مقارنة بعض الخواص الفيزوميكانيكية للبولي إيثلين عالي الكثافة للمادة الخام والمادة المعاد تدويرها

فؤاد عبد الله جهان
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة، قسم التقنيات الكيميائية ، ليبيا

شيرين حمدتو محمد
المعهد العالي للعلوم والتقنية مصراتة، قسم التقنيات الكيميائية ، ليبيا

الملخص ـ **اجريت هذه الدراسة لتوضيح الفرق بين عينات المادة الخام، والمادة المعاد تدويرها الداخلة في صناعة البولي اثيلين عالي الكثافة من حيث التدفق، والانصهار من جهة، وقوة الشد والتمدد من جهة اخرى على وفق المواصفات العالمية (ISO) و (ASTM) للمادة الخام، ومدى إمكانية استخدام المادة المعاد تدويرها في مجال التصنيع، ومقارنة جودتها بالمادة الخام، تمت الاختبارات بمختبر مصنع مصراتة. تم اختيار خمس عينات من كل من المادة الخام، والمعاد تدويرها للبولي اثيلين عالي الكثافة، وأجريت لها اختبار معدل التدفق والانصهار، وقد بلغ معامل التدفق والانصهار للمادة الخام والمعاد تدويرها: (0.30 , 0.76) جم/ 10 دقائق على التوالي. بينما تم اختيار ثلاث عينات لقياس الشد والتمدد، وقياس الكثافة. عينتين من المعاد تدويرها، العينة الأولى بنسبة (80% كسارة , 20 %خام) وقد سجلت قيمة تمدد يصل إلى 49.78% من طولها الأصلي وقوة تحمل شد 0.30 N/mm2. والعينة الثانية بنسبة (60% كسارة , 40% خام) التي سجلت قيمة تمدد يصل إلى 88.73% من طولها الأصلي، وقوة تحمل شد 0.42 N/mm2. والعينة الثالثة هي 100% من المادة الخام والتي سجلت قيمة للتمدد عالي يصل إلى أكثر من 400% من طولها، وغير متوافقة مع المواصفات، ولها قوة شد عالية تصل إلى0.50 N/mm2.**

الكلمات الدالة ـ **البولي ايثلين عالي الكثافة، معامل التدفق والانصهار، التمدد والاستطالة، قوة الشد، الكثافة، البوليمرات.**

1. المقدمة

أصبحت البوليمرات الآن لهـا دورا فائق الأهمية في حياتنـا اليومية وخاصة بوليمر البلاستيك فنحن نعيش اليوم فـي عالم لا يخلو فيه من البوليمرات الصناعية الموجودة فـي أماكـن كثيرة منها (السيـارات والمكـاتب والمنـازل والأسواق...) ولقد انتشرت انتشارا كبيرا لما لها من مميزات، وتحظى البوليمرات الآن بالاهتمام الأكبر من قبل العلمـاء لاستخدامها كبديل صناعي في كافة مجالات الحياة، وتتلخـص الفكرة في هذا البحث في مقارنة لبعض الخواص الفيزوميكانيكية لأحد هذه البوليمرات وهو بوليمر (البولي إيثلين عالي الكثافة الخام) مع نفاياته المعاد تدويرها للدخول في الإنتاج بواسطة بعض الاختبارات منها معدل التدفق والانصهار، وقوة الشد والتمدد، وتعيين الكثافة. يعتبر البولي إيثلين عالي الكثافة (HDPE) هو واحد من أكثر أنواع البلاستيك الحراري استخدامًا بالنسبة لبعض التطبيقات مثل الأنابيب، وتجهيزات نقل السوائل أو الغازات على المدى الطويل، نظرًا لان مكونات مزجها منخفضة التكلفة، ومقاومتها الكيميائية عالية، وخصائصها الميكانيكية متوازنة [1]. يعد البولي إيثلين هو أكبر أنواع البلاستك من حيث حجم الإنتاج العالمي في الوقت الحاضر وبمعدل نمو يبلغ 5٪ في السنة [2]. وتستخدم المواد البلاستيكية وخاصة البولي إيثلين والبولي (كلوريد الفينيل) على نطاق واسع لتعبئة المنتجات الغذائية والصيدلانية، ومع ذلك نادرًا ما تستخدم حاويات بلاستيكية لتخزين البذور نظرًا لإمكانية بخار الرطوبة الوصول إليها [3].

