

خصائص التوصيلية الكهربائية لنظام (بازلت-المنيوم) مصنعة بطريقة تكنولوجيا

المساحيق

| | |
|--|--|
| عبد السميع فوزي عبد العزيز قسم الفيزياء - كلية العلوم - جامعة تكريت abdulsamee_fawzi@yahoo.com | اسماعيل خليل جاسم قسم الفيزياء - كلية التربية للعلوم الصرفة - جامعة تكريت pro_ismail28@yahoo.com |
| صالح يونس درويش قسم الفيزياء - كلية التربية طوزخورماتو - جامعة تكريت Salih.youns@gmail.com | فاضل كريم فرحان وزارة العلوم والتكنولوجيا - العراق - بغداد dr.fadhikareem@gmail.com |

الخلاصة

تضمنت الدراسة تدعيم مساحيق البازلت بواسطة الالمنيوم باستخدام طريقة المساحيق حيث تم اخذ نسب تدعيم الالمنيوم (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) مع المادة الاساس البازلت. ثم خلط المساحيق وكبسها بمكبس كهربائي عند (4ton) ولزمن دقيقة واحدة، تم تلييد العينات الناتجة بفرن حراري عند (1000 °C) وباستخدام غاز الاركون لتقليل التأكسد ولزمن ساعتين فقط. تم دراسة البنية التركيبية للنماذج باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) وكذلك دراسة الخصائص الكهربائية وعند مدى ترددي (50-5×10⁶ Hz) شملت الخصائص الكهربائية كل من (ثابت العزل الحقيقي والخيالي، زاوية الفقد، التوصيلية الكهربائية المتناوبة، المقاومة الكهربائية) مع التردد وعند درجة حرارة الغرفة. وجد من خلال الخصائص التركيبية تجانس النماذج وخصوصاً نموذج التدعيم (20Al%) اما الخصائص الكهربائية اظهرت انخفاض لقيم ثابت العزل و زاوية الفقد مع زيادة التردد و زيادة قيم التوصيلية عند نموذج التدعيم (20Al%) اكثر من بقية النماذج.

الكلمات المفتاحية: الخصائص الكهربائية، تكنولوجيا المساحيق، ثابت العزل، البازلت.

Characteristics of the Electrical Conductivity of the Basalt-Aluminum System Manufactured by Powder Technology

Abstract

This study included reinforcement of basalt powders with aluminum using powder method, where the reinforcement ratios of aluminum were (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) with basalt material as a matrix. The two powders were mixed and have been pressed up to (4 ton) for (1 minute). The samples were sintered inside an oven at a temperature of (1000 °C) with the presence of Argon (Ar) gas in order to minimize oxidation, along two hours. The microscopic structure of the samples has been examined using scanning electron microscope (SEM) along with the electrical properties in the frequency range between (50-5×10⁶ Hz). The electrical properties included (real and imaginary dielectric constant, loss angle, electrical conductivity, electrical resistivity) were studied with the ranged frequencies at room temperature. The microstructure properties exhibited a homogenized properties especially sample with (20%Al). Concerning the electrical properties, the results showed a decrease in the dielectric constant and the loss angle with increasing the frequency and increasing the conductivity values at the (20%Al) among other samples.

Keywords: Electrical properties, powder technology, dielectric constant, basalt.

إن تقانة ميتالورجيا المساحيق تتلخص في اعداد مساحيق معدنية او سيراميكية او بوليميرية، إذ يتم كبس هذه المساحيق للحصول على منتوجات بالأشكال المطلوبة ثم يتم تسخين هذه المنتوجات بعملية التلييد وذلك لتحسين الروابط بين الجسيمات والحصول على منتج ذو كتلة متماسكة (Rigid Mass) ويتم استعمال ماكنات كبس وقوالب مصممة لهذا الغرض وذلك للحصول على منتوجات مكبوسة بمستويات ضغط معينة، أما عملية التلييد فتجرى عند درجات حرارية أقل من درجة حرارة انصهار المعدن الاساس [1].

نتيجة للتقدم الصناعي الهائل فقد قام الباحثون بتصنيع مواد تكون ذات صفات نوعية متميزة مثل مقاومة الصدمة ومقاومة التآكل وذات تكلفة واطئة. تدعى هذه المواد "بالمواد المترابكة" وهي عبارة عن خليط من مادتين أو أكثر أحدهما تسمى بالمادة الأساس (Matrix Material) أو الطور المستمر (Phase Continuous)، والآخر يسمى بمادة التدعيم (Reinforcement Material) أو الطور الموزع (Distributed Phase)، ويسمى الطور الذي يحاط بالمادة الأساس "بالطور البيئي". وتكون مواد الأساس إما معدنية أو سيراميكية أو بوليميرية، أما مواد التدعيم فتكون إما دقائق أو الياف أو صفائح أو شعيرات [1].

