

TÁI CHẾ NHỰA POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) VÀ ỨNG DỤNG NHỰA ĐÃ QUA TÁI CHẾ

Văn Phạm Đan Thủy¹, Trương Hà Phương Ân¹ và Nguyễn Thanh Việt¹

¹ Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 16/04/2015

Ngày chấp nhận: 17/08/2015

Title:

Recycling polyethylene terephthalate (PET) and its applications

Từ khóa:

Polyethylene terephthalate (PET), tái chế, ứng dụng

Keywords:

Polyethylene terephthalate (PET), recycle, applications

ABSTRACT

PET is one of the common types of materials which are widely used in many fields with a significant growth rate. With a wide range of uses, PET almost replaces the traditional materials such as wood, ceramic, and glass. However, due to the increasing assumption of PET and its short life cycle, the amount of PET waste thrown into the environment is very large every year. Therefore, recycling or re-use of PET waste is essential to prevent environmental pollution and reduce the natural resources exploration. Study on PET recycling methods and applications of recycled PET is a matter of concern today.

TÓM TẮT

Polyethylene terephthalate (PET) là một trong những loại vật liệu phổ biến được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực với tốc độ tăng rất nhanh. Với phạm vi sử dụng rộng, PET hầu như dần thay thế các loại vật dụng truyền thống khác như gỗ, sứ, thủy tinh... Vì mức độ tiêu thụ nhựa PET ngày càng nhiều, vòng đời sử dụng tương đối ngắn nên hàng năm lượng rác thải từ nhựa PET thải ra môi trường là rất lớn. Do vậy, việc ứng dụng công nghệ tái chế hoặc tái sử dụng nhựa PET phế thải là hết sức cần thiết, góp phần ngăn ngừa ô nhiễm môi trường, đồng thời hạn chế khả năng khai thác nguồn tài nguyên. Việc tìm hiểu các phương pháp tái chế PET cũng như khả năng, phạm vi ứng dụng PET tái chế là vấn đề cần quan tâm nhất hiện nay.

1 GIỚI THIỆU

Nhựa (hay còn gọi là chất dẻo hoặc polymer) là các hợp chất cao phân tử và chứa các đơn vị tái lặp trong suốt chiều dài mạch, được dùng làm vật liệu để sản xuất nhiều loại vật dụng trong đời sống hàng ngày cho đến những sản phẩm công nghiệp.

Nhựa phế thải là sản phẩm, vật liệu nhựa bị loại ra trong sản xuất hoặc tiêu dùng. Một số loại nhựa phế thải có thể làm nguyên liệu ngành tái chế đồ là nhựa nhiệt dẻo như PET, PE, PP, PS...

Nhựa nhiệt dẻo là nhóm vật liệu Polymer có khả năng lặp lại nhiều lần quá trình chảy mềm dưới tác dụng nhiệt và trở nên đóng rắn (định hình) khi

được làm nguội. Trong quá trình tác động nhiệt của nó chỉ thay đổi tính chất vật lý không có phản ứng hóa học xảy ra. Với đặc tính đó mà nhựa nhiệt dẻo có khả năng tái sinh nhiều lần, chính vì vậy mà những phế phẩm phát sinh trong quá trình sản xuất hoặc tiêu dùng đều có khả năng tái chế được.

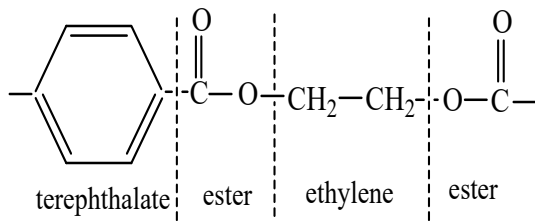
1.1 Khái niệm tái chế

Tái chế là hoạt động thu hồi lại từ chất thải các thành phần có thể sử dụng để chế biến thành những sản phẩm mới sử dụng lại cho các hoạt động sinh hoạt và sản xuất (Hoàng Anh, 2006). Có hai quá trình tái chế chính là tái chế vật liệu bao gồm các hoạt động thu gom vật liệu có thể tái chế từ rác thải, xử lý và sử dụng vật liệu này để sản xuất các

sản phẩm mới và thu hồi nhiệt bao gồm các hoạt động sản xuất năng lượng từ rác thải nhựa.

1.2 Khái niệm nhựa PET

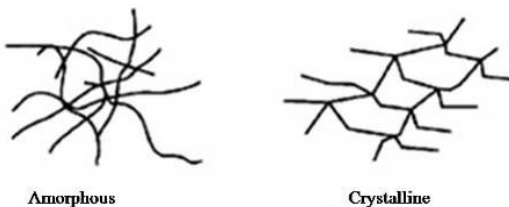
Polyethylene terephthalate (được gọi là PET, PETE hoặc PETP hoặc PET-P) là nhựa nhiệt dẻo thuộc họ polyester được hình thành từ các acid trung gian terephthalic (TPA) và ethylene glycol (EG). PET được dùng trong tổng hợp xơ sợi, vật đựng đồ uống, thức ăn và các loại chất lỏng. Ngoài ra, có thể dùng làm vỏ cứng bọc vật dụng nhằm tạo thành một màng chống thấm khí và âm rất tốt.



Hình 1: Công thức cấu tạo của polyethylene terephthalate

1.2.1 Cấu trúc phân tử và hình thái học

Các đặc tính của PET được quyết định bởi quá trình xử lý nhiệt, nó có thể tồn tại cả hai dạng: vô định hình (Amorphous); kết tinh (Crystalline) và bán kết tinh (Semi-crystalline).



