مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (2) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (2) 2014

تأثير بعض المركبات الهيدروكربونية على القيم المميزة لمنحنيات (القوة – الاستطالة) لأنابيب البولي إيثلين عالي الكثافة HDPE المستخدمة في جر مياه الشرب

تمام حسن*

(تاريخ الإيداع 2 / 12 / 2013. قُبِل للنشر في 18/ 3 / 2014)

□ ملخّص □

يهدف البحث إلى دراسة تأثير امتصاصية أنابيب البولي إيثلين عالي الكثافة HDPE لبعض المركبات الهيدروكربونية على القيم المميزة لمنحنيات (القوة – الاستطالة). لتحقيق هذا الهدف تم غمر عينات مقتطعة من أنبوب واحد في أوساط هيدروكربونية مختلفة تحتوي الغازولين والمازوت وزيوت محركات عيار 10 وعيار 40. أظهرت النتائج وجود تأثير فتاك لهذه المواد على كل من قوة الخضوع وتشكل العنق وقوة التحطم، كما أظهرت النتائج التجريبية أن زيوت المحركات تبدي تأثيراً مماثلا" لتأثير البنزين على الرغم من النسب المنخفضة للامتصاصية.

الكلمات المفتاحية: المركبات الهيدروكربونية – الخواص الميكانيكية لأنابيب HDPE

*مشرف على الأعمال – قسم التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (36) العدد (2) 2014
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (36) No. (2) 2014

The effect of Some Hydrocarbon Compounds on the Characteristic (Force, Elongation) Curve Values of High Density Polyethylene Pipes Used for Drinking Water

Tamam Hasan*

(Received 2 / 12 / 2013. Accepted 18 / 3 / 2014)

□ ABSTRACT □

The aim of this research is to study the absorptive effect of high density (HDPE) polyethylene pipes for the hydrocarbon compounds on the characteristic (Force, Elongation) curves. To verify this, we immerse some parts of the pipe in different hydrocarbon mediums containing gasoline, diesel, and motor oils of (10 and 40) calibre. The result show that these compounds have a bad effect on the submission force, neck formation, and damage force. The experimental results also show that motor (engine) oils have a similar effect on gasoline despite low absorption percentages.

Keywords: Hydrocarbon compounds, Mechanical properties of HDPE pipes

***Work Supervisor, Design and Production Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تتصف أنابيب البولي إيثلين عالي الكثافة HDPE المستخدمة في جر مياه الشرب بمقاومتها العالية لتأثير العديد من المواد الحمضية والقاعدية وللمذيبات والمركبات الهيدروكربونية. ونتيجة لذلك تعدّ هذه الأنابيب أكثر ثباتاً واستقراراً لتأثير هذه الأوساط مقارنة مع الأنابيب التقليدية المعروفة.

تصمم أنابيب HDPE لعمر استثمار طويل نسبياً وخلال هذا الزمن يحدث فيها جملة من التغيرات البنيوية تنعكس بالمحصلة على خواصها الميكانيكية – الفيزيائية، وعلى الرغم من هذه التغيرات فإن عمر الاستثمار الوسطي يجب أن يبقى 50 عاماً إذا تمت مراعاة الشروط العامة لعملية الطمر والردم والحماية.

تتصف مواد البولي إيثلين [ ] بالخواص التالية:

1 – مقاومة عالية للرطوبة حيث لا يتجاوز معدل الامتصاصية 0.096% خلال زمن غمر بالماء 30 يوم

2 – مقاومة لتأثير الأحماض المركزة مثل حمض الكبريت

3 – تأثرها بحمض الآزوت الذي يسبب تأكسدها عند استخدامه بتركيز منخفض

4 – تحطم هذه المواد بحمض الآزوت عند التسخين بدرجة $50\ C^{\circ}$ لمدة يومين متتاليين

5 – تحطم هذه المواد بمادتي الكلور والفلور بحالتيهما السائلة والغازية

6 – امتصاصها لمادتي البروم واليود اللتين ينتشران بسهولة في هذه المواد

7 – مقاومتها للذوبان بالمذيبات العضوية بالدرجة $20C^{\circ}$ مع ملاحظة أن بعض أنواع المذيبات يمكن أن تسبب لها الانتفاخ

8 – البدء بتحلل هذه المواد في الكثير من المذيبات العضوية وخاصة الهيدروكربونية الآروماتية

أهمية البحث وأهدافه:

تشير الدراسات المرجعية [ ] إلى حدوث تغيرات بنيوية واضحة خلال زمن استثمار أنابيب HDPE المطمورة في تربة درجة حرارتها الوسطية $10\ C^{\circ}$، والسبب في هذا هو استمرار حادثة التبلور في بنية الأنابيب نتيجة ابتعاد درجة حرارة تزججها والبالغة تقريباً ($130\ C^{\circ}$ –) كثيراً عن درجة حرارة الوسط المحيط وكأن جملة شبكة الأنابيب تتعرض لمعالجة حرارية طيلة فترة الاستثمار.

