بسم الله الرحمن الرحيم

الهيئة السودانية للمواصفات و المقاييس

اللجنة الفنية للبلاستيك و المطاط و منتجاتهما

إعادة تدوير البلاستيك: الرؤي و الاهداف

إعداد: د.احمد إبراهيم احمد

يونيو 2009

نبذة عن البلاستيك و استخداماته المختلفة

تعريف:

البلاستيك مصطلح يطلق على عدد من المركبات و البلمرات طويلة السلسلة الجزئية و التي تتمتع بخواص متعددة و متباينة قلما توجد فى المواد الأخرى معاً . و كما هو معروف أن البلمرات مركبات طويلة السلاسل الجزئية و تفيد فى جميع أوجه الحياة , ***لكن يمكن القول بأن كل البلاستيك بلمرات بينما ليس كل بلمر بلاستيك*** .

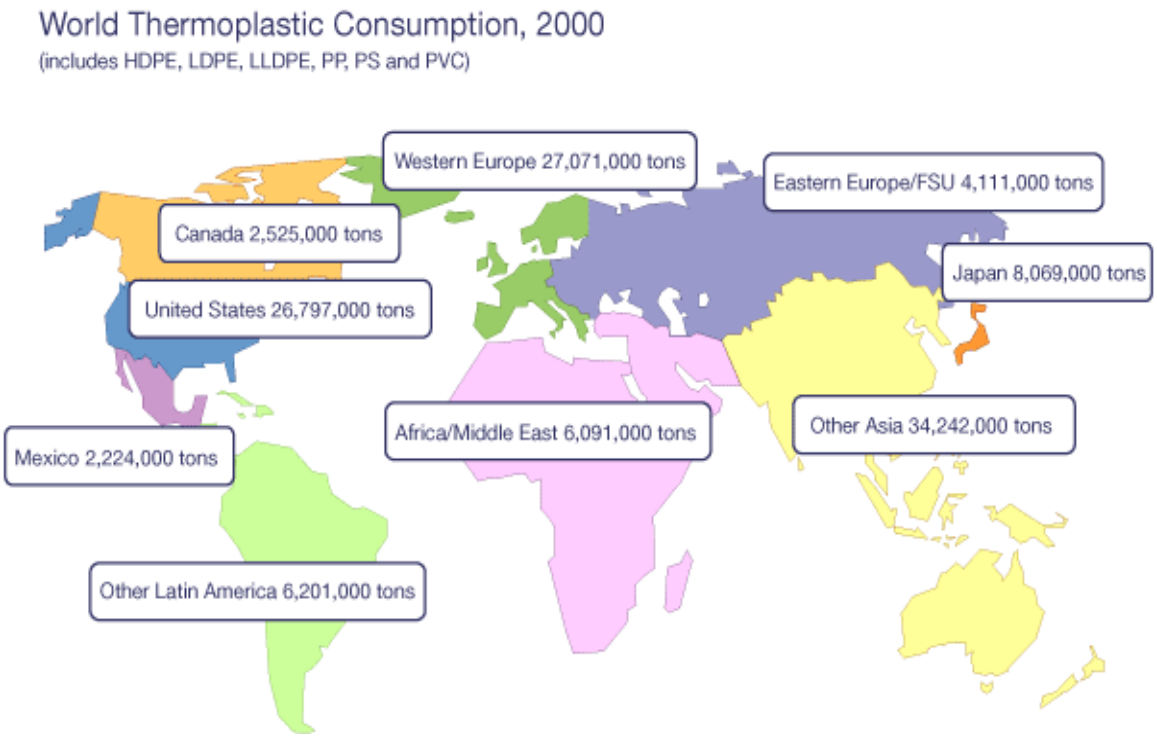
تاريخياً عرف البلاستيك منذ عصور قديمة فى شكل المطاط الطبيعي , ولكن صنع ألابونايت(المطاط الصلب) كأول بلمر قابل للتشكيل بالحرارة فى عام 1851. تلي ذلك الفورملدهيد فى 1897 ثم أستات السليلوز فى 1927. ما بين عام 1930 – 1940 م شهد العالم ميلاد البلمرات المستخدمة حالياً كبلاستيك قابل للتشكيل بالحرارة(thermoplastics) مثل: PVC , LDPE , PS .

بعد الحرب العالمية الثانية شهد إمداد المطاط الطبيعينقصاً حاداً فى الدول الصناعية مما شجع التحول للبلمرات الصناعية وزيادة إنتاجها حيث عرفت بقية البلمر ات الحالية مثل : HDPE , PET.

