

Tái chế rác thải bằng phương pháp hóa học: Tiềm năng và thách thức

>HÀ VY

Tái chế hóa học là một công nghệ mới đầy hứa hẹn liên quan đến việc phân hủy nhựa thành các dạng nguyên liệu thô thứ cấp, sau đó có thể được sử dụng để tạo ra sản phẩm mới. Cách tiếp cận này mang lại một số lợi thế so với tái chế cơ học truyền thống, vốn bị hạn chế về loại nhựa mà nó có thể xử lý và thường tạo ra các vật liệu tái chế có chất lượng thấp.

Một số quốc gia đã và đang bắt đầu sử dụng tái chế hóa học như một cách để tăng tỷ lệ tái chế và giảm chất thải nhựa.

Nhật Bản là một quốc gia đang tích cực khám phá và đầu tư vào tái chế hóa học như một cách để giải quyết rác thải nhựa. Quốc gia này đang tiến tới mục tiêu tái chế nhựa

60% vào năm 2030. Để đạt được mục tiêu này, chính phủ Nhật Bản đang tài trợ để hỗ trợ nghiên cứu và phát triển các công nghệ tái chế hóa chất. Năm 2021, Bộ Môi trường công bố dự án nghiên cứu phát triển công nghệ tái chế hóa học đối với rác thải nhựa hỗn hợp. Một số công ty ở Nhật Bản đang thí điểm và mở rộng công nghệ tái chế hóa chất. Cụ thể, JEPLAN, một công ty khởi nghiệp của Nhật Bản, đã

phát triển một quy trình tái chế hóa học có tên "Tái chế rác thải nhựa thành sợi carbon" (UPCycling). Quy trình này có thể biến quần áo đã qua sử dụng và các chất thải khác thành sợi carbon. Công ty hiện đang mở rộng quy mô công nghệ và có kế hoạch bắt đầu sản xuất thương mại vào năm 2022. Trên phương diện lập pháp, vào năm 2020, Chính phủ Nhật Bản đã sửa đổi Luật xử lý chất thải và



Một nhà máy tái chế rác thải tại Đức.

ẢNH: ST

làm sạch nơi công cộng để công nhận tái chế hóa chất là một phương pháp xử lý chất thải. Nước này cũng ký biên bản ghi nhớ với Hoa Kỳ để hợp tác phát triển và thúc đẩy các công nghệ tái chế và giảm thiểu chất thải nhựa, bao gồm cả tái chế hóa học.

Ở châu Âu, với ước tính khoảng 30 triệu tấn rác thải nhựa được thu gom mỗi năm, 85% trong số đó được xử lý bằng cách đốt, xuất khẩu hoặc chôn lấp. Đây không chỉ là nguồn CO₂ phát thải mà còn là sự lãng phí các nguồn tài nguyên quý giá. Ngành hóa chất quyết tâm thay đổi điều này. Với các công nghệ tái chế hóa học, ngành đã phát triển các giải pháp bổ sung cho tái chế cơ học hiện có để tái chế chất thải nhựa hỗn hợp hoặc bị ô nhiễm mà nếu không sẽ bị đốt hoặc gửi đến bãi rác. Những công nghệ này có thể phân hủy nhựa và biến chúng thành nguyên liệu cơ bản có giá trị để sản xuất các loại hóa chất và nhựa mới có chất lượng tương đương với những sản phẩm làm từ tài nguyên hóa thạch. Cùng với các đổi mới trong chuỗi giá trị, ngành công nghiệp hóa chất đã bước đầu phát triển thành công các sản phẩm tiêu dùng như bao bì thực phẩm, phụ kiện tủ lạnh, nệm, thảm và bảng điều khiển trong ô tô. Liên minh Châu Âu gần đây đã đưa ra một chiến lược mới để xử lý nhựa với mục tiêu đạt tỷ lệ tái chế nhựa 55% vào năm 2030 và tái chế hóa học dự kiến sẽ đóng vai trò chính trong việc đạt được mục tiêu này.

