

# PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI THẢI: THÀNH PHẦN NGUY HẠI VÀ ĐỊNH HƯỚNG XỬ LÝ

HÀ VĨNH HÙNG, HUỖNH TRUNG HẢI, TRẦN PHƯƠNG HÀ,  
VŨ MINH TRANG, ĐÀO DUY NAM, NGUYỄN ĐỨC QUẢNG  
Đại học Bách khoa Hà Nội

## Tóm tắt:

*Bài báo trình bày kết quả đánh giá mức độ nguy hại của tấm pin năng lượng mặt trời (PV) thải dựa trên quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng chất thải nguy hại (CTNH) (QCVN 07:2009/BTNMT). Sau khi tháo dỡ theo từng vật liệu, PV thải bao gồm thủy tinh, hộp kim nhôm, hộp nối, dây dẫn điện, EVA, nhựa nền và tế bào quang điện. Hàm lượng các thông số CTNH trong tấm PV được phân tích và quy đổi theo QCVN 07:2009/BTNMT nhỏ hơn ngưỡng cho phép rất nhiều lần. Công nghệ tái chế được đề xuất theo hướng thu hồi vật liệu có giá trị và thay thế vật liệu xây dựng.*

*Từ khóa:* Pin năng lượng mặt trời thải, chất thải nguy hại, công nghệ tái chế, điện mặt trời.

*Ngày nhận bài:* 2/6/2023. *Ngày sửa chữa:* 14/6/2023. *Ngày duyệt đăng:* 19/6/2023.

## Solar panel waste: Hazardous components and proposed treatment technology

### Abstract:

*This paper presents the evaluation results of the hazardous nature of discarded solar panels (PV) based on the National Technical Regulation on Hazardous Waste Thresholds (QCVN 07:2009/BTNMT). After dismantling each material, the PV waste consists of glass, aluminum alloys, junction boxes, electrical wires, ethylene-vinyl acetate (EVA), backsheet plastics, and photovoltaic cells. The concentrations of hazardous substances in the PV modules are analyzed and converted according to QCVN 07:2009/BTNMT, which is significantly lower than the permissible limits. Recycling technology is proposed to recover valuable materials and substitute construction materials.*

*Keywords:* Solar panel waste, hazardous waste, recycling technology, solar power.

*JEL Classifications:* Q59, Q51, Q53, Q55.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nguồn năng lượng tái tạo đang được ưu tiên nghiên cứu và phát triển ở hầu hết các quốc gia trên thế giới. Việt Nam là một quốc gia sở hữu tiềm năng lớn để khai thác năng lượng mặt trời do có vị trí địa lý ở gần xích đạo và tồn tại những vùng khô nắng nhiều. Hiện nay, điện mặt trời (ĐMT) tại Việt Nam bao gồm: ĐMT mặt đất, ĐMT mặt nước, ĐMT mái nhà với tổng công suất khoảng 16.500 MW, chiếm 25% tổng công suất điện quốc gia [1]. Trong đó, nguồn ĐMT mái nhà là nguồn phân tán và chiếm khoảng 45% tổng công suất ĐMT. Điều đó cho thấy, Việt Nam có tiềm năng khai thác sử dụng nguồn năng lượng tái tạo hiệu quả. Quy hoạch Điện VIII điều chỉnh đưa ra triển vọng và đặt kế hoạch khai thác đến năm 2030, công suất ĐMT khoảng 18,89GW và năm 2045 dự kiến khoảng 53GW [2]. Để đạt được mức khai thác trên, dự báo ngành công nghiệp sản xuất tấm pin năng lượng mặt trời (photovoltaic - PV) cũng sẽ đạt mức tăng trưởng tương ứng, ước tính sản lượng từ 48 triệu tấm PV vào năm 2030 đến 217 triệu tấm PV vào

năm 2045. Tấm PV hoạt động trong điều kiện bình thường có tuổi thọ từ 20 - 30 năm, còn trong những trường hợp rủi ro như gió bão... thì tuổi thọ càng ngắn hơn. Do đó, ĐMT được phát triển theo Quy hoạch điện VIII thì lượng PV thải từ các nhà máy ĐMT là rất lớn. Bài báo này nghiên cứu thành phần nguy hại của tấm PV thải, đánh giá mức độ nguy hại, cũng như định hướng xử lý loại chất thải này.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Tấm PV thải được lấy mẫu theo chủng loại, hãng sản xuất, phân tách vật lý nhằm xác định tỷ lệ khối lượng các bộ phận (khung, thủy tinh, đế, hộp đấu nối, tế bào quang điện...). Có 6 mẫu PV thải được chọn nghiên cứu. Sau khi tháo bỏ khung và hộp đấu dây, tấm PV được xử lý, phân tách thủy tinh, đế nhựa và tấm quang điện bằng cách nung ở 500°C. Thành phần quang điện được hòa tan vào dung dịch bằng phương pháp hóa học, sử dụng hỗn hợp axit HF và HNO<sub>3</sub> nhằm hòa tan các nguyên tố có trong tế bào quang điện. Dung dịch mẫu thu được từ quá trình xử lý phân hủy



