

## تحسين الخواص الميكانيكية والريولوجية بواسطة أشعة كاما لهيدروكسي اثيل السليلوز المستخدم في حفر

## آبار النفط

أ.م.د عبد الكريم جواد البيرماني

رئيس قسم الفلسفة والفيزياء الطبية/كلية الطب/جامعة بابل

## (الخلاصة):

تمت دراسة تأثير أشعة كاما بجرع مختلفة على الخواص الميكانيكية والريولوجية لبوليمر هيدروكسي اثيل السليلوز المذاب في الماء المقطر وذلك بتأثير أشعة كاما من مصدر  $Co^{60}$  ذي معدل طاقة 1.5Mev وجرع إشعاعية مختلفة ضمن المدى (  $4200^{rad}$   $4500^{rad}$   $5000^{rad}$  ) لغرض تحسين الخواص التطبيقية في عمليات حفر آبار النفط .

بالنسبة للخواص الريولوجية تم عملياً قياس اللزوجة بأنواعها والمعدل اللزوجي للوزن الجزيئي ونصف قطر الجزيئة الفعال أما الخواص الميكانيكية تم قياسها من خلال استخدام الموجات فوق السمعية عن طريق جهاز مولد ومستقبل الموجات فوق السمعية ولتركيز مختلفة لهذا البوليمر ومن خلال القياسات تم حساب الخواص الميكانيكية التالية معامل امتصاص الموجات فوق السمعية، زمن استرخاء، سعة استرخاء الانضغاطية ومعامل المرونة والممانعة الصوتية التي يديها هذا البوليمر وقد تمت القياسات قبل وبعد التشيع بأشعة كاما .

وقد أظهرت النتائج إن جميع الخواص أعلاه تزداد بزيادة تعرض البوليمر للإشعاع أي بزيادة الجرعة الإشعاعية زيادة (اسية أو خطية) مع زيادة تركيز البوليمر ماعدا الانضغاطية وجدت أنها تتناقص مع زيادة التركيز ومع زيادة جرعة الإشعاع وبذلك فان خواص اللزوجة ومثانة تشابك البوليمر قد تحققت من خلال زيادة جرعة الإشعاع وأظهرت النتائج إن جرعة الإشعاع (  $5000^{rad}$  ) أدت إلى تحسين خواص البوليمر الحرارية والميكانيكية حيث أدت زيادة التشجيع إلى تكسر الأواصر بين جزيئات البوليمر وتكوين التشابك (cross linking) نتيجة توليد جذور حرة والذي أدى بدوره إلى زيادة الوزن الجزيئي ومن ثم زيادة اللزوجة الذي أدى بدوره إلى نقصان الاحتكاك الناتج من عمليات الحفر باستخدام هذا البوليمر .

## 1-المقدمة

ان بوليمر هيدروكسي اثيل السليلوز ( Hydroxy ethyl cellulose, HEC ) هو احد انواع البوليمرات المستخدمة كسوائل حفر والمستعملة في حفر آبار النفط وهو مادة مستوردة من قبل شركة (Messina) حيث يستعمل على شكل محاليل مائية وهو احد مشتقات البوليمرات السليلوزية المستخدمة ايضاً كسوائل حفر ومن هذه البوليمرات هو مثيل السليلوز وكاربوكسي مثيل السليلوز وزانثان السليلوز وعلى شكل محاليل مائية (1,2).  
يمتاز هذا البوليمر كسائل مشتقات السليلوز بامكانية السيطرة على خواصه الريولوجية حيث انه ذو لزوجة عالية وايضا يمتاز بخاصية المطاطية الكاذبة التي هي صفة اساسية في استخدامه في عملية استخراج النفط .  
حيث ان عمليات الحفر تؤدي الى توليد حرارة نتيجة للاحتكاك مع طبقات التربة وبذلك فان اضافة المحلول المائي من هذا البوليمر يؤدي الى تقليل الاحتكاك المتولد نتيجة للزوجته العالية (3) .