إن البولي أثيلين (PE) هو بوليمر غير قابل للتحلل الحيوي يتم استخدامه على نطاق واسع في العديد من التطبيقات. يوجد البولي إيثلين من حيث الكثافة على نوعين، البولي إيثلين منخفض الكثافة (LDPE)، البولي إيثلين عالي الكثافة (HDPE)[4]. بما أن استخدام البوليمر أمر لا مفر منه، يجب إيجاد طرق لتعزيز التحلل البيولوجي للبوليمرات من خلال مزجها مع بوليمرات طبيعية قابلة للتحلل مثل النشا أو السليلوز [5]. ان البولي أثيلين منخفض الكثافة الخطي (LLDPE) و (HDPE) لها مورفولوجيا صفائحية وشبه كروية، في حين أن اللدائن المرنة والبلاستيك المرنة لديها بلورات تشبه الحزم وهي جزء لا يتجزأ من مادة غير متبلورة، وبالتالي فان زيادة التبلور الكثافي للبولي أثيلين يزيد من صلابة وقوة الشد للمادة [6]. في الواقع ثبت على نطاق واسع أن إضافة كميات صغيرة من مذيبات النانو (عادة أقل من 10٪ بالوزن) إلى البوليمرات يمكن أن يحسن خصائصها الميكانيكية مثل الصلابة [7، 8]. ان للمادة الخام خصائص افضل من المادة المعاد تدويرها (الكسار)من حيث التماسك بين الجزيئات, حيث ان المادة المعاد تدويرها تعتبر هشة بسبب عشوائية ترابطها الجزيئي[9]. تنخفض الخصائص الفيزيائية للبولي إيثيلين مع زيادة عدد مراحل إعادة التدوير ، والتي هي نتيجة لتدهورها وتقليل سلسلة البوليمر الخاصة بهم. وبالتالي ، يكون التحلل أكثر وضوحًا في حالة البولي إيثيلين المعاد تدويره ، بسبب معالجته السابقة. أن التأثير السلبي للتدهور يؤثر بالفعل على الاتجاه المحوري لألياف البولي إيثيلين الجزيئية. كما أنه يؤثر على تجانس الخواص الميكانيكية للألياف البوليمرية ، ولكن في هذه الحالة من الضروري إجراء قياسات إضافية [10] .

2. الأجهزة والمواد وخطوات العمل

أ ـ جهاز قياس معدل التدفق والانصهار (الليونة)

هو جهاز يتم فيه اختبار العينة وهي عبارة عن حبيبات صغيرة مخرزه بأجزاء مساوية لبعضها البعض، بحيث توضع العينة داخل صندوق، ويوضع فوقها ثقل 5 كجم حسب المواصفات في هذا الجهاز، وتحت تأثير حرارة معينة ومحسوبة متحكما بها من خلال الجهاز بحيث ينصهر البلاستيك، ثم يتدفق من خلال أنبوب صغير أو ثقب أسفل الصندوق عند زمن معين، ومنه يتم اختبار معدل التدفق والانصهار، والاختبار يتم قبل بداية التصنيع لمعرفة درجة الحرارة المناسبة لصب الخليط، وتشكيله بطرق التشكيل المناسبة، كما يفيد هذا الاختبار في تحديد جودة المواد البلاستيكية، واسم الشركة المصنعة لهذا الجهاز (DEEPAK POLYPLAST)، وبلد المنشأ الهند. انظر الشكل (1).

استلمت الورقة بتاريخ 14 أبريل 2020، وروجعت بتاريخ 20 مايو 2020، وقبلت بتاريخ 21 مايو 2020، ومتاحة على الانترنت بتاريخ 28 مايو 2020

شكل رقم (1) جهاز معدل التدفق والانصهار

خطوات العمل

تم تشغيل الجهاز عند درجة حرارة $190c^0$ وتركه مدة من الوقت ليسخن تدريجيا، مع مراعاة تنظيف صندوق الجهاز جيدا بمنشفة كي لا تختلط بقايا سابقة بالعينة المراد اختبارها، أضيفت العينة إلى الصندوق من خلال فتحة فوق الصندوق، ويضاف وزن (ثقل) 5kg على وفق المواصفات العالمية والأمريكية (ISO1133 وASTM-D1238). تم اخراج العينة المنصهرة من الفتحة الصغيرة أسفل الصندوق متدفقة لأسفل وقطعت بسكين عند كل دقيقة من مؤشر الوقت الذي بالجهاز. اجريت للعينة المقطوعة (الجاهزة) بعض الاختبارات الخارجية من ناحية الملمس والالتواء والتماسك، وزنت العينة المقطوعة بميزان حساس بدقة 0.001 وقورنت القراءات بالمواصفات المعطاة للمادة. تم حساب متوسط القراءات مضروبا في (10min) حسب المواصفة.

ب - جهاز قياس قوة الشد والتمدد (الاستطالة)

هو عبارة عن جهاز تم فيه اختبار مدى قوة تحمل العينة للشد، حيث يتم قياس قوة الشد والتمدد، وحساب مدى التغير في التركيب، ويقوم بدراسة الخواص الميكانيكية للعينة بتعيين معامل التمدد ومعامل الانحناء، وتكمن فكرة عمل هذا الجهاز في وضع العينة بين طرفي مواسك الجهاز، ومن خلال وحدة التحكم يمكن السيطرة على قيمة التيار المعطى للجهاز إما يدويا أو أليا، وما يميز هذا الجهاز هو قراءة القوة مباشرة بإرسال إشارات إلى جهاز الحاسوب ويلخصها الحاسوب إلى رسم بشكل منحنيات توضح عملية الشد و التمدد، ويستفاد من هذا الجهاز في معرفة مدى تمدد العينة، وتحمل قوة الشد المسلطة عليها، ويتم الاختبار في هذا الجهاز بعينة لما بعد التصنيع، واسم الشركة المصنعة لهذا الجهاز (DEEPAK POLYPLAST)، والبلد المنشأ الهند، انظر الشكل (2).

