تحسين نوعية الحبيبات البلاستيكية
المنتجة من عمليات إعادة تدوير البلاستيك في الأردن

إعـــداد

د.علي فالح الشوابكة

أستاذ مساعد بقسم العلوم الأساسية

كلية الهندسة التكنولوجية - جامعة البلقاء التطبيقية

د. جهاد محمد قاسم

أستاذ مساعد بكلية الزرقاء الجامعية

جامعة البلقاء التطبيقية

د.أيمن سليمان مزاهرة

أستاذ مساعد ورئيس قسم العلوم التطبيقية

كلية الأميرة عالية الجامعية - جامعة البلقاء التطبيقية

مجلة بحوث التربية النوعية – جامعة المنصورة

العدد الثالث عشر – يناير٢٠٠٩

تحسين نوعية الحبيبات البلاستيكية المنتجة من عمليات إعادة تدوير البلاستيك في الأردن

د . علي فالح الشوابكة
أستاذ مساعد بقسم العلوم الأساسية
كلية الهندسة التكنولوجية - جامعة البلقاء التطبيقية

د . جهاد محمد قاسم
أستاذ مساعد بكلية الزرقاء الجامعية
جامعة البلقاء التطبيقية

د . أيمن سليمان مزاهرة
أستاذ مساعد ورئيس قسم العلوم التطبيقية
كلية الأميرة عالية الجامعية - جامعة البلقاء التطبيقية

الملخص

يهدف هذا البحث إلى الاتصال مع الصناعة وخاصة مصانع الحبيبات البلاستيكية بهدف تحسين وضبط الجودة لمنتجات المصانع. ويتضمن تعليم وإرشاد العاملين في المصانع للطرق الحديثة لفحص وتصنيف أنواع البلاستيك الملائمة لمنتجات إعادة التدوير وتحسين مهارات عمليات الجمع والفرز وهي أهم مرحلة في إعادة التدوير وكذلك عملية الجرش والغسيل والتنقية والتجفيف لتجهيز مادة أولية متجانسة كيميائياً وحرارياً ليتم تحويلها إلى حبيبات "مادة خام" ذات مواصفات عالية لضمان جودة المنتجات النهائية.

إن هذه المعالجات تؤدي إلى التقليل من التكاليف والأضرار المرتبطة بالمواد الأولية لهذه الصناعة على مستوى الأردن، بما يضمن حماية الإنسان والبيئة بصفة عامة من الاثار الضارة عن النفايات، إضافة إلى تحقيق هدف مهم وهو نظافة البيئة والتكامل بين عمليات إعادة التدوير والتقليل من تكاليف المواد الأولية للعديد من الصناعات الهامة للاقتصاد الوطني.

وتوصي الدراسة بضرورة وضع إطار استراتيجي لتحسين عمليات تدوير البلاستيك من خلال برامج التوعية وتشجيع القطاع الخاص للاستثمار في هذا القطاع وتجديد الأنظمة والبرامج التدريبية وتبادل الخبرات بما يضمن الارتقاء بجودة المنتج وسلامة صحة المواطن والبيئة .

Amelioration the quality of plastic pellets produced by plastic recycling processes in jordan

Abstract

The main objective of this research is to shed light and focus on improving and controlling products of the plastic industry in Jordan. This will be accomplished by cooperation and consultation between researchers and manufactures in the plastic industry. Any attempt to improve the products should concentrates on quality control (QC) and quality assurance (QA) at all stages of the manufacturing process. This starts by spreading awareness of QC and QA between employees and workers involved in the manufacturing and recycling process in the plastic industry. This includes the labeling of the new products and coding all types of plastic materials to improve and ease the operation of collecting, sorting, recycling, cutting, shredding, washing, purifying and drying of the material. These processes are used to chemically and thermally prepare the raw material to convert it to pellets with a high rate of specifications to guarantee the quality of the final product.

This process reduces the cost and improves the quality of the recycled material for the plastic industry in Jordan. This will also reduces the adverse effects on environment.

KEYWORDS: Plastic, Recycling, Processes, Quality Control, Environment, Solid waste

تحسين نوعية الحبيبات البلاستيكية المنتجة من عمليات إعادة تدوير البلاستيك في الأردن

د.علي فالح الشوابكة
أستاذ مساعد بقسم العلوم الأساسية
كلية الهندسة التكنولوجية - جامعة البلقاء التطبيقية

د. جهاد محمد قاسم
أستاذ مساعد بكلية الزرقاء الجامعية
جامعة البلقاء التطبيقية

د.أيمن سليمان مزاهرة
أستاذ مساعد ورئيس قسم العلوم التطبيقية
كلية الأميرة عالية الجامعية - جامعة البلقاء التطبيقية

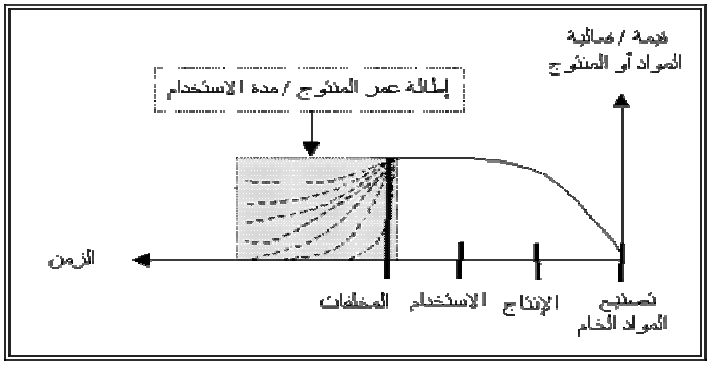
مقدمة:

بدأت فكرة إعادة التدوير أثناء الحرب العالمية الأولى والثانية حيث كانت الدول تعاني من النقص الشديد في بعض المواد الأساسية مثل المطاط، مما دفعها إلى تجميع تلك المواد من المخلفات لإعادة استخدامها. وبعد سنوات أصبحت عملية إعادة التدوير من أهم الأساليب المتبعة في إدارة النفايات الصلبة، وذلك للفوائد البيئية العديدة لهذه الطريقة .
(لتلوث بالنفايات .http://www.moe.edu)

تشير الدراسات إلى أن متوسط إنتاج المخلفات البلاستيكية في الدول العربية يبلغ نحو عشرة كيلوغرامات لكل فرد في العام. و حسب دراسة عام ٢٠٠١ فإن الإنتاج اليومي للنفايات المحلية في عمان يقدر بـ ٠,٩ كيلوغرام لكل فرد حيث تجمع النفايات من خلال قنوات الجمع الاعتيادية بدون أي عمليات فصل و من المتوقع أن تزداد بنسبة ٣,٥٪ (الأجندة ٢١, ٢٠٠١, ص ٨٥). إن التوزيع النسبي لأنواع النفايات مشابه لذلك في معظم الدول العربية.

