



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0048193

(51)^{2020.01} **B01D 53/14; B01D 53/81; B01D 53/62** (13) **B**

(21) 1-2021-05309

(22) 02/12/2019

(86) PCT/JP2019/047023 02/12/2019

(87) WO2020/166174 20/08/2020

(30) 2019-024659 14/02/2019 JP

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/01/2022 406A

(73) 1. TAIHEIYO CEMENT CORPORATION (JP)

1-1-1, Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo 1128503, Japan

2. THE UNIVERSITY OF TOKYO (JP)

3-1, Hongo 7-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 1138654, Japan

(72) WANG Dianchao (CN); NOGUCHI Takafumi (JP); NOZAKI Takahito (JP); HIGO Yasuhide (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) PHƯƠNG PHÁP CỐ ĐỊNH CACBON DIOXIT

(21) 1-2021-05309

(57)

Sáng chế đề xuất phương pháp đơn giản và chi phí thấp để cố định một cách hiệu quả một lượng đủ cacbon dioxit có trong khí chứa cacbon dioxit (ví dụ, khí thải nhà máy). Phương pháp cố định cacbon dioxit bao gồm bước tiếp xúc là đưa khí chứa cacbon dioxit có nhiệt độ 350°C hoặc cao hơn vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng để cố định cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit vào khối cứng bằng xi măng. Khí chứa cacbon dioxit có thể là khí không được cấp hơi ẩm trước bước tiếp xúc và trong bước tiếp xúc. Một trong số các ví dụ về khí chứa cacbon dioxit là khí thải nhà máy.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp cố định cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit (ví dụ, khí thải nhà máy).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đã có nhiều công nghệ khác nhau được biết đến để làm giảm lượng phát thải cacbon dioxit vào khí quyển thông qua việc cố định cacbon dioxit trong khí thải.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 mô tả phương pháp giảm lượng phát xạ khí cacbon dioxit, phương pháp này khác biệt ở chỗ bao gồm bước đưa khí thải chứa CO_2 vào tiếp xúc với khối lượng lớn các hạt rắn mỗi hạt chứa CaO và/hoặc Ca(OH)_2 là thành phần của nó để cố định CO_2 trong khí thải dưới dạng CaCO_3 vào các hạt rắn, nhờ đó làm giảm nồng độ CO_2 trong khí thải. Theo phương pháp này, CO_2 trong khí thải được tạo ra trong quy trình công nghiệp hoặc tương tự được hấp thụ và loại bỏ một cách hiệu quả, và do đó lượng phát xạ CO_2 vào khí quyển có thể được giảm xuống.

Tài liệu sáng chế 2 mô tả phương pháp cố định cacbon dioxit, phương pháp này khác biệt ở chỗ bao gồm bước: thu gom các vật liệu thu được bằng cách nghiền bê tông phế thải; cấp hơi ẩm cho vật liệu thu gom được, sau đó khuấy đều để đưa vật liệu vào trạng thái ướt; cấp khí thải mang nhiệt thải cho vật liệu ở trạng thái ướt để làm sôi vật liệu; và lặp lại các bước cấp hơi ẩm và khuấy vật liệu và cấp khí thải để cố định cacbon dioxit trong khí thải vào vật liệu. Theo phương pháp này, việc cố định cacbon dioxit trong khí thải mang nhiệt thải có thể đạt được sớm với cát tái chế của bê tông phế thải.

Tài liệu sáng chế 3 mô tả kết cấu bê tông cố định cacbon dioxit thu được bằng cách tạo hình khối cứng bằng hỗn hợp bê tông chứa nước, xi măng, phụ gia và cốt liệu trên bề mặt của kết cấu bê tông. Kết cấu bê tông cố định cacbon dioxit có thân đúc cố

định cacbon dioxit có phần lớp bề mặt có các lỗ trống và có thể cố định cacbon dioxit trong khí quyển nhờ phần lớp bề mặt này. Theo kết cấu bê tông cố định cacbon dioxit, cacbon dioxit trong khí quyển có thể được cố định một cách hiệu quả.

