

## دراسة تأثير الخواص الكيميائية على الخواص الفيزيائية لمادة متراكبة من راتنج اليوريا – فورمالدهايد

م.م احمد نجم عبد محمد القيس ماجستير علوم في الكيمياء الصناعية

### الخلاصة:

أجريت هذه الدراسة باستخدام راتنج اليوريا – فورمالدهايد كمادة أساس بينما استعملت نشارة الخشب كمادة مقوية و كلوريد الأمونيوم كمادة رابطة وبعد تحضير المادة المتراكبة بكسر وزني مقداره ( ٦٠%) تمت دراسة التغير الحاصل في بعض الخصائص الميكانيكية والحرارية قبل وبعد غمرها في كل من الماء المقطر ومحلوله الحامضي HCl ( 0.5N ) ولمدة (٣٠) يوما . تم حساب معامل الانتشار ( DX ) للعينة المحضرة

### Abstract:

The research involves using urea – formaldehyde resin as matrix for making composite material, while wood flower used as rein forcing materials and ammonium chloride as bonding materials.

The specimen of composite materials were prepared with weight fraction ( $\psi$ ) of (60%) of their weight. Then. The study on some physical properties (compression, bending flexural strength, hardness, impact and thermal conductivity) before and after immersion in water and solution of (Hcl) with 0.5 normality for their (30 day). Diffusion coefficient (Dx) was calculated.

### المقدمة:

لمعرفة مدى تأثير المواد البوليمرية بالأوساط المختلفة عند تماسها بها فقد اجريت دراسات عديدة حول عمليات الانحلال بالعوامل الكيميائية وتأثيرها في الصفات المختلفة للبوليمر ، وربما كان أهم هذه العمليات التحلل المائي ( Hydrolysis ) إذ أن بعض التفاعلات البوليمرية غير المرغوب فيها أحيانا تظهر نتيجة التعرض الطويل للمادة البوليمرية للعوامل الجوية (١) . فالمطر هو الماء الطبيعي يندرج تحت مصادر الرطوبة في البنية البوليمرية اضافة الى ذلك ان المطر قد يصبح حامضيا بسبب الغازات الملوثة مثل اكاسيد الكبريت والنتروجين والأبخرة الحامضية مثل ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,HF,HCl ) التي تطلق في الجو (٢) .

وبرزت نتيجة ذلك مشكلات متعددة لها الأثر في انحلال البوليمر ( polymer degradation) وقد لاقى اهتماما واسعا من قبل العديد من الباحثين بدراسة المجال ، لان استقرارية البوليمر أمر مهم لاستخداماته المتعددة في مختلف المجالات الصناعية (٣،٤)

فهناك دراسات تبين مدى التغير الحاصل في راتنج الايبوكسي بعد غمره في الماء ومحاليله الحمضية والقاعدية مثل ( NaOH, HCl ) والاسيتون فقد لوحظ مدى تغير الوزن واللون و اختفاء البريق الذي كانت تمتلكه العينات قبل الغمر ( ٥ ) .  
تهدف هذه الدراسة الى التعرف على الخصائص الميكانيكية والحرارية لراتنج اليوريا فورمالديهايد المدعم بنشارة الخشب مع إضافة عوامل تحسين النوعية للتوصل إلى افضل النتائج كما تهدف ايضا إلى بيان تأثير الماء ومحلوله الحامضي المتمثل ( 0.5N .HCL ) على خواص المادة المترابكة لكونها أحد أهم عوامل البيئة المهمة والمؤثرة فيها بشكل مباشر .  
الجزء العملي :-

تقسيم المواد المستخدمة في هذه الدراسة الى جزأين أساسين هما :-

المادة الأساس ( Matrix Material )

تم استخدام مادة راتنج اليوريا فورمالديهايد كمادة أساس في تحضير المادة المترابكة البوليمرية ، وهو بشكل كتل مطاوع للحرارة ( Thermoplastic ) شفافة وذات رائحة مميزة يمكن تحويله إلى بوليمر متشابك بإضافة مادة مصلدة ( Hardener ) من الهيكسامثلين تترا امين ( HMTA ) ونسبة 7% وهي بشكل مسحوق ابيض وبذلك يتم الحصول على عينات مناسبة للقولية بالحرارة والضغط .