بلغت نسبة النفايات البلاستيكية في الولايات المتحدة ١٪ من مجموع النفايات البلدية الصلبة في عام ١٩٦٠، قفزت هذه النسبة لتصبح ١١,١٪ في عام ٢٠٠٣، وذلك حسب إحصائيات وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA). و قد شكلت المواد المصنوعة على شكل حاويات و مواد تغليف ما نسبته ٤١,٢٪ (١١ مليون طن متري) من جموع النفايات البلاستيكية، و في عام ٢٠٠٥ بلغت نسبة المواد البلاستيكية من النفايات البلدية حوالي ١١,٩٪ أي بزيادة ٠,٨ ٪ خلال سنتين، و ربما يعود ذلك الى الزيادة في معدلات إعادة تدوير النفايات البلاستيكية، حيث بلغ ما تم إعادة تدويره من المواد البلاستيكية ٣,٥٪ في عام ١٩٩٣، بينما بلغت نسبة إعادة التدوير في عام ٢٠٠٥ للحاويات و العبوات البلاستيكية ٣١,٥٪. **page- conserving Energt- Recycling- Plastic http://www.ELAK,kids**

لتجنب أو للتقليل بأكبر قدر ممكن من التلوث البيئي يجب اتباع و تطبيق استراتيجيات إدارة المخلفات البلاستيكية (و ما يتضمن من رفع للكفاءة و انتاجية المواد) و التي ترتكز على تقنيات إنتاج نظيفة و تكوين الدوائر المغلقة (إعادة تدوير) و التخلص الملائم من المخلفات و النفايات البلاستيكية. (Fleming ,1992,P 28) فعن طريق الرفع من فعالية المواد، من خلال إطالة عمر المنتوج / (إعادة التصنيع) يتم التقليل من انسياب و استهلاك المواد و الطاقة و من التكاليف و التلوث البيئي.و الشكل رقم (١) يبين إطالة عمر المنتج/ إعادة التصنيع.



شكل (١): إطالة عمر المنتوج/ إعادة التصنيع (الفزاني ,٢٠٠٧,ص٣)

أهمية الدراسة :

تعتبر إدارة المخلفات من التكنولوجيات التي ركز عليها العالم خلال العشر سنوات الماضية وكان من أهمها (4R Golden Rule) و هي عبارة عن أربع مراحل يجب اتباعها و التفكير فيها لإدارة المخلفات (مرجع ٨)

١- تقليل Reduction المواد الخام المستخدمة و بالتالي تقليل المخلفات من المصدر.
٢- إعادة استخدام Reuse المخلفات كلما أمكن ذلك.
٣- إعادة التدوير Recycle للمخلفات التي لا يمكن تقليلها أو اعادة استخدامها.
٤- الاسترجاع الحراري Recovery حيث يمكن التخلص النهائي من المخلفات.

عانى الأردن من زيادة حجم الفضلات الصلبة في السنوات الأخيرة، وقد حدث ذلك نتيجة للضغط السكاني والتنمية الصناعية وأنماط جديدة للإستهلاك وأساليب جديدة في الحياة (الأجندة ٢١، نحو تنمية مستدامة، ٢٠٠١ ,ص ٨٥)

لقد تطورت صناعة المواد البلاستيكية في عصرنا الحديث، حيث تمكن الكيميائيين من تغيير خواص البوليمرات و صناعة بوليمرات لأغراض معينة و بخواص مميزة، و بذلك أصبحت المواد البلاستيكية تدخل في معظم الصناعات و تنوعت استعمالاتها في العديد من المجالات.

تتمتع المنتجات البلاستيكية بالكثير من المزايا و الخصائص التي جعلتها أكثر شيوعا من أي مادة أخرى متاحة للإستعمال في عدد كبير من دول العالم و بخاصة في الدول النامية. في الأردن يتم تصنيع العديد من المنتجات البلاستيكية من المواد البلاستيكية الصناعية المستوردة، و تعتبر أهم الخامات المستوردة لصناعة المنتجات البلاستيكية محليا.

جدول(١): مكونات النفايات الصلبة في الأردن المصدر

http://www.environment.gov.jo/society_encyclopadia/scjorj13.,2007

نوع النفايات	الأردن	دول أسيا	بريطانيا	أمريكا
مواد عضوية	٥٣٪	٧٥٪	٣٠,٦٪	٢٠٪
ورق	١٧٪	٢٪	٣١,٢٪	٤٣٪
معدن	٨٪	٠,١٪	٥,٣٪	٧٪
زجاج	١٠٪	٠,٢٪	٣,٨٪	٩٪
بلاستيك	١٢٪	٠,١٪	٥,٢٪	٥٪

إن عملية إعادة التدوير ما هي الا عملية يتم من خلالها استرجاع بعض المواد من النفايات بهدف إعادتها إلى حالة يمكن الاستفادة منها باضافتها إلى المواد الخام أو إعادة استخدامها كما هي لمرة أخرى أو أكثر(Fleming,1992) ، ولو تمكن الأردن من إعادة تدوير النفايات لاستطاع استرجاع ١٨٧,٥ألف طن من البلاستيك بقيمة ٢٦,٢٥ مليون دينار سنويا. و التسلسل الهرمي للنفايات الصلبة من الأفضل إلى الأسوأ كما يلي : إزالة← تقليل ← إعادة استعمال ← إعادة تدوير ← تخلص. (www.coleparmer.com.WEEE&ROHS)

ومع زيادة استخدام البلاستيك في النفايات الصناعية زادت الحاجة إلى تدوير مخلفاته وإعادة تصنيعه حيث أنه من المواد التي لا تتحلل بمرور الوقت و تظل على حالتها مما يؤثر على البيئة. و قد راعينا في هذة الدراسة الجانب الإنساني و هو تجنب استخدام العبوات و المنتجات البلاستيكية الغير مسموح بها كعبوات الكيماويات والمبيدات و الدهان و البطاريات و زيوت الماكينات في صناعة تدوير البلاستيك و ذلك لتجنب الآثار الصحية الخطيرة التي يمكن أن تنتج عن تواجدها في المادة الخام.