Mỹ - một quốc gia công nghệ hàng đầu cũng bắt đầu tài trợ để hỗ trợ nghiên cứu và phát triển các công nghệ tái chế hóa chất. Năm 2021, Bộ Năng lượng Hoa Kỳ đã công bố khoản tài trợ 27 triệu đô la để hỗ trợ 12 dự án trên toàn quốc đang phát triển các công nghệ tái chế sáng tạo đối với chất thải nhựa. Nhờ đó, một số công ty ở Mỹ đang thí điểm và mở rộng công nghệ tái chế hóa chất. Eastman Chemical, một công ty hóa chất lớn có trụ sở tại Mỹ, đã phát triển một quy trình tái chế hóa học Công nghệ đổi mới carbon (CRT) có thể biến rác thải nhựa hỗn hợp thành vật liệu mới. Công ty hiện đang thử nghiệm công nghệ này và có kế hoạch mở rộng quy mô trong tương lai. Cũng trong năm

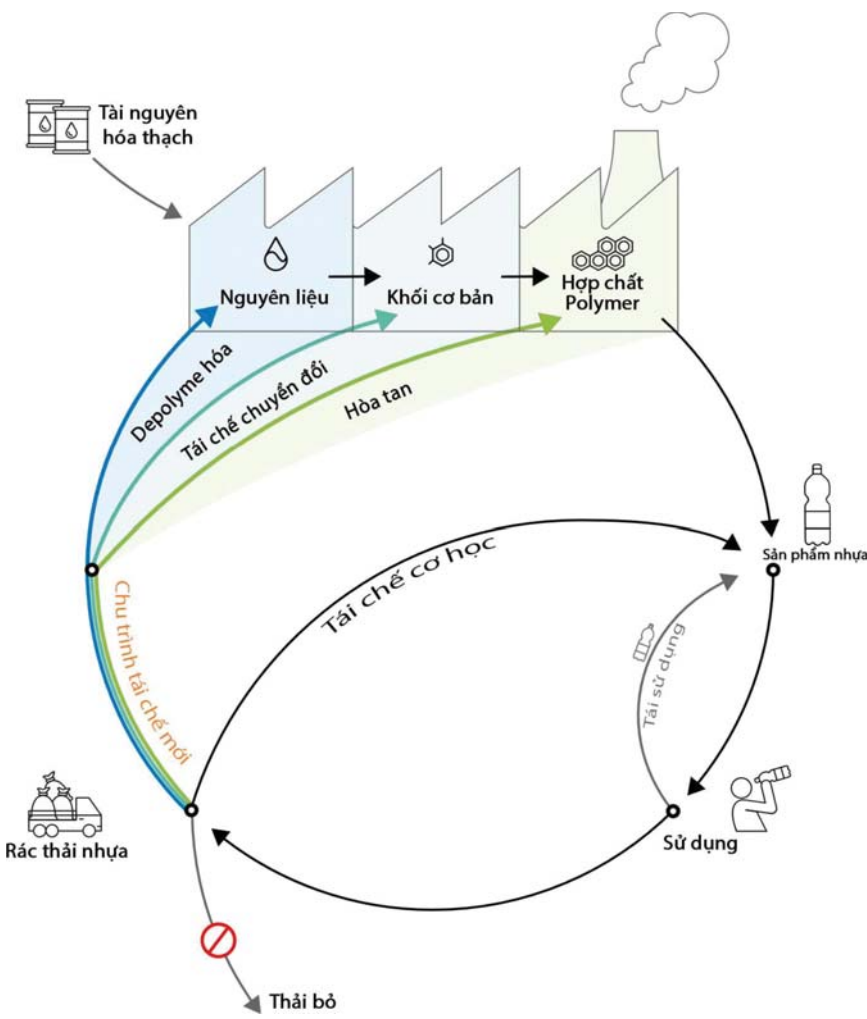
2021, California đã thông qua luật yêu cầu các hộp đựng đồ uống bằng nhựa được bán trong tiểu bang phải chứa ít nhất 15% thành phần tái chế vào năm 2022 và 50% vào năm 2030. Luật này đã thúc đẩy sự quan tâm đến tái chế hóa chất như một cách để tăng nguồn cung cấp nhựa tái chế.

