P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2018,12 (1) :01-20

دراسة متانة العزل الكهربائي لمتراكبات (Blend / SiC) النانوية

جعفر كريم جياد السويداوي ، أحمد حماد مناجد الفلاحي
جامعة الأنبار – كلية التربية للعوم الصرفة

معلومات البحث:
تاريخ التسليم: 2017/12/18
تاريخ القبول: 2018/2/26
تاريخ النشر: 27/ 11 / 2018
DOI: 10.37652/juaps.2022.171613

الكلمات المفتاحية:
متانة العزل الكهربائي،
مواد متراكبة،
خليط بوليمري،
أيبوكسي،
بولي استر، SiC.

الخلاصة:
تم تحضير متراكبات نانوية أساسها خليط بوليمري من راتنج الايبوكسي والبولي استر غير المشبع [80% UPE + 20% Ep] المدعم بمسحوق كاربيد السلكون النانوي وبحجم بلوري (≈50 nm) وبنسب وزنية (2 , 4 , 6 , Wt%). ودرست متانة العزل الكهربائي لنماذج الخليط والمتراكبات قبل وبعد الغمر بالماء الاعتيادي (ماء الحنفية) و لمدة (11 اسبوع)، وبينت النتائج أن متانة العزل الكهربائي تتناقص مع تناقص معدل صعود الفولتية وتتغير بشكل غير خطي مع سمك العينات،بينما زادت متانة العزل الكهربائي مع زيادة نسبة الإضافة . من جهة أخرى أدى غمر العينات في الماء إلى انخفاض واضح في متانة العزل الكهربائي لكل من الخليط والمتراكبات.

1. المقدمة:

تمتاز المواد المتراكبة البوليمرية بخاصية عزل كهربائي جيدة، وخاصة المدعمة بالمساحيق السيراميكية لما تتميز به المواد السيراميكية من عزل كهربائي عالي لكونها ذات مقاومة نوعية عالية و ذلك يعود الى الترابط القوي بين الذرات المكونة لتلك المواد [1]. من ابرز الخصائص التي تتميز بها البوليمرات المدعمة بالمساحيق السيراميكية هي ارتفاع متانة العزل الكهربائي والتي تحصل عند تسليط مجال كهربائي قوي على مادة عازلة اعلى من القيمة الحرجة المحددة [2]، وان من اهم الأمور التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند اختبار اي مادة عازلة هو مدى قدرتها على تحمل الجهد الكهربائي دون انهيار، والانهيار الكهربائي يعني فقدان العازل لخاصية العزل عندما يبلغ المجال الكهربائي المسلط على المادة العازلة القيمة الحرجة [3].

وان اقصى مجال يمكن تسليطه على العازل دون انهياره يعرف بمتانة العزل الكهربائي (E_{br} Dielectric Strength)، وتعرف بانها مقدار مقاومة المادة العازلة لأقصى فولتية مسلطة عليها لفترات زمنية طويلة من دون أن تنهار أو فشل،وسبب حدوث الانهيار هو الزيادة في التيار الكهربائي بصورة مفاجئة عند تجاوز الفولتية المسلطة قيمة معينة تسمى فولتية الانهيار(V_B)Breakdown Voltage [4]. يمكن قياس متانة العزل الكهربائي بواسطة المجال الكهربائي (E_{br}) الذي تفشل أو تنهار عنده المادة العازلة [5] وان :

$$E_{br} = \frac{V_{br}}{t} \dots (1)$$

اذ أن:

V_{br}: أقصى فولتية مطبقة على العازل.

t: سمك المادة العازلة.

تقاس متانة العزل أو الانهيار الكهربائي بوحدات kV/cm أو kV/mm،و يستدل على حدوث الانهيار في المادة العازلة من خلال حدوث أحد الحالات التالية : 1- ثقب في المادة العازلة.2- صهر أو

* Corresponding author at: College of Education for Pure
University of Anbar -Sciences- Department of Physics
E-mail address: jaf62923@gmai.com

حرق في المادة العازلة . تعتمد متانة العزل على العديد من العوامل مثل التركيب البلوري، العيوب والشوائب الموجودة في المادة العازلة، وعوامل خارجية مثل شكل الأقطاب المستخدمة في تسليط الجهد الكهربائي،وطبيعة السطح الخارجي وظروف الاختبار من درجة حرارة ورطوبة وتردد المصدر وزمن تسليط الفولتية على العازل[6] . وهناك أنواع عدة للانهيار الكهربائي منها:

