

دراسة تأثير اختلاف الجرعة الإشعاعية على بعض الخصائص الميكانيكية لمادة متراكبة من الراتنج النوفولاك متعرضة لأشعة ذات طاقة عالية

رولا عبد الخضر عباس* مزهر علي صاحب** محمد صلاب حمزة***

* قسم العلوم التطبيقية / الجامعة التكنولوجية

** قسم هندسة الكهروميكانيكي/ الجامعة التكنولوجية

*** قسم هندسة المواد/ الجامعة التكنولوجية

(Received 23 March 2008; accepted 2 June 2009)

الخلاصة

تضمنت هذه الدراسة تحضير مادة متراكبة من راتنج الفينول- فورمالدهيد نوع (نوفولاك) كمادة أساس للمادة المتراكبة، بينما استعملت ألياف الزجاج نوع (E-glass) بشكل ألياف قصيرة كمادة مقوية. وقد كانت نسبة الكسر الوزني للألياف تقدر بـ (60%)، كما استخدم طريقة التشرب (method Impregnation) في تحضير هذه المادة المتراكبة باستعمال القولية بمكابس الضغط. وأن هذه المادة المتراكبة المحضرة شُعت بأشعة غاما المنبعثة من النظير المشع (^{60}Co) ذات معدل طاقة (1.25Mev) وبجرع أشعاعيه مختلفة هي (208,312, 728) KGy. ومن ثم تمت مقارنة خواص هذه المادة المتراكبة المتمثلة بفحص (الانحناء، متانة الثني، مقاومة القص الداخلية، الصلادة السطحية و مقاومة الصدمة) مع تلك الخواص لهذه المادة المتراكبة غير المشعة وذلك لملاحظة تأثير التشعيع على المقاومة الإشعاعية لهذه المادة. أظهرت النتائج المقارنة إن تدعيم الراتنج النوفولاك بألياف الزجاج يعمل على تحسين مقاومته الإشعاعية، وأن زيادة الجرعة الإشعاعية إلى (312) KGy تؤدي إلى زيادة جميع الخصائص الميكانيكية المدروسة في بداية الأمر لتتخفض بعد ذلك هذه الخصائص مع الاستمرار بزيادة الجرعة الإشعاعية. هذا ومن الجدير بالذكر تم الاستعانة بالمجهر الإلكتروني الضوئي لدراسة السمات السطحية للنماذج الخاضعة لبعض من الفحوصات السابقة الذكر.

الكلمات المفتاحية: المقاومة الإشعاعية، المواد المتراكبة الفينولية، راتنج النوفولاك، التشعيع بأشعة كاما، الجرعة الإشعاعية، الأشعة المؤينة، معامل المرونة، مقاومة الثني، مقاومة الصدمة، الصلادة

1. المقدمة

وعليه أجريت العديد من الدراسات التي تبحث في موضوع تأثير الأشعة المؤينة على الخواص الفيزيائية للعوازل الكهربائية البوليمرية، ففي عام (1979) قام الباحثان (Zahrani) و(Nofal) بدراسة تأثير تشعيع بولي كلوريد الفانيليل بأيونات الهيدروجين وبفترات زمنية مختلفة وصلت إلى ثمانية أيام فوجد أن لزوجة المحلول (PVC مذاب في سايكوهكسانون) تقل في المراحل الأولى من التشعيع وبعدها تزداد قيمة اللزوجة [4]. وفي عام (1981) أجريت تجارب من قبل العالمين (Klabunde) و(Coltman) حيث عملوا على تشعيع الأيبوكسي والبولي أميد الداخلة في صناعة المتراكبات بأشعة كاما وفي درجة حرارة (4.9⁰k) واخضعوا هذه المتراكبات المشعة لفحوص ميكانيكية (فحص الثني ذو النقاط الثلاثة، فحص الانضغاط) وفي درجة حرارة (300⁰k, 77⁰k) ومن خلال هذه الفحوصات استنتجوا إن هناك انحدار في قيمة أقصى مقاومة انثنائية لراتنج الأيبوكسي والبولي أميد عند حرارة (77⁰k, 300⁰k) وعند المقارنة بين الراتنجين توصلوا إلى إن راتنج البولي أميد هو أكثر مقاومة من راتنج الأيبوكسي لأشعة كاما [5]. وفي عام (1983) أجريت تجارب من قبل العالم (Balakrishna) وجماعته حيث قاموا بتشعيع متراكب الأيبوكسي المسلح بالألياف الزجاج بأشعة كاما مقدارها (10⁸rad) حيث عملوا على إجراء فحص الكلال (Fatigue) (هو إحدى الفحوص الميكانيكية) وفي درجتي حرارة (77⁰k

قد شاع استخدام المواد المتراكبة ذات الوسط الفينولي (Phenolic) في أغلب التصميمات الحديثة نظراً لتفوق خواصها الحرارية على بقية المواد الراتنجية، فهناك تطبيقات عديدة برزت فيها الحاجة إلى مواد ذات قابلية عالية على تحمل درجات الحرارة المرتفعة أثناء تعرضها لأشعة ذات طاقة عالية (radiation High - energy)، كما هو الحال في العديد من الدوائر الكهربائية المستعملة في تجهيزات القدرة النووية (equipment High - voltage) وكما سكات للمواد المشعة خلال الأجهزة النووية أو كطلاءات وقائية (Protective coatings) في منشآت توليد القدرة النووية [1]. أن تعرض البوليمرات لأشعة ذات طاقة عالية ك (أشعة غاما، الأشعة السينية، النيوترونات (Neutrons)، الإلكترونات (Electrons)، البروتونات (Protons) والديترونات (Deuterons)) يؤدي إلى حدوث عمليات تأين وتهيج للجزيئات وبالتالي الحصول على جزيئات منهجة وأيونات ومن ثم يؤدي إلى إنتاج الجذور الحرة وأن عدد الجذور الحرة الناتجة يتناسب مع جرعة التشعيع [1] [2]. وجدير بالذكر أن هذه الجذور ربما تتفاعل وتغير من التركيب الكيميائي للبوليمر وبالتالي فإنها تغير من الخواص الفيزيائية للبوليمر [3].

(Water) والتشعيع بأشعة كاما (Gamma-ray irradiation) على الخواص الميكانيكية لهذه المادة المترابكة المحضرة. ولقد استنتج الباحث وجماعته أن خاصية الشد تتحسن مع الزيادة الابتدائية لزمان التعرض للتجوية الطبيعية (weathering) الشد (Tensile Strength) ومعامل يونك (Natural modulus) (Young's) تزداد مع الزيادة الابتدائية للجرع الإشعاعية ثم بعد ذلك تقل أيضاً، على العكس من ذلك، فإن عند الكسر لا تتغير هذه الخواص للمادة المترابكة بعد غمرها في الماء ولمدة (15) يوم ولكنها سرعان ما تشهد زيادة بعد ذلك. كما أشارت هذه الدراسة إلى حقيقة أن هذه التغيرات الحاصلة في خواص هذه المادة المترابكة المحضرة يفترض نتيجة للتأثر المتبادل بين التشابك الترابطي (Cross-linking) وتفاعلات انقلاق السلسلة (Chain scission) والتي تحدث تحت ظروف التجوية الطبيعية والتشعيع بأشعة كاما بالإضافة إلى عمليات التلدن (Plasticizing) بتأثير امتصاص جزيئات الماء خلال غمر النماذج المحضرة فيه [10].

