تأثير سرعة دوران القالب في الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً

أحمد أكرم عبد الله أ.م.عواد هلوش خضر
جامعة الموصل/ كلية الهندسة / قسم الهندسة الميكانيكية

الخلاصة

تم في هذا البحث انتاج مواد متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً (FGPCs) مادتها الاساس من البولي استر غير المشبع(Unsaturated Polyester Resin) ومعززة بدقائق من كربيد السليكون(SiC_p) بكسر حجمي كلي (6%) وحجم حبيبي(106µm) ومصنعة بطريقة الطرد المركزي وبسرعة دورانية مختلفة (400,500,600R.P.M) وبدرجة حرارة الغرفة ($22C^o$) فضلا عن انتاج ثلاثة نماذج من البولي استر النقي وبالظروف نفسها لغرض المقارنة. تم دراسة تأثير تغير سرعة دوران القالب في القيم الموضعية للكسر الحجمي والصلادة ومعامل المرونة للنماذج المصنعة وفي نقاط محددة على طول كل أنموذج متدرج . تم قياس الصلادة في هذه النقاط ومن ثم تقطيع كل انموذج متدرج الى ثمانية قطع وحساب كثافتها وتحديد كسرها الحجمي وانتاج نماذج متجانسة قياسية ذات مواصفات مناظرة لتلك الخصائص لغرض اختبار الشد .اظهرت نتائج البحث انخفاض القيم الموضعية للكسر الحجمي والصلادة ومعامل المرونة في المواضع القريبة من مركز دوران القالب وارتفاع هذه القيم في المواضع البعيدة عن مركز دوران قالب الطرد المركزي مع زيادة سرعة دوران القالب.

The Effect of Mold Rotational Speed on Mechanical Properties of Functionally Graded Polymeric Matrix Composites

Ahmed Akram Abdullah **Awad Hallosh Khidhir**
Assistant Professor
University of Mosul/College of Engineering/Mechanical Engineering Department

Abstract

In this research, a functionally graded polymeric matrix composites (FGPMCs) were produced using centrifugal casting method. These composites were fabricated from unsaturated polyester resin as a matrix and reinforced with silicon carbide particles (SiC_p) of (106µm) and (6%)bulk volume fraction, using different mold rotational speeds(400,500,600 R.P.M) at room temperature ($22C^o$). Additional (3) samples of pure polyester were manufactured at the same conditions for comparison purpose . The aim of the present research was to study the effect of mold rotational speed on local values of volume fraction, hardness and Young modulus at specific points along the graded samples. Hardness was measured at these points then graded samples were cut to eight portions . Density and volume fraction were evaluated, then standard homogenous samples of constant but different volume fraction were manufactured. Results shows that local values of volume fraction, hardness and Young Modulus decreased in nearby positions of the center of rotation and increased in positions far away from the center of rotation with increasing mold rotational speed.

Key words: Functionally graded polymeric composite, hardness, modulus of elasticity, mold rotational speed.

أستلم: 20 – 5 - 2013 **قبل: 20 – 10 - 2013**

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1.المقدمة:

إن المواد المتراكبة البوليميرية المتدرجة وظيفياً(FGPC) هي نوع أو فئة خاصة من المواد المتراكبة متدرجة وظيفياً(FGMs) التي يكون فيها أحد المكونات على الأقل مادة بوليميرية، غالبا ما تستعمل الراتنجات الصلبة حراريا (Thermosetting Resin) أو اللدنة حراريا (Thermoplastic Resin) كمادة أساس في هذا النوع من المواد المتراكبة. تمتلك مادة الأساس البوليميرية عدة صفات تميزها من غيرها من المواد، إذ تتميز بكثافتها المنخفضة ومقاومتها للظروف والتأثيرات الجوية ومقاومتها للبيئة القاسية وخصائصها الحرارية والكهربائية وارتفاع مقاومتها النوعية الميكانيكية(Specific Mechanical Strength) نسبة الى كتلتها[1].

درس الباحثان(Stabik and Chomiak,2011) تأثير تغيير سرعة دوران قالب الطرد المركزي في الخصائص الكهربائية السطحية لمواد متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً ذات مادة أساس من راتنج الايبوكسي ومعززة بدقائق من الفحم الحجري (Hard Coal) وبكسور حجمية مختلفة (3,4.3,7.5,10.6,12 Vol%) وبسرع دورانية مختلفة(535-617 R.P.M) .أهمية هذه المواد تكمن في الحصول على مواد عازلة كهربائياً في أحد الجوانب وموصلة كهربائياً في الجانب المقابل. وقاما بخلط دقائق الفحم الحجري مع راتنج الايبوكسي لوحده بدون مصلب إلى أن تم الحصول على مزيج متجانس بعدها أضيف المصلب . ووجدا ان لسرعة دوران القالب تأثيراً واضحاً في مقاومة السطح الكهربائية . وأن مقاومة السطح الكهربائية تقل مع زيادة سرعة دوران القالب بسبب زيادة الكسر الحجمي لدقائق الفحم الحجري بفعل قوة الطرد المركزي، وأن مقاومة السطح الكهربائية تقل مع زيادة الكسر الحجمي للنماذج[2].

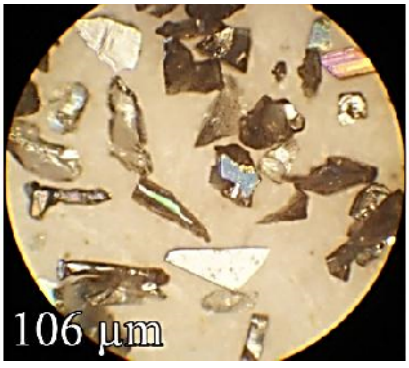
درس الباحث(Saad M. Elia,2011) تأثير اضافة مسحوق من عقيدات البحر(Sea Nodules) باحجام حبيبية مختلفة (53,75,106µm) وكسور حجمية مختلفة(3,6,9,12 Vol%) في الخواص الميكانيكية لراتنج البولي استر غير المشبع حيث وجد الباحث زيادة في قيم صلادة (Shore D) مع زيادة الكسر الحجمي للدقائق وانخفاض في قيم الصلادة مع زيادة الحجم الحبيبي [3].

درست الباحثة (نوال عزت ،2009) تأثير سرعة دوران قالب الطرد المركزي والكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون في منصهر الالمنيوم على الكسر الحجمي الموضعي (Local Volume Fraction) والخواص الميكانيكية على المنطقة الخارجية لنماذج المواد المتراكبة مادتها الاساس من الالمنيوم ومعززة بدقائق كربيد السليكون ذات الكسر الحجمي (5,10,15 Vol%) والمنتجة بطريقة الطرد المركزي ، استخدمت الباحثة ثلاث سرع دورانية هي (900,1400,1800R.P.M) حيث اظهرت نتائج الفحص المجهري ان لسرعة دوران القالب تأثير كبير على البنية المجهرية وعلى توزيع دقائق كربيد السليكون في مادة الاساس ، حيث ان زيادة سرعة دوران القالب تؤدي الى زيادة الكسر الحجمي الموضعي لدقائق كربيد السليكون المتجمعة في المنطقة الخارجية من الاسطوانة المنتجة ويرجع السبب في ذلك الى ان زيادة سرعة دوران القالب تؤدي الى زيادة قوة الطرد المركزي وبالتالي زيادة سرعة وقوة اندفاع دقائق كربيد السليكون ذات الكثافة الاعلى باتجاه المنطقة الخارجية تاركة مادة الاساس ذات الكثافة الاقل في المناطق الداخلية من الاسطوانة . كما وجدت الباحثة ان الكسر الحجمي الموضعي يزداد مع زيادة الكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون[4].

