



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

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

(11)



1-0048108

(51)^{2020.01} **B65G 53/66**; C01B 32/50; F25J 1/00; (13) **B**
F17C 7/00; F17C 9/02; B67D 1/00;
C01B 32/55

(21) 1-2021-03941

(22) 13/12/2019

(86) PCT/US2019/066407 13/12/2019

(87) WO2020/124054 A1 18/06/2020

(30) 62/779,020 13/12/2018 US

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/01/2022 406A

(73) CARBONCURE TECHNOLOGIES INC. (CA)

42 Payzant Avenue, Dartmouth, Nova Scotia B3B 1Z6 Canada

(72) FORGERON, Dean (CA); VICKERS, Brad (CA); BURNS, Brandon (CA);
BROWN, Josh (CA); MONKMAN, Sean George (CA); CAIL, Kevin (US).

(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

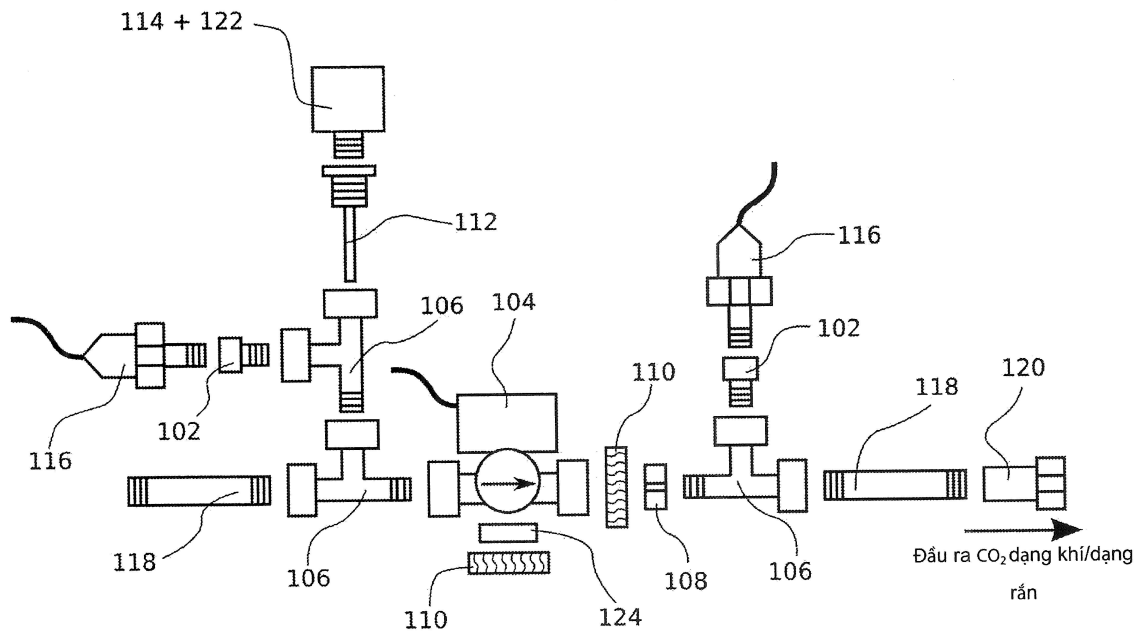
(54) PHƯƠNG PHÁP PHÂN PHỐI CACBON ĐIOXIT DẠNG RẮN VÀ DẠNG KHÍ

(21) 1-2021-03941

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp, thiết bị, và hệ thống để phân phối cacbon đioxit dưới dạng hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí đến điểm đích.

Fig.1

100



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lĩnh vực phân phối cacbon đioxit, và cụ thể là đến lĩnh vực phân phối cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí tạo ra từ cacbon đioxit dạng lỏng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc sử dụng các bộ tạo tuyết để tạo ra hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn từ cacbon đioxit dạng lỏng là đã biết. Bộ tạo tuyết thường được sử dụng để phân phối định lượng cacbon đioxit tương đối lớn dưới dạng cacbon đioxit dạng rắn, và nói chung không cần thiết hoặc có thể đạt được định lượng cacbon đioxit chính xác hoặc lặp lại được từ bộ tạo tuyết, theo tỷ lệ mong muốn của cacbon đioxit dạng rắn so với dạng khí, đặc biệt ở các định lượng thấp và/hoặc trong các điều kiện không liên tục.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất các phương pháp.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất phương pháp phân phối một cách không liên tục cacbon đioxit theo định lượng ở dạng rắn và dạng khí đến điểm đích bao gồm (i) bước vận chuyển cacbon đioxit dạng lỏng từ nguồn cacbon đioxit dạng lỏng đến vòi phun qua đường ống thứ nhất, trong đó (a) đường ống thứ nhất bao gồm vật liệu có thể chịu được nhiệt độ và áp suất của cacbon đioxit dạng lỏng, và (b) độ giảm áp suất qua vòi phun và kết cấu của vòi phun sao cho cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được tạo ra khi cacbon đioxit thoát ra từ vòi phun; (ii) bước vận chuyển cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí qua đường ống thứ hai, trong đó tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ hai so với chiều dài của đường ống thứ nhất ít nhất là 1:1; và (iii) bước điều hướng cacbon đioxit thoát ra từ đường ống thứ hai đến điểm đích. Theo một số phương án, chiều dài, đường kính, và vật liệu của đường ống thứ nhất sao cho, sau khoảng thời gian chuyển tiếp, cacbon đioxit dạng lỏng đi vào đường ống thứ nhất đến tại vòi phun là ít nhất 90% cacbon đioxit dạng lỏng khi nhiệt độ môi trường là thấp hơn 30°C. Theo một số phương án, đường ống thứ hai có nòng thông suốt. Theo một số phương án, đường ống thứ nhất không được cách nhiệt. Theo một số phương án, phương pháp còn bao gồm bước điều hướng cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí từ đầu của đường ống thứ hai vào trong đường ống thứ ba, trong đó đường ống thứ ba bao gồm phần được tạo kết cấu để làm chậm dòng