وسوف نبحث في هذة الدراسة عن التقنيات المناسبة و التي يمكن من خلالها :إنتاج مواد تشغيل تتساوى مع المواد الجديدة من ناحية المواصفات، أو استخدام المخلفات لانتاج منتوجات أخرى أقل نوعية(down cycling) في حالة تواجد إمكانية التسويق و القبول لدى المستهلك، وتعتمد إعادة التدوير و جودة المواد المنتجة بشكل كبير على عدة عوامل ومتطلبات تقنية هي الفرز، والتفكيك، والتعرف، والنظافة، وجودة المواد. مما يساهم في تخفيض كلفة جمع النفايات وتصريفها أو التخلص منها وكذلك تخفيض التأثيرات الناجمة عن ردم وطمر النفايات القائم وزيادة نسبة الاستفادة من النفايات الصلبة (الأجندة ٢١ ، ٢٠٠١ ، ص ١٧٥) ، وللحفاظ على بيئة آمنة ونظيفة، ومنع فقدان المواشي والتقليل من إتلاف التربة (الأجندة ٢١ ، ٢٠٠١ ، ص ١٧٦) .

أهداف الدراسة :

هدفت الدراسة إلى:

١- المحافظة على الموارد الطبيعية و تخفيف المتطلبات البيئية و الفنية و الاقتصادية بالإضافة للمتطلبات الفنية الخاصة بكل منتوج لضمان التنمية المستدامة (Sustainable development).

٢- إن هذه المعالجات التقنية الدقيقة تؤدي إلى التقليل من التكاليف و الاضرار و النوعية المرتبطة بالمواد الأولية لهذه الصناعة على مستوى الأردن.

٣- تعريف العاملين و الفنين في المصنع على الطرق الحديثة لهذه الصناعة من حيث:

ا- طرق فحص البلاستيك العلمية و العملية للتعرف الدقيق على المادة الأولية المستخدمة.

ب- كيفية فرز المواد البلاستيكية حسب اللون و الاستخدام مع مراعاة الفحص الفني.

ج- التحكم بعمليات الخلط لأصناف البلاستيك المختلفة و حسب المنتج و بالنسب الدقيقة لضمان التجانس الكيميائي.

د- تحسين المعاملات الحرارية لأصناف البلاستيك المختلفة لتجنب رداءة وعيوب المنتج النهائي .

٤- ارشاد و توعية الفنيين للطرق الآمنة والمتعلقة بالأمن الصناعي، وتحديد نوع المخاطرو كيفية التعامل مع المعدات والالآت الصناعية الموجودة في خطوط الانتاج المختلفة .

٥- تعليم الفنيين لضرورة التعرف الدقيق بحثيثات طريقة التصنيع واجزاء الآلة المختلفة لزيادة العمر الإنتاجي للآلات والمعدات .

٦- تطوير مهارات العاملين في المصنع للسيطرة على المتغيرات والاعطال المفاجئة اثناء التصنيع وكيفية معالجتها.

٧- تدريب الفنيين على دقة الملاحظة والدقة أثناء تجهيز المواد الأولية لغايات تلافي المشاكل التصنيعية .

٨- تعليم الفنيين والعاملين على الطرق الحديثة لفحص المنتج النهائي والتأكد من الجودة وضمان المواصفات العالية والمطلوبة .

٩- تزويد العاملين والفنيين بجداول ومخططات تبين الخصائص الفنية والظروف التصنيعية لمواد الانتاج لتحسين وضبط النوعية .

١٠- تعليم العاملين بالتقنيات اللازمة لنوعية منتجات المادة التدوير وتجنب المواد ذات الاثار الصحية الضارة كعبوات الكيماويات والمبيدات والدهان وزيوت الماكينات والمصنعة من البلاستيك .

مصطلحات الدراسة:

١- تعرف النفايات عادة على أنها : كل البقايا الناتجة عن عمليات الإنتاج أو التحويل أو الاستعمال، وبصفة عامة كل المواد والأشياء المنقولة التي يتخلص منها حائزها أو ينوي التخلص منها أو التي يلزم التخلص منها أو إزالتها بهدف عدم الإضرار بصحة الإنسان والبيئة بصفة عامة (عبد القادر، ٢٠٠٧) Abdo.aj@caramil.com.p.5

٢- البلاستيك: هو عبارة عن بوليمرات (Polymers)، حيث يمكن صهر و تليين مادة البلاستيك بالحرارة ويتم تشكيل و تصنيع مختلف المنتجات البلاستيكية حسب الطلب بكل سهولة. وتتكون البوليمرات نتيجة لتفاعل (بلمرة) لعدد من الجزيئات الصغيرة عند درجة حرارة و ضغط معينين حيث تختلف البوليمرات كليا في خواصها عن الجزيئات الاحادية التي تكونت منها.(http://www.madeinyemen.org/plastic20%-%203.htm)

٣- عملية إعادة التدوير: إعادة التدوير هي سلسلة النشاطات و التي تتضمن تجميع المواد القابلة للتدوير، فصلها و جعلها مواد خام لتصنيع مواد جديدة. بالنسبة للصناعة فإن أحد التحديات هو التعامل مع معضلة إستنزاف الموارد غير المتجددة و ازدياد كمية المخلفات و التلوث البيئي و البحث عن بدائل و حلول. الفكرة الجوهرية لإعادة التدوير هي إستحداث أو إستكمال الدوائر المغلقة للإستفادة من المنتوجات و المخلفات وذلك بإعادة إستخدامها و تصنيعها.

(http://www.ela.gov/kidspage-conservingEnergy.Recyclingplastic)

٤- أنواع إعادة التدوير:

- إعادة تدوير المنتوج (Product Recycling): تعتبر حلاً ضروريا و بديلاً للإنتاج الجديد و يمكن تطبيقها على الإنتاج الكامل أو الأجزاء و المكونات كالتالي:
  - إعادة تدوير المنتوج مع المحافظة على شكله و بنيانه و القيمة العالية له بعد صيانته أو تطويره وإعادة استخدامه لنفس الوظائف و المهام.
  - إعادة تدوير المنتوج بعد تفكيكه و إدخال مكوناته و اجزائه لعملية الإنتاج و التجميع.
- إعادة تدوير المواد (Material Recycling): الإستفادة من المواد الداخله في صناعة أي منتوج (إعادة تصنيع) في صناعات مماثلة أو مختلفة بعد فصل المواد الداخلة في صناعته عن بعضها البعض مع مراعاة شروط حماية البيئة كالآتي:
  - إعادة تدوير المواد من خلال إعادة تصنيعها و استخدامها كمواد تشغيل.
  - إعادة تدوير المواد من خلال معالجتها كيميائيا أو حراريا لتصنيع مواد خام جديدة.

