



SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
TRUNG TÂM THÔNG TIN VÀ THỐNG KÊ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

CÔNG NGHỆ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG HƯỚNG TỚI GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON

XU HƯỚNG NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ TRÊN THẾ GIỚI
VÀ MỘT SỐ GIẢI PHÁP ỨNG DỤNG TẠI VIỆT NAM



- Tháng 11/2024 -

MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU

PHẦN 1 - TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG HƯỚNG TỚI GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TRÊN THẾ GIỚI 1

1.1 Tình hình bảo hộ sáng chế về vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon.....	1
1.2 Bảo hộ sáng chế vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon tại một số quốc gia và vùng lãnh thổ.....	2
1.3 Các hướng nghiên cứu phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon	4
1.3.1 Thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng.....	4
1.3.2 Tối ưu hóa máy móc, thiết kế vật liệu có lượng phát thải carbon thấp.....	10
1.4 Một số ứng dụng phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon.....	11
1.5 Các tổ chức sở hữu nhiều sáng chế cứu phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon trên thế giới	12

PHẦN 2 - CÁC GIẢI PHÁP NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG THEO HƯỚNG GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TẠI VIỆT NAM..... 14

2.1 Các sáng chế được bảo hộ tại Việt Nam.....	14
2.1.1 Bê tông xanh	14
2.1.2 Gạch thân thiện môi trường	15
2.1.3 Vật liệu tổng hợp.....	16
2.2 Một số giải pháp, công nghệ sẵn sàng chuyển giao	17
2.2.1 Kỹ thuật kết hợp phụ phẩm công nghiệp trong bê tông bền vững và ít phát thải CO ₂	17
2.2.2 Nghiên cứu ứng dụng tro xỉ nhiệt điện trong bê tông góp phần giảm phát thải khí hiệu ứng nhà kính	18
2.2.3 Một số kết quả hướng nghiên cứu sản xuất ứng dụng vật liệu xây dựng phát thải thấp tại Khoa Công nghệ Vật liệu	21
2.2.4 Vật liệu aerogel tính năng cao từ phụ phẩm nông nghiệp và công nghiệp.....	23

PHẦN 3 - KẾT LUẬN 25

3.1 Về xu hướng phát triển công nghệ vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon	25
3.2 Tình hình nghiên cứu, ứng dụng công nghệ vật liệu xây dựng hướng tới giảm phát thải carbon tại Việt Nam	25
3.3 Một số nhận xét, khuyến nghị	27

PHẦN PHỤ LỤC 29

Phụ lục 1.....	30
Phụ lục 2.....	33
Phụ lục 3.....	35

PHẦN MỞ ĐẦU

Hiện nay, tình trạng biến đổi khí hậu làm cho nhiệt độ Trái đất gia tăng, gây tan băng ở các cực, nước biển dâng và các hiện tượng thời tiết cực đoan diễn ra với tần suất ngày càng lớn đã trở thành mối nguy lớn, đe dọa môi trường sinh thái và cuộc sống của nhân loại. Bên cạnh đó, quá trình đô thị hóa cũng đang diễn ra nhanh chóng trên bình diện toàn cầu, cùng với hàng triệu công trình xây dựng ra đời mỗi năm. Không chỉ đòi hỏi nguồn năng lượng lớn trong quá trình sản xuất vật liệu (như xi măng, sắt thép, kính,...), mà ngành xây dựng cũng còn tạo ra lượng phát thải carbon đáng kể trong suốt vòng đời của công trình - từ giai đoạn thi công, vận hành đến khi phá dỡ.

Theo báo cáo của Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP) và Liên minh toàn cầu về xây dựng và công trình (GlobalABC), công bố tháng 3/2024, ngành xây dựng và tòa nhà tạo ra tới 37% tổng lượng phát thải carbon, là một thách thức lớn trong việc cân bằng giữa nhu cầu phát triển và các mục tiêu khí hậu toàn cầu. Để giảm thiểu và dần tiến tới mục tiêu trung hòa carbon vào năm 2050, cần có sự chuyển đổi mạnh mẽ và nhanh chóng trong ngành xây dựng, đó là tạo ra các vật liệu thay thế, phát triển các quy trình sản xuất sạch, cải tiến thiết kế để tối ưu hóa hiệu quả sử dụng tài nguyên và giảm phát thải carbon trong suốt vòng đời công trình.

Để giúp các nhà quản lý, nhà nghiên cứu và doanh nghiệp có thêm thông tin về các xu hướng phát triển vật liệu xây dựng giảm thiểu phát thải carbon, Trung tâm Thông tin và Thống kê KH&CN TP.HCM đã tổ chức hội thảo "*Xu hướng công nghệ phát triển vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon*" vào ngày 14/11 và tiến hành biên soạn tài liệu tổng quan "*Vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon - Xu hướng nghiên cứu công nghệ trên thế giới và một số giải pháp ứng dụng tại Việt Nam*". Tài liệu này gồm 3 phần:

- **Phần 1: Tình hình nghiên cứu ứng dụng công nghệ phát triển vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon trên thế giới** sẽ phân tích số liệu sáng chế quốc tế để xem xét xu hướng nghiên cứu công nghệ phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon thông qua các nội dung như: tình hình công bố, bảo hộ sáng chế theo chuỗi thời gian; theo quốc gia bảo hộ; các hướng nghiên cứu thay thế nguyên vật liệu, tối ưu hoá máy móc, thiết kế vật liệu,...trong lĩnh vực xây dựng. Các thông tin đáng chú ý khác như hướng nghiên cứu thay thế vật liệu đang được quan tâm trong giảm phát thải carbon, các đơn vị đang nắm giữ nhiều giải pháp công nghệ,... cũng sẽ được giới thiệu.

- **Phần 2: Các giải pháp nghiên cứu phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon tại Việt Nam** sẽ điểm qua các sáng chế đang được bảo hộ tại Việt Nam và khái quát một số giải pháp công nghệ của các chuyên gia trong nước sẵn sàng chuyển giao, cũng như hợp tác phát triển, được trình bày tại Hội thảo. Đây là các giải pháp công nghệ đã được các viện nghiên cứu, trường đại học trong nước (*Phân viện Vật liệu Xây dựng miền Nam; Trường Bách Khoa (Đại học Cần Thơ); Trường Đại học Bách Khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM); Viện Nhiệt đới Môi trường*) phát triển, ví dụ như bê tông bền vững và ít phát thải CO₂; ứng dụng tro xỉ nhiệt điện trong bê tông góp phần giảm phát thải khí hiệu ứng nhà kính; tạo ra vật liệu aerogel từ phụ phẩm nông nghiệp và công nghiệp cũng như một số kết quả hướng nghiên cứu sản xuất ứng dụng vật liệu xây dựng phát thải thấp tại Trường Đại học Bách khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM),...

- **Phần 3: Kết luận** sẽ khái quát lại xu hướng ứng dụng công nghệ phát triển vật liệu xây dựng hướng tới giảm phát thải carbon trên thế giới và tình hình nghiên cứu, ứng dụng công nghệ này tại Việt Nam.

Hy vọng tài liệu này sẽ cung cấp một bức tranh tổng quát về xu hướng ứng dụng phát triển vật liệu xây dựng hướng tới giảm phát thải carbon thế giới và tại Việt Nam cho các nhà quản lý, các cơ quan xây dựng, các nhà đầu tư và cả các nhà nghiên cứu, các doanh nghiệp sản xuất vật liệu xây dựng về những hướng công nghệ nên đẩy mạnh đầu tư, nghiên cứu để mang lại lợi ích thiết thực cho cả các đơn vị nghiên cứu công nghệ, đơn vị ứng dụng công nghệ, vừa phù hợp với xu hướng phát triển chung.

Trân trọng.

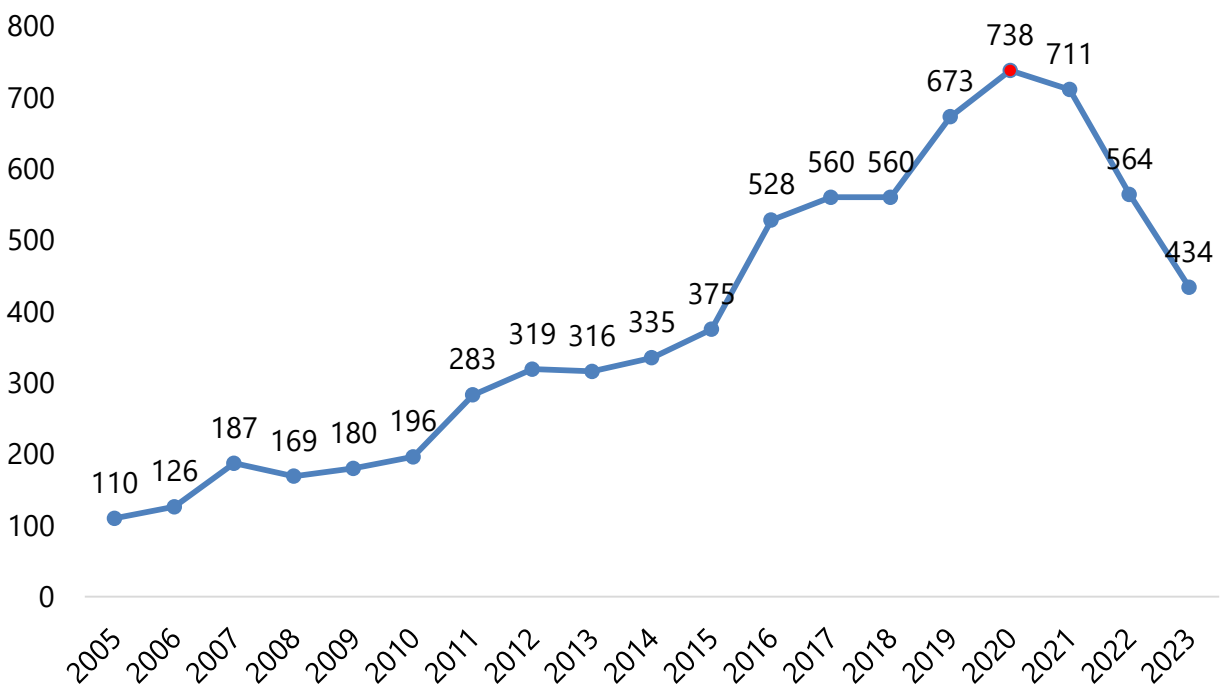
Ban Tổ chức

PHẦN 1 - TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG HƯỚNG TỚI GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TRÊN THẾ GIỚI

1.1 Tình hình bảo hộ sáng chế về vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon

Việc nghiên cứu các loại vật liệu xây dựng (VLXD) mới nhằm đáp ứng các yêu cầu phát sinh trong thực tế đã được thực hiện từ rất lâu trước đây. Tuy nhiên, khái niệm giảm phát thải carbon chỉ thực sự được chú ý và chính thức công nhận vào năm 2005, khi Nghị định thư Kyoto có hiệu lực. Đây cũng là một cột mốc quan trọng trong việc thúc đẩy các quốc gia cam kết giảm lượng khí nhà kính, bao gồm việc cải tiến và sử dụng các VLXD thân thiện với môi trường.

Xem xét theo hướng này, theo số liệu từ cơ sở dữ liệu sáng chế quốc tế WIPS Global, tính từ năm 2005 đến ngày 31/12/2023, có 7.364 đơn đăng ký sáng chế hướng đến VLXD giảm phát thải carbon được công bố bảo hộ trên thế giới (Hình 1.1).



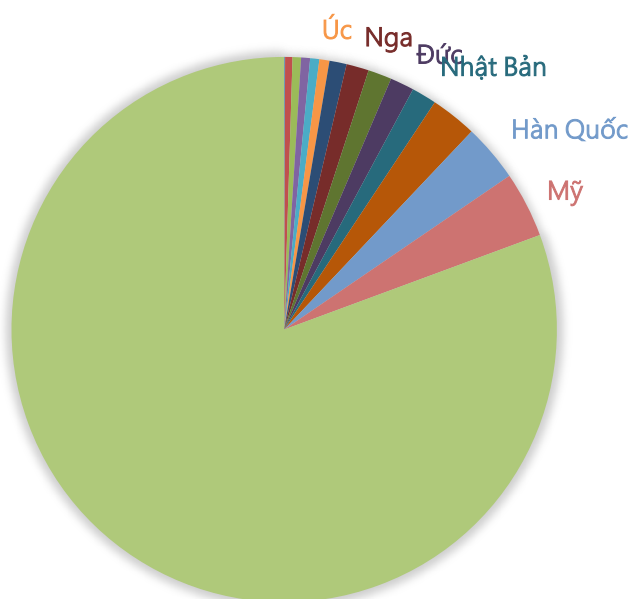
Hình 1.1. Tình hình đơn đăng ký sáng chế vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon, giai đoạn 2005-2023

Trong giai đoạn 2005-2015, các nghiên cứu về VLXD theo hướng giảm phát thải carbon trên thế giới còn khá khiêm tốn, với số lượng đơn đăng ký sáng chế trung bình dưới 300 đơn mỗi năm.

Từ năm 2016 đến 2023, xu hướng này có sự bứt phá rõ rệt, với số lượng đơn đăng ký sáng chế vượt ngưỡng 400 mỗi năm, đạt đỉnh cao vào năm 2020 với 738 đơn. Tuy nhiên, kể từ năm 2020, có sụt giảm về số lượng đơn đăng ký sáng chế trong lĩnh vực này. Đây có thể là do sự tác động của cuộc khủng hoảng Covid-19, khiến nền kinh tế toàn cầu đối mặt với sự suy thoái nghiêm trọng. Trong bối cảnh kinh tế khó khăn, các hoạt động nghiên cứu về lĩnh vực này cũng chững lại.

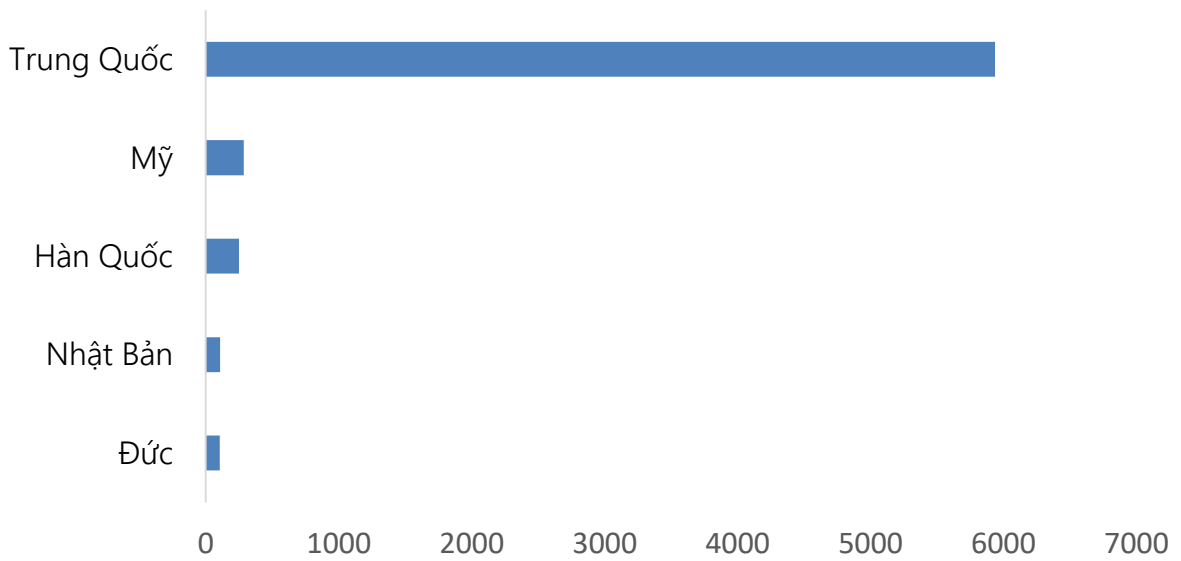
1.2 Bảo hộ sáng chế vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon tại một số quốc gia và vùng lãnh thổ

Đơn đăng ký sáng chế liên quan đến VLXD theo hướng giảm phát thải carbon đã được công bố bảo hộ tại 28 quốc gia, vùng lãnh thổ (Hình 1.2). Trong đó, số đăng ký bảo hộ nhiều nhất là tại Trung Quốc, với gần 81% tổng số đơn đăng ký sáng chế trên thế giới.