قام الباحث (4) بدراسة اوضح فيها ان بوليمر (HEC) يستخدم في حالات تقليل الحركة الجزيئية للماء في عمليات تغطية النفط بحيث ان التراكيز العالية منه تؤدي الى تكوين مركبات جلاتينية لها استعمالات في العمليات الثانوية لاستخراج النفط حيث بالاضافة لكونه يقلل الاحتكاك فانه يقلل تسرب النفط في الفجوات الناتجة من حفر الآبار ويعتبر كعامل تقليل فقدان النفط المستخرج (Losses Factor) وقام الباحث (5) بدراسة حركات التجلط الناتجة من استخدام البوليمر والتي تستعمل في العمليات الثانوية لاعادة تكرير المشتقات النفطية ونتيجة لتكوين محلول البوليمر مركب جيلاتيني عند زيادة تأثير الاجهاد الخارجي عليه فيعتبر هذا البوليمر من المثخنات وهذا ماكداه الباحثين (6)(7) حيث ان هذه الخاصية اضافة الى خاصية اللزوجة العالية اعطته كفاءة عالية ويعطي استقرارية للمحلول وللخواص الريولوجية ضمن مدى واسع من درجات الحرارة الناتجة من عمليات الحفر . وايضاً هذا البوليمر يؤثر في المحاليل القاعدية والحامضية القوية ومقاوم الانزيمات ولقد منحته هذه الصفات تطبيقات صناعية عديدة حيث يستخدم بصورة واسعة لتجمع المواد الصلبة ويستخدم في بعض صناعات الاغذية الجلاتينية وله تطبيقات صيدلانية كثيرة ومنها الاقراص الطبية المغلفة للمركبات الكيماوية ويستعمل كمواد مضافة للمواد الغذائية والمشروبات والمنظفات وغذاء الحيوانات ومواد التجميل (8,2) (cosmetic) .

ان تأثير الاشعاع النووي على المواد البوليمرية يسبب حصول عمليات متعاقبة حيث تتحفز الجزيئات وتتأين وتبعث الكترونات بسرعة واطئة نسبياً والتي بدورها تؤدي الى مهاجمة الجزيئات الاخرى وتولد اكبر عدد من الايونات الجديدة . اذ يحصل نوعان من التفاعلات احدهما انحلال (degradation) السلاسل البوليمرية والذي يؤدي الى نقصان قوة الشد والاستطالة (9). والتفاعل الثاني هو ظاهرة التشابك (cross linking) لسلاسل جزيئات البوليمر والتي بدورها تؤدي الى زيادة قوة الشد وتقلل الاستطالة وان احد هذه التفاعلات يحصل مع البوليمرات اعتماداً على نوع البوليمر وطبيعة الاشعاع والمواد المضافة للبوليمر ((10,9. وان البوليمرات الاليفاتية أي التي لها القابلية على الاذابة في الماء من ضمنها بوليمر (HEC) تظهر استجابة للاشعاع من خلال تعرضها له (10) وهدف الدراسة في هذا البحث يتلخص في تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية لبوليمر (HEC) لجعله يتحمل درجات الحرارة العالية الناتجة من مكائن الحفر لاستخراج النفط وهذا يأتي بتعريض البوليمر لجرعات اشعاعية مختلفة لغرض تقسية اواصر البوليمر والحصول على افضل خواص حرارية وميكانيكية تتلائم مع ظروف الحفر .

## 2- الجزء العملي

### 2-1 عمليات التشعيع

تمت عملية التشعيع لبوليمر باستخدام جهاز (CIRUS) الذي يحتوي على المصدر كوبلت ( $Co^{60}$ ) الذي يعطي اشعة كاما بطاقة مقدارها (1.5 Mev) حيث وضع مسحوق البوليمر بمسافة قدرها (80  $cm^2$ ) وعلى بعد (40 cm) من المصدر المشع باستخدام شرائح (Phantom) المخصصة لهذا الغرض حيث تقلل فقدان الطاقة النووية وشم التشعيع لفترات زمنية مختلفة للحصول على جرعة اشعاعية هي (4200 , 4500 , 5000) بوحدات الراد Rad .

## 2-2 تحضير النماذج

تم تحضير أوزان مختلفة من بوليمر (HEC) بعد تعريضه الى التشعيع وبجرع مختلفة ومن ثم تمت اذابتها بحجم ( 100ml ) في الماء المقطر للحصول على تراكيز تتراوح ما بين (0.1-1.1gm/ml)% باستخدام العلاقة التالية (11)

$$\text{التركيز} = \frac{\text{وزن المذاب}}{\text{وزن المذاب+وزن المذيب}} \times 100 \% (X)$$

وتم الحصول على هذه المحاليل المتجانسة باستخدام المحرك المغناطيسي الدوار لتسريع عملية الذوبان في الماء المقطر.

