



Bài báo nghiên cứu

GIẢI PHÁP QUẢN LÝ VÀ TÁI CHẾ CHẤT THẢI NHỰA

Trương Thị Bích Hồng

Khoa Sư phạm Tự nhiên, Trường Đại học Phạm Văn Đồng, Việt Nam

Tác giả liên hệ: Trương Thị Bích Hồng – Email: ttbhong@pdu.edu.vn

Ngày nhận bài: 18-5-2025; Ngày nhận bài sửa: 13-01-2026; Ngày duyệt đăng: 15-01-2026

TÓM TẮT

Chất thải nhựa đã và đang trở thành một trong những thách thức môi trường lớn trên toàn cầu. Với đặc tính khó phân hủy sinh học, nhựa tồn tại hàng trăm năm trong môi trường tự nhiên, ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái, sức khỏe con người và sự phát triển bền vững. Dựa trên thực trạng ô nhiễm chất thải nhựa hiện nay, bài báo tiến hành nghiên cứu tổng quan và đề xuất các giải pháp quản lý chất thải nhựa hiệu quả và bền vững, bao gồm: áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn, hoàn thiện hành lang pháp lý và nâng cao nhận thức cộng đồng để giảm thiểu chất thải nhựa; tăng cường tái sử dụng, tái chế và ứng dụng công nghệ xử lý hiện đại. Trong đó, công nghệ tái chế là giải pháp quan trọng trong quản lý chất thải nhựa bền vững. Kết quả nghiên cứu góp phần đưa ra cái nhìn tổng quan về các biện pháp giảm thiểu ô nhiễm chất thải nhựa và là cơ sở để lựa chọn các giải pháp quản lý chất thải nhựa phù hợp.

Từ khóa: chất thải nhựa; quản lý chất thải nhựa; giảm thiểu chất thải nhựa; tái chế nhựa; xử lý chất thải nhựa; kinh tế tuần hoàn

1. Giới thiệu

Sự phát triển nhanh chóng của nền kinh tế toàn cầu đã làm tăng nhu cầu sử dụng nhựa đáng kể. Sản lượng nhựa toàn cầu đã vượt quá 400 triệu tấn mỗi năm và tiếp tục gia tăng. Khoảng 40% trong số đó là nhựa sử dụng một lần, dẫn đến lượng chất thải nhựa ngày càng lớn. Theo Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP), mỗi năm có tới 8 triệu tấn nhựa bị thải ra đại dương, gây tử vong cho sinh vật biển và đồng thời xâm nhập vào chuỗi thức ăn của con người (Ministry of Natural Resources and Environment, 2023). Theo số liệu thống kê của Bộ Tài nguyên và Môi trường, tại Việt Nam, lượng chất thải nhựa thải ra môi trường khoảng 1,8 triệu tấn/năm, trong khi lượng chất thải nhựa được tái chế chỉ khoảng 27% số đó (Ministry of Natural Resources and Environment, 2023).

Chất thải nhựa với bản chất không phân hủy sinh học do có nguồn gốc từ dầu mỏ đã và đang gây ra những hệ lụy nghiêm trọng như: gây tắc nghẽn hệ thống thoát nước, ô nhiễm

Cite this article as: Trương, T. B. H. (2026). Plastic waste management and recycling solutions. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 23(4), 931-943. [https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.4.4977\(2026\)](https://doi.org/10.54607/hcmue.js.23.4.4977(2026))

môi trường đất và nước, ảnh hưởng đến hệ sinh thái biển. Trong đó, ô nhiễm nhựa đại dương là một thách thức đặc biệt nghiêm trọng, do nhựa cần hàng thập kỷ để phân hủy và trong quá trình đó sẽ tạo ra các hạt vi nhựa gây tử vong sinh vật biển và ảnh hưởng đến chuỗi thực phẩm của con người. Điều này cho thấy cần thiết phải xây dựng giải pháp quản lý toàn diện nhằm kiểm soát, xử lý và giảm thiểu chất thải nhựa.

Khoảng 90% lượng nhựa hiện nay được tổng hợp từ các nguồn hóa thạch không tái tạo. Do đó, bên cạnh các giải pháp giảm thiểu và tái sử dụng thì giải pháp tái chế nhựa là hết sức cần thiết. Dựa trên các đánh giá về hiện trạng ô nhiễm và thực trạng quản lý chất thải nhựa trên thế giới và Việt Nam, bài báo đã đề ra giải pháp quản lý chất thải nhựa tổng hợp phù hợp với điều kiện Việt Nam, bao gồm các giải pháp giảm thiểu đến giải pháp tái sử dụng, tái chế và thải bỏ chất thải nhựa. Trong đó, bài báo tập trung phân tích, đánh giá các giải pháp tái chế nhằm đem lại những lợi ích từ các sản phẩm tái chế và giảm thiểu ô nhiễm môi trường do chất thải nhựa.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Hiện trạng ô nhiễm và thực trạng quản lý chất thải nhựa ở Việt Nam

Chất thải nhựa đã và đang trở thành một trong những nguồn gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng nhất trên toàn cầu. Việt Nam hiện là một trong những quốc gia xả thải nhựa ra biển nhiều nhất thế giới, với khoảng 4,8 triệu tấn rác nhựa phát sinh mỗi năm, trong đó có tới 0,28-0,73 triệu tấn bị thải ra đại dương (Ministry of Natural Resources and Environment, 2023). Các nguồn phát sinh chất thải nhựa chủ yếu bao gồm: hoạt động sinh hoạt; ngành công nghiệp và thương mại, đặc biệt là ngành thực phẩm – đồ uống và thương mại điện tử; du lịch và dịch vụ, nhất là ở các khu du lịch biển.

