

Tình hình sử dụng và các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất clanhke xi măng tại Việt Nam

Nguyễn Văn Hoan^{1*}, Phan Văn Quỳnh¹

¹ Trung tâm Xi măng – Bê tông, Viện Vật liệu xây dựng

TỪ KHOÁ

Xi măng
Clanhke
Năng lượng
Tiết kiệm năng lượng
Hiệu suất nhiệt
Thu hồi nhiệt thải

TÓM TẮT

Ngành công nghiệp xi măng Việt Nam hiện có quy mô công suất lớn. Ngành công nghiệp xi măng đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế – xã hội nhưng cũng là một trong những lĩnh vực tiêu thụ năng lượng và phát thải khí nhà kính cao nhất của khối công nghiệp. Nghiên cứu này nhằm đánh giá thực trạng tiêu thụ năng lượng (nhiệt năng và điện năng) trong sản xuất clanhke xi măng tại Việt Nam. Kết quả khảo sát tại các nhà máy xi măng cho thấy mức tiêu hao nhiệt năng trung bình khoảng 824 kcal/kg clanhke và điện năng khoảng 61,8 kWh/tấn clanhke. Các dây chuyền công suất lớn, áp dụng đồng bộ các giải pháp tiết kiệm năng lượng và thu hồi nhiệt thải (WHR) đạt mức tiêu hao thấp hơn rõ rệt so với các dây chuyền nhỏ, công nghệ cũ.

KEYWORDS

Cement
Clinker
Energy
Energy saving
Thermal efficiency
Waste heat recovery (WHR)

ABSTRACT

The Vietnamese cement industry has a large production capacity and plays an important role in national socio-economic development. However, it is also one of the most energy-intensive and greenhouse-gas-emitting sectors in the industrial field. This study aims to assess the current status of energy consumption—including both thermal and electrical energy—in clinker production in Vietnam. Survey results from cement plants show that the average thermal energy consumption is approximately 824 kcal/kg clinker, while the average electrical energy consumption is about 61.8 kWh/t clinker. Large-capacity production lines that have implemented integrated energy-saving measures and waste heat recovery (WHR) systems demonstrate significantly lower energy consumption compared to smaller and older-technology plants.

1. Giới thiệu

Ngành công nghiệp xi măng Việt Nam hiện có 90 dây chuyền với tổng công suất thiết kế trên 125 triệu tấn mỗi năm, nằm trong nhóm các quốc gia có sản lượng xi măng lớn nhất thế giới [1]. Tuy nhiên, đây cũng là một trong những ngành công nghiệp tiêu thụ năng lượng nhiều nhất, chiếm tỷ trọng đáng kể trong tổng mức tiêu thụ năng lượng của khu vực công nghiệp. Theo số liệu thống kê, chi phí năng lượng chiếm khoảng (45 - 50) % giá thành sản phẩm xi măng, trong đó chi phí điện năng chiếm (15 - 17) %; chi phí than chiếm khoảng (30 - 32) %. Chi phí riêng clanhke, chi phí than chiếm khoảng 40 % giá thành của clanhke. Trong một vài năm gần đây, khi giá than tăng nhanh làm tăng chi phí cho sản xuất clanhke và xi măng, vì vậy, vấn đề sử dụng hiệu quả và tiết kiệm năng lượng đang được các nhà máy xi măng đặc biệt quan tâm, nhiều nhà máy xi măng đang quan tâm đến việc sử dụng các loại than nhiệt trị thấp, cho đến sử dụng các nguồn nhiên liệu thay thế.

Quyết định số 1266/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050 đã đưa ra mục tiêu: Sử dụng công nghệ tiên tiến để đạt được các chỉ tiêu kỹ thuật về tiêu hao năng lượng như sau: [2]

+ Tiêu hao nhiệt năng: < 730 kcal/kg clanhke

+ Tiêu hao điện năng: < 90 kWh/tấn xi măng

+ Tiêu hao điện năng: < 60 kWh/tấn clanhke

Đến năm 2025, 100 % các dây chuyền sản xuất xi măng có công suất từ 2.500 tấn clanhke/ngày trở lên phải lắp đặt và vận hành hệ thống phát điện tận dụng nhiệt khí thải. Sử dụng nhiên liệu thay thế lên đến 15 % tổng nhiên liệu dùng để sản xuất clanhke xi măng.

