التصميم لإعادة التدوير كأحد المتطلبات البيئية في تصميم المنتج

Design for Recycling as One of the Environmental Requirements in Product Design

م/ ميرنا محمد حسين كامل مرعى

معيد بقسم تصميم منتجات - كلية الفنون التطبيقية – جامعة السادس من أكتوبر

ملخص البحث:

تتطرق هذه الدراسة إلى مراعاة تصميم المنتج مع وضع قابلية إعادة تدويره في الاعتبار أثناء مرحلة التصميم، مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه لنفس الوظائف والمهام أو الاستفادة من المواد الداخلة في صناعة أي منتج (إعادة التصنيع) واستخدامها كمواد تشغيل أولتصنيع مواد خام جديدة. فإن أحد التحديات حاليا هو التعامل مع معضلة استنزاف الموارد غير المتجددة وازدياد كمية المخلفات والتلوث البيئي والبحث عن بدائل وحلول.

ويتضمن هذا البحث عدة نقاط تساعد المصمم على تطبيق معايير التصميم لإعادة التدوير في عملية تصميم المنتج. وذلك من خلال:

1- معرفة الفرق بين إعادة الاستخدام وتقليل الخامات وإعادة التدوير

2- التصميم لإعادة التدوير خلال مراحل دورة حياة المنتج:Product Lifecycle

3- التعرف على الخامات القابلة لإعادة التدوير والتعرف على الخامات غير القابلة لإعادة التدوير

4- استخدام المواد القابلة لإعادة التدوير Use Of Recyclable Materials

5- استخدام الخامات المُعاد تدويرها Use of Recycled Materials

6- إعادة تدوير المنتج بعد تفكيكه وإدخال مكوناته وأجزائه لعملية الإنتاج والتجميع

7- إعادة تدوير المواد من خلال إعادة تصنيعها واستخدامها كمواد تشغيل أو من خلال معالجتها كيميائيا أو حراريا لتصنيع مواد خام جديدة

8- وتتم عمليات إعادة تدوير المواد وإعادة تصنيعها كالأتى:

- أولاً: أسلوب فرز المخلفات الصلبة قبل عمليات إعادة التدوير
- ثانياً: مراحل وخطوات إعادة التدوير والتصنيع لكلٍ من:
  - الورق Paper
  - الكرتون Cardboard
  - البلاستيك من 1-7 Plastics
  - المعادن Metals
  - الزجاج Glass

Abstract:

Research on The design of the product with the possibility of recycling in mind during the design stage, while maintaining its shape and structure and reuse it for the same functions and tasks or the use of materials in the manufacture of any product (recycling) and use it as raw materials or in the manufacturing of new raw materials. One of the challenges now is to address the dilemma of depleting non-renewable resources, increasing the amount of waste, environmental pollution and looking for alternatives and solutions.

This research includes several points that help the designer to apply the design for recycling in the process of product design. Through:

1- Knowing the difference between reuse, reduce and recycling
2- Design for recycling during product lifecycle stages
3- Identify recyclable materials and identify non-recyclable materials
4- Use of recyclable materials
5- Use of Recycled Materials
6- Recycling the product after dismantling and use its components and parts for the production and assembly process
7- Recycle the materials by recycling them and using them as operating materials or by treating them chemically or thermally to manufacture new raw materials
8- Material recycling and manufacturing procedures are carried out as follows:

- First: the method of sorting solid waste before recycling operations
- Second: stages and steps of recycling and manufacturing for:
  - Paper
  - Cardboard
  - Plastics
  - Metals
  - Glass

الكلمات المُرشدة Keywords:

التصميم لإعادة التدوير Design For Recycling -المنتجات المُصممة لإعادة التدوير Recyclable Products

- تفكيك المنتج Disassembly - الخامات المُعاد تدويرها Recycled Materials

المقدمة Introduction:

يترافق التطور والنشاط الصناعي والاقتصادي والاجتماعي بالتلوث البيئي. فمع دخول الصناعة والتقنية كل مجالات الحياة (والمتمثل في الأجهزة والمعدات والسلع الاستهلاكية) وتغير أسلوب وشكل الحياة، تزداد أيضا مشاكل التلوث البيئي.

بالنسبة للصناعة فإن أحد التحديات حاليا هو التعامل مع معضلة استنزاف الموارد غير المتجددة وازدياد كمية المخلفات والتلوث البيئي والبحث عن بدائل وحلول. حيث الفكرة الجوهرية لإعادة التدوير هي استحداث أو استكمال الدوائر المغلقة للاستفادة من المنتوجات والمخلفات وذلك بإعادة استخدامها أو تصنيعها.

وتتضمن عملية التصميم لإعادة التدوير معايير إعادة التدوير في مرحلة تصميم المنتجات، بهدف الحصول على منتجات معاد تدويرها و / أو قابلة لإعادة التدوير. بحيث يكون المتغير البيئي هو مجرد شرط آخر للمنتج الذي يضاف إلى جميع المنتجات الأخرى، مثل كلفته، سلامته، إنتاجه وتصنيعه، استخدامه، الخ. إن تطبيق هذا المتغير لا يؤثر على باقي خصائص المنتج، ويتم الجمع بين السعر والتحسين البيئي بهدف تصنيع المنتجات ذات التأثير البيئي المنخفض المرتبط بدورة حياتها بأكملها وبأسعار تنافسية.

والمنتجات المعاد تدويرها هي تلك التي يتم تصنيعها باستخدام المواد المعاد تدويرها أو مكونات من منتجات لم تعد قيد الاستخدام. أي أن المنتجات القابلة لإعادة التدوير هي تلك التي يتم تصنيعها لإعادة تدويرها في نهاية عمرها / دورة حياتها الإنتاجية. وبعبارة أخرى، تستخدم المواد الأحادية، وتلغى المواد السمية والخطرة ويستخدم نظام التصنيع المعياري الذي ينتج منتجات يتم تفكيكها بسهولة، وتستخدم مواد متوافقة، وتحدد المواد التي يصعب استخدامها بواسطة الرموز، وهكذا.

إشكالية البحث Statement of The Problem:

تتلخص إشكالية البحث في:

مع دخول الصناعة والتقنية كل مجالات الحياة (والمتمثل في الأجهزة والمعدات والسلع الاستهلاكية) وتغير أسلوب وشكل الحياة، ازدادت مشاكل التلوث البيئي. بخاصة في البلاد التي تعاني من نقص الثقافة المتعلقة بإعادة تدوير المنتجات بعد انتهاء عمرها الافتراضي. حيث يتطرق هذا البحث إلى هذه المشكلة في المجتمع المصرى على الأخص؛ حيث تنعدم ثقافة إعادة التدوير في العموم بالنسبة للمستخدمين USERS، وبالأخص بالنسبة للمصممين Product Designers. كذلك عدم قدرة المستخدم على التفرقة بين مفاهيم إعادة تدوير المنتج RECYCLING، وإعادة استخدام المنتج REUSE. لذلك يدرس البحث هذه الإشكالية ومحاولة الوصول لحل جذري لها خلال عمليات تصميم المنتج منذ بدء دورة حياته Product Lifecycle، وحتى انتهاء عمره الافتراضي.

من هنا تتمثل إشكالية البحث في:

- مقارنة عمليات التصميم في كلا من إعادة تدوير المنتج RECYCLING، وإعادة استخدام المنتج REUSE، وتقليل الخامة REDUCE.
- التصميم لإعادة التدوير لايُراعى بشكل كاف في مرحلة تصميم المنتج

أهداف البحث Objectives:

- تصميم المنتج مع وضع قابلية إعادة تدويره في الاعتبار أثناء مرحلة التصميم مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه لنفس الوظائف والمهام أو الاستفادة من المواد الداخلة في صناعة أي منتوج (إعادة التصنيع) واستخدامها كمواد تشغيل أولتصنيع مواد خام جديدة
- التوصل للمتطلبات البيئية والتقنية والاقتصادية العامة بالإضافة للمتطلبات الفنية الخاصة بكل منتج والتنسيق بينها أثناء عملية التصميم

أهمية البحث Significance:

تساهم إعادة التدوير في المحافظة على البيئة والتقليل من التلوث من خلال دورها **<u>في:</u>**

1. المحافظة على موارد المواد والطاقة

2. تقليل الاستهلاك من خلال إطالة عمر المنتوج - إعادة التصنيع - الرفع من كفاءة العمليات الإنتاجية
3. حماية الأراضي المستخدمة كمكبات لرمي القمامة من خلال التقليل من المخلفات
4. حماية البيئة من المواد الضارة والسامة الناتجة عن الصناعات الاستخراجية والتحويلية

فرض البحث Hypothesis:

➢ يفترض البحث أنه التصميم لإعادة التدوير كأحد المتطلبات البيئية في مرحلة تصميم المنتج؛ فإن ذلك سيساهم في تحقيق **التوافق البيئي** للمنتج. وذلك بإعادة تدوير المنتج مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه، أو إعادة تدوير المواد الداخلة في صناعة المنتج

الإطار النظري Theoretical Frame Work

1- الفرق بين إعادة الاستخدام وتقليل الخامات وإعادة التدوير

أدى النمو السكاني والاستهلاك المفرط للموارد وتأثير التلوث على الطبيعة وصحة الإنسان إلى تساؤلات بشأن الأساليب التي يقوم بها الناس بحياتهم. الحد (تخفيض) الاستخدام وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير مفاهيم منفصلة ولكنها مترابطة تدعم نفس الهدف المتمثل في الحفاظ على عالم صحي. على الرغم من أنها سليمة وتظهر مماثلة، والحد وإعادة استخدامها وإعادة تدوير هي عناصر متميزة في لغة الحفاظ على الموارد.

شكل (1): الفرق بين إعادة الاستخدام REUSE، تقليل الاستخدام REDUCE، إعادة التدوير RECYCLE

1.1- إعادة الاستخدام REUSE

"إعادة الاستخدام" مصطلح واسع يجمع بين إعادة استخدام المواد واستخدام العناصر التي لها صفات قابلة لإعادة الاستخدام. لوحات الورق مثال على منتج غير قابل لإعادة الاستخدام. أدوات المائدة التي يمكن إعادة استخدامها يقلل من النفايات في المكب، ولكن أيضا يقلل من كمية الطاقة اللازمة لتصنيع منتجات جديدة. نتائج التلوث أقل، والمزيد من الموارد الطبيعية سليمة. لذلك يجب الأخذ ف الاعتبار إمكانيات عنصر ما قبل التخلص منه، لإمكانية إعادة استخدامه نحو

غرض مختلف عن المقصود أصلا. قد يصبح قميص قديم خرقة السيارات. على الرغم من إعادة الاستخدام يختلف عن الحد من الاستخدام، عند إعادة استخدام البند، يتم تقليل الاستهلاك كمنتج ثانوي.

1.2- تقليل المادة الخام REDUCE

يعنى تقليل أو توفير الخامات المستخدمة في عمليات الإنتاج. ويطبق ذلك لضمان تقليل الفضلات بأقصى قدر ممكن. وبذلك يتم تنظيم عمليات الإنتاج-الاستهلاك لضمان عدم إهدار الموارد والخامات في أنشطة غير ضرورية.