1-1 الانهيار النقي Intrinsic Breakdown:

يعرف الانهيار النقي أو الذاتي للمواد الصلبة بوساطة مواصفات مادة خالية من العيوب تحت ظروف الاختبار التي تؤدي الى الانهيار عند اعلى فولتية ممكنة. ان الانهيار النقي الحقيقي لا يمكن الوصول إليه بالتجارب ولكن القياسات عند درجات حرارة واطئة وتسليط فولتية (d.c) لاوقات قصيرة جداً يمكن ان تصل إلى القيمة النقية،وأن المدى الزمني الذي يحدث فيه الأنهيار الذاتي يكون قصير جدا بحدود (10^{-8}- 10^{-7}) ثانية لذلك من المفترض أن تكون ذات طبيعة الكترونية . إن الانهيار النقي لا يعتمد على شكل وأبعاد النماذج، أو على طبيعة وهندسة الأقطاب [7].

2-1 الانهيار الكهروحراري Electrothermal Breakdown

يحدث الانهيار الكهروحراري عند تسليط فولتية على المادة العازلة وهذا يؤدي الى أنطلاق حرارة من المادة العازلة نتيجة للفقد والذي يزداد بزيادة درجة الحرارة، وظاهرة الأنهيار الكهروحراري تمتد الى فترات طويلة نسبياً تبدأ من (10^{-3}) ثانية وقد تصل إلى عدة ثواني أو دقائق وفي بعض الحالات تصل إلى أيام وحتى أسابيع [5].

وهناك انواع اخرى من الانهيار التي تحصل في المادة العازلة وهي الانهيار الكهروميكانيكي (Electromechanical Breakdown)، انهيار التآكل (التعرية) Erosion Breakdown و الانهيار السيال Streamer Breakdown

2.الجزء العملي Experimental

2-1 المواد المستعملة Used Materials

تم استخدام خليط من راتنج الايبوكسي والبولي استر غير المشبع وبنسبة خلط [Ep80%+UPE20%] كمادة اساس والايبوكسي المستخدم [سويسري الصنع من شركة (SWISS CHEM) نوع (EUXIT50)] وهو بوليمر متصلد حراريا عبارة عن سائل شفاف له القابلية على الالتصاق وقليل الانكماش كثافته ($1.05g/cm^3$) يتحول الى الحالة الصلبة باضافة المصلد الخاص به بنسبة خلط (3:1) بدرجة حرارة المختبر، والبولي استر المستخدم [مصنع من قبل الشركة السعودية للراتنجات الصناعية المحدودة] ويعد من البوليمرات المتصلدة حراريا و هوه عبارة عن سائل شفاف اصفر اللون ذو كثافة ($1to\ 1.3g/cm^3$) ويكون قابل للمعالجة الى الحالة الصلبة بدرجة حرارة المختبر باضافة المصلد الخاص به وبنسبة (0.02g لكل 1g). واستخدم مسحوق كاربيد السليكون النانوي (Nano Sic) كمادة تدعيم للخليط البوليمري وبحجم بلوري (≈50nm) وكثافته ($3.22gm/cm^3$) ونقاوته (99%) وهو مسحوق رمادي أبيض ويمتاز بمتانه وصلادة عاليه جدا.

2-2 تحضير المتراكبات Preparation of composites

حضرت عينات المتراكبات باستخدام طريقة القولبة اليدوية (Hand Lay-Up Molding) وبعد ان حضر الخليط ومتراكباته تم صبها في قوالب من ورق الفابلون الشفاف معدة مسبقا . وكانت كالأتي:-

1 – الخليط البوليمري(Ep+UPE) الغير مدعم .

2 – الخليط المدعم بمسحوق(Sic) وبنسب وزنية (2,4,6 Wt%).

وتركت القوالب لمدة (72 ساعة) لضمان تصلد الخليط وضمان تجانسه، ووضعت في فرن التجفيف للمعالجة الحرارية وبدرجة حرارة (50 – 60) درجة مئوية ولمدة ثلاث ساعات لإتمام عملية البلمرة.

وقطعت العينات بالأشكال والأبعاد التي تناسب شكل الأقطاب الموجودة في الجهاز .

