

تأثير الأشعة فوق البنفسجية على سلوك البوليمر غير المشبع في حامض النتريك"
“Effect of Ultraviolet Rays on Behavior of Unsaturated Polyester in Nitric Acid”

زينب فاضل كاظم

جامعة بابل-كلية هندسة المواد

قسم المواد المعدنية

لينا فاضل كاظم

جامعة بابل-كلية هندسة المواد

قسم المواد اللامعدنية

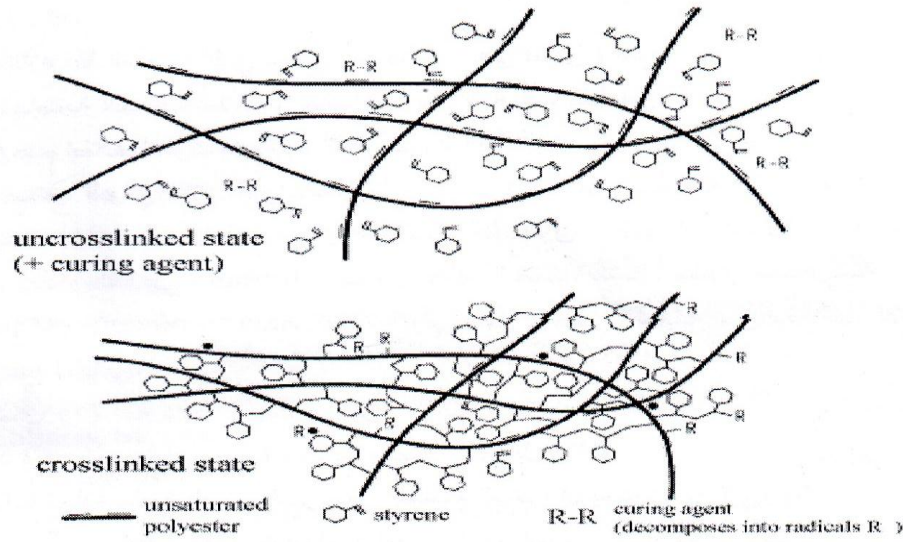
تتحلل المكونات العضوية عند تشيعها باليات تتعلق بطبيعة الروابط المتضمنة فيها، فتحصل تفاعلات متباينة بين سلاسل البوليمر إذ يمكن قطع الروابط بينها مؤديا إلى جزيئات اصغر وهو ما يسمى بتدني البوليمر أو قد يحصل ارتباط بين السلاسل المتجاورة مع بعضها و هو ما يعرف بالتشابك. يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية لمدة 96 ساعة على سلوك البوليمر غير المشبع غير المقوى و المقوى بدقائق الألمنيوم في حامض النتريك. تم تصنيع عينات من البوليمر غير المشبع بعد إضافة المصلد لها بدون تقوية وعينات اخرى تضاف لها مسحوق الألمنيوم بثلاث نسب وهي (0.1، 0.25، 0.5)% ثم وضعها في جهاز الأشعة فوق البنفسجية لمدة أربعة أيام ثم وضعها في محاليل من حامض النتريك و الماء المقطر و الحامض بالتراكيز التالية (20، 40، 60)% وتم حساب معدل الفرق بالوزن كل يومين ولمدة عشرة أيام. حيث تبين أن الأشعة فوق البنفسجية تؤدي إلى جعل البوليمر غير المشبع أكثر تأثرا بحامض النتريك المخفف بتركيز 20% حيث ينتفخ بمقدار 2.5. البوليمر غير المشبع المقوى بنسبة 0.5% من الألمنيوم هو اقل عرضة للانتفاخ من النسب الأخرى.

Organic constituents are degrade at irradiation by methods depend on the nature of bonds when they found, thus different reactions happened among polymer chains and may be cut the bonds which lead to small particles which called degradation of polymer or binding between the neighboring chains which is called cross-linking. This research aims to study the effect of ultraviolet rays for 96 hour on behavior of unsaturated polyester with no reinforcement and reinforces with small particles of aluminum in nitric acid. Manufacturing samples from unsaturated polyester without reinforcement after addition of the harder and other samples with powder of aluminum in the ratios (0.1, 0.25, 0.5)% after that put them in the apparatus of ultraviolet rays for four days. Putting the samples in the solution of nitric acid and pure water and the concentration of nitric acid are (20%, 40%, 60%) as well as calculating the average of difference in the weight at two days for ten days. The results prove the ultraviolet rays make the unsaturated polyester more sensible in the nitric acid with concentration 20% which swells with value-2.5. Unsaturated polyester reinforced with 0.5% from aluminum is less to be effected for swelling from other ratios

المقدمة: -تعد المواد البوليمرية الأكثر تأثراً بالإشعاعات مقارنة بأنواع المواد الأخرى فلزية أو سيراميكية وتحتوي بعض أنواع الإشعاعات (حزم الالكترونات ،والأشعة السينية،وأشعة بيتا،وأشعة جاما،و الأشعة فوق البنفسجية)على قدر كاف من الطاقة تمكنها من تخلل جسم البوليمر و التفاعل معه.وتأثيرات الإشعاع ليست دائما ضارة بالبوليمر أو مؤذية له ويعتمد التأثير الناتج عن الإشعاعات على نوع البوليمر و طبيعته و كمية الإشعاعات المؤثرة ونوعها .تظهر التأثيرات الكيميائية للإشعاع بأشكال عدة مثل التفكك أو إنتاج مركبات جديدة أو أكسدة أو هدرجة أو بلمرة. (الدهشان ٢٠٠٢ ،ياسين ٢٠٠٥)