Danh mục các tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

[Tài liệu sáng chế 1] JP 2000-197810 A

[Tài liệu sáng chế 2] JP 2009-90198 A

[Tài liệu sáng chế 3] JP 2008-75391 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần giải quyết

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp mà nhờ đó một lượng đủ cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit (ví dụ, khí thải nhà máy) có thể được cố định một cách dễ dàng, với chi phí thấp và hiệu quả.

Giải pháp giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu sâu rộng để giải quyết vấn đề nêu trên, và kết quả là, đã phát hiện rằng trong trường hợp mà khí có nhiệt độ 350°C hoặc cao hơn được sử dụng làm khí chứa cacbon dioxit khi khí chứa cacbon dioxit được đưa vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng, một lượng đủ cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit có thể được cố định một cách hiệu quả vào khối cứng bằng xi măng khi so sánh với, ví dụ, trường hợp mà khí có nhiệt độ 300°C được sử dụng. Do đó, các tác giả sáng chế đã hoàn thành sáng chế.

Sáng chế đề xuất các khía cạnh từ [1] đến [5] sau đây.

[1] Phương pháp cố định cacbon dioxit, bao gồm bước tiếp xúc là đưa khí chứa cacbon dioxit có nhiệt độ 350°C hoặc cao hơn vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng để cố định cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit vào khối cứng bằng xi măng.

[2] Phương pháp cố định cacbon dioxit theo mục [1] được đề cập ở trên, trong đó hơi ẩm không được cấp cho khí chứa cacbon dioxit (tức là khí chứa cacbon dioxit không được cấp hơi ẩm) trước bước tiếp xúc và trong bước tiếp xúc.

[3] Phương pháp cố định cacbon dioxit theo mục [1] hoặc [2] được đề cập ở trên, trong đó khí chứa cacbon dioxit chứa khí cacbon dioxit ở tỷ lệ là 5% hoặc cao hơn dưới dạng trị số phần thể tích (tức là khí chứa cacbon dioxit chứa 5% hoặc cao hơn là khí cacbon dioxit tính theo trị số phần thể tích).

[4] Phương pháp cố định cacbon dioxit theo một trong số các mục từ [1] đến [3] nêu trên, trong đó khí chứa cacbon dioxit là khí thải nhà máy.

[5] Phương pháp cố định cacbon dioxit theo một trong số các mục từ [1] đến [4] nêu trên, trong đó khối cứng bằng xi măng là cốt liệu tái chế, phế liệu của vật liệu xây dựng được tạo ra từ bê tông hoặc vữa, phế liệu dạng hồ xi măng đã đông cứng, hoặc bùn thải được tạo ra trong khi sử dụng bê tông trộn sẵn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Trong phương pháp theo sáng chế, khí có nhiệt độ là 350°C hoặc cao hơn được sử dụng làm khí chứa cacbon dioxit (ví dụ, khí thải nhà máy) mà được đưa vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng. Theo đó, một lượng lớn cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit có thể được cố định một cách hiệu quả hơn vào khối cứng bằng xi măng so với, ví dụ, trường hợp mà khí có nhiệt độ 300°C được sử dụng. Ngoài ra, việc cố định cacbon dioxit có thể làm giảm đáng kể lượng phát thải cacbon dioxit và khí quyển.

Ngoài ra, ở phương pháp này theo sáng chế, một lượng đủ cacbon dioxit trong

khí chứa cacbon dioxit có thể được cố định một cách hiệu quả vào khối cứng bằng xi măng mà không cần hoạt động cấp hơi ẩm (tức là nước) vào khí chứa cacbon dioxit. Nhìn chung, hoạt động cấp hơi ẩm vào khí chứa cacbon dioxit trước hoặc trong khi tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng có nghĩa là hàm lượng ẩm (tức là tỷ lệ nước) trong khí chứa cacbon dioxit tăng lên, nhờ đó đẩy nhanh sự cố định của cacbon dioxit vào khối cứng bằng xi măng. Theo sáng chế, không cần bố trí các phương tiện để cấp hơi ẩm vào khí chứa cacbon dioxit, và do đó phương pháp theo sáng chế có thể được thực hiện với chi phí thấp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp cố định cacbon dioxit theo sáng chế bao gồm bước tiếp xúc là đưa khí chứa cacbon dioxit có nhiệt độ 350°C hoặc cao hơn vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng để cố định cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit vào khối cứng bằng xi măng.