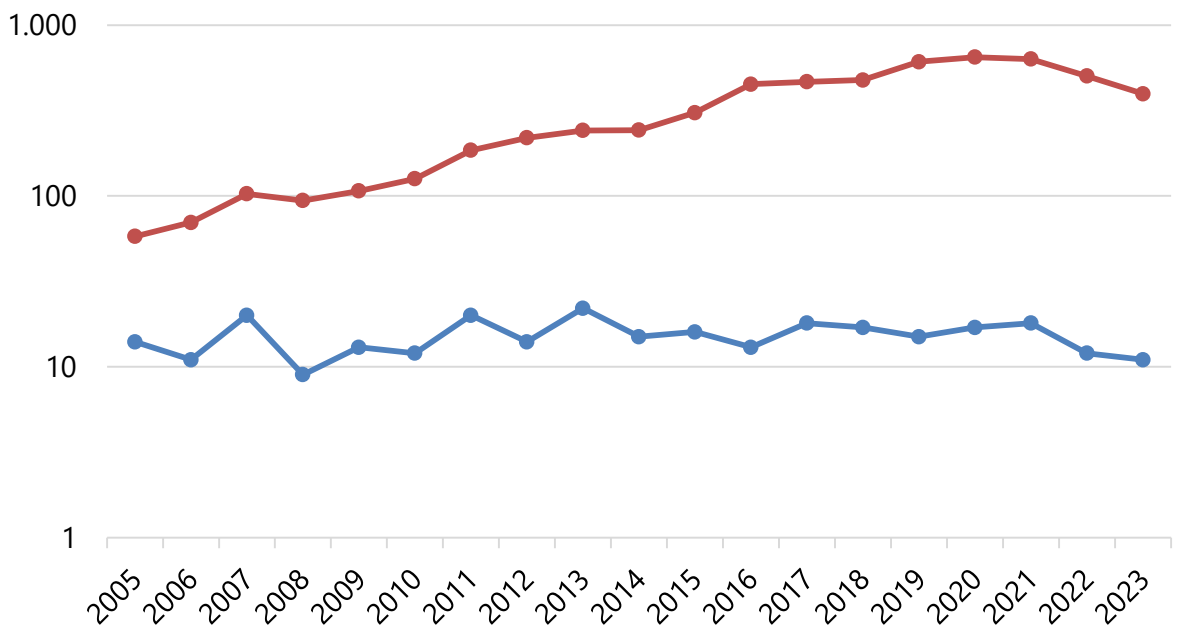
Hình 1.2. Bảo hộ sáng chế về VLXD theo hướng giảm phát thải carbon tại một số quốc gia, vùng lãnh thổ

Thống kê số lượng đăng ký bảo hộ sáng chế tại 5 quốc gia dẫn đầu trên thế giới cho thấy, từ năm 2005 đến nay, số lượng đơn đăng ký sáng chế được bảo hộ tại Trung Quốc dẫn đầu thế giới, với 5.938 đơn. Đứng thứ nhì là số đơn đăng ký tại Mỹ, với 287 đơn. Tiếp theo đó là Hàn Quốc, Nhật Bản và Đức (Hình 1.3).



Hình 1.3. Bảo hộ sáng chế về VLXD theo hướng giảm phát thải carbon tại một số quốc gia, vùng lãnh thổ

Thống kê về số lượng đăng ký bảo hộ sáng chế tại hai quốc gia dẫn đầu thế giới trong thời gian qua, số đơn đăng ký tại Mỹ duy trì ở mức ổn định, trung bình khoảng 10 đơn đăng ký mỗi năm. Trong khi đó, tại Trung Quốc, số lượng đơn đăng ký bảo hộ sáng chế có sự gia tăng đáng kể theo thời gian (Hình 1.4).



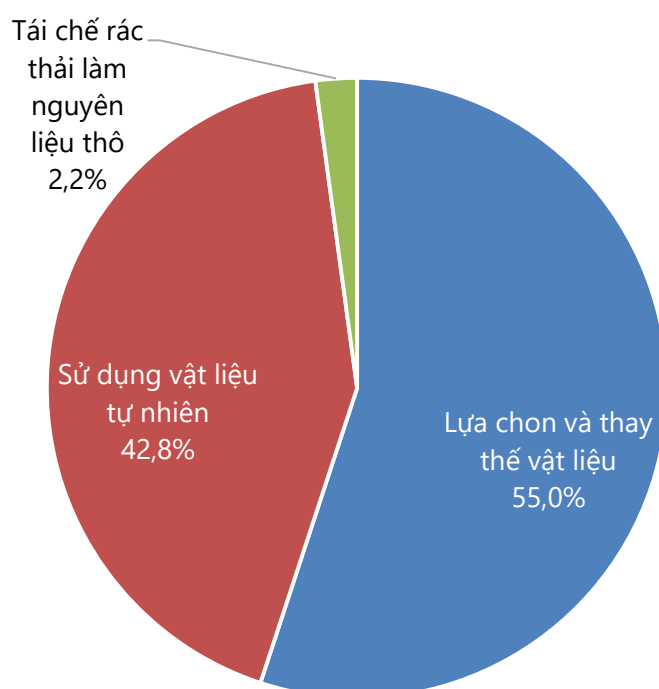
Hình 1.4. Tình hình bảo hộ sáng chế về VLXD theo hướng giảm phát thải carbon tại một số quốc gia, giai đoạn 2005-2023 (sử dụng thang đo Logarit)

1.3 Các hướng nghiên cứu phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon

Thông qua phân tích dữ liệu theo Bảng mã phân loại sáng chế quốc tế (IPC) và biên dịch một số sáng chế quốc tế từ cơ sở dữ liệu WIPS Global, có thể chia các nghiên cứu vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon trên thế giới theo 3 hướng chính: (1) *Thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng*; (2) *Tối ưu hóa máy móc, thiết kế vật liệu có lượng phát thải carbon thấp*; và (3) *Các lĩnh vực ứng dụng*. Trong đó, chiếm phần lớn là các đơn đăng ký sáng chế đề cập đến *Thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng*.

1.3.1 Thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng

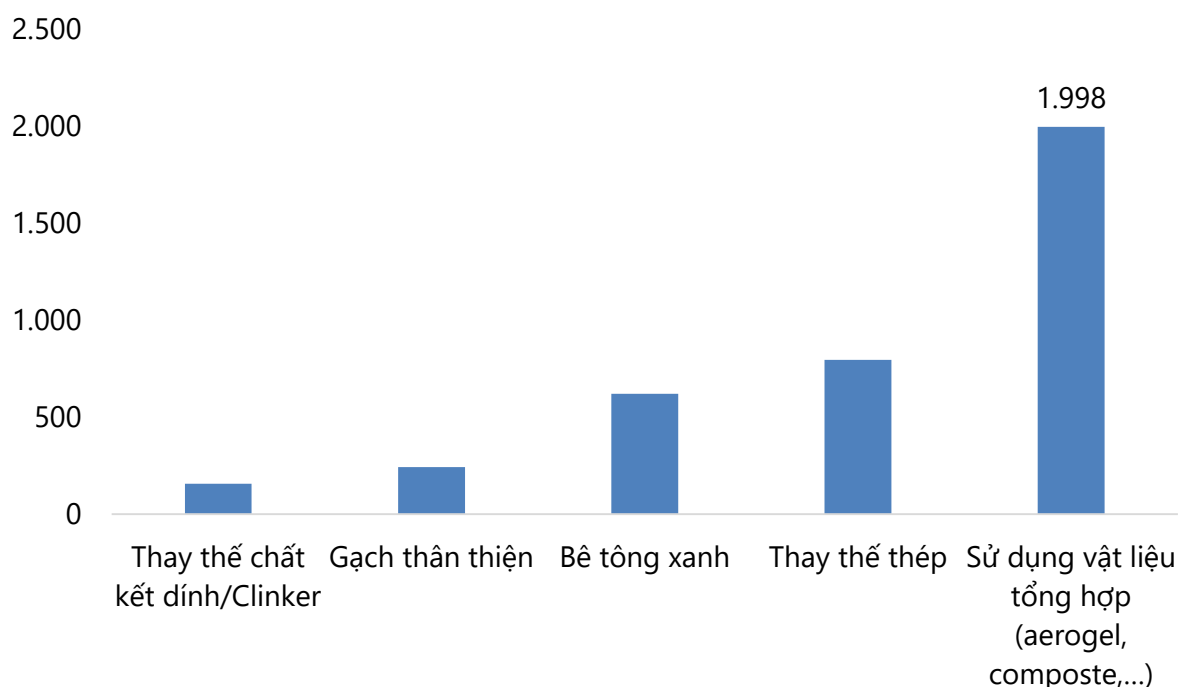
Theo hướng nghiên cứu Thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng, số lượng đơn đăng ký sáng chế chủ yếu tập trung vào việc Thay thế vật liệu cơ bản và vật liệu kết cấu và Sử dụng vật liệu tự nhiên. Hướng nghiên cứu Tái chế rác thải làm nguyên liệu thô chiếm tỉ lệ khá nhỏ (Hình 1.5).



Hình 1.5. Các hướng nghiên cứu nhằm thay thế nguyên vật liệu trong xây dựng

Việc nghiên cứu thay thế *Vật liệu cơ bản và vật liệu kết cấu* đang được chú trọng nhằm nâng cao tính bền vững và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Đặc biệt, các đơn đăng ký sáng chế tập trung chủ yếu vào nghiên cứu *Sử dụng vật liệu*

tổng hợp, với 1.998 đơn đăng ký, tiếp theo là *Thay thế thép* (797 đơn), *Sử dụng bê tông xanh* (622 đơn), *Gạch thân thiện với môi trường* (244 đơn) và *Thay thế chất kết dính/clinker* (157 đơn) (Hình 1.6).



Hình 1.6. Các hướng nghiên cứu thay thế vật liệu cơ bản và vật liệu kết cấu

Sử dụng vật liệu tổng hợp như aerogel, composite sinh học và các hợp chất tự nhiên,... ngày càng được chú ý trong lĩnh vực xây dựng nhờ những tính năng vượt trội. Vật liệu tổng hợp không chỉ bền, chịu lực tốt mà còn thân thiện với môi trường, dễ phân hủy sinh học, không gây ô nhiễm. Ngoài ra, chúng còn có khả năng cách âm, cách nhiệt hiệu quả, đáp ứng tốt các yêu cầu của các công trình hiện đại nên được sử dụng rộng rãi làm vách ngăn, tấm ốp tường, sàn nhà, góp phần tạo nên các không gian bền vững và tiện nghi. Có thể kể đến "*Tấm cách nhiệt chống cháy composite aerogel*" là một ví dụ trong lĩnh vực ứng dụng này. Đây là tên đăng ký của sáng chế có mã số CN 2023-23418569 (đăng ký bảo hộ tại Trung Quốc, ngày 13/12/2023) của Công ty TNHH Công nghệ tiết kiệm năng lượng Shandong Junqiang, đề cập đến tấm cách nhiệt chống cháy aerogel composite với thiết kế cải tiến. Cấu trúc bao gồm cụm thân chính với nền aerogel và lớp phủ ngoài chống cháy, cùng cụm kết nối có thiết kế thông minh, giúp cố định chắc chắn lớp phủ ngoài với khung aerogel. Sáng chế này giải quyết các vấn đề thường gặp ở tấm cách nhiệt truyền thống, như lực bám bị mất hiệu quả khi chất kết dính tan chảy dưới nhiệt độ cao, hoặc vít cố định dễ bị ăn mòn, dẫn đến lớp phủ chống cháy rơi ra, làm giảm khả năng bảo vệ và tuổi thọ sản

phẩm. Thiết kế mới không chỉ tăng khả năng chống cháy mà còn đảm bảo độ bền, kéo dài tuổi thọ và hiệu suất của tấm cách nhiệt trong các điều kiện khắc nghiệt.

Vật liệu *Thay thế thép* đang dần được ứng dụng rộng rãi, không chỉ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật mà còn mang lại những giá trị bền vững cho các công trình xây dựng như thép tái chế, hợp kim nhẹ, polyme gia cường sợi (FRP), polyme gia cường sợi carbon (CFRP), polyme gia cường sợi thủy tinh (GFRP),... Cụ thể như sáng chế của Công ty TNHH Kỹ thuật kết cấu thép màu Nantong Blue Sky "*Cấu trúc thép nhẹ composite gia cố bằng sợi carbon tích hợp*", có số sáng chế CN 2019-21016360, đăng ký bảo hộ ngày 02/07/2019, đề cập đến cấu trúc thép nhẹ composite gia cố bằng sợi carbon tích hợp, với thiết kế linh hoạt và cải tiến. Cấu trúc bao gồm phần thân nhẹ, đế thép, và các thành phần kết nối, cho phép điều chỉnh linh hoạt vị trí và góc kết nối giữa các thân thép nhẹ. Khi được điều chỉnh theo góc, có thể hàn các thân thép nhẹ vào đế cố định ở nhiều góc khác nhau, phù hợp với yêu cầu của công trình. Thiết kế không chỉ tối ưu hóa khả năng liên kết mà còn tăng tính linh hoạt trong thi công, đáp ứng nhu cầu về cấu trúc thép nhẹ trong các công trình hiện đại.