فالخفض في مقدار الخامة المستخدمة مرغوب فيه لأنه يوفر التكلفة، بالإضافة إلى توفير الموارد كأحد المنافع البيئية.

وتتنوع الطرق المستخدمة لذلك كالأتى:

1.2.1- التبسيط Simplification

التبسيط يتحقق عن طريق تصميم المنتج الجديد بتفادي الزخرفة وصنع بناء أخف وزناً. مثل:

- تابلت Tablet >>

قبل

بعد

شكل (2): توضيح عملية التبسيط لمنتج الكمبيوتر

- التليفون المحمول (الموبايل) Smart Phone >>

قبل

بعد

شكل (3): توضيح عملية التبسيط لمنتج التليفون المحمول -الموبايل-

1.2.2- التصميم بحجم صغير Miniaturiziation

وذلك بخفض حجم المكونات الإلكترونية للعناصر التي تسمح بذلك مثل:

- الحاسب الآلي Laptop >> فنجد مايُعرف بالحاسب الآلي المحمول

مبني لا بتوب

لا بتوب

شكل (4): توضيح عملية التصميم بحجم صغير لمنتج الحاسب الآلي المحمول

- التليفون >> ظهر التليفون المحمول والذي تفنن المصممين في استخدام هذه التقنية عند تصميمه.

شكل (5): توضيح عملية التصميم بحجم صغير لمنتج الموبايل

2.1.3- التعدد الوظيفي Multi-Functionalism

وذلك بتطوير المنتجات التي تؤدى عدد من الوظائف المختلفة. فالعديد من أجهزة المطبخ تضم وظيفتين على الأقل داخل إطار واحد. مثل:

شكل (6): توضيح عملية التعدد الوظيفي لمنتج الخلاط والمفرمة في منتج واحد

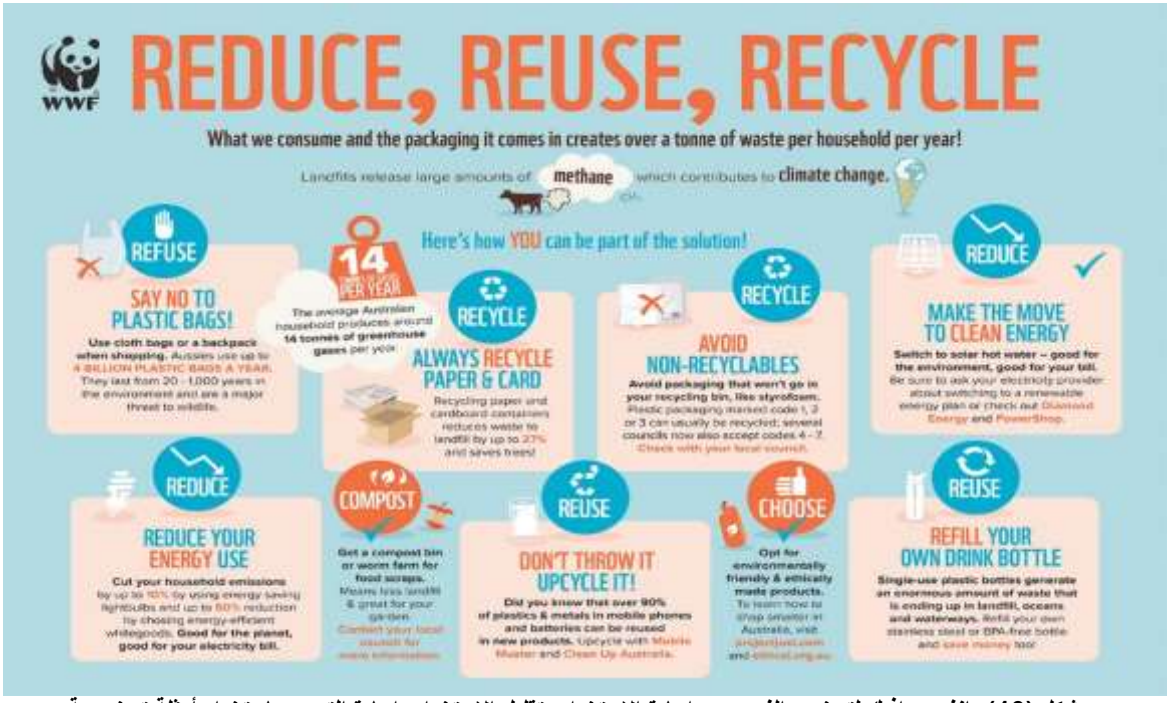
1.3- إعادة التدوير RECYCLEING

يشير مصطلح "إعادة التدوير" إلى العملية التي يتم فيها استخدام عنصر أو مكوناته لإنشاء شيء جديد. يتم إعادة تدوير الزجاجات البلاستيكية في السجاد والمسارات والمقاعد. الزجاج والألومنيوم هي أيضا مواد أخرى معاد تدويرها.

إعادة التدوير من الناحية الفنية هي شكل من أشكال إعادة الاستخدام، ولكنها تشير بشكل أكثر تحديدا إلى العناصر التي يتم التخلص منها وتقسيمها إلى موادها الخام. تقوم شركات إعادة التدوير بتحويل البند الأصلي ثم بيع المواد التي يمكن استخدامها على الفور. بينما بعض الشركات تقوم بشراء المواد المستعملة واستخدامها لتصنيع منتج جديد، وهو شكل آخر من أشكال إعادة التدوير.

شكل (7): منتجات مصنعة من زجاج معاد تدويره

شكل (8): حذاء مصنع من مواد معاد تدويرها



شكل (10): إنفو جرافيك لتوضيح الفرق بين إعادة الاستخدام، تقليل الاستخدام، إعادة التدوير باستخدام أمثلة توضيحية

فنجد أنه التصميم لإعادة التدوير كأحد المتطلبات البيئية في مرحلة تصميم المنتج؛ سيساهم في تحقيق **التوافق البيئي** للمنتج. وذلك بإعادة تدوير المنتج مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه، أو إعادة تدوير المواد الداخلة في صناعة المنتج.

2- التصميم لإعادة التدوير Design for Recycling

تتضمن استراتيجية التصميم لإعادة التدوير معايير قابلية إعادة التدوير في مرحلة تصميم المنتجات، بهدف الحصول على منتجات معاد تدويرها و / أو قابلة لإعادة التدوير. المتغير البيئي هو مجرد شرط آخر للمنتج الذي يضاف إلى جميع المنتجات الأخرى، مثل كلفته، سلامته، تصنيعه وإنتاجه، استخدامه، الخ.

إن تطبيق هذا المتغير لا يؤثر على باقي خصائص المنتج، ويتم الجمع بين السعر والتحسين البيئي بهدف تصنيع المنتجات ذات التأثير البيئي المنخفض المرتبط بدورة حياتها بأكملها وبأسعار تنافسية.

2.1- ما هي المنتجات المُصممة لإعادة التدوير، أو بعبارة أخرى، المنتجات المعاد تدويرها و / أو القابلة لإعادة التدوير؟ Recyclable Products

المنتجات المعاد تدويرها هي تلك التي يتم تصنيعها باستخدام المواد المعاد تدويرها أو مكونات من المنتجات التى لم تعد قيد الاستخدام.

المنتجات القابلة لإعادة التدوير هي تلك التي يتم تصنيعها لإعادة تدويرها في نهاية عمرها الإنتاجي. وبعبارة أخرى، تستخدم المواد الأحادية، وتلغى المواد السمية والخطرة ويستخدم نظام التصنيع المعياري الذي ينتج منتجات يتم تفكيكها بسهولة، وتستخدم مواد متوافقة، وتحدد المواد التي يصعب استخدامها بواسطة الرموز، وهكذا.

شكل (11): المنتجات القابلة لإعادة التدوير والغير قابلة لإعادة التدوير

2.2- المراحل والاعتبارات التي يتم اتخاذها لتتضمن معايير التصميم لإعادة التدوير في المنتجات أثناء عملية تصميم المنتج:

2.2.1- التحليل العام للمنتج

❖ تحليل الجوانب التالية من المنتج:

- معلومات عن المنتج: وصف تفصيلي (الوظائف والمكونات وما إلى ذلك)، والجوانب الرئيسية للتصميم والإنتاج، والمواد المستخدمة في صنعها ونقلها، والموارد المستخدمة أثناء استخدامه، والانبعاثات المتولدة ومتوسط العمر.
- الشركة والموارد والقدرات: المنشآت والموارد والسياسة البيئية، وفريق العمل، وما إلى ذلك.
- الضغط وإمكانية تغيير المنتج: الجوانب البيئية، والمواد الجديدة، والتكنولوجيات الجديدة ومتطلبات العملاء أو طلب السوق.
- السوق: وظائف، الجودة، السعر، وما إلى ذلك.
- المنتجات التنافسية: تحديد المنتجات الأخرى التي أنتجها المنافسين مع الأداء البيئي الجيد.

2.2.2- إدخال التحسينات البيئية المختارة

❖ إعطاء الأولوية للتحسينات المختارة

2.2.3- التقييم والمتابعة

❖ تقييم أثر التحسينات البيئية المتضمنة.

❖ إعداد استراتيجيات وأدوات للتحسين البيئي المستمر

2.2.4- تقييم الأثر البيئي للمنتج واقتراح التحسينات البيئية

❖ وضع تحليل لدورة حياة المنتج:

- نظرة عامة على أهم الآثار البيئية الناجمة عن المنتج خلال المراحل المختلفة من دورة حياته.
- تحديد الأولويات والتحسينات البيئية التي يتعين مراعاتها أثناء عملية التصميم.

لذلك يجب دراسة دورة حياة المنتج؛ للتوصل إلى الحلول المُثلى للحفاظ على الموارد الطبيعية؛ والحد من النفايات واستهلاك الطاقة والملوثات؛ لحماية الكوكب في ضوء التصميم لإعادة التدوير.

فيجب على المصمم الأخذ في الاعتبار تصميم المنتج مع وضع قابلية إعادة تدويره في الاعتبار أثناء مرحلة التصميم مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه لنفس الوظائف والمهام أو الاستفادة من المواد الداخلة في صناعة أي منتوج (إعادة التصنيع) واستخدامها كمواد تشغيل أولتصنيع مواد خام جديدة

ويمكن تقسيم مراحل دورة حياة المنتج إلى مراحل رئيسية هي كالآتي: كما بالشكل (12)

2.3- التصميم لإعادة التدوير خلال مراحل دورة حياة المنتج:Product Lifecycle

2.3.1- مرحلة الحصول على المواد الخام والتصميم

2.3.2- مرحلة التصنيع والإنتاج

2.3.3- مرحلة التوزيع

2.3.4- مرحلة الاستخدام

2.3.5- مرحلة نهاية العمر الاستخدامى

شكل (12): مخطط توضيحي لمراحل دورة حياة المنتج

ومن هنا نستطيع وضع عدة استراتيجيات لاستخدامها في كل مرحلة للتصميم لإعادة التدوير كما يوضح: شكل (13)

شكل (13): مخطط للاستراتيجيات المستخدمة في كل مرحلة للتصميم لإعادة التدوير

2.3.1- التصميم لإعادة التدوير خلال مرحلة الحصول على المواد الخام والتصميم

عملية التصميم Design Process تتطلب من المصمم التعامل مع مشكلة التصميم؛ عن طريق إيجاد بديل مناسب يحقق الغاية المستهدفة.

