

Pin mặt trời hết hạn: MỘT VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM

GS.TS Phan Đình Tuấn

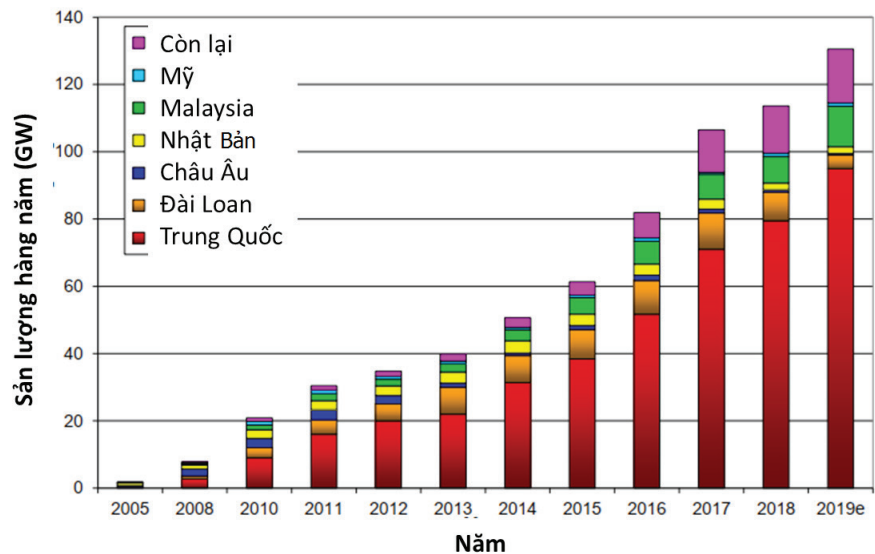
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh

Cơ quan Năng lượng tái tạo quốc tế (IRENA) ước tính tới năm 2050 toàn thế giới có khoảng 80 triệu tấn pin mặt trời (PMT) hết hạn sử dụng. Với tiềm năng năng lượng mặt trời dồi dào và chính sách ưu tiên dành cho loại năng lượng này, dự báo lượng rác thải từ PMT hết hạn tại Việt Nam cũng sẽ tăng lên nhanh chóng trong thời gian tới. PMT chứa nhiều hóa chất độc hại, do đó đã đến lúc Việt Nam cần quan tâm đến nguồn rác thải này để có biện pháp xử lý phù hợp trong tương lai.

Tình hình sản xuất, lắp đặt PMT

Tỷ trọng năng lượng tái tạo (NLTT) trong tổng sản xuất và tiêu thụ năng lượng trên thế giới không ngừng tăng lên nhanh chóng. Trong đó, điện mặt trời đóng góp phần lớn trong cơ cấu điện NLTT với công suất lắp đặt tăng theo từng năm. Tại Việt Nam, một quốc gia có tiềm năng rất lớn về năng lượng mặt trời, đặc biệt ở các vùng miền trung và miền nam của lãnh thổ, với cường độ bức xạ mặt trời trung bình khoảng 5 kWh/m², năng lượng mặt trời đóng góp 8,7% tổng sản lượng điện. Chính phủ đặt mục tiêu tăng mức đóng góp của năng lượng mặt trời lên 20% vào năm 2050.

Để có thể chuyển đổi năng lượng mặt trời thành năng lượng điện cần sử dụng PMT. PMT là các tế bào quang điện, phần tử bán dẫn có chứa trên bề mặt một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng, thực hiện biến đổi quang năng thành điện năng. Việc ghép nhiều tế bào quang điện lại với nhau sẽ tạo thành các mô đun hay các tấm pin năng lượng mặt trời. Có nhiều loại PMT khác nhau. Trong đó PMT c-Si chiếm lĩnh 80% thị trường trên toàn cầu [1]. Tiếp đó là PMT màng mỏng có chất bán dẫn được làm từ các



Hình 1. Sản lượng pin/mô đun PMT của thế giới giai đoạn 2005-2019 [2].

vật liệu như cadmium telluride (CdTe) và đồng indium gallium (di) selenide (CIGS). Có thể thấy, việc khai thác năng lượng mặt trời thông qua PMT cần dùng đến các vật liệu, hóa chất có khả năng gây hại cho môi trường và con người.

