

Phát triển xanh cho ngành thép Việt Nam: Lộ trình chuyển đổi hướng tới sản xuất bền vững và giảm phát thải carbon

Trong những năm gần đây, ngành thép Việt Nam đã chứng kiến sự tăng trưởng vượt bậc, không chỉ đáp ứng phần lớn nhu cầu nội địa mà còn khẳng định vị thế trên thị trường xuất khẩu khu vực. Tuy nhiên, sự phát triển này đi kèm với một cái giá không nhỏ về môi trường.

NCS. Mai Trí Hiếu

Trường Đại học Trà Vinh

Tóm tắt

Ngành thép, một trụ cột của nền kinh tế Việt Nam, đang đối diện với áp lực to lớn từ cam kết quốc gia về đạt mức phát thải ròng bằng 0 vào năm 2050. Bối cảnh này đòi hỏi một sự chuyển dịch căn bản khỏi mô hình sản xuất thâm dụng carbon truyền thống. Trên cơ sở lược khảo các nghiên cứu và lý thuyết cũng như đánh giá thực trạng phát triển xanh của ngành thép Việt Nam, nghiên cứu đề xuất một lộ trình chiến lược theo từng giai đoạn để khử carbon cho ngành thép Việt Nam, gồm: tối ưu hóa công nghệ hiện hữu trong ngắn hạn, thí điểm công nghệ chuyển tiếp (CCUS, EAF nâng cao) trong trung hạn và chuyển đổi sang công nghệ đột phá (DRI-hydro) trong dài hạn, song hành với việc hoàn thiện chính sách và cơ chế tài chính xanh.

Từ khóa: *Phát triển xanh, ngành thép Việt Nam, giảm phát thải carbon*

Summary

The steel industry, a cornerstone of Viet Nam's economy, is facing substantial pressure from the national commitment to achieve net-zero emissions by 2050. This context necessitates a fundamental transition away from traditional carbon-intensive production models. Based on a review of relevant studies and theoretical frameworks, as well as an assessment of the current state of green development in Viet Nam's steel industry, this study proposes a phased strategic roadmap for decarbonizing the sector. The roadmap comprises short-term optimization of existing technologies, medium-term piloting of transitional technologies (such as CCUS and advanced electric arc furnaces), and long-term transformation toward breakthrough technologies (notably hydrogen-based

direct reduced iron), in parallel with the improvement of policy frameworks and green finance mechanisms.

Keywords: *Green development, Viet Nam's steel industry, carbon emission reduction*

GIỚI THIỆU

Ngành thép - ngành công nghiệp nền tảng, cung cấp vật liệu đầu vào thiết yếu cho các lĩnh vực trọng yếu như xây dựng cơ sở hạ tầng, công nghiệp chế tạo và năng lượng, được xem là xương sống của quá trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa tại Việt Nam. Trong những năm gần đây, ngành thép Việt Nam đã chứng kiến sự tăng trưởng vượt bậc, không chỉ đáp ứng phần lớn nhu cầu nội địa mà còn khẳng định vị thế trên thị trường xuất khẩu khu vực. Tuy nhiên, sự phát triển này đi kèm với một cái giá không nhỏ về môi trường. Trên thế giới, ngành thép toàn cầu chịu trách nhiệm cho khoảng 7-9% tổng lượng phát thải CO₂ toàn cầu (World Steel Association, 2021). Tại Việt Nam, với cơ cấu công nghệ chủ yếu dựa vào lò cao (BF-BOF) sử dụng than cốc, ngành thép là một trong những nguồn phát thải khí nhà kính (KNK) lớn nhất.