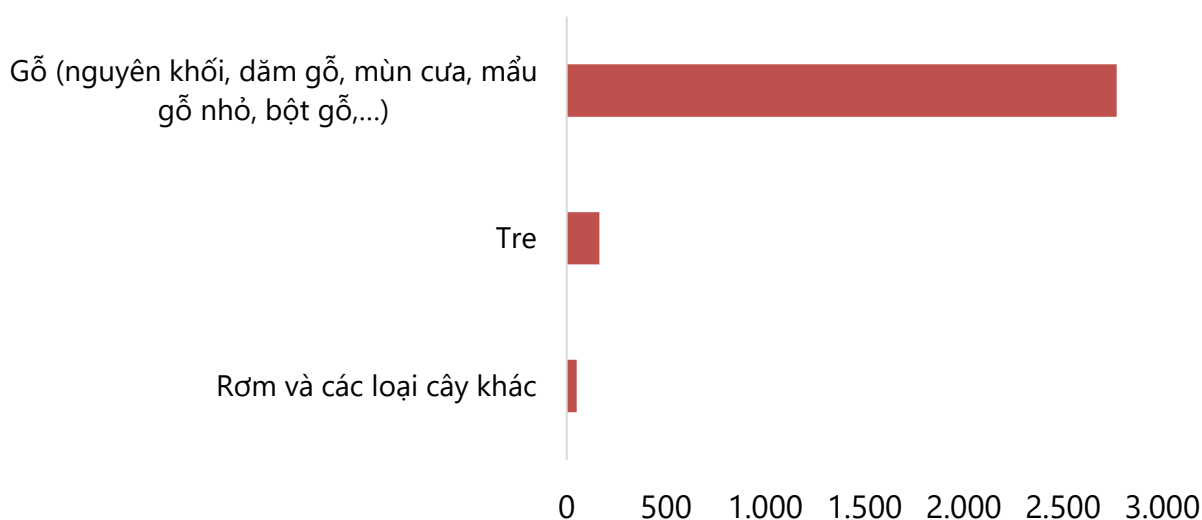
Sử dụng bê tông xanh như bê tông nhẹ, bê tông khí chưng áp, các loại bê tông được sản xuất từ các nguyên liệu thân thiện với môi trường, giảm lượng xi măng truyền thống. Chẳng hạn như sáng chế "*Kết cấu nền đường bê tông nhẹ xốp mới*" (số sáng chế CN 2022-21611839, ngày 24/6/2022) của Công ty TNHH Kỹ thuật cầu đường Quảng Tây Beitou, đề cập đến kết cấu nền đường bê tông nhẹ xốp gồm nền đường chính và các kết cấu bề mặt nghiêng hai bên. Nền đường chính gồm có lớp đất nện, lớp đất nhẹ xốp dưới, lưới kim loại đầu tiên, lớp sỏi, lưới kim loại thứ hai, lớp sỏi, lưới kim loại thứ ba, lớp đất nhẹ xốp trên và lớp bê tông. Kết cấu này được thiết kế hợp lý, cải thiện độ ổn định, khả năng chịu lực, và khả năng thấm nước. Nước thấm vào nền đường được xả nhanh, ngăn ngừa đọng nước, bảo vệ kết cấu và kéo dài tuổi thọ nền đường, đồng thời thuận tiện trong sử dụng.

Gạch thân thiện là một giải pháp bền vững trong ngành xây dựng, góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và tăng hiệu quả sử dụng tài nguyên. Loại gạch này được sản xuất từ vật liệu tái chế hoặc các nguyên liệu tự nhiên, ít tiêu tốn năng lượng và không gây ô nhiễm trong quá trình sản xuất. Có thể kể đến sáng chế số CN2023-10707464 "*Gạch thân thiện với môi trường cường độ cao chứa vật liệu tái chế*", của Công ty TNHH Tài nguyên tái tạo Bảo vệ môi trường Wuhan Auto-City, đề cập đến gạch thân thiện với môi trường, được làm từ chất thải xây dựng, nguyên liệu

khoáng, và sợi tự nhiên, mang lại độ bền cao và kết nối chắc chắn. Gạch tích hợp được thiết kế có khối định vị và rãnh, giúp liên kết ngang và dọc hiệu quả. Cơ chế sử dụng trục vít, bánh vít và thanh khóa đảm bảo các khối gạch không bị lỏng lẻo trong quá trình lắp đặt. Sáng chế này vừa giảm thiểu tác động môi trường, vừa cải thiện hiệu suất xây dựng.

Thay thế chất kết dính/clinker là yếu tố then chốt trong lĩnh vực xây dựng bền vững, giúp giảm tiêu thụ năng lượng và phát thải CO₂. Các vật liệu thay thế như tro bay, xỉ lò cao, hoặc các hợp chất vô cơ tái chế mang lại hiệu quả vượt trội, nâng cao độ bền của vật liệu xây dựng và giảm chi phí. Ví dụ như sáng chế có mã số US 17/489801, đăng ký bảo hộ tại Mỹ ngày 29/01/2010, của Đại học Quốc gia Chonnam (Hàn Quốc), đề cập đến chất kết dính hoạt hóa kiềm có thể được sử dụng làm chất kết dính để thay thế xi măng. Cụ thể hơn, đây là chất kết dính hoạt hóa kiềm và vữa, bê tông, sản phẩm bê tông và vật liệu lát đất sét đỏ ướt. Nó có chứa các vật liệu kiềm vô cơ không chứa natri để giảm tổng lượng Na₂O và K₂O trong bê tông, nhờ vậy, cải thiện khả năng làm việc và độ ổn định cường độ và ức chế phản ứng kiềm-cốt liệu.

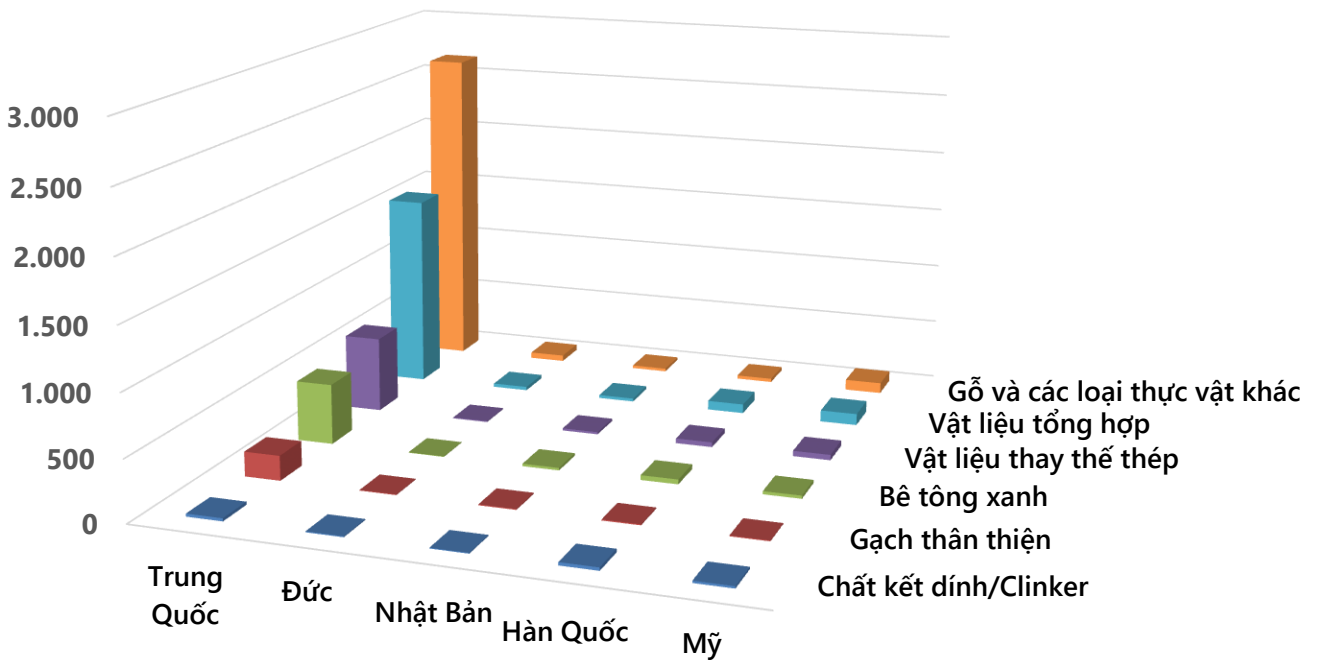
Bên cạnh phương pháp *Thay thế vật liệu cơ bản và vật liệu kết cấu*, hướng nghiên cứu *Sử dụng vật liệu tự nhiên* cũng được nghiên cứu ứng dụng khá nhiều nhằm giảm thiểu phát thải carbon. Đặc biệt, nhóm vật liệu *Gỗ* (gỗ nguyên khối, dăm gỗ, mùn cưa, mẩu gỗ, bột gỗ,...) rất được quan tâm nghiên cứu, ứng dụng theo hướng này, với số đơn đăng ký sáng chế lên tới 2.770 đơn, chiếm 92,8% tổng số đơn trong lĩnh vực này (hình 1.7).



Hình 1.7. Sử dụng các vật liệu tự nhiên

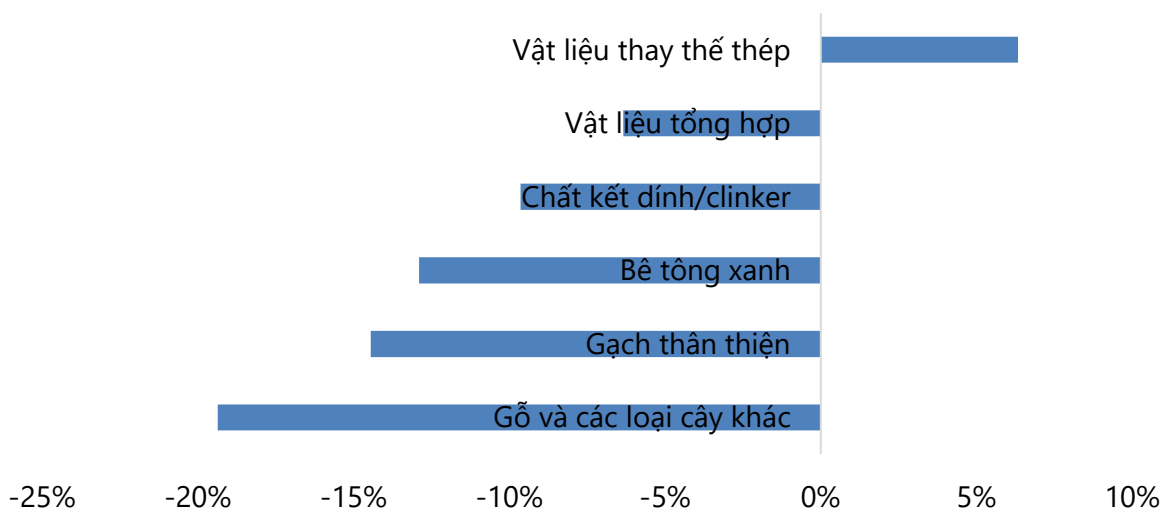
Theo nhiều nghiên cứu, gỗ đóng vai trò quan trọng trong thiết kế xây dựng hiện đại nhằm giảm thiểu lượng phát thải carbon của công trình. Ở Canada, lượng gỗ sử dụng trong xây dựng các tòa nhà nhiều gấp đôi so với lượng gạch. Một số thiết kế mới còn sử dụng gỗ thay thế cho sàn bê tông, giúp cắt giảm đáng kể lượng phát thải carbon. Việc thay thế vật liệu tự nhiên như gỗ không chỉ nâng cao tính thẩm mỹ cho công trình mà còn góp phần thúc đẩy các phương pháp xây dựng thân thiện với môi trường. Gỗ, với khả năng hấp thụ và lưu trữ carbon trong suốt vòng đời sử dụng, trở thành một giải pháp hiệu quả để giảm thiểu tác động tiêu cực của ngành xây dựng đối với khí hậu. Ngoài ra, sự phát triển của các loại gỗ chế biến tiên tiến và công nghệ hiện đại còn giúp gia tăng độ bền của loại vật liệu này, mở rộng khả năng ứng dụng trong các công trình lớn và phức tạp. Có thể kể đến sáng chế "*Tấm tường gỗ chống lạnh, cách nhiệt, phủ màng polyme*" (mã số CN 2023-22462759) của Công ty TNHH Quản lý Kỹ thuật vận tải Sutong Nam Thông (Giang Tô, Trung Quốc) đề cập đến việc tạo ra tấm tường gỗ có một lớp màng polymer cách nhiệt và giữ ấm. Cấu trúc bao gồm các tấm tường, tấm chặn ở hai đầu, các khe và cơ cấu kết nối. Một màng cách nhiệt được dán lên tấm tường. Thiết kế này cải thiện hiệu quả lắp ráp giữa các tấm tường nhờ khối kẹp hình vòng cung cố định chắc chắn trong rãnh sau lắp ghép, nâng cao độ ổn định và tăng hiệu quả sử dụng của tấm tường gỗ. Sáng chế "*Hệ thống mái tích hợp với gỗ kỹ thuật*" (mã số US 18/129803) của Tập đoàn Louisiana-Pacific, đăng ký tại Mỹ ngày 31/3/2023 là một hướng khác. Sáng chế này đề cập đến tấm ván lợp được thiết kế tích hợp nhiều lớp, với lớp nền làm từ gỗ kỹ thuật. Lớp nền này được bao phủ bởi một lớp chống nước, bảo vệ ít nhất mặt ngoài và một hoặc nhiều cạnh của lớp nền. Ngoài ra, lớp chống nước có thể kết hợp với một vật liệu tạo kết cấu để tăng cường khả năng chịu lực và độ bền. Các cạnh của tấm ván được thiết kế phù hợp để tạo mối nối liền mạch với các tấm liền kề, mang lại tính linh hoạt và ổn định cho công trình.

Nếu xem xét về tỷ lệ bảo hộ sáng chế tại một số quốc gia, Trung Quốc ghi nhận tỷ lệ đơn đăng ký sáng chế sử dụng vật liệu tự nhiên như Gỗ và các loại thực vật khác cao nhất. Trong khi đó, tại Mỹ, các đơn đăng ký sáng chế liên quan đến *Vật liệu tổng hợp* chiếm ưu thế vượt trội so với các loại vật liệu khác (Hình 1.8).



Hình 1.8. Tỷ lệ bảo hộ sáng chế VLXD theo hướng giảm thiểu carbon tại một số quốc gia

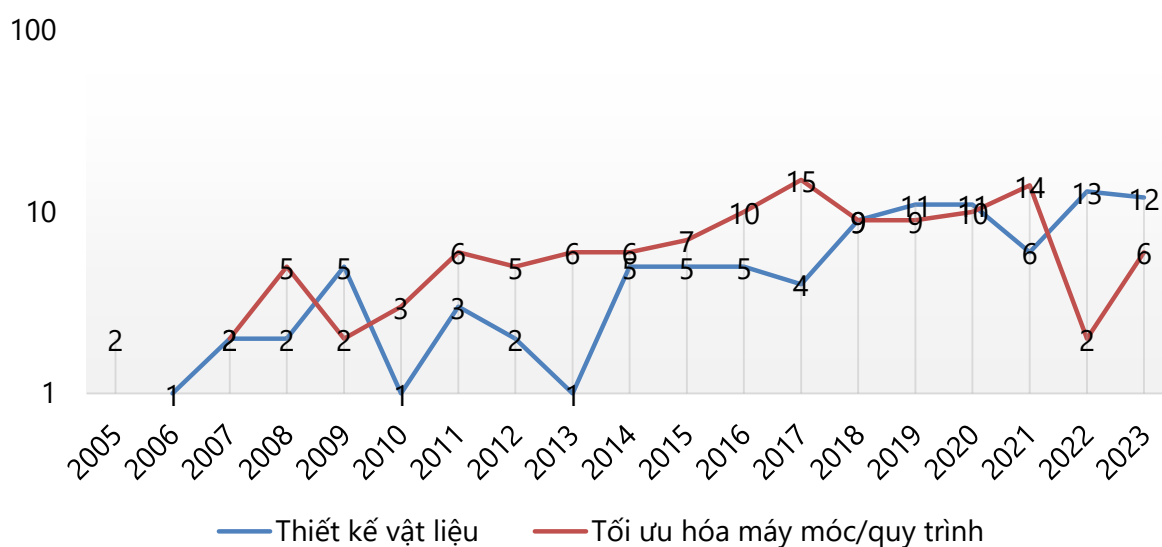
Xem xét về tốc độ tăng trưởng kép trong 5 năm gần đây (giai đoạn 2019-2023), nhóm *Vật liệu thay thế thép* trong xây dựng đang thu hút sự quan tâm mạnh mẽ, với tỉ lệ tăng trưởng đơn đăng ký sáng chế đạt 6,3%/năm. Trong khi đó, các nhóm còn lại như *Vật liệu tổng hợp*, *Chất kết dính thay thế clinker*, *Bê tông xanh*,... lại không ghi nhận sự tăng trưởng, thậm chí có xu hướng giảm, cho thấy có sự chuyển dịch ưu tiên nghiên cứu vào các giải pháp thay thế thép nhằm đáp ứng yêu cầu bền vững và hiệu suất cao (Hình 9).