## 3- القياسات

تم قياس الخواص الميكانيكية لهذا البوليمر قبل وبعد التشعيع باستخدام تقنية النبضة للموجات فوق السمعية باستخدام جهاز مولد النبضات ومستقبل الموجات فوق السمعية المصنع من قبل شركة ( 12 ) (Phywe) والذي يعطي تردد ثابت مقداره (26KHz) عند درجة حرارة (25C°) ومن خلال قياس معامل امتصاص الموجات فوق السمعية لهذا البوليمر تم حساب الخواص الميكانيكية ولجميع التراكيز المشعة ومنها زمن الاسترخاء , سعة الاسترخاء ، الانضغاطية ، معامل المرونة . تم قياس الكثافة لكافة التراكيز باستخدام قنينة الكثافة بسعة (20 ml) وبالاستعانة بجهاز ميزان حساس مصنع من قبل شركة (mettler switzerland) بحساسية (0.0001). وكما تم قياس اللزوجة لاختلاف التراكيز لمحاليل البوليمر المشعة قبل وبعد التشعيع وذلك باستعمال انبوبة (ostwald) ذات الدقة العالية حيث تم اخذ القياسات العملية لانواع من التراكيز المختلفة لهذا البوليمر .

## 4-الجانب النظري

## 4-1 الخصائص الريولوجية

ان اهم ما يميز البوليمرات السيليلوزية عن غيرها من المواد الاخرى انها تتماز بخواص لزوجة عالية (13) وان اول تعبير رياضي عن انسياب السائل داخل الانبوب الشعري وضعه العالم نيوتن اذ عرف اللزوجة بانها النسبة بين اجهاد القص (shear stress) الى معدل القص (14).

$$\eta_s = \frac{S}{(dv/dx)} \quad (2) \dots\dots\dots$$

حيث ان (dv) سرعة المائع بين نقطتين تفصلهما مسافة (dx) وان جهد القص (s) هو القوة المسلطة بصورة مماسية على وحدة مساحة السطح ويعرف (dv/dx) بمنحدر سرعة المائع الجاري.

وتم حساب لزوجة المحلول بتطبيق المعادلة رقم (3) بعد قياس زمن الجريان لحجم معين من المحلول

خلال انبوبة اوستولد ومقارنته بالزمن اللازم لجريان الحجم نفسه من مادة قياسية (الماء المقطر)(4,14).

$$\frac{\eta_s}{\eta_o} = \frac{t_s P_s}{t_o P_o}$$

(3).....

حيث ان  $t_s, t_0$  زمن جريان الماء المقطر والمحلول على التوالي.

$p_s, p_0$  كثافة الماء المقطر والمحلول على التوالي.

$\eta_s, \eta_0$  اللزوجة القصية للماء المقطر والمحلول على التوالي.

وتم حساب انواع اخرى من اللزوجة وهي

اللزوجة النسبية  $\eta_{re}$  من المعادلة التالية (14)

$$\eta_{re} = \frac{t_s}{t_0} = \frac{\eta_s}{\eta_0} \quad (4).....$$

اللزوجة النوعية  $\eta_{sp}$  تحسب بالمعادلة (15)

$$\eta_{sp} = \frac{\eta_s - \eta_0}{\eta_0} = \eta_{re} - 1 \quad (5).....$$

اللزوجة المختزلة  $\eta_{red}$  وتحسب بالمعادلة

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (6).....$$

وتقاس اللزوجة بوحدات (dL/g)

اللزوجة الذاتية  $[\eta]$  تحسب بالمعادلة

$$[\eta] = \left( \frac{\eta_{sp}}{c} \right)_{c=0} \quad (7).....$$

تحسب قيمة اللزوجة الذاتية عمليا من رسم اللزوجة المختزلة مع التركيز ونستنتج قيمتها عند تقاطع المنحني

مع المحور العمودي (الصادي) عند تركيز يساوي (صفر) (14,15).

وايضا تحسب اللزوجة الذاتية نظريا باستخدام العلاقات التالية (16,14)

$$\eta_{rel} = \left[ 1 + [\eta] \frac{c}{8} \right]^8 \quad \text{تدعى معادلة (8) philippoff}$$

$$\ln \eta_{rel} = [\eta]c \quad \text{تدعى معادلة (9) Arrhenas}$$

حيث تم مقارنة قيم اللزوجة الذاتية المستخرجة عمليا مع قيمها المستخرجة نظريا حسب المعادلتين اعلاه

وهناك توافق كبير مع النتائج.