لذلك أصبحت عملية التصميم تحث المصمم على الاختيار بصورة تناسب متطلبات التصميم. فالمصمم الصناعي يحاول أن يختار آخر نتائج المعرفة المختلفة التي تم التوصل إليها، في العملية التصميمية. فعند اختيار خامة بناء المنتج المقترح مثلاً: يضع المصمم في اعتباره ملائمة صفات هذه الخامة لمتطلبات التصميم (بيئية، جمالية، وظيفية ....).

- وخاصة عندما يأخذ المصمم في الاعتبار التصميم لإعادة التدوير. فعليه أن يأخذ في الحسبان المواد الخام التي يمكن استخدامها من مواد قابلة لإعادة التدوير، بدون تأثيرها في شكل ووظائف المنتج المزعم تصميمه.

- ويتم في هذه المرحلة **الحصول على المواد الخام؛** من أجل:

- **التعرف على نوع الخامة القابلة لإعادة التدوير والتحصل عليها**
- **اختيار الخامة**
- **التصميم لإعادة التدوير**

2.3.1.1- التعرف على الخامات Knowing Materials

فإن اختيار الخامة القابلة لإعادة تدويرها يكون ملائم بيئياً مع وجود آلية تمكن من إعادة التدوير. مع مراعاة أن المنتج مصمم بحيث يسهل إعادة تدويره.

-2.3.1.1.1 التعرف على الخامات القابلة لإعادة التدوير

-2.3.1.1.2 التعرف على الخامات غير القابلة لإعادة التدوير

شكل (14): توضيح للخامات القابلة لإعادة التدوير، والخامات غير القابلة لإعادة التدوير

-2.3.1.1.1 <u>التعرف على الخامات القابلة لإعادة التدوير</u>

- الورق والكرتون Paper & Cardboard
- البلاستيك من Plastics 7-1
- المعادن Metals
- الزجاج Glass

شكل (15): الخامات القابلة لإعادة التدوير

بعض المواد مثل بعض أنواع اللدائن يصعب استخلاصها من الفضلات المنزلية؛ لذلك يتواجد كود لتعريف أنواع اللدائن التي يمكن إعادة تدويرها.

- **تصنيف البلاستيك قبل إعادة التدوير**

أرقام رمز إعادة تدوير البلاستيك المثلث يعني قابل للتدوير وإعادة التصنيع، وكل رقم داخل المثلث يمثل مادة بلاستيكية معينة

1. الأول بولي إيثلين تير فتالات
2. الثاني بولي إيثلين عالي الكثافة
3. الثالث بولي فينيل كلوريد
4. الرابع بولي إيثلين منخفض الكثافة
5. الخامس بولي بروبيلين
6. السادس بولي ستيرين
7. السابع غيرها؛ مزيج منها أو مركب بلاستيك مختلف عنها

Symbol	Polymer Name	Product Examples	Recyclable Curbside?
1 PETE	Polyethylene Terephthalate (PETE or PET)	• Soft drink bottles • Water bottles • Sports drink bottles • Salad dressing bottles • Vegetable oil bottles • Peanut butter jars • Pickle jars • Jelly jars • Prepared food trays • Mouthwash bottles	Yes
2 HDPE	High-density Polyethylene (HDPE)	• Milk jugs • Juice bottles • Yogurt tubs • Butter tubs • Cereal box liners • Shampoo bottles • Motor oil bottles • Bleach/detergent bottles • Household cleaner bottles • Grocery bags	Yes *Plastic grocery bags not accepted
3 V	Polyvinyl Chloride (PVC or V)	• Clear food packaging • Wire/cable insulation • Pipes/fittings • Siding • Flooring • Fencing • Window frames • Shower curtains • Lawn chairs • Children's toys	Not accepted through most curbside recycling programs.
4 LDPE	Low-density Polyethylene (LDPE)	• Dry cleaning bags • Bread bags • Frozen food bags • Squeezable bottles • Wash bottles • Dispensing bottles • 6 pack rings • Various molded laboratory equipment	Yes
5 PP	Polypropylene (PP)	• Ketchup bottles • Most yogurt tubs • Syrup bottles • Bottle caps • Straws • Dishware • Medicine bottles • Some auto parts • Pails • Packing tape	Yes
6 PS	Polystyrene (PS)	• Disposable plates • Disposable cutlery • Cafeteria trays • Meat trays • Egg cartons • Carry out containers • Aspirin bottles • CD/video cases • Packaging peanuts • Other Styrofoam products	Not accepted through most curbside recycling programs.
7 OTHER	Other Plastics (OTHER or O)	• 3/5 gallon water jugs • Citrus juice bottles • Plastic lumber • Headlight lenses • Safety glasses • Gas containers • Bullet proof materials • Acrylic, nylon, polycarbonate • Polylactic acid (a bioplastic) • Combinations of different plastics	Yes

شكل (16): تصنيف البلاستيك القابل لإعادة التدوير

2.3.1.1.2- التعرف على الخامات غير القابلة لإعادة التدوير

- الأكياس البلاستيكية Plastic Bags
- حفاضات الأطفال Nappies
- لمبات الإضاءة Light Pulps
- بولي ستيرين Polystyrene
- البايريكس Pyrex
- البطاريات المنتهية Batteries

شكل (17): الخامات غير القابلة لإعادة التدوير

2.3.2- التصميم لإعادة التدوير خلال مرحلة تصنيع المنتج

❖ من أجل:

- **التصميم لإعادة التدوير:**

- استخدام المواد القابلة لإعادة التدوير

-استخدام المواد المعاد تدويرها

2.3.2.1- استخدام المواد القابلة لإعادة التدوير Used Of Recyclable Materials

- الورق والكرتون Paper & Cardboard
- البلاستيك من 1-7 Plastics
- المعادن Metals
- الزجاج Glass

شكل(18) : استخدام المواد القابلة لإعادة التدوير

2.3.2.2- استخدام الخامات المُعاد تدويرها Used of Recycled Materials

ازداد، استعمال المواد المعاد تدويرها بهدف خفض التكاليف، ويمكن أن تعمل الحكومة والصناعة أيضا على تشجيع زيادة استخدام المنتجات المعاد تدويرها وخلق أسواق للمنتجات الجديدة المصنعة من المواد المعاد تدويرها.

وعلى المصممين أن يأخذوا في الاعتبار استخدام المواد المُعاد تدويرها والتي تؤدى الوظيفة بشكل جيد تماماً كالمادة الأولية. ويجب طلب الاختيار الجيد للخامات المُعاد تدويرها من الموردين.

2.3.2.2.1- وقد حققت العديد من الشركات عوائد بيئية واقتصادية عن طريق التصميم لإعادة التدوير واستخدام الخامات القابلة لإعادة التدوير والخامات المُعاد تدويرها على حدٍ سواء. ومن أمثلة ذلك:

- صناعة السيارات
- كما في شركات BMW

إعادة التدوير فيBMW

وضعت مجموعة BMW الأساس للتصميم لإعادة التدوير وإعادة الاستخدام اوتفعيلها لكل طراز جديد تطلقه حتى قبل بدء مرحلة إنتاجه. وذلك باستخدام المواد القابلة لإعادة التدوير وتقليل المواد المستخدمة والفصل الدقيق للمواد المختلفة، بحيث تضمن شركة BMW إعادة تدوير سياراتها بالسرعة والكفاءة المطلوبة.

وانطلاقاً من مبدأي الاقتصادية وصداقة البيئة، اعتلت مجموعة BMW إحدى المراكز الرائدة في مجموعة الاستدامة بمؤشر داو جونز (The Dow Jones Sustainability Group Index,) وهي أهم قائمة للشركات الموجهة للاستدامة على مستوى العالم.

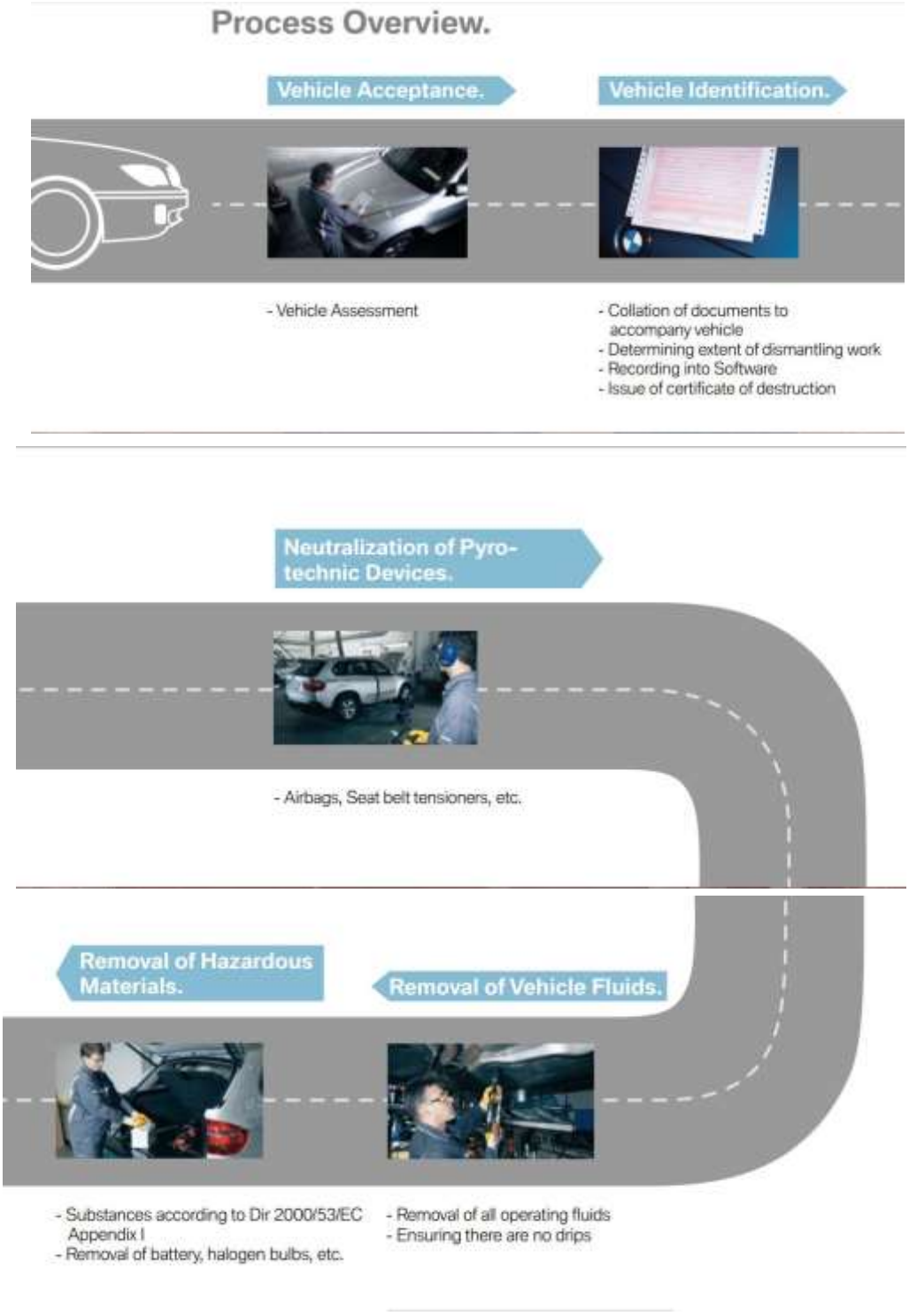
التصميم لإعادة التدوير DESIGN FOR RECYCLING