Do đó, việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả không chỉ mang lại lợi ích kinh tế trực tiếp cho doanh nghiệp mà còn góp phần giảm phát thải khí nhà kính, phù hợp với định hướng phát triển bền vững của Việt Nam.

Về phân bố dây truyền và công suất lò quay sản xuất clanhke xi măng theo 3 miền như trong Bảng 1, Hình 1 và Hình 2 dưới đây.

Về tình hình tiêu thụ nhiệt năng và điện năng trong sản xuất clanhke xi măng tại một số quốc gia và khu vực tiêu biểu trên thế giới, có thể thấy như sau: Mức tiêu hao nhiệt năng trung bình của các nước phát triển (EU, Nhật, Mỹ) nằm trong khoảng ~760–860 kcal/kg clanhke, tương ứng với công nghệ tiên tiến, hệ thống trao đổi nhiệt 5–6 tầng cyclone và kiểm soát tự động hóa cao. Trung Quốc và Ấn Độ là hai quốc gia đang phát triển nhưng đã đạt hiệu suất năng lượng khá cao nhờ đầu tư mạnh vào dây chuyền quy mô lớn, áp dụng WHR (thu hồi nhiệt thải)

*Liên hệ tác giả: Hoannv81@gmail.com

Nhận ngày 06/10/2025, sửa xong ngày 16/10/2025, chấp nhận đăng ngày 20/10/2025

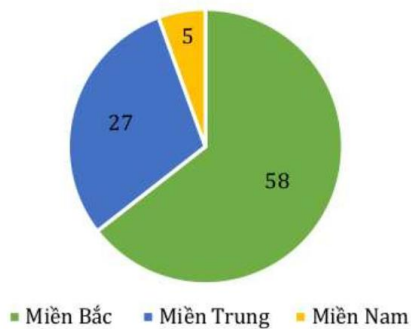
Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1129>

và tăng cường sử dụng nhiên liệu thay thế. Mức tiêu hao điện năng dao động ~55–80 kWh/t clanhke, phản ánh sự khác biệt về hiệu quả thiết bị nghiền, quạt, bơm và mức độ tự động hóa. Nhật Bản được xem là

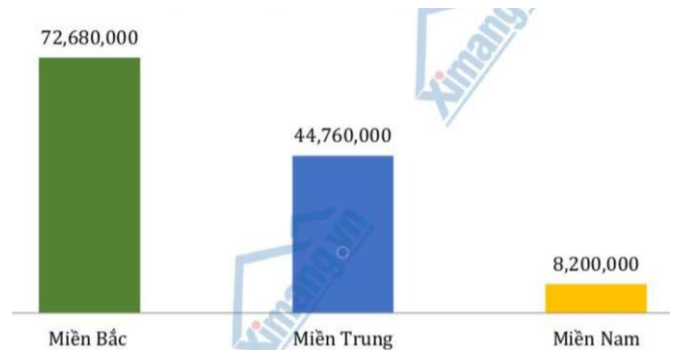
quốc gia có hiệu quả sử dụng năng lượng cao nhất, nhờ đồng thời tối ưu cả điện và nhiệt. Các số liệu về tình hình tiêu thụ năng lượng trong sản xuất clanhke xi măng được nêu trong Bảng 2 dưới đây.

Bảng 1. Số lượng lò quay sản xuất clanhke xi măng phân bố tại 3 miền [1].

Vùng miền	Số lượng	Công suất lò nung (tấn clanhke/ngày)		
		Cỡ lớn (≥ 4.000)	Cỡ trung bình ($2.500 \div 4.000$)	Cỡ nhỏ (≤ 2.500)
Miền Bắc	58	22	04	32
Miền Trung	27	18	03	06
Miền Nam	05	04	01	00
Toàn quốc	90	44	08	38



Hình 1. Biểu đồ phân bố số lượng lò quay xi măng 3 miền.



Hình 2. Biểu đồ công suất xi măng tại 3 miền, tấn.

Bảng 2. Tiêu thụ năng lượng trong sản xuất clanhke tại một số nước.