của cacbon đioxit qua phần này của đường ống thứ ba đủ để khiến cacbon đioxit dạng rắn vón cục trước khi nó thoát ra từ đường ống thứ ba qua miệng ống. Theo một số phương án, phần này của đường ống thứ ba được tạo kết cấu để làm chậm dòng của cacbon đioxit là phần được mở rộng so với đường ống thứ hai. Theo một số phương án, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ ba so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 0,1:1. Theo một số phương án, đường ống thứ ba có chiều dài từ 30,48cm đến 3,048m (1 đến 10 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ ba có đường kính trong là từ 2,54cm đến 7,62cm (1 in-sơ đến 3 in-sơ). Theo một số phương án, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ hai so với chiều dài của đường ống thứ nhất ít nhất là 2:1. Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 4,572m (15 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có đường kính trong từ 0,635cm đến 1,905cm (0,25 đến 0,75 in-sơ). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất bao gồm vật liệu bên trong bằng thép không gỉ được bền. Theo một số phương án, đường ống thứ hai có chiều dài ít nhất là 9,144m (30 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ hai có đường kính trong từ 1,27cm đến 1,905cm (0,5 đến 0,75 in-sơ). Theo một số phương án, đường ống thứ hai bao gồm vật liệu bên trong bằng PTFE. Theo một số phương án, đường ống thứ ba bao gồm vật liệu cứng, và được nối theo cách hoạt động với đường ống thứ tư bao gồm vật liệu dẻo. Theo một số phương án, chiều dài kết hợp của đường ống thứ ba và thứ tư là từ 0,6096m đến 3,048m (2 đến 10 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất bao gồm van để điều chỉnh dòng của cacbon đioxit, trong đó phương pháp còn bao gồm bước xác định áp suất và nhiệt độ giữa van và vòi phun, và bước xác định tốc độ dòng cho cacbon đioxit dựa trên nhiệt độ và áp suất. Theo một số phương án, tốc độ dòng được xác định bằng cách so sánh áp suất và nhiệt độ với tập hợp đường cong hiệu chuẩn cho các tốc độ dòng ở nhiều nhiệt độ và áp suất. Theo một số phương án, điểm đích mà cacbon đioxit được điều hướng đến đó là nằm trong máy trộn. Theo một số phương án, máy trộn là máy trộn bê tông. Theo một số phương án, cacbon đioxit được điều hướng đến vị trí ở trong máy trộn nơi mà, khi máy trộn đang trộn hỗn hợp bê tông, lớp sóng của bê tông phủ lên trên bê tông đang trộn. Theo một số phương án, máy trộn bê tông là máy trộn cố định. Theo một số phương án, máy trộn là máy trộn có thể vận chuyển đi. Theo một số phương án, máy trộn là trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn. Theo một số phương án, tổng nhiệt dung của đường ống thứ nhất và/hoặc thứ hai không lớn hơn tổng nhiệt dung sẽ làm mát đến nhiệt độ môi trường trong thời gian ít hơn

30 giây khi cacbon đioxit dạng lỏng chảy qua đường ống. Theo một số phương án, vòi phun là sao cho cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí thoát ra từ vòi phun ở dạng hỗn hợp sẽ bao gồm ít nhất 40% cacbon đioxit dạng rắn. Theo một số phương án, các đường ống được điều hướng để bổ sung cacbon đioxit vào máy trộn bê tông, và trong đó xi măng được bổ sung vào máy trộn qua đường ống xi măng bao gồm phần thứ nhất bao gồm máng cố định được nối với phần thứ hai bao gồm ống mềm dẻo được tạo kết cấu để cho phép xe tải chở vật liệu trộn sẵn di chuyển phễu trên xe tải chở vật liệu trộn sẵn đến ống mềm để ống mềm khớp vào phễu, cho phép xi măng và các thành phần khác đổ vào trong trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn qua ống mềm, trong đó đường ống thứ ba được đặt dọc theo phần thứ nhất của đường ống xi măng và đường ống thứ tư được đặt để di chuyển và tự điều hướng với phần thứ hai của đường ống xi măng. Theo một số phương án, cốt liệu được bổ sung vào máy trộn qua máng cốt liệu gần kề với máng xi măng, và phần thứ nhất của đường ống thứ ba được đặt ở nơi mà làm giảm tiếp xúc với cốt liệu khi cốt liệu thoát ra từ máng cốt liệu. Theo một số phương án, phần thứ nhất của đường ống thứ ba kéo dài đến đáy của phần thứ nhất của máng xi măng và đường ống thứ tư được gắn vào đầu của đường ống thứ ba, và kéo dài từ đầu của đường ống thứ ba đến đáy của ống mềm cao su hoặc gần đáy của ống mềm cao su khi ống mềm cao su được đặt nằm trong phễu của xe tải chở vật liệu trộn sẵn. Theo một số phương án, đường ống thứ tư được đặt trung bình trong khoảng x cm tính từ tâm của ống mềm cao su, trong đó $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80$, hoặc 90 cm khi ống mềm cao su được đặt để tải các vật liệu bê tông vào trong trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất thiết bị để phân phối cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí bao gồm (i) nguồn cacbon đioxit dạng lỏng; (ii) đường ống thứ nhất, trong đó đường ống thứ nhất bao gồm đầu gần được nối theo cách hoạt động với nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, và đầu xa được nối theo cách hoạt động với vòi phun, trong đó đường ống thứ nhất được tạo kết cấu để vận chuyển cacbon đioxit dạng lỏng dưới áp suất đến vòi phun, và trong đó vòi phun mở ra với áp suất khí quyển, hoặc gần với áp suất khí quyển, và được tạo kết cấu để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí khi nó đi qua vòi phun; (iii) đường ống thứ hai được

nổi theo cách hoạt động với vòi phun để điều hướng hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn đến điểm đích mong muốn, trong đó đường ống thứ hai có nòng thông suốt, và trong đó tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ nhất so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 1:1. Theo một số phương án, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ nhất so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 1:2. Theo một số phương án, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ nhất so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 1:5. Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 6,096m (20 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 4,572m (15 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 3,6576m (12 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 1,524m (5 feet). Theo một số phương án, đường ống thứ nhất bao gồm van nằm trước vòi phun để điều chỉnh dòng của cacbon đioxit dạng lỏng. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm cảm biến áp suất thứ nhất giữa van và vòi phun. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm cảm biến áp suất thứ hai giữa nguồn cacbon đioxit dạng lỏng và van. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm cảm biến áp suất thứ ba nằm sau vòi phun. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm cảm biến nhiệt độ giữa van và vòi phun. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm hệ thống điều khiển được nối theo cách hoạt động với cảm biến áp suất thứ nhất và cảm biến nhiệt độ. Theo một số phương án, bộ điều khiển nhận áp suất từ cảm biến áp suất thứ nhất và nhiệt độ từ cảm biến nhiệt độ và tính toán tốc độ dòng của cacbon đioxit trong hệ thống từ áp suất và nhiệt độ này. Theo một số phương án, bộ điều khiển tính toán tốc độ dòng dựa trên tập hợp đường cong hiệu chuẩn cho thiết bị. Theo một số phương án, tập hợp đường cong hiệu chuẩn được tạo ra với sự thiết lập hiệu chuẩn bao gồm nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, đường ống thứ nhất, vòi phun, van trong đường ống thứ nhất nằm trước vòi phun, cảm biến áp suất giữa van và vòi phun, và cảm biến nhiệt độ giữa van và vòi phun, trong đó vật liệu của đường ống thứ nhất, chiều dài và đường kính của đường ống thứ nhất, và vật liệu và kết cấu của vòi phun, là giống như hoặc tương tự với các yếu tố tương tự của thiết bị. Theo một số phương án, tập hợp đường cong hiệu chuẩn được tạo ra bằng cách xác định dòng của cacbon đioxit ở nhiều nhiệt độ khi được đo ở cảm biến nhiệt độ và nhiều áp suất khi được đo ở cảm biến áp suất. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm đường ống thứ ba, được gắn theo cách hoạt động với đường ống thứ hai, trong đó đường ống thứ ba có đường kính trong lớn hơn so với đường ống thứ hai và trong đó đường kính và chiều dài