ازداد الطلب على البلاستيك فى الأسواق العالمية بديلاً للمطاط الطبيعي(إمداد شحيح) و الخشب و الزجاج و المعادن الأخرى (باهظة الثمن) و ذلك بسبب خواص البلاستيك المتنوعة و النادرة مثل:

خفة الوزن , مقاومة التآكل , العمر المديد , الجودة المتنوعة , الصلادة التى توفر الحماية , المرونة التى تسهل الاستخدام , قابلية التشكيل لمختلف الإحجام و الأشكال , الشفافية و العتمة معاً , الأمن من مخاطر التشغيل , الثمن الزهيد , قابلية إعادة الاستخدام .
هذه الخواص و غيرها جعلت استهلاك البلاستيك فى العالميزداد يوماً بعد يوم حتى وصل استهلاك العالم فى 2000 م إلى 11733100طن موزعة جغرافياً حسب الجدول أدناه والشكل الذي يليه .

الاقليم	الاستهلاك (مليون طن)
كندا	2.525
الولايات المتحدة الامريكية	26.797
المكسيك	2.224
أمريكا اللاتينية	6.201
أفريقيا و الشرق ألاوسط	6.091
أوربا الغربية	27.071
أوربا الشرقية	4.111
اليابان	8.069
أسيا	34.242



استخدامات البلاستيك المختلفة

تستخدم مركبات البلاستيك حسب خواصها لأغراض كثيرة ومتنوعة وفق موصفات الاحتياجات المختلفة و لكن يمكن حصر استخدامات البلاستيك إلى خمسة حقول رئيسية و هي:

1. التغليف Packaging

حيث يدخل البلاستيك تقريباً في كل أنواع التغليف في أسواق المستهلكين و المدارس و المستشفيات و لكل الأشياء السائل منها و الصلب الساخن منها و البارد ....الخ . و الخواص المميزة لهذا الاستخدام هي:

خفيف الوزن , صحي , سهل الاستخدام , قليل التكلفة .

2. عالم الفضاء Aerospace

دخل البلاستيك عالم الفضاء بقوة حيث أصبحت الطائرات و السفن الفضائية و المواكيك الفضائية تتشئ أجزائها من البلاستيك سوءا في الهيكل الخارجي أو في المكونات الداخلية و ذلك للاستفادة من الخواص التالية:

خفيف الوزن , صلب يتحمل الضغط الجوى , إقتصادى فى تكلفة البناء , إقتصادى فى تكلفة الوقود .

3. البناء و الإنشاءات Constructions and Buildings

يدخل البلاستيك ألان فى تشييد كل البنايات المختلفة و متطلبات تجهيزها للأغراض المختلفة حيث يستفاد من خواصه التالية:

عمر مديد durability , المرونة العالية للتركيب , الأداء الرفيع , المتانة و قوة التحمل, نسبة المتانة العالية للوزن .

4. النقل Transportation

البلاستيك أصبح الآن أحد دعامات النقل فى السيارات و الشاحنات و السفن و القوارب و المناطيد الهوائية التى جميعاً تحتوى على البلاستيك فى تركيبها و ذلك للاستفادة من الخواص التالية:

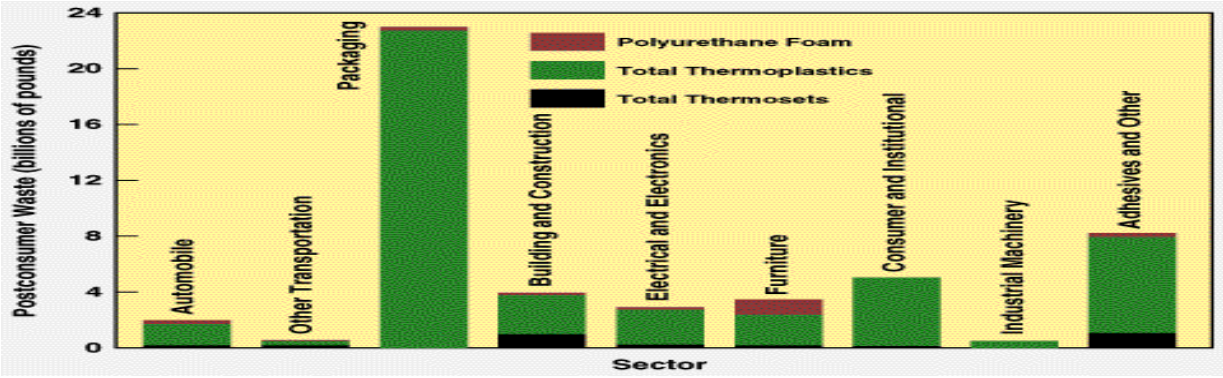
عمر مديد , وزن خفيف , مقاومة التآكل و الاستهلاك , توفير الوقود ,

5. الإليكترونيات Electronics

البلاستيك أيضاً يشارك فى الثورة الإليكترونية و العولمة حيث لا يخلو قط جهاز أو آلة إليكترونية من البلاستيك لاستغلال الخواص التالية:

وزن خفيف , عزل الحرارة و الكهرباء , التأمين ضد الماء و الأتربة و الصدأ و التآكل ...الخ , قلة التكلفة .