2. الهدف من الدراسة

تهدف هذه الدراسة للتعرف على الآثار الجانبية لأشعة كاما وكذا الجرعة الإشعاعية الناتجة من النظير المشع (Co^{60}) على بعض الخواص الميكانيكية لمترابك بوليمري يتألف من راتنج الفينول - فورمالديهايد نوع نوفولاك المدعم بالألياف الزجاجية وبكسر وزني قدره (60%)، ومعرفة مدى الانحراف الحاصل في خصائصه الميكانيكية مع ارتفاع قيمة الجرعة من الإشعاع النووي، لتحديد المخاطر الناجمة عن تراكم هذه الإشعاعات في جسم المترابك بغية تقدير خطورتها على كفاءة أداء المادة المحضرة.

3. الجانب النظري

3.1 - (أشعة كاما Gamma - ray)

تطلق تسمية أشعة كاما على الأشعة الكهرومغناطيسية الناتجة عن التحولات الحادثة في النواة في حالة تهيج فتبعث طاقة التهيج هذه لكي تعود إلى حالة المستقرة على شكل أمواج كهرومغناطيسية وهي ذات طول موجي قصير جداً يتراوح بين $(10^{-10} - 3 \times 10^{-8})$ cm وتمتاز بقابليتها الكبيرة جداً على اختراق المواد [11] [25].

3.2 - (مصادر أشعة كاما Gamma - ray sources)

تقسم أشعة كاما تبعاً لمصادرهما إلى مايلي [26] [27]:-

- 1- أشعة كاما التي تلي انحلال بيتا أو ألفا من النواة (decay) (Gamma - ray following Beta or Alpha).
- 2- أشعاع الفناء (Annihilation radiation).
- 3- أشعة الكبح (التباطؤ) (Bremsstrahlung).
- 4- أشعة كاما الناتجة من العمليات النووية.

295^0k ، على التوالي وكان لتأثير درجات الحرارة المنخفضة زيادة مقاومة الكلال للمترابكات المشعة [6]. وفي عام (1984) قام الباحث (Egusa) وجماعته بتشعيع مترابكات الايبوكسي ومترابكات البولي اميد وكل مترابك من هذه المترابكات مسلح بإحدى الألياف (الزجاجية والكاربونية والألمنيوم) وشععت بأشعة كاما والفيض النيوتروني وفي درجة حرارة الغرفة وأجريت عليها الفحص الميكانيكية (فحص التني ذي النقاط الثلاث) في درجة الحرارة وفي درجة حرارة (5^0k) توصلوا إلى أن معامل يونك لهذه المترابكات لم يتغير إلا في الفيض النيوترونات ($5 \times 10^{18} n/cm^2$) وأن أقصى مقاومة انثنائية في هذا الفيض وفي درجة حرارة الغرفة تقل أيضاً لمترابك الايبوكسي المسلح بالألياف الزجاجية أما لبقية المترابكات فإن معامل يونك وأقصى مقاومة انثنائية لم تتأثر في حالتها أشعة كاما والنيوترونات فمعامل يونك يبقى غير متغير إلا في حدود جرعه مقدارها (1000 Mrad) [7]. وفي عام (1988) درس الباحثان (Duplessis) و (Badenhorst) (5) تأثير أشعة كاما على صلادة مادة بولي كلوريد الفانيليل المضافة إليه المطاط بنسبة (5%) والمستعملة كأرضيات للمنازل فوجد أن الصلادة تزداد بصورة طفيفة عند الجرعة الإشعاعية (300KGray) مقارنة بالبوليمر غير المشع [8].

ففي عام (2007) قام الباحث (Aytac) وجماعته بدراسة تبحث إمكانية الحصول على متانة عالية (High Tenacity) لأشرطة (cords) من النايلون (Nylon66) والبولي استر (PET) polyester المستعملة في اطارات السيارات (Automobile tyres) وذلك بتعرض هذه الأشرطة البوليمرية لأشعة كاما، وعليه فإن أشرطة الإطار المعدني (Tyre cords) ذات مستويات برم (Twist levels) مختلفة قد شععت بمعدلات جرعة مختلفة في الهواء. فقد وجد أن اثر التشعيع على كل من أشرطة (PET) و (Ny66) لا تعتمد على مستويات البرم لهذه الأشرطة المحضرة. وجدير بالذكر أن التغير في بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية مع زيادة الجرعة الممتصة قد تم قياسها. فقد لوحظ حصول تدهور (Deteriorate) كل من الاستطالة (Elongation) ومقاومة الشد (Tensile Strength) لأشرطة (Ny66) مع زيادة الجرعة الإشعاعية بينما لم يطرأ أي تغير في أشرطة (PET cords). كما أن قيمة الانكماش الحار (Hot shrinkage) لـ (Greige Ny66) قد تحسنت أي بمعنى قلت. أن هذه النقصان يكون أقل بكثير في (Greige PET) مقارنة بـ (Ny66 cords) وعليه استنتج الباحث أن أشرطة (PET cords) ذات مقاومه أشعاعية (resistance) مقارنة بأشرطة (Ny66 cords)، وإن آثار ارتفاع طاقه التشعيع (Energy irradiation) على أشرطة الإطار المعدني (Tyre cords) التي ينبغي أخذها بنظر الاعتبار خلال التصميم إذا ما طبق على الفلكنه (Pre - vulcanization) طاقة عالية الإشعاع [9].

وفي عام (2008) قام الباحث (Saenpong) وجماعته بدراسة بعض الخصائص لمادة مترابكة من راتنج (ipp) (Isotatic poly propylene) المقوى بالألياف الطبيعية (Natural fibers) المتمثلة بنشارة الخشب (Wood Sawdust) بنسبة وزنية تقدر بـ (30 wt%)، وقد استخدمت ماكينة البثق الثنائية اللولب (Twin screw extruder) في تحضير صفائح ميثوقة من راتنج (ipp)، بعدها استعملت ماكينة حقن القوالب (Injection molding machine) لإعداد النماذج المترابكة. هذا وقد درس الباحث وجماعته تأثير ظروف التجوية الطبيعية (Natural weathering) والغمر بالماء (immersion)

حيث يكون العمر الزمني للأيونات الناتجة قصيراً، لذا فإن الجذور الحرة هي التي تدخل في التفاعلات الكيميائية التي يطلق عليها التحولات الإشعاعية الكيميائية (Radiochemical) وبذلك فإن التغيير الحاصل في الخواص الفيزيائية للبوليمر المعرض لأشعة غاما ناتج عن الترتيب الإلكتروني الجديد لجزيئاته [14]. وأن ميكانيكية تفاعلات الجذور الحرة مع بعضها يكون على نوعين هما [3][15]:-

1- سق السلسلة الرئيسية (التحلل) (Scission (Degrading) Main Chain:
وهي عملية تقليل طول السلسلة الرئيسية للجزيئة البوليمر. بصورة عامة يتحلل البوليمر عند تعرضه لأشعة غاما إذا كانت الوحدة التركيبية له تحتوي على مجموعتين جانبيتين كبيرتين (Two large side groups).

2- التشابك الترابطي (Cross linking):
تسبب أشعة غاما في العديد من البوليمرات خلع المجاميع الجانبية تاركة جزيئة البوليمر بشكل جذر حر ممكن أن يتفاعل ثانياً.

وبذلك فإن زيادة التشابك الترابطي يؤدي إلى زيادة الوزن الجزيئي للبوليمر وانخفاض في قابلية ذوبانه.