của đường ống thứ ba được tạo kết cấu để làm chậm dòng của cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn và gây ra sự vón cục của cacbon đioxit dạng rắn. Theo một số phương án, đường ống thứ nhất không được cách nhiệt.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất thiết bị để phân phối cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí ở các định lượng thấp theo cách không liên tục với các định lượng lặp lại của cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí bao gồm (i) nguồn cacbon đioxit dạng lỏng; (ii) đường ống thứ nhất, trong đó đường ống thứ nhất bao gồm đầu gần được nối theo cách hoạt động với nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, và đầu xa được nối theo cách hoạt động với vòi phun, trong đó đường ống thứ nhất được tạo kết cấu để vận chuyển cacbon đioxit dạng lỏng dưới áp suất đến vòi phun, và trong đó vòi phun mở ra với áp suất khí quyển và được tạo kết cấu để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí khi nó đi qua vòi phun; (iii) van trong đường ống nằm giữa nguồn cacbon đioxit và vòi phun, để điều chỉnh dòng của cacbon đioxit dạng lỏng; (iv) nguồn nhiệt được nối hoạt động với đoạn đường ống giữa van và vòi phun, và tới vòi phun, trong đó nguồn nhiệt được tạo kết cấu để làm ấm đường ống và vòi phun giữa các định lượng để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng hoặc dạng rắn thành dạng khí mà được thoát ra qua vòi phun. Theo một số phương án, thiết bị còn bao gồm bộ tản nhiệt được nối theo cách hoạt động với nguồn nhiệt. Theo một số phương án thiết bị còn bao gồm (v) đường ống thứ hai được nối theo cách hoạt động với vòi phun để điều hướng hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn đến điểm đích mong muốn. Theo một số phương án, đường ống thứ hai có nòng thông suốt. Theo một số phương án, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ nhất so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 1:1.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất các hệ thống.

Theo một số phương án, sáng chế đề xuất hệ thống để phân phối cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí theo cách không liên tục ở các định lượng của cacbon đioxit là nhỏ hơn 27,24kg (60 pao), với thời gian giữa các định lượng ít nhất là 5 phút, trong đó hệ thống được tạo kết cấu để phân phối các định lượng lặp lại với tỷ lệ giữa cacbon đioxit dạng rắn so với dạng khí ở mức trung bình ít nhất là 1:1,5 trong mỗi định lượng, trong thời gian nhỏ hơn 60 giây mỗi định lượng, ở nhiệt độ môi trường là 35°C hoặc thấp hơn. Theo một số phương án, hệ thống được tạo kết cấu để phân phối các định lượng lặp lại của cacbon đioxit với hệ số biến thiên nhỏ hơn 10%. Theo một số phương án, hệ thống

được tạo kết cấu để phân phối các định lượng lặp lại của cacbon đioxit với hệ số biến thiên nhỏ hơn 5%. Theo một số phương án, hệ thống bao gồm nguồn cacbon đioxit dạng lỏng và đường ống từ nguồn đến thiết bị được tạo kết cấu để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí, trong đó đường ống không cần được cách nhiệt. Theo một số phương án, đường ống không được cách nhiệt. Theo một số phương án, hệ thống còn bao gồm đường ống thứ hai được nối với thiết bị để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí, trong đó đường ống thứ hai phân phối cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí đến vị trí mong muốn. Theo một số phương án tỷ lệ giữa các chiều dài của đường ống thứ nhất so với đường ống thứ hai là nhỏ hơn 1:1.

Danh sách tài liệu tham khảo

Tất cả các công bố đơn, patent, và đơn đăng ký sáng chế được đề cập trong bản mô tả này được kết hợp vào đây bằng cách viện dẫn ở mức độ tương tự như với từng công bố đơn, patent, hoặc đơn đăng ký sáng chế được nêu cụ thể và riêng lẻ để được kết hợp bằng cách viện dẫn.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Các dấu hiệu kỹ thuật mới của sáng chế được đưa cụ thể trong các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm. Các dấu hiệu kỹ thuật và ưu điểm của sáng chế có thể được hiểu rõ hơn bằng cách tham khảo phần mô tả chi tiết sau đây mà đưa ra các phương án minh họa có sử dụng các nguyên lý của sáng chế, và hình vẽ kèm theo trong đó:

Fig.1 thể hiện cụm phun trực tiếp cacbon đioxit mà không yêu cầu đường dẫn khí để giữ cụm phun này không có đá khô giữa các lần chạy.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương pháp và các chế phẩm của sáng chế tạo ra sự định lượng có thể lặp lại của cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí, dưới các điều kiện không liên tục và ở các định lượng thấp và các thời gian phân phối ngắn, mà không sử dụng thiết bị và các phương pháp sẽ dẫn đến tổn hao đáng kể của cacbon đioxit trong quá trình xử lý. Các phương pháp và thiết bị như được đề xuất ở đây có thể cho phép sự định lượng rất chính xác, ví dụ, sự định lượng với hệ số biến thiên (coefficient of variation - CV) trên các định lượng lặp lại là nhỏ hơn 10%, nhỏ hơn 8%, nhỏ hơn 6%, nhỏ hơn 5%, nhỏ hơn 4%, nhỏ hơn