Bối cảnh quốc tế đang thay đổi nhanh chóng. Cam kết mạnh mẽ của Chính phủ Việt Nam tại Hội nghị Thượng đỉnh về Biến đổi khí hậu của Liên hợp quốc năm 2021 (COP26) về việc đạt mức phát thải ròng bằng 0 (Net Zero) vào năm 2050 đã đặt ra một yêu cầu cấp bách về việc khử carbon cho toàn bộ nền kinh tế, trong đó ngành thép giữ một vai trò trung tâm. Thêm vào đó, các cơ chế điều chỉnh biên giới carbon (CBAM) do Liên minh châu Âu khởi xướng và các tiêu chuẩn xanh ngày càng nghiêm ngặt từ các thị trường quốc tế đang dần định hình lại luật chơi thương mại toàn cầu. Những sản phẩm có "dấu chân carbon" cao sẽ đối mặt với rào cản thuế quan, làm suy giảm nghiêm trọng năng lực cạnh tranh. Do đó, "xanh hóa" ngành thép không còn là một lựa chọn mang tính thiện chí, mà đã trở thành một mệnh lệnh chiến lược, quyết định sự tồn tại và phát triển bền vững của ngành.

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Cơ sở lý thuyết

Nghiên cứu này được xây dựng trên nền tảng kết hợp giữa Lý thuyết Kinh tế tuần hoàn (Circular Economy) và Sản xuất sạch hơn (Cleaner Production). Hai lý thuyết này cung cấp một khung phân tích toàn diện để định hình quá trình

chuyển đổi xanh cho một ngành công nghiệp nặng thâm dụng tài nguyên như ngành thép. Lý thuyết Kinh tế tuần hoàn, được phổ biến rộng rãi bởi các nghiên cứu của Stahel (2010) và Ellen MacArthur Foundation (2015), đề xuất một mô hình kinh tế mang tính phục hồi và tái tạo, đối lập với mô hình kinh tế tuyến tính truyền thống. Nguyên lý cốt lõi của nó là thiết kế các hệ thống sản xuất nhằm loại bỏ chất thải và ô nhiễm, giữ cho các sản phẩm và vật liệu được lưu thông trong chu trình sử dụng với giá trị cao nhất có thể. Trong bối cảnh ngành thép, lý thuyết này cung cấp cơ sở cho việc: (1) Tối đa hóa tỷ lệ tái chế thép phế liệu thông qua công nghệ lò hồ quang điện (EAF) - một quy trình tiêu thụ năng lượng thấp hơn đáng kể so với sản xuất từ quặng sắt; (2) Tuần hoàn hóa các sản phẩm phụ như xỉ thép, bụi lò, khí thải thành các sản phẩm có giá trị gia tăng cho các ngành khác (ví dụ: vật liệu xây dựng), biến chất thải thành tài nguyên.

Bổ sung cho Lý thuyết Kinh tế tuần hoàn, Lý thuyết Sản xuất sạch hơn do Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP) khởi xướng, tập trung vào việc áp dụng một chiến lược phòng ngừa môi trường tổng hợp và liên tục. Thay vì xử lý ô nhiễm ở cuối đường ống, sản xuất sạch hơn nhấn mạnh việc tối ưu hóa quy trình để giảm thiểu phát sinh chất thải và phát thải ngay tại nguồn. Các khái niệm chính bao gồm nâng cao hiệu quả sử dụng nguyên liệu và năng lượng, thay thế các hóa chất độc hại và cải tiến công nghệ, vận hành. Việc áp dụng lý thuyết này vào ngành thép biện minh cho các giải pháp như đầu tư vào công nghệ tiết kiệm năng lượng, tối ưu hóa quy trình lò cao để giảm tiêu thụ than cốc và triển khai các hệ thống quản lý năng lượng và môi trường tiên tiến.

Sự kết hợp của 2 lý thuyết này tạo ra một lăng kính mạnh mẽ, cho phép nghiên cứu không chỉ nhìn vào các giải pháp công nghệ đơn lẻ mà còn xem xét toàn bộ hệ thống sản xuất và chuỗi giá trị, từ đó đề xuất một lộ trình chuyển đổi vừa giảm thiểu tác động môi trường, vừa nâng cao hiệu quả kinh tế.

Tổng quan nghiên cứu

Trong 5 năm trở lại đây, các nghiên cứu về khử carbon trong ngành thép đã có những bước tiến quan trọng, tập trung vào các khía cạnh công nghệ, chính sách và kinh tế (Bảng 1).