Dữ liệu báo cáo cho thấy, sản lượng PMT toàn cầu giai đoạn 2018-2019 nằm trong khoảng 110-140 GW (hình 1). Kể từ năm 2000, việc sản xuất các thiết bị quang điện mặt trời đã phát triển với tốc độ tăng trưởng hàng năm trên 40%. Sau khi tăng nhanh ở

Trung Quốc và Đài Loan, kể từ năm 2006 đến 2014, xu hướng này xuất hiện ở các nước châu Á khác như Ấn Độ, Malaysia, Thái Lan, Philippines và Việt Nam [2].

Tại Việt Nam, vào tháng 12/2007, Chiến lược phát triển năng lượng quốc gia đã được phê duyệt, định hướng ưu tiên phát triển NLTT bao gồm các mục tiêu sau: tăng tỷ trọng NLTT từ không đáng kể lên khoảng 3% (58,6 GJ) trong tổng sản lượng năng lượng sơ cấp thương mại vào năm 2010, lên 5% vào năm 2020, 8% (376,8 GJ) vào năm 2025 và 11% (1,5 TJ)

Diễn đàn Khoa học và Công nghệ

vào năm 2050. Quy hoạch phát triển điện cấp nhật giai đoạn 2011-2020 đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt vào tháng 3/2016 đặt ra mục tiêu mới cho năng lượng mặt trời: 850 MW vào năm 2020 và 12 GW vào năm 2030. Vào tháng 4/2017, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định 11/2017/QĐ-TTg, có hiệu lực từ ngày 1/6/2017 và hết hạn vào ngày 30/6/2019 ban hành biểu giá cấp vào cho các hệ thống nổi lưới và đặt ra các yêu cầu về hiệu suất tối thiểu (hiệu suất mô đun) là 15%. Tính đến cuối tháng 6/2019, cả nước có 4,46 GWAC được kết nối lưới, chiếm 8,3% công suất điện của Việt Nam. Trong nửa cuối năm 2019, hơn 600 MWAC của công suất điện mặt trời bổ sung dự kiến sẽ được hoàn thành. Theo báo cáo của Bộ Công Thương, hiện nay trên hệ thống điện quốc gia có tổng cộng 99 nhà máy điện mặt trời vận hành với tổng công suất hơn 5.000 MWp. Tính đến tháng 8/2019, Việt Nam có 8 nhà máy sản xuất pin năng lượng mặt trời.

Về mặt lý thuyết, các PMT chỉ có thời hạn sử dụng trong khoảng 25-30 năm. Bên cạnh đó, các tấm PMT chứa chì (Pb), cadmium (Cd) và nhiều hóa chất độc hại khác mà không thể loại bỏ nếu toàn bộ tấm pin bị nứt. Các tấm PMT sẽ trở thành một dạng chất thải nguy hại khi hết thời gian sử dụng và có thể gây hại cho môi trường nếu chúng không được thu hồi hoặc xử lý đúng cách.

Hiện trạng xử lý các PMT phế thải

Trên thế giới

Với việc gia tăng lắp đặt, số lượng tấm PMT đạt đến giai đoạn cuối của vòng đời sẽ tăng đều đặn [3]. Cụ thể, nếu sử dụng tấm PMT phổ biến trên thị trường