3%, nhỏ hơn 2%, hoặc nhỏ hơn 1%; ví dụ, khi định lượng các mẻ lặp lại là nhỏ hơn, ví dụ, 200, 150, 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, hoặc 10 pao (1 pao = 0,454kg) cacbon đioxit trên mỗi mẻ, trong đó cacbon đioxit được phân phối dưới dạng lỏng trong đường ống thứ nhất của hệ thống, và thoát ra qua vòi phun vào trong đường ống thứ hai của hệ thống, trong đó cacbon đioxit chảy dưới dạng hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí đến điểm đích. Cụ thể, các phương pháp và các chế phẩm của sáng chế là hữu ích khi các định lượng của cacbon đioxit là thấp và các thời gian phun là ngắn, nhưng mong muốn là phân phối hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí với tỷ lệ dạng rắn/dạng khí cao, ngay cả nếu có sự tạm dừng đáng kể giữa các lần chạy và ngay cả ở các nhiệt độ môi trường tương đối cao. Ví dụ, các phương pháp và các chế phẩm của sáng chế có thể được sử dụng để phân phối liều của cacbon đioxit ít nhất là 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, hoặc 120 pao và/hoặc không lớn hơn 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, hoặc 120, như 5-120 pao, hoặc 5-90 pao, hoặc 5-60 pao, hoặc 5-40 pao, hoặc 10-120 pao, hoặc 10-90 pao, hoặc 10-60 pao, hoặc 10-40 pao (1 pao = 0,454kg), theo cách không liên tục trong đó thời gian trung bình giữa các định lượng ít nhất là 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, hoặc 120 phút, trong đó thời gian phân phối định lượng là ít hơn 180, 150, 120, 100, 90, 80, 70, 60, 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, hoặc 10 giây. Tỷ lệ của cacbon đioxit dạng rắn/dạng khí được phân phối đến đích có thể ít nhất là 0,3, 0,32, 0,34, 0,36, 0,38, 0,40, 0,41, 0,42, 0,43, 0,44, 0,45, 0,46, 0,47, 0,48, hoặc 0,49. Khả năng lặp lại của các định lượng giữa các lần chạy có thể là sao cho hệ số biến thiên (CV) nhỏ hơn 20, 15, 12, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, hoặc 1%. Các trị số này có thể giữ được ngay cả ở các nhiệt độ môi trường tương đối cao, như các nhiệt độ trung bình trên 10, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, hoặc 40°C.

Ví dụ, bằng cách sử dụng các phương pháp và các chế phẩm của sáng chế, có thể phân phối không liên tục các định lượng của cacbon đioxit là 2,27-27,24kg (5-60 pao), ở tỷ lệ dạng rắn/dạng khí trung bình ít nhất là 0,4, với thời gian phân phối là ít hơn 60 giây và ít nhất là 2, 4, 5, 7, hoặc 10 phút giữa các lần chạy, trong đó nhiệt độ môi trường ít nhất là 25°C, với CV là nhỏ hơn 10%, hoặc thậm chí với CV là nhỏ hơn 5%, 4%, 3%, 2%, hoặc 1%. Các thiết bị hiện tại không thể đạt được, các thời gian phân phối ngắn, các tỷ lệ dạng rắn/dạng khí cao, và khả năng lặp lại cao, trong khi các định lượng thấp không liên tục như vậy, mà không lãng phí cacbon đioxit đáng kể, ví dụ, do việc thoát ra một

cách liên tục cacbon đioxit dạng khí được tạo ra giữa các lần chạy từ đường dẫn. Các phương pháp và các hệ thống được đề xuất ở đây có thể cho phép sự định lượng có thể lặp lại đúng, chính xác của các định lượng thấp của cacbon đioxit, ví dụ như được mô tả ở trên, với cacbon đioxit dạng lỏng đang được chuyển đổi thành hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí, mà không làm thoát ra cacbon đioxit dạng khí trong đường dẫn mang cacbon đioxit dạng lỏng.

Trong các thiết lập thông thường hiện nay, trong đó cacbon đioxit được chuyển đổi thành dạng rắn và dạng khí, nguồn cacbon đioxit dạng lỏng được nối với vòi phun qua đường ống, trong đó vòi phun mở ra với khí quyển. Thông thường, vượt ngoài vòi phun đường ống mở rộng trong khoảng cách tương đối ngắn, như một đến bốn bộ, để điều hướng dạng hỗn hợp của cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí đến điểm đích mong muốn. Trong hoạt động hiện tại thông thường, đường ống mà dẫn từ nguồn cacbon đioxit dạng lỏng đến vòi phun được cách nhiệt tốt; tuy nhiên, trong các hoạt động không liên tục, đường ống sẽ ấm lên đến mức độ nào đó, phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và thời gian giữa các lần sử dụng. Nếu thời gian giữa các lần sử dụng là đủ lâu, nó có thể ấm lên đủ để khi đột phụt ra mới của cacbon đioxit dạng lỏng được giải phóng vào trong đường ống, cacbon đioxit trong đường ống đã được chuyển đổi thành dạng khí giữa các lần chạy và một số cacbon đioxit được giải phóng vào trong đường ống sẽ được chuyển đổi thành cacbon đioxit dạng khí, và thông thường cacbon đioxit thứ nhất mà thoát ra từ vòi phun chỉ là cacbon đioxit dạng khí. Điều này tiếp tục đến khi cacbon đioxit dạng lỏng làm mát đường ống đến nhiệt độ đủ thấp để cacbon đioxit được duy trì ở dạng lỏng từ nguồn của nó đến vòi phun, và ở điểm này hỗn hợp mong muốn gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được phân phối. Tuy nhiên, phần thứ nhất của cacbon đioxit sẽ hoàn toàn hoặc gần như hoàn toàn là cacbon đioxit dạng khí, và sẽ là tương đối lớn vì chiều dài của đường ống kéo dài từ nguồn cacbon đioxit đến điểm sử dụng. Để sử dụng trong, ví dụ, sản xuất thực phẩm và các quy trình xử lý như vậy khác, đột phụt ra ban đầu này của cacbon đioxit dạng khí không là vấn đề, vì định lượng chính xác của hỗn hợp dạng rắn/dạng khí không được yêu cầu và vì các ứng dụng được thực hiện ở các quãng thời gian mà cho phép ít thời gian để cân bằng đường ống với nhiệt độ bên ngoài.

