دراسة تأثير أضافة دقائق Rennie الصيدلانية على مواد متراكبة ذات اساس بولي استر لاستخدامها في الاغراض الطبية

إسماعيل ابراهيم مرهون
قسم هندسة المواد / كلية الهندسة الجامعة المستنصرية
isibmr@gmail.com

حيدر عباس صلال
قسم الميكانيك / معهد التقني/ كوفة
Iron_man_hayder@yahoo.com

الخلاصة:

أن هذه الدراسة التي تم أجرائها على مسحوق مادة Rennie المقوي لمتراكبات البولي أستر الغير مشبع باستخدام أحجام وتراكيز مختلفة من هذا المسحوق حيث أظهرت تغيراً في الخواص الميكانيكية والفيزياوية لهذه المتراكبات , وأن هذا التغير بالخواص كان مناسباً لاستخدام هذه المواد المتراكبة في المجالات الطبية بشكل كبير. يركز هذا العمل على تحضير مواد متراكبة ذات اساس بوليمري من مادة (البولي أستر غير المشبع) بطريقة (الصب اليدوي)، ودراسة تأثير الحجوم الحبيبة المختارة (25 , 53 ,90) مايكرون من مادة (Rennie) (وبكسور وزنية مختلفة (4%, 8%, 12%, 16%, 20%) على خواص المادة المتراكبة المحضرة. عدد الاختبارات الميكانيكية التي أجريت لتقييم النظام المتراكب المحضر تتضمن (الشدّ، الانضغاط ، الانحناء ,الصدمة والصلادة)، بالإضافة الى الاختبار الفيزيائي (النسبة المئوية لامتصاصية الماء)، وكل الاختبارات اجريت في درجة حرارة الغرفة. النتائج القصوى لمقاومة الشد والاستطالة عند الكسر ومعامل يونك ومقاومة الانضغاط ومقاومة الانحناء ومعامل الانحناء ومقاومة الصدمة والصلادة والنسبة المئوية لامتصاص الماء كانت مرتبة كالتالي ((MPa55.6), (%2.36), (MPa 2550), (MPa51.5), (MPa77.33), MPa6072,8), (KJ/m^2 4.48), (Shore (D) 87.5), (0.321 %)) عند الحجوم (25) مايكرون ما عدا معامل الانحناء و الامتصاصية كانت عند الحجم (90) مايكرون.

الكلمات الرئيسية: مادة متراكبة طبية ذات أساس بولي أستر غير مشبع , حبيبات Rennie , حجم حبيبي , كسر وزني , فحوصات ميكانيكية وفيزيائية .

1- المقدمة

ان الصدمات والامراض والتدخل الجراحي يؤدي الى ضرورة وجود بدائل عن الانسجة التالفة والمتضررة للجسم وذلك من اجل استمرارية عمل الاعضاء بشكل طبيعي وصحي من خلال الاجزاء البديلة . والبدائل عادة تكون من الاجزاء الهيكلية للجسم مثل الركب والورك والعظام ومساند العظام والاسنان والمفاصل [1, 2] .

أن التوافق النسيجي (biocompatible) للمواد مثل المعادنِ والسيراميكِ والبوليمرات ادى الى استخدامها على نطاق واسع في الزرعات الجراحية كبدائل عن الاجزاء المتضررة أو مساند للعظام , على أية حال، المعادن والسيراميك لَيس لها قابلية للتحلل او تكون محدوده جداً. عكس ذلك حيث ان المواد البوليمرية (Polymers) لفتت انتباهاً متزايداً وكانت كثيرة الاستعمال في الهندسة النسيجِية بسبب السيطرةِ السهلةِ على biodegradability و processability [4,3] . وأهم التطبيقات لهذه المواد هي الخيوط الجراحية ونواقل لتوزيع الدواء الى داخل الجسم وكدعائم أو مساند للعظام او تستخدم كبديل عن العظام المتضررة [5].

احدى القيود الاساسية لأستخدم السيراميك في الاستخدامات الطبية بشكل منفرد هو الزمن المجهول لبقائه تحت اجهادات متغيرة الذي يؤدي الى تكون العيوب ونمو الشق وبالتالي يظهر الفشل في السيراميك في كثير من التطبيقات الطبية [3] .

أن المواد الهندسية ذات المرحلة الواحدة مثل المعادن والسيراميك لا تمتلك خواص حيوية مشابهة لخواص الانسجة الحية مثل العظام كبعض الخواص الكيميائية والفيزيائية والحيوية حيث لا تتوفر هذه الخواص مجتمعة في مادة واحدة لكن هناك امكانية توفرها بعدة مواد لذلك تم اللجوء الى المواد المتراكبة [6].

لذا وبالنظر لامتلاك المواد المتراكبة بعض الخواص التي تتناسب مع العديد من التطبيقات فأنها نالت مكانة مرموقة بين المواد الهندسية المختلفة، حيث أن المواد المتراكبة تجمع بين خواص مادتين أو أكثر متجاوزة مساوئ كل مادة إضافة إلى ذلك فهي تمتلك إمكانية التحكم بخواصها سواء عن طريق نوع ونسب المواد المكونة لها أو من خلال تصميمها وطرائق تصنيعها [2] .

وتعد المواد المتراكبة ذات الاساس البوليمري من المواد الحديثة الاستخدام في معظم التطبيقات الهندسية والتكنولوجية ، ومن اهم متطلبات استخدام هذه المواد هي المتانة الجيدة والاداء العالي ومقاومتها للتآكل وللإجهادات الداخلية والخارجية المؤثرة عليها اضافة الى مقاومتها للظروف [2,1] المحيطة من حرارة وضغط وغيرها .

في عام (1998) قام الباحث Qing Liu وزملاءه بدراسة الربط الكيميائي لمادة متراكبة حيوية مقواة بدقائق الهيدروكسي ابتايت وارضية من مادة بوليمرية مزدوجة مكونة من البولي ايثيلين كلايكول والبولي بروبلين تيرفيثالين إذ لاحظ تأثير العامل المساعد على الربط في الخواص الميكانيكية حيث لاحظ تحسن في هذه الخواص فيما يخص مقاومة الشد ومعامل المرونة [7]. في عام (2003) قام العالم Kai- Uwe بدراسة طريقة لتحسين Bioactive لمادة البولي بروبلين المقواة بدقائق الهيدروكسي ابتايت, المستخدمة كبدائل عن العظام المتضررة والمبتورة ,حيث استخدم مجموعتان من العينات واحدة مقواة بدقائق نانوية والمجموعة الثانية مقواة بدقائق مايكروية حيث اثبتت التقوية بالدقائق النانوية نجاحاً ملحوظا من خلال زراعتها داخل جسم حيوان لمدة ثمان اسابيع [8].

وقام الباحث Jayabalan وزملائه في عام 2010 بدراسة تأثير اضافة دقائق نانوية من مسحوق الهيدروكسياباتايت المكلسن Hydroxyapatite Calcined (HA) كحشوات تقوية بكسر وزني (30 %wt.) إلى راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس وبشكلين وحجمين مختلفين حيث استخدم دقائق هايدروكسي ابتايت مكلسن بشكل قضبان rod-like shape وبحجم دقائقي اقل من 100 nm واستخدم هيدروكسي ابتايت مكلسن بشكل كروي spherical shape وبحجم دقائقي اقل من 200 nm ووجد ان تدعيم راتنج البولي استر غير المشبع بحشوات تقوية من مسحوق الهيدروكسي اباتايت المكلسن بدقائق النانوية يعطي سطح رابط بيني interfacial bonding افضل مع المادة الاساس ووجد ايضا ان الدقائق النانوية بشكل قضبان تعطي افضل قيم للمعامل والمقاومة البايوميكانيكة Biomechanical strength [9].

