية



الشكل (3) مقارنة قيم ثابت العزل الكهربائي مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج بعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية

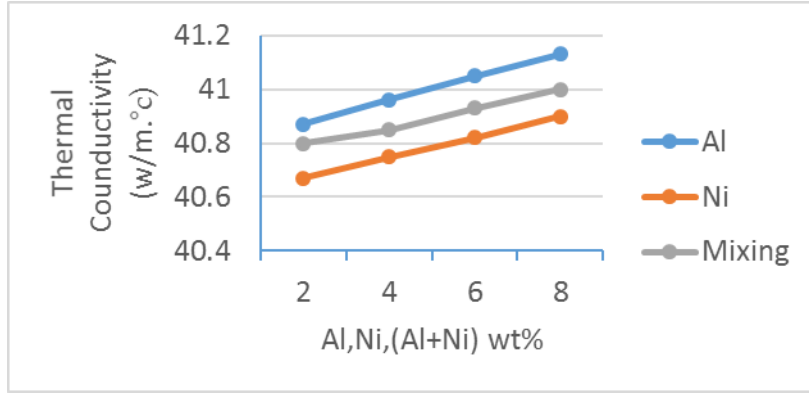


الشكل (4) مقارنة قيم ثابت العزل الكهربائي مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية

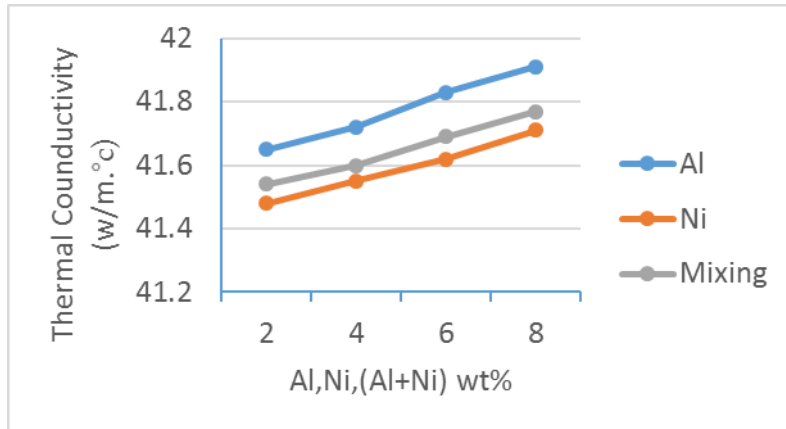
2.3 نتائج اختبار التوصيلية الحرارية

الشكل (5) يوضح مقارنة لعينات الالمنيوم والنيكل ومزيجهما في الظروف الطبيعية، حيث نلاحظ ان قيم التوصيلية الحرارية لكافة العينات تزداد بزيادة تركيز المضافات المعدنية، فمثلاً قيمة التوصيلية الحرارية لعينات النيكل عند النسبة المئوية الوزنية (2%) كانت (40.67 w/m.°c) وازدادت لتصبح (40.9 w/m.°c) عند النسبة المئوية الوزنية (8%)، ونجد أيضاً ان اعلى قيمة توصيلية حرارية كانت لعينات الالمنيوم ثم المزيج ثم النيكل، فمثلاً عند النسبة المئوية الوزنية (2%) كانت قيم التوصيلية الحرارية للالمنيوم (40.87w/m.°c) وللمزيج (40.8w/m.°c). ان انتقال الطاقة الحرارية يعود الى الالكترونات الحرة والموجات الاهتزازية، حيث ان التوصيل الحراري في المواد الصلبة الموصلة يتم عن طريق الالكترونات الموجودة في البنية الذرية لتلك المواد، اما بالنسبة للمواد العازلة فان الفونونات هي المسؤولة عن التوصيل الحراري لذلك فان إضافة دقائق موصلة للايبوكسي (وهو مادة رديئة التوصيل للحرارة) تجعل الالكترونات الحرة الموجودة في تلك المادة بالإضافة الى الفونونات مسؤولان عن عملية التوصيل الحراري، ولكون دالة

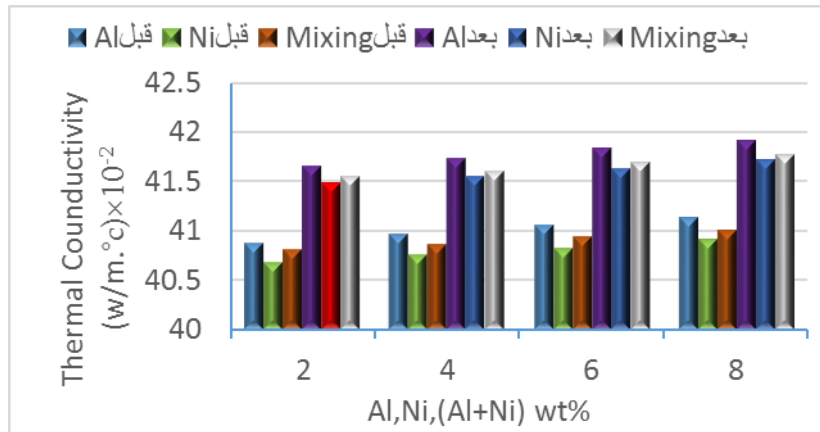
الشغل للالمنيوم (4.08ev) اقل من دالة الشغل للنيكل (5.01ev) لهذا فان المادة المتراكبة المدعمة بدقائق الالمنيوم اعطت افضل النتائج بالنسبة للتوصيلية الحرارية مقارنة بالمواد المتراكبة الاخرى المدعمة بالنيكل والمزيج [14]. عند تعريض جميع العينات للأشعة فوق البنفسجية لمدة (10) ساعة نلاحظ بان قيم التوصيلية الحرارية للمواد المتراكبة المدعمة (بالالمنيوم والنيكل والمزيج) قد ازدادت لجميع العينات كما هو موضح في الشكل (6)، وبمقارنة قيم التوصيلية الحرارية في الظروف الطبيعية مع قيمتها بعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية نجد بان قيم التوصيلية الحرارية بعد التشعيع اعلى من قيمها في الظروف الطبيعية كما هو موضح في الشكل (7)، فعند النسبة المئوية الوزنية (2%) مثلاً كانت قيمة التوصيلية الحرارية للالمنيوم في الظروف الطبيعية (40.87w/m.°c) ازدادت بعد التشعيع لتصل الى (41.65w/m.°c) ويعود السبب في ذلك الى ان الأشعة فوق البنفسجية قد أكملت عملية التقسية للبوليمر وتشابك سلسلها البوليمرية وبالتالي تحسين عملية التوصيل الحراري وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [Emad] [15,14].