ونتيجة لاستمرار عملية إعادة التبلور يطرأ على بنية الأنابيب تغيرات ميكانيكية تتجلى بتحسن الخواص خلال السنوات الأولى يليها بعد ذلك انخفاض في هذه الخواص[ ]، كما ويرافق التغيرات الميكانيكية حدوث تغيرات بالخواص الفيزيائية مثل الاعوجاج Warping والتقلص الطولي Shrinking [ ].

إن هذه التغيرات الحتمية في البنية مأخوذة بعين الاعتبار في المواصفات القياسية العالمية واستناداً لهذا فإن العمر الوسطي التقديري يبقى 50 عاماً فيما إذا أجريت عمليات الوصل والربط بين الأنابيب وفق معايير نظامية، وفيما إذا روعيت عمليات الحفر والردم بحيث تحقق الحماية الكاملة للأنابيب من أية تأثيرات خارجية دائمة. واستناداً لهذا فإن الهدف الأساسي للبحث يكمن في التحديد الكمي لمقدار الانخفاض الحاصل ببعض الخواص الميكانيكية ممثلة بالقيم المميزة لمنحنيات (القوة – الاستطالة) نتيجة الامتصاصية التي تحدث عند التعرض الدائم لعينات مقتطعة من أنابيب HDPE لتأثير مركبات هيدروكربونية مختلفة فيما بينها.

طرائق البحث ومواده:

أولاً – تم تحضير عينات الاختبار باقتطاع عينات الشد وفق المواصفة القياسية ISO 6259 وذلك من أنبوب واحد بهدف المحافظة على بارامترات ثابتة لعملية التصنيع. الأنبوب المستخدم في إجراء هذا البحث بطول 6 m وقطر خارجي 90 mm وسماكة وله المواصفات التالية:

1) – كثافة مادة الأنبوب $0.948\ g/cm^3$

2) – دليل المصهور البوليميري الوسطي MFR = 0.3 g/10 min

3) – درجة حرارة فيكات 115 C° Vicat

4) – التقلص الطولي بدرجة حرارة 110 C° أصغر من 1.25 %

5) – الامتصاصية للماء أقل من 150 mg/kg

6) – المواد المتطايرة أقل من 100 mg/kg

ثانياً: المواد المستخدمة بالبحث

1 – المركبات الهيدروكربونية التالية: (الغازولين – المازوت)

2 – زيوت المحركات (بنزين – ديزل) ممتاز متعدد الدرجات نوع اكسترا EXTRA إنتاج الشركة العامة لمصفاة حمص – توزيع الشركة السورية لتخزين وتوزيع المواد البترولية – محروقات. الزيوت المستخدمة لها العيارات التالية:

1 – زيت محركات عيار 10

2 – زيت محركات عيار 40

ثالثاً – طريقة القياس

لإنجاز القسم التجريبي المتعلق بالامتصاصية تم استخدام ميزان دقيق بدقة حتى 0.001 mg حيث تم قياس وزن العينات المحضرة قبل وبعد الغمر في الأوساط المختلفة وحساب النسبة المئوية للتزايد الوزني بالعلاقة التالية:

$$\frac{m_2 - m_1}{m_1}.100 = \frac{\Delta m}{m_1}.100$$

حيث إن: Δm التزايد الوزني

m_1 وزن العينة الابتدائي

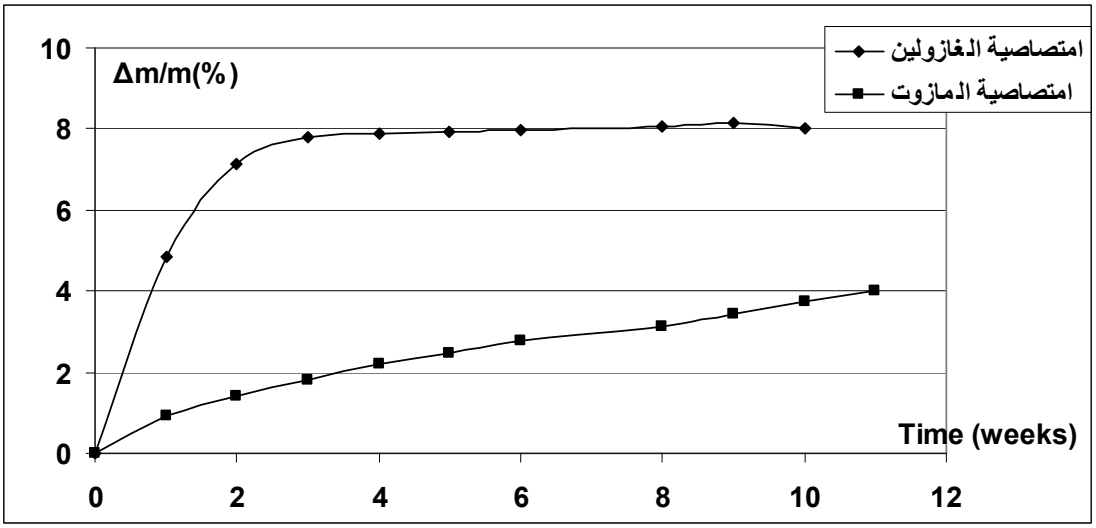
m_2 وزن العينة بعد الغمر بوسط الاختبار

وقد تم إزالة السائل الزائد بقطع قماش قطنية بشكل جيد عدة مرات قبل عملية وزنها بدون إجراء أية معالجة إضافية للسطوح.