إن معرفة خصائص و مواصفات المواد الأساس و المواد المدعمة تساعدنا في تحديد نوع المادة الممكن انتاجها والمكان الذي تستعمل فيه هذه المادة. فمثلا في الصناعات الفضائية تم تصنيع مواد مترابكة تعمل في درجات الحرارة العالية و واطئة الكثافة، أما في الصناعات الطبية فقد تم استحداث مواد مترابكة ذات مقاومة عالية للتآكل والكسر [2]. تم تناول المواد المترابكة ذات الأساس السيراميكي في دراسات عدة ابتداءً من سبعينيات القرن المنصرم، وهي تستعمل الآن في السلع الرياضية وتغليف الإلكترونيات والصفائح وصناعة الأجزاء المتحركة... الخ، ويمكن تعريف المواد المترابكة ذات الأساس السيراميكي على أنها مصفوفة سيراميكية تحتوي على متضمنات ثلاثية الأبعاد [3]. تطورت صناعات البازلت واستخداماته حتى شملت مختلف المجالات الصناعية والعمرانية حيث تم اخضاع هذه الصخور في عصرنا الصناعي الحالي لكثير من الاختبارات والتجارب من اجل تطويرها واستخدام مزاياها المتعددة وتحسين خواصها بجعلها تكتسب بنية بلورية متجانسة تحافظ على مواصفاتها الطبيعية كالصلابة والقساوة ومقاومة العوامل الجوية والاهتراء والأوساط الحامضية والقاعدية طيلة قرون عديدة مما يجعلها مادة طبيعية هامة تدخل في العديد من التطبيقات الصناعية والانشائية الحديثة والمتطورة. ان البازلت صخر معروف وشائع في العالم حيث تشكل الصخور البازلتية ثلث القشرة الأرضية [4]. وتعرف صخور البازلت بأنها ذات منشأ ناري وقاعدية التركيب، دقيقة التبلور والتحبب، تتميز بألوانها الداكنة والمائلة الى السواد وبنية و رمادية ونسيجية ناعمة [4]. وبصورة عامة تتألف صخور البازلت من ثمانية اكاسيد وبتراكيز مختلفة وحسب منطقة تواجدها وهي (MgO ، SiO₂ ، Al₂O₃ ، Fe₂O₃ ، FeO ، CaO ، Na₂O ، K₂O)، وبنفجر البازلت في درجات الحرارة ما بين (١١٠٠-١٢٥٠) درجة سليزية، ذو كثافة تتراوح بين (٢,٨-٣) g/cm³ بحسب منطقة تواجده [5]. درس الباحث (Rahimian) وآخرون عام ٢٠٠٦ تأثير الحجم الحبيبي ودرجة و زمن التلييد على خواص المترابك (Al₂O₃) والمصنع بتقانة ميتالورجيا المساحيق، واستخدموا مسحوق الألومينا بأحجام مختلفة (3, 12 and 48 μm) ونسبة ثابتة (١٠%) مع مسحوق الألمنيوم بحجم ثابت اذ وجدوا أن الكثافة النسبية تزداد بزيادة الحجم الحبيبي إلى أن تصل إلى حجم (12 μm) ثم تنخفض عند جميع درجات حرارة التلييد وتبين لهم أن زيادة قيم

الصلادة ومقاومة الانضغاط عند درجة حرارة التليد (550°C) وبزمن ساعة واحدة ثم تبدأ بالانخفاض [6]. وفي العام ٢٠٠٧ درس الباحث (Zuhailawati) وآخرون تصنيع تراكيب منخفضة التكلفة ذات اساس من الالمنيوم مقواه برمل السليكا والسليكا التجارية وتم اخذ السليكا بنسب (0, 10, 20, 30 and 40%) حيث تم خلط المزيج بواسطة طاحونه ولمدة ساعتين، عند ضغط كبس ٢٠٠ MPa ولبدت بفرن عند 600°C ولمدة ٥ ساعات. وقد اظهرت النتائج ان صلادة فيكرز المايكروية ومعامل الكسر تزداد مع زيادة نسبة SiO_2 حتى نسبة ٣٠% ثم تبدأ تنخفض عند ٤٠% واطهرت نتائج المركب (Al-SiO_2) ان الخواص الفيزيائية كانت افضل عند سليكا الرمل من تلك التجارية وهو امر مفيد في خفض تكلفة المواد [7]. وفي العام ٢٠١٧ درس الباحث (Khudair) تأثير اضافة المغنيسيوم على الخصائص المجهريية والتوصيل الكهربائي وبعض الخصائص الميكانيكية للألمنيوم النقي، حيث كانت نسب تدعيم المغنيسيوم (٥%، ١٠%، ١٥%) وبينت النتائج ان زيادة نسب اضافة المغنيسيوم يسبب زيادة اجهاد الخضوع وبنسبة تحسن تصل الى ٧٨,٤٦% وكذلك زيادة اقصى اجهاد وبنسبة تحسن تصل الى ٧٦,٩٢% عند النسبة ١٥% وزيادة في الصلادة تصل الى ٩١,٩ Hv بينما يحدث انخفاض في الموصلية الكهربائية الى قيمة ($0,٥٩٦ \times 10^{-1} \Omega^{-1} \text{m}^{-1}$) وانخفاض في الكثافة الى قيمة $٢,٣٧١ \text{ g/cm}^3$ عند زيادة نسبة المغنيسيوم [8]. وان البازلت كما هو معروف عبارة عن عازل مكون من مجموعة اكاسيد ولغرض تحسين خصائصه الكهربائية لا بد من اضافة مواد موصلة تساعد على استخدام البازلت ضمن تطبيقات كهربائية وكما امتلاكه لمقاومة الصدمات يساعد على استخدامه لكثير من التطبيقات الصناعية. اما الهدف من البحث الحالي هو دراسة علمية جديدة من نوعها تفيد في استغلال البازلت العازل بإضافة مواد موصلة اليه تساعد على تحسين خصائصه الكهربائية مما يتيح لنا استخدامه بكثير من الدوائر الكهربائية التي تتطلب اجهاز الكترونية موصلة نوعا ما وذات متانة عالية.

٢. الجزء العملي

٢,١ المواد الاولية المستخدمة

تم استخدام صخور البازلت بعد ان تم تنظيفها وطحنها عند حجم حبيبي اقل من ($100\mu\text{m}$) كمادة اساس، موقع البازلت هو الماني المنشأ وبكثافة ($٢,٨ \text{ g/cm}^3$) بينما تم استخدام الالمنيوم بنقاوة ٩٩% وعند حجم حبيبي ($٤٤\mu\text{m}$) كمادة تدعيم وهو هندي المنشأ من شركة (HIMEDIA) (CAS NO. : 7424-90-5) وبكثافة ($٢,٧ \text{ g/cm}^3$).