3.الاختبارات The Tests:

مَتانة العَزل الكَهربائي Dielectric Strength

لقياس متانة العزل الكهربائي استخدم جهاز نوع (BAUR – PGO – S3) ألماني المنشأ يتألف من منظومة تحتوي الأجزاء التالية:

أ.مجهز الفُولتية (High Voltage) ويَعمل بالتردد (50 Hz) و بالمدى (0–60 kV) .

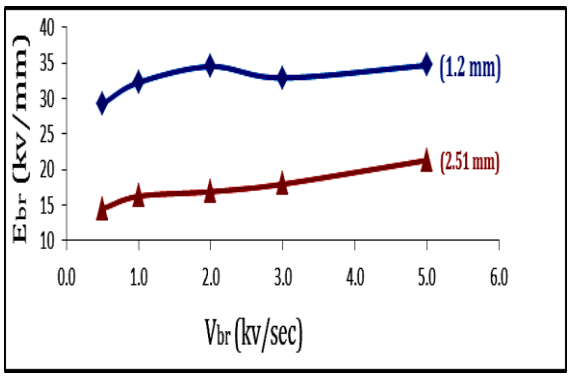
ب.سائل ذو عازلية عالية ولهذا الغرض أستعمل زَيت المحولات عازليته (40.8 kV/mm) وذلك لغرض منع حصول أنتقال الشرارة العرضي (Flashover)، وهذا الزيت يجب تبديله لِضَمان عَدم تأينه للحصول على قياسات دَقيقة .

ج. أقطاب جَيدة التَوصيل الكهربائي كروية الشَكل مَصنوعة من البراص يبلغ قطرها (2mm)، يوضع نموذج الأختبار بين ألاقطاب (مع مراعاة ان تكون ألاقطاب وعينة الأختبار مغمورة كلياً بالزيت) . وبعد قياس اقصى فولتية انهيار وباستعمال المعادلة (1) تم تعين متانة العزل الكهربائي E_{br}.

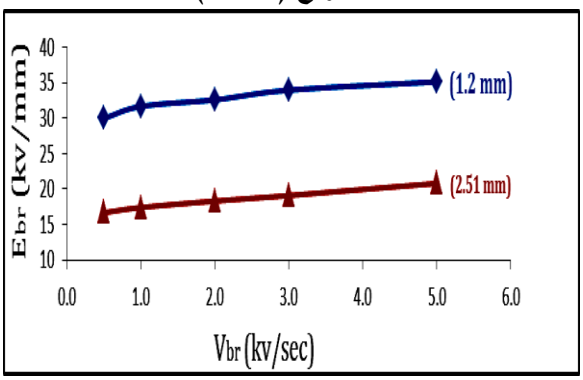
4. النتائج والمناقشة Result and Discussion:

4 – 1 تأثير مُعدل صعود الفولتية:

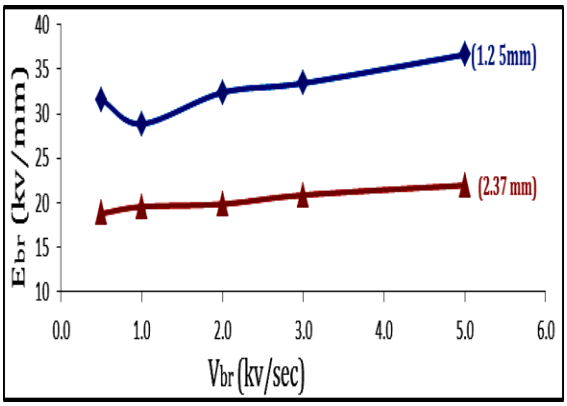
الشكل (1) يوضح تغير متانة العزل الكهربائي(E_{br}) مع مُعدل صعود الفولتية لنماذج الخليط البوليمري المتراكبات ويلاحظ ان متانة العزل الكهربائي تزداد مع زيادة معدل صعود الفولتية، والسبب في ذَلك يعود الى ان مُعدل صعود الواطئ الفولتية الواطئ يعمل على زيادة تيارات التَسرب مما يؤدي الى زيادة الحرارة الناشئة عنها، وان هذه الزيادة في الحرارة الموضعية تؤدي الي انخفاض في مقاومة المادة العازلة، وعليه فان متانة العزل الكهربائي ستنخفض مع أنخفاض مُعدل صعود الفولتية، ومن أسباب انخفاض(E_{br}) مع أنخفاض معدل صعود الفولتية ايضا هو حصول تأثيرات تَراكُمية للأصطدام التي تؤدي الى تحطم المواد وتسريع الأنهيار بواسطة الأنهيار الكهروحراري . في بعض الحالات ممكن حصول شذوذ في هذا السلوك وسبب ذلك وجود عيوب داخل المادة المتراكبة والتي تعتبر نقاط ضُعف في المادة إذ أن الشرارة الكهربائية من المُمكن أن تمر في نقاط العيوب و تخترق العازل الكهربائي لحظة الأنهيار [8] .