Quốc gia	Nhiệt năng tiêu thụ (kcal/kg clanhke)	Điện năng tiêu thụ (kWh/tấn clanhke)	Nguồn tham khảo
EU	790–860	~60–80	[3]
Nhật Bản (2018)	765–835	~55–70	[4]
Trung Quốc (2022)	620–955	~55–80	[5]
Ấn Độ (2023)	670–720	$\leq 60-70$	[6]
Mỹ	810–835	~60–90	[7]

2. Nội dung, phương pháp nghiên cứu

Dự án được triển khai trên cơ sở kết hợp giữa các phương pháp điều tra, khảo sát thực tiễn, tổng hợp tư liệu và phân tích, đánh giá khoa học. Cụ thể như sau:

2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp thông tin, tài liệu

Thu thập và nghiên cứu các tài liệu khoa học, báo cáo kỹ thuật, tiêu chuẩn, quy chuẩn liên quan đến sử dụng năng lượng trong sản xuất xi măng.

Tìm hiểu và tổng hợp thông tin về các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất xi măng đã được áp dụng tại một số nước trên thế giới (châu Âu, Nhật Bản, Trung Quốc, Thái Lan...) nhằm tham khảo và so sánh với điều kiện thực tế tại Việt Nam.

2.2. Phương pháp điều tra, khảo sát và nghiên cứu thực địa

Tiến hành điều tra bằng phiếu khảo sát gửi tới 50 đơn vị sản xuất xi măng trên cả nước nhằm thu thập số liệu về mức tiêu thụ năng lượng (nhiệt năng, điện năng), các công nghệ, thiết bị chính và các giải pháp tiết kiệm năng lượng đang được áp dụng.

Thực hiện khảo sát thực địa tại một số nhà máy xi măng điển hình, đại diện cho các nhóm công suất khác nhau, để kiểm chứng và bổ sung dữ liệu thực tế về tiêu thụ năng lượng và hiệu quả vận hành thiết bị.

2.3. Phương pháp thống kê, phân tích và tổng hợp

Thống kê, tổng hợp và xử lý dữ liệu thu được từ phiếu khảo sát và khảo sát hiện trường để xác định mức tiêu hao năng lượng trung bình, chênh lệch giữa các nhóm công suất, khu vực.

Phân tích, đánh giá tình hình sử dụng năng lượng trong sản xuất clanhke và xi măng tại Việt Nam, từ đó nhận diện các yếu tố ảnh hưởng chính đến hiệu suất năng lượng.

Tổng hợp và đối chiếu với các kết quả, kinh nghiệm quốc tế để xác định mức độ tiết kiệm năng lượng của ngành xi măng Việt Nam.

Đánh giá cơ chế, chính sách hiện hành về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong ngành xi măng, qua đó đề xuất các giải pháp và khuyến nghị nhằm thúc đẩy tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tình hình tiêu thụ năng lượng trong sản xuất clanhke

3.1.1. Tiêu thụ nhiệt năng

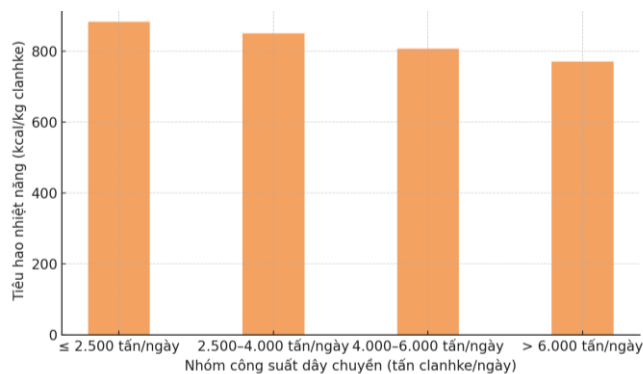
Kết quả khảo sát tại các nhà máy xi măng cho thấy mức tiêu hao nhiệt năng trung bình sản xuất clanhke khoảng 824 kcal/kg clanhke. Tuy nhiên, có sự chênh lệch đáng kể giữa các dây chuyền, phụ thuộc chủ yếu vào công suất thiết kế, công nghệ sản xuất, mức độ hiện đại của thiết bị và điều kiện vận hành.

Với dây chuyền có công suất nhỏ (≤ 2.500 tấn clanhke/ngày), mức tiêu hao nhiệt năng trung bình khoảng 887 kcal/kg clanhke. Đây thường là các dây chuyền cũ, công nghệ lạc hậu, hiệu suất thiết bị trao đổi nhiệt thấp, tổn thất nhiệt qua vỏ lò và khí thải lớn.

Với dây chuyền công suất trung bình ($2.500 - \leq 4.000$ tấn clanhke/ngày), mức tiêu hao nhiệt năng vào khoảng 849 kcal/kg clanhke. Nhóm này đã có cải thiện về hiệu suất trao đổi nhiệt và tối ưu vận hành nhưng vẫn chưa đạt mức tiết kiệm cao.