أما عينات الشد المقتطعة من الأنبوب فقد غمرت جميعها بأحواض تحوي المركبات الهيدروكربونية السابقة الذكر وتم أيضاً سحب عينات الاختبار بشكل دوري (عينة كل أسبوع) وإجراء اختبار الشد عليها بآلة شد ألمانية الصنع نوع Test مع مراعاة بقاء سرعة الشد ثابتة على كافة العينات 50 mm/min والمحافظة على درجة حرارة اختبار ثابتة 22 C°

النتائج والمناقشة:

أظهرت نتائج غمر عينات الاختبار في مادتي الغازولين والمازوت المنحنيات المبينة بالشكل (1) وكما هو واضح وجود مسارين مختلفين فيما بينهما مع وجود اختلاف واضح بنسبة الامتصاص على الرغم من ثبات زمن الغمر حيث تصل الامتصاصية العظمى عند الغمر بالغازولين 8% أما الامتصاصية العظمى عند الغمر بالمازوت فتبلغ 4%.



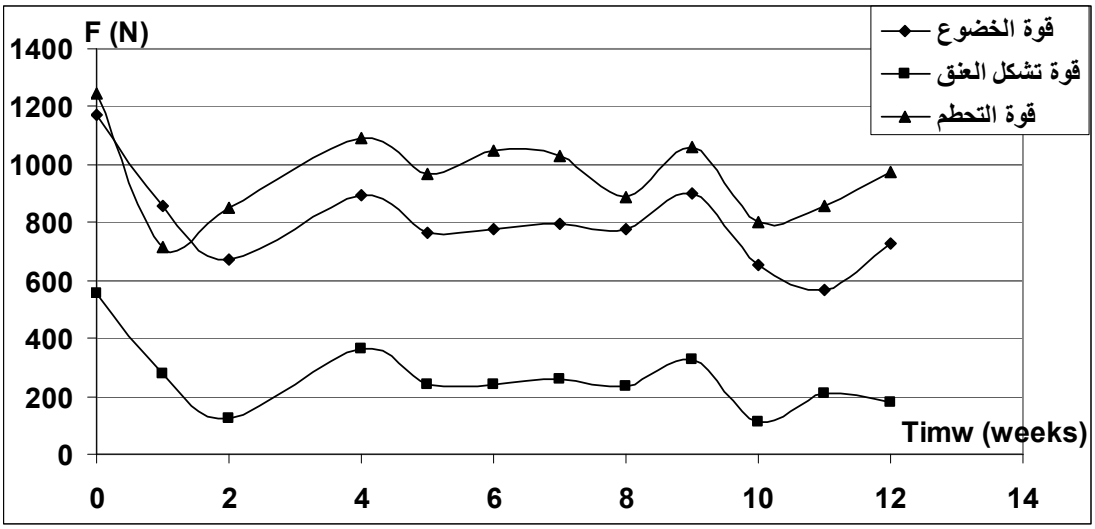
الشكل (1) – منحنيات الامتصاصية النسبية لعينات مقتطعة من أنبوب HDPE بدلالة زمن الغمر في وسطين مختلفين هما الغازولين والمازوت

من الشكل (1) نرى أن منحني الامتصاصية لمادة الغازولين يخضع لسلوك منحني Fick حيث نلاحظ حدوث تزايد خطي حتى الأسبوع الثاني واستقرار بقيم الامتصاصية بعد الأسبوع الثالث مع ملاحظة وجود منطقة انتقالية لا خطية، أما المنحني الخاص بامتصاصية المازوت فيلاحظ حدوث تزايد خطي تقريباً طيلة فترة الغمر البالغة 11 أسبوع. (أثناء غمر عينات الاختبار في مادتي الغازولين و المازوت وجد أن هذه العينات أبدت قابلية امتصاص لمادة الغازولين بشكل كبير خلال ثلاثة أسابيع الأولى حتى تصل إلى حالة الاشباع تقريبا" . بعد هذه المدة تستقر تقريبا" عملية الامتصاص. أما بالنسبة لمادة المازوت فإن العينات أبدت قابلية امتصاص ضعيفة نسبيا" ومنتظمة تقريبا" خلال فترة الغمر) .

إن الفرق الكبير في القيم العظمى للامتصاصية لمادتي الغازولين والمازوت دفعنا بالواقع إلى دراسة انعكاس ذلك على الخواص الميكانيكية ممثلة بمنحنيات تغير كل من قوة الخضوع وقوة تشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر.