Việt Nam đã ban hành nhiều văn bản quy phạm pháp luật nhằm tăng cường quản lý chất thải nhựa, bao gồm: Luật Bảo vệ môi trường 2020 – quy định rõ trách nhiệm phân loại rác tại nguồn và quản lý chất thải nhựa; Nghị định 08/2022/NĐ-CP – hướng dẫn thực hiện cơ chế Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR); Chiến lược quốc gia về quản lý chất thải nhựa đến năm 2030 – đặt mục tiêu giảm 75% chất thải nhựa trên biển và loại bỏ nhựa dùng một lần trong các siêu thị sau năm 2025. Việt Nam đã và đang triển khai một số mô hình, sáng kiến tích cực như: Chương trình “Nói không với nhựa dùng một lần” tại các trường học, bệnh viện và cơ quan công quyền; Mô hình “khu dân cư không chất thải nhựa” tại một số địa phương như Hội An, Huế, Đà Nẵng...; Hợp tác với các tổ chức quốc tế (UNDP, World Bank, WWF...) trong việc xây dựng cơ sở dữ liệu rác thải, hỗ trợ kỹ thuật và tài chính cho các dự án môi trường. Mặc dù đã có nhiều nỗ lực, việc quản lý chất thải nhựa ở Việt Nam vẫn còn đối mặt với nhiều thách thức như:

- Phân loại rác tại nguồn chưa hiệu quả: Việc phân loại rác chưa được hướng dẫn cụ thể đến người dân, dẫn đến lẫn lộn giữa rác nhựa và rác hữu cơ, làm giảm khả năng tái chế.
- Hệ thống thu gom và tái chế yếu kém: Các cơ sở tái chế chủ yếu hoạt động thủ công, thiếu trang thiết bị hiện đại và chưa đảm bảo an toàn môi trường.

- Thiếu cơ sở hạ tầng xử lý: Đặc biệt ở các vùng nông thôn, miền núi và hải đảo, việc xử lý chất thải nhựa còn rất hạn chế.

- Ý thức cộng đồng chưa cao: Việc sử dụng túi nilon, chai nhựa dùng một lần vẫn phổ biến; nhiều người chưa nhận thức được tác hại lâu dài của chất thải nhựa.

Để đạt được mục tiêu quản lý bền vững chất thải nhựa, cần xây dựng giải pháp quản lý chất thải nhựa đồng bộ bao gồm: phân loại rác thải tại nguồn, áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn, hoàn thiện hành lang pháp lý và nâng cao nhận thức cộng đồng, tăng cường tái chế, ứng dụng công nghệ xử lý hiện đại. Sự phối hợp đồng bộ giữa nhà nước, doanh nghiệp và toàn xã hội là điều kiện tiên quyết để giải quyết triệt để vấn đề chất thải nhựa.

2.2. Quản lý chất thải nhựa tích hợp

Các biện pháp xử lý chất thải nhựa truyền thống như chôn lấp và đốt còn tồn tại nhiều hạn chế. Các bãi chôn lấp chất thải chiếm nhiều diện tích đất và có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường đất và nước ngầm. Việc đốt chất thải nhựa cũng cho thấy nhiều vấn đề như mùi hôi và ô nhiễm không khí. Do đó, việc giảm và xử lý hiệu quả chất thải nhựa là một thách thức lớn. Trong hệ thống phân cấp quản lý chất thải rắn nói chung và chất thải nhựa nói riêng, ưu tiên được dành cho các biện pháp giảm thiểu tại nguồn và tái sử dụng, tiếp đến là việc thu hồi nguyên liệu thứ cấp thông qua tái chế. Các giải pháp quản lý chất thải nhựa theo các trình tự ưu tiên như sau (Macheca et al., 2024):

- + Ngăn ngừa, giảm thiểu (Prevention, Reduction) – Tránh tạo chất thải ngay từ đầu.
- + Tái sử dụng (Reuse) – Dùng lại vật liệu/thành phần.
- + Tái chế (Recycle) – Chế biến lại chất thải thành sản phẩm mới.
- + Thu hồi năng lượng (Energy recovery) – Đốt để tạo ra năng lượng.
- + Thải bỏ (Disposal/Landfill) – Phương án thải bỏ cuối cùng, ít được ưu tiên.

2.2.1. Các giải pháp để ngăn ngừa và giảm thiểu chất thải nhựa

Việc ngăn ngừa và giảm thiểu chất thải nhựa được xem là lựa chọn tối ưu trong quản lý chất thải. Để ngăn ngừa và giảm thiểu chất thải nhựa cần tập trung vào các giải pháp sau:

- *Áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn*: Thay vì “sản xuất – tiêu dùng – thải bỏ”, mô hình kinh tế tuần hoàn hướng đến “thiết kế – tái sử dụng – tái chế”. Các doanh nghiệp cần thiết kế sản phẩm có thể tái chế và giảm thiểu nhựa không cần thiết trong bao bì, đồng thời áp dụng trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR).

- *Hoàn thiện hành lang pháp lý*: Cần sớm ban hành các chính sách cấm sử dụng nhựa dùng một lần, đánh thuế môi trường với sản phẩm nhựa khó phân hủy, đồng thời hỗ trợ tài chính và kỹ thuật cho các doanh nghiệp tái chế.

- *Nâng cao nhận thức cộng đồng*: Tổ chức các chiến dịch truyền thông, giáo dục môi trường trong trường học và cộng đồng nhằm thay đổi thói quen tiêu dùng, khuyến khích sử dụng sản phẩm thân thiện môi trường như túi vải, ống hút giấy...

2.2.2. Tái sử dụng

Tái sử dụng sau giai đoạn giảm thiểu tại nguồn là một chiến lược quản lý chất thải giúp khuyến khích việc sử dụng lại sản phẩm cho các mục đích khác nhau mà không cần thay đổi vật lý. Tái sử dụng, khi khả thi, là lựa chọn ưu tiên hơn so với tái chế vì không yêu cầu tái xử lý vật liệu trước khi sử dụng lại. Việc tái sử dụng nhựa mang lại các lợi ích như: bảo tồn nhiên liệu hóa thạch vì sản xuất nhựa chiếm khoảng 4–8% tổng sản lượng dầu toàn cầu; giảm tiêu thụ năng lượng, giảm lượng rác thải sinh hoạt và giảm phát thải khí ô nhiễm CO₂, NO_x và SO₂ (Yadav et al., 2024).