تم حساب نصف قطر الجزيئة الفعال لمحلول البوليمر والذي يعتبر الاساس في تكوين هيئة لسلاسل البوليمر

والذي بدوره يعطي الخواص الفيزيائية النهائية للبوليمر ويحسب من المعادلة التالية (17)

$$r = \sqrt{\frac{\text{slope}}{6.3 \cdot 10^{24}}} \quad (10) \dots\dots\dots$$

حيث ان الميل يمثل الرسم البياني بين اللزوجة النسبية والتركيز

$$\text{slope} = \frac{\eta_{rel}}{c}$$

ان لزوجة المحاليل المخففة في الحقيقة هي احدى طرق قياس الوزن الجزيئي واهميتها جاءت من كونها ذات علاقة تجريبية مع الوزن الجزيئي ولعدة انظمة بوليميرية من خلال تنبأ شتودنكر عام (1930) بأن اللزوجة المختزلة تتناسب مع الوزن الجزيئي مع تحويل طفيف حيث تعوض اللزوجة الاصلية بدلا من اللزوجة المختزلة كما في المعادلة التالية (14,17)

$$[\eta] = kM_v^a \quad (11) \dots\dots\dots$$

يتم حساب الوزن الجزيئي اللزوي  $M_v$  من المعادلة اعلاه حيث ان  $a, k$  هي ثوابت خاصة باذابة البوليمر

وتختلف من بوليمر الى اخر بالنسبة الى HEC فان (18)  $(k=2.2 \cdot 10^{-3})$ ,  $(a=0.9)$ .

#### 4-2 الخواص الميكانيكية

تم حساب الخواص الميكانيكية لبوليمر HEC بعد تعريضه لجرع مختلفة من اشعة كاما ومن الخواص الميكانيكية هو معامل الامتصاص الكلاسيكي  $(\alpha_c)$  وهو الامتصاص الناشي من تأثير اللزوجة القصية والحرارة ويعطي بالعلاقة التالية (19)

$$\alpha_c = \alpha_{vis} + \alpha_{tm} \quad (12) \dots\dots\dots$$

حيث ان  $\alpha_{vis}$  يمثل معامل الامتصاص اللزوي  $(\alpha_{tm})$ , يمثل معامل الامتصاص الناشي من انتقال الحرارة من مناطق التضغط الى مناطق التخلخل نتيجة مرور الموجات فوق السمعية في المحلول لذا فان المعادلة تصبح (19,20)

$$\alpha_c = \frac{8\Pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho v^3} + \frac{s(\gamma - 1)w^2}{2\rho C_v \gamma v^3} \quad (13) \dots\dots\dots$$

حيث ان  $\gamma$  تمثل النسبة بين الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت  $(C_p)$  الى الحرارة النوعية عند حجم ثابت  $(C_v)$ ,  $S$  تمثل التوصيلية الحرارية,  $f$  تردد الموجات,  $W$  التردد الزاوي.

في معظم السوائل ان الامتصاص الناتج عن الحرارة يكون ذا كمية صغيرة جدا يمكن اهماله حيث يسمى معامل الامتصاص بمعامل الامتصاص اللزوي كما في العلاقة التالية (19,20)

$$\alpha_c = \alpha_{vis} = \frac{8\Pi^2 f^2 \eta_s}{3\rho v^3} \quad (14) \dots\dots\dots$$

ان مرور الموجات فوق السمعية في السائل يؤدي الى تغيير في هيئة (conformation) تراكيب جزيئات البوليمر وكذلك تشكيلاتها (configuration) وهناك زمن استرخاء (relaxation time) لرجوع السلاسل البوليميرية الى وضعها الطبيعي ويعطي زمن الاسترخاء (relaxation time) بالعلاقة التالية

$$t = \frac{4\eta_s}{3\rho v^2} \quad (15) \dots\dots\dots$$

وتقاس سعة الاسترخاء (relaxation amplitude D) اعتمادا على التردد (طاقة الموجة) وتعطى بالعلاقة التالية (20,19)

$$D = \alpha / f^2 \quad (16) \dots\dots\dots$$

وتحسب الممانعة الصوتية النوعية (specific acoustic impedance, z) النوعية بالعلاقة التالية (20,19)

$$Z = \rho v \quad (17) \dots\dots\dots$$

وتحسب الانضغاطية (compressibility, B) من معادلة لابلاس (20,19)

$$B = (\rho v^2)^{-1} \quad (18) \dots\dots\dots$$

ومعامل المرونة (Bulk Modulus, K) والذي يمثل مقلوب الانضغاطية يعطى بالعلاقة التالية (20,19)