a: نموذج (Blend)

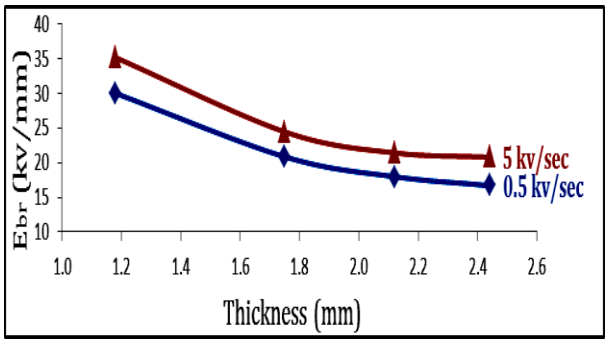


b: نموذج (Blend + 2 Wt% SiC)

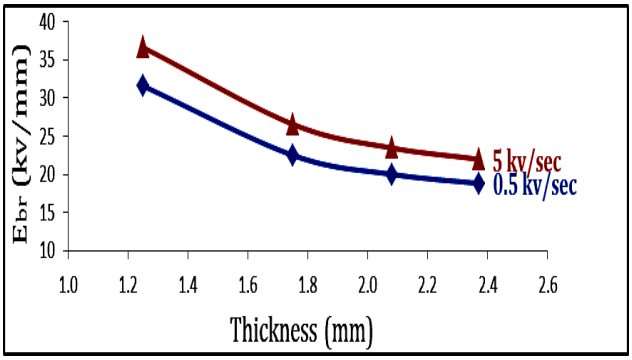


c: نموذج (Blend + 4 Wt% SiC)

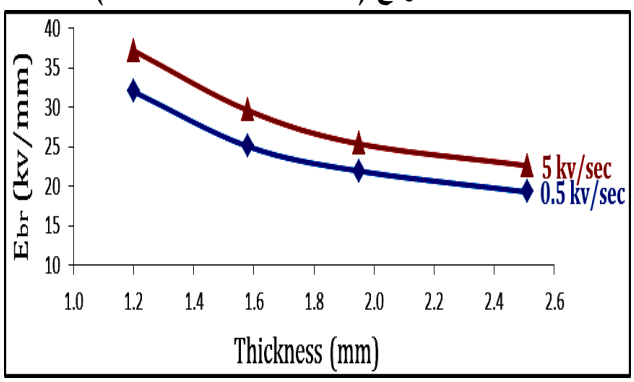
P- ISSN 1991-8941 E-ISSN 2706-6703 (JUAPS) مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة Open Access
2018,12 (1) :106-111



b: نموذج (Blend + 2 Wt% SiC)



c: نموذج (Blend + 4 Wt% SiC)

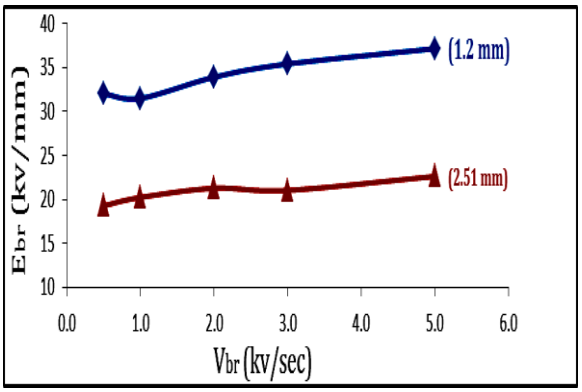


d: نموذج (Blend + 6 Wt% SiC)

الشكل (2): تغير متانة العزل الكهربائي مع سمك المادة العازلة لأقل وأعلى معدل صعود فولتية