2.2.3. Tái chế

Sau giai đoạn ngăn ngừa, giảm thiểu và tái sử dụng chất thải nhựa, việc thu hồi nhựa cho mục đích tái chế được coi là bước quan trọng. Tái chế cho phép sử dụng nhựa thải như nguyên liệu để tạo ra các hợp chất mới. Điều này mở ra cơ hội thu hồi các nguồn tài nguyên có giá trị và giảm lượng chất thải chôn lấp. Tuy nhiên, tùy thuộc vào đặc tính nhựa mà vật liệu nhựa có thể hoặc không thể tái chế. Quá trình tái chế nhựa cũng gặp phải một số thách thức công nghệ, đặc biệt là mức độ nhiễm bẩn cao của chất thải nhựa đòi hỏi các biện pháp xử lý chuyên biệt.

2.2.4. Thu hồi năng lượng

Các phương pháp như đốt rác thải để thu hồi năng lượng là giải pháp được lựa chọn sau quá trình tái chế tạo sản phẩm mới do quá trình đốt cháy nhựa phát sinh khí thải gây ô nhiễm môi trường. Quá trình đốt giúp giảm lượng rác thải chôn lấp, nhưng lại có những lo ngại do phát sinh các chất độc hại như dioxin và furan. Công nghệ đốt hiện đại có khả năng giải quyết các vấn đề liên quan đến quá trình đốt chất thải, giảm ô nhiễm môi trường và còn có thể thu hồi năng lượng từ chất thải. Tuy nhiên, chi phí cho hệ thống thu hồi năng lượng này được đánh giá là cao nhất so với các phương án xử lý khác, do đó phương pháp này ít được ưa chuộng (Idumah & Nwuzor, 2019; Machecha et al., 2024).

2.2.5. Thải bỏ, chôn lấp

Chôn lấp là giải pháp xử lý chất thải truyền thống, tốn nhiều diện tích. Việc chôn lấp chất thải nhựa có thể gây ô nhiễm môi trường đất và nước ngầm do các chất phụ gia trong nhựa và các mảnh vỡ nhựa bền vững khó phân hủy. Do đó, thải bỏ chất thải nhựa bằng quá trình chôn lấp được xem là lựa chọn kém ưu tiên hơn trong hệ thống quản lý chất thải (Machecha et al., 2024; Owusu et al., 2018).

2.3. Các phương pháp tái chế chất thải nhựa

Nhựa được phân thành hai nhóm chính là nhựa nhiệt dẻo và nhựa nhiệt rắn. Khoảng 80% lượng chất thải nhựa là nhựa nhiệt dẻo, có khả năng được tạo hình lại thành sản phẩm mới thông qua quá trình gia nhiệt. Các loại nhựa nhiệt dẻo có thể tái chế bao gồm polyolefin như PET, LDPE, HDPE và PP (Masharipovna & Safarboyevna, 2025; Sharuddin et al., 2016). Nhựa nhiệt rắn có cấu trúc bền vững, không nóng chảy, không thể ép, đùn, tái tạo hình dạng do đó không thể tái chế bằng các phương pháp cơ học. Nhựa nhiệt rắn thường được đốt để thu

hồi năng lượng. Quá trình tái chế nhựa thường bao gồm việc thu hồi nhựa phế liệu và xử lý lại thành sản phẩm mới có thể khác hoàn toàn so với hình thái ban đầu. Việc xử lý và tái chế chất thải nhựa có thể được chia thành bốn cấp độ chính (Macheca et al., 2024):

+ **Tái chế sơ cấp (primary)**: nhựa thu hồi được sử dụng để sản xuất sản phẩm có tính chất tương đương với sản phẩm gốc.

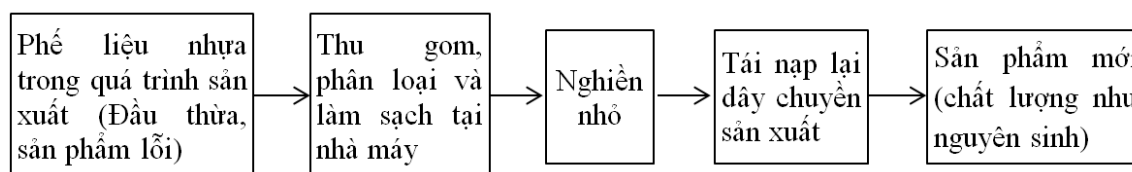
+ **Tái chế thứ cấp (secondary) - Tái chế cơ học**: nhựa được sử dụng cho các sản phẩm yêu cầu tiêu chuẩn thấp hơn so với sản phẩm gốc.

+ **Tái chế cấp ba (tertiary) - Tái chế hóa học**: chất thải nhựa được sử dụng làm nguyên liệu đầu vào trong các quy trình sản xuất hóa chất và nhiên liệu.

+ **Tái chế cấp bốn (quaternary) - Tái chế thu hồi năng lượng**: nhựa được đốt để thu hồi năng lượng dưới dạng nhiệt hoặc điện.

2.3.1. Tái chế sơ cấp

Tái chế sơ cấp là hình thức tái chế nhựa phế thải nội bộ, tức là tái sử dụng trực tiếp những phần nhựa bị loại bỏ ngay trong quá trình sản xuất mà chưa từng ra khỏi nhà máy, chưa bị nhiễm bẩn và còn giữ nguyên đặc tính kỹ thuật. Phương pháp này được ứng dụng phổ biến ở các nhà máy công nghiệp nhằm giảm tiêu hao nguyên liệu đầu vào và giảm lượng chất thải rắn phát sinh.