Nhiều công ty lớn đến từ Đức cũng đã đưa nhiều giải pháp rời khỏi phòng thí nghiệm từ lâu và đã chứng minh tính hiệu quả của chúng ở quy mô thương mại. Công ty công nghiệp hóa chất Evonik thương mại hóa quá trình metanol hóa nhựa PET với natri methylate làm chất xúc tác, hoặc phát triển các chất xúc tác tùy chỉnh trong quá trình tái chế nhựa PU polyurethane. Nhiều công nghệ liên quan đến xử lý nhựa bằng hóa chất cũng đã được nghiên cứu như chuyển đổi cặn nhựa hỗn hợp thành dầu nhiệt phân.

Quy trình tái chế hóa học

Tái chế hóa học, còn được gọi là tái chế ở cấp độ nguyên liệu, là một quá trình phân hủy chất thải nhựa thành các khối cơ bản. Đó là một quá trình trong đó cấu trúc hóa học của nhựa được thay đổi và chuyển đổi thành các khối hóa học, bao gồm cả monome (đơn vị cấu tạo nên polymer), sau đó được sử dụng lại làm nguyên liệu thô thứ cấp trong các quy trình hóa học. Nguyên liệu tái chế bao gồm các quy trình như khí hóa, nhiệt phân, hòa tan và khử trùng hợp, phân hủy chất thải nhựa thành các khối xây dựng hóa học, bao gồm cả monome, để sản xuất chất dẻo. sau đó có thể được sử dụng để tạo ra các sản phẩm nhựa mới. Quá trình này bao gồm một số bước, bao gồm:

- Phân loại: Chất thải nhựa được phân loại để loại bỏ bất kỳ chất gây ô



Hình 1: Công nghệ tái chế hóa học trong nền kinh tế tuần hoàn

nhhiem nào, chẳng hạn như giấy, kim loại hoặc các vật liệu khác có thể cản trở quá trình tái chế hóa học.

- Tiền xử lý: Sau đó, rác thải nhựa được làm sạch và cắt thành từng mảnh nhỏ để chuẩn bị cho quá trình tái chế hóa học.

- Depolyme hóa: Chất thải nhựa được phân hủy thành các khối xây dựng hóa học cơ bản của nó, chẳng hạn như monome hoặc các hóa chất khác, sử dụng các phản ứng hóa học khác nhau. Quá trình depolyme hóa có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau, chẳng hạn như nhiệt phân, khí hóa hoặc hóa lỏng.

- Tinh chế: Các hóa chất đã khử polyme sau đó được tinh chế để loại bỏ bất kỳ tạp chất hoặc sản phẩm phụ nào có thể cản trở việc sử dụng chúng trong các sản phẩm nhựa mới.

- Phản ứng trùng hợp: Các hóa chất tinh khiết sau đó được tập hợp lại thành các sản phẩm nhựa mới bằng cách sử dụng phản ứng trùng hợp, bao gồm việc kết hợp các khối xây dựng thành chuỗi hoặc polyme dài hơn.

Dưới đây là giải pháp công nghệ tái chế hóa học giúp tạo ra chu trình sống tuần hoàn của nhựa từ các thành viên Cefic (Hội đồng Công nghiệp Hóa chất Châu Âu, được thành lập năm 1972, tập trung các công ty hóa chất lớn, vừa và nhỏ trên khắp châu Âu, cung cấp 1,2 triệu việc làm và cung cấp khoảng 15% sản lượng hóa chất thế giới).

Hình 1 cho thấy cách các công nghệ tái chế hóa học có thể giúp chuyển từ nền kinh tế sử dụng nhựa tuyến tính (sản xuất – sử dụng – thải bỏ) sang nền kinh tế nhựa tuần hoàn C2C (Cradle-to-Cradle). Bổ sung cho quá trình tái chế cơ học, các phương pháp "Hòa tan (Dissolution)", "Khử polyme hóa (Depolymerisation)" và "Chuyển đổi (Conversion)" là các lộ trình tái chế mới có thể xử lý chất thải nhựa mà lẽ ra sẽ được thải bỏ. Công nghệ này biến chất thải nhựa thành nguyên liệu thô thứ cấp có thể được đưa vào sử dụng lại ở các bước khác nhau của quy trình sản xuất nhựa. Quá trình tái chế này được thiết kế để

duy trì giá trị của nhựa trong quá trình sử dụng và tái sử dụng, đó là một phương pháp quản lý tài nguyên nhựa trong một hệ thống kinh tế tuần hoàn.