٢,٢ طريقة تحضير العينات للقياس

تم جلب صخرة البازلت من قسم الجيولوجي - كلية العلوم - جامعة بغداد، والموقع الرئيسي للصخرة هي المانيا. وبعد تنظيف الصخرة وتجفيفها ثم طحنها اولاً بمطرفة اعتيادية لغرض تقليل حجم الصخرة لحجم مناسب الى حبيبات بمقدار اقل من 8mm تقريباً ثم طحن الحبيبات الناتجة بطاحونة خاصة نوع (Mortar Grinder RM 200)، حيث تم طحن الصخرة لمدة (٤٨ ساعة) عند حجم حبيبي $\geq 100\mu\text{m}$ وكذلك مادة التدعيم الالمنيوم التي تباع بالأسواق المحلية كمسحوق جاهز. بعد معرفة الحجم الحبيبية للمساحيق المستخدمة عن طريق المناخل (sieving) تم وزن تلك المساحيق باستخدام النسب الوزنية لتحضير جميع المتراكبات، حيث تم استخدام ميزان كهربائي حساس نوع (Sartorius) بدقة (0.0001g) لغرض وزن

مساحيق المتراكبات المصنعة. حيث لدقة الوزن اهمية كبيرة بالتأثير على كمية المتراكب في كل عينة. حيث تم قياس (XRF) فلورة الاشعة السينية (X-ray fluorescence) لمساحيق المادة الاساس(البازلت) ومادة التدعيم (الالمنيوم) وكما موضح بالجدول (١) و(٢) على التوالي. بعد ذلك تم اخذ نسب تدعيم من الالمنيوم الى البازلت الاساس وكانت النسب الكسرية للتدعيم هي (0,10,20,30,40 and 50%) بعد وزن المواد الأولية تخلط بشكل جيد بوساطة هاون (Mortar) من العقيق لتسحن جيداً، وذلك للحصول على خليط متجانس، وبحجم حبيبي دقيق ذي أحجام متجانسة، إذ إن أهمية هذه العملية تكمن في الحصول على مساحيق متجانسة تؤثر في معدل تفاعل هذه المواد، حيث انقار عملية الخلط ضرورية جداً وذلك لضمان توزيع وتجانس حبيبات المسحوق بشكل كامل وذلك بسبب اختلاف الكثافات تقريباً بين المادة الاساس والمادة المدعمة وكذلك اهمية الخلط الجيد في الخواص الفيزيائية للنتائج النهائي. بعد ذلك يتم تجفيف المساحيق الناتجة من الخلط في فرن تجفيف كهربائي عند (100 °C) لمدة نصف ساعة وذلك للتخلص من الرطوبة. وبعد هذه العملية يتم إضافة المادة الرابطة وهي متعدد فينايل الكحول (PVA) بنسبة (2%) من الوزن الكلي للنموذج وذلك ليتماسك المزيج أثناء عملية الإخراج من القالب ولعدم حصول تشويه أو عيوب سطحية للنموذج وإن هذه النسبة لا تؤثر على المكونات الرئيسية وكذلك تتبخر أثناء عملية التسخين النهائية. بعد اكمال وزن العينات وتجانسها تم تجهيز قالب الكبس ذو شكل اسطواني وبقطر (2cm). وتمت عملية الكبس باستخدام مكبس كهربائي نوع (FYD-40MTI). وكان الكبس عند (4ton) ولمدة دقيقة واحدة للعينة الواحدة وذلك للتخلص من احتمال الإرجاع المرن لدراسة تأثير الضغط على خواص كل متراكب من المتراكبات، وكانت العينات الناتجة اسطوانية الشكل بقطر (2cm) وارتفاع (3mm). بعد ان اكتملت عملية الكبس لجميع العينات اصبحت العينات جاهزة لعملية التلييد، حيث اجريت عملية تلييد العينات من خلال استعمال فرن انبوبي كهربائي (Electric Muffle tube Furnace) نوع [CARBOLITE] ذو مدى درجات حرارة لغاية 1200 °C، الموضح بالشكل (١)، وتم استخدام درجة تلييد (1000 °C) ومبرمج بمعدل (5 °C / (Min))، والابقاء على المكبوسات داخل الفرن لمدة ساعتين فقط ثم إطفاء الفرن وتبريد المكبوسات داخل الفرن تبريداً بطيئاً الى درجة حرارة الغرفة. وتم ربطه الى قنينة من غاز الاركون (Ar) وذلك لتقليل التأكسد الحاصل عند التلييد.

جدول (١) التحليل الكيميائي لمسحوق الالمنيوم.

| العنصر | التركيز % |
|--------------|-----------|
| Fe | 0.5 |
| Pd | 0.03 |
| Ar (Arsenic) | 0.0005 |
| Al | Rem. |

جدول (٢) التحليل الكيميائي لمسحوق البازلت.

| المادة | التركيز % |
|--------------------------------|-----------|
| SiO ₂ | ٣٩,١٨ |
| MgO | ٥,٧٧ |
| Al ₂ O ₃ | ١٠,٨٢ |
| P ₂ O ₄ | ١,١٢٢ |
| K ₂ O | ١,٣٤٣ |
| CaO | ١٢,٩٦ |
| TiO ₂ | ٣,٠٧٢ |
| Fe ₂ O ₃ | ١٢,٣٢ |
| MnO | ٠,١٨٤ |
| WO ₃ | ٠,١٤٠ |
| Trace | _____ |



شكل (١) الفرن الانبوبي الكهربائي مع قنينة الاركون (Ar).

٣,٢ الفحوصات والقياسات العملية

اولاً: فحص المجهر الالكتروني (SEM)

تم اجراء الفحص للعينات باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) نوع (TESCAN) موديل (Vega III). حيث يستعمل المجهر الالكتروني الماسح في العادة من اجل الحصول على صورة عالية الدقة للعينات لغرض معرفة الشكل الخارجي والبنية التركيبية الخارجية وايضاً توزيع المواد المكونة للينة. لذلك يعد جهاز لا غنى عنه خصوصاً في العديد من المجالات التي تتطلب توصيفاً دقيقاً للمواد الصلبة. ويكون التعامل مع هذا الجهاز سهلاً نسبياً ويمكن الحصول على القراءات بزمن لا يتجاوز الخمسة دقائق. حيث وتوضع العينات المراد فحصها داخل العمود المفرغ من الهواء في المجهر الالكتروني من خلال مدخل او سداة محكمة الاغلاق حيث ان عينات الجهاز تظلي بالفضة او الذهب لكي تكون لها قابلية التوصيل الكهربائي وذلك لكون المجهر يقوم بأنارة العينات بواسطة تسليط الالكترونات عليها، بعدما يفرغ العمود من الهواء سوف يطلق المدفع الالكتروني حزمة شعاعية ذات طاقة عالية من الالكترونات باتجاه سلسلة من

العدسات المغناطيسية التي تم تصميمها لكي تجمع تلك الحزمة في مكان دقيق ومحدد، وبالقرب من اسفل العمود المفرغ توجد مجموعة من الملفات المغناطيسية الماسحة والتي بدورها تقوم بتحريك الشعاع المركز من الالكترونات فوق العينة المراد فحصها ذهاباً واياباً وصفاً تلو صف حتى يتم تغطية العينة كلها وعند ملامسها الشعاع الالكتروني لسطح العينة ينتج عن ذلك تحرر بعض الالكترونات الثانوية من سطح العينة، ويتم الكشف عن هذه الالكترونات المحررة عبر كاشف خاص يقوم ايضا بحصرها وارسال اشارة خاصة لجهاز مكبر الاشارات الالكتروني وتتكون الصورة النهائية تبعاً لعدد الالكترونات المحررة من كل [9].