mẫu được đem phân tích bằng kỹ thuật cảm ứng cao tần plasma ghép nối khối phổ (ICP-MS, Perkin Elmer Elan DRC-e, Canada), nhằm xác định thành phần các nguyên tố có trong tế bào quang điện. Từ số liệu phân tích, tổng hợp đánh giá mức độ nguy hại của loại chất thải này dựa trên quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng CTNH (QCVN 07:2009/BTNMT).

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Thành phần nguy hại trong tấm PV thải

Sau khi tháo dỡ khung, hộp nối điện, phân tách thủy tinh, tế bào quang điện, tấm đế, thành phần các loại vật liệu được cân và tính % khối lượng, kết quả trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1. Thành phần các vật liệu trong tấm PV thải**

TT	Ký hiệu mẫu	Kích thước (mm)	Khối lượng (kg)	Thành phần % khối lượng của các bộ phận PV							
				Khung nhôm	Thủy tinh	Nhựa EVA	Tấm nền	Tế bào quang điện	Khác (hộp nối, dây điện)		
1	M1	1980 x 1007 x 35	27,3	12,40	63,23	6,89	3,86	3,69	12,67		
2	M2	2100 x 1040 x 40	25,5	12,95	62,76	8,25	3,45	3,85	11,18		
3	M3	2203 x 1130 x 35	28,2	12,19	63,44	7,71	3,01	3,44	10,19		
4	M4	2102 x 1020 x 40	23,8	12,25	62,20	6,76	3,42	3,25	10,66		
5	M5	2150 x 1050 x 35	24,5	11,51	61,76	7,68	2,96	3,58	12,07		
6	M6	1980 x 1000 x 40	26,3	12,4	63,42	5,99	3,86	3,96	11,76		

Ghi chú:

M1: Mẫu PV thải model: VSUN 340-72M - nhãn hiệu VSUN

M2: Mẫu PV thải model: M3/72DH390 - nhãn hiệu SOLAR MODULE

M3: Mẫu PV thải model: NUA345H - nhãn hiệu SHARP

M4: Mẫu PV thải Poly-crystall

M5: Mẫu PV thải Jinko solar

M6: Mẫu PV thải JA solar

Số liệu từ Bảng 1 cho thấy, thành phần chủ yếu của tấm PV là thủy tinh cường lực, chiếm từ 61 - 63% khối lượng của PV, tiếp đến là khung hợp kim nhôm chiếm từ 11 - 13%, hộp nối điện, dây dẫn điện từ 10 - 13%, lớp keo EVA (Ethylene vinyl axetate) từ 6 - 8%, tấm nhựa nền (nhựa PVE, TPE...) khoảng 3% và tế bào quang điện khoảng 3 - 4%. Như vậy, có thể thấy rằng, các thành phần nguy hại (nếu có) chỉ có thể tồn tại ở tế bào quang điện. Do đó, tế bào quang điện được hòa tan hoàn toàn trong dung dịch hỗn hợp axit (HF và HNO<sub>3</sub>) nhằm phân tích, xác định các yếu tố nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT. Từ kết quả phân tích bằng ICP-MS, các thông số nguy hại được quy đổi theo QCVN 07:2009/BTNMT, kết quả được trình bày ở Bảng 2.

Xét trên tổng thể cả tấm PV, hàm lượng tuyệt đối của 16 thông số nguy hại trong tấm PV thải đều rất thấp, nằm dưới ngưỡng quy chuẩn cho phép từ 15 (chi) đến hàng nghìn lần. Qua đó, có thể kết luận rằng, tấm PV thải không phải CTNH, nên chỉ cần quản lý tấm PV thải như chất thải rắn thông thường.