شكل رقم (2) جهاز قياس قوة الشد والتمدد

خطوات العمل

تم تجهز عينات من البوليمر سابقة التحضير من المادة الخام بنسبة (100%) وعينة من المادة المعاد تدويرها بنسبة (80%) كسارة و(20%) خام وعينة أخرى بنسبة (60%) كسارة و(40%) خام، وقصت العينات بمقص وبطول مناسب على وفق المواصفات المطلوبة. انظر الشكل (3).

شكل رقم (3) عينة من عينات الاختبار

ثبتت العينة بين طرفي مواسك الجهاز، وتم تشغيل الجهاز بإعطائه تيار مناسب، بحيث يعطي قيمة محددة للقوة (F)، على وفق المواصفات، ويسجل طول العينة (L) وسمكها (A) بقاعدة بيانات جهاز الاختبار في جهاز الكمبيوتر، ثم حساب الانفعال، انظر الشكل(4).

شكل رقم (4) مرحلة تثبيت العينة وتشغيل الجهاز

وبعد زيادة قيمة القوة المطبقة على العينة، وذلك من خلال زيادة قيمة التيار، يتم حساب كلا من قوة الشد ولحظة الانهيار والتمدد. ومع استمرارية زيادة التيار المناسبة وتسجيل القيم، تتمزق العينة.

ج .أدوات قياس الكثافة

الكثافة هي عبارة عن الكتلة (m) مقسومة على الحجم (v)، والكتلة تقاس بالجرام (g) أو الكيلو جرام (kg)، والحجم يقاس بالسنتيمتر مكعب (cm^3) أو الملي (ml)، ويتم قياس الحجم بواسطة مخبار مدرج لقياس حجم العينات، ويتم قياس الكتلة بواسطة ميزان حساس لقياس وزن العينات، وثقل لغمر العينات بالماء، انظر الشكل (5).

شكل رقم (5) مخبار مدرج وميزان حساس

خطوات العمل

جهزت عينات من البوليمر سابقة التحضير من المادة الخام بنسبة (100%)، وعينة من المادة المعاد تدويرها بنسبة (80%) كسارة و(20%) خام، وعينة أخرى من المادة المعاد تدويرها بنسبة (60%) كسارة و(40%) خام. وزنت العينات في الميزان الحساس وسجلت قراءة كل عينة، تم ملئ المخبار المدرج بالماء، وسجل حجم الماء في المخبار المدرج، وضعت العينة ومعها الثقل وذلك بغمرها كلياً بالماء في المخبار المدرج، وسجلت قراءة كل عينة على المخبار، تم وضع الثقل في المخبار المدرج بدون العينة وذلك لمعرفة حجمه في الماء، بعد معرفة حجم الثقل يتم طرح حجم الثقل من حجم العينة ومعها الثقل لمعرفة حجم العينة، وبعدها تسجل قراءة العينة بعد معرفة حجم، وزن (كتلة) كل عينة يتم استخدام قانون الكثافة وهو:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} \ (g/cm^3)$$

3. النتائج والمناقشة

أ - اختبار معدل التدفق والانصهار:

يبين الجدول (1) النتائج لخمس عينات من المادة الخام البولي إيثلين عالي الكثافة، وخمس عينات من المادة المعاد تدويرها من نفس النوع من البوليمر، وحساب متوسط القراءات، وضرب قيم المتوسط في 10 دقيقة للحصول على معدل التدفق والانصهار.

جدول رقم (1) قراءات العينات الخمس للمادة الخام، والمادة المعاد تدويرها للبولي إيثلين عالي الكثافة لجهاز معدل التدفق والانصهار.

العينة ورقم العينة	المادة الخام (g)	المادة المعاد تدويرها (الكسارة) (g)
1	0.03	0.06
2	0.03	0.08
3	0.03	0.08
4	0.03	0.07
5	0.03	0.09

1. متوسط قراءات عينات المادة الخام =

$$g = (10min) * (0.030g) = \frac{0.03+0.03+0.03+0.03+0.03}{5}$$

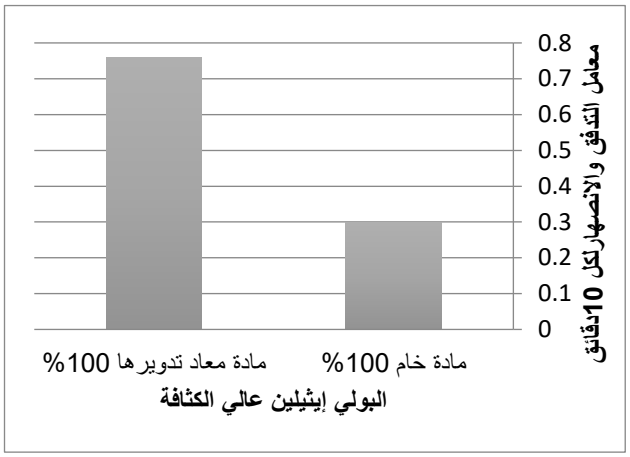
*0.30 /min*10 (5*kg*) معامل التدفق والانصهار.