و يمكن ملاحظة توزيع استهلاك البلاستيك من الاستخدامات السابقة من الشكل أدناه:



تصنيفات البلاستيك

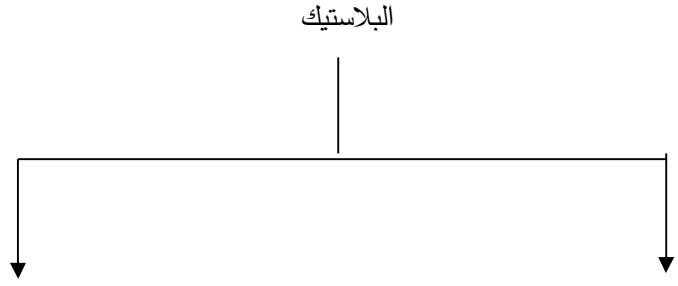
لذلك يتم تصنيف البلاستيك بعدة طرق و وفق عدة معايير و هي:

أولاً : التصنيف المبنى على التركيبة الكيميائية

المركبات التى تعرف بالبلاستيك كثيرة و متنوعة و لكن يمكن معرفة بعض تفاصيل هذه المركبات من الملحق رقم(1)

ثانياً : التصنيف الحراري

من حيث تعامل خامة البلاستيك مع الحرارة و استجابتها يتم تصنيف البلاستيك كما يلى:



البلاستيك القابل للتشكيل بالحرارة — Thermoplastic

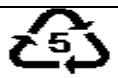
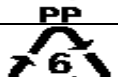
البلاستيك القابل للضبط بالحرارة — Thermosetting

البلاستيك القابل للتشكيل بالحرارة هى المركبات طويلة السلاسل التى تحتوى على مجموعات جانبية ليست مرتبطة بمجموعات فى سلاسل أخرى (not cross – linked) مما يجعلها تنصهر بالحرارة و تتجمد بالبرودة بأى عدد من للتكرار دون تغييرات كيميائية أثناء المعالجة. عموماً فأن مدى الحرارة المستخدم للانصهار يعتمد على النوع والخواص الفيزيائية المميزة له.

أما البلاستيك القابل للضبط بالحرارة فهي أيضاً مركبات طويلة السلاسل تحتوى على مجموعات جانبية ترتبط بمجموعات أخرى أثناء التشكيل فتصبح معقدة (cross – linked)مما يجعلها لا تنصهر بالحرارة مجدداً وبالتالي إعادة استخدامها صعباً .

ثالثاً : البلاستيك القابل للإعادة(شفرة إعادة الاستخدام - Recycling Code)

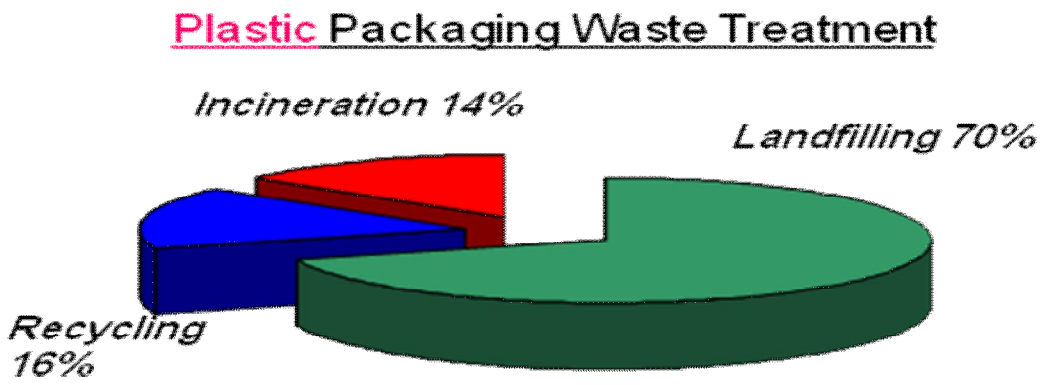
البلاستيك القابل للإعادة تم تصنيفه إلى سبعة مجموعات أعطيت أرقام توضع واضحة فى منتج للبلاستيك (مثلاً أسفل زجاجة المشروبات الغازية أو جركانة الزيت) وهذه الأصناف فقط هي التى يمكنك التفكير فى إعادة تصنيعها و استخدامها و لئلا ستكون عملية الإعادة غير مضمونة النتائج, الأصناف هي كما فى الجدول أدناه:

البلاستيك	الشفرة
(Polyethylene Terephthalate) PET	
(High Density Polyethylene) HDPE	
(Polyvinylchloride) PVC	
(Low Density Polyethylene) LDPE	
(Polypropylene) PP	
(Polystyrene) PS	
OTHERS	

لماذا إعادة استخدام البلاستيك

1. حوالي 200 بليون رطل من البلاستيك تنتج سنوياً وللأسف يذهب معظمها إلى باطن الأرض.
2. عند دفن البلاستيك فى الأرض يتحلل ببطء يتراوح بين 10 إلى 60 عام مما يعقد خصوبة التربة.
3. الإضافات المستخدمة فى تصنيع البلاستيك تعقد من كيفية التخلص منه بالدفن أو الحرق.
4. حرق البلاستيك ليس حلاً إذ يتوقع تحرير غازات ضارة بالبيئة ربما يمتد أثرها لتغييرات فظيعة فى مناخ الكرة الأرضية كما حصل فى حالة الاحتباس الحراري وثقب طبقة الأوزون.