المضافات : ( additives )

تصنف المضافات هنا الى نوعين :

أ- مضافات تحسين النوعية

إن ابرز المضافات المستخدمة في تحسين النوعية تتمثل بالمواد الآتية ( شمع الستيارك )

( 0.5 % ) وصبغة الكروسيين ( 0.5 % )

ب- مواد التقوية ( Reinforeng materials )

استخدمت نشارة الخشب ( wood flour ) ذات نعومة تقدر بأقل من ( 100 um ) بصفتها مادة تقوية للوسط الراتنجي وبكسر وزني قدره ( 60% ) بالاعتماد على المعادلة الآتية

( ٦ ) :

$$\psi = W_f / W_c * 100\%$$

$$W_c = W_f + W_m$$

اذ ان :-

( $\psi$ ) الكسر الوزني للألياف في المترابك

(  $W_c, W_m, W_f$  ) كتلة الألياف والمادة الأساس والمترابك على التوالي

في الواقع تم اتباع طريقة القولية بمكابس الضغط

وحضرت العينات الخاصة بالاختبارات حسب المواصفات ( ASTM ) أو ( ISO )

استخدم جهاز ( جاربي ) لحساب مقاومة الصدمة وقيست الصلادة بطريقة برينل (

Brinell HBr ) كما واستخدم الاختبار الثلاثي النقطة ( 3pt - Bending ) المجهز من

شركة ( phywe ) لحساب متانة الانحاء .

واستخدم جهاز المكبس الهيدروليكي في حساب مقاومة الانضغاط المجهز من شركة ( Leybold –Harris ) و تم حساب معامل الانتشار (  $D_x$  ) بطريقة الربح في الوزن باستخدام الميزان الحساس نوع ( Sarlorions- Balance ) بالاعتماد على قوانين فك في الانتشارية ( 7 ) :

$$D_x = \pi (KT/ 4M)^2$$

اذ ان :-

(  $D_x$  ) معامل الانتشارية (  $m^2 \cdot sec^{-1}$  )

( b ) سمك النموذج ( m ) ، ( k ) : الربح في الوزن في الزمن t

M : أعلى ربح في الوزن

قيست الموصلية الحرارية بطريقة قرص لي ( Lec's disk ) المجهز من شركة ( George –Griffi ) .

النتائج والمناقشة

1- اختبار الانحناء ( Bending Test )

من هذا الاختبار تم حساب معامل يونك باستخدام العلاقة الآتية ( 8 ) :

$$E = (Mass/ Deflection) (gL^3 / 48I)$$

اذ ان :- ( Mass/ Deflection ) تمثل الميل ( slop ) المحسوب من منحني ( Mass- Deflection )

( g ) : التعجيل الأرضي (  $9.81 m/sec^2$  )

( I ) : عزم الانحناء الهندسي الذي يعطي بالمعادلة الآتية ( 8 )

$$I = bd^3 / 12$$

( b ) : عرض النموذج ( m )

( d ) : سمك النموذج ( m )

أن الهدف الرئيس من اختبار الانحناء هو التعرف على سلوك الخطي للمادة الواقعة تحت تأثير الحمل المسلط بالاتجاه العمودي على المستوى السطحي لها حيث يلاحظ من الأشكال ( 1 ) و ( 2 ) و ( 3 ) أن الانحراف يتناسب طرديا مع الحمل فعند زوال تأثير الحمل المسلط تسترد المادة حالتها الأولى ويستنتج من ذلك ان المادة تخضع لقانون هوك وان النسبة بين ( Mass/Deflection ) مقدار ثابت ( 8 ، 9 ) ويمثل الميل المحسوب من الأشكال السابقة الذكر الذي يتغير بتغير نوع الوسط الذي غمرت فيه المادة المترتبة الفينولية و زمن التغطيس . ان نتائج معامل المرونة بينت أن قيم معامل يونك قد انخفضت بعد غمرها في كل من الماء والحامض ( HCL ) ويعود سبب ذلك إلى الانحدار الحاصل لمعامل يونك مع زيادة زمن التغطيس و ان كل من الماء والحامض يؤثر في تماسك جزيئات سطح المادة مما يؤدي الى ضعف المادة ونقصان معامل المرونة وهذا يتفق مع ما توصل اليه