Quy trình "Nhựa tuần hoàn" C2C gồm các giai đoạn chính như sau:

- Thiết kế sản phẩm: Các sản phẩm được thiết kế để có thể tái chế và có khả năng được tháo rời, tái sử dụng hoặc tái chế sau khi sử dụng. Các vật liệu được sử dụng để sản xuất sản phẩm cần được lựa chọn với khả năng tái chế cao.

- Thu thập và phân loại nhựa: Nhựa được thu thập từ các nguồn khác nhau, chẳng hạn như bãi rác, nhà máy tái chế, hoặc từ các doanh nghiệp sử dụng.

- Xử lý nhựa: Các phương pháp xử lý nhựa được sử dụng để phân hủy hoặc chuyển đổi nhựa thành các sản phẩm mới, chẳng hạn như chất liệu tái chế để sản xuất các sản phẩm khác.

- Sản xuất sản phẩm mới: Các sản phẩm mới được sản xuất từ các vật liệu tái chế và được đưa vào sử dụng.

- Thu gom sản phẩm sau khi sử dụng và tái chế: Sau khi sử dụng, các sản phẩm được thu gom và đưa vào quá trình tái chế lại. Quá trình này được tiếp tục với mục tiêu giảm thiểu rác thải nhựa và tối ưu hóa sử dụng tài nguyên.

Tái chế hóa học bằng phương pháp "chuyển đổi (conversion)" biến rác thải thành nguyên liệu thô

Chuyển đổi (conversion)" là một trong những cách để tái chế chất thải nhựa bằng phương pháp hóa học. Trong quy trình này, rác thải nhựa hỗn hợp được phân hủy thành nguyên liệu (thô) giống như dầu hoặc khí, sau đó được sử dụng để sản xuất hóa chất bao gồm cả nhựa. Quá trình "Chuyển đổi (conversion)" gồm 4 bước cơ bản. Quá trình tiền xử lý bắt đầu với chất thải nhựa hỗn hợp được thu thập, tách khỏi các tạp chất và cắt nhỏ để dễ dàng xử lý; Quá trình

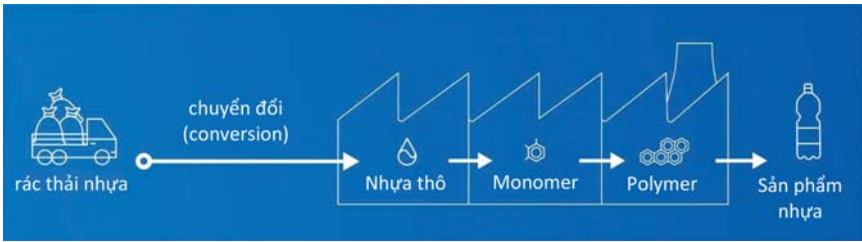
chuyển đổi hóa học: các miếng nhựa nhỏ được đưa vào thiết bị xử lý, như một nồi cách nhiệt hoặc lò phản ứng, và được xử lý với các chất hóa học như axit, bazơ hoặc các chất xúc tác khác để tách các liên kết hóa học giữa các phân tử nhựa. Quá trình này gọi là cracking. Từ các chất thải nhựa thành chất lỏng, nguyên liệu dạng dầu (nhiệt phân) hoặc nguyên liệu dạng khí (khí hóa). Quá trình này diễn ra trong điều kiện không có oxy (nhiệt phân) hoặc có oxy (khí hóa) để đảm bảo sản phẩm đạt chất lượng cao. Tinh chế: Sau khi cracking, sản phẩm được tách ra và tinh chế để loại bỏ các tạp chất và đảm bảo chất lượng sản phẩm đạt được tiêu chuẩn. Nguyên liệu dầu hoặc khí được sản xuất (tái) tham gia vào chuỗi sản xuất hóa chất ở cấp độ nhà máy lọc dầu hoặc nhà máy cracker dưới dạng nguyên liệu thô thứ cấp thay thế nguyên liệu hóa thạch mới được khai thác. Các sản phẩm thu được được sử dụng để sản xuất hóa chất bao gồm nhựa có chất lượng tương tự như sản phẩm được làm từ các nguồn hóa thạch truyền thống.