3- تأثير نسبة إضافة كاربيد السليكون والغمر بالماء:

الشكل (3) يوضح تغير متانة العزل الكهربائي مع تغير نسب إضافة مادة (SiC)، قبل وبعد الغمر بالماء الاعتيادي . ويلاحظ ان متانة العزل الكهربائي للمتراكبات أعلى منها للخليط البوليمري وأن متانة العزل للمتراكب تزداد مع زيادة نسبة الإضافة وهذه النتائج تتفق تماماً مع ما توصل إليه E. Tuncer, [10] والباحثة هدى [11]. وذلك لكون المواد السيراميكية ذات عزل كهربائي عالي مقارنة مع المواد البوليمرية و إن استخدام الدقائق ذات الحجم اقل من(50nm) يؤدي إلى تغلغلها

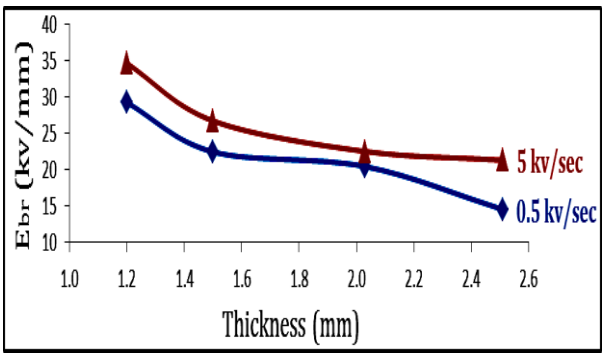


d: نموذج (Blend + 6 Wt% SiC)

شكل (1): تغير متانة العزل الكهربائي مع معدل صعود الفولتية لنماذج الخليط ومتراكباته لأقل وأعلى سمك

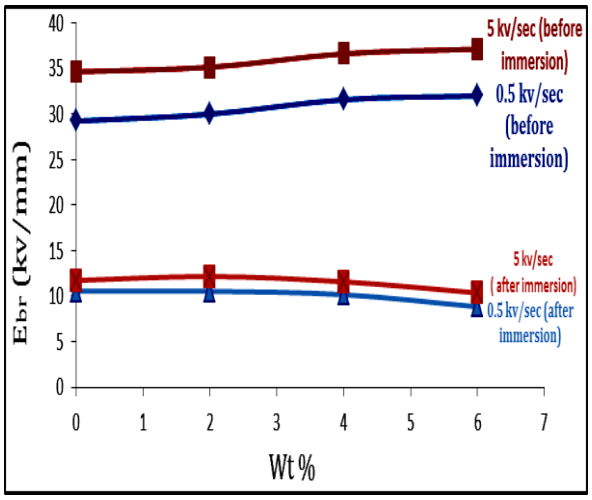
2- تأثير السُمك:

الشكل (2) يبين تأثير سمك المادة على متانة العَزل الكَهربائي للنماذج المحضرة من الخليط ومتراكباته ، ويلاحظ من الأشكال أن متانة العزل الكهربائي تنخفض كلما ازداد سمك المادة وبشكل غير خطي. والسبب في ذلك يعود إلى الاستقطاب الذي يسبب تناقص في المجال الكهربائي للمادة العازلة و هذا التناقص يزداد مع زيادة سُمك المادة، وان تيارات التسرب تزداد بوجود الشوائب التي يحتويها كاربيد السليكون، وصعوبة استرجاع وطرح الحَرارة وطرحها من العازل إلى المحيط، كل هذه العوامل مجتمعة تؤدي إلى انخفاض (E_{br}). في بعض الحالات يمكن حصول شذوذ لهذا السلوك أي أن (E_{br}) يزداد بزيادة سُمك المادة لبعض القيم وذلك بسبب المسار الطويل الذي تتخذه الشرارة الكهربائية لوجود أطوار مختلفة داخل المادة العازلة و هذه الأطوار تعمل عائق لمرور الشرارة لتأخذ مساراً مُتعرجا بدلا من المسار المباشر بين القطبين[9].



a: نموذج (Blend)

داخل الخليط البوليمري وبالتالي حصول كثافة عالية للدقائق المنتشرة داخل الخليط مما يؤدي إلى إعاقة مرور التيار . وبعد الغمر بالماء يلاحظ أن متانة العزل الكهربائي قد انخفضت لكل من الخليط ومتراكباته إذ أن امتصاص العينات للماء وانتشاره داخل المادة أدى إلى تكوين فجوات تسهل من عملية مرور التيار فتزداد ناقليه الكهرباء مما يؤدي الى خفض متانة العزل [12].