$$K = B^{-1} = \rho v^2 \quad (19) \dots\dots\dots$$

##### 5- النتائج والمناقشة :

تم قياس اللزوجة القصية لبوليمر هيدروكسي أثيل السليلوز باستخدام المعادلة رقم (3) والانواع الاخرى من اللزوجة بهدف حساب الوزن الجزيئي اللزوجي ونصف قطر الجزيئة الفعال لسلاسل جزيئات البوليمر والشكل (1) يوضح تغير اللزوجة مع زيادة تركيز البوليمر قبل وبعد التشعيع باشعة كاما ونلاحظ ان اللزوجة تزداد بزيادة تركيز البوليمر في المحلول وسبب ذلك يعود الى تكوين تراكيب جزيئية معقدة (complex formation) نتيجة لاذابة البوليمر في الماء وبذلك تتكون سلاسل ذات جزيئات كبيرة الحجم (macromolecules) نتيجة لزيادة تركيز البوليمر والتي بدورها يؤدي الى زيادة الاحتكاك ما بين جزيئات البوليمر والمذيب نتيجة تغير قوى الاحتكاك الدورانية والانتقالية داخل المحلول (21) .

ومن الشكل (1) نلاحظ ان زيادة التشعيع باشعة كاما وبجرع مختلفة ادى الى زيادة اللزوجة لهذا البوليمر وان اعلى قيمة للزوجة حصلت عند جرعة اشعاعية (5000 rad) وسبب ذلك يعود الى ان الاشعاع ادى الى كسر اواصر ما بين جزيئات البوليمر ومن ثم تكوين الجذور الحرة (جذور البيروكسيد) وذلك فان اواصر الهيدروجين

للماء تتحد مع مواقع الاوكسجين لتكوين التشابك (cross-linking) بين سلاسل البوليمر ونتيجة للتشابك يزداد حجم الجزيئات وبذلك تزداد لزوجة المحلول وهذا مشابه لما حصل عليه الباحثون (22,23) عند دراستهم للزوجة لانواع اخرى من البوليمرات ، اما اللزوجة النوعية واللزوجة النسبية واللزوجة المختزلة فان سلوكها مشابه لسلوك اللزوجة القصية كون هذه الانواع من اللزوجة تم حسابها رياضياً من اللزوجة القصية كما موضحة في الجانب النظري من البحث ونتائجها موضحة بالاشكال (3,4,5).

بالنسبة للوزن الجزيئي واللزوجة الذاتية قد تم قياسها عملياً وحسابها نظرياً وتمت مقارنة النتائج النظرية والعملية والجدول (1) يوضح قيم اللزوجة الذاتية المحسوبة نظرياً وعملياً وكذلك الوزن الجزيئي اللزوجي المحسوب نظرياً وعملياً قبل وبعد التشعيع حيث تم قياس اللزوجة الذاتية عملياً من الرسم البياني ما بين اللزوجة المختزلة والتركيز الموضح في الشكل رقم (3) ونلاحظ من الشكل ان تقاطع المنحني مع المحور الصادي يمثل اللزوجة الذاتية قبل وبعد التشعيع للجرع المختلفة والجدول رقم (1) يوضح هذه القيم وكذلك تم حساب اللزوجة الذاتية نظرياً باستخدام العلاقة (Philippoff) معادلة رقم (8) وكذلك علاقة (Arrhenus) معادلة رقم (9) ومن الجدول نلاحظ ان هنالك تقارب بين القيم العملية والنظرية المحسوبة قبل وبعد التشعيع وكذلك نلاحظ ان قيم اللزوجة الذاتية ازدادت بعد التشعيع وهذا راجع الى تكوين التشابك او الترابط العرضي بين سلاسل البوليمر والذي ادى الى زيادة حجم الجزيئات التي لها علاقة وثيقة بزيادة اللزوجة (24) وبعد حساب اللزوجة الذاتية تم حساب الوزن الجزيئي اللزوجي عملياً ونظرياً بتطبيق المعادلة رقم (11) ومن الجدول نلاحظ ان هنالك توافق كبير بين النتائج العملية والنظرية لقيم الوزن الجزيئي ونلاحظ ايضاً ان زيادة الجرعة الاشعاعية ادت الى زيادة الوزن الجزيئي للبوليمر حيث ان اعلى قيمة للوزن الجزيئي هي عند الجرعة الاشعاعية (5000 rad) . وسبب ذلك يعود الى ان الوزن الجزيئي لبوليمر يعتمد اعتماد كبير على درجة البلمرة حيث عندما تزداد يزداد الوزن الجزيئي (13) وان التشعيع ادى الى زيادة تشابك السلاسل البوليميرية والذي بدوره ادى الى زيادة درجة البلمرة ومن ثم زيادة الوزن الجزيئي وبذلك نلاحظ ان التشعيع ادى الى تحسين خواص اللزوجة والوزن الجزيئي والتي هي المطلب الاساسي في هذا البحث كون هذا البوليمر يستخدم في حفر آبار النفط حيث ان زيادة اللزوجة والوزن الجزيئي يؤديان الى نقصان الاحتكاك الناتج عن الحفر لآبار النفط .الجدول (2) يوضح تغير قيم نصف قطر الجزيئة لبوليمر HEC قبل وبعد التشعيع بجرع مختلفة ونلاحظ ان نصف قطر الجزيئة يزداد بزيادة التشعيع وان اعلى قيمة لنصف القطر عند الجرعة الاشعاعية (5000 rad) وسبب ذلك يعود الى ان نصف قطر الجزيئة يعتمد اعتماد كبير على الوزن الجزيئي للبوليمر (24) وان التشعيع ادى الى زيادة الوزن الجزيئي ومن ثم نصف قطر الجزيئة يزداد ومنه نستنتج ان حجم الجزيئات ازداد بعد تأثير الاشعاع عليه .