2. متوسط قراءات عينات المادة المعاد تدويرها (الكسارة)=

$$0.76g=(10min) * (0.076g) = \frac{0.06+0.08+0.08+0.07+0.09}{5}$$

(5kg)10min / معامل التدفق والانصهار.

الشكل (6) يوضح معامل التدفق والانصهار للمادة الخام والكسارة.



شكل رقم (6) معامل التدفق والانصهار

بعد معرفتنا لنتائج العينات، وأخذنا لمتوسط قراءات العينات، لوحظ ان عينات المادة الخام أفضل من المادة المعاد تدويرها، وذلك لامتلاكها معامل تدفق وانصهار أقل من المادة المعاد تدويرها، وان عينات المادة المعاد تدويرها عندما تخرج متدفقة من الفتحة التي أسفل الصندوق تخرج أسرع تدفقاً من المادة الخام، والاخيرة عندما خرجت لوحظ أن ملمس العينة كان ناعما من الخارج، أما المادة المعاد تدويرها فيكون ملمسها خشنا أحياناً. كما لوحظ أن عينات المادة الخام عند وضعها في الميزان الحساس تمتلك تقريبا نفس الوزن، أما عينات المادة المعاد تدويرها فيختلف الوزن من عينة إلى أخرى حسب عدد مرات الإنتاج التي تعرضت لها العينة سابقاً، وعينات المادة الخام عندما تخرج جاهزة لا يحدث لها تشوهات إذا تعرضت لفحص الالتواء، ولا تنكسر بعكس المادة المعاد تدويرها إذا تعرضت لفحص الالتواء، فأحيانا يحدث لها تشوه، وأحيانا تنكسر. وذلك يتفق مع ما جاءت به دراسة (فؤاد وعبد الله 2019) [9]، حيث بلغ التدفق للكسار الصافي مرتفع الكثافة (100%) 0.75 ، وخام سابك الصافي بلغ 0.3 . كما بينت النتائج ان عينات المادة الخام جزيئاتها تنصهر وتتماسك ببطء، مما يجعلها تتدفق ببطء، والمادة المعاد تدويرها تنصهر وتتماسك بسرعة، مما يجعلها تتدفق بعشوائية. هذه النتائج بينت لنا أن المادة الخام أفضل من المادة المعاد تدويرها، من ناحية جودة المنتج، ولكن أيضا يمكن للمادة المعاد تدويرها المضافة بإضافات معينة مع المادة الخام إظهار المنتج المتكون منها بنسب ذو جودة أيضا، ومن هذا الاختبار لوحظ أن المادة المعاد تدويرها في العملية الإنتاجية التشكيل بالسحب لا

تصلح بمفردها إلا بإضافة خام معها بنسب محددة، لأن المنتج النهائي لها سيكون به تشوهات، وتصلح أحيانا لعمليات التشكيل الأخرى منفردة.

ب - اختبار قوة الشد والتمدد:

من النتائج المبينة بالجداول (2، 3 ،4) والاشكال (7،8،9،10،11) لوحظ الاتي: عينة المادة الخام لها تمدد عالي يصل إلى أكثر من (400%) من طولها أي أكثر من ثلاثة أضعاف طولها الأصلي، وغير متوافقة مع المواصفة، و لها قوة شد عالية تصل إلى (0.50 N/mm^2) أعلى من المادة المعاد تدويرها، بينما عينة المادة المعاد تدويرها بنسبة (80%) كسارة و (20%) خام لها تمدد يصل إلى (49.78%) من طولها الأصلي وقوة تحمل شد (0.30 N/mm^2) ، وعينة المادة المعاد تدويرها بنسبة (60%) كسارة و (40%) خام لها تمدد يصل إلى (88.73%) من طولها الأصلي وقوة تحمل شد (0.42 N/mm^2)، وهذه الأخيرة هي أفضل من العينة الأولى المعاد تدويرها، لامتلاكها أعلى تحمل لقوة الشد، وأطول تمدد. كلما كانت نسبة المادة المعاد تدويرها المضافة إلى العملية الإنتاجية أقل من الخام كانت أفضل من الناحية الإنتاجية وتمتلك أعلى قوى شد، وأطول تمدد، وهذه النتائج تظهر لنا أن المادة المعاد تدويرها كلما ارتفعت كميتها في العملية الإنتاجية قلت نسبة التمدد وقوة التحمل وأسرع في تمزق العينة ، وكلما كانت أقل كان أفضل، ولا ينصح باستعمالها كمادة خام بدون إضافات في التشكيل بالسحب لأن المنتج النهائي الذي ينتج عنها يحدث فيه بعض التشوهات، وينصح باستعمالها إذا تم معرفة عدد مرات إعادة التدوير التي تعرضت لها، حتى يمكن أخذها في الحسبان في العملية الإنتاجية، لأن المادة التي تتعرض للعملية الإنتاجية أكثر من مرة تفقد بعض خواصها الفيزيائية والميكانيكية والحرارية، ولا يمكن استخدام المادة المعاد تدويرها في منتجات تتطلب تمدد وقوة تحمل عاليين لأنها غير مناسبة إلا إذا أضيفت لها نسب أكثر من المادة الخام الأصلية لأن المادة الخام تبقى محافظة على خواصها الميكانيكية والفيزيائية والحرارية، حيث أنها لم تتعرض للعملية الإنتاجية من قبل ، ويمكن استخدام المادة المعاد تدويرها في بعض أنواع التشكيل الأخرى أحيانا أوفي منتجات ثانوية لا يستخدمها المستهلك بصورة مستمرة .