يعتبر راتنج البوليستر غير المشبع من البوليمرات المتصلدة بالحرارة و الواسع الاستخدام في العالم الصناعي و المدني ويتمتع بكلفته الواطئة و صلابته و مقاومة عالية نسبة إلى الوزن و يستخدم في صناعة الأجزاء الميكانيكية و الأنابيب و الخزانات.يكون البوليستر غير المشبع بشكل سائل لزج يتضمن مخفف قابل للبلمرة (الستايرين او اكرليت/ ميثاكرليك) بالإضافة إلى مانعات البلمرة يتم التصليد بعملية الجذور الحرة حيث تضاف البيروكسيدات العضوية لتعمل كبادئ للجذر الحر. (Kaung2007)

تتلخص عملية التصلب بتشكيل جسور مستعرضة (cross linking) بين الجزيئات العملاقة لمادة البولي استر و المادة الشابكة،ونتيجة لهذا تتشكل البنية الفراغية ألالانعكاسية في المنتج النهائي كما موضح في الشكل رقم (١).



الشكل (١) - آلية حدوث التصلب في البولي استر غير المشبع

تتميز الفاعلات الحاصلة أثناء عملية التصلب بأنها تفاعلات ناشرة للحرارة (exothermic reactions) حيث يمكن أن تصل درجة حرارة المزيج إلى أكثر من 200C ويمكن لعملية التصلب أن تتم على البارد أي بدرجة حرارة الغرفة أو على الساخن وفقا لمقتضيات عملية التصنيع.(منصور ٢٠٠٥)

سلوك البوليستر غير المشبع في حامض الكبريتيك و الفسفوريك مشابه لسلوكه في الماء وهو التآكل التنقري (penetration corrosion) أما سلوكه في حامض النتريك المخفف يتمثل بإذابة الطبقات السطحية أما التراكيز الاعلى من ٣٠% فميكانيكية التآكل تتمثل بثلاث مراحل وهي:الأولى التحلل الفيزيائي المتمثل بالانتفاخ،الثانية تكوين النقر و الثالثة هي التآكل بالتحلل المائي(hydrolytic corrosion) ويزداد عمق التآكل بشكل خطي مع الجذر التربيعي للزمن. (Testsuya2000)

نشأت المواد المركبة في مجال هندسة الطيران و الفضاء بسبب خفة الوزن وتتالف هذه المواد من مادتين مختلفتين متميزتين أولاهما مادة التقوية مغمورة في أرضية من مادة بوليمرية او راتنج و تكون الخواص الميكانيكية مغايرة لخواص أي من المواد المؤلفة (نحاس، ٢٠٠٥). حديثا ازداد الاهتمام بالمواد المركبة ذات الأساس البوليمري حيث تستخدم في معظم التطبيقات الهندسية و التكنولوجيا ،ومن اهم متطلبات استخدام هذه المواد المتانة الجيدة و الأداء العالي ومقاومتها للاجهادات الداخلية و الخارجية المؤثرة عليها إضافة إلى مقاومتها للظروف المحيطة من درجة حرارة وضغط. (عبدا لله، ٢٠٠٧)

تبدأ عملية التشيع بامتصاص الطاقة الإشعاعية وتنتهي عندما تتوازن ثرموديناميكيا و يحصل بين هاتين العمليتين عدد من العمليات المتعاقبة توزع في ثلاث مراحل أساسية هي:

-المرحلة الفيزيائية(مرحلة امتصاص الطاقة الإشعاعية في المادة).

-المرحلة الفيزيائية الكيميائية(مرحلة انتقال الطاقة بين النواتج الوسطية).

-المرحلة الكيميائية(مرحلة إعادة التوازن الكيميائي).

و يبقى هنالك تداخل بين هذه المراحل من ناحيتي الزمن و العمليات الجارية.(ياسين ٢٠٠٥) معظم البوليمرات تمتص الأشعة فوق البنفسجية و بالتالي تقصر السلاسل و في نفس الوقت فان وجود الأوكسجين يؤدي الى تكوين مجموعات كيميائية أخرى مع احتمال وجود روابط عرضية الاثنان يخفضان من مرونة وقوة البوليمر وبالتالي زيادة القسافة أما الأنواع الأخرى من الأشعة ذات الطول الموجي الأقصر و الطاقة الأعلى تسبب انحلال جزيئات البوليمر و تتأثر مادة البوليستر غير

المشبع بالأشعة فوق البنفسجية التي تمتلك طاقة عالية و طول موجي اقصر من اللون الأزرق وهو يتراوح بين 10-400nm وهي غير مرئية بالنسبة للإنسان. (موسى ٢٠٠٣) (Liesl 2007) يعتبر الألمنيوم من المعادن الخفيفة،يمتاز بلون ابيض لمّاع،يتأكسد الألمنيوم في الهواء الخارجي مكونا قشرة اوكسيدية رقيقة تحمي سطحه من الاستمرار في التأكسد.يقاوم الألمنيوم التآكل بواسطة الماء و الحوامض و خاصة الحوامض اللاعضوية و العديد من الحوامض العضوية و القواعد. (الخرجي،١٩٩٢)

تعاني المواد البوليمرية شأنها في ذلك شأن بقية المواد الأخرى،من تأثيرات الظروف المحيطة بها مما يؤدي إلى تدني خواصها و تحديد استخدامها.وتتمثل أساليب تدني صفات البوليمرات في عدة صور:الانتفاخ،والإذابة وكسر السلاسل الجزيئية الضخمة نتيجة كسر الرابطة التساهمية وتكسر الرابطة في هذه المواد نتيجة الطاقة الحرارية الزائدة ،وحدوث تفاعلات كيميائية،و التأثيرات الإشعاعية.وفي جميع الحالات المذكورة يصاحب تأثير العوامل الخارجية رداءة صفات المادة البوليمرية و تدني في خواصها الميكانيكية. (الدهشان ٢٠٠٢)