ان الهدف من البحث الحالي هو دراسة تأثير تغيير سرعة دوران قالب الطرد المركزي في القيم الموضعية للكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون (SiC) والصلادة ومعامل المرونة لمادة متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً اساسها البولي استر غير المشبع .

2.الجانب العملي:

تم استخدام راتنج البولي استر غير المشبع(Unsaturated Polyester Resin) والمصنع من قبل شركة (Poliya Composite Resins and Polymers,Inc.) التركية نوعه(Polipol-3455) ، وهو من البوليمرات المتصلبة حراريا ويكون بشكل سائل لزج شفاف حاو على نسبة من الكوبلت(Cobalt Pre-accelerated) مسبقة الخلط . يخلط مع المصلب بيروكسيد مثيل اثيل كيتون(Methyl Ethyl Ketone Peroxide MEKP) المنتج من قبل شركة (Akpa Organic Peroxides, Initiators & Paint Driers) التركية نوعه (Akperox A1) وهو سائل شفاف أقل لزوجة من الراتنج ويخلط وبنسبة (2gm) من المصلب لكل (100 gm) من راتنج البولي استر غير المشبع.تم استعمال دقائق كربيد السليكون (Silicon Carbide) كمادة معززة ، رمزها الكيمياوي (SiC) وتعرف تجارياً باسم كربورندم (Carborundum) والشكل(1) يوضح صورة مجهرية للدقائق المستعملة في البحث.

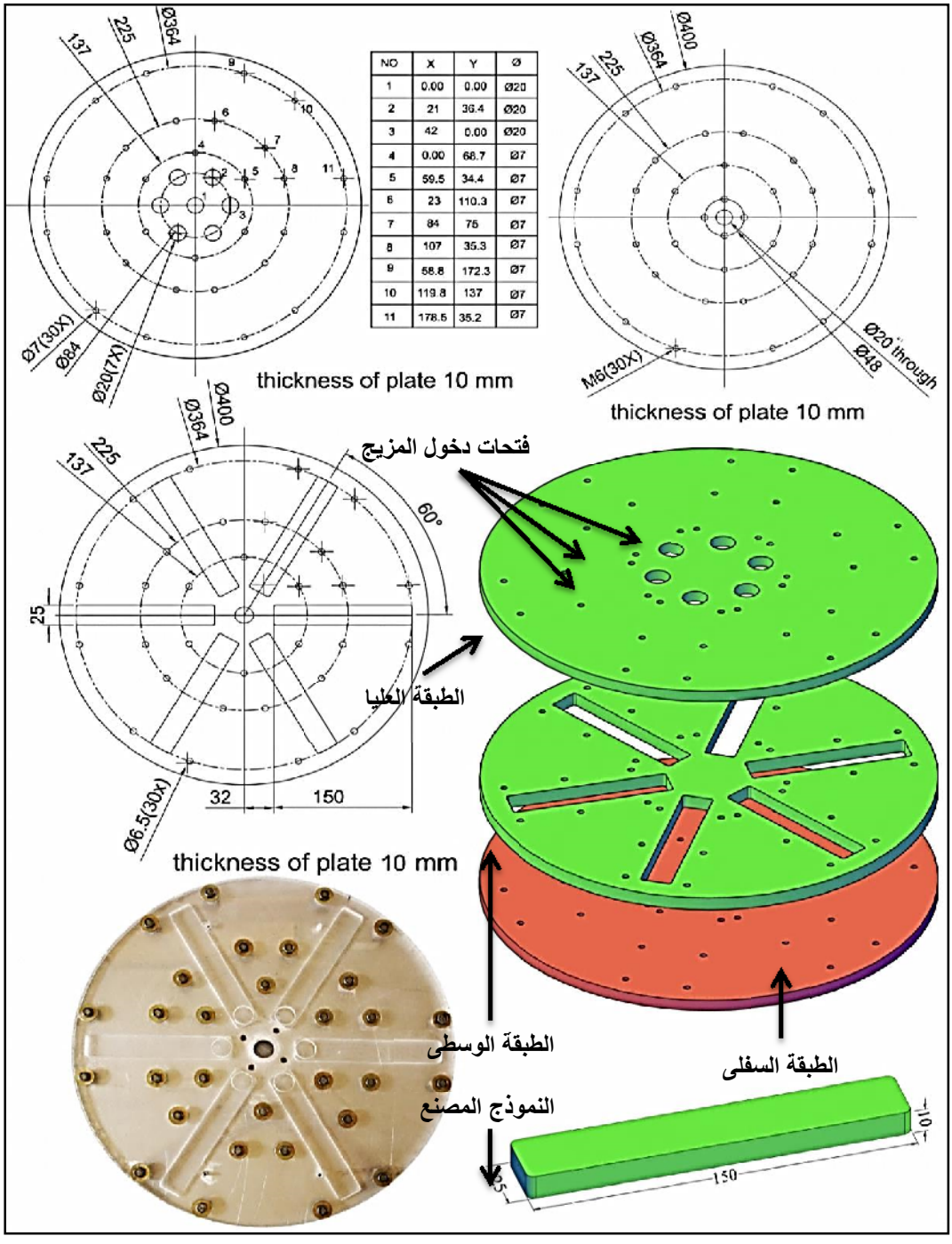


الشكل(1):صورة مجهرية تبين دقائق كربيد السليكون المستعملة في البحث (X100).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ومن أجل إنتاج مواد متراكبة متدرجة وظيفياً مصنعة بطريقة الطرد المركزي بحيث تخضع النماذج المصنعة جميعها للظروف نفسها (أثناء عملية دوران القالب) من حيث الاهتزاز ، ودرجة الحرارة ، وزمن الدوران وسرعته. تم تصميم القالب الموضح بالشكل(2). إذ يمكن بوساطة هذا القالب إنتاج ستة نماذج متدرجة وظيفياً في وقت واحد وبالظروف نفسها[5].

يتكون هذا القالب من ثلاث طبقات ، الطبقة الوسطى تحتوي على الأخاديد التي سوف تشكل الأنموذج والطبقة العليا تحتوي على فتحات دخول المزيج إلى الطبقة الوسطى . ترتبط الطبقات مع بعضها البعض لتشكل قالب واحد يثبت على محرك كهربائي ذي تيار مستمر. والشكل(2) يوضح مخططات وأبعاد قالب الطرد المركزي وأبعاد الأنموذج المنتج من خلاله.



الشكل(2):قالب الطرد المركزي المستعمل في البحث والأنموذج المصنع (كافة الابعاد بالمليمتر)[5].

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

يثبت القالب الموضح في الشكل(2) على محرك كهربائي يتم السيطرة على سرعته عن طريق منظم فولتية . الشكل(3) يوضح المخطط العالم لمنظومة السباكة بالطرد المركزي المستعملة في البحث حيث تتكون من وحدة تجهيز المنظومة بالطاقة (UPS Universal Power Supply) في حالة انقطاعها ووحدة تثبيت الفولتية (AVR Automatic Volte Regulator) ووحدة السيطرة على سرعة المحرك (Volt Regulator) ووحدة تحويل الفولتية من متناوبة الى مستمرة(Bridge Rectifier) لتكون مناسبة لعمل المحرك.