Hình 2: Cấu trúc của PET

N.S. Murthy et al., 1991

Ở dạng vô định hình (amorphous), các phân tử của PET sắp xếp không có trật tự, không theo một quy luật nào, hình thái ngoại quan là trong suốt.

Ở dạng kết tinh (crystalline), các phân tử sắp xếp theo một trật tự nhất định. Ngoại quan đục (không trong suốt). Tính chịu nhiệt và độ bền cao hơn so với dạng vô định hình. Cấu trúc kết tinh được hình thành bằng hai cơ chế: Dùng nhiệt hoặc định hướng bằng cách kéo cơ học.

Dạng bán kết tinh (Semi-Crystalline). Ngoại quan đục (không trong suốt), Cấu trúc tinh thể có 50% kết tinh (crystalline).

1.2.2 Tính chất của PET

PET là một polyeste mạch thẳng, có độ định hướng lớn do đó có kết cấu chặt chẽ, khó bị thủy phân, bền cơ học cao, có khả năng chịu lực xé, chịu mài mòn cao, tương đối cứng rất ít giãn khi bị tác động của ngoại lực. Khi cháy tạo ngọn lửa màu vàng và tiếp tục cháy khi cách ly khỏi ngọn lửa. Độ bền kéo của màng PET tương đương màng nhôm và gấp ba lần màng polycarbonate và màng polyamide. Ở nhiệt độ thường nó là polyme vô định hình có độ định hướng cao, trong suốt, nhưng ở nhiệt độ gần 80°C thì xuất hiện kết tinh mờ đục.

PET có độ hòa tan rất bé trong dung môi hữu cơ và hoàn toàn không thấm nước, thấm khí rất thấp. PET khá bền nhiệt, cấu trúc hóa học của mạch PET vẫn chưa bị biến đổi ở 200 °C, tuy nhiên ở nhiệt độ khoảng 70°C có thể làm biến dạng co rút màng PET. Bền hóa học (cả HF), H₃PO₄, CH₃COOH, axit béo... không bền với HNO₃ và H₂SO₄ đậm đặc (do tác dụng với gốc este).

1.3 Giới thiệu PET tái chế

PET tái chế là sản phẩm của quá trình sản xuất hoặc chế tạo từ nhựa PET đã qua sử dụng. PET sau khi sử dụng được thu gom phân loại ở các cơ sở tái sinh, làm sạch rồi đóng thành kiện hay cắt nhỏ thành dạng vảy (Das et al., 2007). Thông thường có rất ít thông tin về tính chất của PET tái chế (R-PET), do sản phẩm sau tái chế thường khó xác định được tính chất cũng như thành phần của vật liệu

1.4 So sánh PET nguyên sinh và PET tái chế

So với PET nguyên sinh, tính chất của PET tái chế thấp hơn về khối lượng phân tử trung bình, độ nhớt, nhiệt độ nóng chảy cũng như độ dẫn dài. Nhưng không vì thế mà PET tái chế thiếu thị trường tiêu thụ. PET sau khi tái chế được ứng dụng rộng rãi trong đời sống như sử dụng thổi chai mới, thùng chứa, sợi thảm, màng nhựa (Upasani, et al., 2012)... và trong xây dựng PET được ứng dụng để sản xuất nhựa đường và bê tông hỗn hợp (Awaja, et al., 2005). Bên cạnh đó, với các thành phần về nguyên liệu, năng lượng và giá thành hạt nhựa cũng như đầu ra sản phẩm tương đối thấp hơn so với PET nguyên sinh. Nhưng việc tiêu hao ít năng lượng cũng như hạn chế lưu lượng khí thải NO₂, SO₂, bụi, dioxin và các khí độc khác (Ali, et al., 2005) ra môi trường cho thấy giải quyết được vấn đề lo ngại của toàn cầu và có ý nghĩa thực tiễn đối với các hoạt động sản xuất của ngành nhựa giúp giảm thiểu chất thải từ chai nhựa PET, bảo vệ môi trường, mang lại lợi ích kinh tế cho ngành nhựa và giảm chi phí chôn lấp tiết kiệm năng lượng.

Bảng 1: So sánh PET nguyên sinh và PET tái chế

TT	Tính chất	PET nguyên sinh	PET tái chế
1	Khối lượng phân tử trung bình M_w (g/mol)	$3.2 \times 10^4 - 4.2 \times 10^4$	$2.9 \times 10^4 - 3.8 \times 10^4$
2	Độ nhớt μ (dl/g)	0.74 - 0.8	0.61 - 0.69
3	Nhiệt độ nóng chảy T_m (°C)	245 - 250	226 - 240
4	Độ dẫn dài	>200	<10
5	Nguyên liệu-Năng lượng	Tiêu tốn nhiều	Tiêu tốn ít
6	Giá thành hạt nhựa(VNĐ/tấn)	27- 28 triệu	13-24 triệu
7	Phạm vi ứng dụng	Dùng cho các mặt hàng cao cấp	Dùng cho các mặt hàng thứ cấp