Hình 1.9. Tốc độ tăng trưởng kép các sáng chế vật liệu xây dựng giảm thiểu carbon, giai đoạn 2019-2023

1.3.2 Tối ưu hóa máy móc, thiết kế vật liệu có lượng phát thải carbon thấp

Trên thực tế, để giảm thiểu phát thải carbon trong lĩnh vực xây dựng, việc đầu tư vào *Tối ưu hóa máy móc/quy trình* và *Thiết kế vật liệu* có lượng phát thải carbon thấp cũng là yếu tố rất quan trọng. Tuy nhiên, số lượng đơn đăng ký sáng chế tập trung vào các nhóm này vẫn còn khá hạn chế, dù gần đây số lượng sáng chế liên quan đến việc *Tối ưu hóa máy móc/quy trình* sản xuất cũng có phần gia tăng hơn trước (Hình 1.10).



Hình 1.10. Tối ưu hóa máy móc, thiết kế vật liệu có lượng phát thải carbon thấp

Tối ưu hóa máy móc/quy trình và *Thiết kế vật liệu* không chỉ giúp giảm mức tiêu thụ năng lượng mà còn cải thiện hiệu suất làm việc, từ đó giảm thiểu khí thải nhà kính trong quá trình thi công. Sáng chế mã số CN 2022-22768882, ngày 20/10/2022, của Công ty TNHH Kỹ thuật xây dựng Henan Zhongshi đi theo hướng nghiên cứu này, khi giới thiệu tấm trang trí tiết kiệm năng lượng cho tòa nhà bao gồm tấm bên trên và tấm bên dưới. Các tấm bên ngoài được kết nối giữa các cạnh của bốn mặt của tường bên dưới, thanh kết nối được kết nối đều với các mặt; tấm bên trong được kết nối giữa bốn mặt của mặt trên của tấm bên dưới. So với kỹ thuật trước đây, tấm trang trí tiết kiệm năng lượng có ưu điểm là chủ yếu bao gồm tấm mặt trên, tấm mặt dưới, tấm mặt ngoài, tấm mặt trong và sống thuyền. Khoảng rỗng được tạo thành giữa tấm mặt trên và tấm mặt dưới giúp trọng lượng của tấm được giảm đi so với tấm gỗ đặc có cùng độ dày, từ đó có thể giảm việc sử dụng nguyên liệu thô, tiết kiệm tài nguyên.

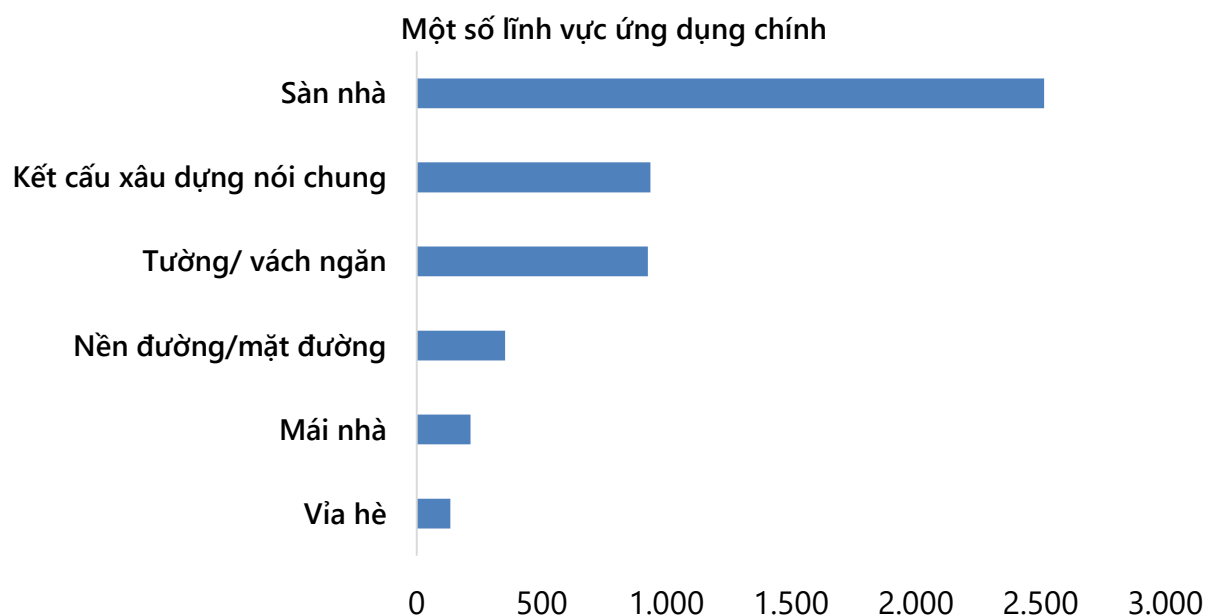
Với sáng chế mã số CN 2021-20365974, ngày 9/2/2021, các tác giả Xue Ming, Chu Pengfei, và Zhang Yuanyuan đã nghiên cứu tối ưu hóa thiết kế cấu trúc tường xây dựng.

Thiết kế bao gồm thân tường với các lớp sắp xếp tuần tự: lớp tường cơ sở, xi măng kết dính liên kết, tấm trang trí giữ nhiệt len đá, xi măng kết dính lớp trát đầu tiên, vải lưới sợi thủy tinh, xi măng kết dính lớp trát thứ hai và lớp đối diện. Vải lưới sợi thủy tinh được thiết kế đa lớp, bao gồm vải lưới sợi carbon, vải chống kiềm, vải chống nứt và vải tổng hợp, giúp ngăn ngừa xói mòn bê tông hiệu quả, cải thiện khả năng bảo vệ và kéo dài tuổi thọ bê tông. Thiết kế này khắc phục được hạn chế của thiết kế tường truyền thống, vốn chỉ sử dụng một lớp lưới thép dễ bị hư hỏng, bảo vệ kém và làm bê tông dễ rơi ra.

1.4 Một số ứng dụng phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon

Theo số liệu thu thập được, các nghiên cứu về vật liệu hướng đến các hạng mục trọng yếu trong xây dựng như sàn nhà, kết cấu xây dựng tổng thể, tường/vách ngăn, nền đường/mặt đường,... Đáng chú ý, các nghiên cứu, ứng dụng vật liệu sử dụng cho mục đích làm *Sàn nhà* chiếm tới 49,5% tổng số đơn sáng chế, giữ vị trí dẫn đầu trong lĩnh vực này. Tiếp theo là các nghiên cứu về *Kết cấu xây dựng nói chung* và *Tường vách/ngăn*,... (Hình 1.11).

Những hạng mục công trình này có vai trò quan trọng trong việc nâng cao mức độ bền vững, tối ưu hiệu quả sử dụng năng lượng và giảm thiểu phát thải carbon, góp phần tạo ra các công trình xây dựng thân thiện với môi trường.



Hình 1.11. Ứng dụng vật liệu xây dựng giảm thiểu phát thải carbon trong lĩnh vực xây dựng

Một ví dụ về nghiên cứu, ứng dụng trong việc kiến tạo *Sàn nhà*, có thể kể đến sáng chế về "*Sàn composite gỗ đặc chống nứt*" (mã số CN 2023-20895568) do Công ty

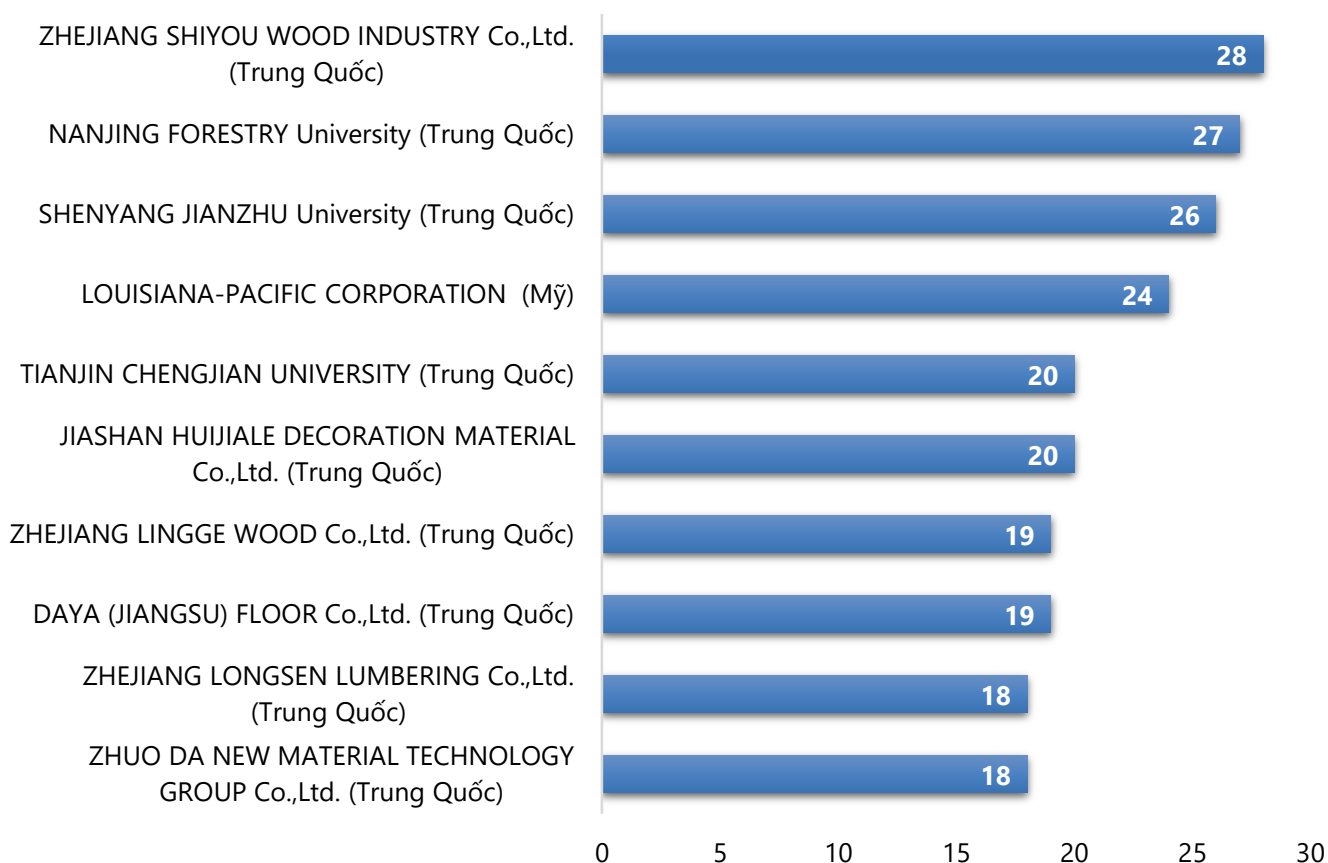
TNHH Vật liệu trang trí Oudelong Thường Châu đăng ký bảo hộ tại Trung Quốc ngày 20/4/2023. Sáng chế giới thiệu một sàn gỗ composite chống nứt trong lĩnh vực kỹ thuật sàn, bao gồm thân sàn với các cấu trúc được thiết kế tối ưu. Một khối chèn được cố định ở một bên thân sàn, phía trên khối chèn là khối kẹp, trong khi bên kia thân sàn có rãnh lắp và rãnh chèn nối với khối chèn ở phía ngoài. Các khối chèn có thể di động trong rãnh chèn, kết hợp với rãnh kẹp và miếng cung đàn hồi đầu tiên được bố trí bên trong rãnh chèn, với hai đầu miếng cung cố định ở dưới rãnh. Tấm kết nối được cố định trên các khối chèn và liên kết với rãnh lắp, trong khi khối gia cố được bố trí ở mặt ngoài tấm kết nối và nối với rãnh gia cố trên thân sàn. Nhờ cấu trúc lắp đặt đơn giản, sàn có thể được ghép nối và lắp đặt thuận tiện, độ cứng vững khi sử dụng của sàn được cải thiện, tuổi thọ của sàn kéo dài, mang lại hiệu quả kinh tế.

Ứng dụng trong lĩnh vực *Tường ứng dụng vách/ngăn*, sáng chế "*Tường trang trí cách nhiệt bằng aerogel*" đăng ký bảo hộ ngày 3/8/2023 (mã số CN 2023-20421364) của Công ty TNHH Trang trí Quốc gia Trung Quốc, giới thiệu về một bức tường trang trí cách nhiệt bằng khí Aerogel, bao gồm tấm trang trí và tấm tường được kết nối bằng cụm thanh ren. Các thanh ren xuyên qua tấm trang trí, được cố định bằng lỗ ren trên tấm tường. Tấm trang trí có các lỗ xuyên qua chứa cụm cố định, trong khi lớp cách nhiệt aerogel được lắp đặt dễ dàng thông qua rãnh lắp và được cố định bằng tấm kẹp, giúp cải thiện độ kín và hiệu quả lắp đặt. Thiết kế này đảm bảo sự chắc chắn, tiện lợi và hiệu quả cao trong lắp đặt và sử dụng.

1.5 Các tổ chức sở hữu nhiều sáng chế cứu phát triển vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon trên thế giới

Trong danh sách Top 10 tổ chức có nhiều sáng chế nhất trong lĩnh vực nghiên cứu, ứng dụng vật liệu xây dựng theo hướng giảm thiểu phát thải carbon, đa phần thuộc về các tổ chức tại Trung Quốc, bao gồm 7 doanh nghiệp và 2 trường đại học, cho thấy sự đầu tư mạnh mẽ của Trung Quốc vào nghiên cứu và phát triển trong ngành xây dựng, đặc biệt trong các giải pháp liên quan đến vật liệu xây dựng và công nghệ giảm phát thải carbon. Nước này cũng chiếm 3 vị trí đầu tiên trong bảng xếp hạng, đó là Công ty TNHH Công nghiệp gỗ Shiyong Chiết Giang, chuyên cung cấp các sản phẩm gỗ cao cấp, dẫn đầu danh sách. Kế tiếp là Đại học Lâm nghiệp Nam Kinh và Đại học Kiến trúc Thẩm Dương. Đáng chú ý, chỉ có một doanh nghiệp từ Mỹ xuất hiện trong danh sách này (Tập đoàn Louisiana-Pacific, một nhà sản xuất vật liệu xây dựng danh tiếng, nổi bật với vai trò tiên phong trong sản xuất tấm ván sợi, chiếm vị trí thứ

4), cho thấy có sự khác biệt rõ rệt về mức độ quan tâm phát triển sáng chế về vật liệu xây dựng theo hướng giảm phát thải carbon giữa hai quốc gia. Trong khi Mỹ tập trung hơn vào các lĩnh vực công nghệ cao, đa ngành thì Trung Quốc nổi bật với việc dẫn đầu trong lĩnh vực liên quan đến vật liệu xây dựng và kỹ thuật xây dựng hiện đại (Hình 1.12).