3.5 - تشخيص وتوصيف المقاومة الإشعاعية للبوليمرات ومترابكتها

بصورة عامة أن مدى التغيير الحاصل في التركيب الكيميائي للبوليمرات ومترابكتها بفعل الأشعة ذات الطاقة العالية هو مقياس لمقاومتها الإشعاعية، حيث أن مدى الانحراف الحاصل في الخواص الميكانيكية والكهربائية والحرارية لهذه المواد خلال تعرضها لمحيط من الأشعة النووية يحدد طبيعة استخدامها [1].

[3]. وفي هذه الدراسة تم توصيف المقاومة الإشعاعية للمادة المترابكة المحضرة بأجراء الاختبارات الميكانيكية التالية:-

أولاً:- اختبار الانحناء ومتانة الثني (and Bending Test and Flexural Strength):

أ- اختبار الانحناء (Bending Test)

يعد هذا الاختبار من الاختبارات المهمة والمعقدة لكونه يتضمن التعرض لنوعين من القوى الأولى قوة الضغط (Compression) والثانية قوة شد (Tension) [29]. فمن خلال هذا الفحص يمكن معرفة التغيير في الانحراف تحت تأثير حمل متغير وبذلك يمكن حساب معامل مرونة الثني (والذي يمثل مقياس الصلابة (الجساءة)) خلال الجزء البدائي من عملية الثني باستخدام العلاقة التالية [29]:-

$$E = \left[\frac{\text{Mass}}{\text{Deflection}} \right] \left[\frac{gL^3}{48I} \right] \dots (1)$$

حيث (Mass/Deflection): تمثل ميل الجزء الخطي من منحنى (الحمل- الانحناء).
(L): البعد بين نقطتي التحميل (m).

فهناك أنواع مختلفة من المصادر الإشعاعية المستخدمة في تشعيع البوليمر منها النظائر المشعة (Radioactive isotopes) ومعجلات الجسيمات المشحونة [12].
وأن من الجدير بالذكر استخدم النظير المشع الكوبلت - 60 (Co⁶⁰) في أبحاث تشعيع البوليمرات لأن أشعة غاما المنبعثة من (Co⁶⁰) تصل في الأقل إلى عدة سنتمترات داخل المواد البوليمرية وتتفاعل مع أغلب الإلكترونات الذرية. فهو يبعث فوتونين لأشعة غاما أحدهما ذو طاقة (1.17Mev) والآخر (1.33Mev). أما عمر نصف له فهو (5.26) سنة [13].
وموضوع هذه الدراسة يرتبط بتشعيع المادة المترابكة المحضرة بأشعة غاما في درجة حرارة الغرفة باستخدام مصدر (Co⁶⁰).

3.3 - تفاعل أشعة غاما مع المادة Interaction of Radiation Gamma with Matter

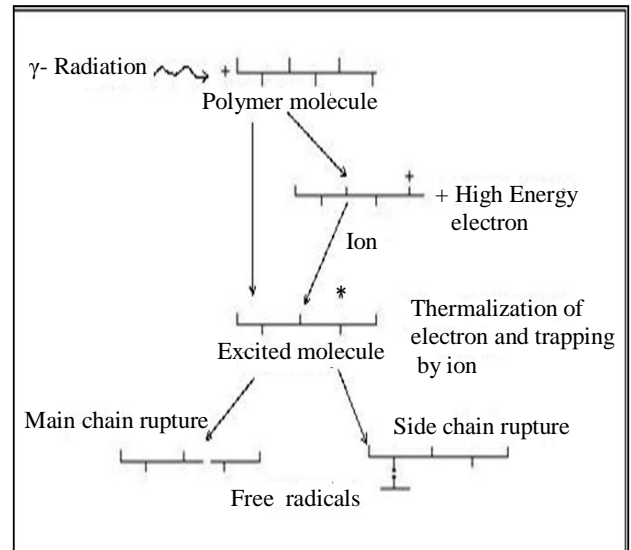
تتفاعل أشعة غاما عند مرورها خلال المادة تبعاً لطاقتها مع الإلكترونات الذرية بطرائق مختلفة وكما يلي:-

- 1- التأثير الكهروضوئي (Photoelectric effect).
- 2- تأثير كومبتون (Compton effect).
- 3- إنتاج الأزواج (الإلكترونات والبوزترونات) (production (Piar).

بالإضافة لهذه التفاعلات الرئيسية الثلاثية توجد تفاعلات أخرى ليست ذات أهمية في مجال هذه الدراسة لعدم احتمالية حدوثها في مدى الطاقة المدروسة [11].

3.4 - تأثير أشعة غاما على البوليمر Effect of Gamma Radiation on Polymer

أن تأثير أشعة غاما على البوليمر يتمثل في أحداث تأين وتهيج في جزيئاته بالتفاعلات الذرية المبينة في الفقرة السابقة. ومن ثم تكوين جذور حرة (Free radicals) أو أيونات وجذور حرة والشكل (1) يوضح تأثير أشعة غاما على البوليمر [28].



شكل -1- يوضح تأثير أشعة غاما على البوليمر [28].

(F_b) : حمل الكسر.

(I) : يمثل عزم الانحناء الهندسي والذي يعطى بالمعادلة التالية^[20]:

$$I = \frac{bd^3}{12} \quad \dots (2)$$

وكما هو مذكور أعلاه فهناك قوى قصية (Shear forces) علاوة على قوى الشد والانضغاط وعلى يمكن حساب إجهاد القص (τ) (Shear stress) للنموذج الخاضع لفحص الثني من العلاقة الآتية^[30]:

$$\tau = \frac{3F_b}{4bd} \quad \dots (6)$$

حيث (b) : عرض النموذج (m).

(d) : سمك النموذج (m).

ب- اختبار متانة الانحناء (Flexural strength (F.S.))

أن مقاومة الثني للمادة هي قابلية تحمل تلك المادة لقوى الثني المسلطة بصورة عمودية على محورها الطولي. وأن الإجهاد الناشئ عن تسليط حمل الثني هو اتحاد لثلاثة أنواع من الإجهادات التي تحدث في مواقع مختلفة وبنفس الوقت، تكون مسؤولة عن حدوث هذا النوع من الفشل وهما^[30]:

1- الإجهادات الشدية. 2- الإجهادات الانضغاطية. 3- الإجهادات القصية.

أن أعظم إجهاد في ظروف فحص الثني الثلاثي النقطة (Three point test) والحاصل في منتصف المسافة بين المساند يمكن أن يحسب لأي نقطة على منحنى الحمل (الانحناء) بواسطة العلاقة^[16] [17]:

$$\sigma_{\max} = \frac{3SF}{2bd^2} \quad \dots (3)$$

حيث أن :-

(σ_{\max}) : هو إجهاد الثني ووحداته ($\frac{N}{m^2}$) = باسكال (Pa).

(F) : الحمل (N).

(S) : المسافة بين المساند (m).

(b) : عرض العينة (m).

(d) : سمك العينة (m).

إذا كانت النسبة بين المسافة بين المساند (S) وبين السمك (d) أكبر من (16) فإن هناك انحناء كبير سوف يحصل للعينة. أن أعظم إجهاد على السطح الخارجي للعينة يمكن أن يعطى وبصورة تقريبية من المعادلة^[16] [17] التالية:-

حيث (D): الانحناء في وسط المسافة بين المساند.

$$\sigma_{\max} = \frac{3SF_b}{2bd^2} \left[1 + 6 \left(\frac{D}{S} \right)^2 - 4 \left(\frac{d}{S} \right) \left(\frac{D}{S} \right) \right] \quad \dots (4)$$

أن مقاومة الانثناء تكون مساوية إلى الإجهاد الكلي في لحظة حدوث الكسر. ويمكن حساب مقاومة الانثناء بالتوافق مع المعادلتين (3)، (4) وذلك بتعويض قيمة الحمل بما يساويه لحظة حدوث الكسر، وهذا يعني^[16] [17] [29] التالية:-

$$\sigma_B = (F.S.) = \frac{3SF_b}{2bd^2} \quad \dots (5)$$

حيث أن:-

(σ_B) : مقاومة الانثناء.