الشكل (5) مقارنة قيم التوصيلية الحرارية مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج (المنيوم+نيكل) في الظروف الطبيعية



الشكل (6) مقارنة قيم التوصيلية الحرارية مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج (المنيوم+نيكل) بعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية



الشكل (7) مقارنة قيم التوصيلية الحرارية مع النسبة المئوية الوزنية لعينات الالمنيوم والنيكل والمزيج (المنيوم+نيكل) قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية

2. تزداد التوصيلية الحرارية بصورة بطيئة مع زيادة النسبة المئوية الوزنية لكافة العينات وللحالتين الطبيعية وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية. وان التوصيلية الحرارية للعينات المدعمة بمسحوق الالمنيوم اعلى مما لبقية العينات.

4. الاستنتاجات Conclusion

1. تزداد قيمة ثابت العزل الكهربائي بزيادة النسبة المئوية الوزنية لكافة أنواع العينات قبل وبعد التشعيع بالأشعة فوق البنفسجية وتكون الزيادة بالعينات المدعمة بمسحوق الالمنيوم اكبر مما لبقية العينات ولنفس النسب المئوية الوزنية.

- Property Changes" , composites, Vol.18,No.3,pp.(227-232) , July 1987.
- المصادر
10. W.Bolton , Engineering materials technology , 3ed , edition , 1998.
 11. S. Grainger, "Engineering Coating-Design and Application", Tajco, Publish house , India , 1994.
 ١٢. بونس خلف جبر العيساوي، "دراسة الخصائص الفيزيائية لمادة بوليمرية متراكبة" رسالة ماجستير، كلية العلوم، الجامعة المستنصرية، 2005.
 13. J. J. Dawood & B. A. Ahmed, " Study The Effect Of The (Al) And (Al₂O₃) Particles Reinforcing On The Wear Volume Loss Characteristics Of Epoxy", Eng. & Tech. Journal ,Vol.27, No.1,2009
 14. Emad S. AL-Hassani, " Effect of UV Radiation on Dielectric Constant And Thermal Conductivity In Epoxy Phenol Blends", Eng. & Tech. Journal, Vol.28, No.10, 2010
 ١٥. عبد الستار خليل معروف، "دراسة تأثير جسيمات بيثا على بعض البوليمرات المتراكبة" ، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الانبار، 2016
 1. M.Garyson,"Encyclopedias of composite materials and Components" , John Wiley and sons , New York , 1993.
 2. L.H. Sperling , "Introduction to physical polymer science" , Le high university , John Wiley and Sons , Inc. , USA, 2006.
 3. T. J. Reinhart, etal., "Engineered Materials Hand Book", Volume 1, Composites, Asm International, 1988 .
 4. F.A. Michael, R.H. David, "Engineering Materials", Cambridge Uni. England, 1999.
 5. Q. A. Hamad, "Studying the Mechanical of Composite Reinforced by Fibers of Particles", M.SC thesis, Material Eng. Dept.,2008.
 6. Callister and D. Willian,"Material Science and Engineering An introduction", Joan wiley and sons, Inc. Canada, 2003.
 ٧. محمد امين سليمان، احمد فؤاد باشا، شريف احمد خيرى، "فيزياء الجوامد"، كلية العلوم، جامعة القاهرة، 2000.
 8. S. Schwartz, " plastic Material and Processes" Van Nostrand Reinhold, 1982.
 9. G. Pritchard and S.D.Speak,"The Use of Water Absorption Kinetic Data Predict Laminate

. ١٦

The Effect of Additive Particulate on same Physical and Electrical Properties of Polymeric Composites

Ahmed Jubair Jaffal Faik Hammad Anter

E.mail: dean_coll.science@uoanbar.edu.iq

Abstract

This work includes adding Aluminum particles (Al) , Nickel particles (Ni) and mixture of (Al +Ni) particles of grain size (40 μm) to Epoxy resin with weight fractions ratio (2%, 4%, 6%, 8%). Tests which were studied dielectric constant and thermal conductivity . Experimental results showed that, the values of dielectric constant increases with increasing the weight fraction ratio of additive particles before and after (UV) irradiation. Thermal conductivity increases slowly with increasing weight fraction ratio of additive particles before and after (UV) irradiation. The maximum value of thermal conductivity was for samples reinforced with for (Al) particle followed by samples reinforced with (Ni) and particle mixture of (Al+Ni) particles.