قام الباحث (Gu Huang,2007)بتصنيع عينات من البوليستر غير المشبع المقوى بطبقات (2,3,5) من ألياف الزجاج وبعد تعريضها لمدة (٢٠-٢٠٠)ساعة يتم إجراء اختبار الشد لها.وَجِدَ ان هنالك انخفاض واضح في مقاومة الشد للعينات المقواة بطبقتين من الألياف بعد التعرض لمدة 170 ساعة،تحلل واضح حدث للعينات المقواة بثلاث طبقات بعد ٢٠٠ ساعة ولا يوجد اختزال واضح في مقاومة الشد للعينات المقواة بخمس طبقات من الألياف بعد ٢٠٠ ساعة.استنتج أن التعرض القصير للأشعة فوق البنفسجية لا يؤثر بشكل واضح على مقاومة الشد.

قام الباحثون (Peng & others,2008) بدراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على مقاومة واستقرارية المواد المركبة المؤلفة من أرضية من البوليستر غير المشبع المقوى بألياف الزجاج و اوكسيد الزنك النانو.وَجِدُوا أن اوكسيد الزنك يقلل من التحلل بالأشعة فوق البنفسجية على الأرضية من البوليستر غير المشبع ويزيد من مقاومة الصدمة.

المعادلة التالية هي التي تم من خلالها حساب معدل التاكل الذي يمثل إما نقصان أو زيادة بالوزن كالتالي:-

$$W\% = \frac{(W_0 - W_1) * 100\%}{W_0}$$

W_0 = وزن العينة قبل المعاملة (g).

W_1 = وزن العينة بعد المعاملة (g).

$W\%$ = النسبة المئوية لفقدان بالوزن.

الجزء العملي :

- ١- تم تصنيع عينات بقطر ٣ سم وسمك ٥ ملم من البولي استر غير المشبع (شركة كيمياويات الراتنجات الصناعية المحدودة-الدمام المملكة العربية السعودية) بإضافة المادة المصلدة (MEKP) وهو مركب من بيرو كسيد ميثيل اثيل كيتون بشكل سائل شفاف (صنع في الاردن) بنسبة ٢% وهو نوع أكثر تفاعلا من المصلدات الأخرى.
- ٢- تصنيع عينات من مادة مركبة ذات أرضية من البوليستر و مسحوق الألمنيوم الغباري الناعم جدا و بنسب تتراوح بين (٠.٠٥، ٠.١، ٠.٢٥) wt%.
- ٣- استخدام حامض النتريك بالتراكيز التالية (٢٠%، ٤٠%، ٦٠%) لكل ١٠٠ مليلتر من الماء المقطر.
- ٤- وضع جميع العينات في جهاز الأشعة فوق البنفسجية لمدة أربعة أيام (٩٦ ساعة).
- ٥- وضع ثلاث عينات من البولي استر غير المقوى والمشع في كل تركيز من تراكيز النتريك لمدة عشرة أيام و يتم قياس الأوزان كل يومين .
- ٦- وضع ثلاث عينات من البولي استر المشع و المقوى بنسب الألمنيوم المذكورة في تركيز ٢٠% من حامض النتريك لمدة عشرة أيام و يتم قياس الأوزان كل يومين.
- ٧- وضع ثلاث عينات من البولي استر المشع و المقوى بنسب الألمنيوم المذكورة في تركيز ٤٠% من حامض النتريك لمدة عشرة أيام و يتم قياس الأوزان كل يومين.
- ٨- وضع ثلاث عينات من البولي استر المقوى بنسب الألمنيوم المذكورة في تركيز ٦٠% من حامض النتريك لمدة عشرة أيام و يتم قياس الأوزان كل يومين.
- ٩- استبدال المحاليل بأخرى جديدة في منتصف الفترة الزمنية أي بعد ٥ أيام.

القياسات :

- ١- استخدام الميزان الحساس Denver Instrument لقياس أوزان العينات قبل و بعد وضعها في حامض النتريك.
- ٢- استخدام الفرن الكهربائي لتجفيف العينات بعد إخراجها من الحامض و غسلها بالماء المقطر.
- ٣- استخدام Lab teach -fume hood لتجنب الروائح المنبعثة من حامض النتريك.

٤- جهاز الأشعة فوق البنفسجية نوع (Oviel Corporation) اذ يعمل بقدرة 16Watt (380 kJ.mol^{-1}) ويطول موجي 380nm حسب المواصفات القياسية ASTM.D-1148-70.

النتائج والمناقشة:

يتضح من الشكل رقم (٢) و (٣) أن جميع العينات التي وضعت لمدة يومين خلال التراكيز (20%, 40%, 60%) تعاني من زيادة بالوزن وتزداد القيمة مع ازدياد التركيز التالي (0.2%, 0.3%, 0.4%) نتيجة لحدوث انتفاخ في العينات البوليمرية أما عند ٤ أيام فإن العينات بتركيز 20% و 40% مستمرة بزيادة الوزن حتى (2.4, 3.2%) لكن العينة بتركيز 60% تبدأ يحدث لها فقدان بالوزن بمقدار 0.32% بسبب تكون النقر نتيجة إذابة الأجزاء المنتفخة لكون حامض النتريك مؤكسد قوي، أما عند ٦ أيام فنلاحظ حصول فقدان بالوزن بسبب التنقر للعينة التي وضعت بتركيز 20% بمقدار 2.5% و 0.001% للعينة التي وضعت بتركيز 40% أما العينة التي وضعت بتركيز 60% يبدأ وزنها بالازدياد ليصل إلى 0.7% استمرار وضع العينات في حامض النتريك حتى ٨ أيام يؤدي لزيادة أوزان العينات التي وضعت بالتراكيز 20% و 40% على التوالي (2.5%, 3.4%) أما التي وضعت بتركيز 60% فإنها تعاني من فقدان بالوزن بمقدار 2.7%، أما عند ١٠ أيام فسوف يحصل فقدان بالوزن لجميع العينات عدا العينة التي وضعت بتركيز 60% فإن وزنها يقل بمقدار ضئيل والسبب هو الانتفاخ و الإذابة بشكل متتابع وهذا يتفق مع الباحث (Testsuya2000) لكن الأشعة فوق البنفسجية جعلت البولستر غير المشبع حتى بتركيز ٢٠% لا يعاني من إذابة الطبقات السطحية فقط ولكن ينتفخ بالإضافة إلى تغيير لون البولستر غير المشبع أي اصفراره كشكل من أشكال التحلل (Roberge 2008) والشكل رقم (١٠) يوضح الصور الفوتوغرافية لعينات البولستر غير المشبع وكيفية اصفرارها تبعا لتركيز الحامض أما الشكل رقم (١٤) يبين الصور المجهرية بقوة تكبير 150X ويتضح كيفية وجود الانتفاخات و التنقرات على سطوح العينات .

الأشكال رقم (٤) و (٥) توضح عينات من البولستر غير المشبع و المشبع و المقوى بنسبة 0.1% من الألمنيوم عند يومين نلاحظ حدوث فقدان بالوزن للعينات التي وضعت بتركيز 20% و 60% بمقدار (0.5%, 0.7%) على التوالي بسبب إذابة دقائق الألمنيوم القريبة من السطح أما التي وضعت بتركيز 40% فإنها تعاني من الانتفاخ بمقدار 0.35% وهذا يعود إلى كون دقائق الألمنيوم بعيدة عن السطح مما جعل البولستر غير المشبع ينتفخ نتيجة إلى تغلغل جزيئات المذيب داخل السلاسل البوليمرية للبولستر غير المشبع وعند ٤ أيام يبدأ فقدان الوزن للعينات التي وضعت بتركيز 40% و

ازدياد الوزن للعينات التي وضعت بتركيز 20% و60%، أما عند ٦ ايام تستمر الزيادة بالوزن للعينات التي وضعت بتركيز 20% و60% بمقدار (0.02%, 0.38%) ويستمر فقدان العينات التي وضعت بتركيز 40% بمقدار 0.47%. عند ٨ ايام يزداد الانتفاخ للعيينة التي وضعت بتركيز 20% حتى 0.4% وكذلك التي وضعت بتركيز 40% بمقدار 1.7% وفقدان بالوزن للعيينة التي وضعت بتركيز 60% بمقدار 0.5% وعند ١٠ ايام فقدان بالوزن للعينات التي وضعت بتركيز 20% و40% كالتالي (0.25%, 1.4%) وزيادة للعيينة التي وضعت بتركيز ٦٠% بمقدار 0.3%. إن فقدان الوزن للعينات يعود إلى وجود الألمنيوم الذي هو أكثر تأثيراً بتركيز حامض النتريك لغاية ٨٠% حيث تحصل له إذابة (الخرجي ١٩٩٢) وذوبان الطبقات السطحية من البولبيستر غير المشبع مما يؤدي إلى توغل جزيئات الحامض إلى داخل المادة المركبة حيث أن التعرض للإشعاع يؤدي إلى تمزيق الروابط في سلاسل البولبيستر غير المشبع أما الزيادة في الوزن فسببها انتفاخ السلاسل البوليميرية بتأثير التشبع والحامض على السلاسل البوليميرية (الدشسان ٢٠٠٢). الأشكال رقم (١١) و(١٥) توضح الصور الفوتوغرافية و المجهرية على التوالي.

الأشكال رقم (٦) و(٧) توضح العينات المشبعة و المقواة بنسبة 0.25% من الألمنيوم خلال يومين يحدث فقدان كبير بالوزن لجميع العينات وبجميع التراكيز (0.6%, 0.76%, 0.53%) أما عند ٤ ايام يستمر فقدان بالوزن للعينات التي وضعت بتركيز 20% و60% أما العينة التي وضعت بتركيز 40% فإنها تعاني من زيادة بالوزن وبعد ٦ ايام نلاحظ ازدياد الوزن لجميع العينات (0.2%, 0.25%, 0.4%) وبعد ٨ ايام تستمر الزيادة بالوزن لجميع العينات عدا التي وضعت بتركيز 60% فإنها تعاني من فقدان بالوزن، أما عند ١٠ ايام يحصل فقدان بالوزن لجميع العينات بمقدار (0.3%, 1%) عدا العينة التي وضعت بتركيز 60% فيزداد وزنها ليصل إلى 0.17% الفقدان الكبير بالوزن الذي حصل خلال ٢ و٤ ايام يعود لزيادة نسبة التقوية من دقائق الألمنيوم و تأثيرها بحامض النتريك والزيادة اللاحقة بالوزن تعود إلى سلوك البولبيستر في حامض النتريك ولكون البولبيستر غير المشبع يمتص الأشعة فوق البنفسجية فسوف تقصر السلاسل مما يجعل تأكله سريع حتى في التراكيز المخففة (موسى ٢٠٠٣) والأشكال رقم (١٢) و(١٦) توضح الصور الفوتوغرافية و المجهرية على التوالي.