( c-Lyhm ) ( 10 ) . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -1-

جدول -1-

الجدول يوضح قيم معامل يونك لجميع العينات المحضرة في أوساط غمر مختلفة

	قبل الغمر	بعد الغمر لمدة (30) يوما	
		الماء المقطر	Hcl ( 0.5 N )
( Gpa )	E 3	2.5	2.73

٢- اختبار متانة الانحناء Flexural Strength Test ( F.S)  
من الاختبار الثلاثي النقطة تم حساب متانة الانحناء باستخدام العلاقة الآتية ( ١١ )

$$F.S. = 3PL / 2bd^2$$

اذ ان ( L ) البعد بين نقطتي التحميل ( m )

( P ) الحمل المسلط ( N )

( b ) عرض العينة ( m ) ، ( d ) سمك العينة ( m )

يستخدم فحص متانة الانحناء بكثرة في تحديد أقصى إجهاد تنفي تتحملة المادة الواقعة تحت تأثير إجهادات مسلطة بصورة عمودية على امتداد المستوى الأفقي لها .  
اذ توجد ثلاث أنواع من الآليات تحدث في مواقع مختلفة بنفس الوقت تكون مسؤولة عن حدوث هذا النوع من الفشل في المادة المترابكة وكما يأتي :-

١- الفشل بسبب الاجهادات الشديدة

٢- الفشل بسبب الاجهادات الانضغاطية

٣- الفشل بسبب الاجهادات القصية ( ١٢ )

فقد لوحظ من هذا الاختبار أن ( F.S ) تتغير مع زمن التغطيس ونوع الوسط الذي غمرت فيه العينات فقد أبدت العينات المغمورة في المحلول الحامضي ( HCL ) تأثير أكبر مقارنة بالعينات الأخرى المغمورة في الماء اذ ان الانخفاض في المتانة يعود إلى تركيز الحامض الذي يلعب دورا في زيادة سرعة آلية التحلل ( Dissolution ) اذ ان تنفذ جزيئات المحلول الحامضي إلى السطح البيئي بين المادة الأساس ومادة التدعيم التي تعتبر اضعف منطقة في المادة المترابكة . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -2-

جدول - 2 -

الجدول يوضح قيم متانة الانحناء ( F.S ) لجميع العينات في أوساط غمر مختلفة

	قبل الغمر		بعد الغمر لمدة ٣٠ يوما	
	F.S (Mpa)	74.1	الماء المقطر	HCL (0.5N)
			45	15

واظهرت نتائج مقاومة قص الطبقات الداخلية سلوكا مماثلا لمتانة الانحناء مما يؤكد حالة التناسب بينها وتم حساب مقاومة القص باستخدام المعادلة الاتية ( ١١ ) : والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -3-

$$\tau = 3p / 4bd$$

جدول -3-

الجدول يوضح قيم إجهاد القص ( $\tau$ ) لجميع العينات في أوساط غمر مختلفة

Mpa ) ( $\tau$	قبل الغمر		بعد الغمر لمدة ٣٠ يوما	
	1.85	1.68	الماء المقطر	HCL ( 0.5N)
			0.608	

٣- اختبار الصدمة ( Impact test )

تم حساب مقاومة الصدمة باستخدام العلاقة الاتية ( ١٣ )

طاقة الكسر

= مقاومة الصدمة

( Impact strength ) مساحة المقطع العرضي للينة عند الكسر

وذلك لمعرفة سلوك المواد الواقعة تحت تأثير قوى سريعة اذ بينت نتائج اختبار الصدمة بعد غمر النموذج المحضر في الماء المقطر انخفاض طاقة الكسر . أما تأثير المحلول الحامضي ( HCl ) فانه يزيد مقاومة الصدمة يعزى ذلك إلى ان جزيئات ( HCl ) تشكل طور بيني بين المادة الأساس ومنطقة السطح الفاصل بين المادة الأساس ونشارة الخشب مما يزيد من مقاومة قص الطبقات فتزداد طاقة الكسر . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -4-

جدول ( 4 )  
الجدول يوضح قيم مقاومة الكسر لجميع العينات وفي أوساط غمر مختلفة

Impact strength ( KJ /m <sup>2</sup> )	قبل الغمر	بعد الغمر لمدة 30 يوما	
		الماء المقطر	Hcl ( 0.5N)
	5.82	3.85	16.3