hiện nay là loại 300 W/tấm, thì với công suất điện mặt trời thế giới năm 2018 (505 GW) cần khoảng 1,7 tỷ tấm, tương đương khoảng 25,5 triệu tấn vật liệu (15 kg/tấm). IRENA ước tính tổng lượng tấm PMT hết thời hạn sử dụng toàn cầu sẽ đạt 9,57 triệu tấn vào năm 2050 [4]. Nhật Bản dự kiến sản lượng chất thải từ tấm PMT mỗi năm sẽ tăng từ 10.000 lên 800.000 tấn vào năm 2040 và quốc gia này chưa có kế hoạch xử lý chúng một cách an toàn, hiệu quả. Một tuyên bố gần đây cho biết giải pháp môi trường của Toshiba sẽ mất khoảng 19 năm để xử lý lại toàn bộ lượng rác thải khổng lồ từ pin năng lượng mặt trời của Nhật Bản được tạo ra trong năm 2020. Trung Quốc hiện đang vận hành số lượng tấm PMT nhiều gấp 2 lần Hoa Kỳ và cũng chưa có giải pháp đối với các tấm pin cũ sẽ bị thải bỏ, mặc dù nhận thức được mối nguy hại của chúng. California (Mỹ), một trong những nơi dẫn đầu thế giới về số lượng tấm PMT, cũng chưa có kế hoạch xử lý đối với loại rác thải này. Cho đến nay mới chỉ có Liên minh châu Âu (EU) yêu cầu các nhà sản xuất tấm PMT thu gom và xử lý các tấm PMT phế thải [5].

Ủy ban châu Âu đã có chỉ thị về vấn đề xử lý chất thải điện, rác điện tử, trong đó có PMT bằng cách ngăn việc thu gom, xử lý rác điện tử với các nhà sản xuất. Trong đó quy định pháp lý rất rõ ràng về việc thu gom, tái sử dụng, tái chế, thậm chí thu lại các nguyên liệu từ rác điện tử để sử dụng cho các mục đích sản xuất khác, nhằm đạt mục tiêu cuối cùng là giảm khối lượng rác điện tử thải ra môi trường. Kể từ năm 2014, để tuân thủ chỉ thị chung của EU, tất cả các quốc gia thành viên đã đưa ra quy định riêng của đất nước mình về vấn đề thu

gom, vận chuyển và xử lý rác điện tử, trong đó có các tấm PMT. Theo đó, các nhà sản xuất được yêu cầu khi các tấm PMT lắp đặt cho các hộ dân hết thời hạn sử dụng thì các nhà sản xuất phải thu gom, vận chuyển, xử lý. Quy định này ràng buộc và tăng trách nhiệm của các nhà sản xuất với vấn đề bảo vệ môi trường, gắn sự tham gia của nhà sản xuất vào cả vòng đời của hệ thống. Các hộ gia đình sẽ không phải tốn chi phí để xử lý PMT khi nó đi vào cuối vòng đời.

Tại Việt Nam

Theo Quyết định số 2068/QĐ-TTg về Chiến lược phát triển NLTT đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050, thì điện năng sản xuất từ điện mặt trời đến các năm 2030 và 2050 sẽ lần lượt là 35,4 tỷ kWh và 210 tỷ kWh. Với cường độ năng lượng mặt trời ở Việt Nam, để có được các sản lượng điện mặt trời nêu trên thì công suất lắp đặt điện mặt trời đến các năm 2030 và 2050 lần lượt vào khoảng 29.000 MWp và 170.000 MWp. Trung bình một nguồn điện mặt trời công suất 1 MWp sẽ thải ra gần 70 tấn phế thải sau khoảng 20-25 năm kể từ ngày nguồn bắt đầu phát điện. Như vậy, theo dự báo của Chiến lược phát triển NLTT đã nêu ở trên, thì lượng PMT phế thải đến năm 2030 và 2050 lần lượt là khoảng 2 triệu tấn và 12 triệu tấn. Nếu không được quản lý, thu gom, tái chế thì chắc chắn với số lượng lớn như vậy, phế thải PMT sẽ gây ra ô nhiễm môi trường hết sức trầm trọng và lãng phí rất lớn về tài nguyên thiên nhiên. Nhưng cho đến nay, ở Việt Nam vẫn chưa có các nghiên cứu về công nghệ xử lý cũng như chính sách về phế thải điện mặt trời [6]. Đồng thời, việc ứng dụng công nghệ xử lý phế thải điện mặt trời ở Việt Nam

vẫn còn rất hạn chế.