ثانياً: قياس الكثافة الفيزيائية (ρ):

تم فحص الكثافة النظرية والكثافة قبل التليد والكثافة العملية (بعد التليد) ومقارنة الناتج مع تركيز المادة المدعمة (الالمنيوم) حيث ان الكثافة قبل التليد وبعد التليد تم قياسها بالطريقة المعروفة وهي من قسمة كتلة العينة (m) الى حجمها (v) حيث تم قياس الكتلة بميزان حساس والقطر والسمك باستخدام ورقية رقمية ومن خلال المعادلة التالية يمكن ايجاد الكثافة (ρ) [10].

$$\rho(\text{g/cm}^3) = \frac{m}{V} \text{-----(1)}$$

حيث m (g) : كتلة النموذج ، V (cm^3) : حجم النموذج.

اما الكثافة النظرية تم حسابها من خلال العلاقة الاتية [11].

$$\rho_{th} = \rho_f V_f + \rho_m V_m \text{-----(2)}$$

حيث ان ρ_{th} : كثافة المركب النظرية (g/cm^3) ، V_m ، V_f : الحجم الكسري لمادة الاساس والتدعيم.

ثالثاً: القياسات الكهربائية

تمت الفحوصات الكهربائية وذلك باستخدام جهاز (LCR-meter) حيث يعطي الجهاز قيم كل من ثابت العزل الحقيقي (ϵ') وظل زاوية الفقد ($\tan \delta$) والسعة (C) بالفاراد وقيمة المقاومة الكهربائية (R) بالأوم وبمدى ترددي ($50-5 \times 10^6$ Hz).

١- قياس التوصيلية الكهربائية المتناوبة ($\sigma_{a.c}$)⁻¹

تم حساب التوصيلية الكهربائية المتناوبة ($\sigma_{a.c}$) وذلك بعد معرفة كل من ثابت العزل الحقيقي (ϵ') وعامل الفقد (ϵ'') وظل زاوية الفقد ($\tan \delta$) لكل عينة مع التردد (f) بالهيرتز حيث ان التوصيلية الكهربائية المتناوبة هي [12].

$$\sigma_{A.C} = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon'' \text{----- (4)}$$

حيث ان ϵ_0 هي سماحية الفراغ وقيمتها 8.854×10^{-12} F/m

ولمعرفة المقاومة الكهربائية تم حسابها من مقلوب التوصيلية حيث ان [13].

$$\rho_{a.c} = 1 / \sigma_{a.c} \text{-----} (5)$$

٢ - قياس ثابت العزل الخيالي (عامل الفقد) ϵ''

لقياس ثابت العزل الخيالي (عامل الفقد) لجميع العينات وعند كل الترددات تم استخدام المعادلة الآتية بعد معرفة كل من ثابت العزل الحقيقي (ϵ') وظل زاوية الفقد ($\tan \delta$) حيث ان [13].

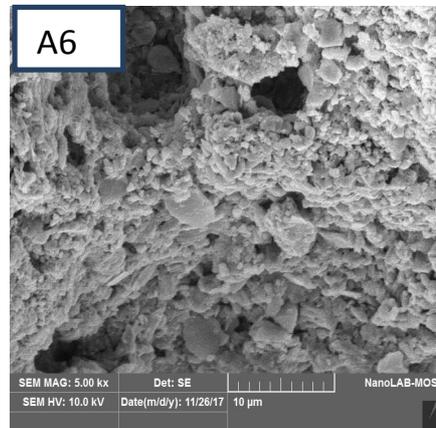
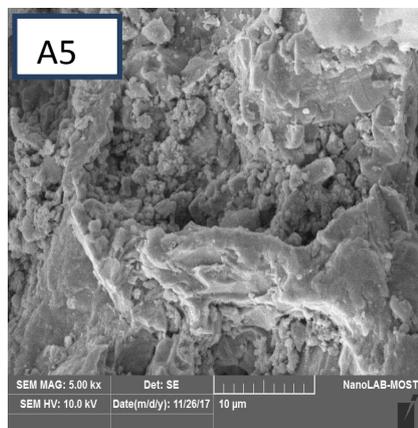
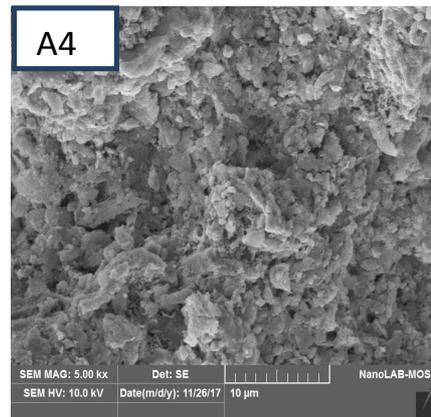
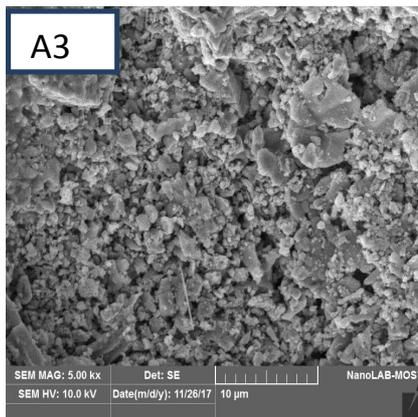
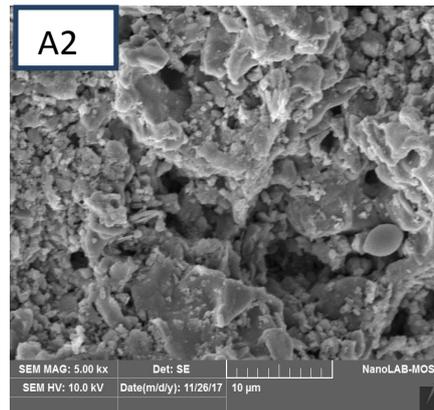
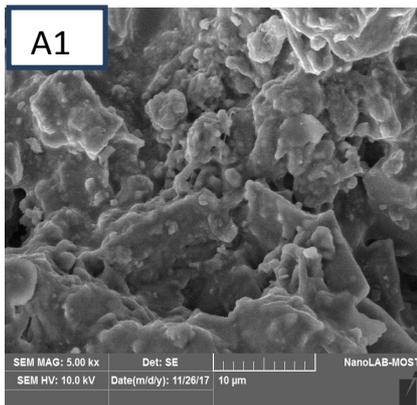
$$\epsilon'' = \epsilon' \tan \delta \text{-----} (6)$$