Tuy nhiên, có các ứng dụng mà cần định lượng chính xác của cacbon đioxit cho chúng, được phân phối theo tỷ lệ mong muốn của cacbon đioxit dạng rắn so với dạng

khí, ở các định lượng thấp và theo cách không liên tục, được mong muốn. Điều này yêu cầu là cacbon đioxit từ nguồn mà chạm tới vòi phun được duy trì ở dạng lỏng với lượng khí đủ nhỏ được tạo ra mà không ảnh hưởng đáng kể sự định lượng. Có thể làm điều này qua thiết bị công kênh như các bộ phân tách chất lỏng-chất khí trong đường dẫn, hoặc có cơ chế ngược dòng trong chính bộ tạo tuyết để duy trì cacbon đioxit ở dạng lỏng trước khi nó chạm tới vòi phun (xem, ví dụ, patent Mỹ số 3,667,242). Tuy nhiên, các phương pháp như vậy yêu cầu sự thoát ra của khí hoặc sự tái hóa lỏng, cả hai đều lãng phí, không hiệu quả và tốn kém để thực hiện. Đặc biệt lãng phí khi khoảng cách từ nguồn cacbon đioxit đến vòi phun, mà thường được đặt gần đích mong muốn để tuyết được tạo ra bởi bộ tạo tuyết, là dài, vì điều này tạo ra nhiều cơ hội cho cacbon đioxit dạng lỏng chuyển đổi thành dạng khí. Có nhiều ứng dụng mà kết cấu của các thiết bị khác nhau ở vị trí không cho phép khoảng cách ngắn giữa nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, ví dụ, bể của cacbon đioxit dạng lỏng, và điểm đích cuối cùng cho cacbon đioxit. Ví dụ, trong hoạt động tạo bê tông, như hoạt động tạo bê tông trộn sẵn hoặc hoạt động tạo bê tông đúc sẵn, nếu mong muốn phân phối định lượng của cacbon đioxit vào hỗn hợp bê tông trong máy trộn, bể cacbon đioxit dạng lỏng thường phải được đặt ở khoảng cách từ điểm phân phối, ví dụ, thường là 50 bộ hoặc lớn hơn từ điểm phân phối.

Sáng chế đề xuất các phương pháp và các chế phẩm mà 1) cho phép vận chuyển cacbon đioxit dạng lỏng từ nguồn, như bể, đến vòi phun mà tại đó nó được chuyển đổi thành cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí, trong khi tối đa hóa tỷ lệ phần trăm của cacbon đioxit khi chạm tới vòi phun là ở dạng lỏng, mà không làm thoát ra cacbon đioxit hoặc sử dụng đường dẫn được cách nhiệt; 2) tối đa hóa lượng cacbon đioxit vẫn ở dạng rắn khi nó di chuyển từ vòi phun đến điểm sử dụng của nó; và 3) cho phép sự định lượng có thể lặp lại, tạo ra lại dưới các điều kiện môi trường khác nhau và ở các định lượng thấp của cacbon đioxit.

Trong các phương pháp và các chế phẩm được đề xuất ở đây, đường ống thứ nhất, còn được gọi là đường ống vận chuyển hoặc đường dẫn vận chuyển, mang cacbon đioxit dạng lỏng từ bể chứa đến vòi phun mở ra với áp suất khí quyển hoặc gần với áp suất khí quyển, được tạo kết cấu để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí. Đường ống thứ nhất được tạo kết cấu để tối thiểu hóa lượng cacbon đioxit dạng khí được tạo ra ban đầu trong lần chạy, và trong suốt thời gian chạy. Do đó,

chiều dài của đường ống thứ nhất từ nguồn cacbon đioxit dạng lỏng đến vòi phun mà tạo ra hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được giữ ngắn, tốt hơn là ngắn nhất có thể và/hoặc theo bộ thiết đặt, chiều dài được hiệu chuẩn, và đường kính được giữ đến trị số mà cho phép tổng thể tích nhỏ trong đường ống thứ nhất không quá hẹp để gây ra độ giảm áp suất đủ để khiến chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành dạng khí ở trong đường ống. Đường ống thứ nhất thường không được cách nhiệt, và được làm bằng vật liệu, như thép không gỉ được bền, mà có thể chịu được nhiệt độ và áp suất của cacbon đioxit dạng lỏng. Do chiều dài là ngắn, tổng nhiệt dung của đường ống thứ nhất là thấp, và đường ống cân bằng nhanh chóng với nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng khi nó bắt đầu đi vào đường ống. Cần hiểu là ở các nhiệt độ môi trường rất thấp, tức là, các nhiệt độ môi trường ở dưới nhiệt độ của cacbon đioxit trong bể chứa (mà có thể biến đổi phụ thuộc vào áp suất trong bể), đường ống sẽ ở nhiệt độ đủ thấp mà hầu như không có cacbon đioxit dạng lỏng sẽ chuyển đổi thành dạng khí ở lúc bắt đầu chạy, nhưng ở các nhiệt độ môi trường ở trên nhiệt độ mà tại đó cacbon đioxit sẽ vẫn ở dạng lỏng trong đường ống, chắc chắn có một số sự tạo thành khí; lượng khí được tạo ra phụ thuộc vào nhiệt độ mà đường ống đã đạt tới giữa các lần chạy và nhiệt dung của đường ống. Tuy nhiên, ngay cả nếu nhiệt độ môi trường là tương đối cao (ví dụ, ở trên 30°C) và thời gian giữa các lần chạy là đủ cho đường ống cân bằng với nhiệt độ môi trường, chỉ cần thời gian rất ngắn để làm mát đường ống đến nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng đang chảy qua, ví dụ, ít hơn 10, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, hoặc 1 giây. Khi cacbon đioxit dạng lỏng chảy qua đường ống, nhiệt sẽ bị tổn hao thêm qua thành của đường ống đến không khí bên ngoài (giả sử nhiệt độ môi trường ở trên nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng) trong suốt thời gian chảy, nhưng vì đường kính và chiều dài của đường ống được giữ thấp, dòng chảy nhanh nên tương đối ít nhiệt bị tổn hao khi cacbon đioxit chảy đến vòi phun. Do đó, trong vài giây, ví dụ, trong 10 giây, hoặc trong 8 giây, hoặc trong 5 giây, tỷ lệ lớn của cacbon đioxit vẫn ở dạng lỏng khi nó chạm tới vòi phun, như ít nhất 80, 90, 92, 95, 96, 97, 98, hoặc 99%. Bởi vì tỷ lệ cacbon đioxit dạng rắn so với dạng khí thoát ra từ vòi phun có liên quan, ít nhất một phần, đến tỷ lệ của cacbon đioxit ở dạng lỏng khi nó chạm tới vòi phun, trong vài giây tỷ lệ của chất rắn:chất khí gần với 1:1 (theo trọng lượng) có thể đạt được.

Đường ống thứ nhất có thể có chiều dài phù hợp bất kỳ, nhưng phải đủ ngắn để lượng khí đáng kể sẽ không tích lũy trong đường ống (và yêu cầu loại bỏ trước khi

cacbon đioxit dạng lỏng có thể chạm tới vòi phun). Do đó, đường ống thứ nhất có thể có chiều dài nhỏ hơn 30, 25, 20, 17, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, hoặc 0,25 feet, và/hoặc không lớn hơn 25, 20, 17, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,1, hoặc 0,01 feet, như 0,1-25 feet, hoặc 0,1-15 feet, hoặc 0,1-10 feet, hoặc 1-15 feet (1 feet = 30,48cm). Các hệ thống khác nhau, ví dụ, các hệ thống được cung cấp đến các khách hàng khác nhau, có thể đều có chiều dài, đường kính, và/hoặc vật liệu của đường ống thứ nhất giống nhau, ví dụ đường ống có chiều dài dài 3,048m (10 feet), hoặc chiều dài phù hợp bất kỳ khác, để các đường cong hiệu chuẩn mà được tạo ra sử dụng cùng chiều dài và loại đường ống có thể được áp dụng đến các hệ thống khác nhau.