قام الباحث Kahtan Khalaf وزملائه في عام 2010 بدراسة تأثير اضافة مسحوق الهيدروكسي اباتايت Hydroxyapatite (HA) المحضر وبكلا الحالتين قبل وبعد عملية الكلسنة كحشوات تقوية بكسور وزنية مختلفة (2.5 , 5 ,7.5 ,10, 12.5 , 15) إلى راتنج البولي استر غير المشبع كمادة اساس ان تدعيم راتنج البولي استر غير المشبع بحشوات تقوية من مسحوق الهيدروكسي اباتايت المكلسن يعطي قيم اعلى للخواص (مقاومة الشد ,معامل المرونة ,النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر, مقاومة الانضغاط ,معامل الانضغاط , مقاومة الانحناء ,مقاومة الصدمة ,متانة الكسر , الصلادة) من تدعيم الراتنج نفسه بحشوات تقوية من مسحوق الهيدروكسي اباتايت غير المكلسن ويرجع ذلك إلى أثر اختلاف حجم دقائق الهايدروكسي ابتايت المكلسن عن غير المكلسن[10].

2- خطة البحث

تم في هذا البحث دراسة تأثير الحجم الحبيبي لدقائق مادة Rennie الصيدلانية على خواص بوليمر البوليستر الغير المشبع وذلك من خلال استخدام عدت حجوم دقائقية لغرض دراسة السلوك الميكانيكي للمادة المتراكبة الناتجة وايضاً دراسة خاصية امتصاصية الماء من قبل المادة المتراكبة الناتجة. وإن الغرض من اختيار المادة الاساس هو توفرها وانخفاض كلفتها, اما الغرض من اختيار دقائق مادة الـ Rennie لكونها أمنة طبياً وذات تكلفة منخفضة بالإضافة الى نقاوتها. حيث إن المنتج النهائي من المادة المتراكبة المنتجة يمكن استخدامه كبدائل او مساند للعظام التي لا تتعرض لأحمال عالية.

3- الجزء العملي

3-1 المواد المستعملة

أن المواد المستعملة في تصنيع عينات البحث مكونة من مادة الأساس البوليمرية (البولي استر غير المشبع) Sirpol 8340 المنتج من أنتاج شركة SIR ومادة التقوية والتي هي عبارة عن دقائق من مادة (Rennie) الصيدلانية المنتج من انتاج شركة BAYER((وهو مُنتَج صيدلي يستعمل لمعادلة حموضة المعدةِ الذي يتكون من خليط من ($MgCO_3$,$CaCO_3$) بنسب (680 - 80) mg على التوالي، بالأضافة إلى سكر الفركتوز وموادَ أخرى وهو على شكل أقراص.

3-2 تحضير العينات

لقد تم أتباع طريقة القولبة اليدوية (Hand Lay Up Molding) في تحضير العينات، وتتلخص طريقة تحضير وصب العينات بالخطوات الآتية:-

1. يتم وزن كمية من مادة البولي استر غير المشبع على وفق حجم القالب المصمم ويتم إضافة المصلد Methyl (MEKP) Ethyl Keton Peroxide بنسبة (2 wt. %) .
2. يتم وزن كمية من مادة التقوية (Rennie) وحسب الكسر الوزني المطلوب.
3. تبدأ بعدها عملية مزج مادة التقوية ومادة الأساس عند درجة حرارة الغرفة ويخلط المزيج بشكل مستمر وببطء لتجنب حدوث الفقاعات خلال عملية المزج، ويستمر المزج مدة (8-10) دقائق إلى أن يتجانس الخليط وثم نبدأ بأضافة المصلد حيث نلاحظ البدء بارتفاع درجة حرارة المزيج والذي يعد دليلاً على بدء عملية التفاعل.
4. يتم صب المزيج السائل على شكل سيل من إحدى جوانب القالب (لتجنب حدوث فقاعات هوائية في المصبوبة والتي تسبب

حدوث الفشل فيها) بحيث يسيل إلى كل مناطق القالب بصورة مستمرة ومنتظمة إلى أن يمتلئ القالب إلى المستوى المطلوب وهنا يجب أن يكون القالب بشكل مستوٍ تماما.

5. يوضع القالب على هزاز كهربائي وتبدأ عملية هز القالب وذلك للتخلص من الفقاعات الموجودة في العينة (أن وجدت) وكذلك لتغلغل المادة الأساس في كل أركان القالب.
6. تترك المصبوبة في القالب مدة (24) ساعة لكي تتصلب setting بشكل نهائي حيث يتم الحصول على مصبوبة ثم توضع في فرن تجفيف مدة ساعة وبدرجة حرارة (55 م) ، وهذه العملية مهمة لإكمال البلمرة وللحصول على أفضل تشابك ولإزالة الاجهادات المتولدة من عملية التصنيع.
7. يتم تقطيع العينات على وفق مواصفات كل فحص باستعمال منشار شريطي ذي أسنان ناعمة جداً وذلك لضمان عدم الاهتزاز أثناء قطع العينات وكذلك نعومة أسنان المنشار سوف تعمل على تلافي التشوهات التي قد تحصل أثناء القطع، أما مرحلة ضبط الأبعاد فيتم باستعمال جهاز الكوسرة الثابتة وبعدها تتم عملية الصقل بأوراق تنعيم بدرجة (400).

3-3 طريقة تقييم (فحص) النظام المتراكب.

تم تقطيع العينات حسب الإبعاد القياسية لكل فحص بمعدل ثلاث عينات لكل اختبار ماعدا اختبار الصلادة حيث أستخدم عينة واحدة فقط لكن يتم أخذ خمس قراءات للصلادة من هذه العينة بمناطق مختلفة منها ,عينات اختبار الانحناء نفذ طبقاً إلى (ASTM D 790-86) [11] , وعينات اختبار الشد أجري طبقاً إلى (ASTM D638M- 87b) [12], وعينات الانضغاط طبقا إلى (ASTM D 695 - 02a) [13], وعينات الصدمة طبقاً إلى (ASTM D4812-99) [14], وعينات الصلادة طبقاً إلى (ASTM D 2240-05) [15], وعينات النسبة المئوية لامتصاص الماء طبقا إلى (ASTM D 570-98) [16].

4- النتائج والمناقشة:

4-1 مقاومة الشد (Tensile Test)

يلاحظ من الشكل (1) ان قيم مقاومة الشد تعتمد كثيراً على الحجم الدقائقي لدقائق مادة (Rennie) الداخلة في تكوين المادة المتراكبة وبالمقارنة بين قيم مقاومة الشد الخاصة لمادة البولي استر غير المشبع النقية حيث ان مقاومة الشد تزداد مع انخفاض الحجم الدقائقي وزيادة الكسر الوزني للدقائق عند أضافة مادة (Rennie) إلى البولي أستر غير المشبع, و بلغت أقصى مقاومة شد (65.3) MPa عند الحجم ألدقائقي (μm25) , (62.6) MPa عند الحجم ألدقائقي (μm53) , (60.22 MPa) عند الحجم الدقائقي (μm90) وجميعها كانت عند الكسر الوزني 12% , بالمقارنة مع بوليمر البولي أستر غير المشبع الخالي من أي اضافة دقائقية حيث بلغت مقاومة الشد له (42.3) MPa ويمكن اعتبار الكسر الوزني 12% هو الكسر الوزني الحرج critical weight fraction والذي تبدا عنده ملاحظة قيم الخواص بالتغير بشكل ملحوظ ومنها وصول المادة المستخدمة الى اقصى مقاومة شد, وان الكسر الوزني الحرج بدورة يعتمد على نوع الدقائق المضافة و طبيعة البوليمر المستخدم [17] . وثم بدأت مقاومة الشد بالنقصان مع الزيادة بالكسر ألوزني بعد 12% wt. , إن تفسير ذلك هو وجود دقائق ذات مقاومة شد ومرونة جيدة والمتمثلة بدقائق مادة (Rennie) سوف يسهل من عملية تغلغلها في داخل مادة الاساس وخاصة عندما تمتلك احجام دقائقية صغيرة ومن دون ان تسبب حدوث اي عيوب داخل مادة الاساس، وان هذا يزيد من قابلية الوسط المتمثل بمادة البولي استر غير المشبع على الترطيب وخاصة عندما يكون الوسط عبارة عن مادة سائلة قبل الانتهاء من عملية تصلب المادة المتراكبة، ان زيادة خاصية التبلل بين الوسط ومادة التقوية توفر زيادة في مساحة السطح البيني بين مادة التقوية ومادة الاساس وبين مادة التقوية نفسها وهذا يطابق ماتوصل له الباحث Kahtan Khalaf [10] ، كما وأن المواد المتراكبة المدعمة بالدقائق لا تعتمد فقط على خواص مكوناتها ولكن تعتمد ايضاً على طبيعة السطح البيني بين المكونات وعلى الكسر الحجمي واحياناً على الشكل الهندسي لهذه الدقائق (وهذا يطابق ماتوصل له الباحث R. P. SINGH وزملاءه [18]). كما يلاحظ ان قيم مقاومة الشد كانت تنخفض مع زيادة الحجم الدقائقي لدقائق مادة (Rennie) بنسبة انخفاض مقداره 22.1% وهذا يعود الى ان زيادة الحجم الدقائقي لمادة التقوية الدقائقية سوف يقلل من مجموع مساحات السطوح البينية للمادة المتراكبة المتكونة بين مادة التقوية ومادة الاساس مما يقلل من قوى الترابط فيما بين هذه المواد وفي النهاية يجعل المادة المتراكبة تفشل بحمل اجهادي اقل وان تواجد الدقائق بأحجام دقائقية كبيرة داخل مادة الاساس يصعب عملية تغلغلها الى داخل مادة الاساس وخلق العديد من العيوب الداخلية وفي النهاية يؤدي الى فشل المتراكب بأحمال شدية قليلة. أما سبب انخفاض مقاومة الشد لجميع الحجوم الحبيبية بعد اضافة 12% wt. من مادة Rennie يمكن ان يفسر لارتفاع معامل المرونة للمادة المركبة الناتجة وتحولها الى مادة جاسئة هشة بعد 12% wt. شكل (2), اضافة الى ضعف الترابط للسطح البيني المذكور انفاً بين الدقائق والمادة الاساس بسبب قلة الترطيب حيث ان الترابط القوي يعمل على نقل الحمل من المادة الاساس الى الاضافات الصلبة rigid filler ,اضافة الى