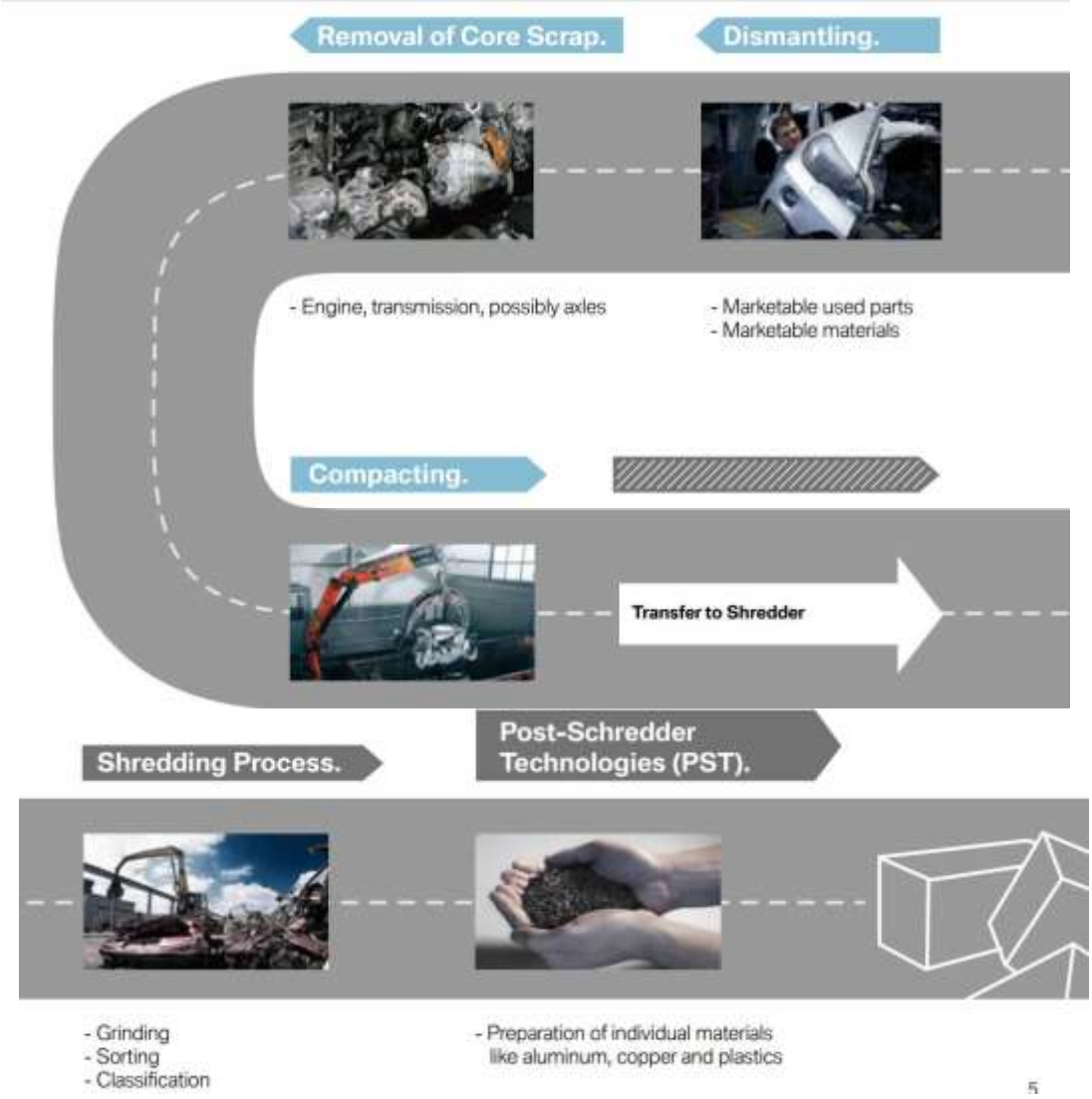
يضع مهندسو التصميم لإعادة التدوير في BMW المعيار الخاص بعملية إعادة التدوير والتخلص من السيارات المنتهية من خلال تحديد الكفاءة والملاءمة البيئية بوصفها الأولويات الرئيسية أمام ناظريهم. وبالتالي تعتبر إعادة التدوير جزءً لا يتجزأ من عملية تطوير المنتجات. ومن الممكن اتخاذ المفاهيم المعنية بإعادة التدوير مثل تصميم المكونات واختيار المواد وطريق تجميعها بالحسبان في مرحلة مبكرة. ومن أهدافهم الأخرى تعزيز استخدام المواد الثانوية مضمونة الجودة والمعاد تدويرها في السيارات الجديدة. مما يفتح الطريق أمام دورات تصنيع مكتفية ذاتياً.

إعادة التدوير بما يتناسب مع حماية البيئة.

أساليب BMW الجديدة نحو إعادة تدوير السيارات:

حيث تشترك في هذه العمليات شركات متخصصة في إعادة تدوير السيارات. حيث تتم معالجة كل كيلوغرام من الخردة بالطريقة الأفضل سواء على المستوى البيئي أو الاقتصادي. ثم تتم إعادة المواد الخام raw materials إلى دورة الانتاج لتقليل العبء المفروض على البيئة.


Process Overview.
Vehicle Acceptance.
Vehicle Identification.
- Vehicle Assessment
- Collation of documents to accompany vehicle
- Determining extent of dismantling work
- Recording into Software
- Issue of certificate of destruction
Neutralization of Pyro-technic Devices.
- Airbags, Seat belt tensioners, etc.
Removal of Hazardous Materials.
Removal of Vehicle Fluids.
- Substances according to Dir 2000/53/EC Appendix I
- Removal of battery, halogen bulbs, etc.
- Removal of all operating fluids
- Ensuring there are no drips



شكل (19): خطوات عملية إعادة تدوير سيارات BMW

في حين تمر بقايا السيارات بأربع مراحل هي

1. الإعادة الخاضعة للضوابط The controlled return
2. المعالجة المسبقة pre-treatment
3. الفك disassembly
4. إعادة التدوير Recycling of the residual vehicle

بغية التعامل مع السيارات المنتهية بطريقة تتناسب مع حماية البيئة.

1. الإعادة الخاضعة للضوابط The controlled return

تبدأ عملية إعادة تدوير السيارة بالتسليم الخاضع للضبط إلى نقطة التجميع أو مرفق العلاج المعتمد. وبوسعهم فقط إصدار تأكيد إعادة التدوير اللازم بغية تسجيل السيارة رسمياً على أنها خارج دورة الإنتاج

2. المعالجة المسبقة pre-treatment

التخلص من سوائل السيارة Removal of operating fluids

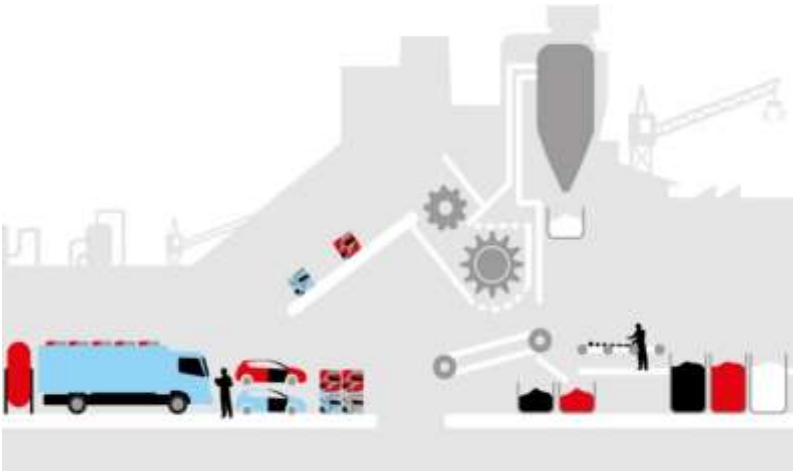
يتم قبل كل شيء إزالة كافة الحقائب الهوائية وغيرها من المكونات القابلة للاشتعال، ثم تبدأ عملية إعادة التدوير الملائمة بالتخلص من سوائل السيارة في مكان مخصص لذلك. يتم فيه استخراج غاز التبريد من نظام تكييف الهواء وزيت الفرامل، السائل المبرد، زيت المحرك على سبيل المثال استخراج المبرد من المكيف وزيت المكابح وسائل التبريد وزيت المحرك وزيت ناقل الحركة مع إفراغ مضخة الوقود باستخدام جهاز مخصص لذلك. يتم فرز كل سائل بصورة منفصلة إلى حاويات للتخزين ويتم معالجتها في مصانع خاصة أو استخدامها كما هي

شكل (20): توضيح مرحلة المعالجة المسبقة

3. الفك Disassembly

تخفيض وزن السيارة المنتهية بنسبة 85 بالمئة؛ وذلك بإعادة استخدام المكونات بشكلها الحالي أو كمصدر جديد من المواد لصناعة قطع غيار جديدة. وهو الهدف الذي تحقق منذ زمن بعيد بالنسبة للأجزاء المعدنية. وكذلك يمكن استعادة المواد الزجاجية والبلاستيكية بطريقة اقتصادية.

وقد لعبت مجموعة BMW دوراً محورياً في هذه العملية عن طريق احتلال الريادة في التقنيات الجديدة، حيث يمكن إصلاح المحركات المفككة أو إعادة استخدامها في الغرض الأصلي منها كشكل من أشكال إعادة التدوير المتطورة.



شكل (21): توضيح مرحلة الفك

4. إعادة التدوير Recycling of the residual vehicle

بعد إجراء عملية الفك، يتم أخذ بقايا السيارات محطة التمزيق. تقوم هذه المرافق بتقطيع الهياكل المتبقية إلى قطع صغيرة بحجم راحة اليد وتصنفها. ثم يعاد استخدام المواد البلاستيكية والأنسجة والحديد والمواد المعدنية التي لا تحتوي على الحديد.

شكل (22): توضيح مرحلة إعادة التدوير

الهدف الرئيسي

ويتمثل الهدف الرئيسي لدى BMW في تخفيف تأثير السيارات على البيئة خلال كامل دورة تشغيلها. بالإضافة إلى ذلك، إن تطوير وانتاج كل سيارة جديدة يهيئ الطريق من أجل إعادة الاستخدام الفعال والذي يتناسب مع البيئة.