الأشكال رقم (٨) و(٩) توضح العينات المشبعة و المقواة بنسبة 0.5% من الألمنيوم فإنها عند يومين تعاني جميعها من فقدان بالوزن يزداد مع زيادة التركيز على التوالي (0.45%, 1.4%, 2.3%) بسبب تغلغل جزيئات حامض النتريك مما يؤدي إلى ذوبان الطبقات السطحية من البولبيستر و الألمنيوم أما

عند ٤ أيام فان العينة التي وضعت بتركيز 20% تعاني من فقدان بالوزن بمقدار قليل جدا هو 0.001% ويزداد الفقدان بالوزن للعينة التي وضعت بتركيز 40% بمقدار 2.2% ويحدث زيادة بالوزن للعينة التي وضعت بتركيز 60% لتصل إلى 1% أما عند ٦ أيام تستمر العينة في تركيز 20% بالفقدان بالوزن بمقدار 0.8% وكذلك تعاني العينة التي بتركيز 60% بنقصان في الوزن بمقدار 3.5% اما العينة التي وضعت بتركيز 40% فإنها تعاني من الانتفاخ، أما بعد ٨ أيام تبدأ العينة التي وضعت بتركيز ٢٠% بالانتفاخ لكن بمقدار قليل وكذلك التي وضعت بتركيز ٤٠% وتستمر العينة التي وضعت بتركيز ٦٠% بفقدان الوزن وبعد ١٠ أيام يحدث فقدان بالوزن لجميع العينات. تعيق ذرات الالمنيوم تغلغل جزيئات الحامض إلى المادة المركبة مما يجعل البوليستر المقوى بنسبة ٠.٥ % ينتفخ بمقدار اقل من العينات الأخرى (الدهشان ٢٠٠٢) والأشكال رقم (١٣) و(١٧) توضح الصور الفوتوغرافية و المجهرية على التوالي.

الاستنتاجات:

- ١- الفترة المستخدمة في البحث لتشجيع العينات التي استغرقت ٩٦ ساعة كان لها تأثير على سلاسل البوليستر غير المشبع وغير المقوى أدت إلى تسريع تغلغل جزيئات الحامض و تسهيل انتفاخ البوليمر حيث بدا الانتفاخ عند يومين من وضعه في حامض النتريك بتركيز 20%، وهذا ينطبق على العينات المقواة بنسبة 0.1% من الألمنيوم حيث إن الدقائق لم تقلل من الانتفاخ إلا بمقدار ضئيل بسبب تأثير الأشعة فوق البنفسجية.
- ٢- إن التقوية بنسبة 0.25% من الألمنيوم قللت من تأثير الأشعة فوق البنفسجية بحيث قللت انتفاخ البوليستر بمقدار لا يتجاوز 1%.
- ٣- إن تأثير الأشعة فوق البنفسجية متزامن مع تأثير الحامض أدى إلى زيادة الفقدان بالوزن للعينات المقواة بنسبة 0.5% من الألمنيوم.
- ٤- تعتبر أفضل نسبة تقوية مستخدمة في البحث هي 0.25% من الألمنيوم لأنها قللت من الفقدان بالوزن بحيث لا يتجاوز 1%.

References:

-Gu Huang (2007)"Degradation of Glass Fiber/Polyester Composite after Ultraviolet Radiation", Materials & Design Journal, Vol. 29, Issue 7, P1476-1479.

- Liesl Massey K. (2007)"The Effects of UV Light and Weather on Plastic and Elastomers", second edition, United State of America, Willam Andrew, Inc.

-Kaung Wenfeng & Richardson Ashley(2007)"Anew Amine Promoter for Low-Temperature of MEKP Initiated Unsaturated polyester Resin System", Composite Research Journal, Vol.1, Issue.4, Page14.

-Peng Guirong, Li Qingshan, et.al(2008)"Effect of Nano ZnO on Strength and Stability of Unsaturated Polyester Composites", Polymers for Advanced Technologies Journal , Vol.19, Issue11, P 1629-1634.

-Testsuya Sakai (2000)"Corrosive Behavior of Isophthalic Type Unsaturated Polyester Resin in Acidic Solutions", Journal of the Materials Science Society of Japan, Vol.37, No.5, P246-252.

-Roberge, Pierre R.(2008)"Corrosion Engineering", Mc Graw.Hill, 1st.ed.

-الدهشان، محمد عز (٢٠٠٢)"مدخل الى علوم المادة و هندستها"، الجزء الثاني، الرياض، السعودية.

-الخرجي، د. قحطان خلف (١٩٩٢)"الالمنيوم وسبائكها"، كلية الهندسة، جامعة بابل.

-عبدالله، فانتان نعمان (٢٠٠٧)"دراسة تأثير الحجم الحبيبي للدقائق و درجة الحرارة التشكيل على الخواص الميكانيكية للمواد المركبة ذات الاساس من البولييمر"، مجلة الهندسة و التكنولوجيا قسم التعليم التكنولوجي، الجامعة التكنولوجية، المجلد ٢٥، العدد ٥، الصفحات (198-206).

-منصور وهنتر، د. رامي ود. علي (٢٠٠٥)"تأثير المائات العضوية على منحنيات التصلب لمركبات البوليستر غير المشبع"، مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد ٢٧، العدد ١، الصفحات ٨١-٩٨.