Ở đây, thuật ngữ "khối cứng bằng xi măng" có nghĩa là sản phẩm thu được bằng cách hóa cứng hỗn hợp chứa xi măng và nước. Cụ thể hơn, thuật ngữ "khối cứng bằng xi măng" có nghĩa là loại bất kỳ trong số khối cứng được làm bằng bê tông, khối cứng được làm bằng vữa, và khối cứng được làm bằng hồ xi măng.

Đồng thời, thuật ngữ "khối cứng bằng xi măng" như được sử dụng ở đây bao gồm khối cứng bán cứng (nói cách khác, khối cứng đang trong quá trình hóa cứng) cũng như khối cứng đã hóa cứng hoàn toàn.

Tốt nhất là, khối cứng bằng xi măng tái chế được sử dụng làm khối cứng bằng xi măng được sử dụng theo sáng chế từ quan điểm gia tăng tận dụng phế thải.

Các ví dụ về khối cứng bằng xi măng tái chế bao gồm cốt liệu tái chế, phế liệu của vật liệu xây dựng được làm bằng bê tông hoặc vữa, phế liệu của khối cứng bằng hồ xi măng, và bùn thải được tạo ra trong quá trình sản xuất bê tông trộn sẵn (tức là bùn

thải được hóa cứng hoàn toàn hoặc bùn thải ở trạng thái bán cứng sau khi xử lý khử nước).

Tốt nhất là, khối cứng bằng xi măng có dạng hạt (tức là dạng khối cứng có kích thước được đo bằng milimet) để làm tăng diện tích tiếp xúc của nó với khí chứa cacbon dioxit để làm tăng lượng cacbon dioxit được cố định.

Cỡ hạt của khối cứng bằng xi măng thích hợp là 50 mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 40 mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 30 mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 20 mm hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt là 10 mm hoặc nhỏ hơn. Ở đây, cỡ hạt là kích cỡ lớn nhất của hạt (ví dụ, khi mặt cắt của hạt có hình elip, thì cỡ hạt là kích thước của trục chính của hình elip này).

Ở đây, khí chứa cacbon dioxit có nghĩa là khí có chứa khí cacbon dioxit (tức là khí CO_2).

Ví dụ về khí chứa cacbon dioxit là khí thải nhà máy (tức là khí phát thải từ nhà xưởng sản xuất).

Các ví dụ về khí thải nhà máy bao gồm khí thải của nhà máy sản xuất xi măng, khí thải của nhà máy nhiệt điện đốt than, và khí thải được tạo ra từ quá trình xử lý khí thải trong nhà máy sơn.

Khí có độ tinh khiết cao được thu bằng cách phân tách và thu hồi từ khí thải nhà máy có thể được sử dụng làm khí thải nhà máy bên cạnh các ví dụ được đề cập ở trên.

Tỷ lệ khí cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit thích hợp là 5% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 6% hoặc cao hơn, đặc biệt tốt là 7% hoặc cao hơn như là trị số phần thể tích. Lý do mà tỷ số này tốt nhất là 5% hoặc cao hơn là ở chỗ lượng cacbon dioxit cần được cố định tăng lên, và do đó hiệu quả làm giảm sự phát thải cacbon dioxit vào khí quyển trở nên lớn.

Mặc dù hàm lượng ẩm trong khí chứa cacbon dioxit, để được sử dụng theo sáng chế không bị giới hạn cụ thể, hàm lượng ẩm thích hợp là 2% hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 1% hoặc thấp hơn, đặc biệt tốt là 0,5% hoặc thấp hơn dưới dạng trị số hàm lượng ẩm được đo bằng phương pháp được mô tả trong tài liệu "7 Measurement of Moisture Content in Flue Gas" (7 cách đo hàm lượng ẩm trong khí nhiên liệu) theo bộ tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản "JIS Z 8808:2013 Methods of measuring Dust Concentration in Flue Gas" (Các phương pháp đo nồng độ bụi trong khí nhiên liệu) từ quan điểm hiệu quả theo sáng chế kể cả khi hàm lượng ẩm trong khí chứa cacbon dioxit không tăng lên để cacbonat hóa, tỷ lệ cacbonat hóa của khối cứng bằng xi măng có thể được tăng lên chỉ đơn giản bằng cách điều chỉnh nhiệt độ của khí chứa cacbon dioxit đến mức 350°C hoặc cao hơn khi so sánh với, ví dụ, trường hợp mà nhiệt độ được đặt là 300°C (cụ thể, từ quan điểm thực tế là không có phương tiện cấp hơi ẩm như được yêu cầu).