**Bảng 2. Hàm lượng tuyệt đối của các thông số nguy hại trong tấm PV thải**

STT	Thông số	Hàm lượng CTNH trong 1 kg tấm PV thải (µg/kg) / Hàm lượng tuyệt đối (ppm)												QCVN 07:2009/BTNMT (ppm) [3]
		M1		M2		M3		M4		M5		M6		
		µg/kg	ppm	µg/kg	ppm	µg/kg	ppm	µg/kg	ppm	µg/kg	ppm	µg/kg	ppm	
1	Atimon	56	0,056	42	0,042	244	0,244	886	0,886	929	0,929	915	0,915	20
2	Asen	22	0,022	12	0,012	16	0,016	16	0,016	14	0,014	16	0,016	40
3	Bari	33	0,033	3.362	3,362	2.541	2,541	35	0,035	297	0,297	275	0,275	2.000
4	Bạc	99	0,099	260	0,260	63	0,063	23	0,023	227	0,227	295	0,295	100
5	Beri	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	2
6	Cadimi	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	10
7	Chi	14.745	14,745	16.853	16,853	4.373	4,373	18.893	18,893	5.145	5,145	4.358	4,358	300
8	Coban	31	0,031	102	0,102	28	0,028	38	0,038	23	0,023	21	0,021	1.600
9	Kẽm	486	0,486	1.723	1,723	593	0,593	589	0,589	1.220	1,220	1.138	1,138	5.000
10	Mo	5	0,005	1	0,001	4	0,004	2	0,002	2	0,002	2	0,002	7.000
11	Niken	60	0,06	17	0,017	30	0,030	26	0,026	28	0,028	26	0,026	1.400
12	Selen	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	20
13	Tali	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	140
14	Thủy ngân	1	0,001	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	1	0,001	KPHD	KPHD	KPHD	KPHD	4
15	Crom	27	0,027	29	0,029	25	0,025	18	0,018	12	0,012	19	0,019	100
16	Vanadi	49	0,049	7	0,007	1.520	1,520	174	0,174	95	0,095	90	0,090	500

#### 3.2. Định hướng công nghệ xử lý tấm PV thải

Cho đến nay, các tấm PV cũ hoặc bị hỏng được lưu kho tại các kho chứa của các cơ sở ĐMT mà chưa có biện pháp xử lý hay tái chế. Như phân tích thành phần ở trên, lớp chứa nhiều vật liệu có thể tái chế thu hồi là lớp tế bào quang điện. Tuy nhiên, lớp này có tính giòn, lại kết dính với các lớp khác bởi lớp keo EVA. Phương pháp hiệu quả để tái chế là hóa lỏng hoặc hóa khí lớp polyme EVA. EVA là chất vô định hình có độ nhớt giảm theo nhiệt độ, khi được gia nhiệt, độ nhớt của EVA giảm, khi đó có thể tách PV cell một cách dễ dàng.

Từ những phân tích ở trên kết hợp nghiên cứu thực nghiệm, định hướng công nghệ tái chế tấm PV thải được đề xuất và ước tính phần trăm các dòng vật chất trong công nghệ như Hình 1. Các sản phẩm tái sử dụng và tái chế thu được bao gồm: Tấm thủy tinh cường lực có thể sử dụng trong công nghệ nhà kính trong nông nghiệp; á silic dùng trong vật liệu xây dựng; Tái chế thu hồi nhựa, nhôm bạc, đồng. Công nghệ này gồm các công đoạn: Tháo dỡ khung, hộp điện; Gia nhiệt ở nhiệt độ 400 - 500°C và phân tách các lớp vật liệu; hòa tách PV cell bằng axit và nghiền các vật liệu tái chế (thủy tinh, PV cell, tấm đế nhựa). Các công đoạn này không đòi hỏi trình độ kỹ thuật cao, dễ áp dụng quy mô lớn, mang lại giá trị kinh tế từ vật liệu tái chế.

(Xem tiếp trang 12)

hợp chất gốc clo với hiệu quả xử lý đạt 56% - 87%; khi kết hợp HC với Fenton thì hiệu quả xử lý tăng rõ rệt và đạt hiệu suất xử lý từ 72% - 99%.

Như vậy, công nghệ xâm thực thủy động lực có khả năng đóng vai trò xử lý các chất hữu cơ độc hại, khó phân hủy sinh học, hỗ trợ (tiền xử lý) cho các quá trình sinh học trong xử lý nước thải.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