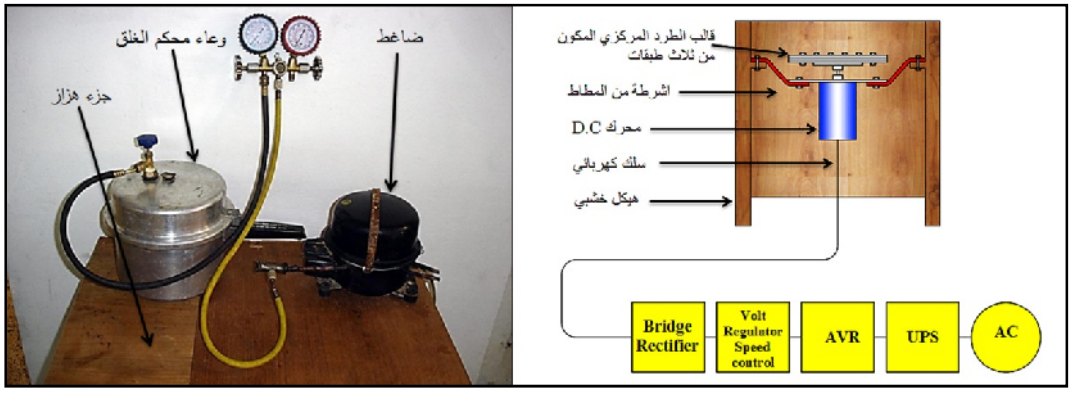
بعد حساب وزن كل مكون من مكونات الأنموذج يتم خلط الراتنج(Resin) لوحده مع الدقائق يدوياً وبسرعة عالية ولمدة خمس دقائق لضمان ترطيب كافة أسطح الدقائق بالراتنج والحصول على مزيج متجانس (Homogenization) ،علماً ان سرعة الخلط العالية تؤدي إلى دخول فقاعات الهواء داخل المزيج[1][6].

تؤدي فقاعات الهواء دوراً مهماً في تحديد الخواص الميكانيكية للأنموذج المصنع، لذلك أصبح من الواجب التخلص منها بقدر الإمكان وفي هذه الدراسة اتبعت ثلاث طرائق لإزالة فقاعات الهواء:

اولا : تقليل لزوجة الراتنج عن طريق رفع درجة حرارته إلى (40 ºC) أثناء عملية خلطه مع الدقائق وبعدها ، إن خفض لزوجة الراتنج يسهل صعود فقاعات الهواء نحو الأعلى نتيجة تقليل قوة اللزوجة المعاكسة لقوة طفو الفقاعات الهوائية لكن من مساوئ هذه الطريقة ترسب الدقائق في قاع علبة الخلط . ويمكن حل هذه المشكلة برفع اللزوجة بعد خروج فقاعات الهواء وإعادة الخلط ولكن ببطيء شديد .

ثانيا: بعد إكمال خلط الراتنج بالدقائق وتقليل لزوجة الراتنج توضع علب خلط النماذج في وعاء محكم الغلق ويتم إفراغه من الهواء عن طريق ربطه بجهة السحب من ضاغط كهربائي تستمر هذه العملية لمدة ساعة كاملة تبقى فيها علب الخلط الحاوية على الراتنج والدقائق داخل هذا الوعاء والشكل(4) يوضح الأسلوب المتبع [7].

ثالثا : أثناء عملية تفريق الوعاء السابق من الهواء يوضع على جزء هزاز ، إذ تساعد الاهتزازات على تسريع خروج الفقاعات من المزيج [8]. ولمعرفة تأثير الطرائق سابقة الشرح في وجود الفقاعات الهوائية (Porosity) في نماذج المواد المتراكبة المتدرجة المصنعة تم اخذ صور مجهرية لأكثر المناطق التي يتوقع وجود الفقاعات فيها وهي المناطق ذات الكسر الحجمي الموضعي الأكبر عند النهايات البعيدة للنماذج المصنعة وعلى بعد (14cm) من النهاية القريبة من مركز الدوران وللسرع الدورانية الثلاثة (400,500,600 R.P.M) والشكل(5) يوضح صور مجهرية لهذه المناطق تبين خلوها من الفقاعات الهوائية.

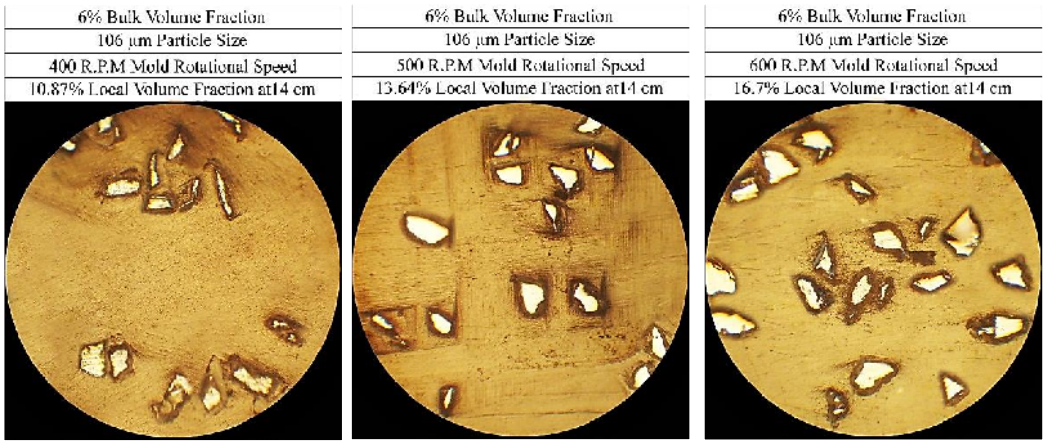


الشكل(3): المخطط العام لمنظومة السباكة بالطرد المركزي[5].

الشكل(4): الاسلوب المتبع في إخراج فقاعات الهواء[5] .

بعد الحصول على مزيج خالٍ من الفقاعات الهوائية يتم إضافة المصلب وتبدأ عملية التحريك البطيء جداً لمدة خمس دقائق للحصول على مزيج متجانس وتجنب أية محاولة لدخول فقاعات الهواء مرة ثانية[1] . يصب المزيج المتجانس الخالي من الفقاعات الهوائية في احد تجاويف القالب وفي نفس الوقت يصب مزيج البولي استر والمصلب فقط في التجويف المقابل له لضمان اتزان محور القالب. ويتم تشغيل المحرك الذي سبق ضبط سرعته ليدور ووفق السرعة المحددة ولمدة (30) ثانية . تترك النماذج داخل القالب لمدة (24) ساعة لضمان اكتمال تصلب النماذج داخل القالب[8]. بعدها يتم فتح القالب واستخراج النماذج .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (5): صور مجهرية لمواد متراكبة مختلفة (X80).

الشكل(6):الفرن الكهربائي المستخدم لإكمال عملية البلمرة.