يمكن أخذ فكرة عن سيناريوهات التخلص من النفايات من الشكل التالي حيث يمثل دفن النفايات النسبة الأكبر



العمليات التى تسبق إعادة الاستخدام

تسبق إعادة استخدام البلاستيك عادة عمليات متعددة و متنوعة الغرض منها دائماً تهيئة المادة المراد إعادة استخدامها . من أهم هذه العمليات الاتى:

أولاً: تجميع البلاستيك collection

يقصد بالتجميع هنا الحصول على المواد البلاستيكية المراد إعادة استخدامها من النفايات و العوادم . تعتبر عملية التجميع من المراحل الصعبة و المكلفة خصوصاً فى البلاد و المدن التى لم تضع بعد برامج نشطة لإعادة الاستخدام عبر تحديد محطات تجميع محددة و عبر توعية المستهلكين .

تزيد أهمية التجميع كمرحلة حساسة يراد بها توفير المادة الخام لإعادة الاستخدام و تبنى عليها المراحل القادمة .

عموماً فأن كل نوع من البلاستيك يجب أن تتم معالجته منفصلاً لأغراض إعادة الاستخدام و لكن الذين يقومون بعمليات التجميع لا يمكنهم فرز الأنواع المختلفة من البلاستيك و لذلك يتم التجميع لكل أنواع البلاستيك المتاحة بينما يقوم الذين يريدون إعادة استخدامه بعمليات الفرز للحصول على الأنواع المطلوبة.

ثانياً : الفرز sorting

يقصد بالفرز هنا تقسيم البلاستيك الذي يتم تجميعه لأغراض إعادة الاستخدام إلىأنواعه المختلفة كلُ على حدي . تأتى أهمية هذه المرحلة فى أن الأنواع المختلفة من البلاستيك لا يمكن معالجتها معاً وقد يتسبب وجود زجاجة واحدة من أل PVC وسط عشرات الآلاف من زجاجات الـ PET فى وسط ساخن لغرض الانصهار من دمار كل الكمية تماماً . يضاف لهذا أن كل نوع من البلاستيك له خواصه المميزةسواءاً كانت حرارية أو ميكانيكية أو كيميائية و التى تفرض ظروف معالجة مختلفة من نوع لآخر.عموماً يتم الفرز بطريقتين إما يدويا أو آلياً ولكل منهما محاسن و مساوي .

الفرز اليدوي

الفرز اليدوي هو الأقدم و المفضل لوحدات إعادة الاستخدام الصغيرة و هو بسيط وسهل و لكنه يتطلب خبرة و إلمام تام بأنواعالبلاستيك المختلفة علاوةً على زمن أكثر. تتم الاستفادة هنا من شفرات إعادة الاستخدام ومن معرفة استخدامات الأنواع المختلفة من البلاستيك .

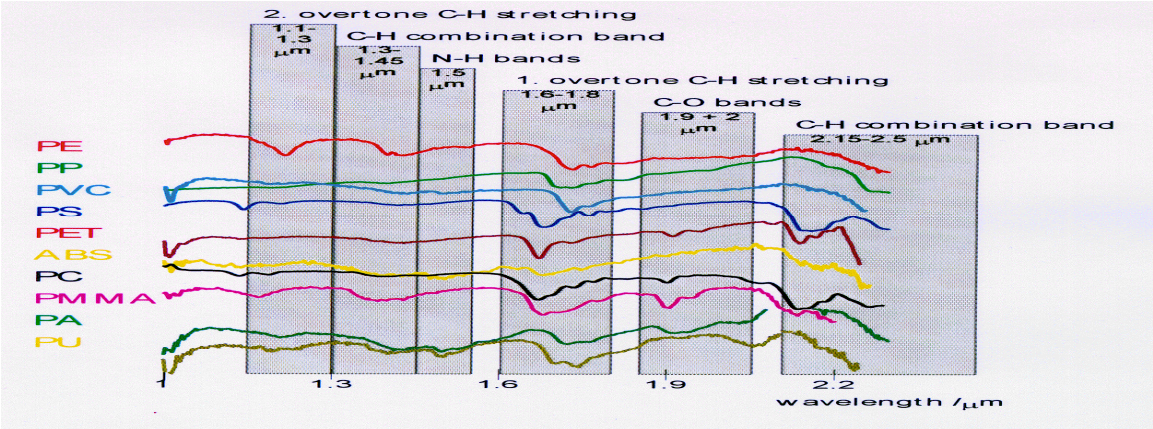
الفرز اليدوي إذن يناسب النفايات التى لم يتغير شكلها بعد استخدامها والتي لم تتشوه أو تتقطع بحيث تساعد الفريز من تحديد النوع دون مجهود .