تكون تكتلات agglomerations لدقائق Rennie بعد اضافة 12% .wt اذ تعتبر هذه التكتلات كمكثفات للإجهادات عند تسليط حمل الشد وبالتالي تقليل مقاومة الشد.

ومن خلال الشكل (2) يلاحظ أن قيم معاملات مرونة الشد زادت مع زيادة الكسر الوزني (وهذا يطابق ما توصل اليه الباحث Quanlin Zhao وزملاءه [19]) أن قيم معاملات مرونة الشد يعتمد كثيراً على نوع و خواص وحجم الدقائق المضافة لمادة (Rennie) ويلاحظ أيضا أن قيم معاملات مرونة الشد زادت مع انخفاض الحجم الدقائقي، فقد كانت اعلى قيم لمعاملات المرونة للعينات المقواة بدقائق ذات حجوم دقائقية صغيرة بحدود (25µm) اذ كانت قيمة معامل المرونة (2550MPa)، وأن تفسير ذلك هو قابلية التغلغل والترطيب والسطح البيني المذكورة سابقاً (وهذا يطابق ما توصل اليه الباحث R. J. CARDOSO وزملاءه [20]).

ومن الشكل (3) نلاحظ أن قيم الاستطالة عند الكسر بدأت بالتناقص مع الزيادة بالكسر ألوزني لمادة (Rennie) عند أي حجم حبيبي , وأظهرت النتائج بأن أقصى قيم للاستطالة عند الكسر هي (2.25% – 2% - 1.56%) عند كسر وزني (4%) وللحجوم الحبيبية (25 – 53 – 90) µmعلى التوالي بالمقارنة مع نسبة الاستطالة للعينة الأصلية الخالية من أي أضافه حيث كانت (2.36%) . وتفسير ذلك ربما يكون بسبب كون الدقائق كمناطق تركيز الاجهادات داخل المادة الاساس .ولهذا فأن المادة الاساس لا تشارك بشكل كافي بالنسبة المئوية للاستطالة لذلك فـأن المـادة المركبة الناتجة غير مرنة (وهذا يطابق مع ما توصل الباحث Khalaf Kahtan [10]).

2-4 اختبار الانضغاط Compression Test

الشكل (4) يبين العلاقةَ بين الحجم الدقائق والكسر الوزني على مقاومة الانضغاط، حيث يُلاحظ أن مقاومة الانضغاط تزداد عند أضافة مادة (Rennie) إلى البولي أستر غير المشبع مع زيادة الكسر الوزني لغاية 12% ثم تبدا بالنقصان, حيث بلغت أقصى مقاومة انضغاط (49.5 MPa) عند الحجم الدقائقي (90µm)؛ (50) MPa عند الحجم الدقائقي (53µm)؛ (51.5) MPa عند الحجم الدقائقي (25µm) و عند كسر وزني 12% , بالمقارنة مع بوليمر البولي أستر غير المشبع الخالي من أي اضافة دقائقية حيث بلغت مقاومة الانضغاط له (47) MPa , نلاحظ ان قيم مقاومة الانضغاط القصوى تبدا بالانخفاض مع زيادة الكسر الوزني لدقائق مادة (Rennie) بعد 12%.wt وهذا يعود لحصول الفشل الانضغاطي ومن الأسلوب القصي Shear Mode الذي ينمو عبر الطبقات الداخلة ضمن المادة المتراكبة وهذا يؤدي الى حصول فشل بشكل متتابع Sequence failure نتيجة لزيادة التشوه القصي Shear Deformation (وهذا مشابه لما توصل اليه الباحثان Kahtan Khalafو R. J. CARDOSO [20]) [10] ، وان احد اسباب حصول هذا النوع من الفشل يعود الى وجود عيوب تصنيعية في المادة (مثل ضعف السطح البيني للترابط Interfacial Bonding بين المادة الاساس و الدقائق او التوزيع غير المنتظم uniform distribution للدقائق ضمن المادة الاساس) وهذه العيوب التصنيعية تشكل مناطق لتركيز الاجهادات وبذلك يحصل الفشل في العينة. كما كانت أقل قيمة لمقاومة الانضغاط هي عند الحجم الدقائقي مقداره (90 µm) مقارنة مع الحجوم الدقائقية الاخرى (53 , 25) µm . وهذا يعود الى وجود دقائق بأحجام صغيرة سوف تعمل على عرقلة حركة الشقوق وذلك لسهولة ملئ الفسح والفجوات الهوائية الموجودة ما بين مكونات مادة البولستر الغير المشبع بالإضافة الى سهولة انسياب المادة الاساس وقابلية الترطيب Wettability للدقائق الصغيرة لكبر مساحة التماس مما يؤدي لزيادة الترابط بين الدقائق و المادة الاساس وبالتالي ارتفاع مقاومة الانضغاط للمادة المتراكبة الناتجة، وعلى العكس فعند استخدام دقائق باحجام كبيرة سوف يساعد على زيادة نشوء الفجوات والفسح الهوائية وكذلك خلق الكثير من العيوب الداخلية مما يقلل الترابط بين مكونات المادة المتراكبة عند تصلبها وعليه سوف يقلل من قيم مقاومة الانضغاط، ومما يزيد من انخفاض قوة التلاصق هو استخدام دقائق ذات احجام دقائقية كبيرة والتي سوف تقف عائقاً امام انسياب مادة الاساس السائلة بين دقائق التقوية وبالتالي سوف تقلل من قابلية التبلل مما يقلل من قوة الارتباط [21] .