2 TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU VỀ TÁI CHẾ PET

Thế giới

Trong những năm gần đây, số lượng chai nhựa PET tái chế tăng gấp đôi, chiếm 30% tổng lượng chai PET được tiêu thụ trên thế giới. Các quốc gia có nền kinh tế phát triển đã xây dựng một chiến lược quản lý chất thải rắn. Trong đó, chính sách thu hồi và tái sinh chất thải nhựa đóng vai trò rất yếu trong toàn bộ hệ thống. Hiện nay, thế giới đang phải đối mặt với nhiều khó khăn như kinh tế đang trong thời kỳ suy thoái, môi trường bị ô nhiễm nặng nề, các nguồn tài nguyên ngày càng cạn kiệt, đặc biệt là tài nguyên có nguồn gốc từ dầu mỏ. Chính vì vậy, để góp phần hạn chế ô nhiễm môi trường và bảo tồn nguồn tài nguyên hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt, thì vấn đề tái chế PET đã được các nước quan tâm từ rất lâu, nhiều công trình nghiên cứu về tái chế PET đã và đang được thực hiện như xử lý PET bằng kiềm (Wang, *et al.*), tái chế PET bằng phương pháp hóa học như đường phân, methanol phân, thủy phân (Dutta and Soni, 2013) tái chế hóa học PET thành sợi ứng dụng trong ngành công nghiệp dệt (Upasani, *et al.*, 2012). Nhìn chung, trên thế giới công nghệ tái chế PET liên tục đổi mới theo thời gian.

Việt Nam

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu tái chế PET đã được chú trọng từ lâu. Đã có các đề tài nghiên cứu cơ bản, các chương trình khoa học công nghệ cấp Nhà nước về tái chế nhựa truyền thống để thu hồi và bảo tồn sản phẩm có nguồn gốc từ dầu mỏ. Hiện nay, nhiều nhà khoa học đã nỗ lực nghiên cứu nhằm tìm ra phương pháp hiệu quả và kinh tế nhất để tái chế PET thải. Một số công trình nghiên cứu về tái chế PET đã được công bố như phản ứng cắt mạch PET bằng dietylen glycol (Võ Thị Hai và Hoàng Ngọc Cường, 2008), chế tạo phụ gia chống cháy từ nhựa PET thải (Hoàng Thị Đông Quy, *et al.*, 2012), nhiều dự án cũng xây dựng thành công công nghệ tái chế nhựa PET phế thải thành nhựa polyester không no để chế tạo vật liệu composite ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như: giao thông vận

tải, xây dựng, thủy sản và bưu chính viễn thông. Tuy nhiên, nó vẫn không đáp ứng được nhu cầu sử dụng ngày càng cao của con người, do đó tái chế PET là hướng đi đang thực sự thu hút các nhà nghiên cứu. Vì vậy, vấn đề giải quyết rác thải nhựa từ chai PET thực sự cần thiết và mang lại hiệu quả kinh tế bởi có thể tiết kiệm chi phí xử lý rác thải nhựa.

2.1 Các phương pháp tái chế PET

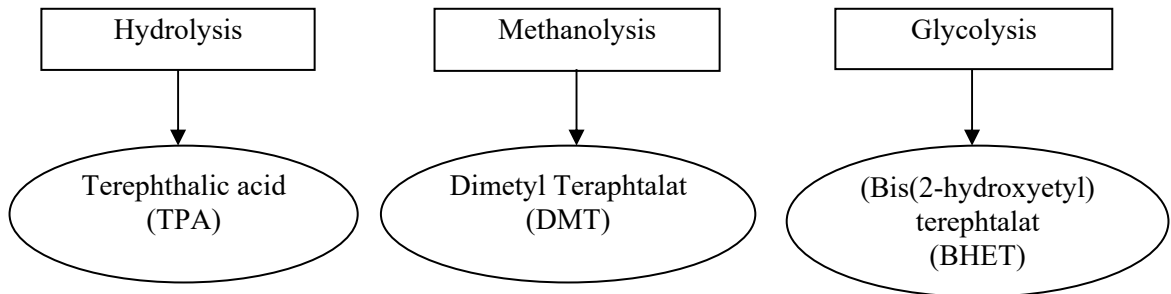
Hiện nay, có nhiều phương pháp khác nhau để xử lý PET thải như chôn lấp, tái sử dụng lại hoặc tái chế. Do hầu hết nhựa PET không thể tự phân hủy sinh học, khi xử lý bằng cách đốt hoặc chôn lấp sẽ gây ô nhiễm môi trường, thoái hoá đất, phát sinh các khí độc hại gây ảnh hưởng đến sức khoẻ con người. Do đó, tái chế PET là phương pháp khả thi nhất cho việc xử lý PET thải. Đặc biệt, đây còn là nguồn nguyên liệu đầu vào giá rẻ cho một số ngành sản xuất khác.

Các phương pháp tái chế PET chính là phương pháp cơ học và phương pháp hoá học. Với phương pháp cơ học, đơn thuần là thu gom, rửa sạch, băm nhỏ, sấy khô, tái gia công. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là hạt nhựa tái chế có chất lượng thấp, không xác định được thành phần và hàm lượng tạp chất nên PET sau tái chế có độ nhớt rất thấp. Do đó, tái chế hoá học ngày càng trở nên hiệu quả để xử lý PET thải (Dutta and Soni, 2013).

2.1.1 Tái chế bằng phương pháp hóa học

Phương pháp tái chế hóa học, còn được gọi là tái chế monomer, là phương pháp phân hủy các polyme và đưa chúng trở về các thành phần ban đầu (hydrocacbon) sao cho có thể sử dụng làm nhiên liệu hoặc nguyên liệu cho phản ứng polymer hóa. Phương pháp hóa học không chỉ tạo ra nguồn nguyên liệu có tính chất giống PET ban đầu mà còn tạo ra những nguyên liệu mới có thể ứng dụng vào các lĩnh vực sản xuất, nghiên cứu khác. Tái chế bằng phương pháp hóa học có những ưu điểm như hiệu suất thu hồi cao, sản phẩm không bị giảm cấp sau quá trình tái chế, thành phần ổn định. Tuy nhiên, phương pháp này còn hạn chế do sử dụng nhiều dung môi dẫn đến tăng giá thành sản phẩm.