Hình 1.12. Top 10 đơn vị sở hữu nhiều sáng chế về vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon

PHẦN 2 - CÁC GIẢI PHÁP NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG THEO HƯỚNG GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TẠI VIỆT NAM

2.1 Các sáng chế được bảo hộ tại Việt Nam

Từ nguồn cơ sở dữ liệu của Cục Sở hữu Trí tuệ, tính đến tháng 10/2024, có 209 sáng chế/giải pháp hữu ích đề cập đến vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon đã được công bố, bảo hộ tại Việt Nam. Trong đó, 188 tài liệu sáng chế có chủ đơn là các viện nghiên cứu, trường đại học và doanh nghiệp công nghệ Việt Nam, với 67 bằng độc quyền sáng chế/giải pháp hữu ích được cấp. Hầu hết các tài liệu sáng chế đề cập đến vật liệu xây dựng như Bê tông xanh (87); Gạch thân thiện (84); Vật liệu tổng hợp (38). Điểm qua một số sáng chế của người Việt liên quan đến các hướng nghiên cứu này:

2.1.1 Bê tông xanh

- **Bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay và phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao này**

Số đơn: VN 1-2021-02838

Ngày công bố đơn: 19.05.2021

Chủ đơn: Viện Vật liệu xây dựng

Tác giả sáng chế: Nguyễn Văn Tuấn; Lê Việt Hùng; Lê Trung Thành; Nguyễn Công Thắng.

Tóm tắt: Sáng chế đề cập đến bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay bao gồm: chất kết dính đa cấu tử, hạt vi cầu rỗng từ tro bay, cát hạt nhỏ, cốt sợi dạng phân tán. Bê tông được tạo ra từ hỗn hợp này có khối lượng thể tích từ 1300 đến 1800 kg/m³, cường độ nén từ 40 đến 70 MPa, độ hút nước không lớn hơn 10%. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao theo các bước sau: Bước 1: định lượng các vật liệu thành phần và chuẩn bị dung dịch chứa nano; Bước 2: trộn khô hỗn hợp xi măng, silica fume (SF), xỉ hạt lò cao hạt hóa nghiền mịn (GGBFS), hạt vi cầu rỗng từ tro bay và cát hạt nhỏ; Bước 3: trộn ẩm các vật liệu thành phần trên với 70% lượng nước; Bước 4: trộn ướt các vật liệu thành phần trên

với dung dịch chứa nano đã phân tán; và Bước 5: thêm cốt sợi dạng phân tán polypropylene (PP) và tiến hành trộn đồng nhất.

- **Bê tông nhẹ không sử dụng xi măng để chế tạo gạch nhẹ, bê tông nhẹ và tấm panen nhẹ cách nhiệt**

Số đơn: VN 1-2009-02459

Ngày công bố đơn: 17.11.2009

Chủ đơn: Viện Địa lý Tài nguyên thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả sáng chế: Phạm Tuấn Nhi

Tóm tắt: Sáng chế đề cập đến bê tông nhẹ không sử dụng xi măng bền hóa học, chịu nhiệt, cách âm, cách nhiệt. Được sản xuất từ các vật liệu khoáng và phi khoáng giàu silic và nhôm, có trong tự nhiên hoặc nhân tạo, như các nhóm silicat, mêtacacolat, các sản phẩm phế thải công nghiệp như tro bay, xỉ lò, bụi đá xây dựng phế thải, . . . Chất độn là đất tạt, cát các loại. Kết dính bằng dung dịch M_2SiO_3 (trong đó M là các cation kim loại kiềm) trong môi trường kiềm (NaOH/ KOH), đóng rắn theo cơ chế polyme vô cơ, kết hợp với phụ gia tạo khí là H_2O_2 có chức năng tự phản ứng với hữu cơ có trong nguyên liệu sinh ra khí bên trong vữa bê tông. Bọt khí sinh ra, bị cô lập trong khối bê tông, làm cho vữa trương nở thể tích trước khi đóng rắn.

2.1.2 Gạch thân thiện môi trường

- **Phương pháp sản xuất gạch bê tông xuyên sáng sử dụng vật liệu truyền sáng và phế thải công nghiệp**

Số đơn: VN 2-2024-00342

Ngày công bố đơn: 06.06.2024

Chủ đơn: Đại học Đà Nẵng

Tác giả sáng chế: Nguyễn Minh Hải; Nguyễn Đức Tuấn; Phạm Đức Quang; Nguyễn Văn Hương; Huỳnh Phương Nam.

Tóm tắt: Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp sản xuất gạch bê tông xuyên sáng sử dụng vật liệu truyền sáng là nhựa poly methyl metacrylat (PMMA) trong suốt và phế thải công nghiệp (tro bay và xỉ hạt lò cao nghiền mịn) có khả năng xuyên sáng và tính thẩm mỹ cao nhưng vẫn đảm bảo độ bền cơ học. Phương pháp sản xuất này bao gồm các bước: chuẩn bị nguyên liệu, lắp các sợi hoặc thanh nhựa PMMA vào khuôn, trộn hỗn hợp cấp phối bê tông, đổ khuôn, cố định sản phẩm, tháo khuôn và bảo quản sản phẩm.

- **Gạch lát vỉa hè sử dụng xỉ than và tro bay bằng công nghệ geopolimer**

Số đơn: VN 2-2022-00412

Ngày công bố đơn: 24.07.2020

Chủ đơn: Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả sáng chế: Lê Anh Tuấn; Nguyễn Ninh Thụy; Nguyễn Tấn Khoa

Tóm tắt: Giải pháp hữu ích đề cập đến gạch lát vỉa hè được đúc bằng bê tông geopolimer sử dụng xỉ than và tro bay với các thành phần là đá mi, xỉ than, tro bay, dung dịch thủy tinh lỏng (dung dịch natri silicat) và dung dịch xút (NaOH). Hỗn hợp bê tông geopolimer sử dụng xỉ than và tro bay được nhào trộn bằng máy trộn bê tông để đảm bảo độ đồng nhất. Sau khi nhào trộn, hỗn hợp bê tông tươi được tạo hình bằng phương pháp đổ rót và khuôn gạch có kích thước 400x400mm và dưỡng hộ trong lò sấy với nhiệt độ 120°C trong thời gian 24 tiếng.

2.1.3 Vật liệu tổng hợp

- **Quy trình tổng hợp xenluloza aerogel và cacbon aerogel từ vi sợi lá dứa sử dụng chất tạo liên kết ngang polyamit amin-epiclohydrin**

Số đơn: VN 2-2022-00362

Ngày công bố đơn: 18.08.2022

Chủ đơn: Trường Đại học Bách khoa

Tác giả sáng chế: Lê Thị Kim Phụng; Nguyễn Tấn Luân; Đỗ Nguyễn Hoàng Gia.

Tóm tắt: Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình tổng hợp aerogel và aerogel cacbon hóa từ vi sợi lá dứa kết hợp với polyamit amin-epiclohydrin (PAE) bao gồm các giai đoạn: tiền xử lý lá dứa, tổng hợp vi sợi xenluloza bằng phương pháp thủy phân kết hợp với cơ học, tổng hợp aerogel từ vi sợi xenluloza sử dụng chất tạo liên kết ngang PAE, cacbon hóa vi sợi xenluloza aerogel.

- **Quy trình tổng hợp vật liệu aerogel compozit từ tro bay và sợi polyetylen terephthalat tái chế**

Số đơn: VN 1-2020-05696

Ngày công bố đơn: 06.10.2020

Chủ đơn: Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM

Tác giả sáng chế: Lê Thị Kim Phụng; Đỗ Nguyễn Hoàng Nga.

Tóm tắt: Quy trình tổng hợp aerogel composit từ tro bay kết hợp sợi polyetylen terephthalat tái chế (rPET) bao gồm ba giai đoạn: phân tán hạt tro bay vào dung dịch gôm xanthan; phối trộn hỗn hợp tro bay/gôm xanthan với khối sợi rPET; cấp đông và sấy thăng hoa.

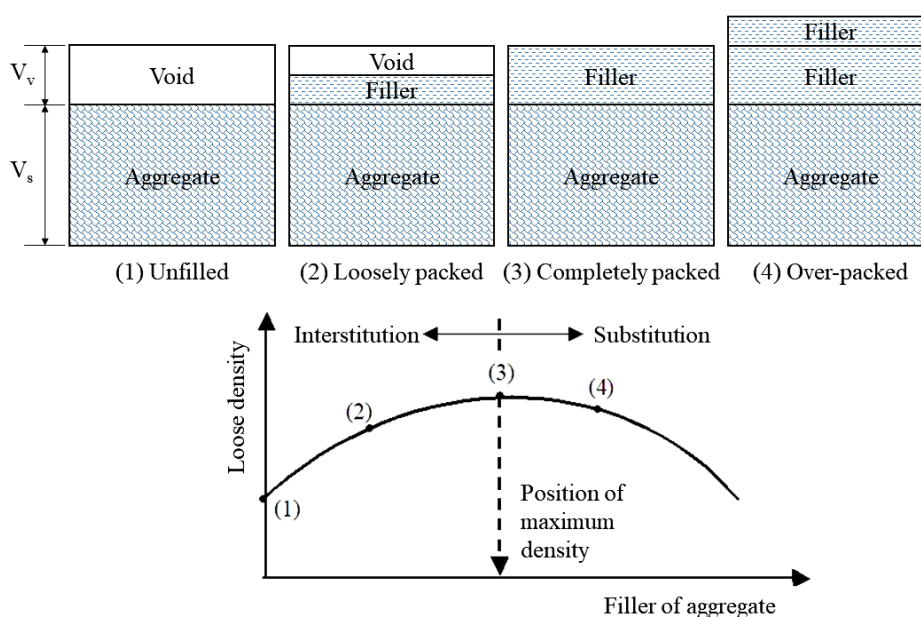
2.2 Một số giải pháp, công nghệ sẵn sàng chuyển giao

2.2.1 Kỹ thuật kết hợp phụ phẩm công nghiệp trong bê tông bền vững và ít phát thải CO₂

Tác giả: PGS.TS. Huỳnh Trọng Phước, Giảng viên cao cấp, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Bách Khoa (Đại học Cần Thơ)

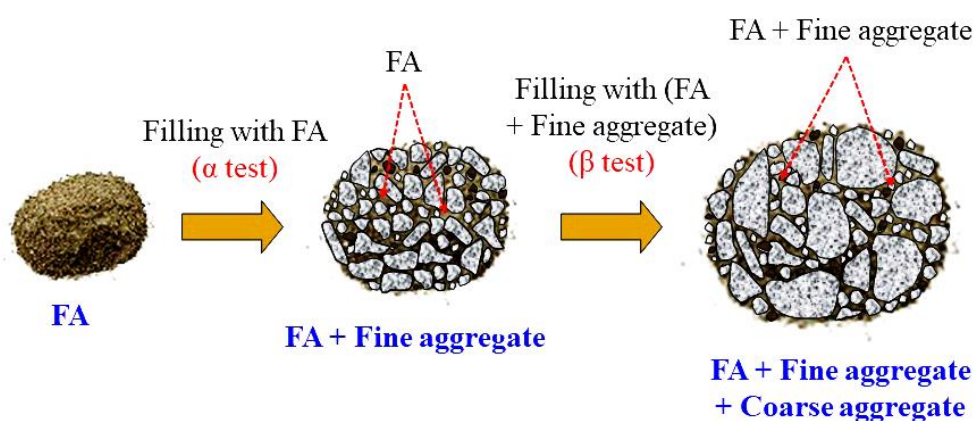
Nguồn gốc công nghệ: là kết quả nghiên cứu của Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Bách Khoa - Đại học Cần Thơ.

Nội dung: Bê tông bền vững và ít phát thải CO₂ được sản xuất với chi phí môi trường tối thiểu, có kết hợp sử dụng nguồn phụ phẩm công nghiệp hay sử dụng vật liệu thải thông qua thuật toán thiết kế hỗn hợp lèn chặt – DMDA (Hình 13) do nhóm nghiên cứu của giáo sư Hwang tại Taiwan Tech phát triển. Đây là phương pháp đầy hứa hẹn để thiết kế hỗn hợp bê tông bền vững sử dụng vật liệu puzolan và chất siêu dẻo để sản xuất bê tông có độ đặc chắc cao, độ bền cao với hàm lượng xi măng và lượng nước thấp. Vật liệu puzolan được sử dụng trong DMDA là phụ phẩm công nghiệp (ví dụ: tro bay, xỉ lò cao nghiền mịn, tro trấu,...). Việc tăng mật độ vật lý và phản ứng puzolan của hỗn hợp bê tông làm tăng cường độ và độ bền của bê tông thu được.



Hình 2.1 Quy trình lèn các vật liệu rắn trong phương pháp DMDA

Trong DMDA, tro bay (một sản phẩm phụ chính của nhiệt điện than) được sử dụng làm chất độn và cũng đóng vai trò là vật liệu puzzolan trong hệ thống. Thuật toán DMDA phân chia hệ thống gồm pha cốt liệu (bao gồm cốt liệu thô, cốt liệu mịn và tro bay) và pha chất kết dính (bao gồm xi măng, vật liệu puzzolan làm chất thay thế xi măng, nước và chất siêu dẻo). Bộ khung chịu lực được hình thành trong pha cốt liệu, trong khi quá trình bôi trơn và lấp đầy lỗ rỗng để đạt được khả năng làm việc của bê tông và cường độ cơ học diễn ra trong pha chất kết dính.



Hình 2.2 Xác định mật độ cao nhất trong hỗn hợp cốt liệu

Kỹ thuật kết hợp phụ phẩm công nghiệp trong công nghệ chế tạo bê tông bền vững và ít phát thải CO₂ đến nay hầu như đã hoàn thiện từ khâu tính toán và thiết kế đến khâu ứng dụng thử nghiệm sử dụng nguồn vật liệu sẵn có ở Việt Nam. Kỹ thuật này có thể áp dụng hiệu quả cho các đơn vị có nhu cầu hợp tác khai thác hay nhận chuyển giao công nghệ để sản xuất bê tông tính năng cao và thân thiện hơn với môi trường.

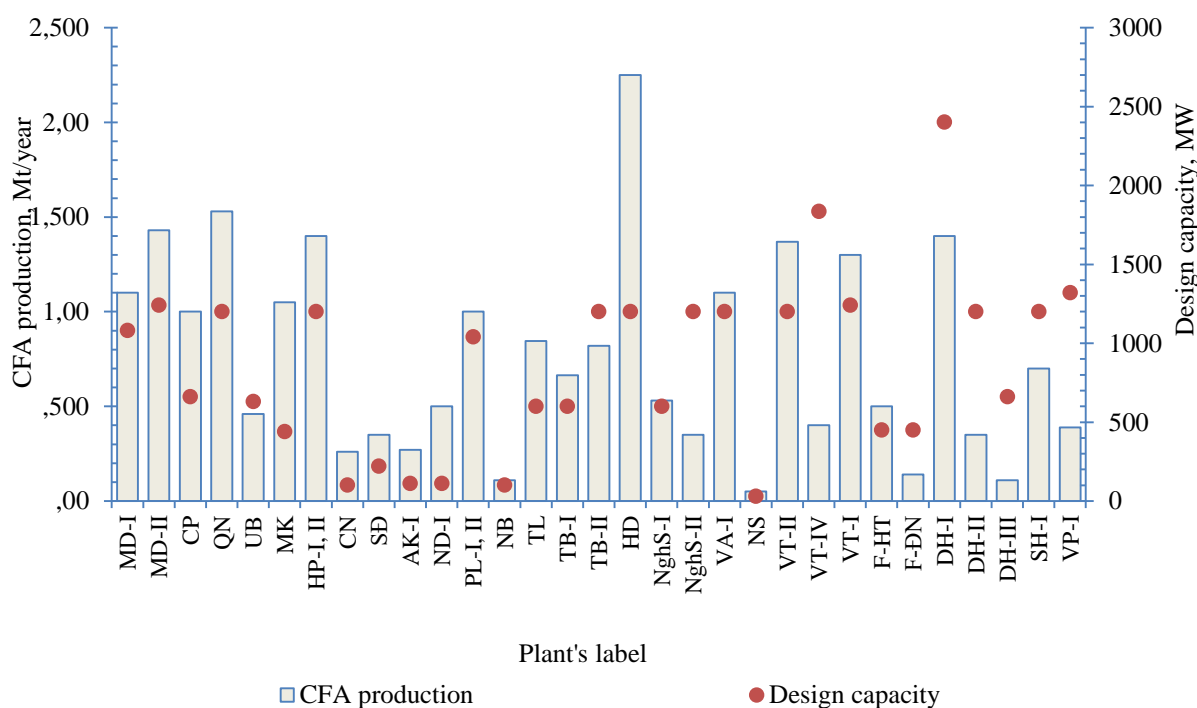
2.2.2 Nghiên cứu ứng dụng tro xỉ nhiệt điện trong bê tông góp phần giảm phát thải khí hiệu ứng nhà kính

Tác giả: TS. Lê Văn Quang, Giám đốc Phân viện Vật liệu Xây dựng miền Nam

Nguồn gốc công nghệ: là kết quả nghiên cứu KH&CN cấp Thành phố, do Bộ Xây dựng chủ trì, Viện Vật liệu xây dựng thực hiện và TS. Lê Văn Quang là chủ nhiệm nhiệm vụ, Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM nghiệm thu năm 2022.