٣. النتائج والمناقشة

٣.١ فحوصات المجهر الالكتروني الماسح (SEM)

عند فحص النماذج المحضرة قيد البحث بهذه التقنية تبين لنا ان المادة المدعمة (الالمنيوم) تم توزيعها بشكل متجانس مع مسحوق المادة الاساس (البازلت) بالإضافة الى ان عملية التلييد عند ($1000^{\circ}C$) التي ساهمت وبشكل كبير على

تجانس والتحام حبيبات المسحوقين حيث لعملية التلييد دور مهم في اندماج الحبيبات وتقاربها مع بعضها البعض بحيث تكون كلا المادتين متراسة بشكل كتلة واحده وبهذه العملية نحاول قدر الامكان التخلص من المسامات التي تكون متواجدة بكثرة قبل اجراء التلييد. وكما ان درجة انصهار الالمنيوم القليلة ساعدت وبشكل كبير على انصهار الحبيبات واندماجها مع عناصر البازلت المختلفة بينما البازلت يمتلك درجة انصهار عالية تصل الى 1300 درجة سليزية وبذلك تكون درجة التلييد هذه درجة مناسبة جداً لتفاعل المادتين مع بعضهما [8] وتبين ذلك من خلال الاشكال الست الموضحة بالشكل ادناه كما لوحظ توزيع بشكل متجانس للمواد مع بعضها البعض حيث لوحظ ان زيادة الالمنيوم بشكل كبير يؤثر على بعض الخصائص بسبب خاصية التكتل للنسب الوزنية بينما نلاحظ ان اعظم تجانس هو (٢٠% المنيوم) وهذا يتطابق مع الفحص الكهربائي حيث تم الحصول على اعظم توصيلية عند هذه النسبة. الشكل (٢) يوضح التراكيز الستة المستخدمة بالبحث.

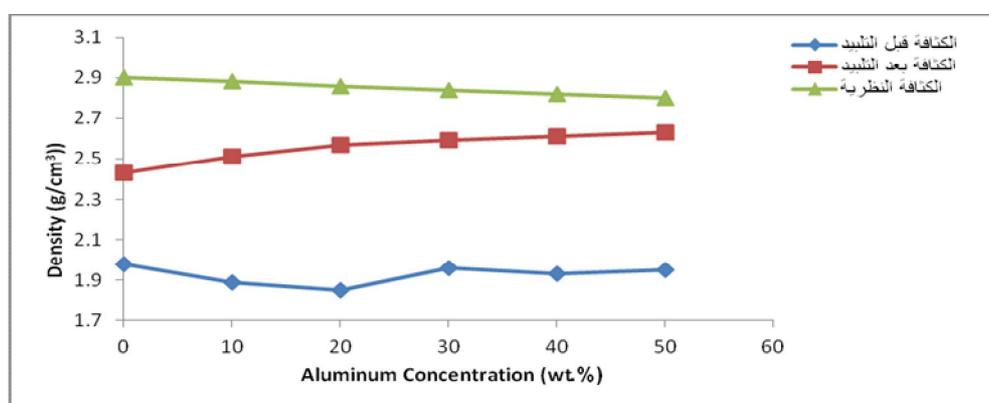


شكل (٢) يوضح صور المجهر الالكتروني الماسح (SEM) عند ($10\mu\text{m}$) وبقوة تكبير ($5000\times$) حيث

(A1) 0% Al , (A2) 10% Al , (A3) 20%Al , (A4) 30%Al , (A5) 40%Al , (A6) 50%Al

١- فحوصات الكثافة الفيزيائية (ρ g/cm³)

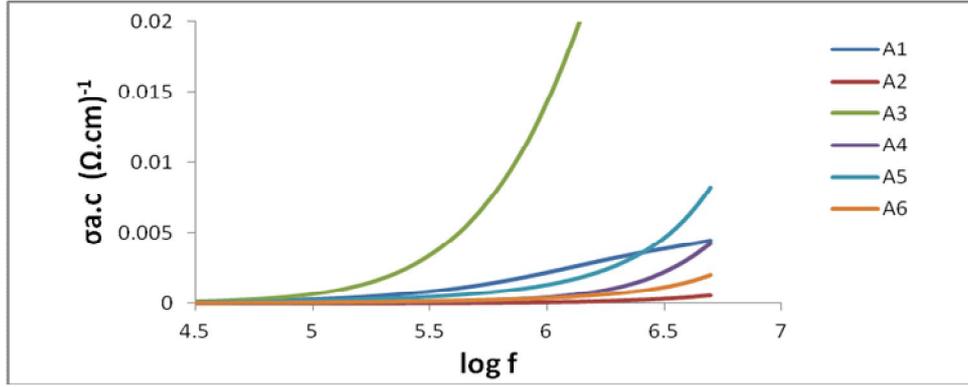
بما ان كثافة كل من الالمنيوم والبازلت متقاربتين فأن لذلك دور كبير ومهم في تجانس المساحيق وحيث نلاحظ من خلال والشكل (٣) ان قيم الكثافة بعد التلييد ازدادت بشكل اكبر عن قبل التلييد وهذا دليل على التخلص من المسامات او الفراغات المتكونة بين المساحيق المكبوسة وكما ان سبب ازدياد الكثافة بعد التلييد يعود الى وجود المادة الرابطة الالمنيوم ودرجة انصهاره واطئة ادت الى انكماش الحبيبات وتقاربها وهذا يعني زيادة في الكثافة وقلة المسامية، وكما زيادة الكثافة يعود الى درجة حرارة التلييد حيث تم تكثيف وتحجيم الحبيبات الى اقل ما يمكن وهذا يعني انحسار الفجوات وانخفاض وجودها في جميع النسب مقارنة بالمادة الاساس. اما الكثافة النظرية سوف تكون مقارنة بشكل كبير لكثافة كل من المادتين مادة التدعيم ومادة الاساس.