ثانياً :- اختبار مقاومة الصدمة (Strength Test (I.S.) (Impact)

تعرف مقاومة الصدمة على أنها مقدار الطاقة الممتصة في كسر جسم ذي كتلة محددة (المادة المراد اختبارها) إلى مساحة المقطع العرضي للعينة عند الكسر، وبذلك يمكن القول أن المادة التي تمتلك طاقة كسر عالية تكون ذات متانة عالية وتحسب مقاومة الصدمة من العلاقة الآتية^[18]:

الطاقة اللازمة للكسر

$$\text{مقاومة الصدمة (LS.)} = \frac{\text{مساحة المقطع العرضي للعينة عند الكسر}}{\dots (7)}$$

وتقاس (I.S.) بوحدة ($\frac{K.Joul}{m^2}$).

ثالثاً:- اختبار الصلادة (Hardness Test Instrument)

أن خاصية الصلادة (Hardness) من الخواص الميكانيكية السطحية المهمة والتي يمكن تعريفها بأنها مقاومة المادة للاحتراق أو التشوه اللدن. ومن هذا التعريف يتضح أن الصلادة ليست دالة لخاصية منفردة وإنما هي خاصية ترابط بمتغيرات المادة ك (معامل المرونة ومقاومة الخضوع وإزالة الانفعال والتشوه الدائم) وأن هذه المؤثرات تعتمد على درجة الحرارة ومقدار ومعدل التشوه^[19].

4. الجانب العملي

4.1 - المواد المستعملة:

أ- المادة الأساس (Matrix Material)

المادة الأساس المستعملة في هذه الدراسة هي راتنج الفينول - فورمالديهايد نوع (نوفولاك) المتوفر لدى شركة ذات الصواري. أن النوفولاك هو عبارة عن كتل صخرية يتم طحنها وخطها مع المادة المصلدة الهيكسامثلين تترأمين (HMTA) بنسبة (10%) وزناً^[1] [30].

ب- مواد التدعيم (Reinforcing Material)

استعملت ألياف الزجاج نوع (E) بهيئة ألياف قصيرة بأطوال معينة تتراوح بين (6-8mm) وذات قطر يقدر بـ (10-14 μ m). أن المواد المترابكة المشكلة لا تحتوي فقط الراتنجات وما يتبعها من مواد التسليح بل أنها تحوي على مواد معينة أخرى ذات طبيعة

سرعة عالية بعدها يتم أضافه عوامل تحسين النوعية و بشكل تدريجي مع مراعاة استمرار الخلط.
2- تغمر الألياف في المزيج الراتنجي الفينولي المطور مع التحريك ومراقبة تشبع كافة الألياف بالراتنج.
3- بعد التأكد من الغمر الجيد وتشبع الألياف بالمزيج الراتنجي، تبدأ مرحلة التجفيف بواسطة الهواء الساخن لدرجة حرارة تتراوح (80 - 70)°C، حيث تترك المادة في جو الفرن عند هذه الدرجة الحرارية لمدة ثلاث ساعات وبذلك يتم التخلص من كحول الايثانول المستخدم في المزيج عندئذ تصبح المادة المحضرة جاهزة للقولية، ومن ثم كبس النماذج المستخدمة في الاختبارات باستخدام المكبس نصف الآلية المصنعة من قبل شركة (Batten Feld / Berge).

وجدير بالذكر أن هذه النماذج المحضرة تم إعدادها حسب المواصفات القياسية (ASTM) وكمايلي:-

- 1- عينات اختبار الانحناء ومنانة الثني (F.S) أعدت حسب الموصفات (ASTM - D790 / ANSI) علماً بأن عدد عينات الاختبار تقدر بـ (3) حيث يعد فحص الانحناء من الفحوصات الغير اتلافية.
- 2- عينات اختبار الصدمة أعدت حسب المواصفات (ISO-179) علماً بأن عدد عينات الاختبار تقدر بـ (3).
- 3- عينات اختبار الصلادة (Shore-D) أعدت حسب المواصفات (ASTM-D2240) علماً بأن عدد عينات الاختبار تقدر بـ (3).

ب- تشبع العينات (Samples Irradiation)

تم تعريض العينات لأشعة كاما في درجة حرارة الغرفة باستخدام مصدر (Co^{60}) الذي يبعث فوتونات بطاقة (1.33) و (1.17) ميكا الكترون فولت، والتي يمكن اعتبار معدل طاقتها (1.25) ميكا الكترون فولت وبأوقات زمنية مختلفة للحصول على الجرعات الإشعاعية المطلوبة وهي: (208, 312, 728) KGy.

4.3 - الأجهزة المستخدمة (Instruments):

- 1- جهاز اختبار الانحناء (Bending): لغرض حساب معامل المرونة تم استخدام جهاز الانحناء المصنوع من قبل شركة (Phywe) الألماني المنشأ وفيه يتم تثبيت العينة من طرفيها على مرتكزين وتعلق الكتل (Masses) بصورة تدريجية على الحامل المثبت عند منتصف العينة مما يسبب انحنائها تدريجياً ومن خلال مؤشر مقياس الانحراف يمكن قراءة مقدار الانحراف (Deflection) الحاصل للعينة ذات الأبعاد المعلومة.
- 2- جهاز قياس منانة الثني (Flexural strength): تم إجراء الاختبار الثلاثي النفاط باستخدام المكبس الهيدروليكي من نوع (Ley Bold Marris No.36110) وذلك بتسليط الحمل تدريجياً بالرأس المدب عند منتصف العينة المثبتة من طرفيها على مرتكزين ويستمر تسليط الحمل حتى يحصل الكسر أو الفشل للعينة.
- 3- جهاز اختبار الصدمة:- لقد تم استخدام جهاز الصدمة من نوع جاريبي (instrument Charpy impact test) لغرض إجراء اختبار الصدمة على العينات المحضرة.

خاصة لتحسين صفاتها الاستخداميه أو من أجل تسهيل عملية تصنيفها.
واستنادا إلى ذلك تم استخدام عوامل تحسين النوعية المتمثلة بالمواد التالية:-

- 1- اوكسيد المغنسيوم وهو من المواد التي تستخدم كمعجلات للترابط ألتشابكي تعمل على زيادة سرعة تفاعلات الترابط ألتشابكي وبالتالي تقليل زمن التقسية وأن نسبة هذه المواد المضافة هي بحدود (1%).
- 2- الاوليك (Olic) وهي من الحوامض الشحمية التي تستعمل كمواد مزلفة داخل كتلة اللدائن الفينولية المطور تقوم بدور تحرير السلعة المصنعة من حفر القوالب لتأمين عدم التصاقها وان نسبة هذه المواد هي بحدود (1-3%).
- 3- سترات الرصاص وهي مواد مشنتة تعمل على انتشار معجلات الترابط ألتشابكي (أوكسيد المغنسيوم) في المحلول الراتنجي وتمنع ترسبه، وأن نسبة هذه المواد المضافة هي بحدود (0.7%).
- 4- بولي خلات الفانيل وهو من المواد التي تعمل على جعل اللدائن الفينولية المطورة تمتاز بالمرونة مع القساوة وأن نسبة هذه المواد المضافة هي بحدود (5%).
- 5- صبغة الانيلين (Aniline) وهي من الصبغات ذات أصل عضوي تساعد على إكساب المنتج النهائي جمالاً ورونقاً ولمعاناً كما تعمل على إكساب المنتج النهائي الراتنجي عزل كهربائي علاوة على أنها تعد من المواد ذات المقاومة الحرارية والكيميائية الممتازة وأن نسبة هذه المواد المضافة هي بحدود (0.001-5%).