Phương pháp này có khả năng xử lý nhiều loại nhựa khác nhau, kể cả những loại khó tái chế như PP hay PVC và không yêu cầu quy trình phân loại như các phương pháp tái chế khác.

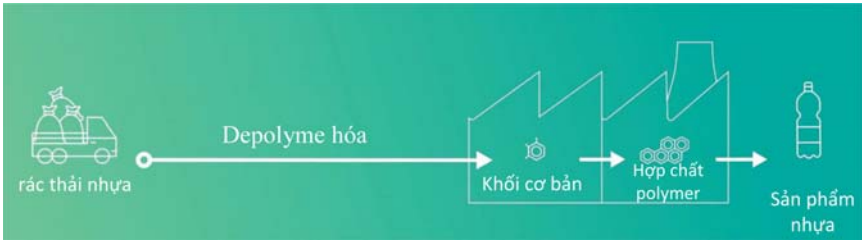
Depolyme hóa: phá vỡ nhựa thành các khối xây dựng cơ bản

'Depolyme hóa' là một trong những cách để tái chế chất thải nhựa về mặt hóa học. Trong quy trình này, rác thải nhựa đã phân loại được phân hủy thành các monomer (đơn vị cấu trúc cơ bản của polymer) bằng chất hóa học hoặc nhiệt độ cao để đưa chúng trở lại quy trình sản xuất nhựa.

Đầu tiên, chất thải nhựa được phân loại và chuẩn bị cho quá trình xử lý tiếp theo. Quá trình depolyme hóa - thường được gọi là quá trình sử dụng hóa chất hoặc hòa tan - sử dụng các kết hợp hóa học, dung môi và nhiệt khác nhau để phân hủy polyme thành monome. Các phương pháp Depolyme hóa thường dùng:



Hình 2: Quá trình chuyển đổi (conversion)



Hình 3: Quá trình Depolyme hóa (Depolymerisation)



Hình 4: Quá trình hòa tan (Dissolution)

- Hydrolysis (thủy phân): Đây là quá trình phân hủy polymer bằng cách sử dụng nước. Hydrolysis có thể được thực hiện bằng cách đun nóng polymer trong nước hoặc bằng cách sử dụng các chất xúc tác như acid hoặc base để tăng tốc quá trình phân hủy. Kết quả của quá trình này là các monomer tương ứng.

- Pyrolysis: Đây là quá trình phân hủy polymer bằng cách sử dụng nhiệt độ cao. Trong quá trình này, polymer được đun nóng trong môi trường không khí hoặc không khí có chứa khí hóa thạch. Các sản phẩm của quá trình này là các monomer và các hydrocarbon nhỏ hơn.

- Solvolysis: Đây là quá trình phân hủy polymer bằng cách sử dụng các dung môi hữu cơ như ethanol hoặc methanol. Trong quá trình này, polymer được đun nóng trong dung môi hữu cơ, dẫn đến sự phân hủy polymer thành các monomer tương ứng.

Trong bước tiếp theo, các chất gây ô nhiễm tiềm ẩn được tách ra khỏi

các monome để loại bỏ chúng. Các monome sau đó được đưa trở lại quy trình sản xuất nhựa thông thường dưới dạng nguyên liệu thô thứ cấp. Chất dẻo được sản xuất theo cách này có chất lượng tương tự như chất dẻo làm từ các nguồn hóa thạch truyền thống.

Hòa tan: Chiết xuất nhựa

"Hòa tan (Dissolution)" là một phương pháp hóa học để tái chế chất thải nhựa. Trong quá trình này, rác thải nhựa đã phân loại được hòa tan để chiết xuất polyme và tạo ra nhựa tái chế mới từ chúng.

Phương pháp này đòi hỏi lựa chọn dung môi phù hợp để hòa tan nhựa. Dung môi cần đáp ứng các yêu cầu sau:

- Có tính chất tan chất tốt
- Không gây hại cho môi trường
- Có thể tái sử dụng
- Có thể tái chế
- Giá thành hợp lý

Chất thải nhựa được phân loại và chuẩn bị bằng cách cắt nhỏ và tách phụ gia, tạp chất. Sau đó, sử dụng nhiệt và dung môi để hòa tan nhựa thành dung dịch polyme và chất phụ gia ban đầu được tạo ra. Thời gian để tan hoàn toàn phụ thuộc vào loại chất liệu nhựa và dung môi được sử dụng. Trong bước tiếp theo, các chất phụ gia được tách ra khỏi polyme trước khi thu hồi polyme từ dung dịch. Việc tách phụ thuộc vào mục đích sử dụng của sản phẩm, có thể là tách ra các monomer, polymer, phụ gia,... Trong quá trình hòa tan, cấu trúc của polyme không bị thay đổi. Ở bước cuối cùng, các chất phụ gia mới được thêm vào polyme để tạo ra loại nhựa tái chế mới.