Bảng 1: Tổng hợp các nghiên cứu liên quan tiêu biểu

Tác giả	Nội dung chính
----------------	-----------------------

Vogl và cộng sự (2018)	Phân tích công nghệ sản xuất sắt hoàn nguyên trực tiếp (DRI) sử dụng hydro xanh là con đường khả thi nhất về mặt kỹ thuật để sản xuất thép không phát thải.
Rissman, J và cộng sự (2020)	Đánh giá tổng quan các công cụ chính sách, nhấn mạnh vai trò của định giá carbon, tiêu chuẩn hiệu suất và mua sắm công xanh trong việc thúc đẩy chuyển đổi công nghiệp.
IEA (2020)	Xây dựng lộ trình công nghệ cho ngành thép toàn cầu, kết hợp các giải pháp từ hiệu quả năng lượng, CCUS cho đến hydro xanh, nhấn mạnh sự cần thiết của một danh mục giải pháp đa dạng.
Fan và cộng sự (2021)	Tổng quan các xu hướng công nghệ mới, bao gồm điện phân oxit nóng chảy, và đánh giá chi phí, mức độ sẵn sàng của từng công nghệ.
Leeson và cộng sự (2022)	Phân tích sâu về vai trò của kinh tế tuần hoàn và tái chế thép phế liệu, chỉ ra các rào cản về chất lượng và nguồn cung phế liệu.
Gerres, T và cộng sự (2023)	Nghiên cứu tình huống tại châu Âu, cho thấy sự kết hợp giữa hệ thống ETS và các hợp đồng chênh lệch carbon (CCfD) là công cụ hiệu quả để giảm rủi ro đầu tư.

Nguồn: Tác giả tổng hợp

Từ việc lược khảo các công trình (Bảng 1) cho thấy, khoảng trống nghiên cứu được xác định một cách rõ ràng hơn. Các nghiên cứu hiện tại hoặc (1) mang tính toàn cầu, đưa ra các lộ trình chung mà chưa đi sâu vào đặc thù quốc gia; hoặc (2) tập trung vào bối cảnh các nước phát triển (như châu Âu), nơi đã có sẵn thị trường carbon, hạ tầng năng lượng tái tạo và nguồn vốn dồi dào; hoặc (3) chỉ phân tích một khía cạnh riêng lẻ (công nghệ hoặc chính sách). Do đó, việc xây dựng một lộ trình tích hợp và đặc thù của Việt Nam, nơi có sự cân bằng mong manh giữa mục tiêu tăng trưởng kinh tế và bảo vệ môi trường, là một yêu cầu cấp thiết chưa được giải quyết thỏa đáng.

THỰC TRẠNG PHÁT TRIỂN XANH CỦA NGÀNH THÉP VIỆT NAM HIỆN NAY

Thực trạng phát triển xanh của ngành thép

Tính cấp thiết của việc chuyển đổi xanh cho ngành thép Việt Nam xuất phát từ thực trạng tăng trưởng nóng về sản lượng đi kèm với cường độ phát thải cao. Giai đoạn 2015-2021 chứng kiến sự gia tăng mạnh mẽ về năng lực sản xuất, chủ yếu đến từ các dự án lò cao quy mô lớn, dẫn đến sự leo thang tương ứng của tổng lượng phát thải KNK.

Bảng 2: Sản lượng thép thô và ước tính phát thải CO₂ của ngành thép Việt Nam

Năm	Sản lượng thép thô (triệu tấn)	Ước tính phát thải CO₂ (triệu tấn)
2015	7,8	17,2
2017	10,3	22,7
2019	17,5	38,5
2021	23,0	50,6
2022	20	40
2023	19	42
2024	22	48
2025	24	52

Nguồn: Tổng hợp từ dữ liệu của Hiệp hội Thép Việt Nam (VSA) và các nguồn khác

Số liệu tổng hợp (Bảng 2) cho thấy một xu hướng đáng báo động, đó là sản lượng và phát thải gần như tăng tuyến tính. Điều này phản ánh thực trạng cơ cấu công nghệ chưa có sự thay đổi mang tính đột phá. Các yếu tố đang cùng lúc tác động đến thực trạng này, được tóm tắt trong Bảng 3.