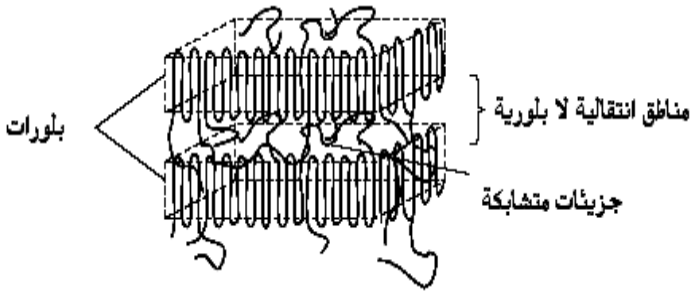
يظهر الشكل (2) منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وتشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في الغازولين، وكما هو مبين بالشكل (2) حدوث انخفاض واضح في كافة القيم المميزة المدروسة بدلالة زمن الغمر حيث يلاحظ أن مسارات المنحنيات التجريبية الناتجة غير مستقرة وإنما تتأرجح ضمن قيم وسطية حيث نجد أن منحني تغير قوة الخضوع يتأرجح عند قيمة وسطية 800 N تقريباً أما إجهاد تشكل العنق فيتأرجح عند القيمة 200 N في حين يتأرجح منحني إجهاد التحطم عند القيمة 1000 N.

تشير نتائج الشكل (2) أيضاً إلى أن التأثير الأكبر لمادة الغازولين على قيم البارامترات المدروسة يحدث تقريباً بعد أسبوعين على زمن الغمر مما يدل على أن الضرر الأعظمي التي تحدثه مادة الغازولين على بنية الأنابيب يحدث خلال هذه المدة، وهذه النتيجة هامة عملياً لأنها تظهر ضرورة الحرص الشديد على خلو منطقة الأنابيب من مثل هذه المواد لما لها من تأثير مؤذٍ وسريع على الخواص الميكانيكية.



الشكل (2) – منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وقوة تشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في الغازولين

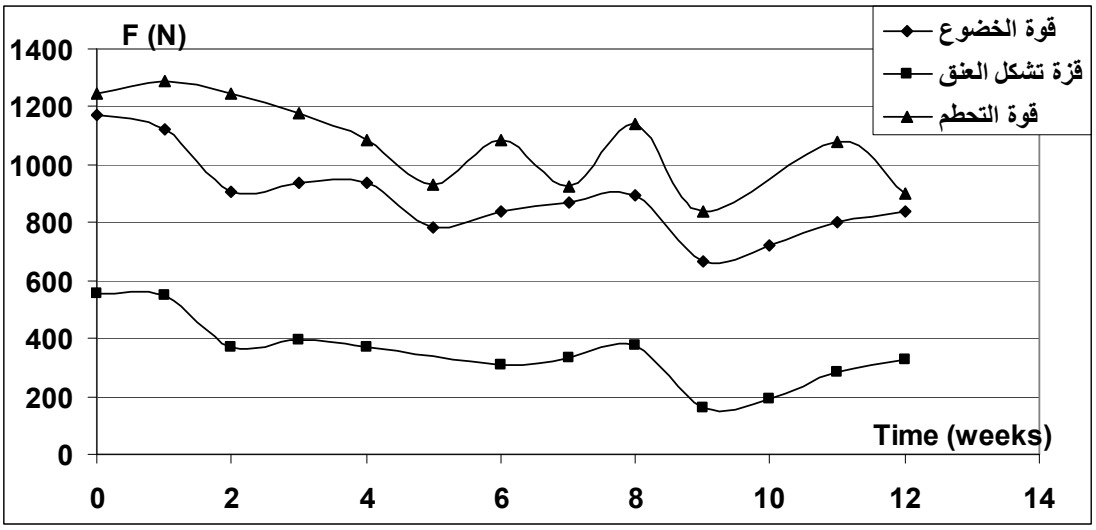
يؤكد التذبذب الواضح في مسارات منحنيات الشكل (2) عدم استقرار البنية طيلة فترة الغمر، والسبب في هذا يعود إلى أن تأثير مادة الغازولين يكون على مستوى المناطق الانتقالية اللابلورية الموجودة بين البلورات (الشكل 3)، حيث تساهم مادة الغازولين المتغلغلة إلى إبعاد المناطق البلورية عن بعضها البعض مما يؤدي إلى ازدياد الفراغ الحر وتقليل قوى التأثير المتبادلة بينها وهذا ما يفسر القيم المنخفضة مقارنة مع القيم الوسطية لتأرجح المنحنيات، أما القيم العالية المتأرجحة حول القيم الوسطى فيمكن تفسيرها استناداً إلى القوى الانتروبية الناتجة عن الذاكرة التي تملكها الجزيئات الموجودة [ ] التي تنجح في بعض الأحيان بتقليل الفراغ الحر مسببة بذلك تراص البنية وتحسن الخواص، ويمكن القول ببساطة إلى أن البنية تتعرض عند الغمر بمادة الغازولين إلى حالتي الفعل ورد الفعل بين العناصر المكونة لها هذا ما يفسر حالة التذبذب بمسار المنحنيات المبينة بالشكل (2)