Nội dung: Ở Việt Nam, nhà máy nhiệt điện than là một trong những ngành công nghiệp lớn nhất tạo ra lượng chất thải rắn lớn. Theo tính toán thiết kế các nhà máy nhiệt điện, cứ 1 kWh điện sử dụng khoảng 0,5 kg than cám và sẽ thải ra khoảng 0,18 kg CFA (tro bay than). Tuy nhiên trên thực tế, tùy thuộc vào công suất thực tế, nguồn than đầu vào và điều kiện vận hành, lượng CFA thải ra có thể cao hơn. Sau khi ban

hành các tiêu chuẩn, hướng dẫn kỹ thuật liên quan đến việc sử dụng CFA làm vật liệu san lấp [10, 11], làm lớp nền đường ô tô và chi phí, định mức một số công trình xây dựng sử dụng CFA từ các nhà máy nhiệt điện, tỷ lệ CFA được xử lý, tái chế đã tăng lên đáng kể. Đến cuối năm 2023, tổng lượng CFA tiêu thụ lũy kế qua các năm tại Việt Nam đạt khoảng 83 triệu tấn, chiếm 66,2% tổng lượng phát thải cho đến nay (tăng hơn 10,4% so với cuối năm 2022), tỷ lệ tiêu thụ CFA đạt 99,6% lượng phát thải CFA hằng năm. Tuy nhiên, hỗn hợp CFA có FA cao, hàm lượng hạt mịn lớn nên chỉ thích hợp làm vật liệu san lấp, không thích hợp làm vật liệu nền đường ô tô, nhất là ở những khu vực có mực nước ngầm cao. Điều này dẫn đến giá thành CFA rất thấp nhưng CFA của nhiều nhà máy ở xa công trình xây dựng cũng khó tiêu thụ do chi phí vận chuyển tăng cao. Tổng lượng CFA tồn đọng vẫn còn khoảng 46,6 triệu tấn.



Hình 2.3 Thông tin chung về các nhà máy nhiệt điện than tại Việt Nam

Do đó, để giải quyết hiệu quả lượng phát sinh đồng thời gia tăng giá trị của CFA, cần có giải pháp thúc đẩy sử dụng FA hàm lượng cao làm phụ gia khoáng trong sản xuất xi măng, vữa và bê tông bền vững. Ứng dụng FA phụ thuộc rất nhiều vào nguồn gốc than, công nghệ đốt và đặc tính FA.

Có thể thấy, tro bay nhiệt điện than tại Việt Nam có đặc điểm rất khác nhau tùy thuộc vào công nghệ đốt và nguồn than sử dụng. Tính chất khác nhau của chúng dẫn đến các tác động khác nhau đến tính chất của xi măng, bê tông và vữa.

Bảng 2.1 Tính chất vật lý của FA

Fly ash type symbol	γ , g/cm ³	w, %	Particle size		S, cm ² /g	N _{ycr} , %
			d _{tb} , μ m	S _{45r} , %		
QN	2.37	0.60	16.295	24.3	1950	92.5
UB	2.32	0.10	10.166	15.6	2740	90.1
MD-II	-	0.06	-	34.7	-	-
PL	2.45	-	7.872	-	-	-
HP	2.15	0.15	40.840	24.8	2160	-
VA-I	2.27	0.14	36.150	14.9	2040	-
F-HT	2.23	0.14	36.730	16.2	2580	-
VT2	2.20	0.1	45.510	29.4	1950	-
F-ĐN	2.10	0.17	43.280	22.0	2690	-
DH-I	2.31	0.16	30.830	9.2	2110	-
MD-I	2.47	0.32	59.055	48.9	7320	114.6
CP	2.50	0.93	21.900	29.7	6860	116.7
TL	2.50	0.84	22.191	31.1	2920	108.3
MK	2.48	1.18	43.990	24.5	6640	109.4
CN	2.37	5.34	60.100	9.7	4460	-
ND-I	2.62	0.28	41.930	14.8	4810	-

Tro bay nghiền thành bột chủ yếu chứa các hạt hình cầu và pha thủy tinh, làm giảm nước hỗn hợp, tách nước và hàm lượng khí; tăng khả năng làm việc và kéo dài thời gian đông kết của hỗn hợp vữa xi măng và bê tông. Ngược lại, tro bay từ quá trình đốt tầng sôi tuần hoàn thường có hình dạng góc cạnh và các lỗ xốp lớn, vì vậy khi sử dụng tro bay này, cần phải tăng lượng nước trộn, giảm khả năng làm việc hoặc tăng lượng phụ gia sử dụng để đảm bảo khả năng làm việc của hỗn hợp vữa và bê tông.

Tro bay Việt Nam có thể sử dụng ở dạng nguyên chất hoặc phải xử lý trước để giảm lượng mất nhiệt để phù hợp với loại F làm phụ gia cho xi măng, bê tông và vữa theo TCVN 10302:2014 hoặc ASTM C618. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng hàm lượng vôi tự do trong một số tro bay sẽ không theo tiêu chuẩn ASTM C618 nếu sử dụng công nghệ phun bột đá vôi trong quá trình đốt than; hoặc nếu sử dụng than anthracite hoặc than mỡ thì chất lượng tro bay gần tương đương với loại C nhưng nhiều chỉ tiêu không đáp ứng yêu cầu đối với bê tông như hàm lượng SO₃, tổn thất cháy và hàm lượng nước theo yêu cầu của TCVN 10302:2014 hoặc ASTM C618.

2.2.3 Một số kết quả hướng nghiên cứu sản xuất ứng dụng vật liệu xây dựng phát thải thấp tại Khoa Công nghệ Vật liệu

Tác giả: TS. Nguyễn Khánh Sơn, Trưởng Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia TP.HCM

Nguồn gốc công nghệ: là kết quả nghiên cứu của Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách Khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM)

Nội dung: Ngành xây dựng tại Việt Nam đang phát triển nhanh chóng nhưng đối mặt với thách thức lớn về phát thải khí nhà kính, đặc biệt là CO₂. Việc sản xuất và sử dụng vật liệu xây dựng, chủ yếu là xi-măng và bê-tông, chiếm khoảng 7-8% tổng lượng phát thải CO₂ toàn cầu. Ở Việt Nam, các chính sách phát triển bền vững đã thúc đẩy việc đổi mới trong sản xuất vật liệu xây dựng. Tuy nhiên, các công nghệ mới như xi-măng nhiệt độ thấp (CSA), sét nung nhanh và bê-tông cốt liệu tái chế vẫn chưa được áp dụng rộng rãi, chủ yếu ở giai đoạn nghiên cứu hoặc thử nghiệm quy mô nhỏ, với một số ít giải pháp được thương mại hóa.

Tại Khoa Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Bách Khoa - ĐHQG TP.HCM, một số nghiên cứu đang tập trung vào việc phát triển vật liệu xây dựng thân thiện với môi trường, nhằm giảm thiểu phát thải carbon như:

- **Xi-măng nhiệt độ thấp (CSA)** là loại xi-măng đặc biệt với nhiệt độ nung dưới 1300°C, thấp hơn xi-măng Portland thông thường (~1450°C). Loại xi-măng này sử dụng các nguyên liệu như đá vôi, thạch cao, đất sét, và bauxite để tạo ra các pha khoáng phản ứng nhanh, giúp cải thiện tính chất cơ học, đảm bảo độ bền lâu dài, đồng thời giảm phát thải CO₂ và tiết kiệm năng lượng. Xi-măng CSA còn tận dụng nguyên liệu sẵn có, giảm phụ thuộc vào clinker, giúp bảo vệ tài nguyên thiên nhiên. Với thời gian đóng rắn nhanh, khả năng chống ăn mòn và chịu nhiệt tốt, loại xi-măng này phù hợp với các công trình yêu cầu độ bền cao và thân thiện với môi trường, đặc biệt trong các dự án hạ tầng lớn như cầu và đường.

- **Sét nung nhanh (Flash calcination)** là công nghệ nung đất sét hoạt tính trong khoảng 3 giây ở nhiệt độ cao, giúp tiết kiệm năng lượng và giảm đáng kể phát thải CO₂ so với phương pháp truyền thống. Công nghệ này tăng hoạt tính hóa học của đất sét, cho phép thay thế một phần clinker trong sản xuất xi-măng, giảm chi phí và phát thải carbon, góp phần phát triển ngành xây dựng bền vững. Ngoài ra, sét nung nhanh tận dụng đất sét chất lượng thấp, chuyển hóa chúng thành nguyên liệu có giá

trị cao, bảo vệ tài nguyên và giảm lãng phí. Công nghệ này không chỉ ứng dụng trong ngành xi-măng mà còn tiềm năng sử dụng trong sản xuất gốm sứ, vật liệu xây dựng nhẹ và sản phẩm hóa học từ đất sét.

- **Xi-măng clinker thấp (Supersulfated cement)** là loại xi-măng sử dụng dưới 5% clinker, kết hợp với xỉ lò cao (~80-85%) và thạch cao (~15%) để giảm đáng kể phát thải CO₂, tiết kiệm tài nguyên và năng lượng. Loại xi-măng này tỏa nhiệt thấp, giảm nguy cơ nứt trong bê tông khối lớn, và có khả năng chống ăn mòn tốt, phù hợp với công trình ven biển, cầu lớn, đập thủy điện, và hệ thống xử lý nước thải. Việc tận dụng xỉ lò cao – phụ phẩm của ngành luyện kim – không chỉ giảm chi phí sản xuất mà còn giải quyết bài toán chất thải công nghiệp. Sản xuất xi-măng clinker thấp tiêu thụ ít năng lượng hơn xi-măng Portland, góp phần vào mục tiêu xây dựng xanh và bền vững. Với tiềm năng ứng dụng rộng rãi, loại xi-măng này là giải pháp quan trọng cho ngành công nghiệp xi-măng trong tương lai.

- **Bê-tông cốt liệu tái chế (RAC)** là giải pháp bền vững tái sử dụng bê-tông cũ để sản xuất bê-tông mới, giúp giảm chất thải xây dựng và tiết kiệm tài nguyên tự nhiên bằng cách hạn chế khai thác đá tự nhiên. Quy trình bao gồm nghiền, làm sạch và xử lý cốt liệu tái chế nhằm cải thiện chất lượng. Dù hiệu suất ban đầu thấp hơn bê-tông thông thường do độ xốp cao và chứa vữa xi-măng cũ, các công nghệ như carbonat hóa và bê-tông tự chữa lành đã nâng cao độ bền và giảm phát thải CO₂. Carbonat hóa tạo canxi carbonat, cải thiện tính cơ học, trong khi công nghệ tự chữa lành giúp lấp đầy vết nứt và kéo dài tuổi thọ bê-tông. RAC mang lại lợi ích kinh tế, giảm chi phí vận chuyển và xử lý chất thải, đặc biệt tại đô thị. Ứng dụng của nó đa dạng, từ đường nội bộ, bãi đỗ xe đến kết cấu cao cấp khi công nghệ cải tiến. Với tiềm năng và chính sách xây dựng bền vững, RAC đang góp phần quan trọng vào ngành công nghiệp xây dựng xanh và bảo vệ tài nguyên cho tương lai.

- **Carbonat hóa (CO₂ capture)** là công nghệ tái sử dụng khí CO₂ phát thải trong sản xuất vật liệu xây dựng bằng cách cho phản ứng với các vật liệu giàu canxi như vôi sống hoặc xi-măng, tạo thành canxi carbonat ổn định. Công nghệ này không chỉ giảm phát thải CO₂ mà còn cải thiện độ bền nén, độ cứng và khả năng chống thấm nước của vật liệu, đồng thời tăng tuổi thọ công trình xây dựng. Carbonat hóa giúp giảm vết nứt vi mô, tăng khả năng chịu tải, và phù hợp với môi trường khắc nghiệt như nhiệt độ cao hoặc ăn mòn hóa học. Ngoài ra, công nghệ này tận dụng khí thải từ các ngành công nghiệp khác như nhà máy nhiệt điện hoặc luyện kim, góp phần xử lý khí CO₂ và giảm

phụ thuộc vào nguyên liệu thô. Hiện công nghệ này đang được thử nghiệm và ứng dụng trong sản xuất gạch, bê tông đúc sẵn và các vật liệu xây dựng khác, hướng tới một ngành công nghiệp xây dựng xanh, bền vững và thân thiện với môi trường.

Mọi nghiên cứu và công nghệ tại Khoa Công nghệ Vật liệu đều tập trung vào mục tiêu tối ưu hóa sử dụng năng lượng và tài nguyên, nâng cao độ bền và tính ổn định của vật liệu, thúc đẩy kinh tế tuần hoàn và giảm thiểu phát thải CO₂, hướng tới một nền công nghiệp xây dựng xanh và bền vững.

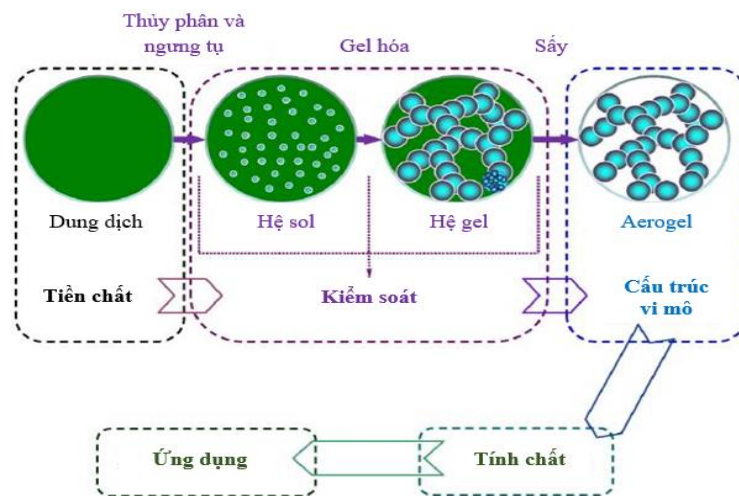
2.2.4 Vật liệu aerogel tính năng cao từ phụ phẩm nông nghiệp và công nghiệp

Tác giả: ThS. Đỗ Nguyễn Hoàng Nga, Viện Nhiệt đới Môi trường.