3-4 اختبار الانحناء (Flexural Test)

الشكل رقم (5) يبين العلاقة بين الكسر الوزني لمسحوق مادة (Rennie) ومقاومة الانحناء , حيث أن مقاومة الانحناء زادت مع زيادة الكسر الوزني لمادة (Rennie) ولجميع الاحجام الحبيبية وذلك للتوزيع المنتظم للدقائق داخل المادة الاساس ولزيادة مساحة الترابط البيني مابين مادة الاساس ومادة التقوية مما يزيد من قوة الترابط بعد تصلب المادة الاساس ويؤدي ذلك الى التقليل من خلق الفسح الهوائية والعيوب وفي النهاية تزيد من قيم مقاومة الانحناء (وهذا ما أكده الباحث Elia [22] والباحث علي عتيوي وزملاءه [23] و الباحث Nasif [24]). وكانت أقصى قيم لمقاومة الانحناء هي (79.72 MPa عند 16wt% للحجم 25µm) و (70.27 MPa عند 12wt% للحجم 53µm) و (61.8 MPa عند 8wt% للحجم 90µm) بالمقارنة مع العينة الأصلية الخالية من أي إضافة حيث بلغت

(MPa 55.56). أن النقصان الحاصل في مقاومة الانحناء بعد الكسر ألوزني (12% wt) للحجوم (53 و90)µm وبعد الكسر ألوزني (16% wt) للحجم (25 µm)هو ناتج من تكتل الدقائق وأيضاً من النقصان في قابلية التبلل للحبيبات وبالتالي تتكون مناطق لتركيز الاجهادات التي سيبدأ منها الفشل .

الشكل (6) يبين أن معامل مرونة الانحناء قد أزداد مع زيادة الكسر الوزني للدقائق لكافة الحجوم الحبيبية .تم الحصول على أقصى القيم عند الكسر الوزني 20% حيث بلغت (5390.28 للحجم 25 µm) و (5764.308 للحجم 53 µm) و(6072.8 للحجم µm90) MPa بالمقارنة مع العينة الأصلية الخالية من أي إضافة حيث كانت (2882.15 MPa) .أن تفسير الزيادة في معامل مرونة الانحناء هو امتلاك جزيئات مادة Reenie مرونة عالية أعلى من مرونة مادة الأرضية بالإضافة إلى أن معامل مرونة الانحناء كان أعلى عند الحجوم الكبيرة نتيجة لعدم التكتل وزيادة المساحة السطحية بالمقارنة مع الحجوم الصغيرة [22].

4-4 اختبار الصدمة (Impact Test)

من خلال الشكل رقم (7) يلاحظ إن قيم مقاومة الصدمة ارتفعت ارتفاعاً طفيفاً حيث بلغت أقصى قيمة لمقاومة الصدمة عند الكسر الوزني 4% ولجميع الحجوم وكانت عند الحجم الدقائقي (µm25)(4.48 KJ/m^2)وعند الحجم الدقائقي (µm53) كانت (4.4 KJ/m^2) وعند الحجم الدقائقي (µm90) كانت (4.34 KJ/m^2) بالمقارنة مع مادة البولي أستر الاساس النقية حيث كانت مقاومة الصدمة لها (4.3 KJ/m^2) , وبعدها تبدأ مقاومة الصدمة بالانخفاض مع الزيادة بالكسر الوزني أكثر من 4% حيث كانت اقل قيمة عند الكسر الوزني 20% .وتعزى الزيادة في مقاومة الصدمة للمادة المتراكبة المحضرة إلى تحمل مواد التقوية جزءاً من الإجهاد الصدمي وذلك لزيادة الترابط بين المادة الأساس ومادة التقوية نتيجة تغلغل المادة الأساس بين المادة المقوية مما يؤدي ذلك إلى زيادة الطاقة اللازمة لكسر العينة كما وتعمل المادة المقوية كمعوقات لتقدم الكسر وتعتمد هذه الإعاقة على مدى قوة الترابط للسطح البيني بين مادة التقوية ومادة الأساس (وهذا ما أشار اليه الباحث R. J. CARDOSO [20] والباحث R. P. SINGH [18] و الباحث Khalaf Kahtan [10]) وذلك لانتقال الكسر خلال السطح البيني حول دقائق مادة (Rennie) في حالة عدم فشل الدقائق, علاوة على اعتماد المادة المتراكبة على نسبة الكسر الوزني للدقائق وشكلها وحجمها ونظام توزيعها Particles distribution ضمن المادة الأساس أذ كلما زاد الكسر الوزني (بعد 4%) أدى الى زيادة المناطق البينية الضعيفة weak interfacial regions بين المادة الأساس ومواد التقوية وبذلك سوف يؤدي إلى زيادة العيوب ونقصان في مقدار الطاقة اللازمة لحدوث الكسر اي أن المادة تتمزق عند مناطق وجود التشققات في المادة الاساس وخصوصا عند الحد الفاصل بين المادة الاساس ومادة التقوية [26] اي ان دقائق مادة (Rennie) لا تستطيع ان تحد من تشكل الشق بكفاءة . وأن سبب الانخفاض الحاصل الناتج من زيادة الحجم الدقائقي هو لصعوبة تغلغل الدقائق الكبيرة داخل مادة الأساس مما يقلل من قابلية تبلل Wettability مادة الأساس لمادة التقوية وأن هذا سوف يقلل مساحة التلامس السطحية ومن ثم ضعف قوة الترابط بين مكونات المادة المتراكبة المحضرة [27] علاوة على تكوين الكثير من العيوب والتي تعمل كمراكز لتركيز وتكثيف الاجهادات Intensity Stress مما يساعد على سرعة نمو الشق Speed of crack propagation خلال مادة البوليستر الغير المشبع وهذا يقلل من الطاقة اللازمة للكسر وبالتالي يقلل من قيم طاقة الصدم الممتصة ويؤدي الى كسر العينة بحمل صدمي ادنى (وهذا ما توصل اليه الباحث CARDOSO [20]أيضاً).

5-4 اختبار الصلادة (Hardness) Test

في البحث الحالي تم اجراء فحص الصلادة باستخدام صلادة (Shore Durometer) نوع (shore D)، الشكل (8) حيث ان قيم الصلادة تزداد مع انخفاض الحجم الدقائقي وزيادة الكسر الوزني للدقائق عند أضافة مادة (Rennie) حيث بلغت اقصى قيمة للصلادة (shore D 87.5) عند الحجم الدقائقي (µm25) و(shore D 87) عند الحجم الدقائقي (µm53) و(shore D 87.2) عند الحجم الدقائقي (µm90) حيث بلغت هذه القيم عند الكسر الوزني 20% بالمقارنة مع عينات البولي أستر غير المشبع الخالية من أي اضافة دقائقية حيث بلغت صلادتها (shore D 83) ويعود سبب ذلك لنوع و خواص الدقائق المضافة, واعتماداً على صلادة hardness وهشاشة Brittle دقائق مادة (Rennie) المضافة إلى البولي أستر غير المشبع حيث انها تؤثر على صلادة المادة المتراكبة الناتجة، ومن مفهوم الصلادة يمكن عدّها مقياساً للتشوه اللدن الذي يمكن أن تعاني منه المادة تحت تأثير أجهاد خارجي وبذلك فان إضافة الدقائق ترفع من صلادة المادة نتيجة لزيادة مقاومتها للتشوه اللدن(وهذا ما توصل اليه الباحث سه وينج [28] والباحث Kahtan Khalaf [10] ايضاً). ولكن مع أرتفاع الحجم الدقائقي تبدأ الصلادة بالانخفاض تدريجياً حيث بلغت أقل صلادة تم الحصول عند الحجم الدقائقي (µm25) مقارنةً مع الحجم الدقائقي(53 µm) و(90 µm), وتفسير الزيادة في قيم الصلادة مع انخفاض الحجم الدقائقي هو سهولة تغلغل الدقائق ذات

الاحجام الصغيرة الى داخل المادة الاساس (ما بين شبكة السلاسل البوليمرية الثلاثية الابعاد) والى داخل الفسح البينية و المسامات البينية التي تتكون اثناء عملية تحضير المادة المتراكبة كل هذا ساعد في زيادة مساحة التماس ما بين مكونات المادة المتراكبة المحضرة(الدقائق والمادة الاساس) ومن ثم زيادة الترابط فيما بينها وبشكل متكامل مما اعطى قيم اكثر ايجابية عند فحص الصلادة وعلى العكس من ذلك فانه عند وجود دقائق كبيرة سوف تكون هذه الدقائق عائقاً امام انسياب مادة البولي أستر غير المشبع بشكل متجانس الى ما بين هذه الدقائق مما ادى الى زيادة خلق الكثير من الفجوات والمسامات الهوائية وبالتالي ادى الى انخفاض قيم الصلادة (وهذا ما أشار اليه الباحث سه وينج [28])