Hình 1. Quy trình tái chế nhựa sơ cấp (Macheca et al., 2024)

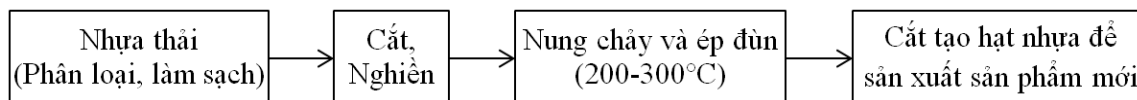
2.3.2. Tái chế cơ học

Tái chế cơ học bao gồm việc tách nhựa khỏi các tạp chất và xử lý tiếp theo thông qua các phương pháp như nung chảy, cắt nhỏ hoặc các quy trình tương tự khác. Quá trình này yêu cầu phân loại nhựa theo tính chất hóa học vì mỗi loại có nhiệt độ nóng chảy khác nhau. Do đó, việc trộn các loại nhựa khác nhau có thể dẫn đến thay đổi tính chất không đồng đều. Vì lý do đó, tái chế cơ học chất thải nhựa chủ yếu được thực hiện với một dòng chất thải gồm nhựa đơn polymer nhằm đạt hiệu quả tối ưu và đảm bảo các tính chất cơ học đồng nhất cho sản phẩm tái chế (Singh & Ruj, 2016). Tuy nhiên, trong thực tế, chất thải nhựa thu được thường tồn tại ở dạng hỗn tạp với nhiều loại nhựa từ nhiều loại sản phẩm khác nhau. Do đó, cần phải phân loại chất thải nhựa trước khi áp dụng giải pháp tái chế cơ học.

- **Tạo hạt nhựa**

Tái chế tạo hạt nhựa thường diễn ra ở nhiệt độ khoảng 200-300°C và cũng phát thải các khí độc hại. Quá trình này giúp tiết kiệm năng lượng hơn so với quá trình đốt thu hồi năng lượng. Kết quả này tương đồng với các phân tích vòng đời, khi tái chế cơ học mang lại những lợi ích tích cực hơn đối với môi trường so với chôn lấp và thiêu đốt tuần hoàn năng lượng (Petsiuk et al., 2022; Saleem et al., 2023; Seno Flores et al., 2024). Công nghệ này

tương đối đơn giản nên đã được ứng dụng phổ biến trên thế giới và Việt Nam để tạo hạt nhựa tái sử dụng cho quá trình sản xuất các sản phẩm nhựa mới. Tuy nhiên, thách thức lại nằm ở việc phân loại chất thải nhựa.

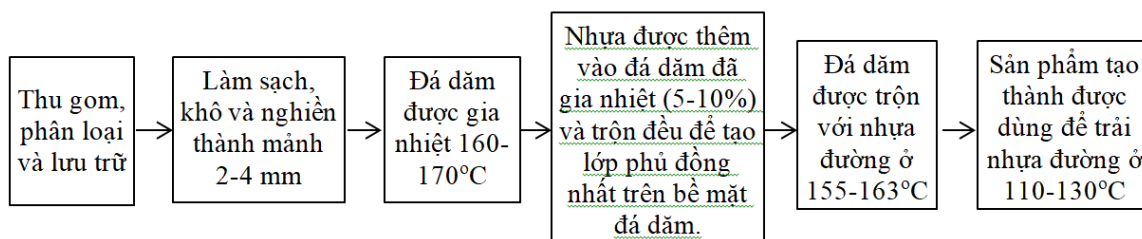


Hình 2. Quy trình tái chế tạo hạt nhựa (Seno Flores et al., 2024)

- *Tạo vật liệu xây dựng từ chất thải nhựa*

Việc sản xuất vật liệu xây dựng từ chất thải nhựa đang trở thành xu hướng nổi bật trên thế giới và Việt Nam. Chất thải nhựa được sử dụng để sản xuất các vật liệu xây dựng như: gạch, ngói, nhựa đường, tấm cửa và các hợp chất xi măng... (Ali et al., 2023; Nyika & Dinka, 2022). Nhựa thải được thu gom, phân loại, làm sạch, sấy khô, sau đó nghiền nhỏ thành hạt hoặc mảnh nhỏ. Những mảnh nhựa này không cần được nấu chảy và tạo hình như nhựa tái chế thông thường, mà được trộn trực tiếp vào các nguyên liệu để tạo vật liệu xây dựng.

Quy trình thi công đường bằng nhựa thải hiện đang được áp dụng thành công tại nhiều nơi trên thế giới. Mô hình này cũng đang được nhân rộng tại các khu công nghiệp trong hệ thống DEEP C tại Việt Nam, với mục tiêu giảm thiểu chất thải nhựa và xây dựng cơ sở hạ tầng bền vững hơn (Abd Karim et al., 2023).



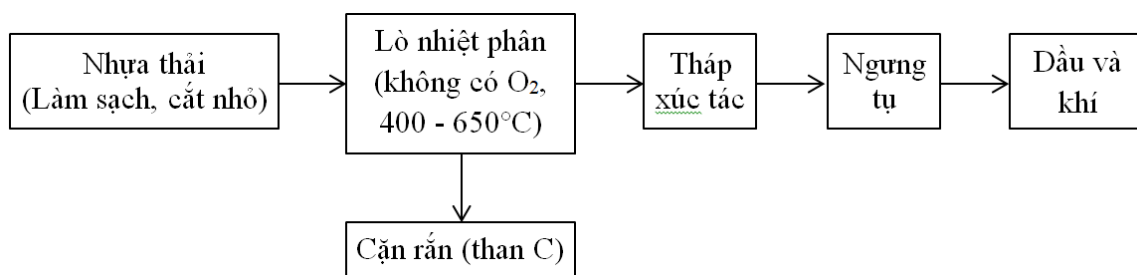
Hình 3. Sơ đồ nguyên lý quy trình thi công đường phủ nhựa thải (Siddiqui & Pandey, 2013)

2.3.3. Tái chế hóa học

Tái chế hóa học bao gồm các phương pháp như nhiệt phân, khí hóa và hydro hóa. Tái chế hóa học có thể dẫn đến phân hủy hoàn toàn polymer thành các monomer hoặc phân hủy một phần để tạo ra các sản phẩm thương mại thứ cấp. Tái chế hóa học chất thải nhựa phụ thuộc chủ yếu vào: loại nhựa đầu vào, tốc độ cấp liệu, nhiệt độ xử lý, thời gian lưu giữ và hiệu quả của lò phản ứng. Các nghiên cứu cho thấy nhiệt độ thấp ưu tiên tạo ra hợp chất lỏng, trong khi nhiệt độ cao tạo ra hợp chất khí (Tian et al., 2018).