Nguồn gốc công nghệ: là kết quả nghiên cứu KH&CN cấp Thành phố, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh chủ trì, PGS.TS. Lê Thị Kim Phụng chủ nhiệm nhiệm vụ, ThS. Đỗ Nguyễn Hoàng Nga là người tham gia chính.

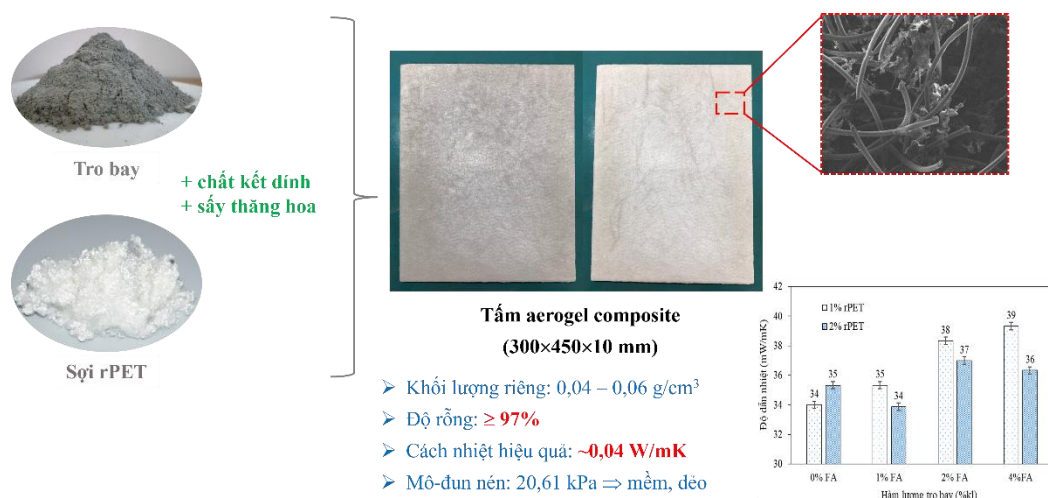
Nội dung: Aerogel là một loại vật liệu siêu nhẹ có độ rỗng cao, được tạo thành bằng cách thay thế thành phần lỏng trong gel bằng pha khí. Nhờ cấu trúc đặc biệt này, aerogel sở hữu nhiều tính chất đặc biệt như khối lượng riêng thấp (0,003 – 0,5 g/cm³), độ rỗng lên đến 98-99%, hệ số dẫn nhiệt cực thấp (< 0,04 W/m·K), hệ số hấp thụ âm thanh cao nhờ mạng lưới chứa mật độ các lỗ rỗng cao nên có nhiều ứng dụng, đặc biệt là làm các tấm cách nhiệt và cách âm trong nhà máy công nghiệp hay công trình xây dựng.

Aerogel có thể được tổng hợp từ đa dạng các nguồn nguyên liệu khác nhau, từ vô cơ hoặc hữu cơ, trong đó aerogel từ chất thải rắn như phụ phẩm của ngành nông nghiệp và công nghiệp (như rơm rạ, bã mía, lá dứa, xơ-mụn dừa, tro trấu, tro bay, tro xỉ, vụn cotton, lốp xe thải, bã cà phê) là một hướng đi mới trong sản xuất vật liệu, kết hợp giữa tính bền vững và hiệu suất cao, thay vì sử dụng các tiền chất đắt tiền và độc hại. Điều này không chỉ giúp giảm thiểu lượng chất thải mà còn tạo ra những loại vật liệu mới, giá thành sản xuất thấp bởi nguồn nguyên liệu dồi dào, chi phí rẻ và thân thiện với môi trường. Việc tái sử dụng phụ phẩm đóng góp vào việc xây dựng một nền kinh tế tuần hoàn, giảm thiểu việc khai thác tài nguyên thiên nhiên.



Hình 2.4 Sơ đồ tổng quát tổng hợp aerogel

Với sự tài trợ kinh phí từ Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, nhóm nghiên cứu đã tiến hành xây dựng quy trình tổng hợp đơn giản, thực hiện trong dung môi nước, sử dụng các chất liên kết ngang an toàn, hiệu quả trong việc hình thành các liên kết ngang với tiền chất mà giá thành thấp, do đó giá thành sản xuất aerogel từ các phụ phẩm được ước tính khoảng 40.000-80.000 đồng/m² aerogel với khối lượng riêng dưới 0,05 g/cm³; thử nghiệm sản xuất ở quy mô pilot tạo các tấm aerogel kích thước 200x300x10 mm và 300x450x10 mm. Các quy trình công nghệ đều đã được đăng ký tác quyền và đã có 2 quy trình tổng hợp aerogel được Cục Sở hữu Trí tuệ cấp văn bằng bảo hộ. Nhóm nghiên cứu sẵn sàng hợp tác với các đơn vị theo hình thức hợp tác nghiên cứu hoàn thiện công nghệ ở quy mô công nghiệp và chuyển giao công nghệ cho các đơn vị đã đầu tư đầy đủ cơ sở hạ tầng phù hợp.



Hình 2.5 Vật liệu aerogel composite cách nhiệt từ tro bay

PHẦN 3 - KẾT LUẬN

3.1 Về xu hướng phát triển công nghệ vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon

Trong giai đoạn 2005–2015, nghiên cứu về vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon còn khiêm tốn, với số lượng đơn đăng ký sáng chế trung bình dưới 300 mỗi năm. Giai đoạn 2016-2023, số lượng đơn đăng ký bảo hộ gia tăng mạnh, trên 400 đơn mỗi năm và đạt đỉnh vào năm 2020 (738 đơn). Tuy nhiên, từ sau 2020, lượng sáng chế trong lĩnh vực này giảm mạnh, có thể một phần do tác động của khủng hoảng Covid-19 khiến nền kinh tế toàn cầu suy thoái, đóng băng các hoạt động kinh tế, nhất là nhà đất, kéo theo là sự sụt giảm trong hoạt động nghiên cứu và đổi mới.

Xét theo quốc gia bảo hộ, đơn đăng ký bảo hộ sáng chế về vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon đã được nộp tại 28 quốc gia, vùng lãnh thổ. Trong đó, số đơn đăng ký bảo hộ nhiều nhất là tại Trung Quốc, với gần 81% tổng số đơn đăng ký sáng chế trên thế giới, kế đến là Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, Đức.

Trong hướng nghiên cứu các sản phẩm thay thế cho việc sử dụng nguyên vật liệu truyền thống phát thải nhiều carbon, đơn đăng ký sáng chế tập trung vào việc thay thế các loại vật liệu cơ bản và vật liệu kết cấu, sử dụng vật liệu tự nhiên. Đặc biệt, để thay thế cho các loại vật liệu cơ bản, các nhà sáng chế đã tập trung nghiên cứu, ứng dụng tạo ra các loại vật liệu tổng hợp, với tổng số 1.998 đơn đăng ký. Còn đối với hướng khai thác, sử dụng vật liệu tự nhiên, các nhà sáng chế đặc biệt quan tâm đến loại vật liệu gỗ (gỗ nguyên khối, dăm gỗ, mùn cưa, mẫu gỗ, bột gỗ,...), số lượng đơn đăng ký lên đến 2.770.

Sở hữu nhiều sáng chế về công nghệ vật liệu xây dựng theo hướng giảm thiểu carbon là các đơn vị của Trung Quốc, ví dụ như Công ty TNHH Gỗ Shiyou Chiết Giang; Đại học Lâm nghiệp Nam Kinh; Đại học Kiến trúc Thẩm Dương. Mỹ chỉ có 1 đại diện trong nhóm này là Tập đoàn Louisiana-Pacific

3.2 Tình hình nghiên cứu, ứng dụng công nghệ vật liệu xây dựng hướng tới giảm phát thải carbon tại Việt Nam

Trong lĩnh vực phát triển vật liệu xây dựng theo hướng giảm thiểu phát thải carbon, các nghiên cứu đang ngày càng tập trung vào việc phát triển những sản phẩm thay

thể hiệu quả cho vật liệu truyền thống, nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Các sáng chế chủ yếu hướng tới việc thay thế nguyên vật liệu cơ bản và kết cấu trong xây dựng, sử dụng các vật liệu tự nhiên, vật liệu tái chế, cũng như vật liệu tổng hợp từ các nguồn tài nguyên sẵn có. Các vật liệu tự nhiên, đặc biệt là gỗ, dăm gỗ, mùn cưa, và các phụ phẩm từ gỗ, đang được nghiên cứu và ứng dụng ngày càng nhiều, góp phần không chỉ giảm phát thải carbon mà còn tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên thiên nhiên.

Theo cơ sở dữ liệu WIPO Publish của Cục Sở hữu Trí tuệ, tính đến tháng 10/2024, có 209 sáng chế/giải pháp hữu ích đề cập đến vật liệu xây dựng giảm phát thải carbon đã được công bố, bảo hộ tại Việt Nam. Hầu hết các tài liệu sáng chế đề cập đến vật liệu xây dựng như bê tông xanh; gạch thân thiện môi trường và vật liệu tổng hợp. Các viện nghiên cứu, trường đại học trong nước cũng đóng góp đáng kể vào việc phát triển vật liệu xây dựng theo hướng giảm thiểu phát thải carbon. Sự quan tâm ngày càng lớn từ cộng đồng và ngành công nghiệp hứa hẹn sẽ thúc đẩy lĩnh vực này tiếp tục phát triển mạnh mẽ trong tương lai.

Tại Hội thảo "*Xu hướng công nghệ phát triển vật liệu xây dựng hướng tới giảm thiểu phát thải carbon*", được Trung tâm Thông tin và Thống kê KH&CN TP.HCM tổ chức vào ngày 14/11/2024, một số nội dung liên quan đến việc phát triển vật liệu xây dựng theo hướng giảm phát thải carbon của các đơn vị trong nước đã được giới thiệu, ví dụ như *Kỹ thuật kết hợp phụ phẩm công nghiệp trong bê tông bền vững và ít phát thải CO₂*, của Trường Bách Khoa (Đại học Cần Thơ) cho thấy, kỹ thuật này đến nay đã hoàn thiện từ khâu tính toán và thiết kế đến khâu ứng dụng thử nghiệm sử dụng nguồn vật liệu sẵn có ở Việt Nam, có thể áp dụng hiệu quả cho các đơn vị có nhu cầu hợp tác khai thác hay nhận chuyển giao công nghệ để sản xuất bê tông tính năng cao và thân thiện hơn với môi trường. Kết quả *Nghiên cứu ứng dụng tro xỉ nhiệt điện trong bê tông góp phần giảm phát thải khí hiệu ứng nhà kính* của Phân viện Vật liệu Xây dựng miền Nam đã chỉ rõ, việc sử dụng tro bay Việt Nam có thể ở dạng nguyên chất hoặc phải xử lý trước để giảm lượng mất nhiệt cho phù hợp với việc khai thác làm phụ gia cho xi măng, bê tông và vữa theo TCVN 10302:2014 hoặc ASTM C618. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng hàm lượng vôi tự do trong một số tro bay sẽ không theo tiêu chuẩn ASTM C618 nếu sử dụng công nghệ phun bột đá vôi trong quá trình đốt than; hoặc nếu sử dụng than anthracite hoặc than mỡ thì chất lượng tro bay gần

tương đương với loại C nhưng nhiều chỉ tiêu không đáp ứng yêu cầu đối với bê tông như hàm lượng SO_3 , tổn thất cháy và hàm lượng nước theo yêu cầu của TCVN 10302:2014 hoặc ASTM C618. Đối với Đại học Bách Khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM), khá nhiều hướng nghiên cứu sản xuất ứng dụng vật liệu xây dựng phát thải thấp được các nhà khoa học tại Khoa Công nghệ Vật liệu quan tâm nghiên cứu, phát triển, ví dụ như xi măng nhiệt độ thấp (CSA), sét nung nhanh, xi măng clinker thấp, bê tông cốt liệu tái chế và các quá trình carbonat hóa. Cũng tại Trường Đại học Bách Khoa (Đại học Quốc gia TP.HCM), với sự tài trợ kinh phí từ Sở Khoa học và Công nghệ TP.HCM, các nhà nghiên cứu đã xây dựng được các quy trình tổng hợp aerogel (khối lượng riêng dưới $0,05 \text{ g/cm}^3$) một cách đơn giản từ các phụ phẩm, được Cục Sở hữu Trí tuệ cấp văn bằng bảo hộ. Nhóm nghiên cứu sẵn sàng hợp tác với các đơn vị theo hình thức hợp tác nghiên cứu hoàn thiện công nghệ ở quy mô công nghiệp và chuyển giao công nghệ cho các đơn vị đã đầu tư đầy đủ cơ sở hạ tầng phù hợp.

3.3 Một số nhận xét, khuyến nghị

Theo chia sẻ của các chuyên gia, để phát triển vật liệu xây dựng theo hướng giảm phát thải carbon, một số điểm cần lưu ý bao gồm:

- **Nâng cao hiệu quả sử dụng vật liệu tái chế:** việc tái chế vật liệu xây dựng như bê tông cốt liệu tái chế (RAC) giúp giảm thiểu chất thải và tiết kiệm tài nguyên thiên nhiên. Tuy nhiên, cần nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ mới để cải thiện hiệu suất của vật liệu tái chế, giúp chúng đạt được chất lượng tương đương hoặc cao hơn so với vật liệu mới.

- **Ứng dụng công nghệ mới trong sản xuất xi-măng:** các công nghệ như xi-măng nhiệt độ thấp, xi-măng clinker thấp và sử dụng phụ phẩm công nghiệp trong sản xuất bê tông giúp giảm phát thải CO_2 trong quá trình sản xuất. Việc cải thiện quy trình sản xuất và giảm tỷ lệ clinker trong xi-măng là một yếu tố quan trọng để giảm tác động môi trường.

- **Tăng cường nghiên cứu và phát triển vật liệu thay thế:** các vật liệu tự nhiên như gỗ, đất sét, và các loại phụ phẩm nông nghiệp, công nghiệp có thể được sử dụng để thay thế các vật liệu xây dựng truyền thống, giúp giảm lượng khí thải trong ngành xây dựng. Cần tiếp tục nghiên cứu để tối ưu hóa chất lượng và khả năng ứng dụng của các vật liệu này.

- **Giảm chi phí và cải thiện khả năng phân tán của các vật liệu mới:** đối với các vật liệu tiên tiến như graphene, việc giảm chi phí sản xuất và cải thiện khả năng phân tán đều trong bê tông là yếu tố then chốt để tăng khả năng ứng dụng rộng rãi. Các nghiên cứu về công nghệ phân tán và tối ưu hóa tỉ lệ sử dụng cần được đẩy mạnh.

- **Chú trọng vào các giải pháp công nghệ và chính sách hỗ trợ:** việc phát triển các giải pháp vật liệu bền vững không chỉ phụ thuộc vào nghiên cứu và sáng chế, mà còn cần sự hỗ trợ từ các chính sách của Nhà nước, giúp thúc đẩy đầu tư vào các công nghệ xanh, đồng thời khuyến khích doanh nghiệp áp dụng các giải pháp giảm phát thải carbon trong sản xuất và thi công.

- **Tích hợp công nghệ tự động và thông minh trong sản xuất vật liệu:** các công nghệ tự động hóa và thông minh có thể giúp tăng cường tính hiệu quả và giảm thiểu lãng phí trong quy trình sản xuất vật liệu xây dựng. Sử dụng các công nghệ này cũng sẽ giúp tối ưu hóa năng lượng và tài nguyên trong suốt vòng đời của vật liệu.