Đường kính trong (inner diameter – I.D.) của đường ống thứ nhất có thể là đường kính phù hợp bất kỳ; nói chung, đường kính nhỏ hơn được ưu tiên, để làm giảm khối lượng và thời gian di chuyển đến vòi phun, nhưng đường kính có thể không nhỏ đến mức gây ra độ giảm áp suất đủ trên chiều dài của đường ống để khiến cacbon đioxit dạng lỏng chuyển đổi thành dạng khí. Do đó, I.D. của đường ống thứ nhất có thể ít nhất là 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, hoặc 1,0 in-sơ, và không lớn hơn 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,5, hoặc 2 in-sơ, như 0,1-0,8, hoặc 0,1-0,6, hoặc 0,2-0,7, hoặc 0,2-0,6, hoặc 0,2-0,5 in-sơ, ví dụ, khoảng 0,25 in-sơ, hoặc 0,30 in-sơ, hoặc 0,375 in-sơ, hoặc 0,5 in-sơ (1 in-sơ = 2,54cm). Đường ống thứ nhất mà phân phối cacbon đioxit đến vòi phun không cần cách nhiệt cao, và trong thực tế có thể được làm bằng vật liệu có độ dẫn nhiệt cao, ví dụ, đường ống kim loại với các thành mỏng. Ví dụ, đường dẫn bằng thép không gỉ được bền, như được tìm thấy bên trong đường dẫn vỏ bọc chân không (nhưng không có vỏ bọc chân không) có thể được sử dụng. Đường ống có thể là cứng hoặc dẻo. Bởi vì đường ống là ngắn và đường kính nhỏ, nó có nhiệt dung thấp, và do đó, khi cacbon đioxit dạng lỏng được giải phóng vào trong đường ống, đường ống được làm mát đến nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng rất nhanh chóng, và cacbon đioxit dạng lỏng cũng đi qua chiều dài của đường ống nhanh chóng, để chỉ có thời gian trễ ngắn từ khi bắt đầu phân phối cacbon đioxit đến thời điểm cacbon đioxit được phân phối đến vòi phun về cơ bản đều là cacbon đioxit dạng lỏng, hoặc ít nhất là 80, 85, 90, 95, 96, 97, 98, hoặc 99% cacbon đioxit dạng lỏng. Thời gian trễ có thể là ít hơn hơn 20, 15, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, hoặc 1 giây. Thời gian trễ sẽ phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường và thời gian giữa các lần chạy; ở nhiệt độ môi trường thấp và/hoặc thời gian ngắn giữa các lần chạy, sẽ cần rất ít hoặc không cần thời gian để đưa đường ống thứ nhất đến nhiệt độ của cacbon đioxit dạng

lỏng. Tại nhiệt độ môi trường đủ thấp, tức là, tại hoặc dưới nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng tại áp suất đang được sử dụng, hầu như không cần thời gian để cân bằng đường ống thứ nhất, vì đường ống đã ở sẵn nhiệt độ mà sẽ không tạo ra cacbon đioxit dạng khí bất kỳ khi cacbon đioxit dạng lỏng đi qua. Đường ống làm ví dụ là ống bện OA 321SS loại 3/8 in-sơ x 120 in-sơ bằng thép không gỉ C/W có một đầu MnPt một đầu Attd.

Thông thường, đường ống thứ nhất sẽ chứa van để bắt đầu và dừng lại dòng cacbon đioxit đến vòi phun, với van được đặt gần vòi phun. Đoạn đường ống giữa van và vòi phun, và/hoặc đường ống được đặt nằm sau vòi phun, có thể chịu sự đóng băng giữa các lần chạy. Theo một số phương án, đường ống khí tách biệt chạy từ nguồn cacbon đioxit đến đoạn của đường ống thứ nhất giữa van và vòi phun, và khí cacbon đioxit được đưa qua đoạn này và vòi phun để loại bỏ cacbon đioxit dạng lỏng dư giữa các lần chạy.

Theo các phương án thay thế, không yêu cầu đường ống khí. Theo các phương án này, nguồn nhiệt được đặt sao cho đoạn đường ống giữa van và vòi phun, chính vòi phun, và/hoặc đoạn đường ống nằm sau vòi phun, có thể được làm nóng đủ giữa các lần chạy mà chất lỏng hoặc chất rắn bất kỳ trong các đoạn này và/hoặc vòi phun được chuyển đổi thành khí (điều này sẽ thường chỉ được yêu cầu khi cuộn dây sôlênôit được đóng và nhờ đó, các độ giảm áp suất, nhờ đó khiến cacbon đioxit giảm xuống phần pha khí/ rắn của sơ đồ pha, dẫn đến một số khí và dạng tuyết rắn mà cần được chuyển đổi thành khí bằng cách đưa vào nhiệt trước chu kỳ tiếp theo). Ngoài ra, có thể bao gồm đủ vật liệu phù hợp với nguồn nhiệt để bộ tản nhiệt có đủ công suất để làm thăng hoa đá khô bất kỳ được tạo ra giữa van và vòi phun giữa các chu kỳ được tạo ra. Khi cacbon đioxit dạng lỏng chạy qua van, nhiệt độ van gần với nhiệt độ cân bằng của chất lỏng; việc đóng van hiệu quả dẫn đến chất lỏng bị kẹt giữa cuộn dây sôlênôit và vòi phun chuyển thành khí và đá khô ở tỷ lệ xấp xỉ 1:1 với đá khô ở, ví dụ, $-78,5^{\circ}\text{C}$. Điều này làm cho van được làm mát nhiều hơn, nhưng để làm việc phải có đủ khối lượng trong bộ tản nhiệt để thực hiện việc làm mát này và vẫn có khả năng làm thăng hoa đá khô, mà có entanpi thăng hoa là 571 kJ/kg ($25,2 \text{ kJ/mol}$) trước khi đạt $-78,5^{\circ}\text{C}$. Bộ tản nhiệt làm ví dụ có thể được chế tạo với thiết kế có lá tản nhiệt và bao gồm vật liệu thích hợp bất kỳ, ví dụ, nhôm. Các lá tản nhiệt giúp bộ tản nhiệt nhanh chóng thu nhiệt từ môi trường xung quanh và nhôm có thể được sử dụng do đặc tính dẫn nhiệt nhanh, cho phép nhiệt nhanh chóng di chuyển