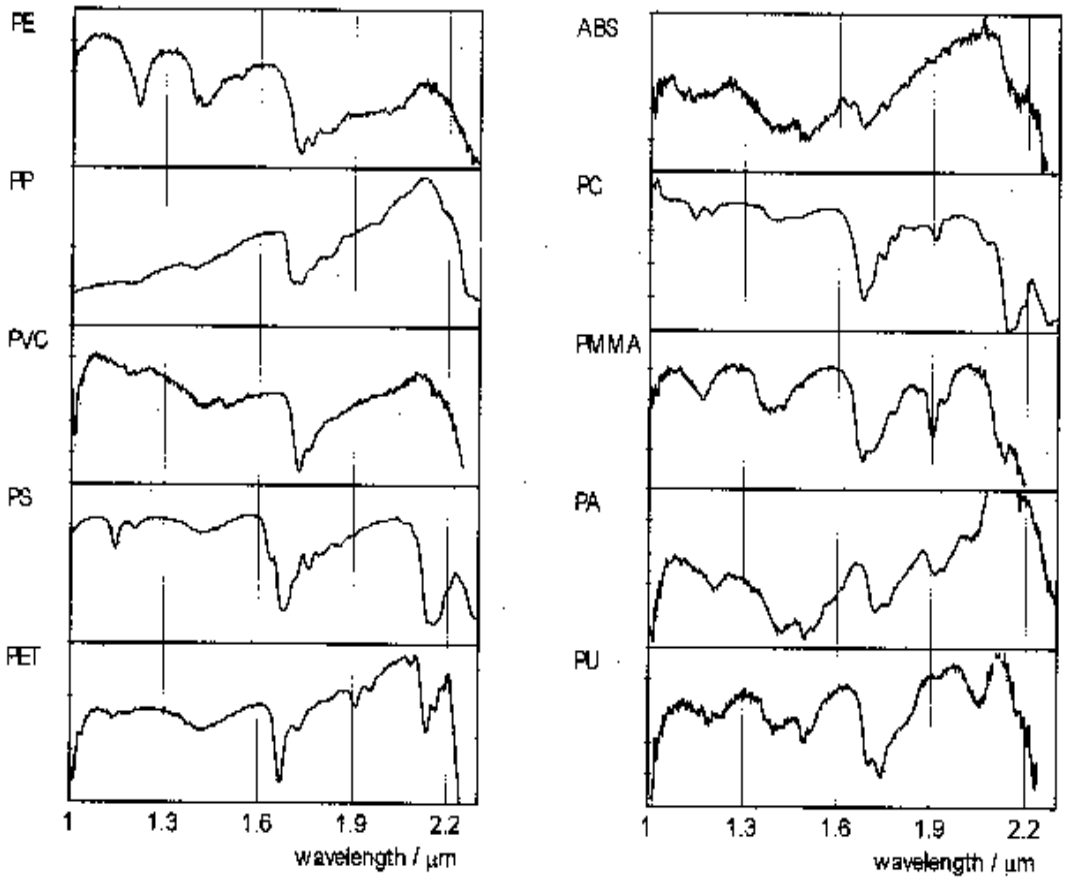
الفرز ألآلي

يقصد بالفرز الآلي أن يتم الفرز بشكل آلي وفق صفات أو خواص الأنواع المختلفة المراد فرزها دون تدخل الإنسان فى تحديد النوع. يتميز الفرز الآلي بالسرعة و الدقة . يكون الفرز الآلي أنسب للنفايات التى يصعب فرزها يدوياً أو النفايات كبيرة الكمية و التى تكون فى شكل لا يعكس استخدامها السابق مثل المطحونة.

من أشهر أشكال الفرز الآلي الفرز المبنى على كثافة البلاستيك علماً بأن كل نوع يتميز بكثافة فريدة . يستخدم لهذا الغرض حمام مائي يسمى تنك الطفح (Floatation Tank) و الذي يستطيع أن يفرز مثلاً جزيئات الـ PET من جزيئات الـ PVC وفق الكثافة حيث أن الأول يطفح بينما الثاني يغرق فى قاع التنك. هذا النوع من الفرز يكون أنسب لفرز نوعين فقط.

من ألإشكال الأخرى فى الفرز استخدام الخواص الضوئية optical أو النفاذيةtransmission و التى تمكن من فرز الأنواع المختلفة وفق التركيبة الكيمائية بشكل دقيق لا لبس فيه كما موضح فى الاشكال التالية.