Hàm lượng ẩm có nghĩa là tỷ lệ hơi nước trong khí chứa cacbon dioxit tính theo phần thể tích (đơn vị: %).

Theo sáng chế, khí chứa cacbon dioxit thỏa mãn điều kiện rằng nhiệt độ của nó là 350°C hoặc cao hơn.

Tốt hơn là nhiệt độ ở mức là 400°C hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 450°C hoặc cao hơn, đặc biệt tốt là 500°C hoặc cao hơn từ quan điểm thúc đẩy sự cố định cacbon dioxit.

Tốt hơn là nhiệt độ là 1.500°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 1.200°C hoặc thấp hơn, đặc biệt tốt là 900°C hoặc thấp hơn từ quan điểm khó thu được khí chứa cacbon dioxit có nhiệt độ cực cao.

Một trong số các ví dụ ưu tiên về khí chứa cacbon dioxit để được sử dụng theo sáng chế là khí chứa hơi nước, khí cacbon dioxit, và khí trơ.

Các ví dụ về khí trơ bao gồm khí ni-tơ và khí argon.

Tỷ lệ khí trơ trong khí chứa cacbon dioxit thích hợp là 5% hoặc cao hơn, tốt hơn là 10% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 15% hoặc cao hơn, đặc biệt tốt là 20% hoặc cao hơn như là trị số phần thể tích. Lý do mà tỷ lệ này thích hợp là 5% hoặc cao hơn là ở chỗ, ví dụ, khí chứa cacbon dioxit như thế dễ kiểm.

Các ví dụ về các thành phần khác (tức là các thành phần ngoài hơi nước, khí cacbon dioxit, và khí trơ) của khí chứa cacbon dioxit để được sử dụng theo sáng chế bao gồm cacbon monoxit, các hydrocacbon, các oxit nitơ, và các oxit lưu huỳnh. Các ví dụ này thường có trong khí thải nhà máy hoặc tương tự.

Tỷ lệ của các thành phần khác trong khí chứa cacbon dioxit thích hợp là 30% hoặc thấp hơn, tốt hơn là 20% hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 10% hoặc thấp hơn, đặc biệt tốt là 5% hoặc thấp hơn như là trị số phần thể tích. Lý do mà tỷ lệ này thích hợp là 30% hoặc thấp hơn là ở chỗ, ví dụ, khí chứa cacbon dioxit như thế dễ kiểm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế được mô tả dưới đây dưới dạng các ví dụ thực hiện sáng chế. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này, và có thể có các phương án khác nhau miễn là các phương án này đều thuộc phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ.

[Ví dụ 1]

(1) Sản xuất mẫu được làm bằng khối cứng bằng xi măng

Trộn 100 phần khối lượng xi măng Pooc-lăng đạt cường độ sớm (high-early-strength Portland cement) và 70 phần khối lượng nước để thu được hồ xi măng. Sau đó, hồ xi măng được đổ vào khuôn, và được dưỡng cứng trong thùng kín được đổ đầy nước trong 50 ngày. Do đó, khối cứng từ hồ xi măng (kích cỡ: 10 mm×10 mm×2 mm) là mẫu được tạo ra.

(2) Cho tiếp xúc với khí chứa cacbon dioxit

Mẫu được tạo ra (tức là khối cứng từ hồ xi măng) được gắn vào đĩa nhôm trong lò điện hình ống (số sản phẩm: KTF433, nhà sản xuất: Koyo Thermo Systems Co., Ltd.). Sau đó, khí chứa cacbon dioxit có thành phần được thể hiện trong bảng 1 được cấp vào lò điện hình ống, và mẫu được đưa vào xử lý nung nóng bằng cách được đưa vào tiếp xúc với khí chứa cacbon dioxit dưới nhiệt độ khí quyển là 500°C trong thời gian 60 phút.