- *Quá trình nhiệt phân nhựa thải*

Nhiệt phân nhựa là một phương pháp tái chế hóa học quan trọng, là quá trình phân hủy các polymer chuỗi dài thành các phân tử nhỏ hơn ở nhiệt độ cao trong môi trường không có hoặc ít oxy và có chất xúc tác. Nhiệt độ hiệu quả cho nhiệt phân nhựa thải thường dao động từ 400-650°C (Misra et al., 2025). Các quy trình này được chia thành ba nhóm: nhiệt độ thấp, trung bình và cao, tùy theo yêu cầu phân hủy toàn phần hay một phần của nhựa.



Hình 4. Quy trình nhiệt phân nhựa thải (Misra et al., 2025)

Quá trình nhiệt phân kết hợp ngưng tụ tạo ra hỗn hợp chất lỏng, khí và rắn. Các hợp chất chính được tạo ra từ quá trình nhiệt phân phụ thuộc vào đặc tính của nhựa thải, bao gồm dòng khí chứa CO₂, H₂, CO, CH₄; phân đoạn lỏng gồm dòng dầu sáp chứa acetic acid, acetone và methanol; cùng phần rắn là than chứa phần lớn carbon tinh khiết và một số chất trợ khác. Nhiệt phân có thể chuyển hóa 60%–80% chất thải nhựa thành nhiên liệu lỏng tùy vào từng loại nhựa, trong đó hiệu quả nhiệt phân nhựa PE, PP, PS đạt giá trị cao nhất trên 80% (Misra et al., 2025).

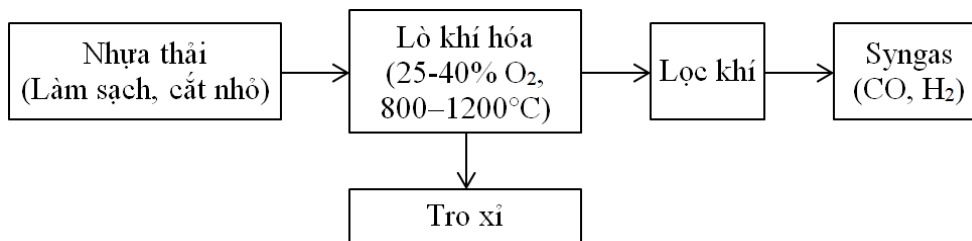
Dầu nhiệt phân bao gồm các hợp chất hydrocarbon có độ dài chuỗi carbon khác nhau, có thể dùng làm nhiên liệu để đốt lò hoặc chạy động cơ diesel hoặc cũng có thể dùng làm nguyên liệu để sản xuất nhựa tái chế. Các chất thải rắn còn lại có nhiệt trị nhất định nên có thể dùng làm nhiên liệu để đốt lò hoặc có thể làm chất phụ gia trong sản phẩm cao su hoặc vật liệu xây dựng. Khí cháy thu hồi có thể sử dụng làm nhiên liệu trực tiếp trong buồng đốt hoặc có thể được thu gom riêng cho các mục đích sử dụng khác.

Quá trình nhiệt phân chất thải nhựa đã trở nên nổi bật do những lợi ích to lớn trong việc giảm ô nhiễm môi trường thông qua việc hạn chế phát thải khí CO và CO₂ so với các phương pháp đốt và khí hóa (Kunwar et al., 2016). Quá trình này giúp giảm phát thải khí nhà kính tới 40%, tương đương với việc giảm 3,5 tấn CO₂ cho mỗi tấn nhựa thải được xử lý (Misra et al., 2025). Các tổ chức môi trường trên thế giới đánh giá công nghệ nhiệt phân là một trong những giải pháp công nghệ tốt nhất ở thời điểm triển khai trên thực tế hiện nay và khuyến cáo sử dụng thay thế cho các phương pháp xử lý khác. Tuy nhiên, các thách thức hiện tại bao gồm nhu cầu năng lượng cao và sự cần thiết phải cải thiện hiệu quả của chất xúc tác nhằm tăng hiệu suất tạo nhiên liệu lỏng thêm khoảng 15% (Misra et al., 2025). Tại Việt Nam, công nghệ nhiệt phân xử lý chất thải nhựa cũng được quan tâm trong khoảng 4-5 năm gần đây và đang trong giai đoạn nghiên cứu và ứng dụng thử nghiệm.

- *Quá trình khí hóa*

Công nghệ khí hóa nhựa thải được coi là một giải pháp tiên tiến giúp xử lý nhựa khó tái chế và tạo ra các sản phẩm có giá trị như khí tổng hợp (Syngas). Khí hóa là quá trình nhiệt hóa học, trong đó vật liệu chứa carbon được chuyển đổi thành hỗn hợp khí gồm CO, H₂, CH₄... thông qua quá trình tác dụng với lượng giới hạn oxy, không khí hoặc hơi nước ở nhiệt độ cao (800–1200°C). Nhựa, chủ yếu là các polymer hydrocarbon, khi được gia nhiệt trong môi trường có kiểm soát oxy, sẽ phân hủy thành các phân tử nhỏ hơn, sau đó tái cấu

trúc thành khí tổng hợp – nguồn nhiên liệu có thể dùng trong phát điện, tổng hợp hóa chất (methanol, methyl acetate, acetic acid và methyl anhydride), hoặc tạo nhiên liệu lỏng (Bashir et al., 2025; Javed et al., 2025).