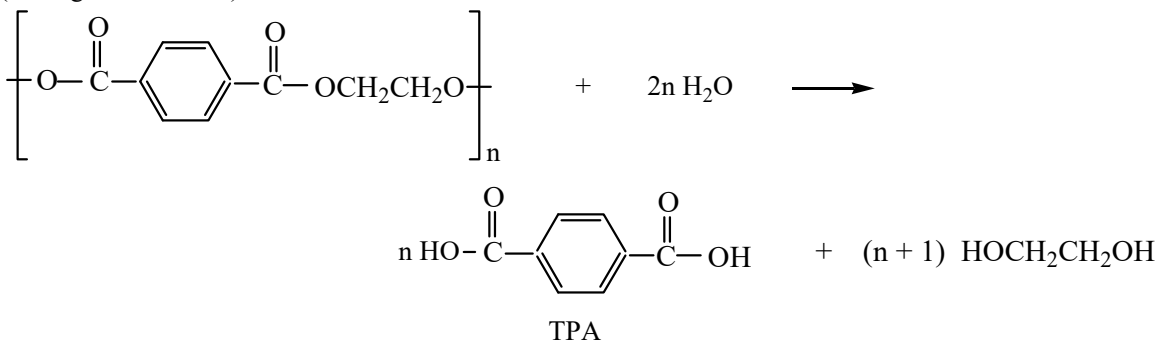
Phương pháp hóa học được chia làm 3 loại: Thủy phân (hydrolysis), rượu phân (methanolysis) và glycol phân (glycolysis) (Dutta, Soni, 2014).



Hình 3: Các phương pháp tái chế hóa học

Thủy phân (hydrolysis): Trong phản ứng thủy phân nhựa PET có thể dùng xúc tác axit vô cơ hoặc kiềm. Sản phẩm của phản ứng là terephthalic acid (TPA) thô được xử lý bằng than hoạt tính để loại bỏ tạp chất và sau đó tái kết tinh bằng dung môi (thường là axit axetic) để thu được TPA có độ tinh

khuyết tương đương với độ tinh khiết TPA có trên thị trường. Với phương pháp này, phản ứng xảy ra chậm, cần nhiều giai đoạn để làm sạch TPA, giá thành cao, cho nên phương pháp ít được sử dụng cho tái chế PET với quy mô công nghiệp.

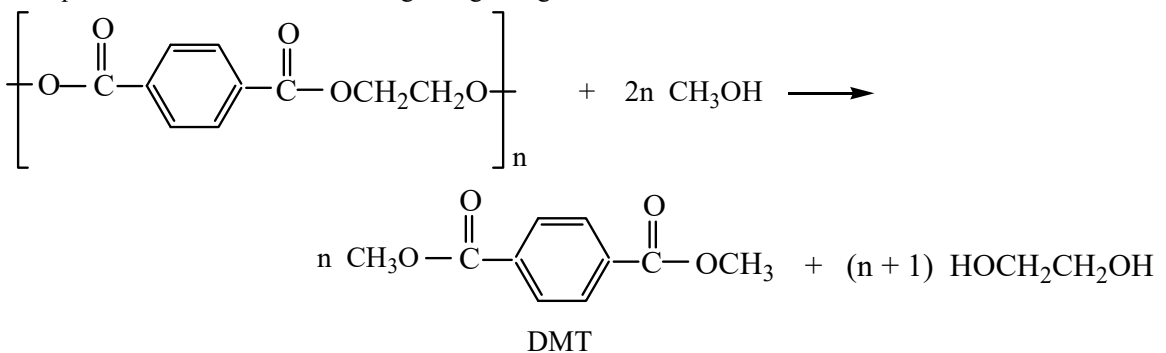


Hình 4: Phương trình phản ứng thủy phân

Dutta & Soni (2014)

Rượu phân (methanolysis): Tác nhân khử trùng hợp là rượu methylic ở nhiệt độ khoảng 200 °C, dưới áp suất cao. Phản ứng rượu phân rất có hiệu quả để tái chế nhựa PET ở dạng màng, dạng

sợi và chai. Tuy nhiên, quá trình phân tách sản phẩm của phản ứng cần chi phí cao, phương pháp này ít kinh tế.

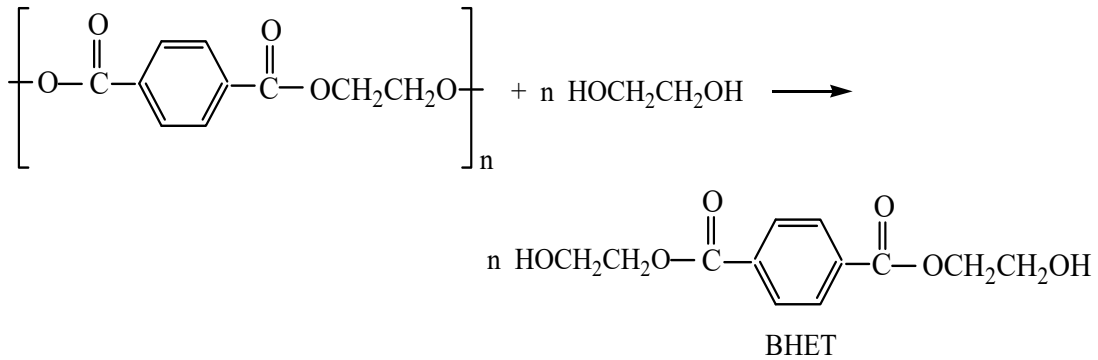


Hình 5: Phương trình phản ứng rượu phân

Dutta & Soni (2014)

Glycol phân (glycolysis): Phản ứng glycol phân PET được tiến hành dưới áp suất cao, nhiệt độ 180-220 °C trong môi trường khí trơ (N₂) để tránh oxy hoá các polyol tạo thành. Sản phẩm của phản ứng là monome bis(2-hydroxyetyl) terephthalat

(BHET) cùng với oligome. Tinh chế BHET bằng phương pháp lọc nóng dưới áp suất để loại các tạp chất. Sau đó làm sạch bằng than hoạt tính để khử màu và tạp chất. Hiện nay, đây là phương pháp đang được sử dụng phổ biến nhất.