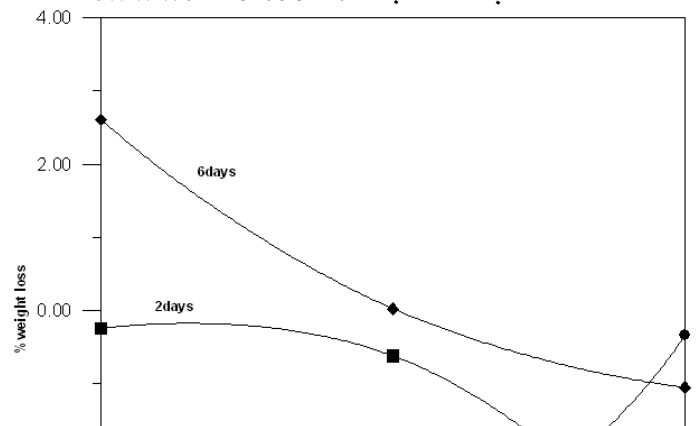
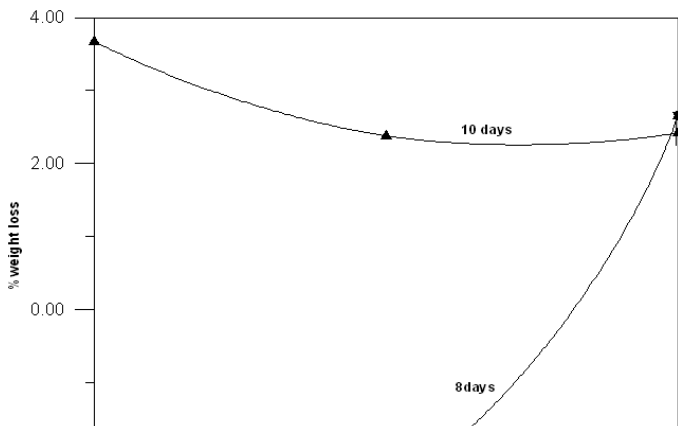
-نحاس، محمود نديم (٢٠٠٥)"احدث الطورات في مجال المواد المركبة الصديقة للبيئة و القابلة لاعادة الاستخدام"، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، المجلد ١٦، العدد ١، الصفحات ٧٧-١٠٢.

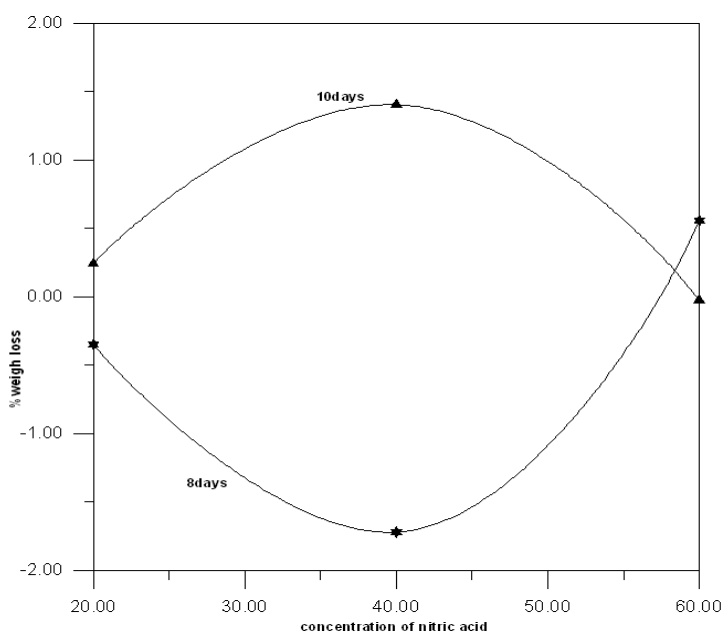
والفيزياء، العلوم

العربية، الكيمياء

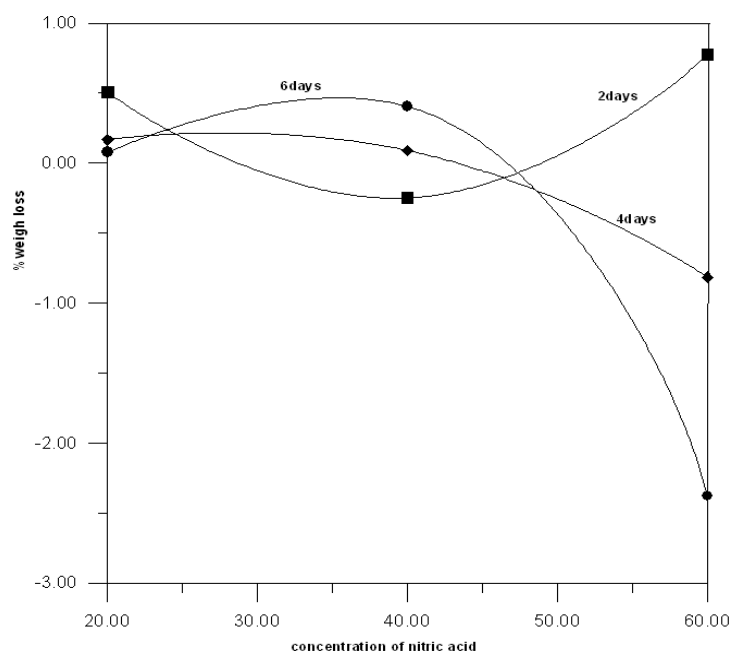
-ياسين، توفيق (٢٠٠٥)"التشيع"، الموسوعة

البحثة، المجلد ٦. www.fiker.com.