Hình 5. Quy trình khí hóa nhựa thải (Javed et al., 2025)

Quá trình khí hóa thể hiện hiệu quả cao trong chuyển đổi điện năng, dù chi phí vận hành cao hơn so với phương pháp đốt truyền thống. Khí hóa tạo ra lượng điện năng cao hơn, giúp giảm tổng chi phí vận hành, đồng thời giảm lượng khí thải CO₂ so với quá trình đốt trực tiếp. Công nghệ khí hóa nhựa đã được nghiên cứu và ứng dụng tại một số quốc gia trên thế giới như Nhật Bản, Đức, Mỹ và gần đây cũng được phát triển và ứng dụng tại Việt Nam. Khí hóa chất thải nhựa là một hướng đi tiềm năng trong xử lý chất thải rắn, đặc biệt là nhựa khó tái chế. Dù còn tồn tại nhiều thách thức kỹ thuật và chi phí, nhưng với sự phát triển công nghệ và nhu cầu bức thiết về bảo vệ môi trường, khí hóa có thể đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế tuần hoàn.

- *Quá trình hydro hóa*

Quá trình hydro hóa được áp dụng để biến đổi nhựa thải thành các sản phẩm có giá trị bằng cách sử dụng khí hydro (H₂) dưới điều kiện nhiệt độ, áp suất cao và thường có mặt xúc tác. Hydro hóa là quá trình thêm hydro vào các liên kết trong polymer, cắt gãy các chuỗi polymer dài của nhựa thải thành các hydrocarbon mạch ngắn, giúp chuyển hóa nhựa thành hydrocarbon lỏng hoặc khí. Phản ứng xảy ra trong lò phản ứng kín, ở nhiệt độ 300–450°C, áp suất 50–150 bar, có mặt xúc tác kim loại như Ni, Mo, Pt, Pd để tăng hiệu quả chuyển hóa, giúp ngăn cốc hóa, giảm tạo khí độc (CO, CO₂), và ổn định sản phẩm. Sản phẩm thu được bao gồm dầu lỏng (Alkanes, Cycloalkanes (C₅–C₂₀), dầu diesel), khí (Methane, Ethane, Propane) và cặn (carbon, tro, kim loại nặng) (Colelli et al., 2024; O'Rourke et al., 2023).

Ưu điểm của quá trình hydro hóa nhựa thải là tái chế nhựa hỗn hợp, không cần phân loại kỹ, giảm khí thải độc hại so với quá trình nhiệt phân thông thường. Tuy nhiên, chi phí cao do hydro đắt, xúc tác quý và yêu cầu điều kiện vận hành nghiêm ngặt (áp suất/nhiệt độ) nên đòi hỏi công nghệ cao, khó triển khai rộng ở các nước đang phát triển. Nhiều nước phát triển trên thế giới như Nhật Bản, Đức, Hàn Quốc đang thử nghiệm công nghệ này để xử lý chất thải nhựa đô thị và công nghiệp.

2.3.4. Tái chế thu hồi năng lượng

Một phương pháp hiệu quả để giảm thiểu chất thải nhựa là đốt cháy nhựa trong điều kiện thiết kế và vận hành phù hợp để thu hồi năng lượng (Veksha et al., 2018). Các lợi ích

chính của quá trình này bao gồm nhu cầu sử dụng diện tích đất thấp và khai thác năng lượng hiệu quả, xử lý nhanh mà không phụ thuộc vào tốc độ phân hủy sinh học chậm (Van Emmerik et al., 2018).

- *Đồng xử lý chất thải nhựa trong lò nung xi măng*

Một trong những phương pháp hiệu quả nhất để tái chế chất thải nhựa nhằm thu hồi năng lượng là sử dụng chúng như một loại nhiên liệu thay thế trong các lò nung xi măng. Các nhà máy sản xuất xi măng có thể tiết kiệm được nhiên liệu đầu vào, đồng thời tận dụng cơ sở hạ tầng sẵn có cho phép xử lý chất thải mà không cần đầu tư thêm vào các phương án xử lý riêng biệt. Nhiệt độ cao trong lò nung xi măng (1450°C) cho phép xử lý một số loại nhựa thải có chứa hóa chất độc hại mà không làm gia tăng mức phát thải ra môi trường. Quá trình này không yêu cầu phải phân loại hay làm sạch chất thải trước khi xử lý. Kết quả giám sát khí thải cho thấy nồng độ phát thải nằm dưới mức tiêu chuẩn áp dụng cho các lò đốt chất thải nguy hại thông thường (Long et al., 2022; Siddiqui & Pandey, 2013). Công nghệ này cũng đã được ứng dụng tại một số nhà máy sản xuất xi măng ở Việt Nam như nhà máy xi măng Holcim, Vicem Hà Tiên, xi măng Nghi Sơn...

- *Công nghệ nhiệt phân plasma*

Nhiệt phân plasma là một công nghệ kết hợp giữa các đặc tính nhiệt-hóa học của plasma và quá trình nhiệt phân. Nhờ khả năng sinh nhiệt cực cao và đa dạng, công nghệ này cho phép xử lý tất cả các loại chất thải nhựa. Trong công nghệ nhiệt phân plasma, ban đầu chất thải nhựa được nạp vào buồng sơ cấp ở nhiệt độ khoảng 850°C thông qua một thiết bị cấp liệu. Tại đây, chất thải phân rã thành các khí như CO, H₂, CH₄, các hydrocarbon mạch cao... Một quạt hút cưỡng bức sẽ dẫn khí nhiệt phân và phần chất thải còn lại vào buồng thứ cấp, nơi các khí nhiệt phân được đốt cháy trong điều kiện dư thừa oxy. Các khí dễ cháy bắt lửa nhờ tia lửa điện áp cao. Nhiệt độ trong buồng thứ cấp được duy trì ở khoảng 1050°C. Các khí hydrocarbon, H₂ và CO được chuyển hóa thành hơi nước (H₂O) và CO₂ an toàn (Bhatt et al., 2024; Siddiqui & Pandey, 2013).