شكل (٣) تركيز الالمنيوم دالة للكثافات الثلاثة.

٣ - اعتماد التوصيلية الكهربائية المتناوبة على التردد

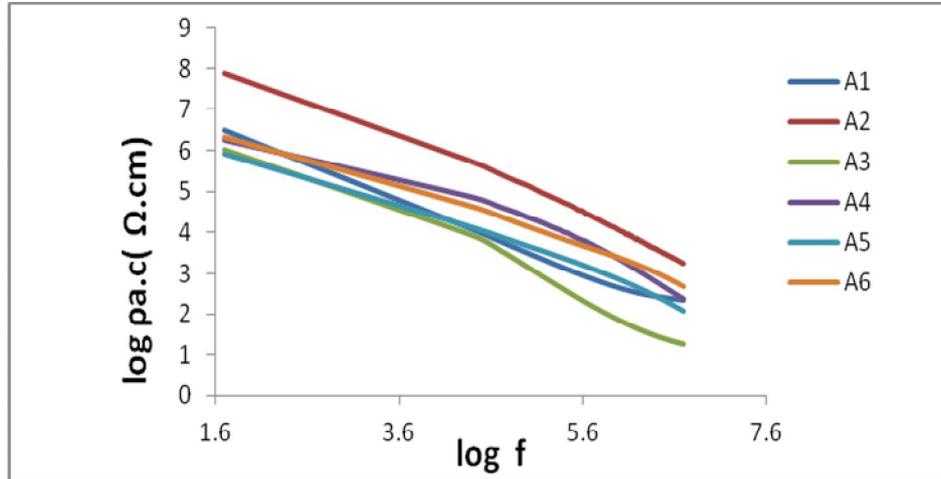
إنّ البازلت بشكل عام عازل لامتلاكه مجموعة من الاكاسيد وبزيادة نسبة تركيز الالمنيوم وتردد المجال المسلط فأنّ التوصيلية الكهربائية سوف تزداد والشكل (4) يبين تغير قيم التوصيلية الكهربائية كدالة للتردد في المدى ($50-5 \times 10^6$ Hz) وقد لوحظ وللنماذج جميعها أنّ قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة تزداد مع زيادة تردد التيار المستخدم، ومن الممكن الاستعانة بالعلاقة الرياضية رقم (٤) لبيان السبب. ويتضح أنّ الذي يحدد القيم هو ثابت العزل الخيالي (عامل الفقد العزلي) والتردد على اعتبار باقي المتغيرات هي مقادير ثابتة، وبما إن قيمته قليلة نسبة إلى التردد، فإنّ التردد يلعب دورا كبيرا في تحديد زيادة التوصيلية. وكذلك فإنّ التوصيلية هنا هي مقياس للقدرة المفقودة، أي هي مقياس للحرارة التي قد تتولد نتيجة دوران ثنائيات الأقطاب في مواضعها أو اهتزاز الشحنات بتغير اتجاه المجال المتناوب لذلك يعد التردد هو الأساس الذي تعتمد عليه التوصيلية الكهربائية المتناوبة. كما نلاحظ ان العينة (A3) اظهرت قيم توصيلية عالية وبعد تلك القيمة انخفاض بالتوصيلية ويعزى ذلك الى ان وجود التلييد عند 1000 درجة سليزية ادى الى انصهار تام للألمنيوم مما ادى الى تجمعات حبيبية ادى بدوره الى تقليل التوصيلية عند زيادة نسبة الالمنيوم. وأن منحنيات التوصيلية الكهربائية لجميع العينات تسلك سلوكا متشابها إلى حد كبير، كما أنها تظهر خصائص شبه الموصل. وهذا يعني انه بطريقة المساحيق كلما زادت النسب الوزنية تنخفض الخصائص بسبب التكتل وعدم التجانس بالمزج [14].



شكل (٤) التردد دالة للتوصيلية المتناوبة.

٤ - اعتماد المقاومة الكهربائية على التردد

يوضح الشكل (5) تغير المقاومة الكهربائية لمركبات (بازلت-المنيوم) دالة للتردد في المدى (50- 5×10^6 Hz). وينسب تدعيم مختلفة للألمنيوم (0, 10, 20, 30, 40 and 50%) الى المادة الاساس البازلت. حيث تم حساب المقاومة الكهربائية حسب علاقة مقلوب التوصيلية، إذ يتضح من الشكل بأن المقاومة الكهربائية تتناقص مع زيادة التردد ويمكن تفسير ذلك على أساس أن زيادة التردد يزيد من حركية حاملات الشحنة الذي يؤدي إلى زيادة في التوصيلية الكهربائية وبالتالي انخفاض في المقاومة لذلك فهي تظهر خصائص شبه موصل [14].

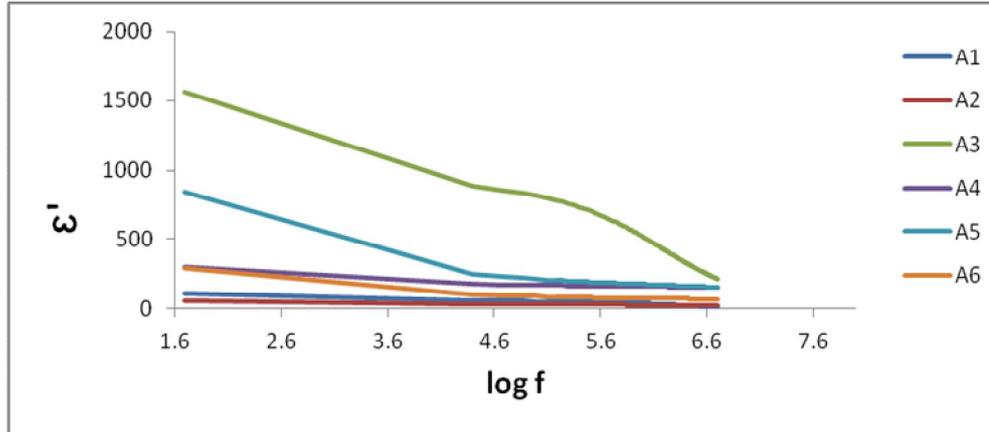


شكل (5) التردد دالة للمقاومة الكهربائية.