#### ٤- اختبار الصلادة Hardness Test

اجري اختبار الصلادة على العينات قبل وبعد غمرهما في كل من الماء ( H<sub>2</sub>O )  
والمحلول الحامضي ( HCL ) فقد تبين أن الصلادة تقل مع زيادة زمن التغطيس مما أدى  
إلى زيادة ليونة المادة بسبب حركة الوحدات الابتدائية وارتخاء الأواصر بينهما مما يؤدي  
إلى أضعاف مقاومتها للخدش . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -5-

جدول ( 5 )

الجدول يوضح قيم الصلادة برينل للعينات المحضرة في اوساط غمر مختلفة

صلادة برينل ( HBr ) N o.	قبل الغمر		بعد الغمر ولمدة 30 يوما	
			الماء المقطر	HCL ( 0.5N )
346			231	164

٥- اختبار الانضغاط (  $\delta_{com}$  ) Compression Test

تم حساب مقاومة الانضغاط القصوى لجميع العينات المغمورة في كل من الماء ومطوله الحامضي فقد تبين ازدياد قطر العينة باستمرار زيادة الحمل المسلط وهذا يقود الى حدوث تمدد جانبي يتوزع بصورة منتظمة على مساحة العينة إلا أن ذلك لا يحدث بسبب الاحتكاك الجانبي الموجود على أسطح التماس المؤدي إلى انعدام التوسع الجانبي الذي يصاحب عملية الانضغاط في أسطح التماس مما يؤدي إلى انعدام التوسع الجانبي الذي يصاحب عملية الانضغاط في أسطح التماس مما يؤدي إلى اتخاذ العينة شكل بريل ( Barrel shape ) مع استمرارية الحمل المسلط و يحدث الفشل في العينة لحظة انبعاج جوانب المادة وتشققها ( 14 ) . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -6-

جدول ( 6 )

الجدول يوضح قيم مقاومة الانضغاط للعينات المحضرة في أوساط غمر مختلفة

$\delta_{com}$ ( Mpa )	قبل الغمر		بعد الغمر لمدة 30 يوما	
			الماء المقطر	HCL ( 0.5N )
4600			98.8	141

٥- اختبار الموصلية الحرارية Thermal conductivity Test

يتم انتقال الحرارة في المواد الصلبة من موقع الى اخر بالاعتماد على آلية التوصيل عن طريق الفوتونات أو الإلكترونات أو كلاهما تبعاً لنوع المادة الصلبة التي تتعامل معها واستناداً إلى ذلك نجد إن المواد الصلبة العازلة كهربائياً يكون التوصيل فيها بالفوتونات التي تعد الناقل الوحيد للطاقة الحرارية ( 15 )  
إن تدعيم المادة الراتنجية بنشارة الخشب ذات التركيب الدقائقي يؤدي إلى كثافة تراص عالية هذا يؤدي إلى زيادة قيمة ( k ) لاعتمادها على كثافة التراص وإن الموصلية الحرارية ذات قيم واطئة بسبب إن المادة المستخدمة في التدعيم رديئة التوصيل للحرارة .  
والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول-7-

جدول ( 7 )

الجدول يوضح قيم ( k-value ) للعينات المحضرة في أوساط غمر مختلفة

k- value ( w/m.c <sup>0</sup> )	قبل الغمر	بعد الغمر ولمدة 30 يوماً	
		الماء المقطر	HCL ( 0.5N)
0.092		0.099	0.093

#### ٧- اختبار الامتصاصية

إن تأثير التحلل المائي في البوليمرات ومتركباتها يتخذ أشكال مختلفة نذكر منها ماياتي :