جدول رقم (2) يوضح قراءة لعينة الخام بنسبة 100% لاختبار التمدد والشد

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
1	اختبار الشد للعينة الخام**100 %**	A	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	125	100	10	8.7	50

Sr NO / النتائج	1 مساحة العينة	2 محصول القوة	3 محصول التمدد	4 قوة الانهيار	5 انهيار التمدد	6 القوة القابلة لتحمل الشد	7 قوة شد الانهيار	8 الاستطالة
القيمة	90.00	16.63	6.82	7.5	492.38	0.50	0.40	400.55
الوحدة	m m^2	N	mm	N	mm	N\mm^2	N\mm^2	%

جدول رقم (3) يوضح قراءة لعينة معاد تدويرها بنسبة 80 %كسارة و20% خام مع الرسم البياني لاختبار الشد

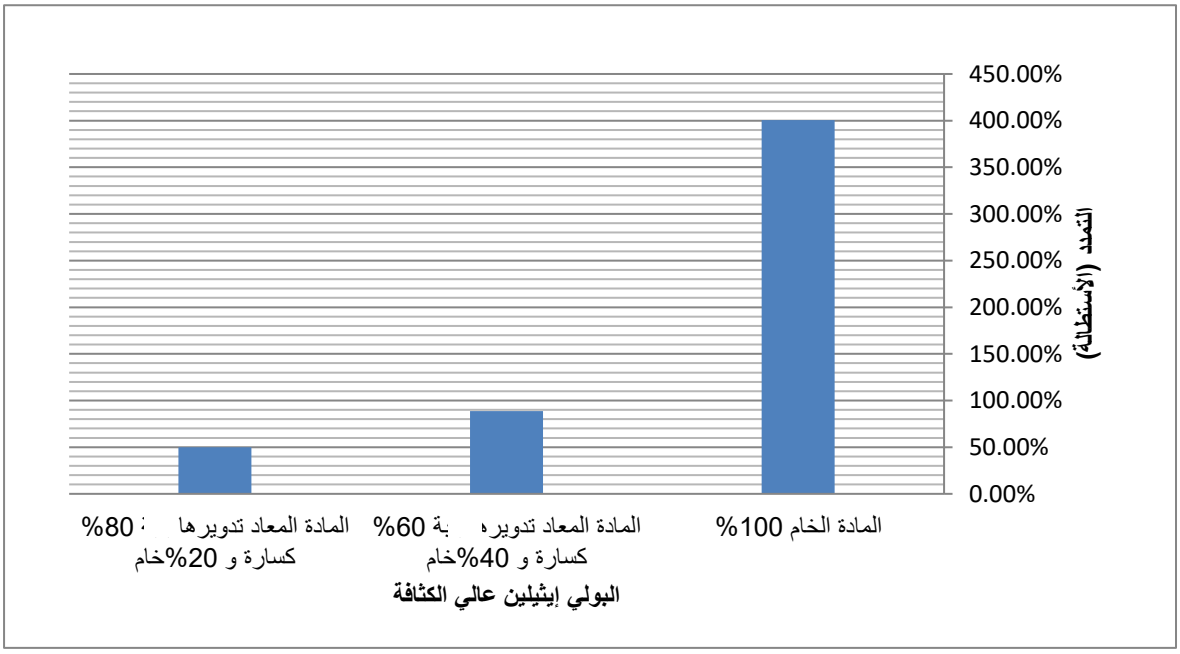
رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
2	اختبار الشد للعينة المعاد تدويرها**80%كسارة و20% خام**	B	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	125	100	10	9	50

Sr NO / النتائج	1 مساحة العينة	2 محصول القوة	3 محصول التمدد	4 قوة الانهيار	5 انهيار التمدد	6 القوة القابلة لتحمل الشد	7 قوة شد الانهيار	8 الاستطالة
القيمة	90.00	26.74	5.71	0.7	62.23	0.3	0.01	49.78
الوحدة	mm^2	N	mm	N	mm	N\mm^2	N\mm^2	%