التدابير المراعية للبيئة Measures for environmentally acceptable

- خلال مرحلة التطوير، يقوم مهندسو التصميم بتقييم قابلية إعادة التدوير لكافة المكونات والاحتفاظ بسجل النتائج حول مخطط هذه المكونات.
- يتم تحضير مفاهيم التدوير للمكونات الكبيرة مثل المصدات وقمرة القيادة وغيرها.
- أثناء اختيار المواد، تبذل الجهود المختلفة لتخفيف مستوى التنوع وتجنب المواد التي لا يمكن إعادة تدويرها.
- يضمن استخدام تقنيات التجميع الذكية إمكانية أن المكونات يمكن فرزها حسب المواد بعد التفكيك.
- يتم تقييم التأثير البيئي للمكونات بطريقة منهجية عن طريق دراسات حالات في "تقييم دورة الحياة" life cycle assessment
- يتم تنفيذ تحليل فعلي وافتراضي لعملية الفك لضمان تلبية كل سيارة BMW للأهداف المرجوة.
- تقوم BMW بمشاركة النتائج الخاصة بتحليل عملية الفك مع اشتراك كافة الاخصائيين الاقتصاديين في عملية التدوير من خلال دورات تدريبية وتوثيق مفصل.

كفاءة تدوير سيارات BMW Efficient recycling of BMW vehicles

تضمن هذه التدابير إجراء ما يلي لكافة سيارات BMW:

- إطلاق المكونات الانفجارية مثل الوسائد الهوائية ووحدات شد الأحزمة عن طريق الواجهة القياسية.
- إزالة كافة السوائل مثل الزيت والوقود وسائل التبريد وزيت المكابح وسائل مكيف الهواء وغيرها بطريقة سريعة ودقيقة من خلال نقطة الحفر أو حفرة استخراج السوائل المخصصة لذلك.
- تسمية كافة المواد البلاستيكية التي يزيد وزنها عن 200 غرام.
- إزالة المكونات البلاستيكية الكبيرة التي يمكن إعادة تدويرها بطريقة اقتصادية بسرعة ويسر.

2.3.3-التصميم لإعادة التدوير خلال مرحلة الاستخدام

❖ التصميم من أجل:

تلبية حاجة المستخدم مع الحفاظ على البيئة، عن طريق:

- التصميم لإعادة التدوير
  - الاستخدام الفعال للطاقة
  - منع التلوث
  - المتانة
- تمكين المستخدم من معرفة إذا كان المنتج قابل لإعادة التدوير، مع شرح كيفية تهيئة المنتج - بعد انتهاء استخدامه - لإعادة التدوير.

2.3.4-التصميم لإعادة التدوير خلال مرحلة نهاية العمر

❖ التصميم من أجل:

- **إعادة التدوير**
  - استخدام المواد المستحدثة
  - تصنيع مكونات المنتج قابلة للفك والتركيب بسهولة
  - تحديد المواد التي يصعب التعرف عليها بواسطة الشفرات
  - استخدام الأساليب المُتبعة لإعادة تدوير المواد بعد فرزها

فنجد أنه بعد انتهاء العمر الاستخدامى للمنتج يصبح عبئاً إضافياً على البيئة ويسبب لها العديد من الملوثات والأضرار؛ إلا أنه يمكن تفادى ذلك بمجموعة من الطرق أهمها:

2.3.4.1- إعادة تدوير المنتج بعد تفكيكه وإدخال مكوناته وأجزائه لعملية الإنتاج والتجميع

2.3.4.2- إعادة تدوير المواد من خلال إعادة تصنيعها واستخدامها كمواد تشغيل أو من خلال معالجتها كيميائيا أو حراريا لتصنيع مواد خام جديدة

2.3.4.1- إعادة تدوير المنتوج بعد تفكيكه وإدخال مكوناته وأجزائه لعملية الإنتاج والتجميع

خاصية التفكيك

تتمثل أهمية خاصية التفكيك وفصل المكونات والمواد في الآتي:

- تفكيك الأجهزة والمعدات ونزع المكونات والأجزاء لإجراء الصيانة أو الاستبدال أو التطوير
- تفكيك المنتج كليا للمواد الداخلة في صناعته وفصلها عن بعضها البعض لإعادة تصنيعها
- استبعاد المكونات الخطرة والمكونات غير القابلة لإعادة التدوير

أهم النقاط التي يجب مراعاتها هي:

- الحد الأدنى من تكاليف التفكيك
- الحد الأقصى من المواد القابلة لإعادة التدوير مع مراعاة الحد الأدنى من التكاليف
- الحد الأدنى من تكاليف التخلص من المواد الخطرة ومعالجتها

جدول (1): إرشادات وقواعد تصميمية لخاصية التفكيك

	إرشادات وقواعد تصميمية لخاصية التفكيك
خاصية البنية والتركيبة	اختيار بنية وتركيبة الجهاز التي تساعد على تفكيك الجهاز إلى أعلى حد من التفكيك بشكل بسيط وسريع بدون استعمال معدات خاصة حتى يمكن إعادة استعمال أو إعادة تصنيع المكونات والأجزاء بشكل سهل، ويستحسن استخدام تركيبة وبنية تساعد على تطبيق عملية التفكيك المتزامن
خاصية التفكيك	استعمال الروابط والمثبتات سهلة التفكيك بدون استعمال أدوات خاصة وبدون تكلفة إضافية. تفضيل روابط (الشكل - القوة) على روابط (المادة) وهذا يتطلب سهولة التعرف على أماكن الربط والتثبيت وتجنب الصدأ والأوساخ.

بعض أمثلة المنتجات التي تم تصميمها لإعادة تدويرها بخاصية التفكيك:

شكل (23): تفكيك المنتج (السيارة) كليا للمواد الداخلة في صناعته وفصلها عن بعضها البعض لإعادة تصنيعها

- **صناعة السيارات**
- **صناعة المنتجات يومية الاستخدام**

شكل (24): تفكيك المنتج كليا للمواد الداخلة في صناعته وفصلها عن بعضها البعض لاستبعاد المكونات الخطرة والمكونات غير القابلة لإعادة التدوير

شكل (25): تفكيك الأجهزة والمعدات ونزع المكونات والأجزاء لإجراء الصيانة أو الاستبدال أو التطوير أو إعادة التصنيع

2.3.4.2-إعادة تدوير المواد من خلال إعادة تصنيعها واستخدامها كمواد تشغيل أو من خلال معالجتها كيميائيا أو حراريا لتصنيع مواد خام جديدة Material RECYCLEING

هو تحويل الخامات الناتجة عن نهاية عمر المنتج إلى مواد أصلية يمكن أن تدخل في عمليات الإنتاج مرة أخرى. كما يستخدم بعض الطرق للتخلص من المخلفات الصلبة، فمثلاً يُعاد استخدام أجزاء من هذه المخلفات لصنع منتجات جديدة.

شكل (26) : إعادة تدوير المواد لتصنيع مواد جديدة

❖ **<u>وتتم عمليات إعادة تدوير المواد وإعادة تصنيعها كالأتى:</u>**

- أولاً: أسلوب فرز المخلفات الصلبة قبل عمليات إعادة التدوير
- ثانياً: مراحل وخطوات إعادة التدوير والتصنيع لكلٍ من:

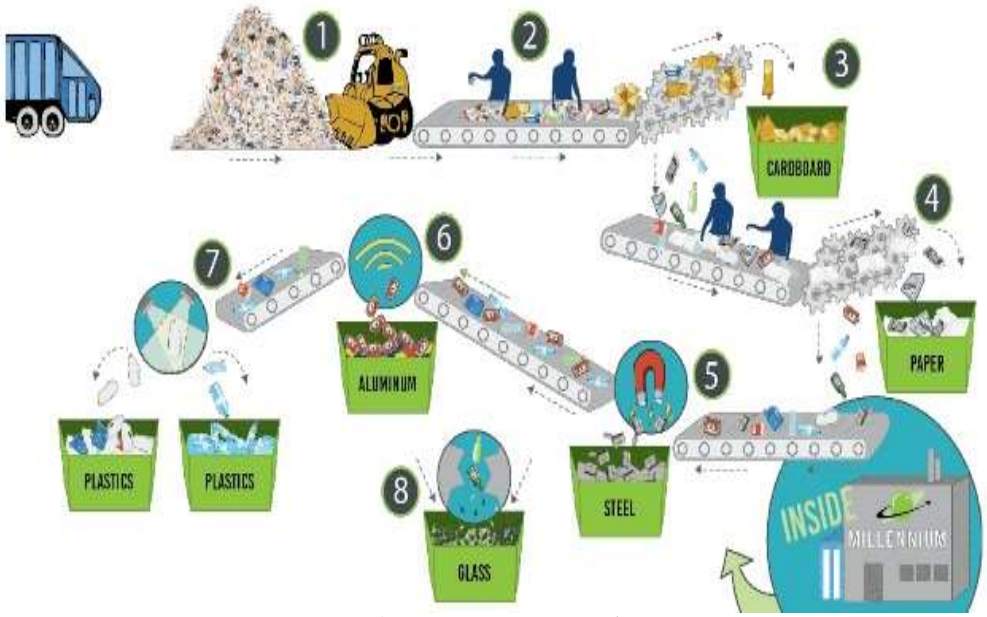
أ. **الورق والكرتون Paper & Cardboard**

ب. **البلاستيك من Plastics 7-1**

ج. **المعادن Metals**

د. **الزجاج Glass**

- **<u>أولا: أسلوب فرز المخلفات الصلبة قبل عمليات إعادة التدوير</u>**



شكل (27): أسلوب فرز المخلفات الصلبة قبل إعادة تدويرها

- **ثانياً: مراحل وخطوات إعادة التدوير والتصنيع لكل من:**

أ. إعادة تدوير الورق والكرتون Paper Recycling

❖ **أنواع الورق المعاد تصنيعه**

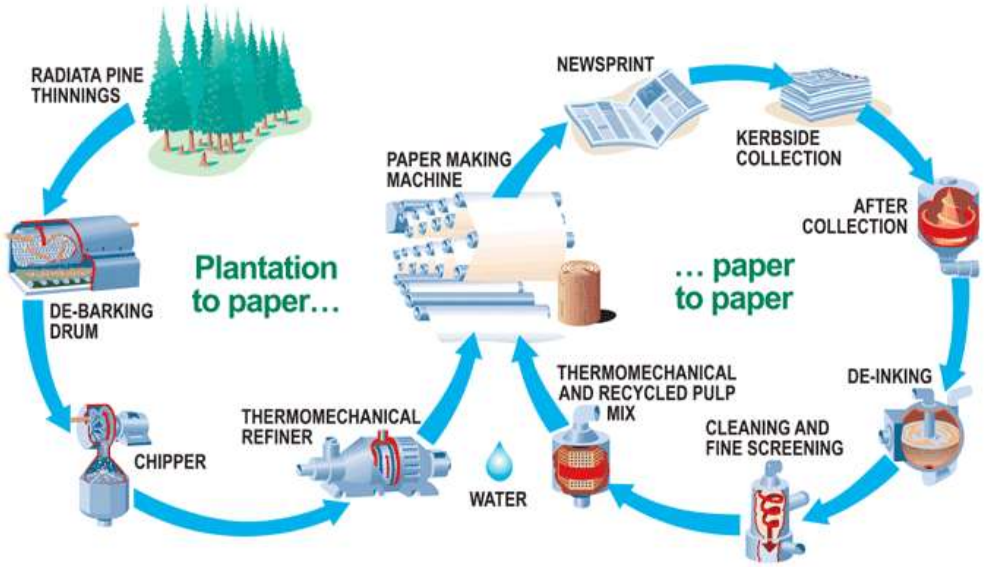
لا يتم إعادة تصنيع جميع أنواع الورق، فهناك أوراق لا تقبل الإعادة مثل الأوراق الصحية، ومن بين الأوراق التي يتم إعادة تصنيعها هناك ما يلي:

- الجرائد: هي أوراق خفيفة قليلة المتانة، سهلة التشرب للسوائل، ذات عمر قصير.
- المجلات: أوراق المجلات هي أوراق شبيهة بأوراق الجرائد إلا أنها أوراق واضحة وتتصف باللمعان.
- الكرتون: يتكون من عدة طبقات، يستخدم في تغليف المطبوعات المختلفة أو في إنتاج صناديق التعبئة.
- الورق المقوى: هو ورق يستعمل في تغليف بعض المواد الغذائية.