Công nghệ tái chế, xử lý PMT phế thải

Việc tái chế các tấm PMT phế thải không phải là mối quan tâm trong suốt 25 năm phát triển đầu tiên. Tuy nhiên, theo thời gian nó đang dần trở thành một vấn đề môi trường quan trọng. Vì vậy, để đạt được tính bền vững của PMT trong các quy mô triển khai lớn, điều quan trọng là phải thiết lập các công nghệ tái chế chi phí thấp cho ngành công nghiệp PMT đang phát triển song song với việc thương mại hóa nhanh chóng các công nghệ mới này.

Ngày nay, Nhật Bản, châu Âu và Hoa Kỳ đang tập trung vào nghiên cứu và phát triển liên quan đến tái chế mô đun năng lượng mặt trời. Hầu hết các nỗ lực liên quan đến tái chế tấm PMT tập trung vào tấm Si và nhằm mục đích thu hồi và tái chế các bộ phận quan trọng nhất. Hiện tại có ba công nghệ tái chế khác nhau được áp dụng cho các tấm

PMT là vật lý, nhiệt và hóa học như được minh họa trong hình 2.

Đầu tiên là công nghệ xử lý, tái chế vật lý. Trong công nghệ này, các thành phần (hay các lớp) của tấm pin như khung nhôm bao quanh, các hộp nối và các cáp điện... của tấm PMT phế thải được tách ra. Các thành phần này sau đó được nghiền vụn để phân tích các chất độc hại và từ đó có giải pháp xử lý thích hợp. Sau khi thành phần khung nhôm được tách khỏi mô đun, nó có thể được phục hồi thông qua luyện kim thứ cấp để tái sử dụng. Việc thay thế các phần tử trong PMT để sửa chữa chỉ giới hạn trong việc thay thế các thành phần điện và không bao gồm việc tách vật liệu. Có hai loại quy trình được sử dụng rộng rãi để kiểm tra và sửa chữa các lỗi hộp nối (junction box fault). Việc sửa chữa các lỗi hộp nối có thể giúp tăng công suất đầu ra của các tấm PMT cũ hơn. Tuy nhiên, phương pháp này chỉ có thể được sử dụng cho các

hộp nối nằm bên ngoài bảng điều khiển năng lượng mặt trời.

Công đoạn tiếp theo là xử lý, tái chế bằng công nghệ nhiệt. Trong công đoạn này, các thành phần của tấm PMT phế thải đã được tách ra từ quá trình xử lý vật lý nêu trên, được nung và ủ trong các lò nhiệt ở các nhiệt độ cũng như tốc độ tăng nhiệt độ thích hợp. Ở nhiệt độ cao, các thành phần như keo EVA bị chảy lỏng. Nhờ đó có thể thu hồi được dây hàn nối, các tấm kính và đặc biệt là có thể thu hồi các PMT Si cũ (đối với PMT tinh thể Silicon), hay các nguyên tố độc hại Cadmium (Cd), Tellurium (Te)... (đối với PMT màng mỏng) để sử dụng lại.