Hình 6: Phương trình phản ứng glycol phân

Dutta & Soni (2014)

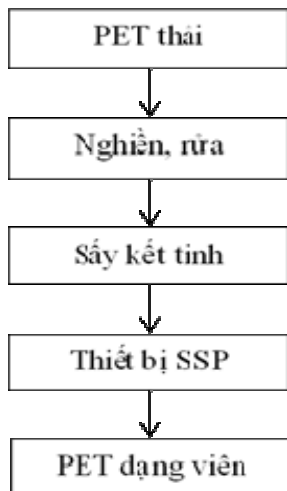
2.1.2 Tái chế bằng phương pháp cơ-lý

Chai PET sau khi sử dụng xong được thu gom, rửa sạch, băm nhỏ, sấy khô và tái gia công. Hiện nay, có 2 công nghệ chính: công nghệ SSP và công nghệ biến tính PET.

a. Công nghệ SSP

Việc xử lý phế liệu bằng thiết bị SSP chia ra 2 phương pháp: phương pháp chân không và dùng khí trơ (N₂).

Công nghệ SSP dùng khí N₂ làm chất tải nhiệt



Hình 7: Quy trình công nghệ SSP dùng khí N₂ làm chất tải nhiệt

Fugen DAVER et al. (2007)

PET thải sau quá trình nghiền rửa và sấy được nạp liệu liên tục cho máy đùn hai trục vít, hạt R-PET từ máy đùn được xử lý trong thiết bị kết tinh để tăng độ kết tinh nhằm tránh sự tạo thành các kết tụ khi xử lý bằng thiết bị SSP ở nhiệt độ 200 – 250 °C ở điều kiện không có oxy và hơi ẩm trong khoảng thời gian xác định (10 – 12 giờ) nhằm đạt được I.V mong muốn đồng thời loại bỏ sản phẩm của phản ứng (nước, ethylene glycol, acetaldehyde) cũng như các tạp chất dễ bay hơi (dung môi, chất tẩy rửa, mực in, ...). Khí nitơ sạch và khô được dùng làm môi trường tải nhiệt. Quá trình xử lý là một quá trình không liên tục và lợi điểm của nó là tạo ra sản phẩm khác nhau tùy theo nhu cầu sử dụng.

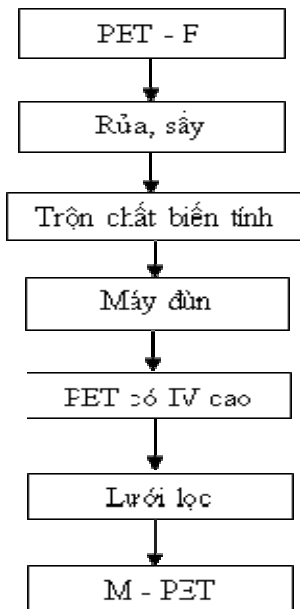
Công nghệ SSP dùng phương pháp chân không

Công nghệ SSP dùng phương pháp chân không được vận hành tương tự phương pháp SSP dùng khí N₂. Tuy nhiên, phương pháp này sẽ xảy ra nhanh hơn do hiệu quả loại bỏ nước và ethylene glycol tốt hơn, chi phí vận hành thấp hơn phương pháp dùng khí N₂.

b. Công nghệ biến tính phế liệu

Quá trình bắt đầu từ PET-F sau khi rửa được trộn với chất biến tính silicone lỏng trong thiết bị trộn ở 140 – 150 °C, thời gian khoảng 90 phút. Nguyên liệu được nạp liệu cho máy đùn hai trục vít. Ở nhiệt độ cao, chất biến tính sẽ tạo mạch PET ngắn và PET phân nhánh có khối lượng phân tử lớn. Với lưới lọc mịn có thể loại bỏ những tạp chất rắn không nóng chảy. Từ đó, cho ra M-PET có thể

không cao sau quá trình biến tính. Tuy nhiên, độ bền cơ tính thì tương đương với nhựa PET nguyên sinh.



Hình 8: Công nghệ biến tính PET

Fugen DAVER et al. (2007)

3 ỨNG DỤNG CỦA PET TÁI CHẾ

3.1 Trong lĩnh vực đời sống

Trong cuộc sống hiện đại, việc sử dụng các vật dụng như chai nhựa, màng nylon bọc thực phẩm, ống nhựa dẫn nước... đã trở nên quen thuộc với đời sống con người. Sản phẩm nhựa trở thành một phần không thể thiếu trong cuộc sống cũng như trong công nghiệp. Nhựa được ứng dụng rất phổ biến từ bao bì chứa thực phẩm đến hóa chất công nghiệp và gia dụng.

Trên thực tế, nhựa tái chế có tính ứng dụng cao, một số nơi có ý tưởng chế biến nhựa phế thải thành dầu thô, tái chế thành thảm, chế biến dầu xanh từ nhựa phế thải. Các nguyên liệu sợi công nghiệp làm từ nhựa PET tái chế được dùng để tạo ra nhiều loại sản phẩm khác nhau như quần áo, giày, khăn tắm, chăn... Những hoạt động này đã góp phần làm giảm giá thành và giúp giải quyết vấn đề khan hiếm nguyên liệu sản xuất.