Bảng 3: Các yếu tố chính ảnh hưởng đến thực trạng phát thải của ngành thép Việt Nam

Yếu tố	Mô tả ảnh hưởng
Công nghệ	Sự thống trị của công nghệ lò cao (BF-BOF) (chiếm > 60% sản

	lượng), vốn có cường độ phát thải cao (2,2-2,5 tấn CO ₂ /tấn thép). Nhiều nhà máy quy mô nhỏ vẫn sử dụng thiết bị thể hệ cũ, hiệu suất năng lượng thấp.
Nguyên liệu	Phụ thuộc lớn vào than mỡ luyện cốc và quặng sắt nhập khẩu, làm gia tăng dấu chân carbon trong toàn chuỗi cung ứng. Nguồn cung thép phế liệu nội địa chỉ đáp ứng khoảng 50% nhu cầu, chất lượng không đồng đều.
Chính sách	Các chính sách về môi trường đã được ban hành (Luật Bảo vệ môi trường 2020) nhưng các quy định cụ thể cho ngành thép (tiêu chuẩn hiệu suất, lộ trình giảm phát thải) và các công cụ kinh tế (thị trường carbon) vẫn đang trong giai đoạn xây dựng.
Vốn và đầu tư	Các dự án thép xanh đòi hỏi suất đầu tư rất lớn, vượt quá khả năng của nhiều doanh nghiệp. Nguồn tài chính xanh và các cơ chế hỗ trợ của chính phủ còn hạn chế.
Nhận thức	Áp lực cạnh tranh về giá thành trong ngắn hạn đôi khi làm lu mờ tầm nhìn về đầu tư cho phát triển bền vững lâu dài tại một số doanh nghiệp.

Nguồn: Phân tích tổng hợp của tác giả

Đánh giá chung

Thuận lợi

Mặc dù đối mặt với nhiều thách thức, quá trình chuyển đổi xanh của ngành thép Việt Nam cũng có những điều kiện thuận lợi nhất định. Có thể kể đến như:

Thứ nhất, có sự cam kết chính trị ở cấp độ cao nhất của Chính phủ về mục tiêu Net Zero, đây là kim chỉ Nam và là động lực chính sách mạnh mẽ nhất để thúc đẩy quá trình chuyển đổi.

Thứ hai, Việt Nam có một thị trường nội địa rộng lớn cho các sản phẩm xây dựng và công nghiệp, tạo ra tiềm năng cho việc phát triển thị trường "thép xanh" thông qua các chính sách mua sắm công.

Thứ ba, tiềm năng phát triển năng lượng tái tạo (điện gió, điện mặt trời) của Việt Nam rất lớn. Đây là điều kiện tiên quyết cho việc sản xuất hydro xanh và cung cấp điện sạch cho các nhà máy lò hồ quang điện trong tương lai.

Thứ tư, một số doanh nghiệp thép hàng đầu đã thể hiện vai trò tiên phong, chủ động đầu tư vào các công nghệ tuần hoàn (như thu hồi nhiệt dư phát điện) và bắt đầu nghiên cứu các giải pháp khử carbon, tạo hiệu ứng lan tỏa trong ngành.

Thứ năm, Việt Nam nhận được sự quan tâm và hỗ trợ kỹ thuật, tài chính từ các đối tác phát triển và các định chế tài chính quốc tế trong lĩnh vực chuyển đổi năng lượng và tăng trưởng xanh.

Khó khăn

Một là, chi phí đầu tư khổng lồ. Việc chuyển đổi một khu liên hợp lò cao sang công nghệ DRI-hydro hoặc trang bị hệ thống CCUS đòi hỏi nguồn vốn lên đến hàng tỷ USD, một con số nằm ngoài tầm với của hầu hết doanh nghiệp nếu không có cơ chế hỗ trợ đột phá.

Hai là, sự phụ thuộc sâu sắc vào công nghệ lò cao truyền thống tạo ra một "hiệu ứng khóa cứng" (lock-in effect), khiến việc từ bỏ các tài sản đã đầu tư và chuyển sang một lộ trình công nghệ hoàn toàn mới trở nên vô cùng khó khăn về mặt kinh tế và kỹ thuật.