Hiệu suất chuyển hóa chất thải hữu cơ thành các khí không độc hại (CO₂ và H₂O) đạt trên 99%. Nhiệt độ cực cao trong plasma cũng tiêu diệt được cả các vi khuẩn bền nhiệt như *Bacillus stercorophilus* và *Bacillus subtilis*. Quá trình này không yêu cầu phân loại chất thải, vì nhiệt độ cực cao đảm bảo xử lý hiệu quả mọi loại chất thải mà không cần phân biệt. Công nghệ đã được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới để xử lý nhiều loại rác thải khác nhau như rác thải đô thị, rác thải y tế và chất thải nhựa kết hợp thu hồi năng lượng. Ở Việt Nam, công nghệ này vẫn đang trong giai đoạn nghiên cứu, chưa được ứng dụng do chi phí đầu tư cao và yêu cầu kỹ thuật và bảo trì phức tạp.

2.3.5. Đánh giá chung

Nhìn chung, nhu cầu về nguồn lực cho các công nghệ xử lý và tái chế chất thải nhựa tăng dần theo thứ tự: đốt, tái chế cơ học, tái chế hóa học. Các phương pháp tái chế tuần hoàn

chất thải nhựa vẫn còn chưa phổ biến ở các nước đang phát triển do các vấn đề liên quan đến nguồn lực và công nghệ. Vì thế, việc tái chế nguồn chất thải nhựa ở các quốc gia này hiện tại vẫn còn phụ thuộc nhiều vào các phương pháp cơ học, thiêu đốt, và chôn lấp.

Do đó, nhằm bước đầu hướng đến nền kinh tế tuần hoàn, Việt Nam có thể bắt đầu với phương pháp đốt rác thải thu hồi năng lượng vì công nghệ này đòi hỏi ít nguồn lực nhất. Cùng với đó, việc đầu tư vào hệ thống thu gom và phân loại chất thải nhựa là hết sức cần thiết để có thể tăng hiệu quả tái chế cơ học. Tái chế cơ học vẫn là công nghệ tái chế nhựa phổ biến và hiệu quả nhất hiện nay, tuy nhiên chỉ hiệu quả đối với các loại nhựa sạch, dễ phân loại. Để có thể tái chế chất thải nhựa phức tạp và hỗn hợp, các công nghệ như tái chế hóa học và nhiệt phân đang dần trở thành xu hướng và sẽ đóng vai trò chủ đạo trong tương lai gần mà Việt Nam cần hướng tới.

3. Kết luận

Quản lý hiệu quả chất thải nhựa đòi hỏi sự phối hợp đồng bộ giữa chính sách, công nghệ, cộng đồng và doanh nghiệp. Việc xây dựng một hệ thống quản lý tích hợp, gắn với kinh tế tuần hoàn, chính sách EPR và chuyển đổi hành vi xã hội là con đường tất yếu để hướng tới một môi trường bền vững và không chất thải nhựa. Trong đó, tái chế là một trong những giải pháp quan trọng trong quản lý chất thải nhựa. Phương pháp này ngày càng trở nên hợp lý cả về môi trường lẫn kinh tế và các xu hướng hiện nay cho thấy tỷ lệ thu hồi và tái chế chất thải nhựa đang gia tăng đáng kể. Mặc dù xu hướng này được kỳ vọng sẽ tiếp tục phát triển, vẫn còn nhiều thách thức đáng kể, bao gồm cả yếu tố công nghệ, cũng như hành vi xã hội và kinh tế liên quan đến việc thu gom chất thải có thể tái chế và thay thế nguyên liệu nhựa nguyên sinh. Khi kết hợp với nỗ lực tăng cường tiêu chuẩn và sử dụng nhựa tái chế thay thế nhựa nguyên sinh, việc tái chế nhựa thải chính là giải pháp hiệu quả để nâng cao hiệu suất môi trường của ngành công nghiệp polymer.

Nhu cầu về nguồn lực cho các công nghệ tái chế chất thải nhựa tăng dần theo thứ tự: đốt thu hồi năng lượng, tái chế cơ học, tái chế hóa học. Trong đó, tái chế cơ học vẫn là công nghệ tái chế nhựa phổ biến và hiệu quả nhất hiện nay, tuy nhiên chỉ hiệu quả đối với các loại nhựa sạch, dễ phân loại. Để có thể tái chế rác nhựa phức tạp và hỗn hợp, các công nghệ như tái chế hóa học và nhiệt phân đang dần trở thành xu hướng và sẽ đóng vai trò chủ đạo trong tương lai.

❖ *Tuyên bố về quyền lợi: Tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abd Karim, S. B., Norman, S., Koting, S., Simarani, K., Loo, S.-C., Mohd Rahim, F. A., Ibrahim, M. R., Md Yusoff, N. I., & Nagor Mohamed, A. H. (2023). Plastic roads in Asia: Current implementations and should it be considered? *Materials*, *16*(16), 5515. <https://doi.org/10.3390/ma16165515>
- Ali, D. C., Jassim, A. K., & Al-Sabur, R. (2023). Recycling of polyethylene and polypropylene waste to produce plastic bricks. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, *11*(4), 1–13. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d11.0462>
- Bashir, M. A., Tuo, J., Weidman, J., Soong, Y., Gray, M. L., Shi, F., & Wang, P. (2025). Plastic waste gasification for low-carbon hydrogen production: A comprehensive review. *Energy Advances*. <https://doi.org/10.1039/D4YA00292J>
- Bhatt, K. P., Patel, S., Upadhyay, D. S., & Patel, R. N. (2024). Production of hydrogen-rich fuel gas from waste plastics using continuous plasma pyrolysis reactor. *Journal of Environmental Management*, *356*, 120446. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120446>
- Colelli, L., Verdone, N., Segneri, V., Bruni, J., & Vilaridi, G. (2024). Plastic waste valorization for formic acid production: A comparison between the electrolysis and hydrogenation process. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *12*(6), 114761. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114761>
- Idumah, C. I., & Nwuzor, I. C. (2019). Novel trends in plastic waste management. *SN Applied Sciences*, *1*, 1–14.
- Javed, M. H., Ahmad, A., Rehan, M., Musharavati, F., Nizami, A.-S., & Khan, M. I. (2025). Advancing sustainable energy: Environmental and economic assessment of plastic waste gasification for syngas and electricity generation using life cycle modeling. *Sustainability*, *17*(3), 1277. <https://doi.org/10.3390/su17031277>
- Kunwar, B., Cheng, H., Chandrashekar, S. R., & Sharma, B. K. (2016). Plastics to fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *54*, 421–428. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.015>
- Long, H., Liao, Y., Cui, C., Liu, M., Liu, Z., Li, L., Hu, W., & Yan, D. (2022). Assessment of popular techniques for co-processing municipal solid waste in Chinese cement kilns. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, *16*, 1–13.
- Macheca, A. D., Mutuma, B., Adalima, J. L., Midheme, E., Lucas, L. H., Ochanda, V. K., & Mhlanga, S. D. (2024). Perspectives on plastic waste management: Challenges and possible solutions to ensure its sustainable use. *Recycling*, *9*(5), 77. <https://doi.org/10.3390/recycling9050077>
- Masharipovna, R. A., & Safarboyevna, O. N. (2025). Plastics, types of plastics, fields of use and production. *Modern Digital Technologies in Education: Problems and Prospects*, *2*(4), 1–5. <https://incop.org/index.php/mod/article/view/1158/1136>
- Ministry of Natural Resources and Environment. (2023). *Báo cáo tình hình phát sinh rác thải nhựa năm 2022* [Report on plastic waste generation in 2022]. https://wwfasia.awsassets.panda.org/downloads/wwf_a4_bao-cao-chat-thai-nhua-final--a--ne-n.pdf