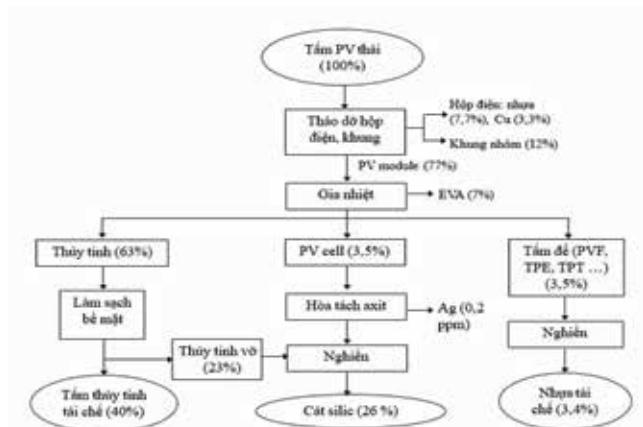
- Lê Thanh Phong, Trần Anh Thông (2020), "Tổng quan về TBVTV độc hại ở Việt Nam, Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Nông thôn - Đại học An Giang, Viện Nghiên cứu Súc khô và Chính sách Nông nghiệp - Đại học Kinh tế TP. Hồ Chí Minh, International Pollutants Elimination Network.
- Rajendrasinh R. Gaekwad (2015), "Pesticide wastewater treatment by hydrodynamic cavitation process", *International Journal of Advance Research In Engineering, Science & Technology*.
- Debabrata Panda Sivakumar Manickam (2019), "Hydrodynamic cavitation assisted degradation of persistent endocrine-disrupting organochlorine pesticide Dicofof: Optimization of operating parameters and investigations on the mechanism of intensification", *Ultrasonics Sonochemistry* 51.
- Sunita Raut-Jadhav (2016), "Treatment of the pesticide industry effluent using hydrodynamic cavitation and its combination with process intensifying additives (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and ozone)", *Chemical Engineering Journal* 295.
- Sunita Raut-Jadhav (2016), "Effect of process intensifying parameters on the hydrodynamic cavitation based

degradation of commercial pesticide (methomyl) in the aqueous solution", *Ultrasonics Sonochemistry* 28.

- Ravi. K. Joshi (2012), "Degradation of dichlorvos using hydrodynamic cavitation based treatment strategies", *Ultrasonics Sonochemistry* 19, 532 - 539
- Bagal, M.V. (2014), "Degradation of diclofenac sodium using combined processes based on hydrodynamic cavitation and heterogeneous photocatalysis", *Ultrasonics Sonochemistry* 21, 1035 - 1043
- Pavel Krystynik (2021), "Advanced Oxidation Processes (AOPs) - Utilization of Hydroxyl Radical and Singlet Oxygen", *Intechopen*.
- Sin-Yi Liou (2021), "Evaluation of hydroxyl radical and reactive chlorine species generation from the superoxide/hypochlorous acid reaction as the basis for a novel advanced oxidation process", *Science Direct, Vol 200*, 117 - 142.
- Saharan, V.K. (2012), "Hydrodynamic cavitation as an advanced oxidation technique for the degradation of Acid Red 88 dye". *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1981 - 1989.
- Teo, K.C. (2001), "Sono chemical degradation for toxic halogenated organic compounds", *Ultrasonics Sonochemistry*, 8 - 241.
- P.N. Patil (2014), "Degradation of imidacloprid using combined advanced oxidation processes based on hydrodynamic cavitation", *Ultrasonics Sonochemistry*, 1770 - 1777.
- P. Thanekar, P. Gogate (2018), "Application of hydrodynamic cavitation reactors for treatment of wastewater containing organic pollutants: Intensification using hybrid approaches", *Fluids*, 3, 98.

## Pin năng lượng mặt trời thải...

(Tiếp theo trang 7)



▲ Hình 1. Sơ đồ đề xuất công nghệ tái chế pin mặt trời

### 4. KẾT LUẬN

Thành phần chính của tấm PV thải bao gồm thủy tinh (61 - 63%); hợp kim nhôm (11 - 13%); hộp nối, dây dẫn điện (10 - 13%); EVA (6 - 8%), nhựa nền (xấp xỉ 3%) và tế bào quang điện (3 - 4%). Thành phần các thông số nguy hại theo QCVN 07:2009/BTNMT nhỏ hơn các ngưỡng

cho phép nhiều lần. PV thải được coi là chất thải rắn thông thường có khả năng tái chế thu hồi vật liệu có giá trị. Đã đề xuất công nghệ tái chế tấm PV thải có tính khả thi và khả năng thu hồi được vật liệu có thể tái chế, tái sử dụng theo mô hình kinh tế tuần hoàn, đáp ứng yêu cầu xử lý lượng tấm PV thải phát sinh ngày càng gia tăng.

### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ TN&MT đã hỗ trợ tài chính cho nghiên cứu trong khuôn khổ đề tài: "Nghiên cứu đề xuất giải pháp quản lý, xử lý pin năng lượng mặt trời thải" mã số: TNMT.2021.05.01.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Mạnh Đức. Vì sao nguồn thì thừa, điện vẫn thiếu. *Tạp chí điện tử Vn Economy* ngày 11/6/2021 (<https://vneconomy.vn/vi-sao-nguon-thi-thua-dien-van-thieu.htm>, truy cập ngày 7/6/2023).
- Quyết định số 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- QCVN 07:2009/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về ngưỡng CTNH.