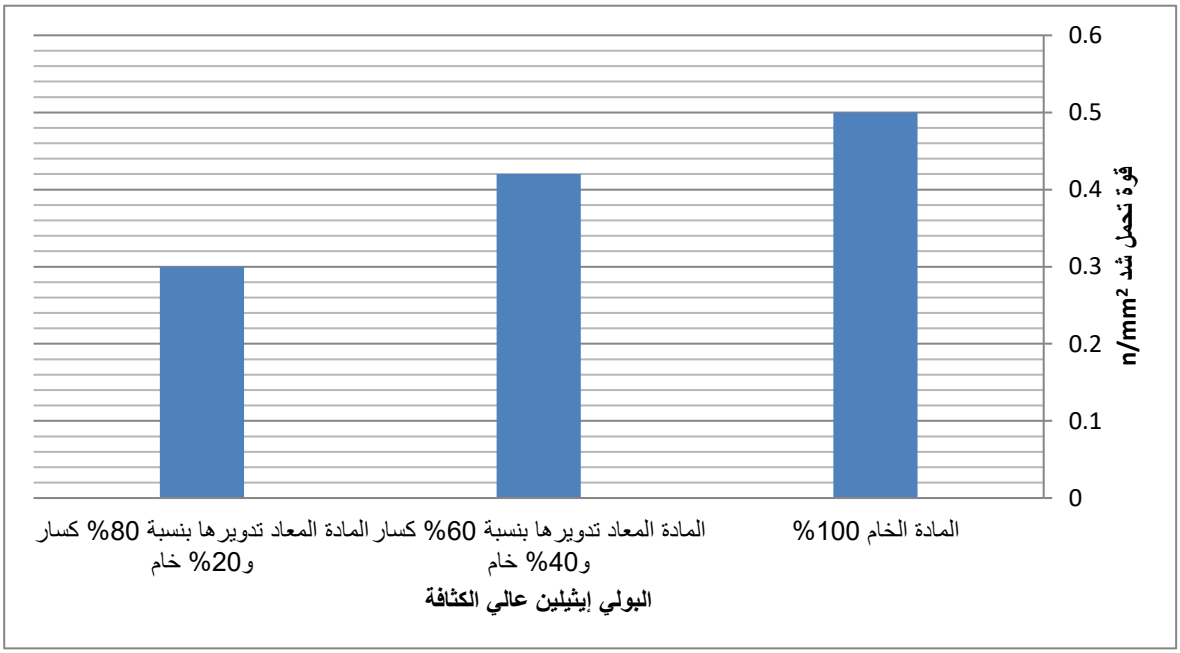
جدول رقم (4) يوضح قراءة لعينة معاد تدويرها بنسبة 60%كسارة و40%خام مع الرسم البياني لاختبار الشد

رقم الاختبار	اسم العميل	رمز العميل	اسم المشغل	رمز النموذج	المرجع	طول القبضة	طول جيجا	عرض العينة	سمك العينة	سرعة الاختبار
3	اختبار الشد للعينة المعاد تدويرها**60%كسارة و40%خام**	C	مختبر مصنع مصراتة للجودة	RT	ISO 6259	125	100	10	3	9

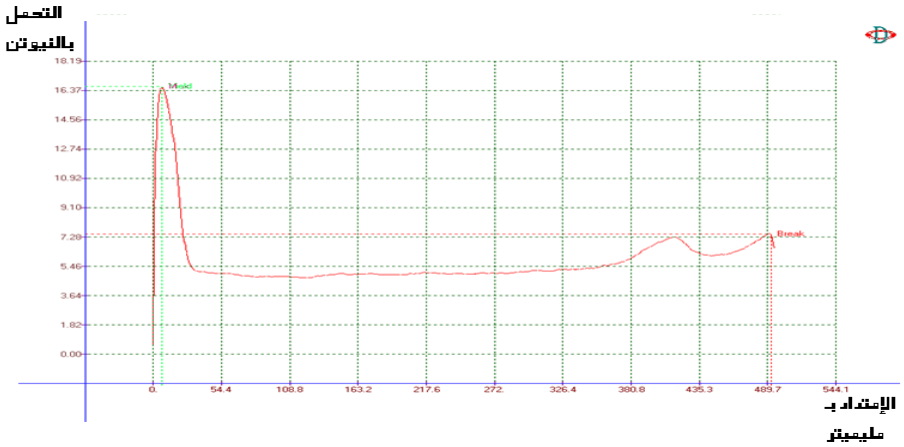
Sr NO / النتائج	1 / مساحة العينة	2 / محصول القوة	3 / محصول التمدد	4 / قوة الانهيار	5 / انهيار التمدد	6 / القوة القابلة لتحمل الشد	7 / قوة شد الانهيار	8 / الاستطالة
القيمة	90.00	37.99	4.76	1.0	110.91	0.42	0.01	88.73
الوحدة	m m^2	N	mm	N	mm	N\mm^2	N\mm^2	%



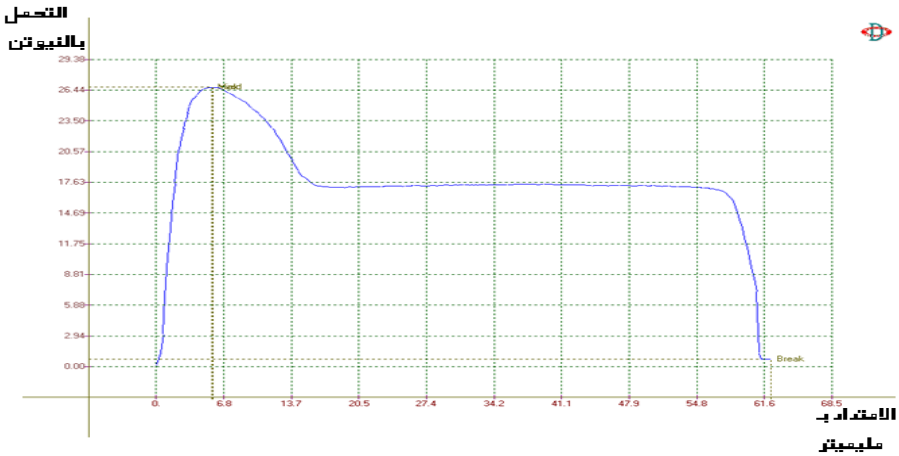
شكل رقم (7) قوة التمدد لعينات البولي إيثلين عالي الكثافة