الشكل (2) يوضح العلاقة ما بين التركيز والكثافة للمحلول البوليمري ونلاحظ ان الكثافة تزداد مع زيادة التركيز وسبب ذلك يعود الى ان زيادة الكثافة هي زيادة الكتلة لحجم ثابت وبالتالي فان زيادة التركيز يؤدي الى زيادة الكثافة . ان التشعيع ايضاً ادى الى زيادة كثافة البوليمر كما هو واضح في الشكل (2) نتيجة لتكوين التشابك الذي بدوره يؤدي الى تقارب سلاسل البوليمر وزيادة الكتلة لوحدة الحجم وهذا ما أكدته الباحثون (22,24) لبوليمرات اخرى الشكل (6) يوضح العلاقة ما بين سرعة الموجات فوق الصوتية مع التركيز حيث تم حساب

السرعة من خلال قسمة المسافة التي تقطعها الموجة داخل محلول البوليمر على زمن التأخير (أي زمن الامتصاص) المحلول لهذه الموجة والتي تعرض على شاشة الاوسلوسكوب ومن الشكل (6) نلاحظ ان سرعة الموجات تزداد بازدياد التركيز وسبب ذلك يعود الى ان ذوبان البوليمر في الماء وتكوين تراكيب جزيئية معقدة ناتجة من اتحاد نوعين من الجزيئات (جزيئات البوليمر والمذيب) والتي لها القابلية على نقل الموجات الميكانيكية على هيئة حزم موجية ومن ثم زيادة سرعة الموجات، وان زيادة الجرعة الاشعاعية ادت الى زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية وسبب ذلك يعود الى ان التشابك العرضي بين جزيئات البوليمر الناتج من التشعيع ادى الى تقليل الفراغات داخل جزيئات المحلول نتيجة لزيادة حجم الجزيئات نفسها وبذلك زيادة سرعة الموجات الصوتية خلافا للسوائل النقية (14). تم حساب زمن الاسترخاء لجزيئات البوليمر من المعادلة رقم (15) حيث ان الموجات فوق الصوتية عند مرورها داخل المحلول تؤدي الى حدوث تضاعف وتخلخل ويعرف زمن الاسترخاء هو الزمن اللازم لرجوع الجزيئات المستشارة الى وضعها الطبيعي بعد عملية التضاعف والشكل (7) يوضح تغير قيم زمن الاسترخاء مع التركيز قبل وبعد التشعيع ومن الشكل نلاحظ ان زمن الاسترخاء يزداد بزيادة التركيز وان زيادة الجرعة الاشعاعية ادت الى زيادة زمن الاسترخاء للموجات فوق الصوتية وسبب ذلك يعود الى زيادة حجم سلاسل البوليمر نتيجة لحدوث عملية التشابك ومن ثم زيادة زمن الاسترخاء لهذه الموجات حيث ان الاشعاع يعمل على تقسية اواصر البوليمر وتكوين مقاومة للبوليمر لمواجهة التغيرات الخارجية المؤثرة عليه وهذا ما يتطلبه البحث كصفة مميزة باستخدام هذه الجرعة الاشعاعية في زيادة تحمل البوليمر. وتحسين خواصه الفيزيائية الشكل (8) يوضح العلاقة ما بين سعة الاسترخاء مع التركيز حيث نلاحظ ان سعة الاسترخاء تزداد بزيادة التركيز وسبب ذلك يعود الى ان الجزيئات المضطربة تكون في حركة دائمية (دورانية وانتقالية) فان