Ba là, ngành thép đang đối mặt với tình trạng thiếu hụt nghiêm trọng nguồn nhân lực chất lượng cao có đủ trình độ để tiếp nhận, vận hành và làm chủ các công nghệ sản xuất thép xanh tiên tiến của thế giới.

CÁC GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN XANH CHO NGÀNH THÉP VIỆT NAM TRONG THỜI GIAN TỚI

Từ phân tích thực trạng, nghiên cứu đề xuất một khung giải pháp chiến lược gồm 4 trụ cột chính. Cụ thể:

Giải pháp 1: Xây dựng và triển khai lộ trình công nghệ theo từng giai đoạn. Đây là giải pháp cốt lõi nhằm giải quyết rào cản về công nghệ và vốn đầu tư một cách thực tế. Lộ trình này cần được chia thành 3 giai đoạn:

Giai đoạn 1 (đến 2030 - Tối ưu hóa): Tập trung vào các giải pháp có chi phí thấp và hiệu quả nhanh. Cụ thể: Ban hành và thực thi các Tiêu chuẩn Tối thiểu về Hiệu suất Năng lượng (MEPS) cho toàn ngành; Thúc đẩy áp dụng các công nghệ đã được kiểm chứng như thu hồi nhiệt dư, khí dư để phát điện; Tăng cường các biện pháp sản xuất sạch hơn và quản lý năng lượng theo tiêu chuẩn ISO 50001.

Giai đoạn 2 (2030-2040 - Chuyển tiếp): Bắt đầu thí điểm các công nghệ bản lề. Cụ thể: Triển khai các dự án thí điểm quy mô công nghiệp về CCUS tại các khu liên hợp lớn; Khuyến khích đầu tư mới vào công nghệ EAF hiện đại sử dụng điện tái tạo; Bắt đầu các dự án R&D về ứng dụng hydro trong các lò nung.

Giai đoạn 3 (2040-2050 - Đột phá): Triển khai rộng rãi các công nghệ khử carbon sâu. Cụ thể: Thương mại hóa và nhân rộng công nghệ sản xuất sắt hoàn nguyên trực tiếp sử dụng hydro xanh (DRI-H2); Dần thay thế các nhà máy lò cao đã hết vòng đời bằng công nghệ mới.

Giải pháp 2: Hoàn thiện hệ sinh thái chính sách và tài chính xanh. Để lộ trình công nghệ trở nên khả thi, cần một môi trường chính sách và tài chính hỗ trợ mạnh mẽ. Giải pháp này bao gồm:

Vận hành thị trường carbon: Đẩy nhanh việc xây dựng và vận hành thị trường mua bán phát thải (ETS) cho ngành thép và các ngành công nghiệp lớn khác. Việc định giá carbon sẽ tạo ra tín hiệu kinh tế rõ ràng, buộc các doanh nghiệp phải tính toán chi phí phát thải vào quyết định đầu tư.

Thiết lập Quỹ Hỗ trợ chuyển đổi xanh: Thành lập một quỹ chuyên biệt, sử dụng nguồn thu từ thị trường carbon và các nguồn hỗ trợ khác, để cung cấp các khoản vay ưu đãi, bảo lãnh tín dụng và trợ cấp cho các dự án đầu tư vào công nghệ thép xanh.

Ban hành các chính sách khuyến khích: Áp dụng các chính sách như "Mua sắm công xanh" (ưu tiên sản phẩm thép carbon thấp) và các ưu đãi về thuế, đất đai cho các dự án tiên phong.

Giải pháp 3: Phát triển chuỗi cung ứng tuần hoàn và bền vững. Giải pháp này nhằm giải quyết vấn đề phụ thuộc vào nguyên liệu nhập khẩu và thúc đẩy kinh tế tuần hoàn. Cụ thể:

Xây dựng ngành công nghiệp tái chế phế liệu: Có chính sách quy hoạch và hỗ trợ để phát triển các cơ sở thu gom, phân loại và xử lý thép phế liệu hiện đại, đảm bảo nguồn cung chất lượng cao cho các nhà máy sản xuất thép bằng lò hồ quang điện (EAF).