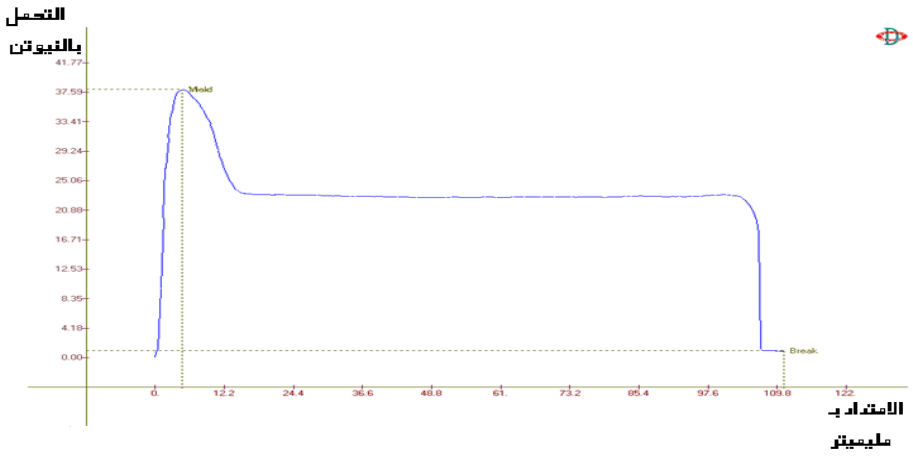
شكل رقم (8) قوة تحمل الشد لعينات البولي إيثلين عالي الكثافة



شكل رقم (9) اختبار العينة الخام بنسبة 100%



شكل رقم (10) اختبار العينة المعاد تدويرها بنسب ة80%كسارة و20% خام



شكل رقم (11) اختبار العينة المعاد تدويرها بنسبة 60% كسارة و40%خام

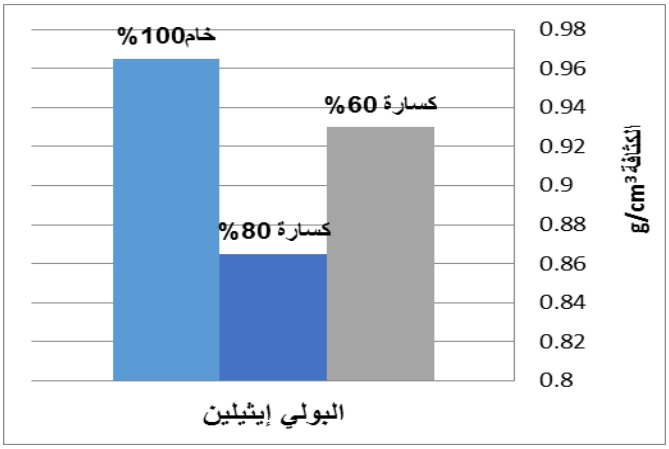
ج - *اختبار الكثافة*

يوضح الجدول(5) والشكل (12) نتائج العينات من حيث الصنف، والكتلة بوحدة الجرام، والحجم بالسنتمتر المكعب (بعد طرح حجم الثقل)، والكثافة بوحدة جم \ سم^3. بعد معرفة قراءات كثافة العينات لوحظ ان عينة المادة الخام 100% لها كثافة وكتلة أكبر من عينات المادة المعاد تدويرها، وعينة المادة المعاد تدويرها بنسبة (80%) كسارة و (20%) خام لها كثافة وكتلة أقل من المادة المعاد تدويرها بنسبة (60%) كسارة و(40%) خام. فكلما كانت نسبة المادة المعاد تدويرها أقل من الخام كانت الكثافة مثالية وقريبة من المواصفة الأصلية. لوحظ من اختبار تعيـــــين

الكثافة بعد دمجه مع اختبار الشد والتمدد، أنه كلما كانت الكثافة أقل كانت نسبة التمدد والشد أقل. من هذه النقاط يتبين أن المادة الخام للبولي إيثلين عالي الكثافة متماسكة بمواصفات الكثافة الأصلية، وأن المادة المعاد تدويرها كانت قراءة الكثافة لها عشوائية، وذلك لفقدها بعض الخواص الفيزيائية، وأنه كلما كانت نسبة المادة المعاد تدويرها أقل من المادة الخام كلما كانت الكثافة قريبة من موصفات الكثافة الأصلية للبولي إيثلين عالي الكثافة وهو أكبر من (0.941 g/cm^3).

جدول رقم (5) قراءات اختبار الكثافة لعينات المادة الخام، والمعاد تدويرها للبولي اثيلين عالي الكثافة.