6-4 النسبة المئوية لامتصاص ماءِ

الشكل (9) يبين العلاقةَ بين الحجم الدقائق والكسر الوزني على النسبة المئويةِ لأمتصاص الماء، حيث يُلاحظ أن النسبة المئوية لامتصاصية الماء تزداد مع زيادة الحجم الدقائقي وزيادة الكسر الوزني للدقائق عند أضافة مادة (Rennie) إلى البولي أستر غير المشبع, حيث بلغت أقصى نسبة مئوية لأمتصاص الماء (0.321 %) عند الحجم الدقائقي (90µm) و (0.298%) عند الحجم الدقائقي (53µm) و (0.2888%) عند الحجم الدقائقي (25µm) و عند كسر وزني 20% , بالمقارنة مع بوليمر البولي أستر غير المشبع الخالي من أي اضافة دقائقية حيث بلغت النسبة المئوية لامتصاص الماء له (0.263 %) كما كانت أقل قيمة للنسبة المئوية لأمتصاص الماء هي عند الحجم الدقائقي مقداره (25µm) ومع أرتفاع الحجم الدقائقي تبدأ النسبة المئوية لامتصاص بالارتفاع تدريجياً حيث بلغت أعلى قيمة تم الحصول عند الحجم الدقائقي (90 µm) مقارنةً مع الحجم الدقائقي(53 µm) و(25 µm) و سببَ هذا هو أن المادة المضافة هي مادة سيراميكية وتعتبر مادة مسامية لها قابلية على امتصاص السوائل(المادّة المقوية ماصة للماء بشكل اعلى من مادة الاساس) وزيادة حجم الدقائق يعني زيادة بالمساحة المعرضة للماء أي كلما زاد الحجم الدقائقي زادت المساحة الماصة المعرضة للماء وكلما قل الحجم قلت المساحة الماصة المعرضة للماء [29].

5- الاستنتاجات:

تم استخدام مسحوق مادة (Rennie) لتحضير المادة المتراكبة بكسور وزنية مختلفة (4 , 8 , 12 , 16 , 20) وبثلاثة أحجام مختلفة (25 , 53 , 90) µm. وقد بينت النتائج ما يلي

1. مقاومة الشد ومعامل المرونة ومقاومة الانحناء ومعامل الانحناء ومقاومة الانضغاط والصلادة لمتراكبات البوليستر أظهرت أرتفاعاً مع الزيادة بالكسر الوزني ونقصان بالحجم الحبيبي للدقائق المقوية ,
2. النسبة المئوية للامتصاص الماء أظهرت أرتفاعاً مع الزيادة بالكسر الوزني والحجم الحبيبي.
3. أن قيم الاستطالة ومقاومة الصدمة قلت مع الزيادة بالكسر الوزني للدقائق.
4. بينت النتائج أن العينات المقواة بدقائق مادة (Rennie) ذات الحجم الحبيبي (25µm) أظهرت قيم أعلى من العينات المقواة بدقائق ذات حجوم حبيبة (53 و 90)µm وبشكل عام أظهرت الحجوم الحبيبية (25 و53) µmمن خلال الفحوصات تحسين جيد في الخواص الميكانيكية والفيزيائية أعلى من الحجم (90 µm)

المصادر

[1] Lutton, P.P. and Ben- Nissan, B., "Mat. Tech." 12, [3-4], 119-126, 1997.

[2] Katti Ks., "Biomaterial in Total Joint Replacement" Colloids Surf. B Biointerfaces, 39: 133-142, 2004.

[3] B. S. Kim, D.J. Mooney, "Trends Biotechnol" 16, 224, 1998.

[4] J. S. Temenoff, A. G. Mikos, "Biomaterials" 21, 2405, 2000.

[5] Carsten Schiller, Matthias Eppile, "Carbonated Calcium Phosphates are Suitable pH- Stabilizing Fillers for Biodegradable Polyesters" Biomaterials. Vol. 24, 2003.

[6] http://www.en.wikipedia.org/encylopedia of biomaterials and biomedical engineering. Biocomposites.

[7] Qing Liu, Joost R. De Wijn, Clemens A. Van Blitterswijk, "Composite Biomaterials with Chemical Bonding between Hydroxyapatite Filler Particles and PEG/PBT Copolymer Matrix" Journal of Biomedical Materials Research, Volume 40, Issue 3, pages 490–497, 5 June 1998.

[8] Kai- Uwe Lewandrowski, Shrikar P. Bondre, Donald L. Wise, Debra J. Trantolo, "Enhanced Bioactivity of a Poly (Propylene Fumarate) Bone Graft Substitute by Augmentation with NanoHydroxyapatite" Bio-Medical Materials and Engineering, Volume 13, Number 2, pages 115-124, 2003.

[9] M. Jayabalan , K.T. Shalumon, M.K. Mitha, K. Ganesan ,M. Epple ; "Effect of hydroxyapatite on the biodegradation and biomechanical stability of polyester nanocomposites for orthopaedic applications"; Acta Biomaterialia, Volume 6, Issue 3, Pages 763–775, March 2010.

[10] Kahtan Khalaf Al-khazraji, Waleed Asim Hanna, Rabab Asim Abdul-Aziz, "Preparation and Characterization of Polymer- Ceramic Composite Bio-material", Engineering & Technology Journal, Vol.28, No.13, Pages: 2497-2515, 2010

[11] Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, Designation: D 790 – 03 Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.01 Plastics (I): D 256 - D 3159 (2003).

[12] Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics D638M- 87b, Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.01 Plastics (I): D 256 - D 3159 (1988).

[13] Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics, Designation: D 695 – 02a Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.01 Plastics (I): D 256 - D 3159 (2002).

[14] Standard Test Method for Unnotched Cantilever Beam Impact Resistance of Plastics, Designation: D 4812 – 99, Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.02 Plastics (II): D 3222 - D 5083

[15] Standard Test Method for Rubber Property—Durometer Hardness, Designation: Annual Book of ASTM Standard, D 2240 – 05, Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.01 Plastics (I): D256-D 3159(2007).

[16] Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, Designation: D 570 – 98, Annual Book of ASTM Standard, Volume 08.01 Plastics (I): D 256 - D 3159(1999).

[17] M.S. Bhatnagar, Polymer Vol.2 (Processing and Applications), S.CHAND &COMPANY Ltd. New Delhi, 2004, Reprint 2008

[18] R. P. SINGH, M. ZHANG, D. CHAN, "Toughening of a brittle thermosetting polymer: Effects of reinforcement particle size and volume fraction", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Volume 37, Issue 4, pp. 781-788, 2002 :IVSL:

[19] Quanlin Zhao, Zhijun Jia, Xiaogang Li, Zhengfang Ye, "Effect of $Al(OH)_3$ Particle Fraction on Mechanical Properties of **Particle**-Reinforced Composites Using Unsaturated Polyester as Matrix", Journal of Failure Analysis and Prevention, Volume 10, Issue 6, pp 515-519, December 2010.

[20] R. J. CARDOSO, A. SHUKLA, A. BOSE, Effect of particle size and surface treatment on constitutive properties of polyester-cenosphere composites, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE ,Volume 37, Issue 3, pp. 603-613, 2002 :IVSL:

[21] Shao-Yun Fu, Xi-Qiao Feng, Bernd Lauke, Yiu-Wing Mai, effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites, Elsevier, Composites part B, vol.39, issue 6, 933-961,2008 : IVSL:.

[22]. Elia, "Studying the Effect of Adding Sea Nodules Powders on Flexural Strength and Hardness of Unsaturated Polyester Resin", Engineering & Technology Journal, Vol.29, No.13, Pages: 2807-2817, 2011.