عزم القصور الذاتي للجزيئات الكبيرة سوف يزداد وبذلك تزداد سعة الاسترخاء (24) وعند التشعيع نلاحظ ان الجزيئات اخذت طابع التشابك فيما بينها بعد تكسر الاواصر ويزداد حجم الجزيئات ثم يزداد عزم القصور الذاتي الذي بدوره يؤدي الى زيادة سعة الاسترخاء وان هذا التصرف يتغير من بوليمر الى اخر حسب طبيعة الاشعاع ونوع البوليمر وقيمة الجرعة الاشعاعية الممتصة (23,24,25) الشكل (9) يوضح علاقة معامل المرونة مع التركيز حيث تم حساب معامل المرونة من المعادلة رقم (19) ومن الشكل نلاحظ ان معامل المرونة يزداد مع التركيز للحالتين قبل وبعد التشعيع وسبب ذلك يعود الى ان العلاقة الرياضية الخاصة بحساب معامل المرونة تعتمد اعتمادا كبيرا على سرعة الموجات فوق الصوتية ولان الكثافة في المعادلة صغيرة مقارنة مع السرعة لذا فان السرعة هي المتغير المؤثر في المعادلة وبما ان التشعيع ادى الى زيادة السرعة فمن الطبيعي تزداد قيم معامل المرونة والشكل (10) يوضح العلاقة ما بين الانضغاطية والتركيز حيث تم حساب الانضغاطية من المعادلة رقم (18) ومن الشكل نلاحظ ان الانضغاطية تتناقص مع زيادة التركيز حيث ان تقارب جزيئات البوليمر ادى الى اشغال الحيز داخل المحلول والذي بدوره ادى الى نقصان الانضغاطية مع زيادة التركيز وان زيادة الجرعة الاشعاعية ادت الى نقصان قيم الانضغاطية وسبب ذلك يعود الى ان التشعيع ادى الى زيادة سرعة الموجات فوق الصوتية وبما ان الانضغاطية هي مقلوب السرعة نتيجة ذلك نستنتج نقصان الانضغاطية داخل المحلول حسب

المعادلة رقم (18) الشكل (11) يوضح العلاقة ما بين الممانعة الصوتية النوعية مع التركيز ومن الشكل نلاحظ ان الممانعة الصوتية تزداد بزيادة التركيز وسبب ذلك يعود الى زيادة عدد الجزيئات نتيجة لزيادة التركيز والذي بدوره يؤدي الى زيادة كثافة الوسط الناقل حيث تزداد سرعة الموجات فوق الصوتية وان الممانعة الصوتية النوعية تعتمد اعتماد كبير على سرعة الموجات فوق الصوتية وهذا ما توضحه المعادلة رقم (17).

اما زيادة الجرعة الاشعاعية ادى الى زيادة الممانعة الصوتية النوعية وسبب ذلك يعود الى ترابط الجذور الحرة في سلاسل البوليمر ومن ثم زيادة التشابك العرضي وزيادة كثافة الوسط وبالتالي زيادة ممانعة الصوتية واعلى قيم للنتائج تم الحصول عليها بتعريض البوليمر للجرعة الاشعاعية (5000 rad) وبذلك عند النظر الى النتائج نلاحظ ان التشعيع ادى الى تحسين خواص بوليمر (HEC) بعد تعريضه بجرع تشعيع مختلفة بهدف الحصول على افضل خواص فيزيائية تزيد من قابلية تحمل البوليمر للضغوط الخارجية عند استخدامه كسوائل حفر لأبار النفط.