Tiềm năng và trở ngại của tái chế hóa học

Nhìn chung, tái chế hóa học có khả năng làm tăng đáng kể tỷ lệ tái chế và giảm chất thải nhựa. Đây là một phương pháp tiềm năng để giải quyết vấn đề về chất thải nhựa và giảm thiểu lượng rác thải đưa vào đất đai, biển cả và môi trường. Trong khi vẫn còn những thách thức, một số quốc gia và công ty đang tích cực đầu tư vào nghiên cứu và phát triển để làm cho công nghệ này trở nên khả thi và tiết kiệm chi phí hơn. Các nỗ lực nghiên cứu và phát triển vẫn đang được tiến hành, một số công ty và quốc gia đang tích cực đầu tư vào công nghệ này như một giải pháp đầy hứa hẹn cho vấn đề rác thải nhựa.

Tái chế hóa học cũng có những ưu điểm và nhược điểm cần được cân nhắc:

Ưu điểm:

- Tái chế hóa chất có thể tạo ra các sản phẩm có chất lượng tương đương hoặc cao hơn so với sản phẩm từ nguyên liệu hóa dầu.
- Phương pháp này có thể xử lý các loại nhựa phức tạp và hỗn hợp, bao gồm cả các sản phẩm nhựa mềm và bền.
- Giúp giảm thiểu sự phụ thuộc vào nguyên liệu hóa dầu và giảm lượng khí thải CO₂.

Nhược điểm:

- Sử dụng công nghệ phức tạp để phân hủy các sản phẩm nhựa thành các thành phần hóa học, do đó cần nhiều năng lượng và tài nguyên để thực hiện phương pháp này.

- Quá trình tái chế hóa chất này có thể tạo ra các chất độc hại và khí thải có hại, nếu không được xử lý đúng cách.

- Phương pháp này vẫn đang phát triển và cần thêm nhiều nghiên cứu để phát triển các quá trình công nghệ an toàn và hiệu quả hơn.

- Chi phí cho quá trình này còn cao, do đó việc đầu tư và triển khai quy mô công nghiệp đang gặp nhiều thách thức.

Một số chuyên gia cảnh báo rằng tái chế hóa học không phải là giải pháp hiệu quả cho vấn đề rác thải nhựa. Có những lo ngại về chi phí và khả năng mở rộng của các công nghệ này, cũng như các tác động môi trường tiềm ẩn. Ngoài ra, một số nhóm môi trường cho rằng việc tập trung vào tái chế có thể làm xao nhãng nỗ lực giảm sử dụng nhựa và thúc đẩy các giải pháp thay thế bền vững hơn.

Tiềm năng hiện thực hóa tái chế hóa học tại Việt Nam

Tái chế hóa học có thể là một giải pháp rất hiệu quả để quản lý chất thải

nhựa ở các nước đang phát triển như Việt Nam, nơi nhu cầu về các sản phẩm nhựa ngày càng tăng nhanh và cơ sở hạ tầng tái chế vẫn đang phát triển. Các sản phẩm cuối cùng có thể có chất lượng tương tự như nhựa nguyên chất và có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng, từ đóng gói đến vật liệu xây dựng.

Tuy nhiên, việc thực hiện ở Việt Nam sẽ cần đầu tư đáng kể vào nghiên cứu và phát triển, cũng như xây dựng khung pháp lý hỗ trợ để khuyến khích đầu tư và áp dụng công nghệ. Từ thực tế tại một số nước đã triển khai, có thể đề xuất một số giai đoạn triển khai như sau:

- Tiến hành nghiên cứu khả thi: cần nghiên cứu khả thi toàn diện. Nghiên cứu này cần phân tích hệ thống quản lý chất thải nhựa của quốc gia, nguồn nguyên liệu sẵn có, thị trường tiềm năng cho các sản phẩm tái chế và tính khả thi về kỹ thuật và kinh tế của các quy trình tái chế hóa học khác nhau.