توضع النماذج بعد استخراجها من القالب في فرن كهربائي درجة حرارته (55- 60 ºC) ولمدة ساعتين لإكمال عملية البلمرة وإزالة الإجهادات المتولدة في النماذج نتيجة التصلب[9]. في هذا البحث وضعت النماذج في فرن كهربائي من إنتاج شركة(Electric Muffle) الكورية موديل (RKB101) يتم السيطرة على درجة حرارته الكترونيا كما في الشكل(6). بعدها تم إخراج النماذج من الفرن وتوحيد أبعادهم. الشكل (7) يوضح نماذج المواد المتراكبة متدرجة وظيفياً المصنعة في هذا البحث بكسر حجمي كلي(6 Vol%) وحجم حبيبي (106 µm) وسرعة دورانية مختلفة (400,500,600 R.P.M) في حين يوضح الشكل(8) النماذج المصنعة من البولي استر النقي وبسرع دورانية مختلفة (400,500,600 R.P.M).

تم قياس صلادة النماذج المتراكبة المتدرجة عند كل (1cm) وعلى طول الأنموذج وتم الاعتماد على اخذ معدل ثلاث قراءات من سطح الأنموذج عند كل (1cm) وثلاث قراءات من قاع الأنموذج عند كل (1cm) [10][11] وباستعمال الجهاز(ShoreD) من انتاج شركة (Zwick) السويسرية موديله (Werk-Nr.68733) ووفق المواصفة القياسية العالمية(ASTM D2240-02 Standard Test Methods for Rubber Property (Durometer Hardness).

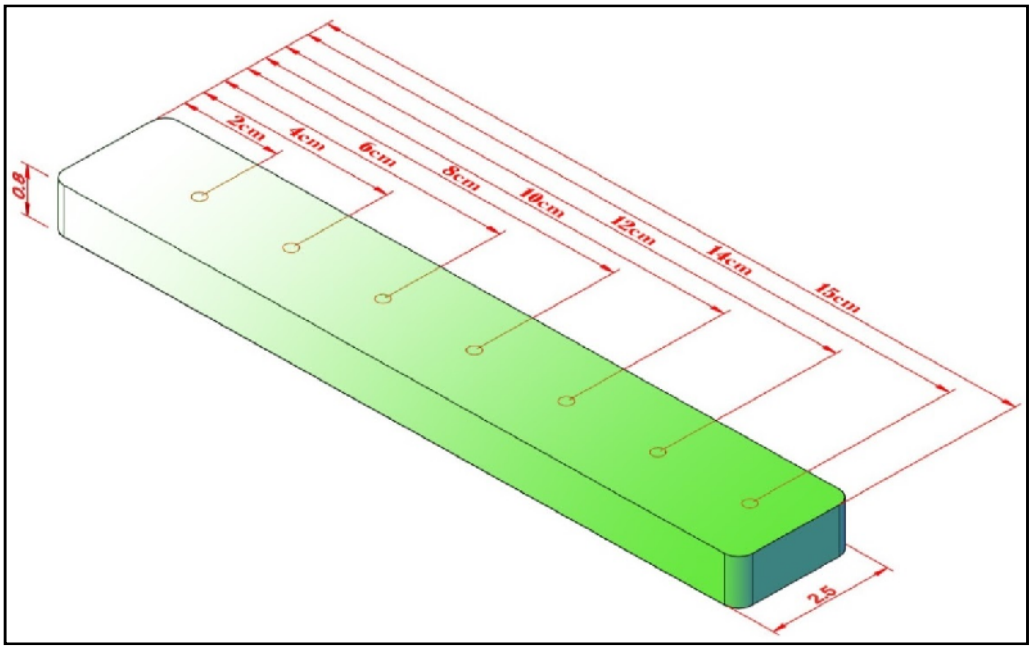
الشكل(7): نماذج المواد المتراكبة المتدرجة وظيفياً المصنعة بسرع دورانية مختلفة.

الشكل(8): نماذج البولى استر النقى بسرع دورانية مختلفة.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

تم تحديد نقاط على طول كل أنموذج متدرج وظيفياً لإيجاد الكسر الحجمي الموضعي عند هذه النقاط والشكل(9) يوضح النقاط المحددة التي تم اعتمادها في البحث الحالي.

لغرض ايجاد الكسر الحجمي الموضعي عند كل نقطة يجب إيجاد الكثافة الموضعية عند كل نقطة على طول كل أنموذج من النماذج المتدرجة المصنعة والموضحة في الشكل(7) لذا تم تقطيع كل أنموذج من النماذج المتدرجة المصنعة إلى (9) قطع وبعرض (8mm) واعتبرت القطعة ضمن هذا العرض متجانسة لعدم وجود اختلاف كبير في الكثافة خلالها، ومن ثم عدم وجود اختلاف كبير في الكسر الحجمي ضمن هذا العرض [12]. تم حساب قيم الكثافة لكل قطعة من القطع وبالاعتماد على المواصفة القياسية(ASTM C693 Standard Test Method For Density of Glass By Buoyancy)، تتطلب هذه المواصفة قياس وزن القطع في الهواء وقياس وزنها وهي معلقة في الماء . استخدم لذلك ميزان الكتروني (Digital Scale) دقته(0.1 mg) من إنتاج شركة (Denver Instrument) الألمانية موديله (TP-214)[12] .



الشكل(9): النقاط المحددة على طول الانموذج المتدرج التي تم اعتمادها في البحث

بعد إيجاد كثافة كل قطعة من قطع كل أنموذج متدرج تم حساب كسرها الحجمي وبالاعتماد على قانون الخلائط (Role of Mixture) التالي [12]:

$$\rho_c = V_m\rho_m + V_p\rho_p \quad \ldots\ldots(1)$$

إذ إن ρ_c يمثل كثافة المادة المتراكبة ، وأن ρ_m يمثل كثافة مادة الاساس (البولي استر والمصلب بعد تصلبها) ، وأن ρ_p يمثل كثافة دقائق كربيد السليكون(Sic) ، وأن V_m يمثل الكسر الحجمي لمادة الاساس ، وأن V_p يمثل الكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون وبما ان [12]:

$$V_m + V_p = 1 \quad \ldots\ldots(2)$$

لذلك ومن المعادلة رقم (1) والمعادلة رقم (2) نستطيع ايجاد الكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون لكل قطعة من قطع كل أنموذج مواد متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً وكما في المعادلة التالية[13] :

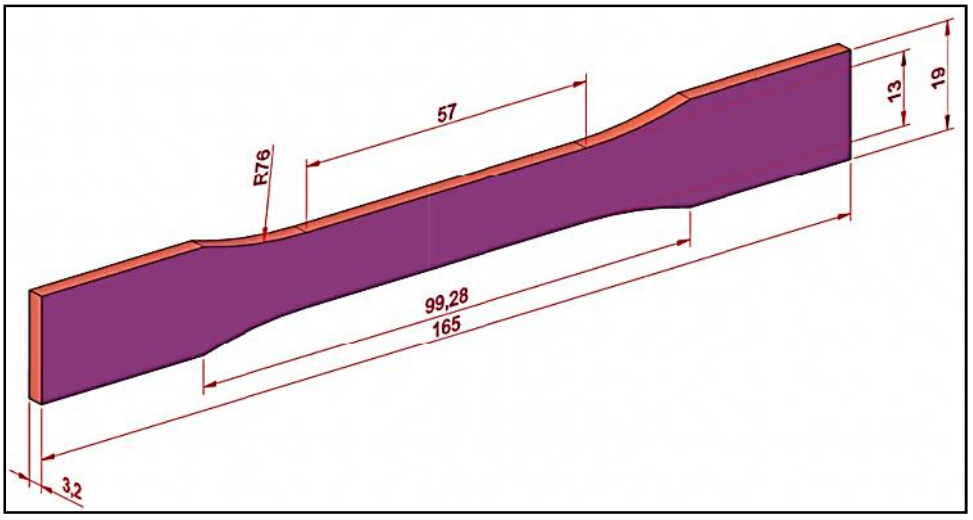
$$V_p = \frac{\rho_c-\rho_m}{\rho_p-\rho_m} X100\% \quad \ldots\ldots(3)$$