[23] علي حسين عتيوي, ليث وضاح اسماعيل, أسيل محمود عبد الله, "دراسة بعض الخواص الميكانيكية لمادة بوليمرية مقواة برايش و مسحوق النحاس" المجلات الاكاديمية العلمية العراقية , مجلة الهندسة, العدد 5 مجلد 18 , الصفحة 103-113 ايار 2012.

[24] Rafah A. Nasif," Study the Effect of Volume Fraction of Mica with Different Particle Size on the Mechanical and Electrical Properties for Unsaturated Polyester Composites", Engineering & Technology Journal, Vol.30, No.20, pp. 3573-3580,2012.

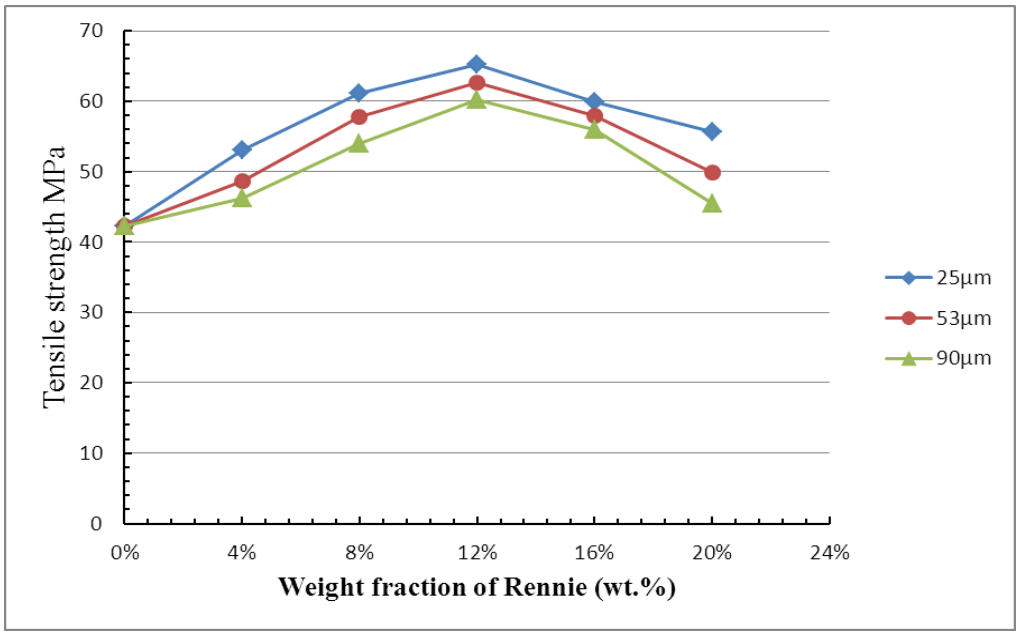
[25] Chensong Dong, Ian J. Davies," Flexural properties of macadamia nutshell particle reinforced polyester composites" Science Direct, by Elsevier, Composites Part B: Engineering, Volume 43, Issue 7, Pages 2751–2756, October 2012, :IVSL:.

[26] I. L. Dubnikova, S. M. Berezina, A. V. Antonov, "Effect of Rigid Particle Size on the Toughness of Filled Polypropylene", Wiley Periodicals, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 94, pp.1917–1926 (2004): IVSL:.

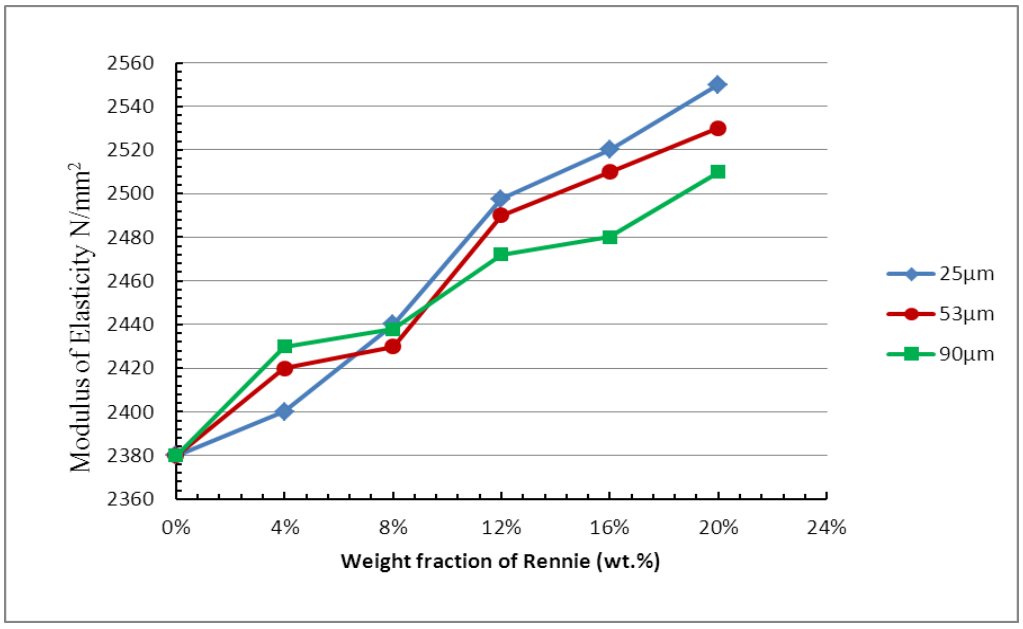
[27] Shiny Velayudhan, P. Ramesh, H. K. Varma ; Mechanical Properties of Hydroxyapatite- Filled Ethylene Vinyl Acetate Copolymer Composites: Effect of Particle Size and Morphology, Wiley Periodicals, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 119, pp.1594–1601, 2011 :IVSL:.

[28] سه وينج نور الدين رفيق, نجلاء رشدي محمد "تأثير حجم وتركيز مالئات دقائقية على الخصائص الميكانيكية والحرارية لمتراكب بوليمري",,المجلات الاكاديمية العلمية العراقية ,مجلة التقني, المجلد 23, العدد1, الصفحة A1-A10 , 2010.

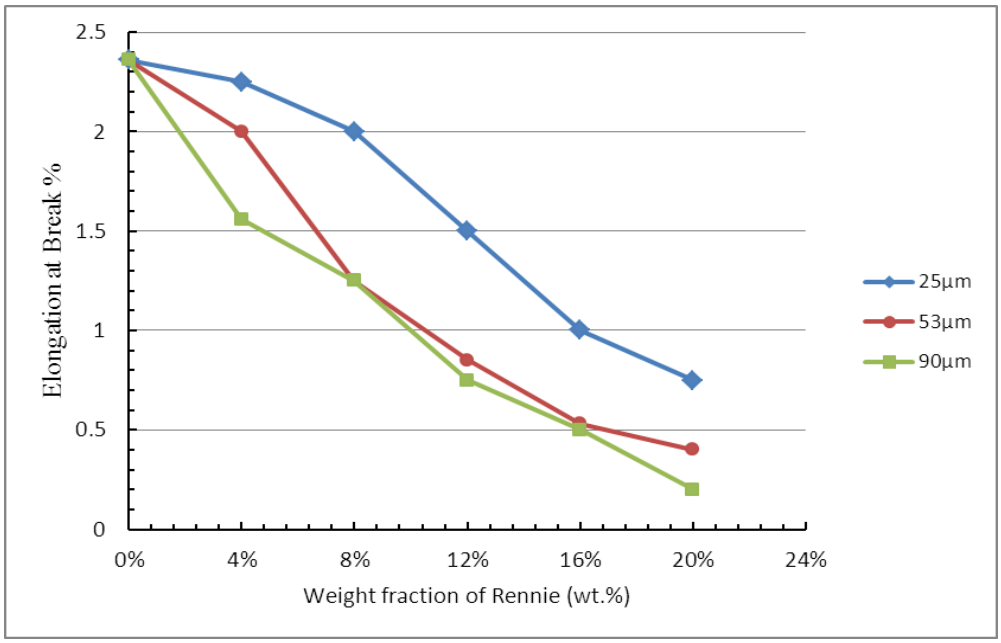
[29] James F. Shackelford; Bioceramics; Rutgers University, Piscataway, New Jersey, USA 1999.