وجدير بالذكر تم في هذه الدراسة الحالية تحضير المتراكبات الفينولية المقواة بالألياف الزجاجية القصيرة بنسبة وزنية تقدر بحوالي (60%) وذلك بالاعتماد على المعادلة التالية [30]:-

$$\psi = \frac{W_f}{W_c} \times 100\% \quad \dots (8)$$

حيث (ψ): الكسر الوزني للألياف في المتراكب.
وأن (W_c) تعطى من المعادلة التالية:-

$$W_c = W_f + W_m \quad \dots (9)$$

حيث أن (W_c, W_m, W_f) كتلة الألياف والمادة الأساس والمادة المتراكبة على التوالي .

4.2 - تحضير النماذج):

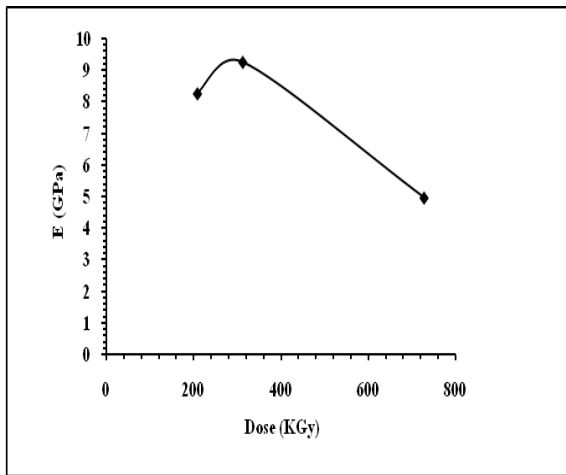
أ. تقنية تحضير المتراكبات (Preparation Technique)

تم تحضير المادة المتراكبة المدروسة باستخدام تقنية التشرب (Impregnation Method) والتي تعد من أهم طرائق القولية الفينولية وعليه تم إتباع الخطوات التالية:-

- 1- يحضر مزيج الراتنج الفينول فورمالديهايد المطور (Phenol-Modified Formaldehyde) وذلك بإذابة خليط (Novolak- HMTA) ذو نسبة (10%) وزناً من المادة المصلدة (HMTA) في كحول الايثانول باستعمال خلط ذو

و كما هو مبين بالجدول (2) ويعود هذا الانخفاض في الانحراف إلى عمليات التشابك الترابطي (الترابط المستعرض) الحاصل عند هذه الجرعة الإشعاعية والتي زادت من صلادة هذه المادة المترابطة المحضرة، وهذا يعني أن معامل المرونة يتغير بتغير درجة التشابك الترابطي فزيادة درجة التشابك الترابطي يخفئ مدى الانسيابية المرنة وتصبح المادة صلدة وقابلية للكسر [20] [21].

ومن جهة أخرى أيضاً يظهر الشكل (3) حصول نقصان في قيم معامل المرونة عند جرعة إشعاعية تقدر بـ (728)KGy ويعزى هذا الانخفاض إلى تغلب تفاعلات التهديم (Degradation) والتي تزيد من احتمالية نشوء التشققات المجهرية التي تساعد على زيادة هشاشة العينات وبالتالي نقصان معامل المرونة [21] [22].

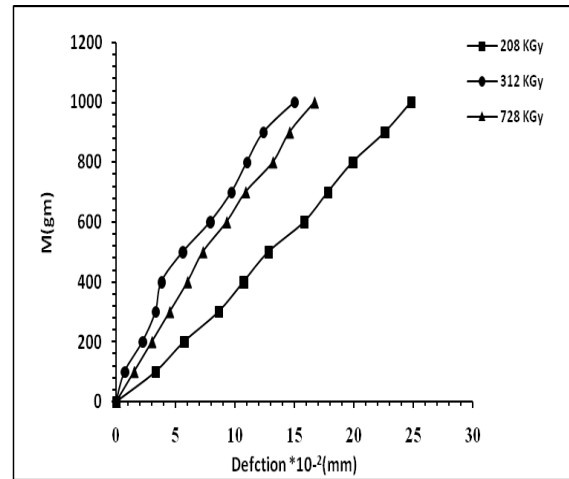


شكل 3- يوضح تأثير اختلاف جرعة (Dose) التعرض لأشعة غاما في قيم معامل المرونة للنموذج المحضر.

4- جهاز اختبار الصلادة (Hardness):-
لقد تم استخدام جهاز (Durometer hardness) نوع (Shore-D) الايطالي المنشأ لقياس الصلادة السطحية.

5. النتائج والمناقشة

وفقاً لما ورد سابقاً رسمت النتائج العملية بشكل منحنيات (الحمل - الانحناء) حيث يلاحظ من الشكل (2) أن الانحراف (Deflection) يتناسب طردياً مع الحمل المحدث له، فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترجع المادة حالتها الأولى أي ضمن حد التشوه المرن يتناسب الانفعال طردياً مع الإجهاد ويستنتج من ذلك أن المادة تخضع لقانون هوك (Hook's Law) وأن النسبة بين (Mass/Deflection) مقدار ثابت ويمثل هنا الميل (Slope) المحسوب من الشكل السابق الذكر [29].



شكل 2- يوضح العلاقة بين الكتلة والانحراف للنموذج المحضر عند جرعة إشعاعية مختلفة.

جدول - 1 -

يوضح قيم معامل يونغ للنموذج المحضر وعند جرعة إشعاعية مختلفة.

E (GPa)	Dose (KGy)		
		208	312
	8.265	9.263	4.9615

والشكل (3) و الجدول (1) يبينان حصول زيادة كبيرة في قيم معامل مرونة التني للنماذج المحضرة المشبعة بجرعة إشعاعية تقدر بـ (208) KGy و(312)، وهذا يعني أن الانحراف قد انخفضت قيمته في المادة المترابطة مقارنة بالنماذج الغير المشبعة

جدول - 2 -

يبين خواص المادة المترابطة المدعمة بألياف الزجاج القصيرة عند درجة (20 ± 2°C) قبل التشعيع [21]

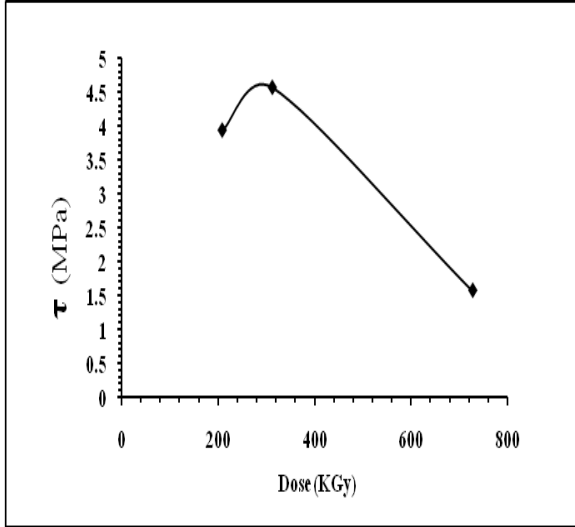
Novolak + G.F. (Short)	Modulus of elasticity GPa	Flexural Strength MPa	Flexural Stress MPa	Impact Strength KJ/m ²	Shore-D No.
	2.26	109.7	3.43	28.727	62.57