3.2 Trong lĩnh vực vật liệu

Một ứng dụng quan trọng của PET tái chế trong lĩnh vực vật liệu là việc sử dụng các vật liệu polyme gia cố bằng sợi thủy tinh đã phát triển nhanh chóng trong những năm qua. Các hợp chất cao phân tử đầu tiên sử dụng sợi thủy tinh cắt nhỏ

dựa trên polyeste không no và nhựa epoxy, nhưng gần đây các vật liệu nhựa nhiệt dẻo đã được ứng dụng chẳng hạn như poly (ethylene terephthalate) (PET). Sợi thủy tinh là những vật liệu gia cố sử dụng nhiều nhất trong nhựa nhiệt dẻo với nhiều đặc tính mong muốn như chi phí thấp, cách nhiệt và độ bền kéo cao, kháng hóa chất. Do đó, vật liệu tổng hợp dựa trên nhựa nhiệt dẻo và sợi thủy tinh là sự kết hợp dễ dàng. Tuy nhiên, các đặc tính kỵ nước, ưa nước khác nhau giữa các sợi thủy tinh và nhựa dẫn đến độ bám dính kém ảnh hưởng đến tính chất cơ học của vật liệu tổng hợp. Vì vậy, việc sử dụng chất phụ gia hoạt tính nhằm cải thiện độ bám dính giữa các sợi và polyme.

3.3 Lĩnh vực xây dựng

PET tái chế được ứng dụng trong xây dựng là vấn đề phổ biến nhất hiện nay. Việc ứng dụng PET tái chế vào xây dựng nhằm nâng cao hiệu suất cách nhiệt, cải thiện tính chất cơ học của bê tông vì lợi ích kinh tế và môi trường. Các vật liệu cách nhiệt và điện cho ngành công nghiệp xây dựng là một trong những ứng dụng khả thi của PET tái chế.

Một số ứng dụng đang được quan tâm hiện nay như: Cốt vật liệu cho bê tông polyme, gạch, nhựa đường, sơn, nhằm tạo sự thân thiện với môi trường và tránh lãng phí tài nguyên.

Bê tông polyme (PC) với nhiều tính năng tốt như: Khả năng chống ăn mòn, chịu nhiệt, chịu nén và có độ bền kéo tốt hơn so với bê tông thông thường (spemat.com). Vì lý do này, bê tông polyme được sử dụng trong nhiều công trình như cống hộp, thùng chứa chất thải nguy hại, các đường rãnh, cống sần và trong việc sửa chữa làm lớp phủ của bề mặt bê tông xi măng như đường và cầu bị hư hỏng. Sự kết hợp giữa nhựa PET tái chế vào bê tông polyme giúp giảm chi phí vật liệu giải quyết một số vấn đề chất thải rắn gây ra và tiết kiệm năng lượng. Trong thực tế, một cuộc khảo sát gần đây xếp ứng dụng nhựa ít tốn kém là yếu tố quan trọng nhất cần thiết cho việc sử dụng trong tương lai của bê tông polyme (Byung-Wan Jo, 2008). Và điều này đã làm cho thị trường tiêu thụ PET tái chế ứng dụng vào bê tông polyme có sự tăng buộc. Chất kết dính được sử dụng cho bê tông polyme bao gồm epoxy, MMA (Methyl Methacrylate), và polyester không no,... nhằm cải thiện đáng kể hiệu suất.

Hiện nay, hỗn hợp nhựa đường polyme cải tiến là một hỗn hợp tương đối tốn kém cho lát đường. Một cách để giảm chi phí của công trình xây dựng và làm cho chúng thuận tiện hơn là sử

dụng polyme rẻ tiền, tức là polyme chất thải. Vì vậy, việc kết hợp giữa nhựa phế thải PET trên những đặc tính kỹ thuật của hỗn hợp đá nhựa đường mastic (SMA) giúp tăng độ cứng của hỗn hợp, nâng cao độ kháng cự, chống lại sự biến dạng, tăng đáng kể độ bền và khả năng chống lún (Esmacil Ahmadinia, 2012). Sự kết hợp bê tông nhựa với các polyme đường như có tiềm năng lớn nhất cho ứng dụng thành công trong việc thiết kế mặt đường mềm để tăng chiều dài tuổi thọ của mặt đường hoặc để giảm độ dày lớp vỉa hè.

Gạch mosaic 100% tái chế là sự kết hợp giữa PET tái chế (85%) và phụ gia khoáng tái chế (15%). Quá trình sản xuất tiêu thụ ít năng lượng, không thải ra các chất ô nhiễm và tạo ra không chất thải. Mỗi mét vuông của gạch mosaic ngăn chặn việc phát thải 3 kg CO₂ vào bầu khí quyển và loại bỏ 66 chai PET từ môi trường. Gạch Mosaic độ bền cao, đẹp và dễ vận chuyển. Một lợi thế là gạch Mosaic có thể được áp dụng cho nền hoặc vách ở cả khu vực trong nhà và ngoài trời, chẳng hạn như nhà bếp, phòng tắm, mặt tiền hoặc thậm chí bể bơi.