الشكل (3): تغير متانة العزل الكهربائي مع نسب إضافة SiC لأقل سمك قبل وبعد الغمر بالماء

الاستنتاجات :

1- التدعيم بمسحوق SiC يؤدي إلى تشتيت المجال الكهربائي داخل المادة المتراكبة وتحسين متانة العزل الكهربائي وبصورة تتناسب مع زيادة نسبة الإضافة .

2- تعتمد متانة العزل الكهربائي على سمك المادة العازلة ومعدل صعود الفولتية إذ وجد أن العلاقة بين سمك المادة ومتانة العزل هي علاقة غير خطية .

3- انتشار الماء في الخليط البوليمري والمادة المتراكبة يؤثر سلبا في متانة العزل الكهربائي مع طول فترة الغمر.

المصادر:

[1] Suchet “Electrical Conduction in Solid Materials” , Vol.9 , Pergamen Press , Oxford , (1979).

[2] K. J. Pascoe “Properties of Materials for Electrical Engineers” , John Wiley and Sons , London , (1974).

[3] J.Rag,E.Woohan,K.Lee,"Dielectric Properties of Polymer-Ceramiccomposite for Embedded Capaccitors,"Transaction On Electrical &Electronic Materials,vol(10),PP(116-120) (2009).

[4] L. Solymar , D. Walsh “Electrical properties of Material” , Published in the United State by Oxford University Press , INC , New York , (1998).

[5] E.Kuffel,M.Abdullah ,"High voltage Engineering ", 2nd,NewDelhi,PP(396-382) ,(2000).

[6] محمد قاسم سلمان،" *دراسة الخواص الكهربائية للبورسلين عالي الصهر المحضر من الخامات العراقية* "، مجلة ديالى للعلوم الهندسية، عدد خاص، (2010).

[7] Kai Wu and L. A. Dissado, “Percolation Model for Electrical Breakdown in Insulating Polymers”, APPLIED PHYSICS LETTERS, VOL. 85, NO.19, 8 NOVEMBER ,(2004).

[8] شهاب أحمد زيدان و أماني زهير محمد،" *دراسة خصائص المتانة الكهروميكانيكية لمتراكبات الايبوكسي المشتتة بمسحوق السليكا* "، مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد30، العدد1،(2017).

[9] رولا عبد الخضير عباس،" *دراسة بعض الخصائص الكهربائية العزلية والعوامل المؤثرة فيها لمواد متراكبة من راتنج النوفولاك* "، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 25، العدد8، (2007).

[10] E. Tuncer, I. Sauers, and K. L. More, “*Enhancement of Dielectric Strength in Nanocomposites*,” Nanotechnology, Vol. (18), No. 32,PP(845-851) ,(2007).

[11] هدى جبار عبد الحسين،" تصنيع عوازل حرارية و كهربائية من متراكبات الابيوكسي الدقائقية "، مجلة كلية التربية الاساسية، المجلد 12- العدد 89-(2015).

[12] Saikat Swapan Dutta ,"Water absorption and dielectric properties of Epoxy insulation ," Master thesis, Norwegian University of Science and Technology,(2008).

Study of dielectric strength of (Blend \ SiC) nanocomposites

Jaafar K. Ch. Al-Suwaydawei , Ahmad H. M. Al-Falahi

University of Anbar -College of Education for Pure Sciences- Department of Physics
E.mail:jaf62923@gmai.com

Abstract:

A nanocomposite materials were prepared based on polymeric blend[80% Ep + 20% UPE], supported by nanosilicon Carbide (SiC) , of crystalline size (≈ 50 nm) with weight percentages[2, 4 and 6 Wt%]. Dielectric strength for the blend and composites samples before and after immersion in water for 11 weeks. The results showed that the dielectric strength decreases with average the rise of voltage decreasing , and variation form nonlinearly with samples thickness . While the dielectric strength increased with increasing the addition of ratio Wt%. On the other hand , immersing the samples in the water caused a clear reduction of the dielectric strength for each of the blend and composite.