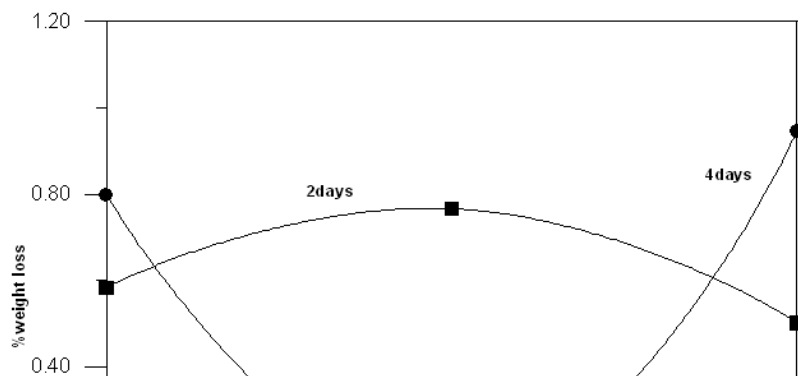
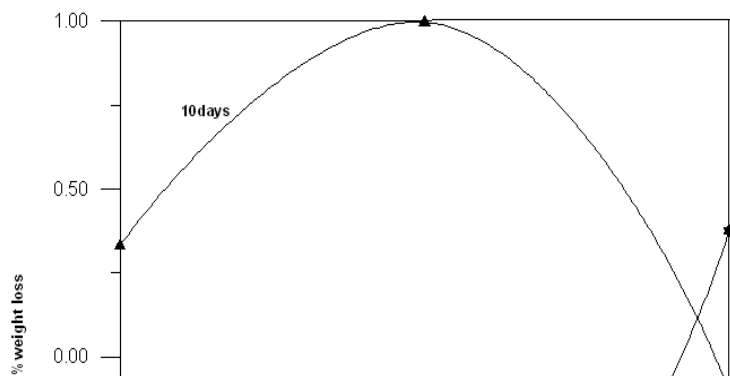


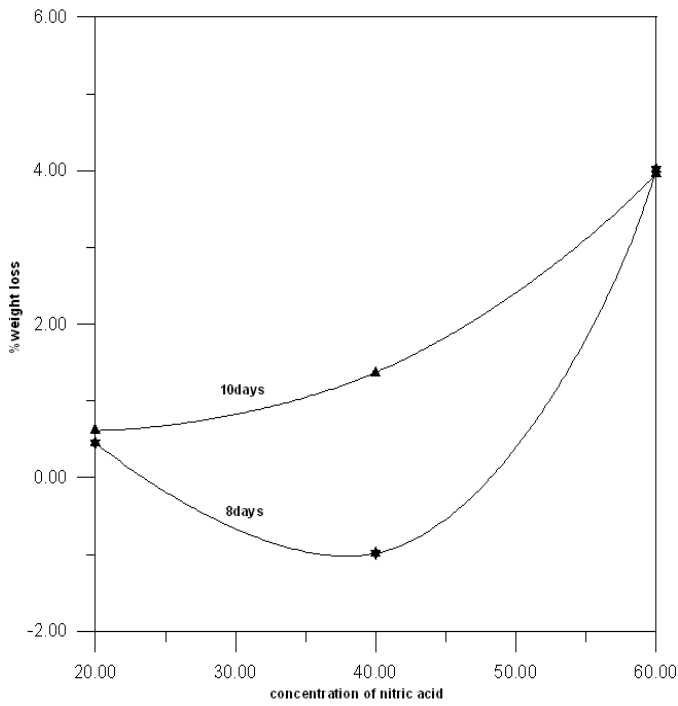


شكل رقم (٥): تغير معدل الفقدان بالوزن لعينات من البوليستر غير المشبع و المقوَّببنسبة ٠.١% من الالمنيوم والمشع مع تغير التركيز لفترات زمنية ٨-١٠ ايام.

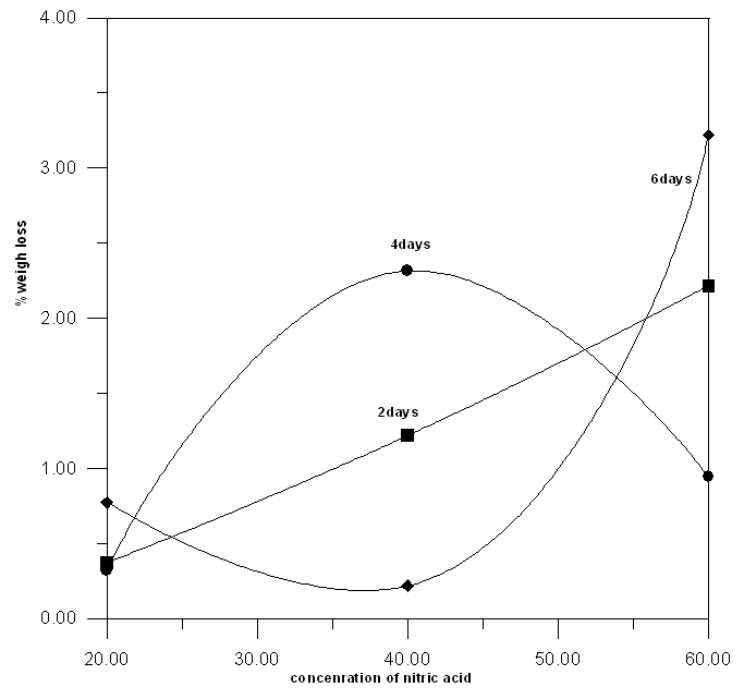


شكل رقم (٤): تغير معدل الفقدان بالوزن لعينات من البوليستر غير المشبع و المقوَّببنسبة ٠.١% من الالمنيوم والمشع مع تغير التركيز لفترات زمنية ٢-٦ ايام.





شكل رقم (٩): تغير معدل الفقدان بالوزن لعينات من البولستر غير المشبع و المقوينة نسبة ٠.٥% من الالمنيوم والمشع مع تغير التركيز لفترات زمنية ٨-١٠ ايام.



شكل رقم (٨): تغير معدل الفقدان بالوزن لعينات من البولستر غير المشبع و المقوينة نسبة ٠.٥% من الالمنيوم والمشع مع تغير التركيز لفترات زمنية ٢-٦ ايام.