PET tái chế là một polymer ngưng tụ gồm ethylene glycol (EG) và axit terephthalic (TPA) được sử dụng trong tổng hợp nhựa sơn. Nhựa alkyd được tổng hợp từ PET tái chế như là một chất thay thế cho EG và anhydrit phthalic (PA). Sau khi thay đổi thành phần monome của nó, cuối cùng đã cho thấy những đặc điểm tương tự như nhựa ban đầu. Việc sử dụng PET tái chế trong tổng hợp nhựa alkyd cho thời gian khô, độ cứng và khả năng chống mài mòn tốt hơn so với sơn ankyd thường (A. Torlakoglu, 2009). Ngoài ra, việc sử dụng PET tái chế trong alkyd giúp tiêu thụ khối lượng của PET tái chế một cách đáng kể.

3.4 Một số ứng dụng khác của PET tái chế

Phụ tùng ô tô: tấm phủ ghế, hộp đựng pin, cánh quạt và các tấm cửa, tấm lót khoang hành lý được sản xuất bằng chất liệu PET bền, đẹp, chống thấm nước, dễ vệ sinh (Panda, *et al.*, 2010). Ngoài ra, còn được ứng dụng trong ngành công nghiệp điện tử (hộp công tắc điện, vỏ dây cáp điện, màn hình tivi...), hệ thống lọc thoát nước ...

4 KẾT LUẬN

Tái chế PET là một trong những vấn đề cấp bách đối với nước ta hiện nay. Có nhiều phương pháp tái chế PET, mỗi phương pháp đều có mặt tích cực và hạn chế của nó. Tùy điều kiện và hoàn cảnh cụ thể ta có thể áp dụng những phương pháp

khác nhau, hoặc sử dụng tổng hợp nhiều phương pháp. Ứng dụng PET tái chế vào nhiều lĩnh vực với mục đích đưa PET đã tái chế vào qui trình cụ thể tạo ra sản phẩm mong muốn đáp ứng được nhu cầu của xã hội, đảm bảo PET có đầu vào và đầu ra. Đồng thời, có thể là một đóng góp đáng kể cho môi trường và nền kinh tế từ các khía cạnh khác nhau, cụ thể như: Giảm việc lạm dụng tài nguyên thiên nhiên, giảm mức độ ô nhiễm môi trường, góp phần tiết kiệm năng lượng và tiền bạc. Vì vậy, để giảm thiểu tác động tiêu cực đối với môi trường và thiên nhiên, thì việc ứng dụng PET tái chế là điều cần thiết. Bên cạnh các nước đang phát triển thì Việt Nam còn gặp nhiều khó khăn, từ đó, việc tái chế và ứng dụng PET còn gặp nhiều cản trở cần phải có sự đầu tư phát triển nghiên cứu các dự án tái chế trên quy mô công nghiệp, với dây chuyền tái chế phù hợp với tình hình kinh tế đất nước. Các dự án này phải đáp ứng được các yêu cầu quan trọng như: Tái chế nhựa PET với sản lượng lớn và hiệu quả tái chế cao, đảm bảo chất lượng môi trường, chất lượng sản phẩm tái chế, cạnh tranh được với sản phẩm từ nhựa nguyên liệu mới. Đồng thời tạo đầu ra sản phẩm từ PET tái chế giúp xã hội có cuộc sống ổn định và nền kinh tế ngày một phát triển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Friston, Karl J, *et al.*, 1991, "Plastic transformation of PET images". Journal of Computer Assisted Tomography.
2. N.S. Murthy, *et al.*, 1991, " Structure of the amorphous phase in crystallizable polymer: Poly(ethylene terephthalate)".
3. Trung tâm tài nguyên và môi trường, trường Đại học Tổng hợp Hà Nội (dịch và giới thiệu) (1993), Cứu lấy Trái đất – chiến lược cho cuộc sống bền vững, NXB Khoa học Kỹ thuật.
4. Scheirs J (1998) Recycling of PET. In: Polymer recycling: science, technology and applications. Wiley Series in Polymer Science, Wiley, Chichester, UK.
5. K.S Rebeiz., 1995, "Time temperature properties of polymer concrete using recycled PET". Department of Civil and environmental engineering, Lafayette college, Easton, PA 18042, USA.
6. K.S Rebeiz., 1996, "Precast use of polymer concrete using unsaturated polyester resin based on recycled PET waste". Science: 215-220.