ثالثاً : الغسيل washing

تكون مرحلة الغسيل مرحلة إعدادية ضرورية للبلاستيك بعد فرزه بغرض التخلص من الملوثات المكتسبة أثناء الاستخدام أو التى تصاحبه من النفايات و ذلك لضمان نقاء المادة المراد إعادة استخدامها تجنباً لاى تفاعلات جانبية متوقعة أثناء إعادة الاستخدام خصوصاً فى العمليات الحرارية. يتم تصميم عمليات الغسيل وفق المتغيرات التالية: نوع البلاستيك, نوع الملوثات,طريقة إعادة الاستخدام المراد استخدامها, الاستخدام الجديد المتوقع.

رابعاً : الطحن crushing

يقصد بالطحن تفتيت البلاستيك الى جزئيات صغيرة تمكن من إجراء عمليات إعادة الاستخدام (الحرارية و الكيميائية) بشكل سهل و مضمون لان الخامة ذات الحجم الكبير لا تتيح مساحة سطح مناسب للعمليات الفيزيائية و الكيميائية و كلما صغر الحجم كلما ذاد السطح المتعرض للمعالجات .

مرحلة الطحن تعتمد على الطريقة التى ستستخدم لإعادة الإست خدام و لذلك ليس من الضروري دوماً طحن البلاستيك ألا إذا كان سيتم معالجته حرارياً أو كيميائياً . تستخدم لأغراض الطحن طواحين خاصة لهذا الغرض و التى

غالباً ما تناسب أكثر من نوع وتعطى أكثر من حجم وفق ضبطها للمطلوب. من حسن الحظ أنه توجد طواحين عديدة فى السودان تمكن من طحن البلاستيك لإغراض إعادة الاستخدام منتشرة فى كلٍ من بحري و أمدرمان.

خامساً : سيناريوهات إعادة الاستخدام Recycling Models

تستخدم طرق متعددة لإعادة استخدام البلاستيك من أهمها:

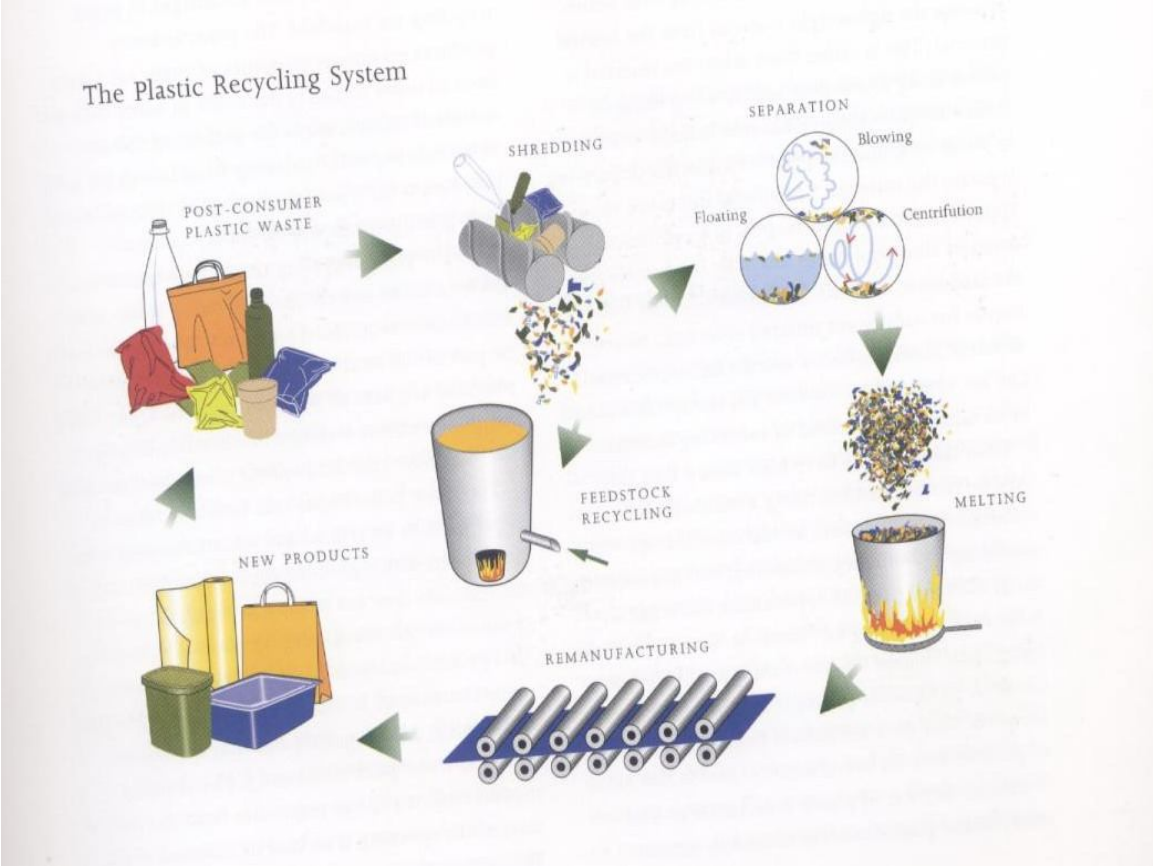
أولاً: الطريقة الأولية لإعادة الاستخدام Primary Recycling Model