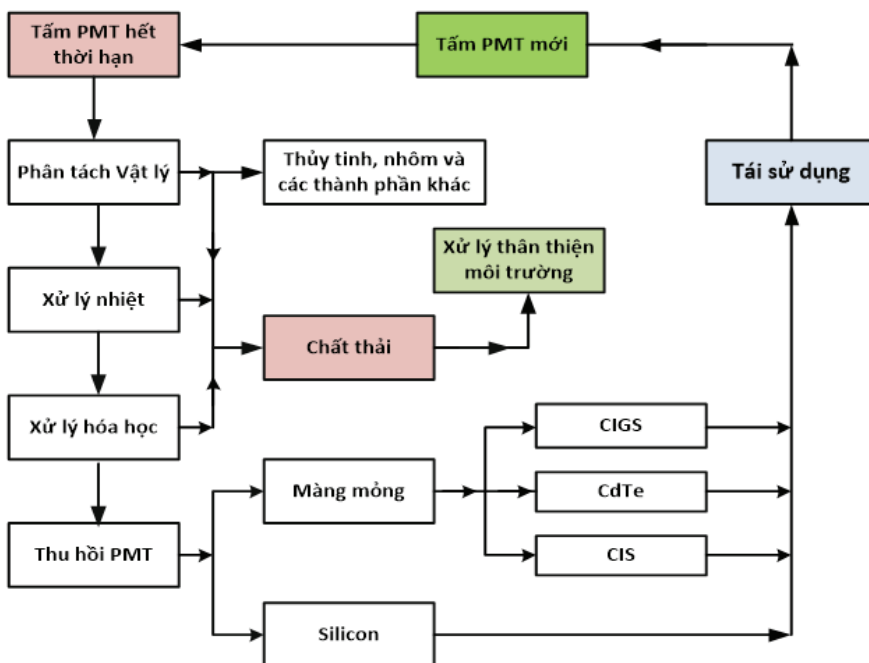
Công đoạn tiếp là xử lý, tái chế hóa học. Trong công đoạn này các hóa chất (như chất hòa tan, chất ăn mòn, chất phản ứng khử...) được sử dụng để xử lý và thu hồi các thành phần trong tấm PMT phế thải. Để tăng hiệu quả xử lý, trong các công đoạn trên, có thể kết hợp với các công nghệ khác như siêu âm, mài mòn, ngâm chiết... tùy theo công đoạn và đặc điểm công nghệ.

Một số đề xuất

Bất chấp sự phát triển của điện mặt trời và tương lai tươi sáng của nó, nguồn rác thải từ các tấm PMT hết hạn sử dụng chắc chắn là điều không thể tránh khỏi. Do đó, cần phải ngăn chặn sự xuống cấp của các tấm pin và quản lý lượng pin đã hết hạn sử dụng. Dưới đây là một số hướng giải quyết chính cần được quan tâm:

Giảm sử dụng vật liệu trong các tấm PMT

Lựa chọn tốt nhất là tăng hiệu quả của các tấm pin bằng cách giảm lượng nguyên liệu sử dụng. Trong bối cảnh thị trường PMT tăng trưởng mạnh, giá thành



Hình 2. Công nghệ tổng quát xử lý, tái chế phế thải PMT [7].

giảm, nguyên liệu thô khan hiếm thì việc sản xuất điện mặt trời ở quy mô lớn với công nghệ hiệu quả cao hơn là hướng đi tất yếu. Muốn vậy, cần tiến hành các nghiên cứu theo hướng giảm lượng vật liệu độc hại cũng như giảm thiểu lượng vật liệu sử dụng trên mỗi tấm pin để tiết kiệm chi phí. Trong đó cần tập trung vào việc giảm bớt hoặc thay thế các thành phần được sử dụng cho các tấm PMT, cụ thể là: tấm c-Si (thủy tinh, silicon...), tấm CIGS (thủy tinh, polyme, nhôm...) và tấm CdTe (thủy tinh, polyme, niken...).

Tái sử dụng, sửa chữa các tấm pin bị hư hỏng

Hầu hết các hệ thống PMT được lắp đặt trong thập kỷ qua. Nếu phát hiện tấm pin có sai sót hay hư hỏng trong thời gian đầu sử dụng, thay vì thay cái mới hoặc bỏ đi, người sử dụng có thể yêu cầu nhà sản xuất bảo hành để sửa chữa hoặc thay thế và các công ty bảo hiểm có thể tham gia để bù đắp chi phí cho một số hoặc tất cả việc sửa chữa/thay thế. Khi cần thay thế, các phép kiểm tra chất lượng để kiểm tra an toàn điện và sản lượng điện - chẳng hạn như kiểm tra đặc tính chập cháy và độ rò rỉ ứốt - có thể được thực hiện để khôi phục một phần hiệu suất. Các tấm PMT đã sửa chữa cũng có thể được bán lại dưới dạng thay thế hoặc dưới dạng tấm pin đã qua sử dụng với giá thấp hơn 70% giá ban đầu, các tấm hoặc bộ phận được sửa chữa một phần cũng có thể được bán lại trên thị trường đồ cũ.