Với dây chuyền công suất lớn ($4.000 - \leq 6.000$ tấn clanhke/ngày), tiêu hao nhiệt năng trung bình giảm xuống 804 kcal/kg clanhke, nhờ sử dụng thiết bị thể hệ mới, hệ thống cyclone nhiều tầng và máy làm nguội hiệu suất cao.

Đáng chú ý, các dây chuyền rất lớn (> 6.000 tấn clanhke/ngày) có mức tiêu hao chỉ khoảng 771 kcal/kg clanhke, tương đương với mức tiên tiến trong khu vực châu Á, phản ánh khả năng tiết kiệm năng lượng rõ rệt nhờ công nghệ đồng bộ, tự động hóa cao và tận dụng tối đa nhiệt thải. Biểu đồ tiêu hao nhiệt năng trung bình theo nhóm công suất được đưa ra trong Hình 3 dưới đây.



Hình 3. Biểu đồ tiêu hao nhiệt năng theo nhóm công suất clanhke.

Nhìn chung, mức tiêu hao nhiệt năng có xu hướng giảm khi công suất dây chuyền tăng, điều này phù hợp với đặc điểm kinh tế theo quy mô và mức độ hiện đại hóa của thiết bị. Xu hướng này cho thấy việc đầu tư nâng cấp hoặc thay thế các dây chuyền công suất nhỏ, lạc hậu sẽ là hướng đi cần thiết để giảm tiêu hao năng lượng và phát thải CO₂ trong ngành xi măng Việt Nam.

3.1.2. Tiêu thụ điện năng

Kết quả khảo sát tại các nhà máy xi măng cho thấy mức tiêu hao điện năng trung bình trong sản xuất clanhke khoảng 61,8 kWh/tấn clanhke. Tuy nhiên, có sự chênh lệch rõ rệt giữa các dây chuyền, phụ thuộc chủ yếu vào quy mô công suất, mức độ tự động hóa, hiệu suất thiết bị nghiền và hệ thống quạt, bơm, vận chuyển.

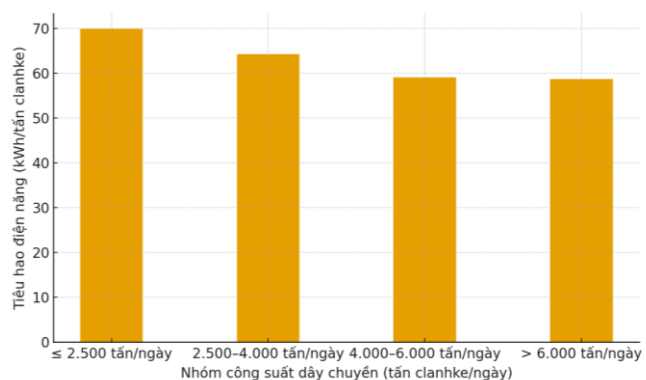
Dây chuyền công suất nhỏ (≤ 2.500 tấn clanhke/ngày): mức tiêu hao điện năng trung bình khoảng 70,4 kWh/tấn clanhke. Đây thường là các dây chuyền cũ, trang thiết bị đã vận hành lâu năm, tổn thất điện năng lớn, hệ thống nghiền và quạt gió có hiệu suất thấp.

Dây chuyền công suất trung bình ($2.500 - \leq 4.000$ tấn clanhke/ngày): mức tiêu hao khoảng 64,5 kWh/tấn clanhke, đã có cải thiện nhờ nâng cấp một số thiết bị và cải thiện chế độ vận hành, tuy nhiên vẫn còn tiềm năng tiết kiệm đáng kể.

Dây chuyền công suất lớn ($4.000 - \leq 6.000$ tấn clanhke/ngày): mức tiêu hao giảm còn khoảng 59,2 kWh/tấn clanhke, phản ánh hiệu quả của việc sử dụng hệ thống nghiền đứng, quạt biến tần, và điều khiển tự động.

Dây chuyền công suất rất lớn (> 6.000 tấn clanhke/ngày): mức tiêu hao điện năng chỉ khoảng 56,6 kWh/tấn clanhke, tương đương với mức tiên tiến trong khu vực, nhờ áp dụng công nghệ đồng bộ, hệ thống vận hành tối ưu, và mức độ tự động hóa cao.