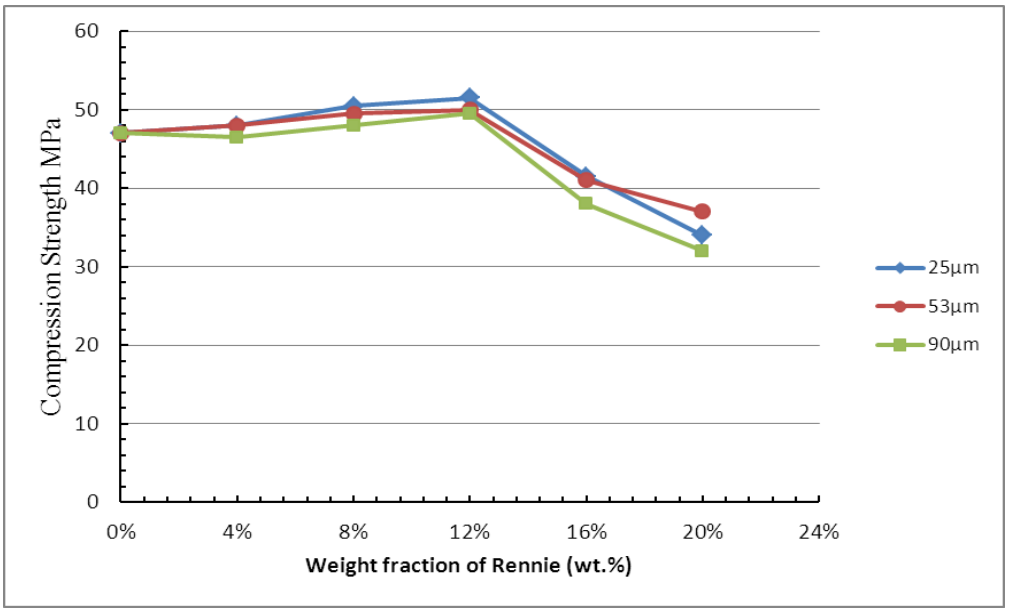
الشكل (1) العلاقة بين مقاومة الشد والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) % *wt.*



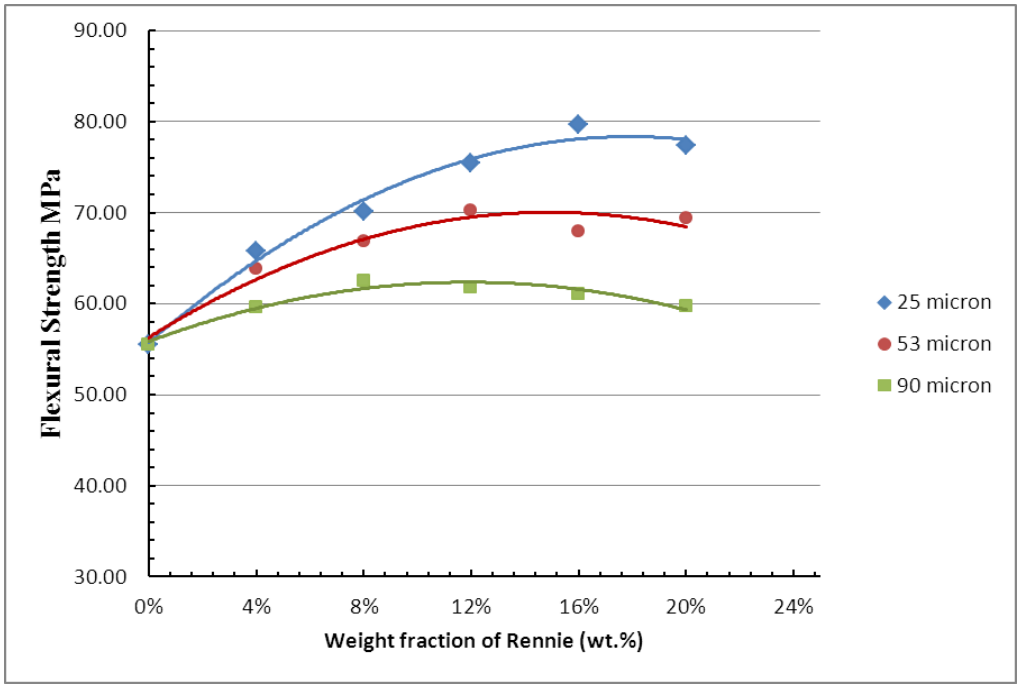
الشكل (2) العلاقة بين معامل مرونة الشد والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) *wt.%*



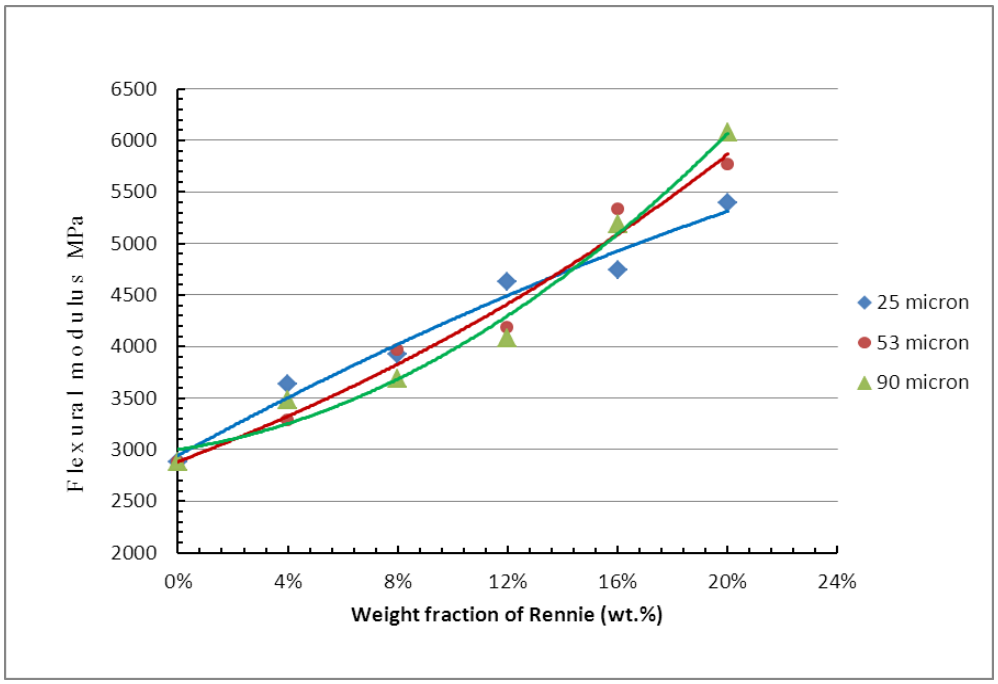
الشكل (3) العلاقة بين الاستطالة والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) wt.%



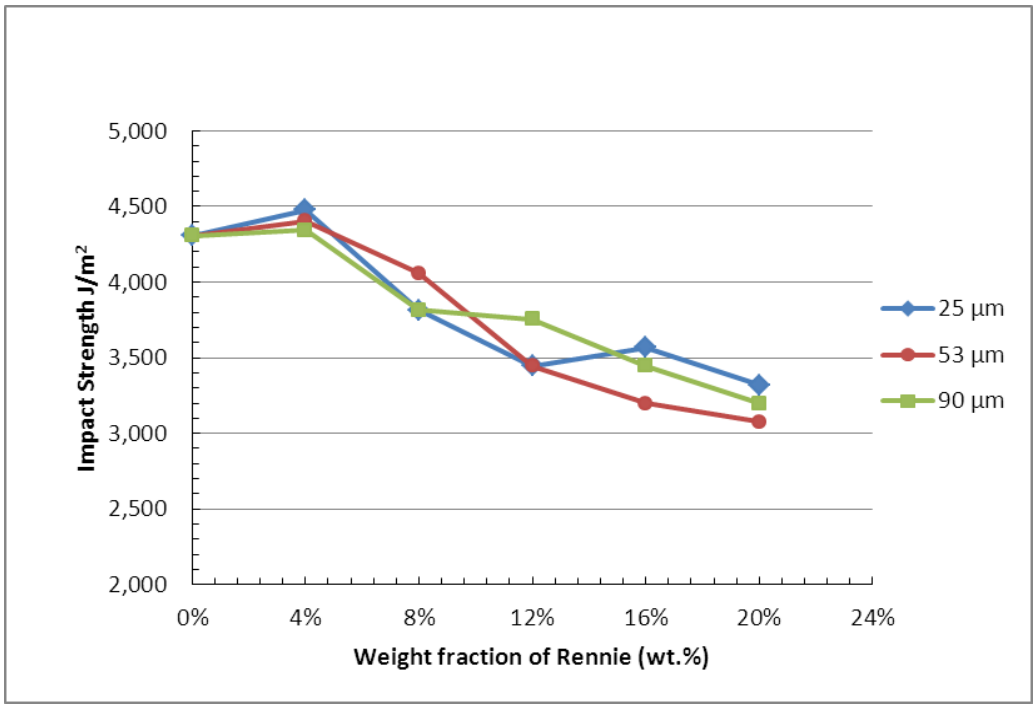
الشكل (4) العلاقة بين مقاومة الانضغاط والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) wt.%