## 6-الاستنتاجات

1. ان اشعة كما تؤدي الى تغيير الخواص الفيزيائية للبوليمرات .
2. ان الاشعاع ادى الى زيادة لزوجة البوليمر وهي الصفة الفيزيائية المعول عليه لتقليل الاحتكاك الناتج من عمليات حفر ابار النفط كون بوليمر هيدروكسي اثيل السليلوز يستخدم لهذا الغرض.
3. باستخدام الطاقة النووية (اشعة كما) وجرع مختلفة حصلت زيادة الوزن الجزيئي لبوليمر HEC ونتيجة للقيم الجديدة للزوجة والوزن الجزيئي بعد التشعيع تمكننا من الحصول على نوع اخر من بوليمر HEC ذو خواص فيزيائية مختلفة.
4. ان التشعيع ادى الى زيادة حجم السلاسل البوليمرية حيث ان توهين طاقة الموجات فوق الصوتية تعتمد بصورة كبيرة على طول سلسلة البوليمر.
5. حدوث ظاهرة التشابك بعد التشعيع حيث ان الاشعاع ادى الى تقسية الاواصر ومن ثم نقصان قابلية ذوبان البوليمر وذلك بجعله اكثر قوة ومتانة.
6. يمكن التحكم بالوزن الجزيئي عن طريق كمية الجرعة الاشعاعية ومن ذلك نحصل على تطبيقات صناعية مختلفة للبوليمر نتيجة الحصول منه على اوزان جزئية مختلفة حيث لكل وزن جزيئي هنالك تطبيق صناعي محدد.
7. ان الاشعاع باشعة كما ادى الى تحسين الخواص الميكانيكية وخواص الريولوجية والى زيادة مدى تحمل البوليمر لظروف الاحتكاك وارتفاع درجة الحرارة نتيجة لاستخدامه كسوائل حفر في حقول ابار النفط.

جدول (2) نصف قطر الجزيئة الفعال لبوليمر HEC قبل وبعد التشعيع

الجرعة الإشعاعية	نصف قطر الجزيئة (cm)
Non rad	$10^{-6} * 1.3$
rad 4200	$10^{-6} * 2.2$
rad 4500	$10^{-6} * 3.1$
rad 5000	$10^{-6} * 4.5$

## References

1. Messina incorporate, "Product Data" Travis suito 520 Data, Texas p.22,1998.
2. Harold, M. Emil, O., "Cellulose and Cellulose derivative" vol. v1 part1., John W. and Sone, inc., 1991.
3. Cook, W.D. and Gusie, C.B., "Polymer Update Science and Engineering" Australian Polymer Science Serie, vol.22, 2003.
4. Hassunn,S.K., "Brit. Polymer J.", No. 102,5,2004.
5. Gilmaro O., Machado, R., "e-Polymers J." No.115,2007.
6. Al-Rermany, A.K.J., "Astudy of some Physical Properties of Cellulose Derivative Polymers" PhD Thesis 129, Almustansiry University,1995.
7. Curti, E. Campanha, S., "Macromol. Sci.", A43,14,2006.
8. Kim, M. G., "Appl. Polym. Bull. J.",89,1896,2003.
9. Bolt, R.O. and Carrol, J.G. , "Radiation Efection Organic Materials", New York, London, v.3,2006,
10. Ghes, G., "Radiation Chemistry, " Claredon press oxford, 2006.
11. Peep. C., Aime, S., "e-Polymer J" No.37, 2008.
12. Phywe Physics, " Equipment for the teaching of science and technology Consultant and Manufactures, Catalogue" west germany, 2001.
13. Bettina, L. Olivers, S., "e- Polymers J." No.67, 2003.
14. Norbert, M. and Lean, S. "Cellulose and Cellulose Derivatives" vol. vi part11, John W. and Sons. Inc. , 2005.
15. Bering ton, J., Hukerby T., " Eur. Polymer J." 42, 1433,2006.
16. Kim, M.G., "Appl. Polymer Sci." 89,1896,2003.

17. Najin, K., Hassan, S., "British Polymer J." vol. 66 ,pp. 192,205,2005.
18. Langes and Dean, J.A."Hand Book of Chemistry" 24<sup>th</sup> Edition McGraw Hill, 2007.
19. Lamb, J., "Physical Acoustics" vol.2, Jhon w. and Sons, inc., New york, 2007.
20. Al-Ani, S.,J., "Acustica J." vol.83 pp 213-255, 2006.
21. Gilmara, O., Robert E., E"e-Polymer J." No. 115, 2007.
22. Larez C., Sancheez, J., " Polym. Bull. J.",55, 2007.
23. Traianz, Sliviu, J., "e-Polymers J." No. 117, 2008.
24. Stephens C., Benson, R., "e-Polymers J."No.42, 2008.
25. Bevington, J. Hukerby, T.,"Eur. Polymer J." 42,1433,2006.