٥- خاصية التغيير و التطوير:

كل ما يمكن إعادة استخدامه لا يجب تصنيعه من جديد و يوفر بالتالي مواد خام و طاقة و تكلفة، و مع زيادة عمر المنتوج و طول مدة الاستعمال تقل كمية المخلفات. أهم شروط عملية

إعادة الاستعمال هي تطبيق مفهوم توحيد القياس (Standarization) للمكونات و الأجزاء.
فوائد و مزايا استخدام المنتوج لمدة طويلة (إعادة تدوير المنتوج) (الفزاني،٢٠٠٧ ، ص٨) :

- التقليل من كمية المواد المستعملة/ الزمن.
- الرفع من فعالية المواد (عدد الوظائف المتحققة/كمية المواد المستعملة).
- التقليل من كمية الفضلات/ الزمن.
- الحفاظ على قيمة المنتوج لمدة أطول.
- التقليل من التلوث و المحافظة على البيئة.

و تتطلب هذه الخاصية استعمال مواد يمكن فصلها عن بعضها بشكل بسيط و سريع و بدون استعمال مواد خطرة و تجنب وتعدد مدخلات العملية الانتاجية و العمل على انتاج منتجات مصنعة من مادة واحدة.

٤- خصائص المواد البلاستيكية:

يوجد للمواد البلاستيكية مزايا متعددة و هي اجتماع الخواص المتعددة في المادة البلاستيكية الواحدة بينما المواد الأخرى يتمتع كل منها بخاصية منفردة مميزة وهذا هو السبب في الإنتشار الكبير لإستخدامات المنتجات البلاستيكية، فمن الميزات لها اجتماع صفات القوة و المرونة و الصلابة و خفة الوزن و الشفافية في آن واحد في مادة بلاستيكية مما يجعلها صالحة لعدة استخدامات متباينة بينما المواد الأخرى بخاصيتها المنفردة لا يمكن لها ذلك. و من المزايا ايضا تعدد الألوان الواسع و خاصية العزل للسخونة و البرودة و الكهرباء و سهولة التشغيل و رخص التكاليف. **(Grathe , 193 , c9)**

فمواد الثيرموبلاستيك (Thermoplastic) و هي مواد التلدن بالحرارة و بالتالي يمكنهم الاختيار الامثل لنوعية الاستعمال، لذلك يجب معرفة لماذا و كيف تشغل هذه المواد بالطرق المختلفة، فالعلاقة بين خواص كل مادة و الطريقة المستخدمة في تشكيلها هو السبب في اختيار لدينة معينة لمنتج ذي خواص تتناسب مع استخدامه. العملية هي مفتاح فهم صناعة البلاستيك و ينبغي تذكر العوامل الثلاثة و هي الخواص المميزة للراتنج و كيف تحدد هذه الخواص طريقة تصنيعه (حقن – بثق - نفخ) و ملائمة هذه الخواص للاستخدام العملي للمنتج المطلوب.

والنوع الثاني من منتجات اللدائن هي مواد الثيرمو سيتنج (Thermosetting) و هي المواد التي يتم فيها التصلد بالحرارة ففي حين تكون مواد الثيرموبلاستيك بطريقة البلمرة بالاضافة نجد أن مواد الثيرموسيتنج تتكون بطريقة البلمرة بالتكثيف مما يعطينا جزيئات ذات سلاسل طويلة شبكية تنتج بوليمرات متينة قوية لاتنصهر اي غير قابلة لإعادة التشكيل، و بالتالي فهي محدودة مقارنة بطرق تشغيل الثيرموبلاستيك كما أن العوادم الناتجة عن التشغيل لا يمكن استخدامها مرة أخرى.

يستعمل المصنعون البلاستيك الحراري أكثر من استعمالهم للمتصلد الحراري، لأن البلاستيك الحراري أسهل في التداول، و يتطلب وقتا أقل ليتصلد (نحو عشر ثوان بالمقارنة بخمس دقائق للمتصلد الحراري). يمكن نثره على شكل سائل ينتج عنه طلاء شديد اللمعان. و لأن جزيئاته

يمكن أن تنزلق ببطئ، الواحدة على الأخرى فإن بعض البلاستيك الحراري يميل الى فقدان شكله عند تعرضه الى ضغط ثابت على مدى فترة طويلة من الزمن، و لهذا السبب يفضل المصنعون استعمال المتصلد الحراري في المنتجات مثل المقاعد البلاستيكية.

تستخدم لتدوير اللدائن المتلدنة بالحرارة (Thermoplastic) حيث أن إعادة تشكيله بالحرارة و الضغط ليعطي منتجا شبيها بالمنتج الأصلي، أجهزة الحقن (Injection) و البثق و القذف (Extrusion) و النفخ (Blow-Molding) و تصلح هذه الأجهزة لتشكيل النفايات المكونة من الأكياس من نوع PETL و الـ PS إضافة إلى مخلفات أنابيب الري بالتنقيط و الأدوات المنزلية.

منهجية الدراسة :

استخدم الباحثين المنهج الوصفى التحليلي ، الذي يعتمد على تجميع الحقائق والمعلومات، ثم مقارنتها وتحليلها وتفسيرها، للوصول إلى تعميمات مقبولة. وتعليم و ارشاد العاملين في المصانع الطرق الحديثة لفحص و تصنيف أنواع البلاستيك الملائمة لمنتجات إعادة التدوير، و تحسين تقنية عمليات الجمع و الفرز حسب لون البلاستيك و الاستخدام وكذلك تركيب المادة الأولية (و هي أهم مرحلة في إعادة التدوير) ثم عملية الجرش (تقليل الحجم) و الغسيل و التنقية و التجفيف لتجهيز مادة أولية متجانسة كيميائية و تعامل حرارياً بما يتناسب و التركيب الكيميائي ليتم تحويلها إلى حبيبات "مادة خام" ذات مواصفات عالية لضمان و تحسين نوعية المنتجات النهائية.