Các loại khí mà không có hơi ẩm được cấp vào được sử dụng làm các loại khí chứa cacbon dioxit ở các ví dụ 1 và 2, và ví dụ so sánh 1. Không có phương tiện cấp hơi ẩm được bố trí trong lò điện hình ống.

Các trị số ở cột "Thành phần của khí chứa cacbon dioxit (%)" trong bảng 1 thể hiện phần thể tích (%). Các trị số ở cột "Hơi nước" trong bảng 1 thể hiện hàm lượng ẩm (%) được đo bằng phương pháp được mô tả trong tài liệu "7 Measurement of Moisture Content in Flue Gas" của bộ tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản "JIS Z 8808:2013 Methods of measuring Dust Concentration in Flue Gas."

(3) Tính toán tỷ lệ cacbonat hóa

Tỷ lệ (đơn vị: % khối lượng) của canxi cacbonat trong mẫu (tức là khối cứng từ hồ xi măng) sau khi xử lý nung nóng trong phần (2) được đề cập ở trên được xác định từ sự giảm khối lượng trong phạm vi nhiệt độ từ 480°C đến 800°C với thiết bị phân tích nhiệt vi sai nhiệt trọng (thermogravimetric differential thermal analyzer: TG-DTA).

Ở đây, tỷ lệ (đơn vị: % khối lượng) của canxi cacbonat có nghĩa là tỷ lệ khối lượng của canxi cacbonat so với khối lượng của mẫu sau khi đo sự giảm khối lượng với TG-DTA (với điều kiện là phép đo được thực hiện trong khi mẫu được nung nóng cho đến khi nhiệt độ đạt đến 1.000°C) (nói cách khác, $[\text{khối lượng của canxi cacbonat}] \times 100 / [\text{khối lượng của mẫu}]$; đơn vị: %).

Sự giảm khối lượng trong phạm vi nhiệt độ từ 480°C đến 800°C được đo với TG-DTA có nghĩa là canxi cacbonat trong mẫu (tức là khối cứng từ hồ xi măng) đã trải

qua quá trình khử cacbon (nói cách khác, CaCO_3 được thay đổi thành CaO). Lượng canxi cacbonat (CaCO_3) trước khi khử cacbon có thể được tính toán trên cơ sở sự giảm khối lượng (tức là lượng CO_2).

Trong khi đó, khi các khoáng chất chính (tức là alit, belit, C_3A , và C_4AF) trong xi măng khan được cacbonat hóa hoàn toàn, tỷ lệ khối lượng của canxi cacbonat so với 100 % khối lượng của xi măng khan (sau đây đôi khi được gọi là "tỷ lệ khối lượng lý thuyết của canxi cacbonat") được tính toán theo lý thuyết là 113 % khối lượng.

Ở đây, tỷ lệ khối lượng lý thuyết của canxi cacbonat được biểu diễn bằng phương trình sau.

Tỷ lệ khối lượng lý thuyết (%) của canxi cacbonat = "khối lượng của canxi cacbonat trong trường hợp các khoáng chất chính (tức là alit, belit, C_3A , và C_4AF) trong xi măng khan được cacbonat hóa hoàn toàn" $\times 100$ / "khối lượng của xi măng khan"

C_3A trong phương trình có nghĩa là pha aluminat (tức là $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). C_4AF trong phương trình có nghĩa là pha ferit (tức là $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$).

Theo đó, tỷ lệ cacbonat hóa (%) của mẫu có thể được tính toán từ phương trình sau.

Tỷ lệ cacbonat hóa (%) = [tỷ lệ (%) của khối lượng của canxi cacbonat so với khối lượng của mẫu sau khi đo sự giảm khối lượng với TG-DTA (với điều kiện là phép đo được thực hiện trong khi mẫu được nung nóng cho đến khi nhiệt độ của nó đạt đến 1.000°C)] $\times 100$ / [tỷ lệ khối lượng lý thuyết của canxi cacbonat (tức là 113%)]

Tỷ lệ cacbonat hóa được tính toán bằng cách sử dụng phương trình được thể hiện trong bảng 1.