الشكل(3) – يوضح الترابط بين الأجزاء المتبلورة وغير المتبلورة

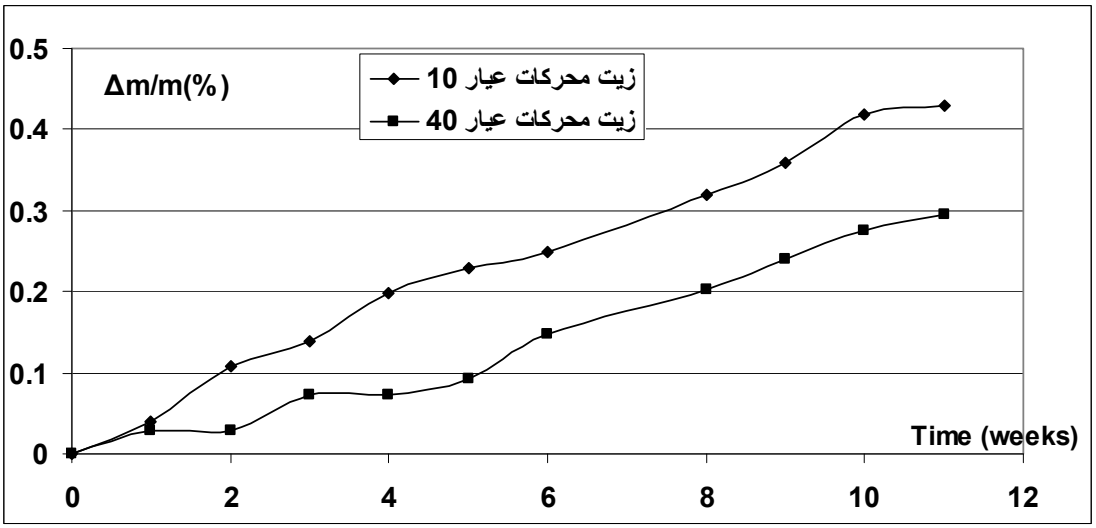
إن الاختلاف بين منحنيات الامتصاصية لمادتي الغازولين والمازوت دفعنا بالواقع إلى دراسة تأثير امتصاصية المازوت على قوى الخضوع وتشكل العنق والتحطم بدلالة زمن الغمر. يوضح الشكل (4) منحنيات تغير القيم المميزة

المدروسة بدلالة زمن الغمر، وكما هو واضح من الشكل (4) حدوث انخفاض واضح ومتتالٍ بهذه القيم بدلالة زمن الغمر مع ميلها للاستقرار والتأرجح عند قيم وسطية بعد الأسبوع الرابع من زمن الغمر حيث نلاحظ أن قيم قوة الخضوع تتأرجح عند القيمة N 800 أما قوة تشكل العنق فتتأرجح عند القيمة N 200 وقوة التحطم عند القيمة 1000N، وبمقارنة هذه القيم الوسطية مع القيم الوسطية للشكل (2) نرى أنها متماثلة وهذا دليل على التأثير المتساوي لمادتي الغازولين والمازوت بدلالة زمن الغمر على القيم المدروسة على الرغم من الاختلاف الواضح بقيم الامتصاصية، وعلى الرغم من شذوذ منحني امتصاصية المازوت عن سلوك منحني Fick.



الشكل (4) – منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وقوة تشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في المازوت

تعتبر النتائج التجريبية التي تم التوصل إليها هامة جداً من الناحية العملية كونها تظهر تقارب واضح بمقدار الفقد الحاصل بالخواص الميكانيكية المدروسة بدلالة الزمن على الرغم من الاختلاف بنسبة المواد المتغلغلة ضمن البنية، ولهذا السبب تم في بحثنا دراسة تأثير بعض أنواع المركبات الهيدروكربونية التي تتصف بلزوجة عالية مقارنة مع مادتي الغازولين والمازوت مثل زيوت محركات (زيت محركات عيار 10 – زيت محركات عيار 40).

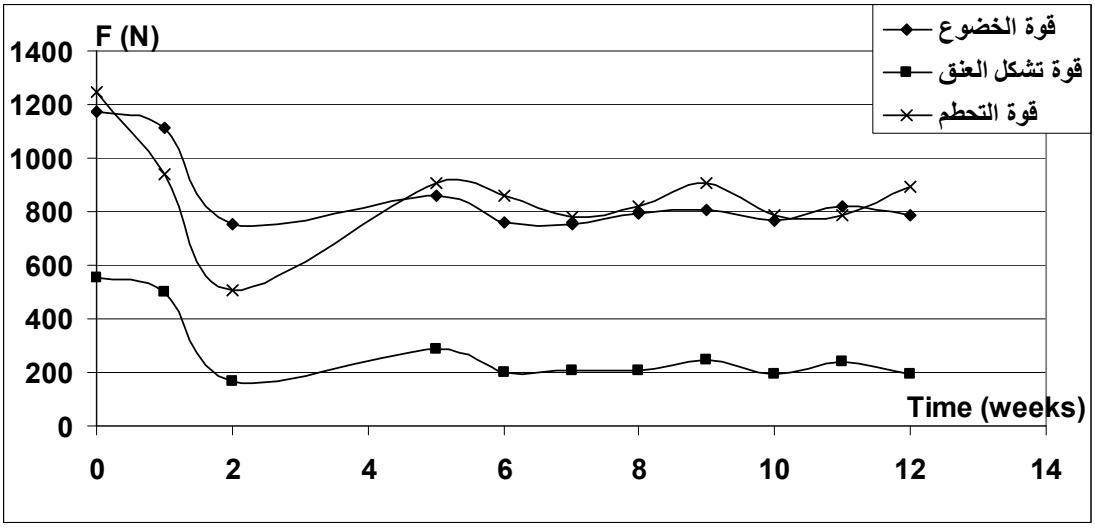


الشكل (5) – منحنيات تغير الامتصاصية النسبية لعينات مقتطعة من أنبوب HDPE بدلالة زمن الغمر في زيت محركات عيار 10 وزيت محركات عيار 40