إذ تم قياس كثافة كل من دقائق كربيد السليكون ρ_p والبولي استر ρ_m بعد تصلبه وبصورة عملية .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

ولغرض إجراء فحص الشد تم تصنيع ثلاث عينات (Dog Bone) متجانسة ومتساوية في الكسر الحجمي عند كل موضع[14] ووفق الأبعاد المطلوبة لعينة الشد القياسية مناظرة من حيث المواصفات (الكسر الحجمي) للكسر الحجمي الموضعي عند(2,6,10,12,14cm) على طول كل أنموذج متدرج كما موضح في الشكل(9)، إذ استخدم جهاز الشد (Elctronic Universal Test Machine) موديله(WDW-200) من إنتاج شركة(Jinan Shidai Shijin Testing Machine Group Co., Ltd.) الصينية وتم سحب العينات بسرعة مقدارها (3mm/min) اعتماداً على المواصفة القياسية (ASTM D638-02a Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic) لإجراء اختبار الشد و الخاصة بفحص المواد البلاستيكية المعززة وغير المعززة والشكل (10) يوضح أبعاد عينة الشد وفق هذه المواصفة [11].

عينات اختبار الشد التي تم تصنيعها، هي عينات من مواد متراكبة متجانسة (Homogeneous) مادتها الأساس هي مادة الأساس نفسها المستعملة في تصنيع المواد المتراكبة متدرجة وظيفياً المصنعة كما في الشكل(7) ومعززة وبصورة متجانسة بدقائق كربيد السليكون نفسها المستخدمة في تعزيز النماذج المتراكبة المتدرجة وظيفياً المصنعة ووفق الكسر الحجمي لكل نقطة من النقاط المختارة على طول كل أنموذج من النماذج المتدرجة . والشكل (11) يوضح المجاميع الثلاثة لعينات الشد القياسية المتجانسة المصنعة ومواصفات كل عينة بعد اكتمال تصنيعها وإخراجها من الفرن الكهربائي .



الشكل(10): ابعاد عينة الشد القياسية (الابعاد بالمليمتر).

تم إجراء اختبار الشد للعينات القياسية المتجانسة والموضحة في الشكل(11) ورسم منحني الاجهاد-الانفعال لكل عينة وتحديد الجزء الخطي(Linear) من كل منحني ثم ايجاد معادلة هذا الجزء الخطي. معامل المرونة لكل عينة يمثل ميل الجزء الخطي من منحني الاجهاد – الانفعال لها . معدل معامل المرونة لثلاث عينات قياسية متجانسة ومتساوية في الكسر الحجمي سوف يمثل معامل المرونة في موضع على طول الأنموذج المتدرج له نفس الكسر الحجمي لعينات الشد القياسية المتجانسة [14][15].

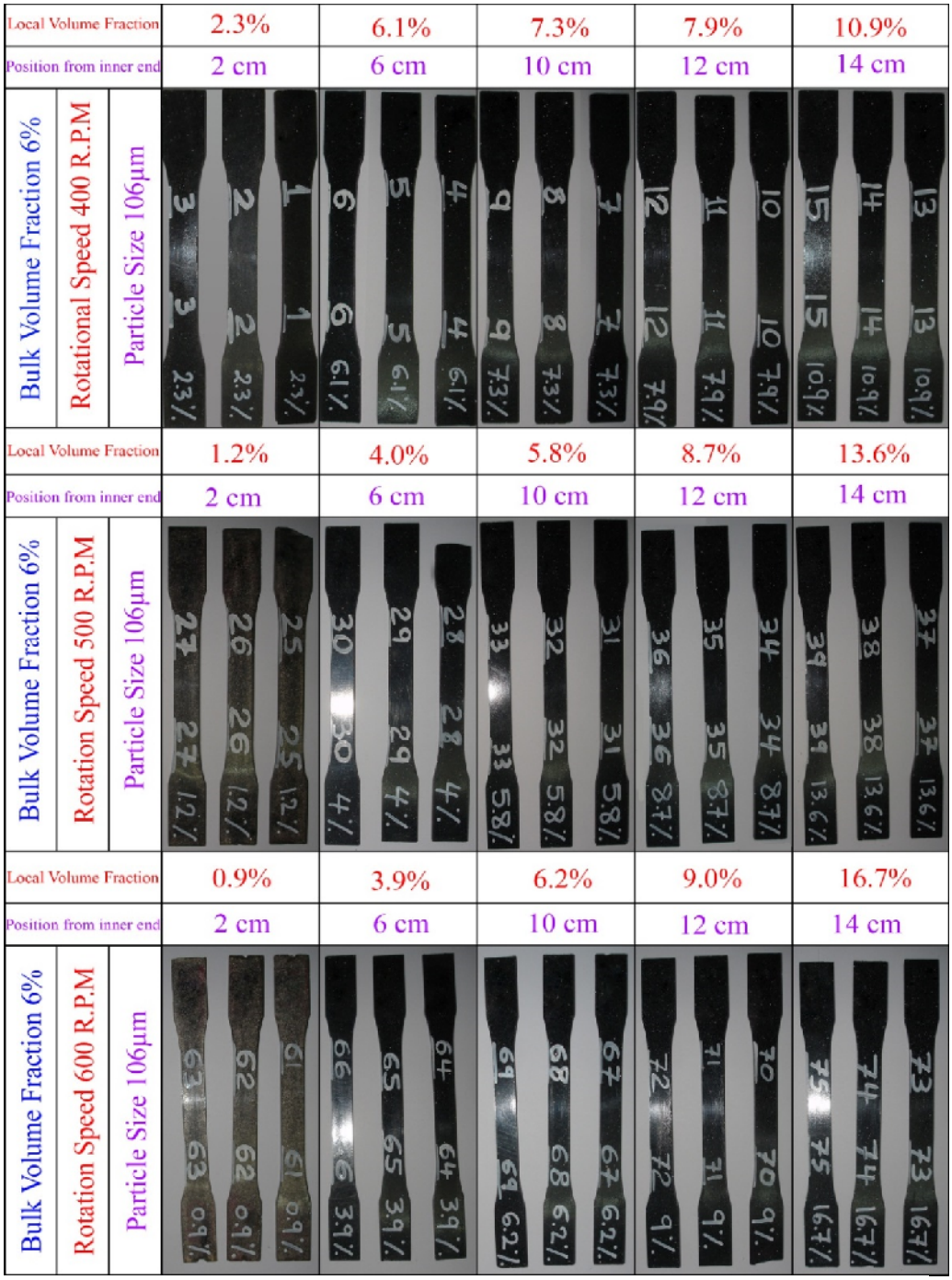
3.النتائج والمناقشة:

أن توزيع دقائق كربيد السليكون في البولي استر داخل القالب وقبل بدء عملية الطرد المركزي هو توزيع متجانس تقريباً نتيجة عملية الخلط قبل الصب . أدت قوة الطرد المركزي إلى توزيع هذه الدقائق بصورة غير متجانسة(Heterogeneous) ومتدرجة وبشكل يختلف وفق سرعة دوران القالب المستعملة، وبمعنى آخر فأن هذه الدقائق أصبح لها تركيز مختلف من موضع إلى آخر على طول الأنموذج المتدرج بفعل هذه القوة .