شكل (28): أنواع الورق المعاد تصنيعه

❖ **مراحل وخطوات إعادة تصنيع الورق**

لإعادة تصنيع الورق يجب إتباع مجموعة من الخطوات التي تنتهي إلى إنتاج منتوج يمكن الاستفادة منه وهي على الترتيب التالي: كما في الشكل (29)



شكل (29): مراحل وخطوات إعادة تدوير وتصنيع الورق

1) **الجمع:** جمع الورق المستعمل من المؤسسات والمدارس والهيئات.
2) **الفرز:** يعتبر أهم مرحلة في إعادة تصنيع الورق، حيث للحصول على نوعية جيدة من الورق يتطلب الفرز الجيد.
3) **التقطيع:** تقطيع الورق إلى شرائح رقيقة ومتجانسة بواسطة آلة القطع.
4) **الغسل:** يتم غمر الورق المقطع في أحواض مائية.
5) **الخلط والعجن:** خلط الورق المقطع بواسطة جهاز الخلط للحصول على العجينة
6) **التبييض والمعالجة:** تضاف إليها مواد كيميائية خاصة لمعالجتها وتبيضها ولتنعيمها ولزيادة سماكتها ومتنها وخلوها من أي فراغات أو ثقوب.
7) **الكبس:** استخدام المكابس لضغط العجينة وتقريب الجزيئات من بعضها مما ينتج الواح ذات كثافة اعلى ومرونة أكبر يسهل تشكيلها فيما بعد
8) **التشكيل:** يشكل الورق بطرق مختلفة حسب المنتج المطلوب
9) **التجفيف:** يتم تجفيف الورق المشكل.
10) **الصقل:** يستخدم اسطوانات ساخنة يمرر من خلال الورق لصقله وهذا يعطيه سطحا أكثر نعومة وأفضل للكتابة والاغراض الاخرى

يتم إنتاج الورق من الخامات التي تم إعادة تدويرها بكفاءة أقل من الورق المنتج من لحاء الخشب الصافي والأنسجة السليلوزية، حيث يستخدم الورق المدور في الأغلب في صناعة أوراق الجرائد والكرتون البني والملون والأطباق والأكواب الورقية. تعتبر عملية إعادة التدوير صالحة لثلاث مرات على الأقل حيث تؤدي كثرة طحن الورق وتقطيعه إلى تفتت الأغشية السليلوزية وقصرها مما يؤدي إلى سوء المنتج.

ب. إعادة تدوير البلاستيك

.

تقسم المواد البلاستيكية من حيث امكانية اعادة التدوير الى عدة اقسام فمنها ما يمكن اعادة تدويره بطرق سهلة وبسيطة وهي

❖ **أنواع البلاستيك التى يتم تدويرها**

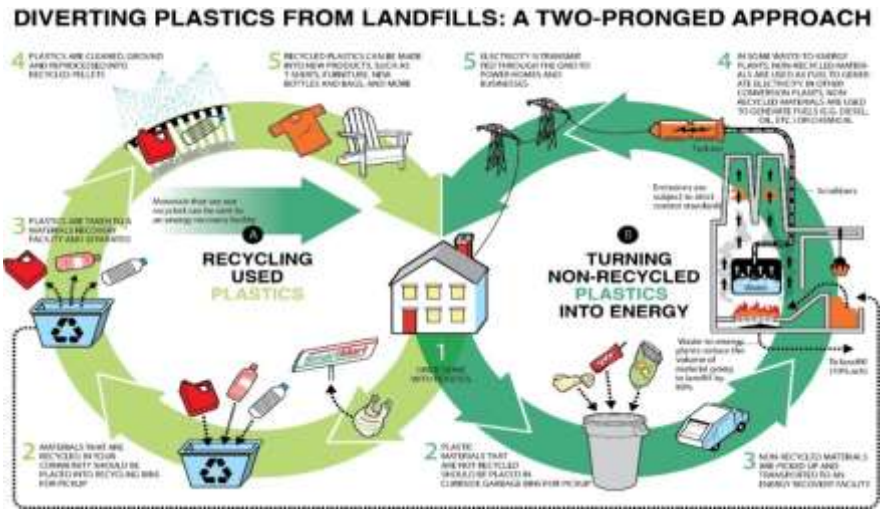
- **PETالبولي إيثَلين ترفثاليت:** ويدخل في صناعة قارورات الماء وعلب البلاستيك.
- **HDPEالبولي إيثَلين عالي الكثافة (هاي دانستي بولي إثَلين):** ويستخدم في صناعة علب الشامبو والمنظفات.
- **PVCالبولي فينايل كلورايد:** ويستخدم في صناعة انابيب الصرف والجرابات المغطية للأسلاك الكهربائية على الجدران حيث انه صعب الاحتراق
- **LDPEالبولي إيثَلين منخفض الكثافة (لو دانستي بولي إثَلين):** و يستعمل في صناعة علب السيديهات وأكياس التسوق.
- PP**البولي بروبلين.:** يستعمل في صناعة الصحون وحوافظ الطعام وعلب الدواء "وهو من أفضل أنواع البلاستيك."
- **PS البولي ستيرين:** يستعمل في صنع بعض الصحون وهو من الانواع الشفافة
- ومنها ما يحتاج الى معالجة اضافية معقدة قبل أن يكون قابلا للتدوير ومنها ما لا يمكن على الاطلاق وهي المواد التي لا يتم تشكيلها بالحرارة مثل اغطية علب الكهرباء وبعض انواع القوابس.
- حيث يتم استخدام اللدائن المضغوطة والتي نحصل عليها من >> الزجاجات، الأكياس، اللعب القديمة ومواد التغليف، من المادة النقية مثل زجاجات PET ..... << . كما في الشكل (30)

شكل (30): مراحل إعادة تدوير وتصنيع PET-PETE

وأنواع البلاستيك التي لا يمكن إعادة تدويرها يتم تحويلها إلى وقود، ديزل، أو زيوت، وأيضا تستخدم كوقود لتوليد الطاقة الكهربائية. كما يوضح الشكل (31)

❖ **<u>إعادة تدوير البلاستيك على المستوى الصناعي</u>**

تتعدد انواع البلاستيك فهي اكثر من 50 مادة مصنعة الى الان ، ويتعدد معها استخداماتها ولكن هناك مراحل عامة لإعادة تدويرها ، وفي بعض الدول التي لديها نظام متقدم في اعادة التدوير فإن العملية تبدأ من المنازل والمؤسسات المنتجة للنفايات ، بينما تضطر بعض الشركات العاملة في بعض الدول الاخرى الى اجراء اول خطوة وهي الفرز وهي عملية طويلة وتحتاج الى ايدي عاملة كثيرة مما يقلل من المردود، وسواء تم الفرز في المنزل او في مصانع اعادة التدوير فإن العملية التي تمر بها المنتجات البلاستيكية بعد ذلك هي متشابهة لكلا الحالتين حيث تمر بالمراحل التالية: كما في الشكل (31)



شكل (31):

- **مراحل إعادة تدوير وتصنيع البلاستيك القابل لإعادة التدوير**
- **مراحل تحويل البلاستيك غير القابل لإعادة التدوير إلى طاقة**

❖ **مراحل وخطوات اعادة تدوير البلاستيك**

1) **الفرز :** ويهدف الى الحصول على مواد بلاستيكية نقية من شوائب المواد الاخرى وذلك لأن وجود الشوائب من المواد البلاستيكية الاخرى يؤدي الى اضعاف خصائص المنتجات المصنعة منها، ويتم الفرز على عدة اشكال فهناك الفرز المنزلي المتبع في بعض الدول المتقدمة وهو بحاجة الى نقاط تجميع او الى حاويات مخصصة للأنواع المختلفة من البلاستيك وافضل التقنيات المتبعة هي ماكنات تشبه ماكنات الصراف الالي في البيوت حيث تقوم بتحديد نوع المادة البلاستيكية وفرزها ، ويمكن التعرف على انواع المواد البلاستيكية الرئيسة من خلال الرقم الموجود داخل مثلث اعادة التدوير ، وفي حال لم يتم الفرز المنزلي فإنه يتم الفرز في المصانع وهذه العملية بحاجة الى ايدي عاملة كثيرة ، كما انه في كثير من الدول النامية لا يتم اجراء اي نوع من الفرز فتصل النفايات المحتوية على المواد العضوية والمعادن والبلاستيك وغيرها الى المصنع مما يزيد من عبء الفرز ويرفع تكاليفه .

2) **الغسيل:** يهدف الغسيل الى التخلص من الاوساخ العالقة بالبلاستيك من بواقي مواد عضوية وغيرها وتتم عملية الغسيل غالبا بمحلول الصودا الكاوية مع الماء الساخن.

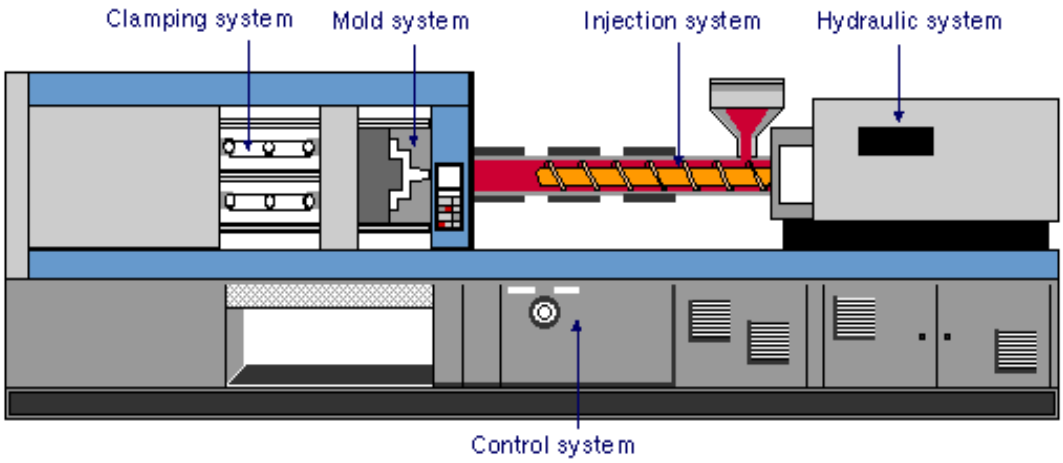
3) **الجرش:** لتحويل العبوات والاجسام الكبيرة الى رقائق وقطع صغيرة يسهل التعامل معها وقد يتم اعادة غسيل البلاستيك بعد عملية الجرش بهد الحصول على مواد أكثر نقاءً.