١- تنافذ المحاليل بمختلف أنواعها خلال البوليمرات مما يؤدي إلى حدوث ظاهرة الانتفاخ ( swelling ) كما في الشكل ( 9 ) و ( 10 )  
انحلال ( dissolution ) البوليمر في الأوساط المختلفة عند تماسه بها نتيجة حدوث ظاهرة المص البوليمري ( desorption ) عند غمر العينات المهيأة لهذا الغرض في الماء ومحلوله الحامضي وجد إن وزن العينات يزداد بازدياد زمن التغطيس ويعود ذلك إلى إن المادة الراتنجية عندما تكون في تماس مباشر مع سائل واطئ الوزن الجزيئي مثل الماء فإن جزيئات الأخير سوف تحاول المرور سريعاً خلال طور البوليمر مبتدءاً بملاء الفجوات الدقيقة و الفراغات الموجودة وبعد مضي وقت معين يؤدي إلى حدوث نقصان في أوزان العينات واستمرار هذا النقصان مع زيادة الزمن و يعزى ذلك إلى إن البوليمر المنتفخ في بعض الحالات يؤدي إلى تكوين ضغط كاف لمعظم الأواصر الكيميائية بين الذرات في السلسلة البوليمرية وبذلك تتفكك السلسلة البوليمرية إلى مركبات ذات وزن جزيئي واطئ

نتيجة حدوث ظاهرة المج ( Desorption ) ( 3 ، 16 ) . والنتائج المستحصل عليها مبينة في الجدول -8-

جدول ( 8 )

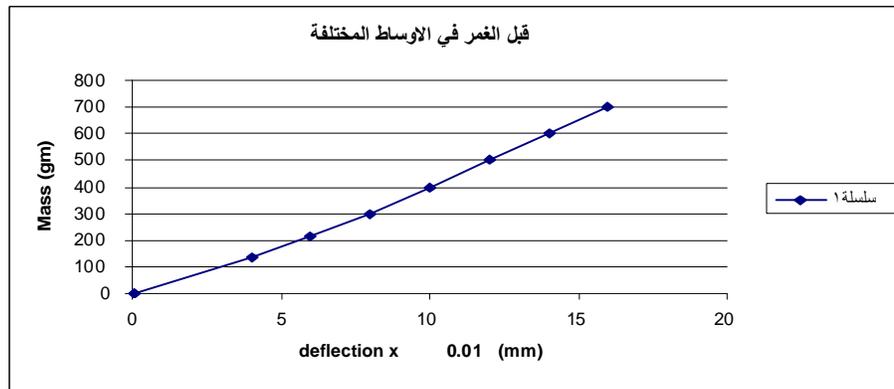
الجدول يوضح قيم معامل الانتشار (  $D_x$  ) للعينات المحضرة في اوساط غمر مختلفة

$D_x \cdot 10^{-14}$ ( $m^2 \cdot sec^{-1}$ )	الماء المقطر	HCL (0.5N)
	3.07	4.37

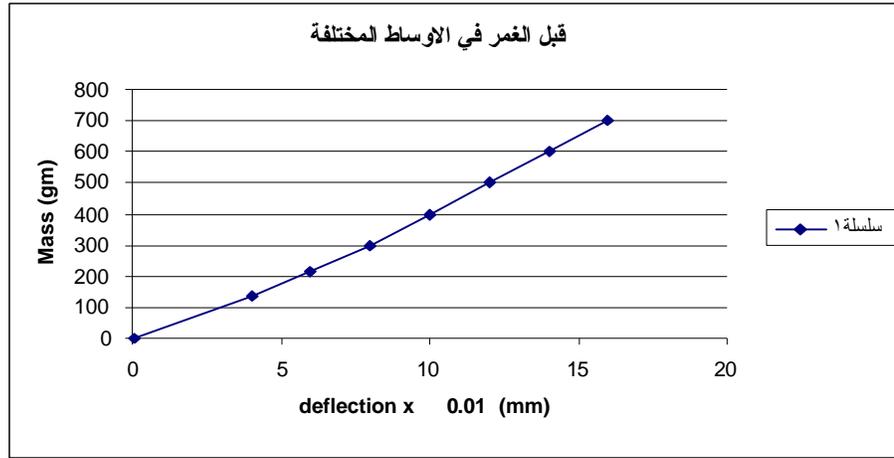
الاستنتاجات :