- Xây dựng quan hệ đối tác: Thực hiện tái chế hóa chất ở Việt Nam sẽ cần có sự hợp tác giữa các bên liên quan khác nhau, bao gồm các cơ quan chính phủ, tổ chức nghiên cứu, công ty tư nhân và các tổ chức xã hội dân sự. Xây dựng quan hệ đối tác và hợp tác giữa các bên liên quan này có thể giúp thúc đẩy chia sẻ kiến thức,

nâng cao nhận thức về lợi ích của việc tái chế hóa chất, đồng thời tạo điều kiện đầu tư và áp dụng công nghệ.

- Xây dựng các quy định và tiêu chuẩn: các cơ quan quản lý có thể xây dựng các quy định và tiêu chuẩn khuyến khích áp dụng tái chế hóa học, chẳng hạn như khuyến khích các công ty sử dụng vật liệu tái chế hoặc áp thuế đối với các sản phẩm nhựa nguyên sinh. Điều này có thể giúp tạo ra một môi trường pháp lý hỗ trợ khuyến khích đầu tư vào tái chế hóa chất.

- Đầu tư vào nghiên cứu và phát triển: Để hỗ trợ phát triển tái chế hóa học, chính phủ có thể đầu tư vào các nỗ lực nghiên cứu và phát triển, chẳng hạn như tài trợ cho các tổ chức nghiên cứu để phát triển các quy trình tái chế hóa chất mới hoặc thiết lập các dự án trình diễn để giới thiệu những lợi ích của công nghệ.

Nhìn chung, việc thực hiện tái chế hóa chất ở Việt Nam sẽ đòi hỏi một cách tiếp cận đa diện bao gồm xây dựng quan hệ hợp tác, xây dựng các quy định và tiêu chuẩn cũng như đầu tư vào các nỗ lực nghiên cứu và phát triển. Tuy nhiên, những lợi ích tiềm năng của tái chế hóa học, chẳng hạn như giảm chất thải nhựa và tạo ra các cơ hội kinh tế mới, có thể khiến nó trở thành một khoản đầu tư rất đáng giá cho đất nước.❖

Tài liệu tham khảo

1. "Chemical Recycling: An Overview of Technologies and Opportunities", LanzaTech, <https://www.lanzatech.com/wp-content/uploads/2021/06/Chemical-Recycling-An-Overview-of-Technologies-and-Opportunities.pdf>
2. "Chemical Recycling of Plastics Waste: A Review", Shuping Zhang, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117302367>
3. "A Review of the Recent Advances in Chemical Recycling of Plastics", Chenxi Zhang, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cssc.202002516>
4. "Chemical Recycling of Waste Plastics for New Materials Production: A Review" Inès Zdanevitch and Catherine Pinel, <https://www.mdpi.com/2313-4321/4/4/71>
5. "Chemical Recycling of Plastic Waste: Moving from Promise to Reality" Jeff Wooster and Sameer Bharadwaj, <https://www.nature.com/articles/s43017-022-00386-9>
6. "Chemical Recycling Technology: Closing the Loop for Textile Waste", JEPLAN, <https://www.jeplan.co.jp/en/news/2022/20220801.html>
7. "Chemical Recycling: A Sustainable Solution for Plastic Waste in Europe", Cefic, https://cefic.org/app/uploads/2021/05/Chemical_Recycling_report.pdf
8. "Chemical Recycling: A Key Contributor to the Circular Economy", Cefic, https://cefic.org/app/uploads/2021/01/Chemical-recycling_A-key-contributor-to-the-circular-economy.pdf
9. "Chemical Recycling of Plastics: Sustainable Solution or Short-Term Fix?", Cefic, <https://cefic.org/app/uploads/2021/01/Chemical-Recycling-of-Plastics-Sustainable-Solution-or-Short-Term-Fix.pdf>
10. "Vietnam's First Chemical Recycling Plant Begins Operations", Plastics Today, <https://www.plasticstoday.com/recycling/vietnams-first-chemical-recycling-plant-begins-operations>