4) **التحبيب:** وهي تحويل القطع والرقائق الى حبيبات بحيث تكون مشابهة للحبيبات التي يتم الحصول عليها عند تصنيع المواد البلاستيكية من المشتقات البترولية، وتسهل هذه العملية بيع الحبيبات المعاد تدويرها بأسعار مناسبة دون الحاجة الى تحويلها الى منتجات كاملة التصنيع.

5) **التشكيل:** وفي هذه العملية يتم تحويل الحبيبات الى منتج نهائي صالح للاستخدام من خلال عمليات الحقن او النفخ او البثق وهي العمليات الانتاجية المعروفة للبلاستيك. كما بالأشكال (32~34)

▪ طريقة الحقن

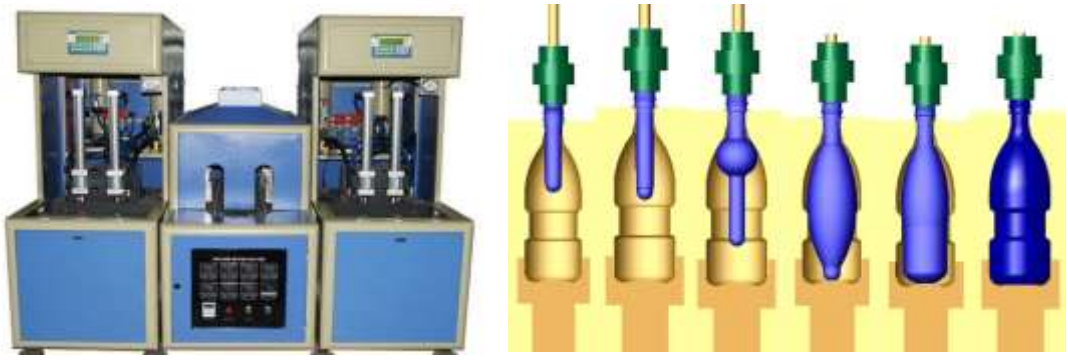
ويتم ذلك باستخدام الحاقن الحلزوني وهو جهاز يحتوي على فرن صهر لتدوير مخلفات البلاستيك كمرحلة أولى، حيث يقوم الفرن بصهر قطع البلاستيك ثم يقوم الحاقن بوضع مصهور البلاستيك في قوالب ثابتة الشكل للحصول على المنتج المطلوب مثل: شماعات، أطباق . كما بالشكل (32)



شكل (32): طريقة الحقن

- **طريقة النفخ:**

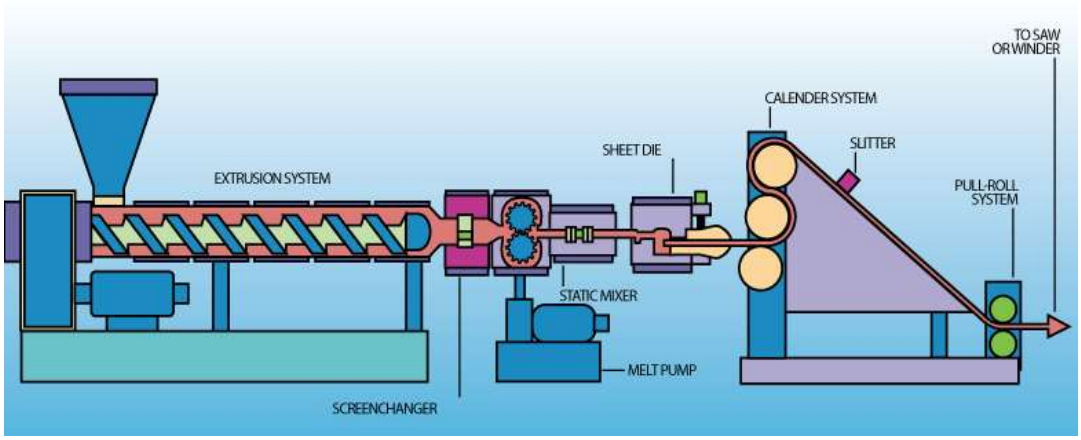
وتستعمل هذه الطريق لتشكيل المنتجات البلاستيكية المفرغة مثل كرة القدم. كما بالشكل (33)



شكل (33): طريقة النفخ

- **طريقة البثق**

وهي عملية تتم لإنتاج المنتجات البلاستيكية مثل: الخراطيم، وكابلات الكهرباء، حيث يتم ضغط المادة البلاستيكية خلال فوهة البثق التي يكون لها نفس الشكل المطلوب. كما بالشكل (34)



شكل (34): طريقة البثق

6) التبريد

بعد تشكيل المنتجات يتم غمرها في أحواض كبيرة تحتوي على الماء البارد.

ومن المهم ان لا يعاد استخدام البلاستيك المعاد تدويره لنفس الغرض السابق الذي كان يستعمل له، وكذلك ضرورة عدم استعماله لحفظ المواد الغذائية خصوصا عند التعامل مع الحرارة العالية او التجميد، ومن المهم ايضا ان يكون هناك تعاون من قبل المواطنين مع جهات ومؤسسات اعادة التدوير في فرز ما يصدر عنهم من نفايات بلاستيكية لأن ذلك يوفر كثير من الجهد والمال.

ج. إعادة تدوير المعادن

❖ **المعادن القابلة لعملية إعادة التدوير**

قد تختلف من مدينة إلى أخرى، حيث أن كل بلد لديها بعض الطرق والبرامج التي تختلف عن الدولة الأخرى في تدوير القمامة والمعادن، حيث كل دولة لها القدرة على تدوير المعادن المختلفة عن الدولة الاخرى، مثل

أ. المعادن الحديدية

- **الحديد الصلب**

من أقدم المعادن المستعملة لصناعة الادوات التي احتاجها الانسان منذ الاف السنين فقد عثر على بعض الادوات التي يزيد عمرها عن 4000 سنة، واليوم هو أكثر المعادن انتشارا على وجه الارض فهو يدخل في تصنيع أضخم الهياكل الانشائية العملاقة في ناطحات السحاب والابراج، وكذلك الآلات الضخمة والمركبات الثقيلة وسكك الحديد وغيرها

- **الفولاذ**

هو أكثر المعادن الذي يتم اعادة تدويره ايضا، فهناك حول العالم مئات الاف المصانع والورش التي تعمل على تجميع الفولاذ واعادة تشكيله او اعادة تدويره لإنتاج منتجات جديدة،

يتكون الفولاذ من اضافة كميات قليلة من عنصر الكربون الى الحديد لزيادة صلابته، ويتم التحكم بنسبة الكربون المضافة لضمان الحصول على القساوة المناسبة للفولاذ المنتج بحيث لا تقل عن 0.2 % ولا تزيد عن 2%، ويكون الفولاذ المنتج أقسى من عنصر الحديد النقي وأكثر صمودا امام الضغط والاجهاد الواقع عليه، وهو غير مقاوم للصدأ، اذ يجب اضافة عناصر اخرى مثل الكروم او الكوبالت للحصول على فولاذ مقاوم للصدأ

ب. المعادن غير الحديدية:

- **النحاس**

ينقسم النحاس في الغالب إلى نوعين: نحاس أحمر ونحـــاس أصفر. ويتم التعامل مع النوعين عند تجميع المخلفات القابلة لإعادة التدوير. ويعتبر النحاس الأحمر أكثر طلبا في السوق وسعره أغلى وكميته أقل وتعتبر الأسلاك النحاسية اهم مصادر هذا النوع. اما النحاس الأصفر يتم فرزة وتنقيته من قطع المعادن الأخرى قبل بيعـــه من قبل عمـــال الجمـع أو النباشين أو الفنيين في الورش المختلفة.

- **الألمنيوم**

الألمنيوم المتداول في السوق كخرده قابلة لإعادة التدوير يصنف الى نوعين:

الألمنيوم الخفيف وهو في الغالب الألمنيوم الذي يصنع منه أدوات الطعام المنزلية وبعض علب العصائر والمشروبات الغازية ويكون هذا النوع سهل الصهر والتشكيل. وتشمل خردة الألمنيوم الخفيف كذلك اوراق التغليف المعدنية والتي تسمى اوراق القصدير

المعدن الثقيل وهو في الغـــالب الألمنيوم الذي يصنع منه أجزاء المحركات والآلات المختلفة. وصهر وتشكيل هذا النوع من الألمنيوم أصعب من السابق

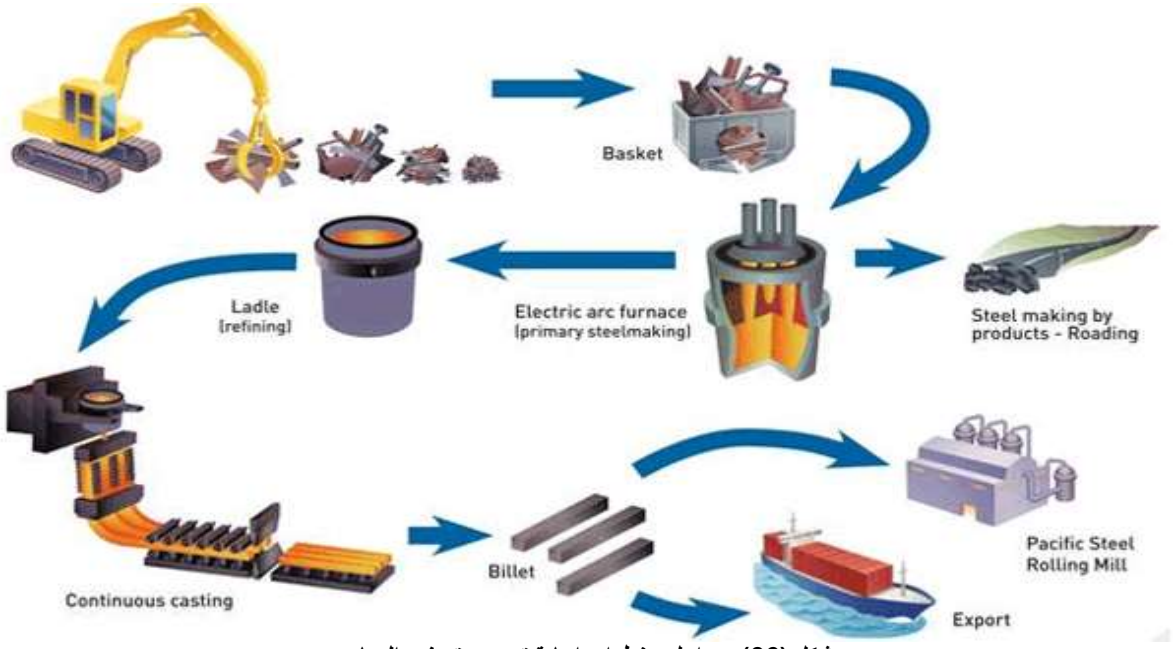
- **الرصاص**

معظم الرصاص الذي يتم تجميعه بغرض إعادة التدوير يتم استخراجه من بطاريات المعدات والآلات المختلفة