٥ - اعتماد ثابت العزل الكهربائي الحقيقي على التردد

الشكل (6) يبين تغير ثابت العزل الكهربائي الحقيقي (ϵ') كدالة للتردد في المدى ($50-5 \times 10^6$ Hz) لمركبات (بازلت-المنيوم) وعند قيم تدعيم مختلفة للألمنيوم. يتبين من الشكل أن قيم ثابت العزل الكهربائي تكون عالية عند الترددات المنخفضة ومن ثم يتناقص بسرعة مع ارتفاع في التردد إلى أن يصل إلى قيمة ثابتة تقريباً. إذ نجد عند التردد ($\log f=4.4$) فما دون تكون محصلة الاستقطاب لجميع أنواعه، إلا أن القيمة العالية لثابت العزل يعود إلى عملية الاستقطاب الشحنة الفراغية وذلك لكبر كتلتها بالنسبة إلى الأنواع

الأخرى، إذ إنها تمثل مجموعة كبيرة من الشحنات تتراكم عند العيوب البلورية أو الفراغات والتي تؤدي إلى توليد تراكم موضعي للشحنات يعمل على حث شحنات معاكسة في الجهة الأخرى مؤدية بذلك إلى نشوء ثنائيات قطبية في المادة وعند زيادة التردد إلى أكثر من ($\log f=4.4$) نجد انخفاضا في قيم ثابت العزل وهذا يدل على أنه ضمن هذا المدى من الترددات تنتهي فترة استقطاب الشحنة الفراغية. إذ تكون ثنائيات القطب المسؤولة عن الاستقطاب التوجيهي غير قادرة على مواكبة التغير في اتجاه المجال الكهربائي المسلط وتوجيه نفسها باتجاهه وهذا من شأنه أن يؤدي إلى تناقص في قيم ثابت العزل الكهربائي [15]. وان تغير ثابت العزل بسبب انواع المساهمة الاستقطابية التي تكون مختلفة عند وجود ترددات عالية [16].

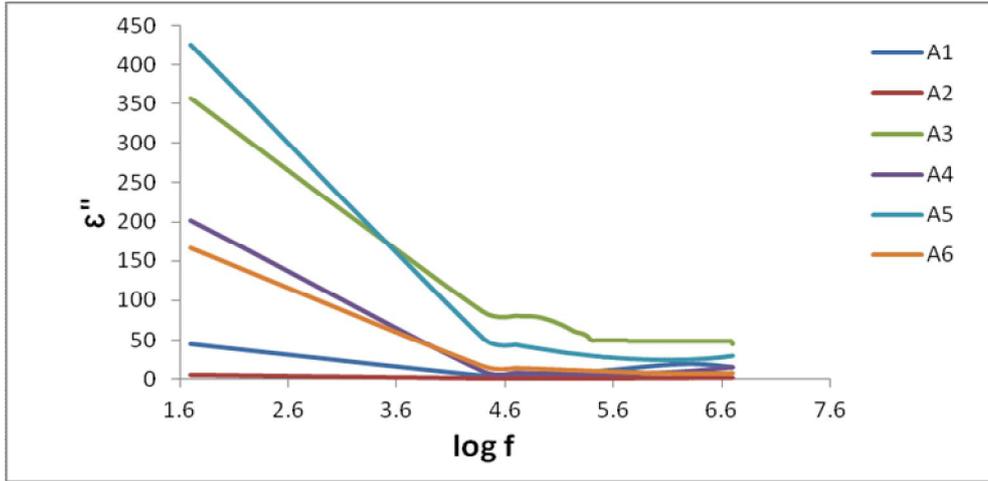


شكل (6) التردد دالة لثابت العزل الحقيقي.

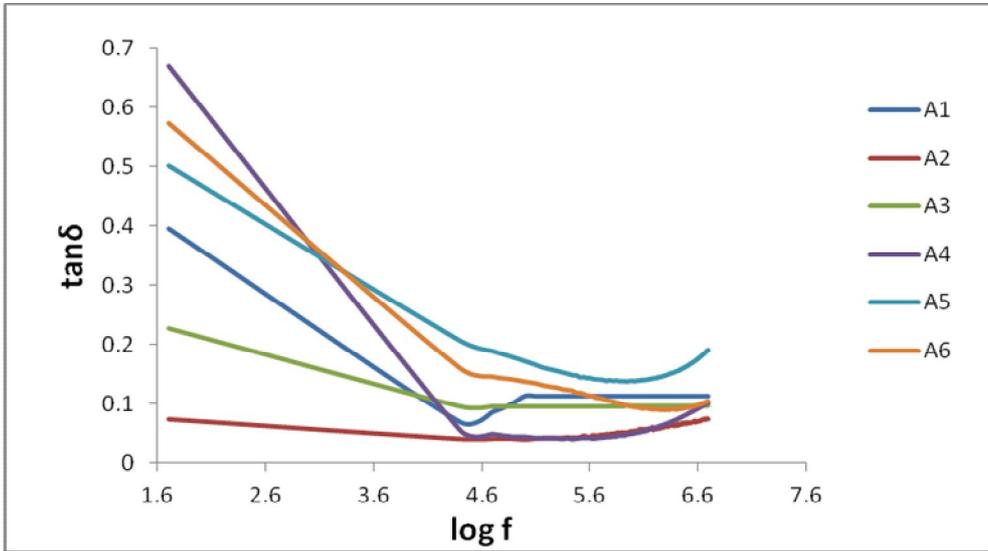
٦ - اعتماد عامل الفقد وظل زاوية الفقد على التردد

الشكل (7) و (8) يبين تغيير عامل الفقد ϵ'' وظل زاوية الفقد $\tan \delta$ مع التردد وفي المدى (50Hz- 5MHz) عند درجة حرارة الغرفة لمتراكبات (البازلت-المنيوم).