النتائج والمناقشة:

يمكن لنا بعد دراسة الأدبيات المتعلقة بإعادة تدوير البلاستيك استنتاج ما يلي :

أولاً: تعتبر عملية فرز النفايات البلاستيكية أهم عملية في إعادة التدوير ، والمؤثرة على خصائص أنواع البلاستيك المختلفة لذا تتطلب صناعة البلاستيك التعرف الجيد على الخواص الكيميائية والفيزيائية والاختبار الامثل لنوعية الاستخدام المطلوب وبالتالي كيفية تشغيل هذه المواد بالطرق المختلفة .لذلك فان خطوات إعادة تدوير البلاستيك (Recycling Processes)يمكن توضيحها كما يلي (www.torchmate.com.plasticfactsrecycleplastic)

١- **الجمع** (Collection): تتوافر الخامات اللازمة لهذا المشروع من جامعي و مقاولي القمامة حيث تكون النفايات البلاستيكية ضمن خليط غير متجانس، علما بأن نسب الانواع المختلفة للبلاستيك بالمخلفات المجتمعة غير محددة و تعتمد على حجم تواجدها في هذه المخلفات ولا يؤثر نسب تواجدها على طبيعة المنتجات التي سيقوم المشروع بانتاجها، حيث يتم تجميعها في مخازن خاصة و بشكل يتناسب و تقليص حجم المادة البلاستيكية، حيث يمكن استبعاد المواد الضارة و الغير مستخدمة أثناء عملية التصنيع كمادة أولية لصناعة الحبيبات، أما النفايات المستخدمة في الإنتاج فيجب ضغطها بكفاءة عالية جدا لاستيعاب أكبر كمية ممكنة من التفايات البلاستيكية.

٢- **الفرز** (Manual Sorting) : يتم فرز البلاستيك يدوياً حسب تقنية إنتاج المادة الأولية كمواد الحقن أو النفخ، و كذلك حسب اللون حيث يقوم العمال بفرز المنتجات ذات الألوان الرئيسة الأربعة وهي الشفاف، الأزرق، الأخضر، العسلي وقد يكون هناك ألوان أخرى فتفرز كذلك، حيث تصنف في بالات و أماكن مخصصة لكل صنف. لقد تم التركيز على تعليم العاملين بهذه العملية والتأكيد على ضرورة التركيز على نوعية الخام و المادة الأولية لمواد المنتجات البلاستيكية المنزلية و البرابيش و أكياس المنتجات الزراعية و الحاويات و الاكياس حيث يتم تجهيز الكميات المطلوبة لخطوط الإنتاج و توفير الكميات المطلوبة من المنتج النهائي.

٣- **فحص المواد** (Identification&Testing): من المهم جداً للعاملين في صناعة البلاستيك التعرف الجيد على الخواص الكيميائية و الفيزيائية للبلاستيك و بالتالي يمكنهم الاختيارالأمثل لنوعية المواد المطلوبة، لذلك يجب معرفة لماذا و كيف تشغل هذه المواد بالطرق المختلفة، و ملائمة هذه الخواص للإستخدام العملي للمنتج المطلوب.

لمعرفة نوع المادة البلاستيكية يجب استخدام مواد عيارية حيث يتم التعرف على البلاستيك الحراري و المتصلب، وكذلك بعض الاحتياجات البسيطة و السريعة مثل الاحتراق و نقطة الانصهار و الوزن النوعي و الذوبانية و اختبار السلك النحاسي و محتوى الرطوبة.

وتؤكد هناء على ضرورة تدريب الفنيين في المصانع على الطرق التقنية لفحص البلاستيك حيث تعتمد الطريقة النوعية للفحص على الخبرة و التجربة حيث تزداد نسبة الخطأ في الفحص لتداخل المواد البلاستيكية في مواصفاتها الفنية و بالتالي عدم تحديد أنواع الخامات بدقة. كما و يتم التعرف على المنتجات البلاستيكية المصنعة بمكائن الحقن من نقطة الحقن التي تظهر عليها و تكون عند خط الاتصال بين نصفي القالب أو في منتصف المنتجات الاسطوانية .

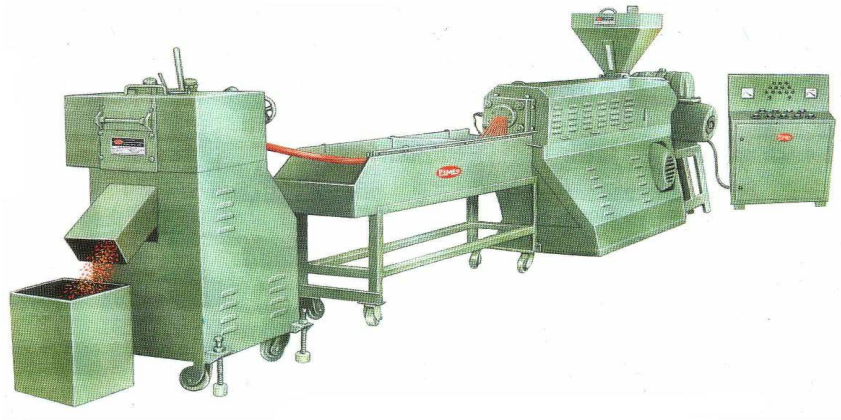
٤- **التكسير (الجرش)** (Plastic Chipping): يتم تكسير البلاستيك في ماكنة تكسير (جاروشة)، حيث كان يستخدم سابقا الماء اثناء هذه العملية و ذلك حسب نوعية البلاستيك و نوعية المنتج المراد تصنيعه و يمكن تغذية الكسارة يدويا. وتؤكد نتائج هذه الدراسة على ضرورة جرش و تكسير المادة البلاستيكية في الجاروشة مع مادة الصودا الكاوية مضافا اليها الماء الساخن، وذلك بمرور المخلفات البلاستيكية بين الأسلحة الدوارة (شفرات) الثابتة ليتم تكسيرها، و يتحكم في حجم التكسير سلك ذو فتحات محددة لتحديد حجم القطع البلاستيكية المنتجة ويتم التحجيم من خلال ماكنة تكسير (Crusher-Shredder) تعمل الكسارة من خلال مجموعة من السكاكين الثابتة تقابل مجموعة من السكاكين المتحركة تدور مقابلها فتقوم بعمل المقص، و هنا يجب الانتباه إلى أن ترتيب السكاكين لتكسير ال(PET&PC) عن باقي الأنواع إذ يجب أن تكون على زاوية أقلها ١٥ درجة ليكون مفعول المقص أفضل. ثم يعاد غسل البلاستيك المجروش وذلك بغمره في أحواض مياه

كبيرة مضاف اليها بعض المنظفات الصناعية من الصابون السائل المركز لغسلها و التخلص من الزيوت و الشحوم و الملصقات الورقية و البلاستيكية إن وجدت.