ر.م	العينة	الكتلة	الحجم	الكثافة
1	المادة الخام 100%	22.72	23	0.965
2	المادة المعاد تدويرها بنسبة 60% كسارة و40%خام	17.68	19	0.930
3	المادة المعاد تدويرها بنسبة 80% كسارة و20%خام	17.27	20	0.863



شكل رقم (12) فرق الكثافة بين عينات الاختبار

4. الاستنتاجات

من خلال ما تم التوصل اليه من نتائج اتضح أن المادة الخام كانت الافضل من ناحية الجودة، وترابط الجزيئات مع بعضها بسلاسة وببطء لتعطي تماسكا قويا، بعكس المادة المعاد تدويرها التي تتصف بالعشوائية في ترابط الجزيئات مع بعضها البعض، وسرعة في التماسك مما يجعلها هشة، كما تبين أن المادة الخام كانت أفضل من المادة المعاد تدويرها في خاصية الشد والتمدد وقوة التحمل، وكلما قلت كمية المادة المعاد تدويرها كان الافضل في العملية الإنتاجية، بعكس المادة المعاد تدويرها حيث كانت خاصية التمدد والشد والمقاومة لديها ضعيفة، فكلما خضعت المادة المعاد تدويرها لمرات أكثر في العملية الإنتاجية أصبحت أضعف، وقدرة تحمل الشد أقل . كما تبين أن كثافة المادة الخام كانت أفضل من كثافة المواد المعاد تدويرها، وتكون كثافة المنتج اعلى وأفضل عندما تكون كمية المادة الخام أكبر من المادة المعاد تدويرها. تفقد المادة المعاد تدويرها أحيانا بعضا من خصائصها مما يجعلها تتصف بالعشوائية، إلا إذا تم تحديد عدد مرات دخولها في العملية الإنتاجية مسبقا، حيث يتم بعدها تحديد أي التطبيقات المناسبة لها. كما لوحظ صعوبة تشكيل المادة المعاد تدويرها كمادة خام للبولي إيثلين عالي الكثافة بطريقة التشكيل بالسحب، ويمكن تشكيلها كمادة خام بطرق التشكيل الأخرى في منتجات ثانوية.

5. المراجـــع

1. *A.Dorigato & M. D'Amato & A. Pegoretti, 2012 .Thermo-mechanical properties of high-density polyethylene – fumed silica nanocomposites: effect of filler surface area and treatment. J Polym Res .19:9889. DOI 10.1007/s10965-012-9889-2*

2. *Malpass, D.B., 2010. Introduction in industrial polyethylene: Properties catalysts, processes. ,(Wiley: Hoboken (USA*

3. *Mc Keen, L.W., 2012, Permeability properties of plastics and elastomers,*

,(rd ed., Elsevier: Waltham (USA3

4. *Billmer, W. and Fred, J. 1984 . Textbook of .polymer science: 3rd Ed, pp. 478*

5. *Kaczmarek, H., Oldak, D., Buffeteau,T. and Sourisseau,C. 2005 . Photo-and Bio-Degradation processes in polyethylene, cellulose and their blends studied by ATR-FTIR and Raman spectroscopies. Journal of material .science.40:4189-4198*

6. *Lu, X., Qian, R., & Brown, N. 1995 "The Effect of Crystallinity on Fracture and Yielding of Polyethylenes", Polymer, vol. 36, no. 22, pp. 4239-.4244*

Cai LF, Lin ZY, Qian H (2010) Dispersion of .7
Nano-silica in Monomer casting nylon and its effect on the structure and properties of composites. Expr .Pol Lett 4(7):397–403

Mandalia T, Bargaya F 2005 Organo-clay .8
mineral-melted polyolefin

Nanocomposites. Effect of surfactant/cec ratio. J .Phys Chem Solids 67:836–845

9. فؤاد عبد الله جهان ، عبد الله عمر يعقوب .(2019). مقارنة بعض الخواص المكانيكية لخلائط البولي اثيلين . المجلة العلمية لكلية التربية، جامعة مصراتة، ليبيا، المجلد الأول العدد الثاني عشر، .

E. LIÇO J. MARKU 1 E .10
CHATZHITHEODORIDIS 2014 . Physico-mechanical properties changes in virgin and recycled polyethylene fibers during recycling process . Scientific paper UDC:678.547.004.8. .ZAŠTITA MATERIJALA 55 broj 4

Abstract: This study was conducted to clarify the difference between the raw material samples and the recycled material in the high density polyethylene industry in terms of flow and fusion on the one hand and tensile force and expansion on the other according to the international specifications (ISO) and (ASTM) for the raw material and the possibility of using the recycled material in the field of manufacturing and comparing its quality with the raw material, the tests were carried out by the Factory of Misurata Laboratory. Five samples were selected from both raw and recycled material for high-density polyethylene. The flow and fusion rate was tested. The flow and fusion coefficient of raw and recycled material was 0.30 and 0.76 g / 10 minutes respectively. (80% crusher and 20% crude), with an expansion value of 49.78% of its original length and tensile strength of N / mm20.30 and the second sample by (60% crusher and 40% crude) with an expansion value of 88.73% of its original length and a load strength of 0.42N / mm2. The third sample is 100% of the raw material, which has a high expansion value of more than 400% It has a high tensile strength up to 0.50 N / mm2.

Keywords: high-density polyethylene, flow and fusion coefficient, expansion and elongation, tensile strength, density, polymers