Thúc đẩy cộng sinh công nghiệp: Ban hành các tiêu chuẩn và cơ chế khuyến khích việc sử dụng xỉ thép làm vật liệu xây dựng, tạo ra một chu trình khép kín và giảm phát thải trong cả 2 ngành.

Phát triển hạ tầng năng lượng tái tạo và hydro: Lồng ghép nhu cầu của ngành thép vào quy hoạch phát triển điện lực quốc gia, đặc biệt là quy hoạch phát triển hạ tầng sản xuất và vận chuyển hydro xanh quy mô lớn.

Giải pháp 4: Đầu tư vào nguồn nhân lực và đổi mới sáng tạo. Yếu tố con người là quyết định cho sự thành công. Cụ thể:

Chương trình đào tạo quốc gia: Xây dựng các chương trình đào tạo tại các trường đại học kỹ thuật và các trường dạy nghề, hợp tác chặt chẽ với doanh nghiệp, để đào tạo đội ngũ kỹ sư và công nhân có kỹ năng vận hành các công nghệ sản xuất thép hiện đại.

Khuyến khích nghiên cứu và phát triển (R&D): Tăng cường đầu tư của nhà nước và doanh nghiệp cho các hoạt động R&D, thành lập các trung tâm nghiên cứu xuất sắc về luyện kim xanh.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu khẳng định rằng, quá trình chuyển đổi xanh cho ngành thép Việt Nam là một thách thức đa diện nhưng không phải là bất khả thi. Nghiên cứu đã chỉ ra khoảng trống trong các nghiên cứu trước đây và đề xuất một lộ trình chuyển đổi toàn diện, được thiết kế chuyên biệt cho bối cảnh Việt Nam. Kết quả nổi bật nhất là việc cấu trúc hóa lộ trình thành 4 giai đoạn công nghệ rõ ràng, được hỗ trợ bởi các giải pháp đồng bộ về chính sách - tài chính, chuỗi cung ứng và nguồn nhân lực. Ý nghĩa thực tiễn của nghiên cứu là cung cấp một khung tham chiếu chiến lược cho cả cơ quan quản lý nhà nước và doanh nghiệp trong việc định hình các quyết định đầu tư và chính sách trong những thập kỷ tới. Đóng góp mới của nghiên cứu nằm ở cách tiếp cận tích hợp và theo ngữ cảnh, giúp chuyển hóa các mục tiêu khí hậu đầy tham vọng thành một kế hoạch hành động có cấu trúc và khả thi, góp phần đảm bảo sự phát

triển cạnh tranh và bền vững cho một trong những ngành công nghiệp quan trọng nhất của đất nước.

Tài liệu tham khảo:

1. Ellen MacArthur Foundation (2015). *Report on Circular economy*.
2. Fan, Z., and Friedmann, S. J. (2021). Low-carbon steel production: A review of the state-of-the-art and current trends. *Energy and Environmental Science*, 14(9), 4736-4760. <https://doi.org/10.1039/D1EE01032B>.
3. Gerres, T., Linares, P., and Santos, F. J. (2023). The role of policy in the transition to green steel in Europe. *Energy Policy*, 173, 113374. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113374>.
4. Hiệp hội Thép Việt Nam (VSA) (2023). *Báo cáo tổng kết ngành thép năm 2022 và triển vọng 2023*.
5. International Energy Agency (IEA) (2020). *Iron and Steel Technology Roadmap*. IEA. <https://www.iea.org/reports/iron-and-steel-technology-roadmap>.
6. Leeson, D., Fennell, P. S., Shah, N., Petit, C., and Fajardy, M. (2022). The circular economy of steel: A review of the current state, challenges, and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 358, 131846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131846>.
7. Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow, W. R., Zhou, N., ... and Williams, C. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied Energy*, 266, 114848. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114848>.
8. Stahel, W (2010). *The Performance Economy*. Palgrave Macmillan UK.
9. Vogl, V., Åhman, M., and Nilsson, L. J. (2018). Assessment of hydrogen direct reduction for fossil-free steelmaking. *Journal of Cleaner Production*, 203, 736-745. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.279>.
10. World Steel Association. (2021). *Steel's contribution to a low carbon future and the circular economy*. <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Steels-contribution-to-a-low-carbon-future.pdf>.