فى هذه الطريقة يتم إعادة البلاستيك الذي يكون بنفس خواص و جودة الخامة الأساسية ويتم إعادة تشغيله لنفس الغرض الاساسى. هذا بالتأكيد يتطلب أن تكون نفايات البلاستيك المراد إعادة استخدامه أنقى ما يمكن و خالي تماماً من الشوائب المكتسبة.لذلك فإن هذه الطريقة تتطلب جهد أكثر وتكلفة أكبر مما جعل استخدامها للإعادة أندر.

ثانياً : الطريقة الثانوية لإعادة الاستخدام Secondary Recycling Model

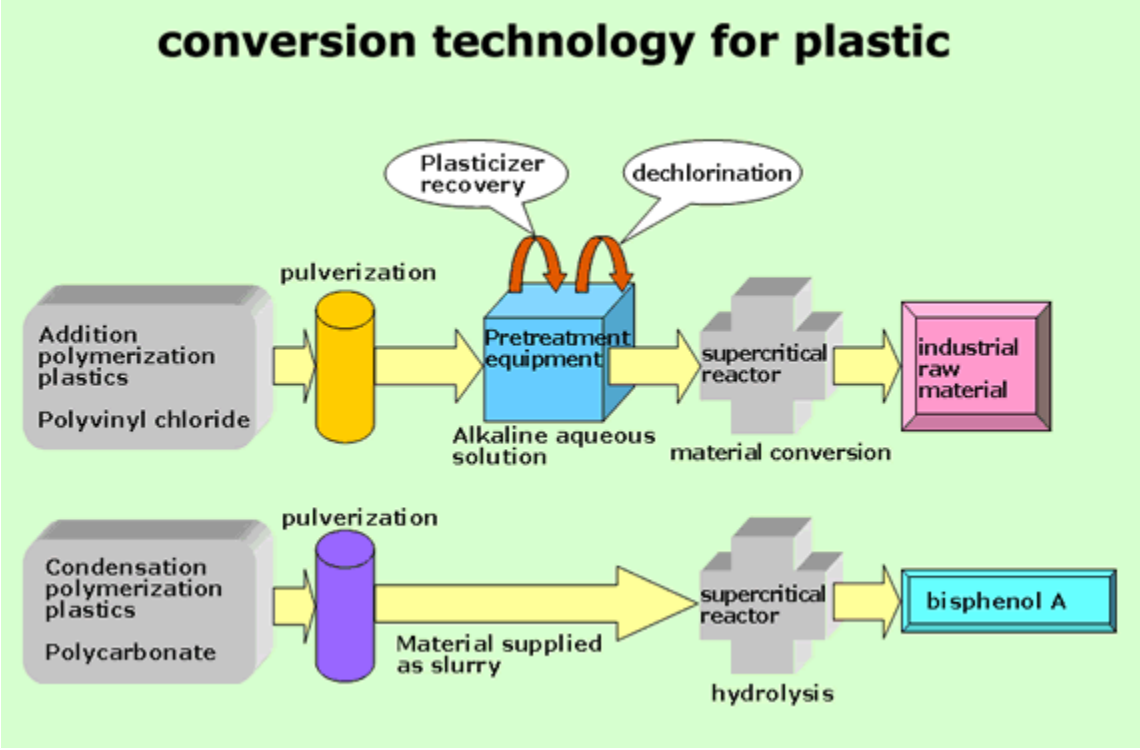
فى هذه الطريقة يتم إعادة البلاستيك ذو الجودة الأقل من الأصل لاستخدامات تتناسب مع خواصه الجديدة و التى تنتج من خلط عدد من الأنواعالمتوافقة من البلاستيك. عادةً يستخدم البلاستيك المعاد لإغراض يكون فيها بديلاً لخامات أخرى مثل الخشب و الحديد أو المسلح وذلك بسبب انخفاض الخواص الميكانيكية فيه.

الجدير ذكره هنا أن هذه الطريقة هي التى تتم عبرها المحاولات المختلفة لإعادة الاستخدام فى المستويات الابتدائية أو التجارية . حيث يتم تجميع نوع أو أكثر ثم يتم إعادته لأغراض جديدة. يمكن أخذ صناعة الأباريق و الصحون و الخلالات و الأمشاط ...الخ نماذج لهذه الطريقة.