- Misra, Y., Kumar, D. J. P., Mishra, R. K., Kumar, V., & Dwivedi, N. (2025). Thermocatalytic pyrolysis of plastic waste into renewable fuel and value-added chemicals: A review of plastic types, operating parameters and upgradation of pyrolysis oil. *Water-Energy Nexus*. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2025.03.002>
- Nyika, J., & Dinka, M. (2022). Recycling plastic waste materials for building and construction materials: A minireview. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3257–3262. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.226>
- O'Rourke, G., Hennebel, T., Stalpaert, M., Skorynina, A., Bugaev, A., Janssens, K., Van Emelen, L., Lemmens, V., Silva, R. D. O., & Colemonts, C. (2023). Catalytic tandem dehydrochlorination–hydrogenation of PVC towards valorisation of chlorinated plastic waste. *Chemical Science*, 14(16), 4401–4412. <https://doi.org/10.1039/D3SC00945A>
- Owusu, P. A., Banadda, N., Zziwa, A., Seay, J., & Kiggundu, N. (2018). Reverse engineering of plastic waste into useful fuel products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 130, 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2017.12.020>
- Petsiuk, A., Lavu, B., Dick, R., & Pearce, J. M. (2022). Waste plastic direct extrusion hangprinter. *Inventions*, 7(3), 70. <https://doi.org/10.3390/inventions7030070>
- Saleem, J., Tahir, F., Baig, M. Z. K., Al-Ansari, T., & McKay, G. (2023). Assessing the environmental footprint of recycled plastic pellets: A life-cycle assessment perspective. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103289. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103289>
- Seno Flores, J. D., de Assis Augusto, T., Lopes Vieira Cunha, D. A., Gonçalves Beatrice, C. A., Henrique Backes, E., & Costa, L. C. (2024). Sustainable polymer reclamation: Recycling poly (ethylene terephthalate) glycol (PETG) for 3D printing applications. *Journal of Materials Science: Materials in Engineering*, 19(1), 16.
- Sharuddin, S. D. A., Abnisa, F., Daud, W. M. A. W., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management*, 115, 308–326. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037>
- Siddiqui, J., & Pandey, G. (2013). A review of plastic waste management strategies. *Int. Res. J. Environ. Sci*, 2(12), 84–88.
- Singh, R. K., & Ruj, B. (2016). Time and temperature depended fuel gas generation from pyrolysis of real world municipal plastic waste. *Fuel*, 174, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.049>
- Tian, J., Ni, L., Song, T., Olson, J., & Zhao, J. (2018). An overview of operating parameters and conditions in hydrocyclones for enhanced separations. *Separation and Purification Technology*, 206, 268–285. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.06.015>
- Van Emmerik, T., Kieu-Le, T.-C., Loozen, M., Van Oeveren, K., Strady, E., Bui, X.-T., Egger, M., Gasperi, J., Lebreton, L., & Nguyen, P.-D. (2018). A methodology to characterize riverine macroplastic emission into the ocean. *Frontiers in Marine Science*, 5, 372. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00372>

- Veksha, A., Giannis, A., Oh, W.-D., & Lisak, G. (2018). Catalytic processing of non-condensable pyrolysis gas from plastics: Effects of calcium supports on nickel-catalyzed decomposition of hydrocarbons and HCl sorption. *Chemical Engineering Science*, 189, 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2018.06.014>
- Yadav, P., Silvenius, F., Katajajuuri, J.-M., & Leinonen, I. (2024). Life cycle assessment of reusable plastic food packaging. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141529. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141529>

PLASTIC WASTE MANAGEMENT AND RECYCLING SOLUTIONS

Truong Thi Bich Hong

Faculty of Natural Science Education, Pham Van Dong University, Vietnam

Corresponding author: Truong Thi Bich Hong – Email: ttbhong@pdu.edu.vn

Received: May 18, 2025; Revised: January 13, 2026; Accepted: January 15, 2026

ABSTRACT

Plastic waste has become one of the major global environmental challenges. Due to its non-biodegradable nature, plastic can persist in the natural environment for hundreds of years, causing negative impacts on ecosystems, human health, and sustainable development. Based on the current situation of plastic waste pollution, this paper conducts a comprehensive review and proposes effective and sustainable plastic waste management solutions. These include the application of a circular economy model, improvement of the legal framework, and enhancement of public awareness to minimize plastic waste; strengthening reuse and recycling practices; and adopting advanced treatment technologies. Among these, recycling technology plays a crucial role in sustainable plastic waste management. The research results contribute to providing an overview of measures to mitigate plastic waste pollution and serve as a foundation for selecting appropriate plastic waste management strategies.

Keywords: circular economy; plastic recycling; plastic waste; plastic waste management; plastic waste reduction; plastic waste treatment