- ١- تقل قيمة معامل يونك بعد غمرها في كل من الماء ومحلولها الحامضي HCL
- ٢- إن العينات المغمورة في المحلول الحامضي قد أبدت تأثر وانخفاض اكبر في متانة الانحاء مقارنة بالعينات المغمورة في الماء
- ٣- لقد أبدت العينات المغمورة في المحلول الحامضي ( HCL ) بعد مضي 30 يوما زيادة في طاقة الكسر
- ٤- تبين من اختبار الصلادة ان كل من الماء ومحلوله الحامضي ( HCL ) يؤثر بشكل سلبي على صلادة المادة حيث ان الصلادة قد قلت مع زيادة زمن التغطيس
- ٥- ان استمرارية زيادة الحمل المسلط في اختبار الانضغاطية على العينات بعد غمرها في كل من الماء ومحلوله الحامضي أدى إلى حدوث تمدد جانبي يقود إلى فشل العينة لحظة انبعاج الجوانب
- ٦- تبين من اختبار الموصلية الحرارية ان استخدام نشارة الخشب كمادة مقوية للراتنج يؤثر بشكل كبير على قيمة ( K )
- ٧- لقد تبين من قياس الانتفاخ للعينات المحضرة والمغمورة في المحلول الحامضي ( HCL ) والماء أنها وزنها يزداد وبعد مدة يقل وزنها ويعزى ذلك إلى تكوين ضغط كاف لتحطيم الأواصر الكيميائية بين السلسلة البوليمرية .
- ٨- لقد أثبتت النتائج أن معامل الانتشار يتغير حسب نوع وتركيز الوسط الذي تغمر فيه العينات .

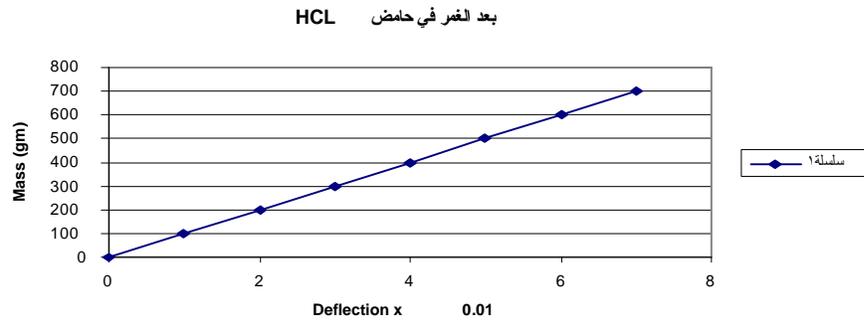
و الأشكال الآتية توضح العلاقة بين الكتلة والانحراف للعينات المحضرة والمغمورة في الاوساط المختلفة و تبين العلاقة بين الاجهاد والانفعال للعينات المحضرة في الاوساط المختلفة وتبين العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية مع الجذر التربيعي للزمن وتبين العلاقة بين درجة الانتفاخ والزمن للعينات المحضرة في الاوساط المختلفة



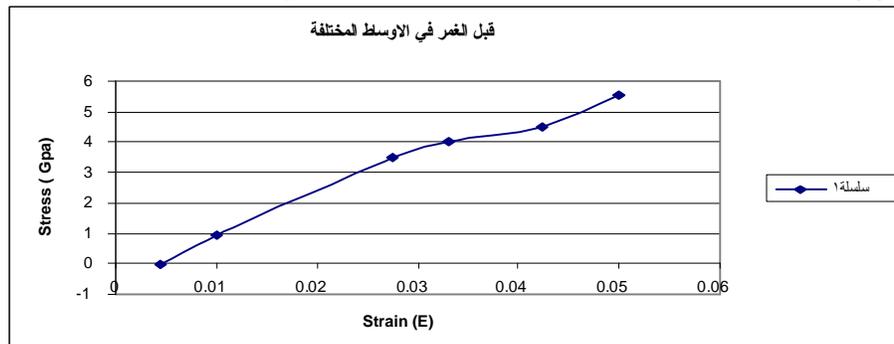
شكل (١) العلاقة بين الكتلة والانحراف للعينة المحضرة قبل الغمر في الأوساط المختلفة