Như vậy, mức tiêu thụ điện năng có xu hướng giảm theo quy mô công suất dây chuyền, thể hiện lợi thế của các dây chuyền hiện đại, có mức độ tích hợp công nghệ cao. Các dây chuyền quy mô nhỏ vẫn là nhóm có tiềm năng tiết kiệm năng lượng điện lớn nhất, đặc biệt nếu được đầu tư cải tạo hệ thống nghiền, quạt gió, và điều khiển tự động hóa. Biểu đồ so sánh tiêu hao điện năng trung bình theo nhóm công suất được nêu trong Hình 4 dưới đây.



Hình 4. Biểu đồ tiêu hao điện năng theo nhóm công suất clanhke.

3.2. Tình hình ứng dụng các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong sản xuất clanhke xi măng

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp xi măng Việt Nam đã có nhiều nỗ lực trong việc nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng, đặc biệt trong khâu sản xuất clanhke, vốn là công đoạn tiêu tốn năng lượng lớn nhất trong toàn bộ dây chuyền sản xuất xi măng. Các giải pháp tiết kiệm năng lượng được triển khai khá đa dạng, từ cải tiến thiết bị, công nghệ, đến quản lý vận hành và sử dụng nhiên liệu thay thế. Có thể phân thành bốn nhóm chính như sau:

3.2.1. Giải pháp đổi mới công nghệ và thiết bị

Các nhà máy đã và đang đầu tư thay thế, nâng cấp dây chuyền sản xuất theo hướng hiện đại, đồng bộ, sử dụng công nghệ lò quay, hệ thống trao đổi nhiệt 5–6 tầng cyclone, máy làm nguội clanhke kiểu ghi hiệu suất cao, giúp giảm tiêu hao nhiệt năng từ 30–60 kcal/kg clanhke.

Nhiều đơn vị đã thay thế các động cơ và quạt gió công suất lớn bằng loại hiệu suất cao, có biến tần (VFD), tiết kiệm từ 10–20 % điện năng tiêu thụ.

Việc tự động hóa dây chuyền được đẩy mạnh thông qua hệ thống điều khiển trung tâm (DCS, SCADA), giúp tối ưu vận hành, duy trì ổn định nhiệt độ và áp suất, từ đó giảm tổn thất năng lượng và nâng cao chất lượng clanhke.

3.2.2. Giải pháp tận dụng và thu hồi năng lượng thải

Một trong những giải pháp nổi bật là lắp đặt hệ thống phát điện tận dụng nhiệt thải (WHR).

Đến năm 2024, 36 dây chuyền đã đưa vào vận hành hệ thống WHR, với tổng công suất phát điện đạt khoảng 259 MW, giúp tiết kiệm trung bình 25–30 % điện năng tiêu thụ trong sản xuất clanhke.

Ngoài ra, hiện có 22 dây chuyền khác đang trong quá trình đầu tư và lắp đặt, dự kiến vận hành giai đoạn 2025–2028, với tổng công suất phát điện khoảng 140 MW.

Một số nhà máy điển hình áp dụng hiệu quả hệ thống WHR: Xuân Thành, Bút Sơn, Long Sơn, Vissai, Sông Lam, Insee, Hà Tiên 2.2.

Bên cạnh phát điện, nhiều nhà máy còn tận dụng khí nóng từ tháp trao đổi nhiệt và máy làm nguội clanhke để sấy nguyên liệu, than hoặc phụ gia – góp phần giảm đáng kể tiêu hao nhiên liệu than.

3.2.3. Giải pháp quản lý và tối ưu hóa vận hành

Nhiều nhà máy đã áp dụng hệ thống quản lý năng lượng theo tiêu chuẩn ISO 50001, đồng thời thực hiện kiểm toán năng lượng định kỳ, xác định điểm tổn thất và xây dựng các chỉ tiêu tiêu thụ năng lượng chuẩn hóa cho từng dây chuyền.

Việc tối ưu vận hành lò nung, máy nghiền, quạt và bơm được thực hiện thường xuyên nhằm duy trì chế độ ổn định, giảm điện năng không tải và tổn thất cơ học.

Các đơn vị tiên phong như Vicem Hoàng Thạch, Nghi Sơn, Insee, Xuân Thành, Long Sơn đã đạt được hiệu quả rõ rệt, giảm từ (5–10) % tổng năng lượng tiêu thụ so với giai đoạn 2015–2020.