PHẦN PHỤ LỤC

Phụ lục 1

MỘT SỐ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG THEO HƯỚNG GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TẠI VIỆT NAM

STT	Tên đề tài
1	Nghiên cứu chế tạo sợi gốm từ tro bay nhiệt điện hướng tới sử dụng trong sản xuất các sản phẩm xi măng sợi. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: PGS. TS. Tạ Ngọc Dũng – Viện Kỹ thuật Hóa học (2023).
2	Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao sử dụng chất kết dính không xi măng dùng trong xây dựng công trình chịu tác động ăn mòn của nước biển. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: TS. Tăng Văn Lâm – Trường Đại học Mở - Địa chất (2023).
3	Nghiên cứu ứng dụng bê tông hạt nhỏ độ bền cao sử dụng cát mịn, tro bay và xỉ lò cao cho các kết cấu bê tông ven biển ở khu vực Nam Trung Bộ. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: TS. Hồ Văn Quân – Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Bộ Giáo dục và Đào tạo (2023).
4	Nghiên cứu sử dụng cát nhiễm mặn làm cốt liệu cho kết cấu bê tông cốt thép dùng trong công trình dân dụng. Nhiệm vụ cấp Quốc gia. CNĐT: TS. Nguyễn Nam Thắng -Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng (2023).
5	Nghiên cứu lựa chọn giải pháp/vật liệu xanh gia cố ổn định mái dốc trong xây dựng công trình giao thông ở Việt Nam. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: ThS. Nguyễn Trung Thêm – Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, Bộ Giao thông Vận tải (2022).
6	Nghiên cứu chế tạo bê tông hàm lượng tro bay cao dùng cho mục đích kết cấu các công trình xây dựng. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: TS. Lê Văn Quang, – Phân viện Vật liệu Xây dựng (2022).
7	Nghiên cứu công nghệ bê tông in 3D dùng cho công trình xây dựng. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: PGS.TS. Trần Văn Miên – Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM (2022).
8	Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy ép gạch không nung tự động hóa rung khuôn – rung bàn kết hợp năng suất 100.000 viên QTC/ca/. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: PGS.TS. Nguyễn Quốc Hưng - Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ - Máy Công nghiệp (R&DTECH) (2022).

9	Nghiên cứu chế tạo bê tông cường độ cao HSC sử dụng phụ gia kết hợp nano SiO₂ và tro bay khu vực miền Nam. Nhiệm vụ cấp cơ sở. CNĐT: TS. Trần Hữu Bằng – Trường Đại học Thủ Dầu Một (2022).
10	Nghiên cứu sử dụng kết hợp tro bay nhiệt điện và xỉ lò cao để chế tạo bê tông chất kết dính kiềm hoạt hóa (không sử dụng xi măng) dùng cho các công trình thủy lợi làm việc trong môi trường biển góp phần bảo vệ môi trường. Nhiệm vụ cấp Quốc gia. CNĐT: PGS.TS. Nguyễn Thanh Bằng – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2021).
11	Phát triển công nghệ sản xuất vật liệu aerogel composite từ tro bay định hướng ứng dụng làm vật liệu siêu nhẹ, cách âm, cách nhiệt. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: PGS.TS. Lê Thị Kim Phụng - Trường Đại học Bách khoa TP.HCM (2021).
12	Nghiên cứu xử lý tro xỉ nhiệt điện sử dụng chất kết dính vô cơ không sử dụng xi măng thành vật liệu ứng dụng trong xây dựng, giao thông hoặc san lấp công trình. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: PGS. TS. Trần Hồng Côn - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (2020).
13	Nghiên cứu tổng hợp nanocomposite bạc tên cơ sở graphene oxit ứng dụng làm vật liệu kháng khuẩn. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: TS. Hoàng Minh Nam – Trường Đại học Bách khoa TP.HCM (2020).
14	Nghiên cứu sử dụng bùn thải nhà máy nước thủ Đức và Bình An làm vật liệu san lấp. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: GS.TS. Đỗ Quang Minh - Trường Đại học Bách khoa TP.HCM (2020).
15	Nghiên cứu sử dụng phế thải xây dựng để chế tạo bê tông và bê tông cốt thép đúc sẵn. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: TS. Tống Tôn Kiên - Tổng hội xây dựng Việt Nam, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam (2020).
16	Nghiên cứu ứng dụng thanh polymer cốt sợi thủy tinh trong việc sản xuất cấu kiện bê tông phục vụ công trình kè bờ sông và hồ tại Hải Phòng. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (Hải Phòng). CNĐT: TS. Trần Long Giang - Công ty TNHH TM xây dựng và Viễn thông Nam Sơn (2020).
17	Nghiên cứu giải pháp công nghệ và thiết kế, chế tạo thiết bị xử lý tro bay của các nhà máy nhiệt điện chạy than thành nguyên liệu cho nhà máy xi măng và vật liệu không nung. Nhiệm vụ cấp Quốc gia. CNĐT: TS. Lý Cẩm Hùng - Viện Nghiên cứu phát triển bền vững, Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020).

18	Tổng hợp vật liệu Fe₃O₄/graphene aerogel ứng dụng làm chất hấp phụ hợp chất phenolic. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: Nguyễn Hữu Niếu - Trường Đại học Bách Khoa TP.HCM (2019)
19	Nghiên cứu ảnh hưởng của dạng đầu neo đến sự làm việc chung giữa bê tông Geopolymer cốt thép. Nhiệm vụ cấp Tỉnh/Thành phố (TP.HCM). CNĐT: TS. Phạm Đức Thiện - Trung tâm Phát triển Khoa học và Công nghệ Trẻ (2019).
20	Nghiên cứu sử dụng vật liệu bê tông nhựa tái chế (RAP) làm cốt liệu cho bê tông xi măng đầm lặn trong xây dựng móng đường ô tô phù hợp với điều kiện Việt Nam. Nhiệm vụ cấp Bộ. CNĐT: PGS.TS. Đào Văn Đông - Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải, Bộ Giao thông Vận tải (2019).

Phụ lục 2

MỘT SỐ SÁNG CHẾ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG THEO HƯỚNG GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TẠI VIỆT NAM

STT	Tên sáng chế/Giải pháp hữu ích	Số đơn/Số bằng	Tác giả sáng chế
Gạch thân thiện			
1	Phương pháp sản xuất gạch bê tông xuyên sáng sử dụng vật liệu truyền sáng và phế thải công nghiệp	2-2024-00342	Huỳnh Phương Nam
2	Tường gạch đất không nung dạng nén tự chèn được gia cường bằng hệ giằng phân tán có cốt chịu lực bằng tre	2-2024-00322	Nguyễn Mạnh Hùng
3	Gạch đất không nung dạng nén tự chèn thân thiện môi trường và phương pháp sản xuất gạch đất không nung này	1-2024-03312	Nguyễn Mạnh Hùng
4	Gạch bằng bê tông, con kẹp nhựa abs để cố định gạch bê tông và phương pháp lắp ghép gạch bê tông bằng con kẹp nhựa ABS	1-2022-08264	Dương Thanh Nhanh
5	Phương pháp sản xuất gạch bê tông bọt sử dụng sợi polyme loại polypropylen và phế thải công nghiệp	2-2024-00020	Nguyễn Văn Hưởng
6	Quy trình sản xuất gạch nhựa từ bột nhựa phế thải polyetylen tỷ trọng cao (hdpe)	2-2024-00016	Phạm Quốc Huy
7	Quy trình chế tạo gạch via hè sử dụng phế thải quá trình cắt mạch trong dầu khí bằng công nghệ geopolyme	2-2023-00813	Nguyễn Tấn Khoa
Bê tông xanh			
8	Bê tông nhẹ cường độ cao sử dụng hạt vi cầu rỗng từ tro bay và phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cường độ cao này	VN1-0036329-000	Nguyễn Công Thắng
9	Bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng polystyren tái chế kết hợp cenosphere với nano silic oxit và phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng này	1-2020-07119	Nguyễn Văn Tuấn

10	Bê tông nhẹ, phương pháp tạo bê tông nhẹ và sản phẩm thu được sau đó	1-2020-04151	Trần Tùng Dương
11	Bê tông nhẹ, phương pháp tạo bê tông nhẹ và sản phẩm thu được sau đó	2-2023-00020	Trần Tùng Dương
12	Tấm panen rỗng tự khóa bằng bê tông nhẹ và phương pháp sản xuất	1-2015-04608	Lương Sĩ Tuấn
13	Phương pháp sản xuất hạt cốt liệu nhẹ không nung dùng cho bê tông nhẹ	1-2013-03356	Nhan Thành út
14	Hệ thống panen bê tông nhẹ	1-2012-00779	Bùi Thuận
Vật liệu tổng hợp			
15	Kết cấu rỗng sử dụng vật liệu bê tông cốt sợi composite, bê tông cốt sợi composite kết hợp vật liệu tre xây dựng công trình chống xói lở bờ sông, bờ biển, đê chắn sóng	1-2019-05566	Nguyễn Văn Ngọc
16	Bể phốt bằng nhựa composite có cơ cấu làm tăng quá trình phân huỷ chất thải	1-2011-03380	Đàm Trọng Hân
17	Quy trình sản xuất tấm tường siêu nhẹ có các tấm mặt bằng xi măng gia cường sợi polyme và tấm tường được sản xuất bằng quy trình này	1-2017-00697	Nguyễn Xuân Đông
18	Phương pháp sản xuất vật liệu polyme compozit cấu trúc dạng tấm ba lớp gia cường sợi kết cấu 3 chiều (3-d)	1-2013-03723	Tướng Thị Nguyệt Anh
19	Kim neo mũi dù làm từ vật liệu polyme gia cường sợi các bon (cfrp) hoặc sợi thủy tinh (gfrp) và phương pháp lắp đặt kim neo mũi dù làm từ vật liệu polyme gia cường sợi các bon (cfrp) hoặc sợi thủy tinh (gfrp) này	2-2020-00481	Nguyễn Minh Long
20	Quy trình tổng hợp vật liệu aerogel compozit từ tro bay và sợi polyetylen terephthalat tái chế	1-2020-05696	Lê Thị Kim Phụng

Phụ lục 3

MỘT SỐ SẢN PHẨM/CÔNG NGHỆ PHÁT TRIỂN VẬT LIỆU XÂY DỰNG THEO HƯỚNG GIẢM THIỂU PHÁT THẢI CARBON TẠI VIỆT NAM

STT	Tên sản phẩm, giải pháp công nghệ, thiết bị	Tên đơn vị cung ứng
1	Bê tông nhựa Carboncor Asphalt 4.0	Công ty Cổ phần Carbon Việt Nam - Lầu 2, Tòa nhà 99, Số 99 Đường C18, Phường 12, Quận Tân Bình, TP.HCM
2	Gạch không nung (non-fired bricks NFBs)	Công ty Cổ phần Thanh Tuyền - Số 39, Đường Trần Quang Triều, Khu Yên Lâm 1, Phường Đức Chính, Thị Xã Đông Triều, Tỉnh Quảng Ninh
3	Vật liệu xây dựng xanh bền vững	Công ty Sông Đà Cao Cường - Số 102 đường số 10, KĐT Vạn Phúc City, TP Thủ Đức, TP.HCM
4	Kính Low E	Công ty Kính nổi Viglacera - KSX Tân Đông Hiệp, P. Tân Đông Hiệp TP. Dĩ An, Tỉnh Bình Dương
5	Kính solar control	Công ty Cổ phần Kính nổi Việt Nhật - Thôn Đại Hạnh, Xã Hoàn Long, Huyện Văn Giang, Tỉnh Hưng Yên
6	Tấm bê tông nhẹ VN	Nhà máy Tấm bê tông nhẹ ALC Viglacera Chi nhánh 1 - Công ty TNHH Sako Việt Nam - Đường YP8, Khu công nghiệp Yên Phong, Tỉnh Bắc Ninh
7	Vật liệu Tre trong kiến trúc	Tre Trúc Thành Phát - Tầng 1, Số 68/1G, Đường số 18B, P. Bình Hưng Hòa A, Q. Bình Tân, TP.HCM
8	Tre, gỗ kỹ thuật sử dụng trong xây dựng	Công ty Cổ phần Vật liệu Xanh Ali Việt Nam - Số 28 ngách 43/33 đường Cổ Nhuế, phường Cổ Nhuế 2, Quận Bắc Từ Liêm, TP. Hà Nội
9	Biến gỗ mềm thành gỗ cứng cho vật liệu xây dựng	Công ty Cổ phần Bamboo King Vina - Tầng 3 Melinh Plaza Hà Đông, P. Hà Cầu, Q. Hà Đông, TP. Hà Nội

10	Phát triển gạch không nung thân thiện môi trường	Công ty TNHH Hưng Thành - 935 Hoàng Lê Kha, KP 3, Thị trấn Châu Thành, Huyện Châu Thành, Tỉnh Tây Ninh.
11	Giải pháp vật liệu bền vững cho ngành Kiến trúc – Xây dựng	Tập đoàn Trần Đức - Số 69/13, Đường Bình Chuẩn 42, Khu phố Bình Phước A, Phường Bình Chuẩn, Thành phố Thuận An, Tỉnh Bình Dương
12	Giải pháp vật liệu nhẹ hiệu suất cao về công năng, đồng thời giúp giảm phát thải carbon trong xây dựng	Công ty TNHH Saint-Gobain Việt Nam - Lô C23B, Đường số 11, Khu Công nghiệp Hiệp Phước, Xã Hiệp Phước, Huyện Nhà Bè, TP.HCM
13	Công nghệ ép tấm Laminate lên các loại ván gỗ	Công ty TNHH Gỗ Toàn Cầu (GOTACO) - 115A Phan Trọng Tuệ, Tam Hiệp, Thanh Trì, TP. Hà Nội
14	Công nghệ sản xuất ván plywood phục vụ cho ngành gỗ	Công ty Cổ phần TEKCOM - Phường Hội Nghĩa, TP. Tân Uyên, Tỉnh Bình Dương
15	Vật liệu cách âm, cách nhiệt giảm phát thải carbon	Vật liệu Cách âm - Cách nhiệt Cát Tường - Lầu 8, Tòa nhà Flemington, 182 Lê Đại Hành, Phường 15, Quận 11, TP.HCM
16	Giải pháp vữa tô nội thất gốc thạch cao	Công ty TNHH Saint-Gobain Việt Nam - Lô C23B, Đường số 11, Khu Công nghiệp Hiệp Phước, Xã Hiệp Phước, Huyện Nhà Bè, TP.HCM
17	Định hình tương lai của Xây dựng bền vững với xi măng phát thải thấp	Công ty Cổ phần Xi măng Fico Tây Ninh - Tầng 15, toà nhà Sailing Tower, 111A Pasteur, Phường Bến Nghé, Quận 1, TP.HCM.
18	Vật liệu trang trí nội thất thân thiện môi trường	Công ty Cổ phần Gỗ An Cường - KP Phước Hải, Phường Thái Hòa, TP. Tân Uyên, Tỉnh Bình Dương
19	Giải pháp xây dựng “cách mạng” từ gỗ	Công ty TNHH Somma - 6-6A Đường D52, Phường 12, Tân Bình, TP.HCM
20	Công nghệ gạch block hướng tới giảm phát thải carbon	Công ty TNHH Đầu Tư Thái Châu Group - Số 363, Lã Xuân Oai, P. Trường Thạnh, TP. Thủ Đức, TP.HCM