٥- **غسيل البلاستيك** (Plastic Washing): ضرورة غسيل المواد البلاستيكية اعتماداً على نظافة و مدى تلوث المادة الأولية حيث يتم غسلها بعد الفرز (Pre-washing) اذا كانت ملوثة بالأغبرة أو أية مواد تؤثر سلبا على الإنتاج. حيث يستخدم المصنع الماء العادي في عملية الغسيل ، إما أثناء الجرش أو في أحواض ماء بعد عملية التكسير للبلاستيك.

تم تحسين نوعية ومدى نقاوة المواد الأولية وذلك بغسيل البلاستيك أثناء عملية الجرش بمادة الصودا الكاوية أو الصابون السائل المركز وذلك حسب نظافة البلاستيك مضافا اليه ماء ساخن حيث يتطلب إعادة التدوير أن تكون المادة البلاستيكية خالية من الدهون و الزيوت و الاجسام الغريبة حيث أن هذه العملية تؤدي إلى ارتفاع القيمة الاقتصادية للمنتج.

كما تم تعليم الفنيين التركيز على درجة حرارة بعض المواد البلاستيكية المتضمنة هذه المرحلة فمثلا (PET) البولي ايثيلين يتم غسله على ٩٠ درجة مئوية بينما مواد (HDPE) البولي ايثيلين عالي الكثافة يجب غسله على ٤٠ درجة مئوية لتجنب تغيير خصائص المادة الأولية.



شكل (٢): خط إنتاج الحبيبات البلاستيكية

٦- **التجفيف** (Plastic Drying): تحول المادة البلاستيكية بعد عملية التكسير و الجرش ليتم تجفيفها في أحواض تجفيف وذلك للتخلص من الرطوبة، وتعتمد على التجفيف الهوائي و نوعية المادة البلاستيكية فيتم التجفيف في عصارة (Dryer) تعتمد على طرد مركزي بدون حرارة و سرعة الدوران في الثانية ويتم التحكم بسرعة التجفيف و كفاءته ، بواسطة التحكم بسرعة الدوران لضمان التخلص من اثارالرطوبة و الملوثات السائلة، حيث أن رطوبة المواد البلاستيكية في هذه المرحلة يظهر على شكل عيوب في الحبيبات البلاستيكية المنتجة.

بعض المواد البلاستيكية تمتص الرطوبة من الجو أو أثناء الغسيل مما يؤدي إلى ظهور فقاقيع مائية على سطح المنتج النهائي لذلك فإن الناتج المستخدم يجب تسخينه إلى ما قبل درجة انصهاره لطرد بخار الماء منه قبل ادخاله القادوس في ماكنة الحقن.

يجب تعليم الفنيين طريقة فحص الحبيبات المنتجة بعيوب الرطوبة حيث يتبين عدم تجانس في الحبيبات على شكل فقاعات هوائية تؤدي الى انخفاض المواصفات الفنية للمنتج النهائي.

٧- **التحميص** (Roasting): عند انخفاض درجة الحرارة في الشتاء يتم تجفيف المواد البلاستيكية في خزان حيث توضع المواد في الحوض و يزود من الأسفل و خلال فتحات و مروحة هوائية بحرارة تقارب ٧٠ درجة مئوية تمر بارتفاع ٣٠ سنتميتر حيث يمكن التعرف على كفاءة العملية من خلال فحص المواد الموجودة في الحوض و هنا يجب التأكد من أن المادة البلاستيكية قد تخلصت من الرطوبة تماما لتجنب مشاكل المادة الخام أثناء التصنيع.

٨- **الفرز المغناطيسي**: حيث تمرر المادة الأولية المجروشة على سير مغناطيسي و ذلك لإزالة الشوائب المعدنية الموجودة و العالقة في خامة التصنيع.

٩- **التلوين** (Coloring): يتم تلوين البلاستيك في هذه المرحلة و هذه العملية تتطلب الدقة الفائقة حيث تخلط المواد بنسبة (١- ٥٪) صبغة مركزة باللون المطلوب للحبيبات المنتجة، يجب تعليم العاملين طريقة الحصول على العديد من الألوان للمنتج النهائي باستخدام الالوان الاساسية للبلاستيك الخام و تعتمد جودة و تجانس اللون على كمية المادة الأولية للحصول على أكبر كمية ممكنة من المنتج النهائي و باللون المطلوب للحبيبات.

١٠- **إنتاج الحبيبات البلاستيكية** (Plastic Pelletization Process): توضع مادة البلاستيك المجروش (الخام) في فوهة قادوس التغذية حيث تسخَن إلى الدرجة التي تجعلها لينة و قابلة للتدفق في الإسطوانة و يتم التحكم بحرارة الصهر حسب نوع المادة الأولية و غالبا من ١٩٠- ٢٨٠ درجة مئوية، حيث تتقدم المادة المنصهرة نتيجة للحركة اللولبية للكابس و التي تدفع بها تحت ضغط عالي إلى الجدران الساخنة للاسطوانة كي تنصهر، و مع تزايد الضغط و تراجع اللولب يتجمع مزيد من البودرة المنصهرة تمهيد ا لبدء دفعة الحقن، و باندفاع اللولب إلى الأمام هيدروليكياً تحقن البودرة المنصهرة من خلال الفونية مرورا بعيون الصب و المجاري حيث توجد مصافي (Filters) للمادة المنصهرة تمنع مرور الشوائب و تعتمد عملية دفع المادة البلاستيكية الساخنة من داخل الاسطوانة الساخنة عبر الفونية على سرعة المشوار و انخفاض درجة حرارة الانصهار و سهولة امتزاج الصهير و نقاوة المادة المنصهرة.

في المرحلة الثانية يمر البلاستيك المنصهر بقادوس آخر ثم إلى اسطوانة تعمل بنفس آلية المرحلة الأولى و تنتهي بمصافي لزيادة نقاوة المادة، حيث تخرج على شكل خيوط (Spaghetti-like)، تسحب و تمرر الخيوط عبر حمام مائي (تبريد) لتجنب الالتصاق و هو عبارة عن حوض يجري به تيار من الماء البارد المتجدد حول الخيوط لتبريدها و امتصاص حرارة الصهير المحقون فيه ليساعد على تماسك الخيوط البلاستيكية.