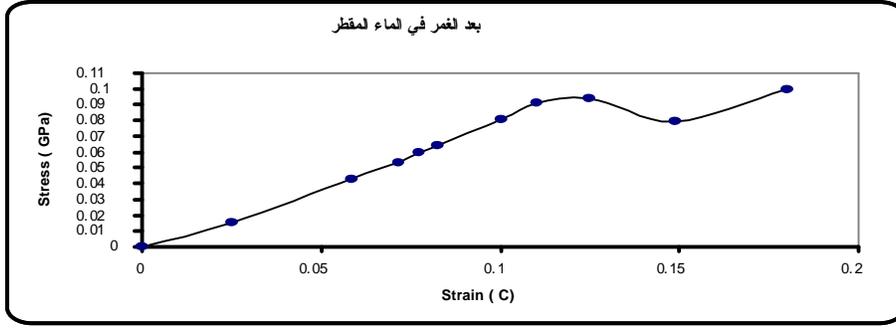
شكل (٢) العلاقة بين الكتلة والانحراف للعينة المحضرة بعد غمره في الماء المقطر (H<sub>2</sub>O)



شكل (٣) العلاقة بين الكتلة والانحراف للعينة المحضرة بعد غمره في حامض (0.5N) HCL

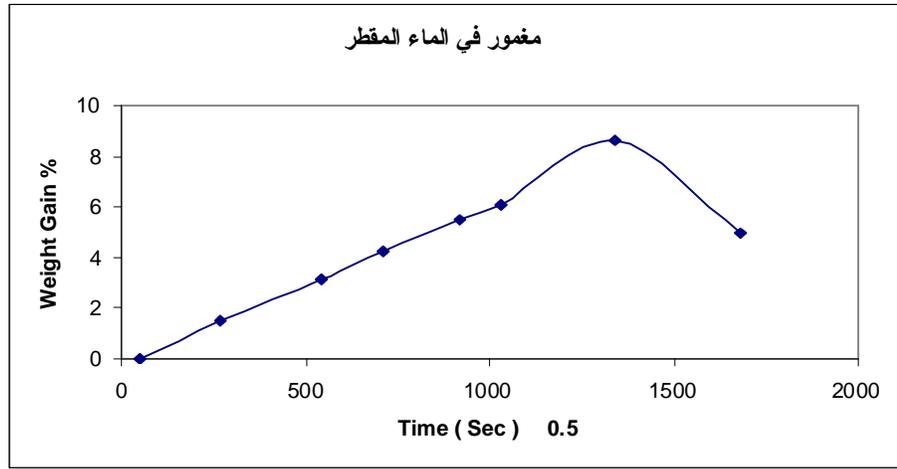


شكل (٤) العلاقة بين الإجهاد والانفعال للعينة المحضرة قبل غمره في الأوساط المختلفة



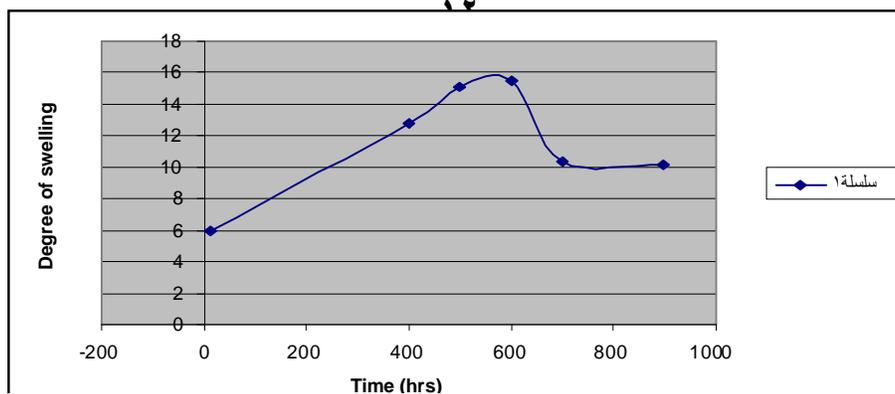
شكل (٥) العلاقة بين الإجهاد والانفعال للعينة المحضرة بعد غمره في الماء المقطر (  $\text{HH}_2\text{O}$  )

شكل (٦) العلاقة بين الاجهاد والانفعال في العينة المحضرة بعد غمره في حامض  
 $\text{HHCL}$  0.5 N