يوضح الشكل(12) تأثير تغيير سرعة دوران القالب في الكسر الحجمي الموضعي لنماذج المواد المتراكبة البوليميرية المتدرجة إذ ينخفض الكسر الحجمي الموضعي في المواضع القريبة من مركز دوران القالب اي من المسافة (2cm) ولحد (11cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400 R.P.M) الى (600 R.P.M) ويرتفع في المواضع البعيدة عن مركز دوران القالب اي من المسافة (11cm) ولحد (15cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

R.P.M) الى (600 R.P.M) ، ويعود السبب الى زيادة قوة الطرد المركزي المؤثرة على الدقائق والمتجهة بعيدا عن مركز دوران القالب مع زيادة سرعة دوران القالب مما ادى الى زيادة سرعة وتعجيل الدقائق المتجهة نحو المواضع البعيدة عن مركز الدوران . حركة الدقائق نحو المواضع البعيدة تاركة المواضع القريبة ادى الى زيادة اعداد الدقائق وزيادة الكسر الحجمي الموضعي في المواضع البعيدة وانخفاض الكسر الحجمي للدقائق في المواضع القريبة من مركز الدوران[4].



الشكل(11): صور المجاميع الثلاثة لعينات الشد القياسية المتجانسة المقابلة للنماذج المتدرجة عند السرع الدورانيه (400,500,600 RPM).

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

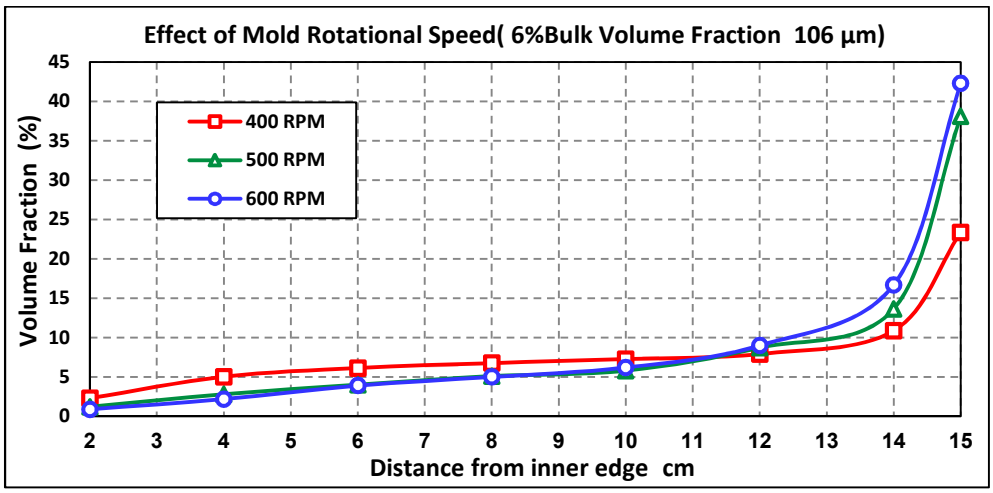
يوضح الشكل(13) تأثير سرعة دوران القالب في معدل قيم صلادة شور الموضعية إذ يلاحظ انخفاض قيم معدل صلادة شور الموضعية في المواضع القريبة من مركز دوران القالب اي من المسافة (2cm) ولحد (11cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400 R.P.M) الى (600 R.P.M) ويرتفع هذا المعدل في المواضع البعيدة عن مركز دوران القالب اي من المسافة (11cm) ولحد (15cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400 R.P.M) الى (600 R.P.M) ، ويرجع السبب في ذلك الى ان ارتفاع الكسر الحجمي الموضعي لدقائق كربيد السليكون ذات الصلادة العالية في المواضع البعيدة من مركز الدوران مع زيادة سرعة دوران القالب ادى الى ارتفاع قيم معدل صلادة شور في هذه المواضع وان انخفاض الكسر الحجمي في المواضع القريبة من مركز الدوران مع زيادة سرعة دوران القالب ادى الى انخفاض قيم معدل صلادة شور فيها[3] [4] .

ان قيم معدل صلادة شور الموضعية للنماذج الثلاثة وبغض النظر عن سرعة دوران القالب المستخدمة هي اكبر من معدل قيم صلادة شور الموضعية للنماذج المصنعة من البولي استر النقي وبالسرع الثلاثة ويرجع السبب في ذلك الى امتلاك دقائق كربيد السليكون صلادة عالية ، كما يلاحظ من الشكل عدم وجود اختلاف ذو اهمية في معدل قيم صلادة شور الموضعية في النماذج المصنعة من البولي استر النقي وبالسرع (400,500,600 RPM) المستخدمة في البحث[9] .

توضح الاشكال(14)(A,B,C) الجزء الخطي من منحنيات الاجهاد-الانفعال لاحد المجاميع الثلاثة لعينات الشد القياسية المتجانسة والموضحة في الشكل(11) حيث يتعذر عرض جميع هذه المنحنيات لكثرتها ، كما تحوي هذه الاشكال على الجزء الخطي لمنحني الاجهاد–الانفعال لمادة الاساس فقط (البولي استر بدون دقائق) لغرض المقارنة . نلاحظ من هذه الأشكال زيادة واضحة لقيمة الإجهاد عند قيمة محددة من الانفعال مع زيادة الكسر الحجمي الموضعي وللعينات جميعها مما يدل على زيادة معامل المرونة مع زيادة الكسر الحجمي ويرجع السبب في ذلك إلى امتلاك دقائق كربيد السليكون معامل مرونة عالٍ يصل إلى(400GPa) مقارنة بمعامل المرونة لمادة الاساس(1.123GPa) أي أن زيادة الكسر الحجمي لدقائق كربيد السليكون تعمل على زيادة معامل المرونة للمادة المتراكبة لمعززة به [16][17].