الترابطي في النماذج المحضرة عند جرعة إشعاعية (208) KGy و(312) وذلك من خلال الزيادة الحاصلة في قيم الإجهاد

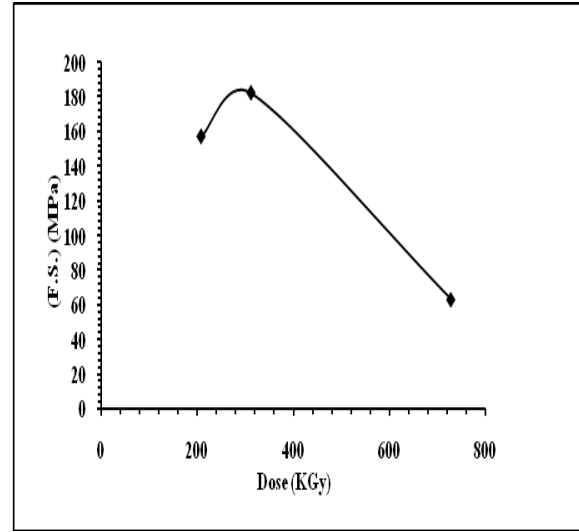
يبين الشكل (4) والجدول (3) تغير متانة التني (F.S.) تبعاً لتغير ظروف التشعيع بأشعة غاما، فقد وجد أن أثر تفاعلات التشابك

أظهرت المادة المترابطة الراتنجية عند الجرعة العالية صفة الهشاشة.

وبالأخص عند الجرعة (312)KGy مقارنة مع النموذج الغير المشع، بعدها يلاحظ اثر تفاعلات التهدم في هذه المادة المترابطة المحضرة وذلك بالانخفاض الحاصل في قيم متانة الانحناء عند جرعة تعرض تقدر بـ (728)KGy.



شكل -6- يوضح العلاقة بين قيم إجهاد القص (τ) للنموذج المحضر والجرع الإشعاعية.



شكل -4- يوضح تأثير تغير الجرعة الإشعاعية في اختلاف قيم متانة الانحناء للنموذج المحضر.

جدول - 3 -

يوضح قيم متانة الشئ (F. S.) للنموذج المحضر وعند جرعة إشعاعية مختلفة.

F. S. (MPa)	Dose (KGy)		
		208	312
	157.232	182.389	62.983

جدول - 4 -

يوضح قيم إجهاد القص (τ) للنموذج المحضر وعند جرعة إشعاعية مختلفة.

τ (MPa)	Dose (KGy)		
		208	312
	3.93	4.559	1.572

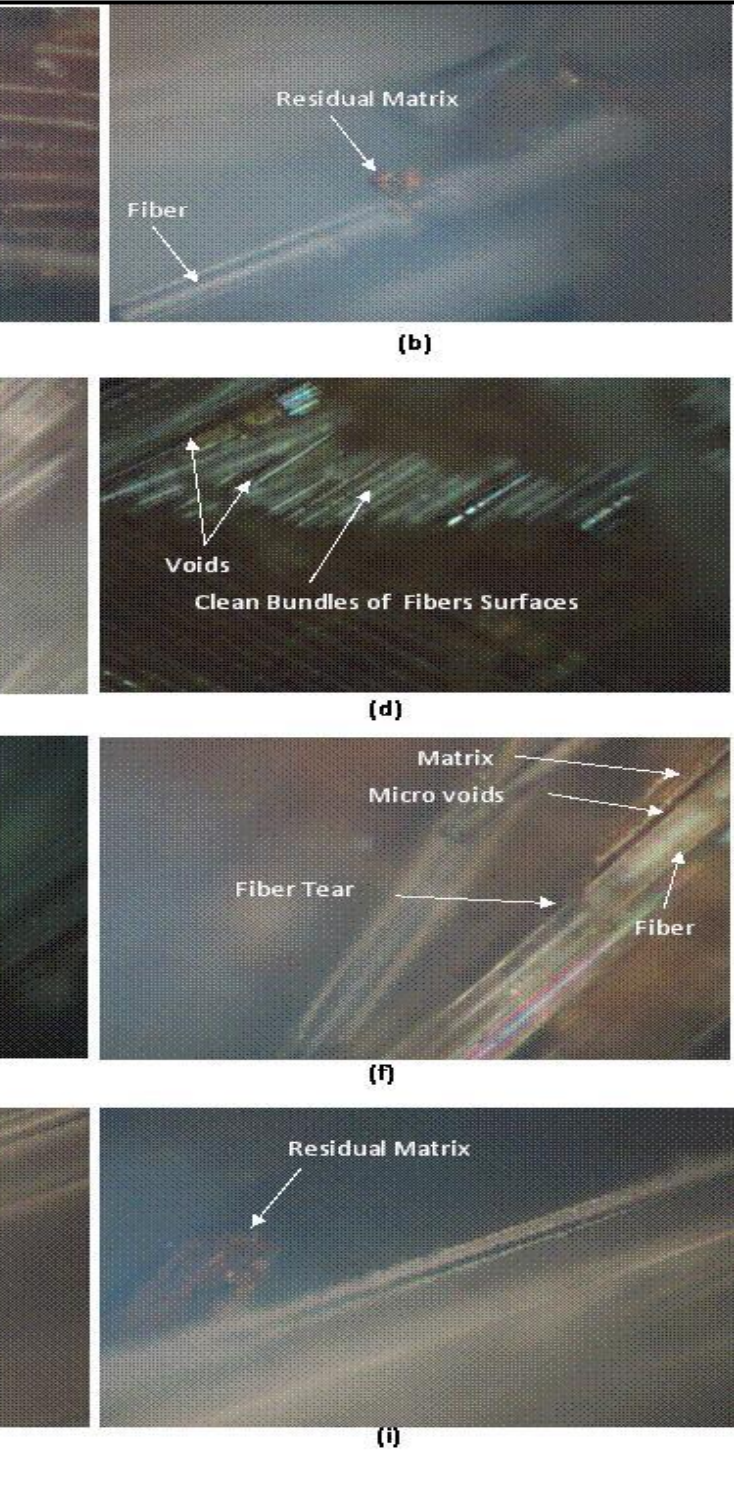
بصورة عامة يحدث الفشل في المادة الراتنجية غير المدعمة الخاضعة لفحص الصدمة بتحطيم الارتباطات أو القوى في البوليمر وذلك بنمو الشروخ الأولية المحدثة بفعل إجهادات الصدمة والواقع أن هذه الشروخ المتولدة تنمو وتتكاثر بشكل كبير وسريع باتجاه السطوح البنية الفاصلة بين السلاسل البوليمرية لأن القوى بين هذه السلاسل متمثلة بقوى فاندرفال (Waal Van der -) التي تتطلب طاقة قليلة للتغلب عليها، أما الشروخ الممتدة بالاتجاه العمودي على اتجاه السلاسل البوليمرية فسوف تعمل على تحطيم تلك السلاسل خلال عملية الانتشار (Propagation)، أن هذا الأمر يتطلب طاقة أكبر للتغلب على تلك القوى المسنولة عن ربط الوحدات التركيبية والمتمثلة بالأواصر التساهمية وعند تسليح المادة البوليمرية بالألياف نلاحظ أن الطاقة اللازمة لكسر البوليمر تزداد [29]. فقبل حدوث الفشل في المادة المترابطة تمر المادة بمرحلتين الأولى هي كسر المادة الأساس (Matrix) والثانية هي الفشل الحاصل في الألياف وهو نوعان فيما أن تتمزق (Tear) الألياف أو تعاني انسلاخاً (Pullout) من المادة الأساس، وفي المرحلة الثانية يكون