[Các ví dụ từ 2 đến 4 và ví dụ so sánh 1]

Các thực nghiệm được thực hiện theo cách giống như ở ví dụ 1 trừ việc nhiệt độ trong lò điện hình ống và thành phần của khí chứa cacbon dioxit được thay đổi như được thể hiện trong bảng 1.

Trong mỗi ví dụ 3 và 4, khí có hàm lượng ẩm (xem cột “Hơi nước” trong bảng 1) đã được tăng lên như được thể hiện trong bảng 1 nhờ sự cấp hơi ẩm được sử dụng làm khí chứa cacbon dioxit.

Các kết quả thu được được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1

	Cấp ẩm	Nhiệt độ (°C)	Thành phần của khí chứa cacbon dioxit (%)			Tỷ lệ cacbonat hóa (%)
			Khí cacbon dioxit	Khí ni-tơ	Hơi nước	60 phút
Ví dụ 1	Không có	500	25	75	0	12
Ví dụ 2	Không có	400	25	75	0	6
Ví dụ so sánh 1	Không có	300	25	75	0	1
Ví dụ 3	Có	500	8	22	70	13
Ví dụ 4	Có	400	9	28	63	5

Từ bảng 1 phát hiện ra rằng trong mỗi ví dụ 1 và 2, nhiệt độ của khí chứa cacbon dioxit là 350°C hoặc cao hơn, và do đó, khi so sánh với ví dụ so sánh 1, trị số của tỷ lệ cacbonat hóa lớn, tức là, một lượng đủ cacbon dioxit được cố định một cách hiệu quả. Đã phát hiện được rằng cũng trong mỗi ví dụ 3 và 4, nhiệt độ của khí chứa cacbon dioxit là 350°C hoặc cao hơn, và do đó trị số của tỷ lệ cacbonat hóa lớn, tức là, một lượng đủ cacbon dioxit được cố định một cách hiệu quả.

Cụ thể, đã phát hiện ra rằng trong mỗi ví dụ 1 và 2, mặc dù thực tế là khí mà không có hơi ẩm được cấp vào đó được sử dụng là khí chứa cacbon dioxit (nói cách khác, khí không được tăng hàm lượng ẩm thông qua việc sử dụng phương tiện cấp hơi

ẩm được sử dụng), tỷ lệ cacbonat hóa hầu như là giống như ở các ví dụ 3 và 4 (trong mỗi ví dụ 3 và 4, khí chứa cacbon dioxid có hàm lượng ẩm đã tăng nhờ việc cấp hơi ẩm được sử dụng).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp cố định cacbon dioxit, bao gồm bước tiếp xúc là đưa khí chứa cacbon dioxit có nhiệt độ từ 400°C đến 500°C vào tiếp xúc với khối cứng bằng xi măng để cố định cacbon dioxit trong khí chứa cacbon dioxit vào khối cứng bằng xi măng, trong đó.

khí chứa cacbon dioxit bao gồm khí cacbon dioxit ở tỷ lệ 5% hoặc cao hơn dưới dạng trị số phần thể tích, và

hơi ẩm không được cấp cho khí chứa cacbon dioxit trước bước tiếp xúc và trong bước tiếp xúc.

2. Phương pháp cố định cacbon dioxit theo điểm 1, trong đó khí chứa cacbon dioxit là khí thải nhà máy.

3. Phương pháp cố định cacbon dioxit theo điểm 1 hoặc 2, trong đó khối cứng bằng xi măng là cốt liệu tái chế, phế liệu của vật liệu xây dựng được tạo ra từ bê tông hoặc vữa, phế liệu dạng hồ xi măng đã đông cứng, hoặc bùn thải được tạo ra trong khi sử dụng bê tông trộn sẵn.

4. Phương pháp cố định cacbon dioxit theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó khối cứng bằng xi măng có dạng hạt có cỡ hạt là 50 mm hoặc nhỏ hơn.