شكل (35): أنواع المعادن القابلة لإعادة التدوير والتصنيع

❖ **مراحل وخطوات إعادة تدوير المعادن**

وفي كل مصنع تتم نفس العمليات تقريبا لكن مع بعض الاختلافات في التكنولوجيا المستخدمة والتي تهدف الى تقليل الطاقة المستخدمة وتسريع العملية، وفي اي مصنع اعادة تدوير فإن المعادن لابد ان تمر بالمراحل التالية: كما في الشكل (36)



شكل (36): مراحل وخطوات إعادة تدوير وتصنيع المعادن

1) **مرحلــة المعالجــة والتصــنيف:** يــتم جمــع العلــب المعدنيــة وأي خــردة معدنيــة لمعالجتهــا وتنظيفهــا مــن الشــوائب؛ لتكــون جــاهزة لإعــادة تــدويرها. وبعــد ذلــك يــتم تصــنيفها لعــدم اخــتلاط أنــواع المعــادن المختلفــة أثنــاء عملية التدوير

2) **مرحلــة التقطيــع**: حيــث يــتم فــرم كافــة اشــكال الفــولاذ الــوارد الــى المصــنع لتحويلــه الــى قطــع صــغيرة يمكــن التعامــل معهــا بســهولة أكبــر، وتــتم عمليــة الفــرم عــن طريــق ماكينــات تقطيــع عملاقــة، ولا يحتــاج الفــولاذ الــى عمليــات غســيل وتنظيــف كبيــرة اذ ان حــرارة الافــران تــؤدي الــى حــرق كافــة الشــوائب وتحولهــا الــى رمــاد يــتم ازالته فيما بعد.

3) **الصــهر**: ويــتم امــا بــالأفران القديمــة التــي تعتمــد علــى الوقــود البترولــي فــي تســخين الخــردة الــى درجــة الانصــهار، ونظــرا لارتفــاع الحــرارة فــي داخــل الفــرن فإنــه يفقــد جــزء كبيــر مــن الطاقــة، لــذا تــم الاســتغناء عــن هــذه التقنيــة فــي بعــض الــدول المتقدمــة حيــث يســتعمل فــرن الاوكســجين المغلــق الــذي يــوفر الوقــت والطاقــة، ومــن ميــزات فــرن الاوكســجين انــه ينــتج فــولاذ ذا نقــاوة ونوعيــة ممتــازة وذلــك عــن طريــق الــتخلص مــن كافــة الشــوائب الموجــودة فيه.

4) **صــب المصــهور**: علــى شــكل ســبائك ضــخمة تــزن ملايــين الأطنــان، وتقطيعهــا إلــى قطــع يمكــن نقلهــا إلــى مصانع التشكيل، لنشكلها من جديد.

د. إعادة تدوير الزجاج

❖ **إعادة تدوير الزجاج على المستوى الصناعي**

يستعمل الزجاج في كافة المجالات وذلك لثباتيته العالية وعدم تأثره بالمواد الكيميائية كذلك نفاذيته العالية للضوء في حال استعماله في النوافذ وعاكسيته العالية اذ تم طلاؤه واستخدامه في العواكس الحرارية او الضوئية، وكل تلك الاستخدامات المتزايدة زادت من حدة الطلب على المواد الخام التي تحتاج الى كميات كبيرة من الطاقة لتجهيزها واستخلاصها وكذلك لا تتوافر في كثير من الدول مما يضطرها للاستيراد.

مثل غالبية عمليات اعادة التدوير فإن اعادة تدوير طن من الزجاج يوفر حوالي 35 لتر من الديزل الصناعي ويساهم في تخفيض نسبة التلوث عن تصنيع الزجاج من المواد الاولية فهو يقلل تلوث الهواء بنسبة 20% بينما قد تصل نسبة التخفيف من تلوث الهواء الى أكثر من النصف، وبالإضافة الى كل ذلك فإن اعادة تدوير الزجاج لا تحتاج الى كميات كبيرة من الطاقة، كما انها لا تحتاج الى تقنية عالية اوالى ماكينات ضخمة.

ولإعادة تدوير الزجاج على المستوى الصناعي يتم تدوير الزجاج في مصانع ضخمة على مستوى العالم وخاصة في الدول التي لديها نظام متكامل لفرز النفايات الصلبة، وتتجه بعض مصانع التدوير كما في شكل (37)

إلى عدة خطوات ومراحل في دائرة مغلقة وهي:

❖ **مراحل وخطوات إعادة تدوير الزجاج**

1) **فرز الزجاج الملون عن الزجاج عديم اللون**: (فيما تتجه تقنيات اخرى الى تغيير لون الزجاج الى لون اخر أغمق وبالتالي يتم التغلب على الشوائب اللونية فيه)

2) **التنظيف والغسيل:** عند وصول الزجاج الى مصنع التدوير فإن اول عملية بعد الفرز هي التنظيف والغسيل

3) **الطحن**

4) **الغسيل والتصفية**

5) **الصهر:** يمر مسحوق الزجاج عبر فرن الصهر الذي يحوله الى عجينه

6) **التشكيل:** ويمكن ادخال هذه العجينة في ماكينات تشكيل الزجاج

➢ واهم طرق التشكيل هي:

- البثق وتستعمل عادة في صب الكاسات او الصحون وغيرها عن طريق ماكينات الحقن.
- النفخ حيث يدخل وزن معين من عجينة الزجاج ويتم نفخها لتشكيل الاوعية الزجاجية المجوفة وذلك باستعمال اجهزة النفخ.

7) **تبريد الزجاج:** فمعدل التبريد هو العامل الاهم الذي يحدد مدى هشاشته، فكلما كانت سرعة التبريد أكبر كان الزجاج الناتج أكثر هشاشة ولذا يتم تبريد الزجاج في العادة في افران خاصة وذلك للحفاظ على بنيته وعدم انتاج زجاج هش يمكن ان يتكسر بسهولة.

شكل (37): مراحل وخطوات إعادة تدوير وتصنيع الزجاج

3- <u>دور إعادة التدوير في حماية البيئة</u>

<u>تساهم إعادة التدوير في المحافظة على البيئة والتقليل من التلوث من خلال دورها في الآتي:</u>

أ. المحافظة على موارد المواد والطاقة

ب. تقليل الاستهلاك من خلال إطالة عمر المنتج

ج. تقليل الاستهلاك من خلال إعادة التصنيع

د. تقليل الاستهلاك من خلال الرفع من كفاءة العمليات الإنتاجية

ه. توفير الطاقة من خلال التقليل من العمليات الإنتاجية

و. حماية الأراضي المستخدمة كمكبات لرمي القمامة من خلال التقليل من المخلفات

ز. حماية البيئة من المواد الضارة والسامة الناتجة عن الصناعات الاستخراجية والتحويلية

شكل (38): دور التصميم لإعادة التدوير في حماية البيئة

<u>فوائد ومزايا استخدام المنتج لمدة طويلة (إعادة تدوير المنتج):</u>

أ. التقليل من كمية المواد المستعملة / الزمن

ب. الرفع من فعالية المواد (عدد الوظائف المتحققة / كمية المواد المستعملة)

ج. التقليل من كمية الفضلات / الزمن

د. الحفاظ على قيمة المنتج لمدة أطول

ه. التقليل من تلوث البيئة

4- نتائج البحث: Results:

توصل البحث إلى النتائج التالية:

- مدى أهمية التصميم لإعادة التدوير أثناء عمليات تصميم المنتج.
- أثره في المحافظة على البيئة والتقليل من التلوث
- الحفاظ على الموارد غير المتجددة المُستخدمة في عمليات إنتاج وتصنيع المنتج
- تحقيق المتطلبات البيئية والتقنية والاقتصادية العامة بالإضافة للمتطلبات الفنية الخاصة بكل منتج والتنسيق بينها أثناء عملية التصميم

5- التوصيات Recommendations:

- ضرورة تصميم المنتج مع وضع قابلية إعادة تدويره في الاعتبار أثناء مرحلة التصميم مع المحافظة على شكله وبنيانه وإعادة استخدامه لنفس الوظائف والمهام أو الاستفادة من المواد الداخلة في صناعة أي منتج (إعادة التصنيع) واستخدامها كمواد تشغيل أولتصنيع مواد خام جديدة
- أن تكون عملية التصميم لإعادة التدوير مرتبطة بمراحل دورة حياة المنتج:Product Lifecycle
- استخدام الأساليب المختلفة للوصول إلى منتج قابل لإعادة التدوير بعد انتهاء عمره الافتراضي.
- ضرورة التعرف على الخامات القابلة لإعادة التدوير والتعرف على الخامات غير القابلة لإعادة التدوير
- استخدام المواد القابلة لإعادة التدويرUse Of Recyclable Materials، وكذلك استخدام الخامات المُعاد تدويرها Use of Recycled Materials في عمليات الإنتاج والتصنيع
- مراعاة إعادة تدوير المنتج بعد تفكيكه وإدخال مكوناته وأجزائه لعملية الإنتاج والتجميع
- توعية المستخدمين USERSبأهمية إعادة التدوير، وكيفية المساعدة في هذه العملية كإجراء أساسي للبدء بعملية إعادة التدوير بعد انتهاء العمر الافتراضي للمنتج.

6- المراجع References :

- محمد، محمد متولي مرسي: متطلبات التصميم لإعادة تدوير واستخدام منتجات ونظم التأثيث والإنشاء المعدني المصدر: مجلة علوم وفنون - دراسات وبحوث - مصر – 2004
- Åkermark AM. (1997) Design for Disassembly and Recycling. In: Krause FL., Seliger G. (eds) Life Cycle Networks. Springer, Boston, MA
- David A. Dornfeld • Barbara S. Linke Editors: Leveraging Technology for a Sustainable World - Proceedings of the 19th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, University of California at Berkeley, Berkeley, USA, May 23–25, 2012
- KOSUKE ISHII: Modular Design for Recyclability Implementation and Knowledge Dissemination (Information Systems and the Environment-Edited by Deanna J. Richards, Braden R. Allenby and W. Dale)-2001.
- Websites
- https://www.bmw-oman.com/en/topics/offers-and-services/personal-services/recycling.html
- https://www.epa.gov/recycle
- http://www.wwf.org.au/get-involved/change-the-way-you-live/reduce-reuse-recycle