من خلال قيم ϵ' و $\tan \delta$ يمكن إيجاد معامل الفقدان العزلي (ϵ''). عامل الفقد هو مقياس فقدان الطاقة داخل الوسط العازل، يلاحظ من الأشكال قيم عظمى لعامل الفقد وظل زاوية الفقد عند الترددات المنخفضة يعود ذلك إلى ارتباط قوي بين آلية التوصيل وسلوك العزل في المتراكب. عندما يكون تردد حاملات الشحنة الكهربائية المتنتقلة في البازلت يساوي تقريبا تردد المجال المسلط نحصل على قيم عظمى لظل زاوية الفقد، إضافة إلى أن الحدود الحبيبية في الترددات المنخفضة تكون أكثر فعالية لذلك يتطلب إلى طاقة عالية لحصول تنقل حاملات الشحنة لذلك يكون فقدان الطاقة عالي عند الترددات المنخفضة وبالتالي فإن قيم ϵ'' و $\tan \delta$ تكون مرتفعة في منطقة التردد المنخفض. أما عند الترددات العالية فإن عملية انتشار الحبيبات وتوجيهها تكون أكثر فعالية لذلك تكون فقدان الطاقة منخفضة عند الترددات العالية لأنها تحتاج إلى طاقة قليلة لانتقال حاملات الشحنة تبعا لذلك فإن قيم ϵ'' و $\tan \delta$ تكون منخفضة عند الترددات العالية [12,17].



شكل (7) التردد دالة لعامل الفقد.



شكل (8) التردد دالة لظل زاوية الفقد.

الاستنتاجات

- ١- الحصول على تجانس حبيبي بين مكونات البازلت والالمنيوم نتيجة تقارب الكثافات.
- ٢- لعملية التليد تأثير واضح في التحام الفراغات واختفائها تقريباً.
- ٣- الحصول على قيم كثافة عالية تصل إلى (٢,٦٣٠ g/cm³) بعد اجراء عملية التليد للعينات مما يدل على قوة وصلابة العينات بعد التليد.
- ٤- ان قيم التوصيلية الكهربائية المتناوبة تزداد مع زيادة تردد التيار المستخدم والعينة (A3=20%Al) اظهرت قيم توصيلية عالية وبعد تلك القيمة انخفاض بالتوصيلية.
- ٥- المقاومة الكهربائية تتناقص مع زيادة التردد، وقيم ثابت العزل الكهربائي تكون عالية عند الترددات المنخفضة ومن ثم يتناقص بسرعة مع ارتفاع في التردد إلى أن يصل إلى قيمة ثابتة تقريباً.
- ٦- هنالك قيم عظمى لعامل الفقد وظل زاوية الفقد عند الترددات المنخفضة يعود ذلك إلى ارتباط قوي بين آلية التوصيل وسلوك العزل في المترابك.

- [1] Groover, M. P., 2010, " Fundamentals of Modern Manufacturing Materials, Processes , and Systems " 4th Edition , Copyright © John Wiley & Sons.
- [2] رولا عبد الخضر عباس، ٢٠٠٧، " دراسة التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجيني"، مجلة جامعة النهريين، المجلد ١٠، العدد ١.

H

- [3] كمال مصطفى حسين، ٢٠١٥، " دراسة تأثير تغيير نسبة الإضافة و نسبة الارتفاع الى القطر □ على بعض الخصائص الميتالورجية والميكانيكية للمترابك (Cu-SiC) والمنتج بتقانة ميتالورجيا المساحيق" رسالة ماجستير، جامعة تكريت، كلية الهندسة، قسم الهندسة الميكانيكية.
- [4] الدكتور المهندس مزيد شرف، ٢٠٠٩، "البازلت مادة اولية لصناعات هامة ونوعية في سوريا (ابتكارات للقرن الواحد والعشرون)" المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية، المؤتمر الجيولوجي الثاني ٢٦ - ٢٨ تشرين اول، دمشق.
- [5] Ozerov, A. Y., 2000, " The evolution of high-alumina basalts of the Klyuchevskoy volcano, Kamchatka, Russia, based on microprobe analyses of mineral inclusions". Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 95, p. 65-79 .
- [6] Rahimian, M., Naser Ehsani, Nader Parvin and Hamid Baharvandi, , 2006, "The Effect of Particle Size, Sintering Temperature and Time on The Properties of Al- Al₂O₃ Composites, Made By Powder Metallurgy " Journal of Materials Processing Technology, No. 209 , PP. 5387.
- [7] Zuhailawati, H., Samayamutthirianand, P., Mohd Haizu, C.H., 2007, "fabrication of low cost of aluminum matrix composite reinforced with silica sand", Journal of physical science, vol.18(1),p.47-55.
- [8] Khudair, N. Y., 2017, " Study the Effect of Magnesium Addition on Microstructure , Electrical Conductivity and some Mechanical Properties of Pure Aluminum" Journal of Babylon University/Engineering Sciences, No.1,Vol.25.
- [9] Argast, Anne and Tennis, Clarence F., III, 2004, A web resource for the study of alkali feldspars and perthitic textures using light microscopy, scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray spectroscopy, Journal of Geoscience Education 52, no. 3, p. 213-217.
- [10] Annual Book of ASTM Standards , Part 13 , PP (180-182), 1979.
- [11] Althues H, Henle J, Kaskel S., 2007, "Functional inorganic nanofillers for transparent polymers". Chem Soc Rev.; 36:PP1454-1465.[PubMed].
- [12] Gul, I. H., Maqsood, A., Journal of Magnetism and Magnetic Materials 316, p(13-18), 2007.
- [13] سمير عطا مكي واخرون، ٢٠١١، "دراسة خواص العزل الكهربائي لنماذج سيراميكية محضرة من الألومينا واوكسيد المغنيسيوم"، مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية، المجلد (٢٤)، عدد (٣).
- [14] Niu, Z.P. Wang, E.Y., E.F.S. Li, J. Mater. Sc. 41 (2006).
- [15] فرانسيس ويستن سيرز، 1964، مراجعة، د. عبد الرسول احمد درويش، "الكهربائية والمغناطيسية" جامعة البصرة، كلية التربية، قسم الفيزياء.
- [16] Koops, C.G., Phy. Rev., 83(1951)121.
- [17] Tang, Y.H., Chen, X.M., Li, Y.J., Zheng, X.H., Mater. Sci.Engg.B116(2005)150.