يظهر الشكل (5) منحنيات الامتصاصية لعينات مقتطعة من أنبوب HDPE بدلالة زمن الغمر في زيوت المحركات، وكما هو واضح من الشكل أن الامتصاصية للزيوت تزداد بشكل دائم باستمرار زمن الغمر وأن قيم الامتصاصية أدنى من قيم امتصاصية كل من الغازولين والمازوت وهي لدى زيت المحركات عيار 10 أكبر بالمقارنة مع زيت المحركات عيار 40، كما ويلاحظ من الشكل (5) أن سلوك منحنيات الامتصاصية لزيوت المحركات لا تخضع لسلوك منحني فيك Fick وهذا دليل على عدم الوصول لحالة الإشباع لمثل هذه المواد.

إن النتائج المبينة بالشكلين (1,5) تؤكد حتمية حدوث امتصاصية أنابيب البولي إيثلين عالي الكثافة للمواد الهيدروكربونية السابقة الذكر وإن الاختلاف بقيم الامتصاصية سببه الأساسي الاختلاف بنوعية المركب الهيدروكربوني المؤثر، وبما أن منحنيات الشكلين (2,4) أظهرت تساوي تأثير كل من الغازولين والمازوت على الخصائص الميكانيكية المدروسة باستمرار زمن الغمر على الرغم من اختلاف الامتصاصية، فإنه ومن الضروري دراسة تأثير زيوت المحركات (عيار 10 وعيار 40) على القيم المميزة لمنحني (القوة – الاستطالة) بهدف تبيان تأثير مثل هذه المواد على الخواص المدروسة.

يوضح الشكل (6) منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وتشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في زيت محركات عيار 10، وكما هو واضح من الشكل أن أكبر انخفاض في القيم المميزة المدروسة يحدث



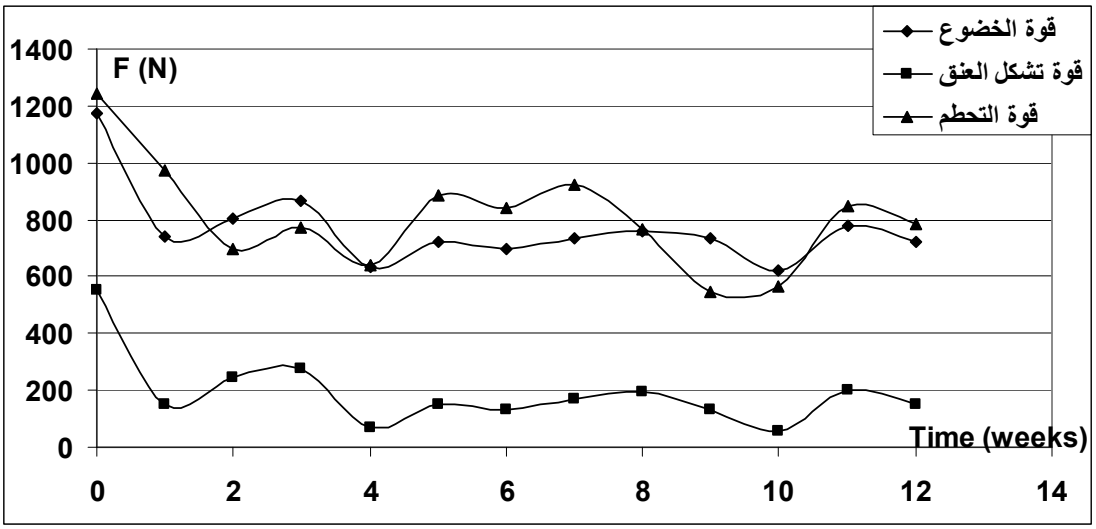
الشكل (6) – منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وقوة تشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في زيت محركات عيار 10

بعد مرور أسبوعين على زمن الغمر بزيت المحركات عيار 10 مع ملاحظة ميل القيم المميزة المدروسة للاستقرار بعد ذلك، كما ويلاحظ من الشكل (6) أن مقدار الانخفاض الحاصل بالقيم المميزة المدروسة كبير جداً ويساوي مقدار الانخفاض الحاصل في هذه القيم تقريباً عند الغمر في الغازولين والمازوت على الرغم من الاختلاف الكبير بقيم الامتصاصية المبين بالشكلين(1 , 5).