7. Brandrup, J., E. H. Immergut, E. A. Grulke, A. Abe, *et al.*, 1999. Polymer handbook. Wiley New York.
8. Don Kaufman, Goeff Wright *et al.*, 1999, "Compounds from old plastic: Recycling PET plastic via depolymerization. An Activity for the Undergraduate Organic Lab". Department of Chemistry, University of Nebraska at Kearney, Kearney, NE 68849.
9. J.J.Robin *et al.*, 1999, "Study of thermal and mechanical properties of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate) before and after injection molding".
10. Andrzej Galeski *et al.*, 2000, "Characterization of scrap poly(ethylene terephthalate)".
11. L Incarnato *et al.*, 2000, "Structure and rheology of recycled PET modified by reactive extrusion".
12. Chikara kawamura *et al.*, 2001, "Coating resins synthesized from recycled PET". Sciencedirect: 185-191.
13. Nguyễn Đình Triệu, 2001. Các phương pháp phân tích vật lý và hóa lý. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội.
14. D.A. Silva *et al.*, 2004, "Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials". Sciencedirect: 1741-1746.
15. Ali, M. F. and M. N. Siddiqui, 2005. "Thermal and catalytic decomposition behavior of PVC mixed plastic waste with petroleum residue". Journal of Analytical and Applied Pyrolysis: 282-289.
16. Awaja, F. and D. Pavel., 2005. "Recycling of PET. European Polymer Journal": 1453-1477.
17. A.L.F. de Moura Giraldi, R. Cardoso de Jesus, 2005, "The influence of extrusion variables on the interfacial adhesion and mechanical properties of recycled PET composites".
18. Firas Awaja *et al.*, 2005, "Recycling of PET".
19. Trần Vĩnh Diệu và Trần Lê Trung, 2006, "Môi trường trong gia công chất dẻo và composit". Nhà xuất bản Bách khoa – Hà Nội.
20. Hoàng Anh, 2006, "Luận văn Nghiên cứu và đề xuất các công nghệ tái chế khả thi chất thải rắn plastic trên địa bàn TP.HCM".
21. Das, J., A. Halgeri, V. Sahu and P. Parikh, 2007, "Alkaline hydrolysis of poly (ethylene terephthalate) in presence of a phase transfer catalyst". Indian journal of chemical technology: 173-177.
22. Fugen DAVER *et al.*, 2007, "Rheological characterisation of recycled poly (ethylene terephthalate) modified by reactive extrusion".
23. Das, J., A. Halgeri, V. Sahu and P. Parikh, 2007. "Alkaline hydrolysis of poly (ethylene terephthalate) in presence of a phase transfer catalyst". Indian journal of chemical technology: 173-177.
24. Đỗ Quang Minh, 2007. "Tổng hợp coban aluminat (CoAl₂O₄) kích thước hạt siêu mịn ở nhiệt độ thấp". Science & Technology Development, Vol 10, No.10-2007.
25. Võ Thị Hai, Hoàng Ngọc Cường, "Phản ứng cắt mạch poly(ethylen terephthalat) (PET) từ vỏ chai bằng dietylen glycol (DEG)", Science & Technology Development, Vol 11, No.06 – 2008.
26. Siddique, R., J. Khatib and I. Kaur, 2008, "Use of recycled plastic in concrete: a review". Waste management: 1835-1852.
27. Phan Vũ Hoàng Giang, 2008, "Công nghệ tái sử dụng chai pet".
28. Peter Schmid *et al.*, 2008, "Does the reuse of PET bottles during solarwater disinfection pose a healthrisk due to the migration of plastic isers and other chemicals into the water?". Science: 5054-5060
29. Caparanga, A. R., B. A. Basilia, K. B. Dagbay and J. W. Salvacion, 2009, "Factors affecting degradation of polyethylene terephthalate (PET) during pre-flotation conditioning". Waste management: 2425-2428.
30. Bulent Yesilata *et al.*, 2009, "Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces". Construction and Building Materials: 1878-1882.
31. Panda, A. K., R. Singh and D. Mishra, 2010. "Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world prospective". Renewable and Sustainable Energy Reviews: 233-248.
32. Kinda Hannawi *et al.*, 2010, "Kinphysical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates". Science: 2312-2320.
33. Waqas Nawaz *et al.*, 2010, "PET recycling chemical and mechanical methods".

34. Upasani, P. S., A. K. Jain, N. Save, U. S. Agarwal, *et al.*, 2012, “Chemical recycling of PET flakes into yarn. Journal of Applied Polymer”. Science: 520-525.
35. Seville and Spain, 2012, “End of waste criteria for waste plastic for conversion technical proposals”.
36. Hoàng Thị Đông Quỳ, Phạm Huỳnh Trâm Anh, Thiêm Trí Viễn, Nguyễn Ngọc Như Hương, *et al.*, 2012. Phụ gia chống cháy phi halogen ứng dụng vào các loại vật liệu polyme chống cháy trên cơ sở polyeste không no. Tạp chí Phát triển KH&CN.
37. Saisinchai *et al.*, 2013, “Separation of PVC from PET/PVC Mixtures Using Flotation by Calcium Lignosulfonate Depressant”. Engineering Journal: 45-54.
38. Nurul Munirah Abdullah and Ishak Ahmad, Potential of Using Polyester Reinforced Coconut Fiber Composites Derived from Recycling Polyethylene Terephthalate (PET) Waste, *Fibers and Polymers* 2013, Vol.14, No.4, 584-590.
39. Dutta and Soni, 2013, “A Review on Synthesis of Value Added Products from Polyethylene Terephthalate (PET) Waste”. *Polymer Science, Ser. B*.
40. Supawee Makkam, Wanlop Harnnarongchai, 2014, “Rheological and Mechanical Properties of Recycled PET Modified by Reactive Extrusion”.
41. M^a Victoria Gonz_alez Rodríguez *et al*, 2014 “Assessing changes on poly(ethylene terephthalate) properties after recycling: Mechanical recycling in laboratory versus postconsumer recycled material”.
42. Võ Thị Bạch Phương, 2014. Khảo sát quá trình phân hủy Polyetylen tỷ trọng cao (HDPE) bằng xúc tác thải FCC Dung Quốc Luận văn tốt nghiệp cao học. Trường Đại học Cần Thơ.
43. Wang, C.-Q., H. Wang and Y.-N. Liu, Separation of polyethylene terephthalate from municipal waste plastics by froth flotation for recycling industry. *Waste Management*.
44. Mohammad Abbasi, Mohammad Mehdi Salarirad, and Ismail Ghasemi, Selective Separation of PVC from PET/PVC Mixture Using Floatation by Tannic Acid Depressant, *Iranian Polymer Journal* 19 (7), 2010, 483-489.
45. Jensen JW, Holman JL, Stephenson JB (1974) Recycling and disposal of waste plastics. *Ann Arbor Science*, chap 7
46. Hợp phần sản xuất sạch hơn trong công nghiệp, Trung tâm sản xuất sạch hơn Việt Nam, Tài liệu hướng dẫn sản xuất sạch hơn.