đến van và làm thăng hoa đá khô. Theo một số phương án, việc làm nóng cảm ứng có thể được sử dụng. Thiết kế này cho phép các chu kỳ trong các quãng thời gian ngắn, ví dụ, quãng thời gian tối thiểu là 10, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 hoặc 1 phút, ví dụ, quãng thời gian tối thiểu là khoảng 5 phút. Các dải làm nóng có thể được sử dụng ở các khu vực lạnh hơn và để cung cấp một số dự phòng, như các bộ làm nóng dạng dải, ví dụ, bộ làm nóng dạng dải thứ nhất được quấn quanh bộ tản nhiệt nằm dưới van chất lỏng và bộ làm nóng dạng dải thứ hai được quấn quanh vòi phun. Theo một số phương án, một hoặc nhiều bộ làm nóng cảm ứng có thể được sử dụng. Theo một số phương án, một hoặc nhiều (ví dụ, 2) cảm biến áp suất dự phòng có thể được bao gồm, ví dụ, để nếu một cảm biến hỏng thì cảm biến khác có thể bắt đầu đọc.

Theo các phương án này, loại bỏ được yêu cầu về đường dẫn khí, làm giảm các vật liệu trong hệ thống. Ngoài ra, bởi vì nguồn cacbon đioxit dạng khí không được yêu cầu ngoài nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, hệ thống có thể được chạy với các bể nhỏ hơn mà không được tạo kết cấu để rút ra cacbon đioxit dạng khí, như các bể nghiền hoặc thậm chí các bể cách nhiệt di động mà không được thiết kế để đưa ra các tốc độ dòng khí rất cao, ví dụ, các bể nguồn nước sôi. Chúng có sẵn để lắp đặt ngay lập tức trong các cơ sở như vậy, do đó loại bỏ sự cần thiết phải vận hành các bể tùy chỉnh mà đủ nhỏ để phù hợp hoạt động, nhưng cũng phù hợp với đường dẫn khí.

Ví dụ về hệ thống mà không yêu cầu đường dẫn khí tách biệt được thể hiện trên Fig.1. Cụm ống dẫn CO₂ 100 bao gồm ống nối 102 (ví dụ, 1/2 in-sơ MNPT đến 1/4 in-sơ FNPT), van 104 (ví dụ van solenoid bằng thép không gỉ 1/2 in-sơ FNPT, chất lỏng làm lạnh sâu được định mức), ống nối 106 (ví dụ ống nối hình chữ T 1/2 in-sơ MNPT x 1/2 in-sơ 2FNPT), vòi 108 (ví dụ vòi phun bằng thép không gỉ), bộ làm nóng 110, ống nối 112 (ví dụ ống Thermowell 1/2 in-sơ MNPT), đầu dò 114 (ví dụ đầu dò nhiệt độ 1/2 in-sơ MNPT), bộ phát 116 (ví dụ, cảm biến áp suất và bộ phát 1/4 in-sơ MNPT), ống nối 118 (ví dụ khớp nối 1/2 in-sơ MNPT x 4 in-sơ), ống nối 120 (ví dụ 1/2 in-sơ FNPT x 3/4 in-sơ FNPT), bộ phát 122 (ví dụ, bộ phát nhiệt độ, mà có thể cho phép đầu dò đọc các nhiệt độ dưới 0°C), và bộ tản nhiệt 124.

Thiết bị có thể chứa các cảm biến khác nhau, mà có thể bao gồm các cảm biến áp suất và/hoặc nhiệt độ. Ví dụ, có thể có cảm biến áp suất thứ nhất nằm trước van, mà chỉ ra áp suất bể, cảm biến áp suất thứ hai nằm sau van nhưng nằm trước vòi phun, và/hoặc

cảm biến áp suất thứ ba nằm ngay sau vòi phun. Một hoặc nhiều các cảm biến nhiệt độ có thể được sử dụng, ví dụ, nằm sau van nhưng nằm trước vòi phun, và/hoặc nằm sau vòi phun. Phản hồi từ một hoặc nhiều trong số các cảm biến này có thể được sử dụng để, ví dụ, xác định tốc độ dòng của cacbon đioxit. Tốc độ dòng có thể được xác định qua việc tính toán bằng cách sử dụng một hoặc nhiều trong số các trị số áp suất hoặc nhiệt độ. Xem, ví dụ, patent Mỹ số 9,758,437.

Ngoài ra hoặc theo cách khác, tốc độ dòng có thể được xác định bằng cách so sánh với các đường cong hiệu chuẩn, trong đó các đường cong như vậy có thể thu được bằng cách đo dòng, bằng cách, ví dụ, đo sự thay đổi về trọng lượng của bể cacbon đioxit dạng lỏng, hoặc phương pháp phù hợp bất kỳ khác, bằng cách sử dụng đường ống và vòi phun mà tương tự với hoặc giống với các loại được sử dụng trong hoạt động, ở các nhiệt độ môi trường và áp suất bể khác nhau. Trong cả hai trường hợp, các phép đo áp suất và/hoặc nhiệt độ thích hợp trong hệ thống có thể được thực hiện ở các quãng thời gian, như ít nhất mỗi 0,01, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1, 1,5, 2, 3, 4, hoặc 5 giây và/hoặc không lớn hơn 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, hoặc 6 giây một lần. Hệ thống điều khiển có thể cũng tính toán lượng cacbon đioxit được phân phối, dựa trên tốc độ dòng và thời gian. Theo một số phương án, như đối với hoạt động tạo bê tông, hệ thống điều khiển có thể được tạo kết cấu để gửi tín hiệu đến bộ điều khiển trung tâm cho hoạt động tạo bê tông mỗi khi lượng cacbon đioxit nhất định đã chảy qua hệ thống; bộ điều khiển trung tâm có thể được cấu hình để, ví dụ, đếm các tín hiệu và dừng dòng cacbon đioxit sau khi đã nhận được một số lượng tín hiệu được xác định trước, tương ứng với định lượng cacbon đioxit mong muốn. Điều này tương tự như cách trong đó các bộ điều khiển như vậy có thể điều chỉnh lượng phụ gia được bổ sung vào hỗn hợp bê tông. Trong một số hệ thống, phụ gia được tính theo trọng lượng lỗ rỗng, trong trường hợp này hệ thống mô phỏng sự trương nở đến trọng lượng cho trước bằng cách bắt chước cảm biến lực được đưa ra, sau đó khi có tín hiệu thả cacbon đioxit vào máy trộn, hệ thống sẽ đếm ngược từ định lượng đích sử dụng cacbon đioxit xả thực tế. Điều này liên quan đến việc nhận tín hiệu và cung cấp điện áp phản hồi dựa trên trọng lượng trong thang mô phỏng (vạch ma).