كما تم استخدام المجهر الضوئي في دراسة طبيعة سطح الكسر الحاصل للنموذج المحضر والواقع تحت اختبار متانة الانحناء وعند درجة (20 ± 2°C) فقد لوحظ من الشكل (5) أن سطح الكسر للعينات المشعة بجرعة إشعاعية تقدر بـ (728)KGy يتميز بانتشار الشروخ في ألياف الزجاج وحصول حالة التمزق (Tear) لبعضها مصحوبة بتهدم المادة الأساس الراتنجية المتمثلة هنا براتنج النوفولاك. علاوة على ذلك تم ملاحظة من خلال الصور المجهرية تحطم السطوح البينية الفاصلة بين المادة (الأساس - ليف) مع تبعثر وتشظي الراتنج من على أسطح بعض الألياف مصحوبة باختفائه في مناطق أخرى لتبدو هذه الألياف ذات سطوح نظيفة وهي مؤشر لضعف قوة التلاصق ما بين المادة الأساس والألياف مع استمرار زيادة الجرعة الإشعاعية.

كما يتضح من الشكل (6) والجدول (4) أن مقاومة القص للطبقات الداخلية تسلك سلوكاً مماثلاً لمتانة الانحناء مما يؤكد حالة التناسب بينهما [29].

كما بينت النتائج المتمثلة بالشكل (7) والجدول (5) تغير مقاومة الصدمة (I.S.) تبعاً لجرعة التعرض لأشعة غاما، فقد

مقدار الطاقة المصروفة لكسر العينات اكبر من المرحلة الأولى وهذا ما وصفه (Gwilym, E.Owen) في بحثهما [30].



شكل 5- يوضح صورة مجهرية بقوة تكبير (270X) لسطح الكسر الحاصل للنموذج المتراكب المتعرض لجرعه مقدارها 728 KGy والواقع تحت تأثير اختبار متانة الانحناء.

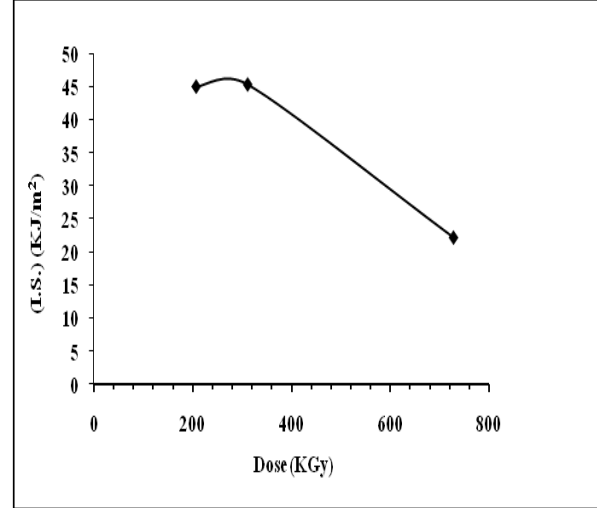
(a)- يمثل انتشار الشروخ في كل من المادة الأساس والألياف مع نمو الفراغات (Voids) بالتصدع القصي وكذلك بشروخ الطبقات الداخلية (cracking Inter Laminar).

(b)- يمثل تبعثر وتشظي المادة الأساس من على سطح الليف.

(c)- يمثل انسحاب الألياف بشكل حزم (Bundies) مصحوبة بتشظي المادة الأساس مع بروز مناطق متحطمة في بعض الألياف.

(d)- يبين أن التدعيم المادة الأساس بالألياف يؤدي إلى تغير منطقة الكسر بظهور سطحاً خشناً لانسحاب الألياف بشكل حزم.

- (e)- يمثل ألياف ذات أسطح نظيفة (Clean Single Fiber Surfaces) خالية من المادة الأساس وهي مؤشر لضعف قوة التلاصق ما بين المادة الأساس والألياف عند الجرعة الإشعاعية العالية.
(f)- يمثل تمزق (Tear) الألياف وانسحابها خارجاً مع بقايا من المادة الأساس (Matrix) الملصقة على سطحه.
(g)- يمثل انسحاب الألياف خارجاً بأسطح نظيفة خالية من وجود المادة الأساس عليها.
(i)- تهشم المادة الأساس (Matrix) مخلقة ألياف ذات أسطح نظيفة وهي مؤشر لضعف مقاومة السطح البيئي بين الليف والمادة الأساس.



شكل 7- يوضح العلاقة بين مقاومة الصدمة للنموذج المحضر والجرعة الإشعاعية للنموذج المحضر.

شكل 8 - يوضح تأثير اختلاف الجرعة الإشعاعية في قيم الصلادة للمادة المحضرة.

كما يشير الشكل (8) والجدول (6) التشابه الكبير في السلوك الذي تظهره قيم الصلادة السطحية للمادة المترابطة المحضرة زيادة أو نقصان مع زيادة جرعة الإشعاع فقد أظهرت النتائج الميكانيكية أن الإشعاع أدى تقليل إلى لدانة العينات وزيادة هشاشتها مما يؤدي إلى أضعاف مقومتها للتخدش والغرز وخصوصاً عند جرعة تعرض إشعاعية تقدر بـ (728)KGy.

جدول 6 -

يوضح قيم الصلادة لنموذج المحضر وعند جرعة إشعاعية مختلفة.

صلادة (Shore - D) No.	Dose (KGy)		
	208	312	728
	82.1	71.3	67.1

جدول 5 -

يوضح قيم مقاومة الكسر للنموذج المحضر وعند جرعة إشعاعية مختلفة.

Impact Strength (I. S.) (KJ/m²)	Dose (KGy)		
		208	312
	45.07	38.7	22.264

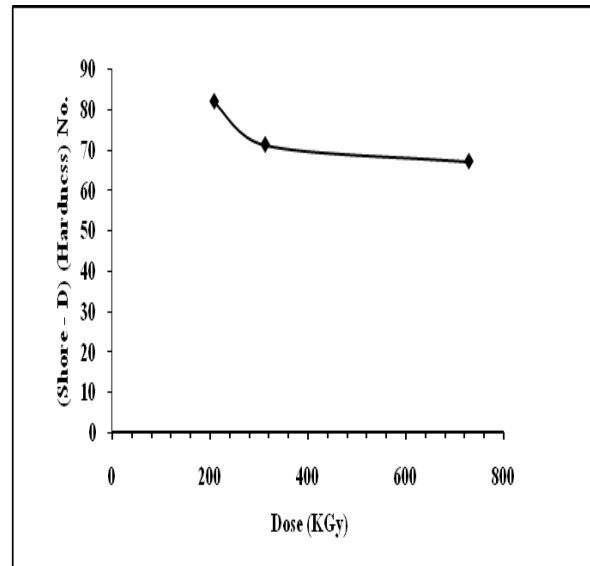
أن تدعيم مادة راتنج النوفولاك بألياف الزجاج يزيد من المقاومة الإشعاعية وبالتالي زيادة مقاومة الصدمة حيث أن قيم (I.S.) للمادة المترابطة غير المشععة تقدر بـ 28.727 J/m^2 في حين قيمتها للراتنج المدعم بالألياف بعد أن تعرض لجرعة إشعاعية تقدر بـ (208)KGy هي 45.07 J/m^2 .