(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٠):-العينات المشعة بدون تقوية : (١)البوليستر غير المعامل، (٢)البوليستر في ٢٠% من حامض النتريك (٣) البوليستر في ٤٠% من حامض النتريك (٤)البوليستر في ٦٠% من حامض النتريك.



(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١١)البوليستر غير المشبع المشع المقوى بنسبة ٠.١% من الألمنيوم: (١)البوليستر قبل المعاملة،(٢)البوليستر في ٢٠% من حامض النتريك، (٣) البوليستر في ٤٠% من حامض النتريك، (٤)البوليستر في ٦٠% من حامض النتريك.



(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٢):العينات المشعة المقواة بنسبة ٠.٢٥% من الالمنيوم:- (١)البوليستر قبل المعاملة،(٢)البوليستر في ٢٠% من حامض النتريك، (٣) البوليستر في ٤٠% من حامض النتريك، (٤)البوليستر في ٦٠% من حامض النتريك.



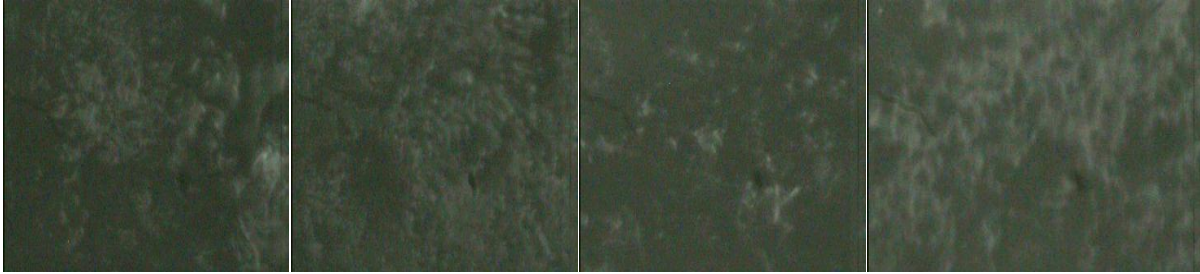
(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٣):العينات المقواة بنسبة ٠.٥% من الالمنيوم: (١)البوليستر قبل المعاملة،(٢)البوليستر في ٢٠% من حامض النتريك، (٣) البوليستر في ٤٠% من حامض النتريك، (٤)البوليستر في ٦٠% من حامض النتريك.



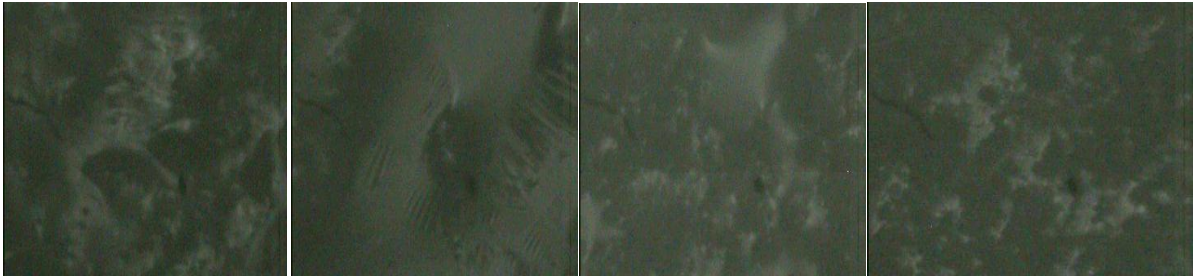
(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٤): صور مجهرية بقوة تكبير $150 \times$ العينات مشعة بدون تقوية: (١) البوليستر قبل المعاملة، (٢) البوليستر في ٢٠% من الحامض، (٣) البوليستر في ٤٠% من الحامض، (٤) البوليستر في ٦٠% من الحامض.



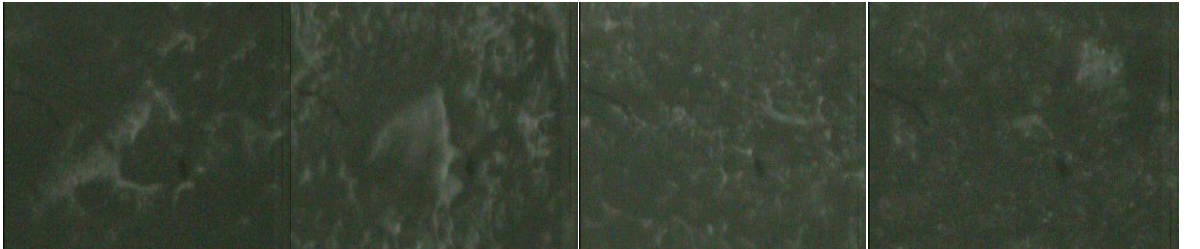
(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٥): صور مجهرية بقوة تكبير $150 \times$ العينات مقوابة ٠.١% من الالمنيوم: (١) البوليستر قبل المعاملة، (٢) البوليستر في ٢٠% من الحامض، (٣) البوليستر في ٤٠% من الحامض، (٤) البوليستر في ٦٠% من الحامض.



(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٦): صور مجهرية بقوة تكبير $150 \times$ العينات مشعة مقوابة ٠.٢٥% من الالمنيوم (١) البوليستر قبل المعاملة، (٢) البوليستر في ٢٠% من الحامض، (٣) البوليستر في ٤٠% من الحامض، (٤) البوليستر في ٦٠% من الحامض.



(٤) (٣) (٢) (١)

شكل رقم (١٧): صور مجهرية بقوة تكبير $150 \times$ العينات مقوابة ٠.٥% من الالمنيوم: (١) البوليستر قبل المعاملة، (٢) البوليستر في ٢٠% من الحامض، (٣) البوليستر في ٤٠% من الحامض، (٤) البوليستر في ٦٠% من الحامض.