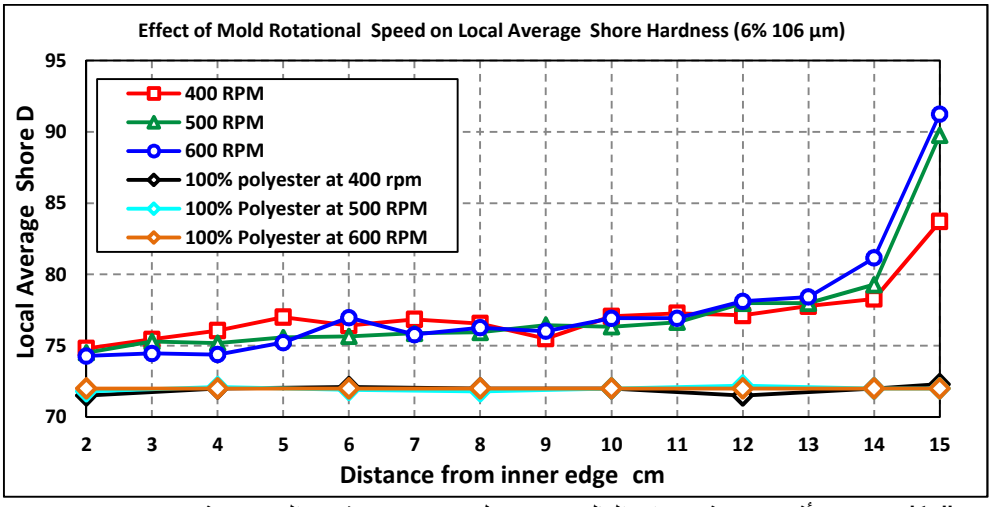
يوضح الشكل(15) تأثير سرعة دوران القالب في معدل معامل المرونة الموضعي ويلاحظ انخفاض قيم معدل معامل المرونة في المواضع القريبة من مركز الدوران اي من المسافة (2cm) ولحد (10cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400 R.P.M) الى (600 R.P.M) وارتفاع قيم معدل معامل المرونة في المواضع البعيدة عن مركز دوران القالب اي من المسافة (10cm) ولحد (15cm) مع زيادة سرعة دوران القالب من(400 R.P.M) الى (600 R.P.M) ، ويرجع السبب في ذلك الى انخفاض الكسر الحجمي الموضعي لدقائق كربيد السليكون في المواضع القريبة من مركز الدوران وارتفاع الكسر الحجمي الموضعي في المواضع البعيدة عن مركز دوران القالب نتيجة تأثر الدقائق بقوة طرد مركزي اكبر مع زيادة سرعة دوران القالب [12].

ان قيم معدل معامل المرونة الموضعي ولنماذج المواد المتراكبة المتدرجة الثلاثة وبغض النظر عن سرعة دوران القالب المستخدمة هي اكبر من قيم معدل معامل المرونة الموضعي للنموذج المصنع من البولي استر النقي ويعود السبب في ذلك الى امتلاك دقائق كربيد السليكون(SiCp) معامل مرونة عالٍ يصل الى(400Mpa) مقارنة بمعامل المرونة للمادة الاساس (1.123GPa) [14].



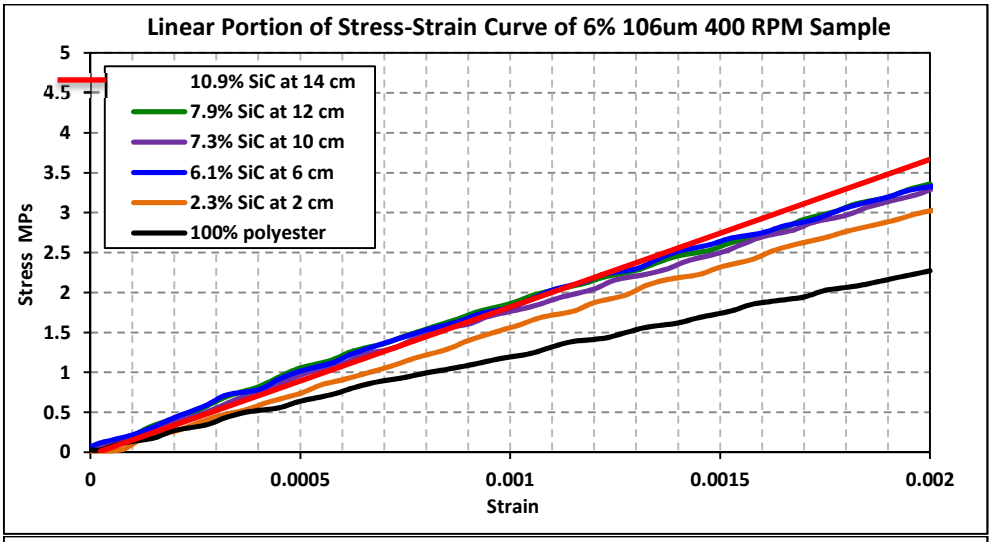
الشكل(12): تأثير سرعة دوران القالب في الكسر الحجمي الموضعي.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

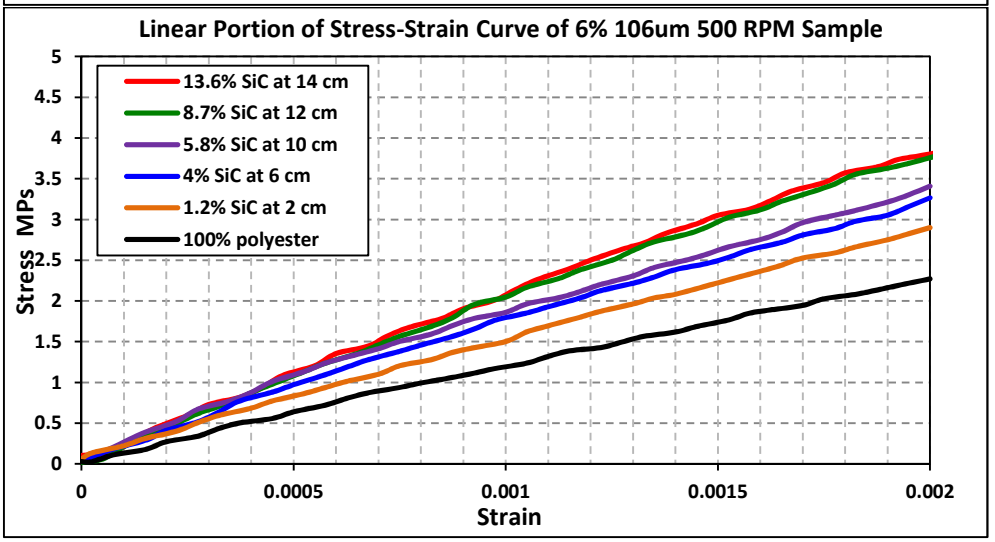


الشكل(13): تأثير سرعة دوران القالب في معدل قيم صلادة شور الموضعية.