6. الاستنتاج

هذه الدراسة أظهرت أن عملية تدعيم راتنج النوفولاك بألياف الزجاج يؤدي إلى تحسين مقاومته الإشعاعية. وإن الفحوصات الميكانيكية المتمثلة بـ (الانحناء، متانة الانحناء، مقاومة القص الداخلية، مقاومة الصدمة، الصلادة السطحية) أظهرت نوعاً من العشوائية (زيادة أو نقصاناً) مع زيادة جرعة الإشعاع. كما أظهرت النتائج أن أشعة غاما أدت إلى تقليل لدانة المادة المحضرة وزيادة هشاشتها وخصوصاً عند جرعة تعرض إشعاعية تقدر بـ (728)KGy. كما أن الجرعة الإشعاعية العالية التي تقدر بـ (728)KGy تؤدي إلى إضعاف منطقة السطح البيئي الفاصلة بين المادة الأساس والألياف وبالتالي إضعاف قوة التلاصق ما بينهما.

7. المصادر

- [1] A. Knop and L. Pilato, "Phenolic Resins Chemistry", Springer verlag, Berlin Meidelberg New York Tokyo, (1985).
- [2] A. A Mahmood, "Investigation of Positron and Positronium Formation in Polymer Solids" Ph. D. Thesis, University of Baghdad, (1998).
- [3] H.P. Frank, "Polypropylene", Macdonald Technical and Scientific, London, (1968).
- [4] A. H. Zahran and E. Nofal, "J. Appl. Polym. Sci." Vol. 24, No.(1723) PP. (7-8), (1979).



- [15] J. H. O' Donnell, "Chemistry of Radiation Degradation of Polymer, in Radiation Effects in Polymer", ACHS, (1991).
- [16] ASTM – D-790M- 84
- [17] International Standard ISO 178 – 1975 (E).
- [18] R. J. Crawford, "Plastic Engineering", 2nd Edition, Chap. 3, Pregamon press, U. K (1987).
- [19] M. D. Baijal, "Plastics Polymer Science and Technology", Jhon Wiley and Sons, New York, (1982).
- [20] I. M. Ward, "Mechanical Properties of Solid Polymer", 2nd Edition, John Wiley and Sons Ltd., (1983).
- [21] R. O. Bolt, J. G. Carroll, "Radiation Effects on Organic Material", Academic press, New York, (1963).
- [22] X. Lu. N. Brown, M. Shaker, I. L. Kamal, "J. Polym. Sci.:part B: Polym. Phys.", Vol. 33, P. 153, (1995).
- [23] J. S. Wu, K. Friedrich and M. Grosso, "Composites", Vol. 20, No.3, May, (1989), PP. (223-233).
- [24] Gwilym and E.-Owen; "Polymer Engineering Sci", Vol. 8, P. 467, (1981).
- [25] احمد خضر عجينة، (طرق استعمال العناصر المشعة في العلوم البيولوجية والبيئية والفيزيائية)، مطبعة الموصل، (1989).
- [26] الدكتور بهاء الدين معروف، "الوقاية من الإشعاعات المؤينة"، منظمة الطاقة الذرية العراقية، مطبعة بابل - (1989) بغداد،
- [27] خالد عبيد الأحمد، "مقدمة في الفيزياء الصحية"، مطبعة جامعة الموصل (1993).
- [28] عباس جواد عبد السعدي، "دراسة تأثير غاما على بعض الخواص الفيزيائية لبعض العوازل الكهربائي دكتوراه كلية التربية أبن الهيثم البوليمرية"، رسالة (1997).
- [29] رولا عبد الخضر عباس، "دراسة التأثير الحراري على الخواص الميكانيكية لمتراكب هجيني"، مجلة النهرين - العلوم المجلد العاشر - العدد الأول، الصفحة (11-23)(2007).
- [30] رولا عبد الخضر عباس، "دراسة الخصائص الحرارية والميكانيكية لمادة النوفولاك ومتراباتها"، رسالة ماجستير، قسمالعلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية (2001) 22-
- [5] R. R. Coltman, Jr. C. E.], Klabnnde, "Mechanical Strength of Low- Temperature", (Journal of Nuclear Materials), Vol .104, PP. (717-722), (1981).
- [6] Balakrshna, Korukonda, Joseph, C. Conway, Jr. and Richard A. Queeney and W. S. Diethorn, "The Effect Radiation Dcryogenic Temperature on the Fatigue Resistance of G-IICR Glass- Cloth/Epoxy Laminates", (Journal of Nuclear Materials) Vol.115, PP.(197-202), (1983).
- [7] S. Egusa, M.A. Kirk and R. C. Birtcher, "Neutron Irradiation Effect on the Mechanical Properties of organic composite Materials", (Journal of Nuclear Materials) Vol. 126, No.2, PP. (152-160), (1984).
- [8] T. A. Duplessis and F. Badenhorst, "Radia. Phys. Chem.", Vol. 31, No. (747), PP.(4-6), (1988).
- [9] Ayse Aytac, Murat Sen, Veli Deniz and Olgun given, "Effect of gamma Irradiation on the Properties of Tyre Cords", Nucl. Instr and Meth. In Phys. Res. B265, PP. (271-275), (2007).
- [10] M. Phiryawirut, P. Saenpong, S.Chalermboon, R. Sooksakoolrul, N. Pochanajit, L.Vuttikit, A. Thongchai, P. Supaphol, "Isotactic, Poly (Propylene)/ wood Sawdust Composite: Effect of Natural Weathering, Water Immersion, and Gamma – Ray Irradiation on Machanical Properties", Macromol. Symp. Vol. 264, PP.(59-66), (2008).
- [11] R. D. Evans, "The Atomic Nucleus", (MC Graw – Hill New York), PP. (126 – 128), (1955).
- [12] A. D. Jenkins, "Polymer Science", North Holland Publishing Company, London, Vol. 2, P.(1543), (1972).
- [13] G. F. Konll, "Radioactive Detection and Measurement", John Wiley and Sons, New York, (1979).
- [14] Jr. Clinard, "Encyclopedia of Materials Science and Engineering", New York, Vol. 6, P. 4024, (1986).

Study the Effect Different Radioactive Dose on Mechanical Properties of Composite Material from Novolak Resin Exposure to High – Energy Radiation

Rula Abdul Khider Abbas*, **Muzher Ali Sahib****
and Muhammad Slab Hamza***

** Applied Sciences / Technology University*

*** Electromechanical Engineering Department / Technology University*

**** Materials Engineering / Technology University*

Abstract

The research involves using phenol – formaldehyde (Novolak) resin as matrix for making composite material, while glass fiber type (E) was used as reinforcing materials. The specimen of the composite material is reinforced with (60%) ratio of glass fiber.

The impregnation method is used in test sample preparation, using molding by pressure presses.

All samples were exposure to (Co^{60}) gamma rays of an average energy (2.5)MeV. The total doses were (208, 312 and 728) KGy.

The mechanical tests (bending, bending strength, shear force, impact strength and surface indentation) were performed on un irradiated and irradiated samples.

All of the mechanical properties were improved with an increase in radioactive dose of up to (312) KGy to be decreased afterwards.

The topography of some physically tested specimens was studied using optical microscopy.