إن هذه النيجة المبينة بالشكل (6) هامة جدا" لأنها تظهر التأثير الفتاك لمادة زيت المحركات عيار 10 على القيم المميزة على الرغم من القيم المنخفضة جداً للامتصاصية بدلالة الزمن بالمقارنة مع المواد ذات القدرة العالية على التغلغل ضمن البنية.

تعتبر هذه النتيجة هامة جداً في الحياة العملية لأنها تظهر الضرورات التي يجب أخذها بعين الاعتبار عند مد أنابيب HDPE والمتمثلة بعملية طمر الأنابيب وتجنب وجود مركبات هيدروكربونية بالجوار كي نتمكن من الحفاظ على خصائص المتانة وبالتالي زمن الاستثمار. فإذا أخذنا بعين الاعتبار التغيرات البنيوية التي تتعرض لها الأنابيب خلال زمن الاستثمار نتيجة لعملية التقادم [ ] فإنه من الضروري تجنب وجود أية أسباب مؤدية إلى حدوث أذية في البنية الداخلية للأنبوب وهي في حالتنا هذه ممثلة بالمركبات الهيدروكربونية السابقة الذكر.

بهدف تأكيد تأثير زيوت المحركات على القيم المميزة لمنحني (القوة – الاستطالة) قمنا بدراسة نوع أخر من زيوت المحركات عيار 40 ويظهر الشكل (7) منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وتشكل العنق والتحطم بدلالة زمن الغمر في زيت محركات عيار 40



الشكل (7) – منحنيات تغير كل من قوة الخضوع وقوة تشكل العنق وقوة التحطم بدلالة زمن الغمر في زيت محركات عيار 40

كما هو واضح من الشكل (7) أن منحنيات الشكل تبدي تأثيراً مشابهاً لتأثير زيت محركات عيار 10 المبينة بالشكل (6) حيث يلاحظ أن أعظم انخفاض بالقيم المميزة المدروسة يحدث بعد مرور ثلاثة أسابيع على زمن الغمر لتستقر بعد ذلك تقريباً كافة القيم عند قيم وسطية. إن هذه النتيجة هامة جداً لأنها تؤكد ما تم الإشارة إليه حول التأثير الفتاك لزيوت المحركات على القيم المميزة.

إن التأثير المتقارب للمركبات الهيدروكربونية المدروسة على القيم المميزة لمنحنيات (القوة – الاستطالة) يظهر بما لا ريب فيه خصوصية تأثير هذه المواد. فالتذبذب الكبير في مسارات منحنيات القيم المدروسة بدلالة زمن الغمر بالغازولين يظهر أنه وعلى الرغم من ثبات الامتصاصية بعد الأسبوع الثالث عدم استقرار الخواص المدروسة وبالتالي عدم استقرار البنية نتيجة وجود مادة الغازولين ضمن بنية الأنبوب، في حين نلاحظ أن المنحنيات الممثلة لتغير القيم المميزة المدروسة بدلالة زمن الغمر في المازوت تميل إلى الانخفاض طيلة فترة الغمر بشكل يتوافق نسبياً مع التزايد الوزني للعينات. النتيجة الأهم التي يمكن استنتاجها من منحنيات الامتصاصية لزيوت المحركات تثبت ما يلي:

1 – عدم تأثر القيم المميزة المدروسة بكمية المركب الهيدروكربوني الممتص

2 – التأثير المتشابه نسبياً لكافة المركبات الهيدروكربونية على القيم المميزة المدروسة

بهدف تحديد التأثير الدقيق للمركبات الهيدروكربونية على القيم المميزة المدروسة، وبهدف تحديد مقدار الفقد الحاصل لهذه القيم نتيجة للامتصاصية فإن الجدول (1) يوضح الانخفاض الحاصل بالقيم المميزة المدروسة بعد 12 شهراً على الغمر في المركبات الهيدروكربونية السابقة الذكر.

جدول (1) – القيم المميزة لمنحني (القوة – الاستطالة) بعد 12 أسبوع على الغمر في الأوساط الهيدروكربونية المستخدمة بالبحث

الوسط المستخدم	القيم المميزة المدروسة بعد 12 أسبوع على زمن الغمر		
	F_y	F_n	F_b
بدون غمر	1171	554	1246
الغمر بالغازولين	763	232	919
الغمر بالمازوت	860	334	1060
الغمر بزيت محركات عيار 10	820	246	834
الغمر بزيت محركات عيار 40	770	160	734

حيث أن :

Fy : قوة الخضوع

Fn : قوة تشكل العنق

Fb : قوة الانهيار

كما هو واضح من الجدول (1) حدوث تدهور واضح في القيم المدروسة حيث يلاحظ أن قوى الخضوع وتشكل العنق تقريباً متقاربة على الرغم من اختلاف وسط الغمر وكمية المادة الممتصة، في حين نلاحظ وجود تذبذب واضح لقيم التحطم. للوقوف بشكل دقيق على التدهور الحاصل في القيم المدروسة بالبحث فإن الجدول (2) يعطي مقدار الفقد النسبي للقيم المميزة المدروسة بعد 12 أسبوع على زمن الغمر

جدول (2) – النسبة المئوية لتناقص القيم المدروسة بعد 12 أسبوع على الغمر في الأوساط الهيدروكربونية المستخدمة بالبحث