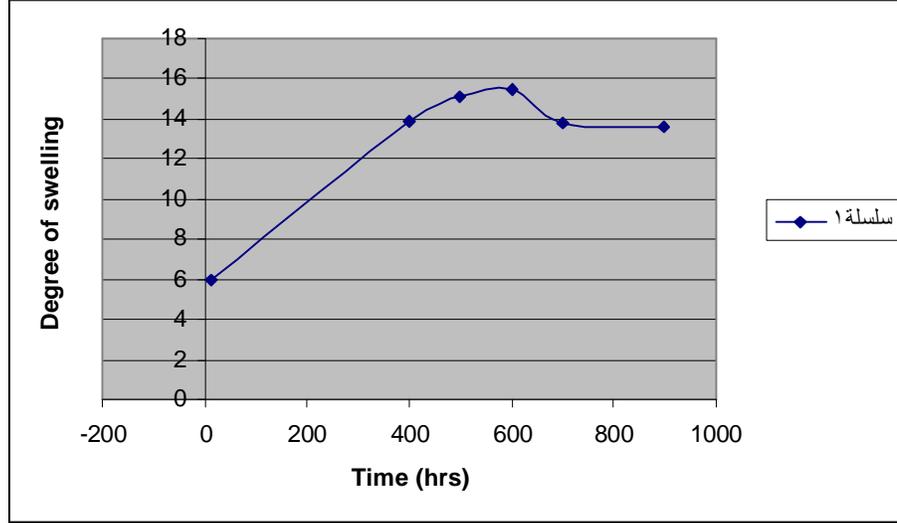


شكل (٧) العلاقة بين النسبة المئوية للامتصاصية للعينة المحضرة المغمور في الماء المقطر مع الجذر التربيعي للزمن

شكل (٨) العلاقة بين النسبة المئوية الامتصاصية للعينة المحضرة المغمور في المحلول الحامضي HCL 0.5 N مع الجذر التربيعي للزمن



شكل (٩) العلاقة بين درجة الانتفاخ والزمن للعينة المحضرة بعد غمره في الحامض HCL0.5N



شكل ( ١٠ ) العلاقة بين درجة الانتفاخ والزمن للعينة المحضرة بعد غمره في الماء

#### المصادر :

1. د. اكرم عزيز محمد ، كيميائ اللدائن ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل (1993)
2. د. عادل احمد جرار ، الكيمياء في حياتنا ، دار الكرمل للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن (1988)
3. أ. تاكر ، ترجمة د. اكرم محمد عزيز ، الكيمياء الفيزيائية للبوليمرات ، جامعة الموصل ( 198 )
4. M.D. Baijal , plastic polymer science & Technology , john wiley & sons , New York (1982).
5. J.R.Thakkar ,R.D. Patel and R.G.Patel , Brickie and sons , London (1944).
- 6.P.Kleinhdz , & J. Molinir , Votrotex fiber work , vol . 22 , ( 1986 ) , pp. ( 31 – 36 )
7. B. Dewimille , composites , vol . 13 , NO. 14 , ( 1982 ) .
8. G. Tolf and P. Clarim , fiber science & Technology , vol . 21 , NO. 4 , October ( 1986 ) pp. ( 319 – 326).
9. S.S.yan , T.W.Chon and F.K. Ko. , Composites, vol 17 , NO. 3, july ( 1986 ) , PP.( 227-232).
10. C.Lyhm , R. J.Effect of loading rode on Tensile Strength Fibrous composites , vol .19 ,NO.4 ,

- (1988) , P. 295 .
11. M.O. W. Richarson ,( polymer Engineering composites) ( 1977) , Applied science Pub. LTD,London
12. G.C. Shil and L.G. Erbert , composites , vol . 17 , NO. 4 , October (1986) , PP. (309-320).
13. د. عارف ابو صفية ، الميتالورجية الفيزيائية الهندسية – الجامعة التكنولوجية ، قسم هندسة الانتاج والمعادن ، ( 1994).
14. H.S. Kaufman , Introduction to polymers science and technology ; SPE Text Book , John Wily and sons , New York , ( 1977 ) .
15. د. ابراهيم شريف . (الفيزياء ( ١ ) الحرارة وخواص المادة والصوت) ، منشورات دار لبنان – بيروت ، الراتب للأبحاث الجامعية ( 1983 ) .
16. A. Apicell et al. , composites , vol .13 , NO. 4 , Jan ( 1982) , PP. ( 406 – 410).