Tái chế, phá dỡ và xử lý các tấm PMT

Quản lý chất thải trong tương lai của các hệ thống quang điện đã lắp đặt phần lớn phụ thuộc vào loại và kích thước của chúng. Ví

dụ, trong khi hệ thống PMT mái nhà với quy mô nhỏ có thể tăng thêm chi phí đáng kể cho tháo dỡ, thu gom và vận chuyển các tấm pin hết hạn sử dụng, quản lý chất thải của hệ thống PMT lắp đặt với quy mô lớn sẽ dễ dàng hơn. Về lâu dài việc xây dựng các nhà máy tái chế tấm PMT chuyên dụng cần phải được ưu tiên vì chúng có thể gia tăng khả năng xử lý và tối đa hóa doanh thu nhờ chất lượng đầu ra tốt hơn và cũng có thể tăng sự thu hồi các cấu tử có giá trị. Công nghệ tái chế cho các tấm PMT đã được nghiên cứu trong 15 năm qua. Thách thức hiện nay là bám sát các cải tiến đang có đối với các tấm pin để đạt được kết quả tốt nhất với chi phí thấp nhất.

Việc trích ly các nguyên liệu thô thứ cấp từ các tấm PMT hết hạn sử dụng có thể tạo ra giá trị quan trọng cho ngành công nghiệp. Đồng thời sẽ góp phần bảo đảm an ninh vật liệu cho các tấm pin mới trong tương lai. Khối lượng chất thải tăng nhanh theo thời gian sẽ kích thích thị trường nguyên liệu thô thứ cấp có nguồn gốc từ các tấm PMT hết hạn. Việc chấp nhận hệ thống quản lý chất thải PMT trong tương lai cũng cần sự phối hợp giữa các bên bao gồm các công ty quản lý chất thải, chính phủ, nhà sản xuất... Hơn nữa, công nghiệp tái chế PMT cần nguồn nhân lực được đào tạo với các kỹ năng và kiến thức, các chương trình giáo dục và đào tạo riêng biệt.

*
* *

Trước tình trạng tăng trưởng nhanh chóng về công suất lắp đặt và sản lượng sản xuất PMT, với tuổi thọ giới hạn và tiềm năng trở thành chất thải nguy hại cho môi trường và con người, việc xây dựng một chiến lược tái chế và

phục hồi các tấm pin là thực sự cần thiết cho toàn cầu nói chung và Việt Nam nói riêng. Bên cạnh các chính sách khuyến khích, bắt buộc xử lý tái chế phế thải PMT, các nghiên cứu khoa học và công nghệ về nâng cao hiệu suất, cải thiện tuổi thọ của pin cũng như công nghệ, kỹ thuật xử lý tái chế pin đơn giản, hiệu quả cần được đầu tư đúng mức. Như vậy, nguồn NLTT này mới được khai thác tối đa và triệt để ☞

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] V. Fiandra, L. Sannino, C. Andreozzi, F. Corcelli, G. Graditi (2019), "Silicon photovoltaic modules at end-of-life: removal of polymeric layers and separation of materials", *Waste Manag.*, **87**, pp.97-100.

[2] A. Jager-Waldau (2019), *P.V Status Report 2019*, DOI:10.2760/329862.

[3] J. Shin, J. Park, N. Park (2017), "A method to recycle silicon wafer from end-of-life photovoltaic module and solar panels by using recycled silicon wafers", *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **162**, pp.1-6.

[4] Y. Xu, J. Li, Q. Tan, A.L. Peters, C. Yang (2018), "Global status of recycling waste solar panels: a review", *Waste Management*, pp.450-458.

[5] M.S. Chowdhury, et al. (2020), "An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling", *Energy Strategy Reviews*, **27**, p.100431.

[6] D.T. Dang, T.D. Do (2020), "Rác thải từ các tấm PMT - Những vấn đề môi trường cần quan tâm", *Tạp chí Môi trường*, **8**, tr.14-18.

[7] M.M. Lunardi, J.P. Alvarez-Gaitan, J.I. Bilbao, R. Corkish (2018), "A review of recycling processes for photovoltaic modules", *Solar Panels and Photovoltaic Materials*, p.74399.