وسط الغمر المستخدم	الفقد النسبي للقيم المميزة المدروسة بعد 12 أسبوع على زمن الغمر		
	$(\frac{\Delta F_y}{F_y}).100\%$	$(\frac{\Delta F_n}{F_n}).100\%$	$(\frac{\Delta F_b}{F_b}).100\%$
الغمر بالغازولين	34.8	58	26.2
الغمر بالمازوت	26.49	40	14.92
الغمر بزيت محركات عيار 10	30	55.64	33.06
الغمر بزيت محركات عيار 40	34.26	71	41

من الجدول (2) نلاحظ أن نسبة التدهور الحاصل بالقيم المميزة المدروسة تكون كبيرة عند الغمر بزيت المحركات مقارنة مع تأثير الأوساط الأخرى ، كما ويلاحظ أيضاً أن نسبة التدهور في قوى تشكل العنق تصل إلى 50% وأكثر. فإذا أخذنا بعين الاعتبار أن الامتصاصية تتم من سطحي عينات الاختبار نتيجة للغمر الكامل للعينات في الأوساط السابقة الذكر أصبح واضحاً أن مثل هذا التدهور يتطلب زمناً مضاعفاً فيما لو اعتبرنا أن الامتصاصية تتزايد بشكل خطي بدلالة الزمن. إن دراسة سلوك انتشار المركبات الهيدروكربونية السابقة الذكر يتطلب بالواقع إجراء دراسات مطولة حتى حصول حالة الإشباع الأمر الذي لم يتحقق في دراستنا هذه وذلك لعدم استقرار منحنيات الامتصاصية وخاصة فيما يتعلق بالمازوت وزيوت المحركات.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

1 – تشير النتائج التجريبية الخاصة بدراسة الامتصاصية إلى حصول الإشباع عند الغمر بالمازوت وعدم الوصول إليه عند الغمر بالمركبات الهيدروكربونية الأخرى

2 – حدوث تدهور واضح بالخواص الميكانيكية الممثلة بالقيم المميزة لمنحنيات (القوة – الاستطالة) نتيجة للغمر في المركبات الهيدروكربونية المدروسة

3 – تظهر النتائج أن نسبة المواد الهيدروكربونية الممتصة تسبب تدهوراً متقارباً بالقيم المميزة المدروسة على الرغم من الاختلاف الكبير في قيم الامتصاصية

4 – تشير الدراسات التجريبية إلى التأثير الكبير لزيوت المحركات عيار 10 وعيار 40 على القيم المميزة المدروسة على الرغم من القيم المنخفضة للامتصاصية

التوصيات

تؤكد الدراسات التجريبية التي أجريت على ضرورة تجنب طمر أنابيب HDPE بوسط غني بالمركبات الهيدروكربونية السابقة الذكر حيث أظهرت النتائج أنه وعلى الرغم من انخفاض كمية الزيوت الممتصة فإنها تبدي تأثيراً فتاكاً على الخواص الميكانيكية الأمر الذي يسبب بدوره تدهوراً في عمر استثمار مثل هذه الأنابيب المقدر عادة 50 عاماً

المراجع:

1 - **EDWIN. T. J** – *Mechanical Properties of Solid Polymer*-Technische Universiteit Eindhoven-*2005-155*
2 - **ГАНЧЕВА .Т** – *Полимерно Материалознание на Термопластичне Полимерни Материли, Бързо Кристализращи Полимери* –София – 1983 – 250
3 – **TOMBOULIAN. P, SCHUEITZER. L, MULLIN. K, WILSON. J and KHIARI. D** – *Materials Used in Drinking Water Distribution Systems*- Water Science and Technology- 2004 - Vol 49, No 9, 219 – 226
4 – **BRYDSON.J –** *Plastics Materials* – Seven Edition , 1999 – 920
5 - **DOMINCK .R .V –***Plastic Processing Data Handbook – 1998 – 683*
6 – **LENDLEIN.A, KELCH.S –** *Shape Memory Polymer*- Angew. Chem. Int. Ed, 2002, 41, 2034-2057
7 - **ГАНЧЕВА .Т –** *Стрктура и Свойства на Констркционните Материали*— София – Техника -1982 – 280
8 – **RITUMS.E.J** – *Diffusion ,Swelling and Mechanical Properties of Polymers* – KTH Fiber and Polymer Technology – 2004 – 54
9 – **SHAUGHNESSY.O.B AND VAVYLONIS.D –** *Non –Equilibrium in Adsorbed Polymer Layers*- Department of Chemical Engineering – Columbia University – 2004 - number; 82 , p;5 – 40
10 – **KEE.D, LIU.Q and HINESTROZA.J –** *Viscoelastic (non – Vickian) Diffusion* –THE Canadian Journal of Chemical Engineering – Vol:83, 2005, 913-929
11 – **OBASI.C.H, OGBOBE.O and IGWE.O.I –** *Diffusion Characteristics of Toluene into Natural Rubber/Liner Low Density Polyethylene Blends*- International Journal of Polymer Science – 2009, Article ID 140682, p 6