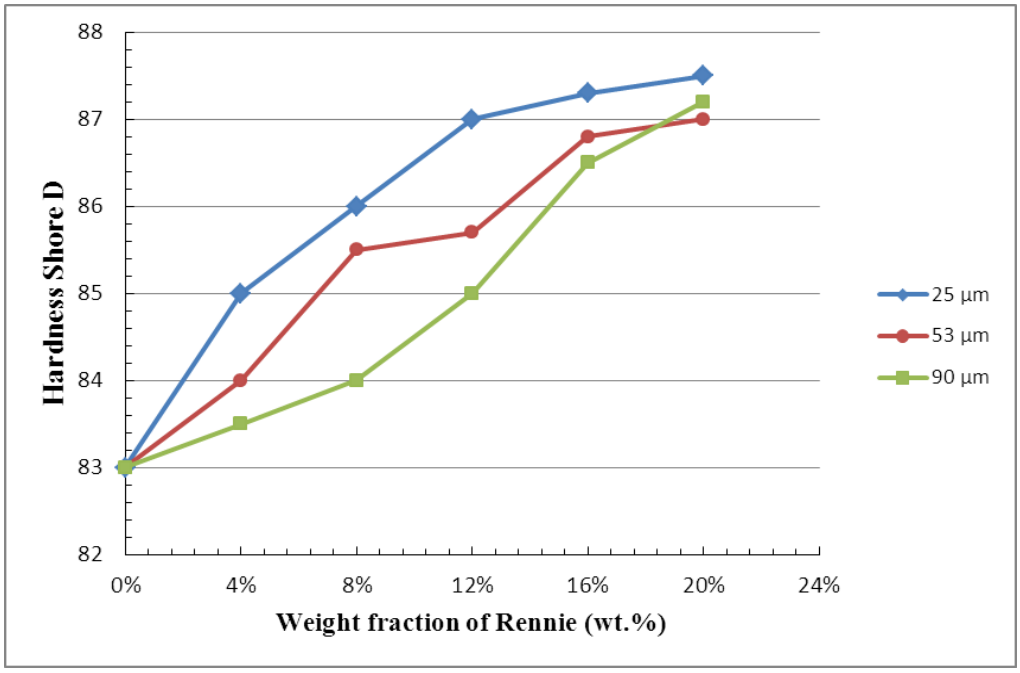
الشكل (5) العلاقة بين مقاومة الانحناء والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) % wt.



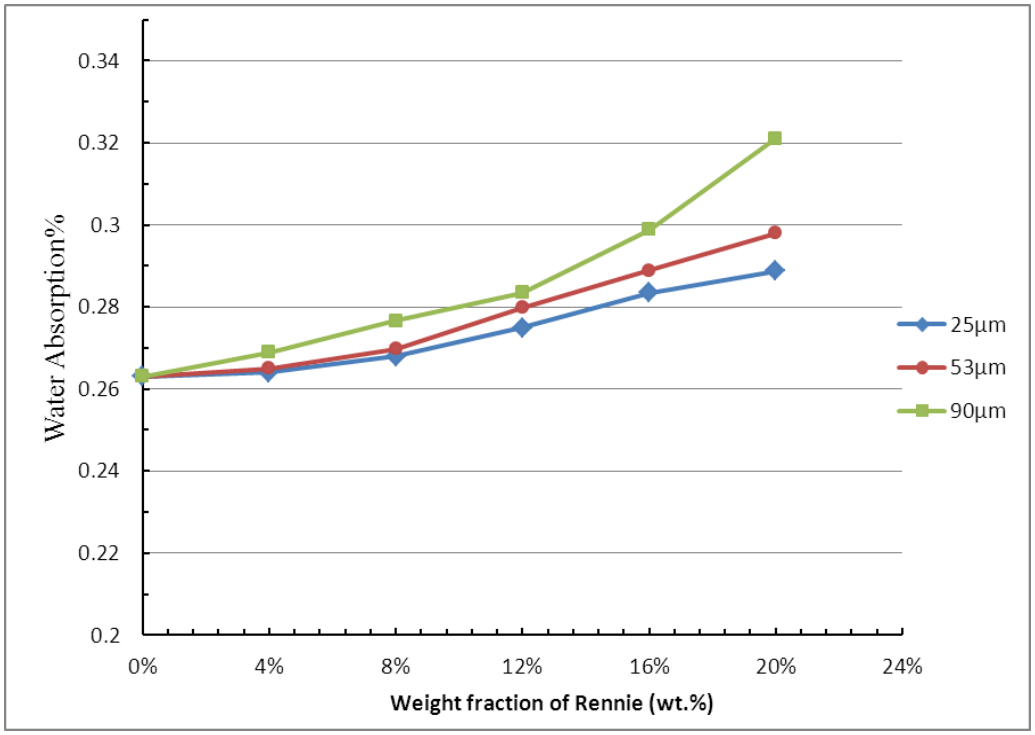
الشكل (6) العلاقة بين معامل مرونة الانحناء والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) wt.%



الشكل (7) العلاقة بين مقاومة الصدمة والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) % wt.



الشكل (8) العلاقة بين الصلادة والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) wt.%



الشكل (9) العلاقة بين امتصاصية الماء والحجم الحبيبي والكسر الوزني لمسحوق Rennie عند مدى من (4-20) % wt.

Study the Effect of Adding Pharmaceutical Rennie Particles to Composite Materials with Polyester Matrix to be used in Medical Purposes

Ismail Ibrahim Marhoon
Material Engineering Department/ College of Engineering/Al-Mustansiriya University/Baghdad

Hayder Abbas Sallal
Mechanical department / Technical Institute Kufa

Abstract:

The study carried out on the Rennie filled unsaturated polyester composites of varying size and different filler concentration reveals changes of the mechanical and physical properties of the composites, these changes in the properties of the Rennie filled polymer composites make them suitable for their use in medical, biomedical and pharmaceutical applications on large extent. This work focuses on the preparation of base polymer matrix (unsaturated polyester) composite materials by (Hand Lay-Up) method, and studying the effect of selected grain size (25, 53, and 90) µm of (Rennie) particles on some properties of the prepared composite. Some mechanical tests were used to evaluate the prepared system (Tensile, Compression, Impact, and Hardness) tests, and a physical test of (Water absorption %), and all tests were accomplished at room temperature. Maximum results of tensile strength, elongation at brake, young's module, compression strength, flexural strength, flexural modulus, impact strength, hardness and water absorption were ((55.6 MPa),(2.36 %), (2550 MPa), (51.5 MPa), (77.33 MPa), (6072.8 MPa),(4.48 KJ/m^2), (87.5 Shore (D)) and (0.321%)) respectively at using (25µm) except for flexural modulus and water absorption at (90 µm)..

Keywords: Unsaturated polyester - matrix composite bio-material, Rennie particles, particle size, weight fraction, mechanical and physical tests**.**