ثالثاً : الطريقة الثالثية لإعادة الاستخدام. Tertiary Recycling Model

فى هذه الطريقة يتم إعادة البلاستيك إلى مكوناته الكيميائية و إلى وقود. هذه الطريقة تحتاج قطعاً إلى بنيات و قدرات علمية و صناعية مناسبة للوفاء بالأغراض المذكورة مثل المعرفة بالمكونات المراد إعادتها علاوة على الإلمام بالطرق الكيميائية و الفيزيائية المعقدة التى تساعد فى فصل هذه المكونات عن بعضها البعض. هذه الطريقة أصبحت تستخم بازدياد يوماً بعد يوم بعد أن أصبحت مركبات البلاستيك كتاباً مفتوح و بعد ما أصبحت الكيمياء الصناعية وسيلة مجربة ودقيقة و مفيدة.



رابعاً : الطريقة الرابعية لإعادة الاستخدام Quaternary Recycling Model

فى هذه الطريقة يتم إعادة البلاستيك بحرقه للاستفادة من الطاقة الحرارية المخزونة فيه. هذه الطريقة هي الأكثر شيوعاً و استخداما لإعادة البلاستيك لسببين هما:

1. المحتوى الحراري للبلاستيك كبير و الاستفادةمنه ضرورية أحياناً .
2. الحرق لا يتطلب وسائل معقدة لإعادة البلاستيك مثل الطرق الثلاثة ألأخرى .

الحرق كطريقة إعادة للبلاستيك يتم فى محارق خاصة لهذا الغرض و بمستويين هما:

- **حرق لإعادة المكونات الأساسية للبلاستيك** و الذى يمكن من إعادة 80 – 90 % من المكونات فى شكل مركبات أولية (غازات) بينما النسبة المتبقية نفايات يتم دفنها. أو حرق للإستفادة من الطاقة الحرارية العالية للبلاستيك لصنع البخار مثلاً .
- **حرق للتخلص من البلاستيك كنفايات** تلوث البئية.

فى كلا الحالتين الحرق ينتج ملوثات للهواء و البئية قد تكون ضارة للبشرية و تتسبب فى أضرار بئية وخيمة ويعزى خرق طبقة الاوزون إلى إسباب مشابهة . هذا الامر أستدعى الباحثين من تطوير طرق ووسائل مستحدثة للحرق تقليلاً للمضار البئية.

سادساَ : طرق أعادة الاستخدام Recycling Methods

1. الطريقة الحرارية‌الميكانيكية (الصهر بالحرارة و التشكيل ميكانيكى).Thermo mechanical recycling
2. الطريقة الميكانيكية (تشكيل من دون صهر).Mechanical recycling
3. الطريقة الكيميائية (تفاعلات لإعادة المكونات الاساسية).Chemical recycling
4. الطريقة الحرارية (حرق لإعادة المكونات أو الإعدام).Incineration
5. الطريقة الهندسية (إستخدام هندسى بسيط).Engineering recycling

ملحق رقم(1) مركبات البلاستيك الاساسية

المركب	الاصل الكيميائى	الاستخدام
Acetal1954	formaldehyde CH_2O	Gears, bearings, cams, housings, conveyors and any number of moving parts in appliances, business machines, etc.
1936 Polyacrylics	Acrylic esters $CH_2CHCOOR$	Lighting diffusers; outdoor signs; automobile tail lights; washbasins and sinks; safety shields; furniture (e.g., tables);
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) 1948	They are made of three different monomers: acrylonitrile CH_2CHCN, butadiene $CH_2CHCHCH_2$ and styrene $C_6H_5CHCH_2$, to create a single material that draws on the best properties of all three.	Appliances, automotive parts, pipe, business machines and telephone components.
Cellulosics	Cellulose$[(C_6H_{10}O_5)n]$	Knobs, appliance housings, handle toys, packaging, consumer products, and automotive parts, among many other products.
Melamine-Formaldehyde	formaldehyde HCHO melamine $C_3N_3(NH_2)_3$	Electrical applications, and in bonding, adhesives and coatings products
Phenolic	phenol C_6H_5OH	Adhesives, casting resins, potting compounds, and laminating resins.
Polyethylene during the World War II years	ethylene gas C_2H_4	Packaging films; trash, garment, grocery and shopping bags; molded house wares; toys; containers; pipe; drums; gasoline tanks; coatings and many others.
1957 Polypropylene	propylene CH_3CHCH_2	Packaging, automotive, appliances and carpeting.
Polystyrene after World War II	styrene $C_6H_5CHCH_2$	Foam cups and containers, protective packaging and building insulation.
1920s Polyvinyl Chloride	vinyl chloride CH_2CHCl	flooring, wall coverings, pipe, siding, apparel and accessories
1970s Polyester	PET ethylene glycol $[CH_2OHCH_2OH]$ dimethyl terephthalate (DMT)	Soda bottles and textiles, but they are also used in X-ray film, magnetic tape (audio, video and computer)

ملحق رقم(2) نماذج منتجات البلاستيك المعاد

ملحق رقم(3) نماذج لإعادة الاستخدام الهندسية