تمرر الخيوط بعد التجفيف و التخلص من الماء العالق إلى ماكنة التحبيب (Pelletizer) حيث يتم تقطيعها إلى حبيبات و يتم التحكم بحجم التكسير من خلال سلك ذو فتحات محددة لتحديد حجم القطع (الحبيبات المنتجة) و كذلك سرعة الكسّارة، و يختلف شكل الحبيبات من الاسطواني إلى المكعب إلى الكرات الصغيرة البيضاء أو الملونة، إن عملية (التخريز) هذه تحول قطع البلاستيك إلى حبيبات (خرز) لتصبح مادة خام - و نؤكد هنا على إمكانية إعادة الراتنجات البلاستيكية المستخدمة في التصنيع حيث أنها مواد ثيرموبلاستيكية – و تقوم سكاكين التقطيع بدفع الحبيبات الناتجة بالشفط إلى خزان التجميع ثم عملية التعبئة لتصبح مادة خام لصنع منتجات بلاستيكية جديدة.

شكل (٣): جهاز إنتاج الحبيبات البلاستيكية

١١- **التشكيل** (Molding): يتم تشكيل البلاستيك (الحبيبات المنتجة) بطرق مختلفة وذلك حسب نوعية واستخدام المنتج المطلوب، ومن طرق التشكيل:

-طريقة الحقن (Injection Molding): وذلك باستخدام الحاقن الحلزوني وهو جهاز مكون من فرن صهر لتدوير مخلفات البلاستيك كمرحلة أولى، ثم يقوم الحاقن بوضع

مصهور البلاستيك خلال اسطمبة (قالب ثابت الشكل) للحصول على الشكل المطلوب كأدوات مطبخ(أطباق، معالق)، و شماعات.

تعرف المنتجات البلاستيكية المصنعة بمكائن الحقن من نقطة الحقن التي تظهر عليها وتكون غالباً عند خط الاتصال بين نصفي القالب أو في منتصف المنتجات الأسطوانية الشكل.

-طريقة النفخ (Blow Molding): تستخدم هذه الطريقة في انتاج الأجزاء البلاستيكية ذات التجويف (كالقوارير مثلاً) وذلك بوضع اسطوانة من البلاستيك تسمى "باريسون" ثم يندفع الهواء المضغوط بقوة ليدفع بالصهير البلاستيكي إلى جدران القالب ثم يتم تبريده ليأخذ الشكل المطلوب. ينتج من خلالها المنتجات البلاستيكية المفرغة مثل كرة القدم.

يستخدم راتنج البولي ايثلين بكثرة في عمليات النفخ حيث أنه مثالي لإنتاج القوارير والحاويات الصلبة القوية.

-طريقة البثق (Extrusion Molding): تتلخص طريقة البثق في تغذية المادة الثيرموبلاستيكية وانتقالها عبر اللولب الدوار الساخن تحت ضغط عالي خلال فتحة قياسية الحجم إلى (لقمة القالب) حيث يتم سحبها وتبريدها خارج الماكينة.

وهي عملية مثالية لتصنيع أشكال بلاستيكية ذات أحجام قياسية كالقضبان والشرائط والألواح وهي تصلح للمواد الثيرموبلاستيكية فقط.

يلاحظ أنه عند تدوير البلاستيك يمكن التحكم في جودة المنتج بخلط الخامات المتجمعة من البلاستيك المستعمل بأخرى لم تستعمل بنسب مختلفة من ١٠٪ إلى ٥٠٪، ويمكن التعامل مع خامات البلاستيك المستعملة بنسبة تتجاوز ٩٥٪. علماً بأن نسب الأنواع المختلفة للبلاستيك بالمخلفات المتجمعة غير محدودة وتعتمد على حجم تواجدها في هذه المخلفات ولا يؤثر نسب تواجدها على طبيعة ونوعية الحبيبات التي يقوم المصنع بانتاجها.

يمكن التأكد من جودة الحبيبات المنتجة بحيث يجب أن تكون خالية من الرطوبة لأن بعض المواد البلاستيكية تمتص الرطوبة من الجو أو أثناء الغسيل أو التبريد مما يؤدي إلى ظهور فقاقيع مائية على سطح المنتج النهائي لذلك فإن الراتنج المستخدم يجب تسخينه إلى ما قبل درجة انصهاره ويتم ذلك بالتحكم بحرارة التصنيع وذلك لطرد بخار الماء منه قبل إدخاله القادوس في ماكينة الحقن. وهنا يجب ملاحظة شكل ولمعان المنتج النهائي حيث إن الخشونة الزائدة في سطح الحبيبات المنتجة مؤشراً لوجود ملوثات داخل الحبيبات مما يؤدي لعدم تجانس المنتج وبالتالي انخفاض المواصفات الفنية للمنتج النهائي.

ثانياً: - ترميز البلاستيك (Plastic Coding) حيث أن معظم العبوات البلاستيكية المصنعة محلياً لا تحمل رمز نوع البلاستيك ، ويجب توضيح ترميز منتجات البلاستيك للعاملين في المصنع لان عدم تفهم معنى الرمز يؤدي إلى أخطاء في عملية الفرز وهي الاساس في اعادة تدوير

البلاستيك .مما يؤثر سلباً على المواصفات النهائية لعملية التصنيع.و جدول(٢) يبين الرموز القياسية للمنتجات البلاستيكية.

جدول (٢): الرموز القياسية للمنتجات البلاستيكية:

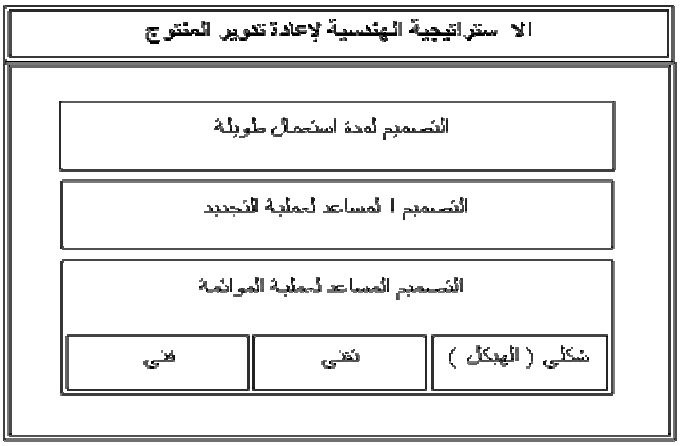
Seven Types of Plastics
Coding System

Code	Name of Plastic	Abbreviation	Common Items
1	polyethylene terephthalate	1 PETE	soft-drink bottles, peanut butter jars
2	high density polyethylene	2 HDPE	milk jugs, butter tubs, detergent bottles
3	polyvinyl chloride	3 PVC	water, shampoo, and cooking oil bottles
4	low-density polyethylene	4 LDPE	plastic grocery bags, some plastic wraps, dry cleaning bags, bread bags
5	polypropylene	5 PP	plastic bottle caps, straws, and lids, yogurt cups
6	polystyrene	6 PS	Styrofoam products such as carry-out containers
7	other	7 OTHER	microwaveable serving ware

Source: Janet Potter D'Amato and Laura Stephenson Carter. *How on Earth Do We Recycle Plastic?* Millbrook Press, 1992, page 19.