3.2.4. Giải pháp sử dụng nhiên liệu thay thế

Đến năm 2024, đã có 15 dây chuyền trong cả nước triển khai sử dụng nhiên liệu thay thế như rác thải công nghiệp, rác thải nông nghiệp, bùn thải, và chất thải nguy hại.

Tỷ lệ thay thế (TSR) phổ biến đạt (15–25) %, một số nhà máy đạt mức cao như Thành Công (35 %), Bút Sơn (25 %), Hà Tiên 2.2 (10 %).

Việc sử dụng nhiên liệu thay thế không chỉ giúp giảm tiêu hao nhiệt năng từ (20–50) kcal/kg clanhke, mà còn góp phần giảm phát thải CO₂ từ (5–15) %, phù hợp với lộ trình chuyển đổi xanh và phát triển bền vững của ngành.

4. Kết luận

Kết quả khảo sát và phân tích cho thấy ngành công nghiệp xi măng Việt Nam vẫn là một trong những lĩnh vực tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong khối công nghiệp, đặc biệt ở công đoạn sản xuất clanhke. Mức tiêu hao năng lượng trung bình hiện nay đạt khoảng 817 kcal/kg clanhke và 61,6 kWh/tấn clanhke, tiệm cận với mức tiên tiến của khu vực châu Á nhưng vẫn còn cao hơn so với các nước phát triển như Nhật Bản, EU và Hoa Kỳ. Sự chênh lệch này chủ yếu đến từ tỷ lệ lớn dây chuyền công suất nhỏ, công nghệ cũ, hiệu suất trao đổi nhiệt và thiết bị điện còn hạn chế.

Trong những năm gần đây, nhiều nhà máy xi măng trong nước đã nỗ lực đầu tư, cải tiến công nghệ, áp dụng hệ thống thu hồi nhiệt thải (WHR), sử dụng nhiên liệu thay thế và triển khai hệ thống quản lý năng lượng theo tiêu chuẩn ISO 50001, góp phần giảm đáng kể mức tiêu hao năng lượng và phát thải CO₂. Tuy nhiên, để đạt được các mục tiêu của Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam đến năm 2030, định hướng 2050, ngành xi măng cần tiếp tục:

- Đẩy mạnh đổi mới công nghệ: ưu tiên thay thế, hiện đại hóa các dây chuyền công suất nhỏ, nâng cấp hệ thống trao đổi nhiệt, máy làm nguội và quạt gió hiệu suất cao.

- Tăng cường tận dụng và thu hồi năng lượng thải, mở rộng lắp đặt hệ thống phát điện WHR tại 100 % dây chuyền có công suất $\geq$ 2.500 tấn clanhke/ngày.

- Mở rộng sử dụng nhiên liệu thay thế (biomass, rác thải, bùn thải công nghiệp) để giảm tiêu hao nhiệt năng và phát thải cacbon.

- Tăng cường quản lý và số hóa vận hành, áp dụng các hệ thống điều khiển tự động, giám sát năng lượng theo thời gian thực nhằm tối ưu toàn bộ quá trình sản xuất.

- Hoàn thiện cơ chế chính sách khuyến khích tài chính xanh và hỗ trợ đầu tư đổi mới công nghệ, tạo động lực cho doanh nghiệp tham gia chuyển đổi năng lượng bền vững.

Như vậy, việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả trong sản xuất xi măng không chỉ mang lại lợi ích kinh tế cho doanh nghiệp mà còn góp phần quan trọng trong việc giảm phát thải khí nhà kính, đáp ứng mục tiêu phát triển bền vững và cam kết giảm phát thải của Việt Nam đến năm 2050.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Báo cáo ngành xi măng Việt Nam 2024.
- [2]. Quyết định số 1266/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050.
- [3]. WBCSD/CSI (Cement Sustainability Initiative) – *Technology Roadmap for the Cement Industry* (IEA & WBCSD, 2018).
- [4]. IEA (2018) – *Thermal Specific Energy Consumption per Tonne of Clinker, Japan–Australia/NZ. Group.*
- [5]. RMI (2023) – *Toward Net Zero: Decarbonization Roadmap for China's Cement Industry.*
- [6]. CII–GBC (2023–2025) – *Energy Benchmarking for the Indian Cement Industry.*
- [7]. Worrell et al.; DOE/ENERGY STAR (2014) – *Energy Efficiency Improvement Opportunities for the Cement Industry.*