A

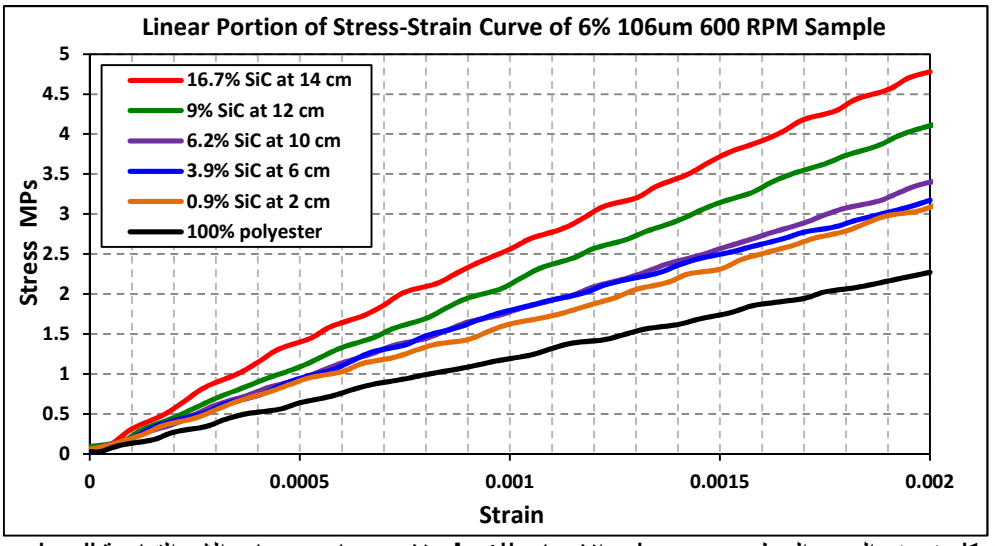


B

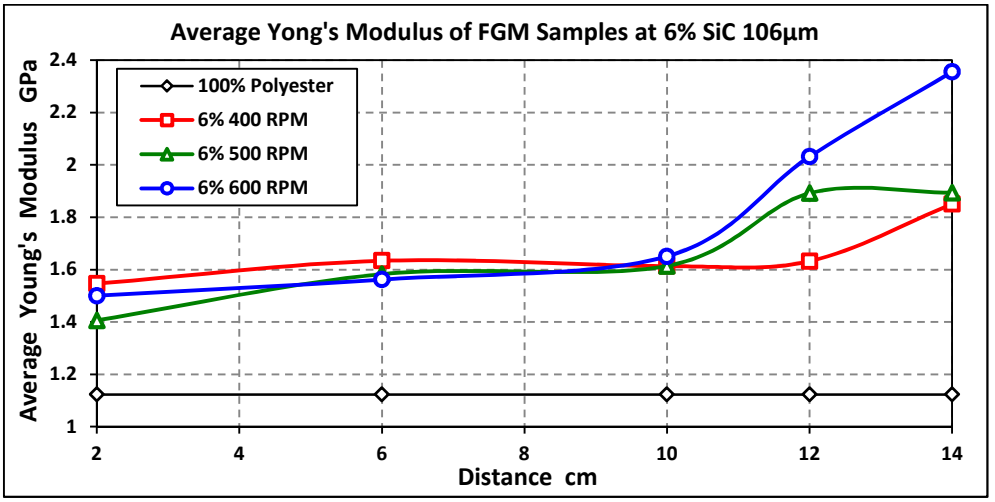


المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

C



الشكل(14): الجزء الخطي من منحنيات الاجهاد- الانفعال لاحد مجاميع عينات الشد القياسية المتجانسة.



الشكل(15): تأثير سرعة دوران القالب في معدل معامل المرونة لنماذج مواد متراكبة متدرجة وظيفياً.

4. الاستنتاجات:

ادناه بعض الاستنتاجات المهمة التي انبثقت من البحث الحالي :

1. ان زيادة سرعة دوران القالب في سباكة الطرد المركزي له اثر كبير في الحصول على خصائص ميكانيكية متدرجة وظيفياً على طول النموذج .
2. تنخفض قيم الكسر الحجمي الموضعي والصلادة ومعامل مرونة الشد الموضعي مع زيادة سرعة دوران القالب في المواضع القريبة من مركز دوران قالب الطرد المركزي لنماذج مواد متراكبة بوليميرية متدرجة وظيفياً وترتفع قيم الكسر الحجمي الموضعي والصلادة ومعامل مرونة الشد الموضعي مع زيادة سرعة دوران القالب في المواضع البعيدة عن مركز دوران القالب .
3. معدل قيم الصلادة ومعامل المرونة للنماذج المعززة بالدقائق وبغض النظر عن سرعة دوران القالب المستخدمة هي اكبر من معدل قيم الصلادة ومعامل المرونة للنموذج المصنع من البولي استر النقي .

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5.المصادر:

1 J. Stabik, A. Dybowska*, M. Chomiak ," Polymer composites filled with powders as polymer graded materials " , journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 43 , Issue 1, November 2010.

2 J. Stabik, M. Chomiak," Influence of casting velocity on surface resistivity of epoxy-hard coal graded composites",Archives of Materials Science and Engineering,Volume 47,Issue 1,January 2011,PP48-56.

3 S. M. Elia,"Studying the Effect of Adding Sea Nodules Powders on Flexural Strength and Hardness of Unsaturated Polyester Resin",Eng. & Tech. Journal ,Volume 29, Issue13 , 2011,PP 2807-2817.

4 د. نوال عزت عبد اللطيف، سمير فياض، محسن طالب "دراسة خواص المواد المتراكبة المنتجة بطريقة السباكة بالطرد المركزي"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 28،العدد 5، 2010، الصفحات 170-190.

5 احمد اكرم عبد الله، " تصنيع ودراسة خصائص المتراكبات البوليميرية المتدرجة وظيفياً " ، رسالة ماجستير ، قسم الهندسة الميكانيكية ، جامعة الموصل ،2013.

6 عبير فاروق عباس ،سحر حسين احمد "دراسة الخواص الحرارية لمادة متراكبة ذات أساس بوليمري مدعمة بدقائق النحاس"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 28،العدد18، 2010.

7 J.Murphy,(2001),"Additives for Plastics Handbook",2nd eddition,Elsevier Advance Technology, Oxford,UK,PP 249.

8 هناء عرير سميج ،"تأثير التقوية بمسحوق أوكسيد الزنك على الخواص الميكانيكية لمادة متراكبة ذات أساس من البولي استر غير مشبع "،مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 29، العدد 10 ، 2011.

9 د.بلقيس محمد ضياء ، أحمد ستار جبار، "دراسة الخصائص الميكانيكية لمادة متراكبة دقائقية مبنية على أساس خليط بوليميري " مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 29،العدد2، 2011.

10 فاتن نعمان عبد الله "دراسة تأثير الحجم الحبيبي للدقائق ودرجة حرارة التشكيل على الخواص الميكانيكية للمواد المركبة ذات الأساس من البوليمر "،مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 25 ،العدد 5 ، 2007 .

11 د. سهامة عيسى صالح، د. كاظم مطر شبيب، قحطان عدنان ،"دراسة الخواص الميكانيكية لمواد متراكبة ذات أساس بوليمري مقواة بالألياف والدقائق "،مجلة الهندسة والتكنولوجيا ،المجلد 28 ،العدد 4، 2010.

12 N. Gupta , P. K. Rohatgi , T. Matsunaga , ,"Compressive and ultrasonic properties of polyester/fly ash composites",J Mater Sci (2009) 44:1485–1493.

13 د.حاتم كريم كاظم ، د.اسيل جاسم محمد ، زينب كاظم حنتوش ،"دراسة اهمية حساب الحجم الجزئي(Volume Fraction) للمواد المقواة بألياف الزجاج والكربون " ،مجلة الهندسة والتكنولوجيا،المجلد29 ،العدد4 ، 2011، 195-205.

14 R. J. Butcher, C.E. Rousseau and H. V. Ttippur," A functionally graded particulate composite:preparation, measurements and failure analysis", Elsevier Science, Vol. 47, No. 1, pp. 259-268,1999.

15 P. R. Marur ,H. V. Tippur ,"Evaluation of Mechanical Properties of Functionally Graded Materials",Journal of Testing and Evaluating ,1998.

16 H.A. Kereem,"Study the Influence of Adding Nickel Powder to a Thermosetting Epoxy resin on the Mechanical Properties" ,M.Sc.Thesis,University of Technology ,Baghdad, 2002.

17 A.Jawdat ,"Study the Influence of Adding Copper Powder to a Thermosetting Epoxy resin on the Mechanical Properties", M.Sc.Thesis,University of Technology,Baghdad, 2002.

تم اجراء البحث في كلية ألهندسة = جامعة ألموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com