٣- لحل مشكلة النفايات البلاستيكية بكفاءة عالية وجعلها مصدر ثروة تساهم في الدخل الوطني للأردن وتأسيس فرص عمل وتقليل استمرار بعض المواد الخام من الخارج عن طريق انشاء مؤسسة خاصة أو عامة للنفايات قادرة على استيعاب أسلوب المعالجة المتكامل للنفايات البلاستيكية Integrated Plastic Waste Management، مما يساهم في الوصول إلى منتج عالي الجودة ومطابق للمواصفات ومطابق للمنتج الذي يتم الحصول عليه من

البلاستيك الجديد (Virgin Plastic). و لإنجاح عملية إعادة التدوير للمنتوج يجب السعي لتطبيق الاستراتيجية الهندسية التالية شكل (٤) .



شكل (٤): الاستراتيجية الهندسية لإعادة تدوير المنتوج(الفزاتي، ٢٠٠٧ ، ص ٩)

٤- تعتبر طريقة إعادة التدوير للمواد اللدائنية من أهم طرق التخلص من مخلفاتها شريطة الا تكون ملوثة أو مخصصة لتعبئة الكيماويات والمبيدات والمعادن الثقيلة , كما ينصح بعدم أستعمال في تعبئة الاغذية والمشروبات، كذلك عملية تجميعها في بالات ومخازن خاصة بعد التقليص من حجمها والمادة تصنيعها من انجح الطرق للتخلص منها .

التوصيات:

١- تشجيع إعادة تدوير البلاستيك في الأردن للانسجام مع التوجه الوطني والعالمي لضمان فرص عمل وتطوير هذه الصناعة من خلال خطة تنفيذية لمشروع تجريبي لتحسين عمليات إعادة تدوير البلاستيك.

٢- تعميم وتطبيق فكرة فرز النفايات.

٣- ضرورة اعتماد نظام التصنيف للمنتجات البلاستيكية (Coding System) حيث أن معظم العبوات البلاستيكية المصنعة محليا لا تحمل رمز نوعية البلاستيك، إن عملية الفرز لاصناف البلاستيك الخام تواجه صعوبة في الاردن لاعتماد الطرق التقليدية والمتعلقة باللون والاستخدام للبلاستيك .

٤- الاهتمام بتشريعات تضمن جودة التصنيع كاعتماد قسم لضبط الجودة وتحسين الانتاج في مصانع التدوير للبلاستيك وتوفير الحوافز للقطاع الخاص للاستثمار في صناعة إعادة التدوير.

٥- الاهتمام بالبرامج التدريبية لتوفير الخبرات القادرة على استيعاب التكنولوجيا الحديثة والمتطورة في صناعة البلاستيك للأرتقاء بالصناعة الوطنية .

٦- وضع إطار استراتيجي لتحسين عمليات التدوير للمخلفات البلاستيكية تتضمن تحديد الأنظمة وتشجيع ودعم إقامة مشروعات نموذجية للتدوير على المستوى الوطني .

٧- تعميم الدراسة على مصانع تدوير البلاستيك للاستفادة في ضبط الجودة لمنتجات البلاستيك.

٨- تشجيع الدراسات والأبحاث وورش العمل الخاصة بتطوير صناعة تدوير البلاستيك وحث الجهات المعنية على تبادل الخبرات فيما بينها .

٩- جمع ونشر المعلومات والأساليب المتعلقة بإعادة تدوير البلاستيك وإعادة استعماله .

المراجع:

1-Janet, potter Dr,Amato and Laura Stephenson Carter, 1992. How on Earth Do We Recycle Plastic? Millbrook Press, pp 19.

٢- التجربة المغربية في ميدان إدارة وتدوير النفايات الصلبة ، السيد أجعير عبد القادر ، كتابة الدولة المكلفة بالبيئة – المملكة المغربية . P51 – 59(Abdo.aj@caramil.com)

٣- موضي السيوف http://www.moe.edu.kw/pages/sectors/07/03/010

٤- الأجندة ٢١ : نحو تنمية مستدامة / المؤسسة العامة لحماية البيئة عمان : الأردن. ٢٠٠١ . ص : ٨٥ – ٨٩ .

4- Grathe , j.w., 1993 . Types of plastic Resins, paula. D.Kowal Technical Writer , Agricultural and Biological Engineering . PE.NN state , Pennsylvania.U.S.A.

5- http://www.ELAKidspage-conserving Energy-Recycling plastic . 2007.

6- http://www.gtz.de/gate/gateid.afp,Technical information W10e, small Scale Recycling of plastic waste Vest, ing.Heino.1995.

7- http://www.enviroment.gov.jo/society-encyclopadia/scjorj13.htm,2007

8- http://www.madeinyemen.org/plastic%20%203.htm,yemeni industrialists Association , 2007.

9- SPI , 2007 . The society of the plastics industry inc (SPI) . Resin identification codes – plastic Recycling codes .

١٠- الفزاني ، أسامة نور الدين ، ٢٠٠٧ . إعادة التدوير كأدة لحماية البيئة دورها ومتطلبات نجاحها ، http://www.khayma.com/media/recycell.htm

11- Fleming , Maria , 1992 , Garbage , New york , scholastics . montogomery country public school.

12- http://www.jes.org.jo/kid/waste-asp النفايات الصلبة و إعادة التدوير . جمعية البيئة الأردنية

13-www.coleparmer.com.1-800-323-4340,cole-parmerTechnicalالأساسياتLibrary,WEEE & Rotls .

14- showers,paul,1994.Where Does the Garbage go Harpercollines .

15- www.torchmate.com,plasticFacts-recycleplastic,Rimjunkyard.