Theo cách khác, các nhiệt độ và các áp suất của hệ thống có thể được so khớp với một hoặc nhiều đường cong hiệu chuẩn thích hợp, hoặc một loạt các đường cong được

nội suy để phát triển phương trình phun, và, đối với định lượng cho trước, thời gian để phân phối định lượng đó dựa trên các phương trình hoặc phương trình phun thích hợp. Hệ thống điều khiển có thể ngắt dòng cacbon đioxit sau khi thời gian thích hợp trôi qua. Đường cong hiệu chuẩn đang được sử dụng tại thời điểm cho trước bất kỳ có thể thay đổi phụ thuộc vào các lần đọc nhiệt độ và/hoặc áp suất tại thời điểm đó.

Theo một số phương án, cảm biến nhiệt độ được sử dụng để đưa ra phản hồi tức thời hoặc gần như tức thời về nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng và cho phép tăng độ chính xác khi đo. Nó cũng có thể nhanh chóng phát hiện khi chỉ có chất khí đang chảy qua hệ thống hoặc nếu bình gần hết. Không bị ràng buộc bởi lý thuyết, được cho rằng sau khi xảy ra sự tạo thành tuyết ở vòi phun ở các nhiệt độ nhỏ hơn -70°C và khu vực có sự tạo thành chất rắn bắt đầu tác động đến nhiệt độ của chất lỏng nằm trước vòi phun, do đó làm tăng tốc độ dòng. Mô hình lưu lượng cảm biến nhiệt độ này cũng có thể chỉ ra khi bể chứa mất trạng thái cân bằng (ví dụ, sau khi bể đầy, khi các nhiệt độ môi trường nhỏ hơn nhiệt độ chất lỏng, khi bộ tạo áp suất trên bể bị tắt, vv.). Mô hình này có thể cho phép các CV rất thấp, ví dụ, nhỏ hơn 5%, hoặc nhỏ hơn 3%, hoặc nhỏ hơn 2%, hoặc nhỏ hơn 1%. Mô hình này cho phép loại bỏ các giả định về bể cacbon đioxit và sự cân bằng giữa áp suất và nhiệt độ của cacbon đioxit dạng lỏng. Mô hình này đọc áp suất của bể tại lúc bắt đầu phun và tính toán nhiệt độ dự kiến của cacbon đioxit dạng lỏng dựa trên phương trình đường cong sôi được suy ra từ sơ đồ pha cacbon đioxit. Hệ thống cũng thực hiện đọc nhiệt độ ban đầu và tính toán thời gian chuyển tiếp là thời gian từ khi van chất lỏng mở đến khi dòng chất lỏng chảy. Trong thời gian chuyển tiếp, dự kiến sẽ sử dụng hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng lỏng và phương trình dòng chất khí/chất lỏng được sử dụng; sau đó, phương trình dòng chất lỏng được sử dụng để tính toán dòng cacbon đioxit. Mô hình sử dụng phương trình tuyến tính được suy ra từ nhiều lần phun (ví dụ, trên 10, 100, 500 hoặc trên 1000 lần phun) trên phạm vi áp suất của bể và phụ thuộc vào áp suất dòng vào. Mô hình này cũng có bộ nhân áp suất trong đó nó tính toán áp suất giảm từ cảm biến áp suất chất lỏng đầu vào so với cảm biến áp suất dòng vào và điều chỉnh lưu lượng khi có sự khác biệt giữa hai cảm biến. Nếu có vật cản bất kỳ trong ống dẫn của hệ thống, bộ nhân sẽ điều chỉnh dòng theo đó. Bộ nhân nhiệt độ đọc cảm biến nhiệt độ và so sánh với nhiệt độ cacbon đioxit dạng lỏng tính toán được. Khi cảm biến đọc các nhiệt độ thấp hơn hoặc cao hơn so với trị số tính toán được, bộ nhân nhiệt độ sẽ biến đổi dòng theo đó. Các hệ thống hiện tại có thể có các cảm biến áp suất mới, vò

van cao hơn để sửa chữa nhanh chóng và dễ dàng, và để tăng độ bền, kiểm tra mới và giá đỡ phụ kiện thủy lực trên cảm biến áp suất dòng ra để loại bỏ cảm biến khỏi vùng lạnh có sự tạo thành tuyết nằm sau vòi phun. Giá đỡ thủy lực đã được chứng minh là làm giảm đáng kể tỷ lệ các cảm biến áp suất dòng ra bị lỗi.

Cacbon đioxit được chuyển đổi thành hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn ở vòi phun; tỷ lệ giữa dạng rắn so với dạng khí được tạo ra ở vòi phun phụ thuộc vào tỷ lệ của cacbon đioxit chạm tới vòi phun ở dạng lỏng. Nếu cacbon đioxit chạm tới vòi phun là 100% dạng lỏng, tỷ lệ giữa cacbon đioxit dạng rắn so với dạng khí trong hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí thoát ra từ vòi phun có thể đạt 50%. Vòi phun có thể có đường kính phù hợp bất kỳ, như ít nhất 1/64, 2/64, 3/64, 4/64, 5/64, 6/64, hoặc 7/64 in-sơ và/hoặc không lớn hơn 2/64, 3/64, 4/64, 5/64, 6/64, 7/64, 8/64, 9/64, 10/64, 11/64, hoặc 12/64 in-sơ, như khoảng 5/64 in-sơ, hoặc khoảng 7/64 in-sơ (1 in-sơ = 2,54cm). Chiều dài của vòi phun phải đủ để cacbon đioxit dạng lỏng đi qua không đóng băng; ngoài ra, vòi phun có thể được làm loe ra để tránh sự bít kín. Trong một số hệ thống, khối ống phân nhánh vòi phun kép được sử dụng để cho phép một van nạp cho hai vòi phun và hai đường dẫn xả.

Trong các hệ thống vòi phun kép, dòng cacbon đioxit cho trước có thể được đưa đến điểm đích trong thời gian ngắn hơn và/hoặc các dòng có thể được đưa đến hai điểm đích khác nhau, và/hoặc dòng có thể được đưa đến một điểm đích tại hai điểm khác nhau trong điểm đích (ví dụ, hai điểm khác nhau trong máy trộn, như máy trộn bê tông), mà có thể cho phép hấp thụ cacbon đioxit hiệu quả hơn tại điểm đích. Điều này có thể loại bỏ các vấn đề về độ tin cậy và độ chính xác trong một số hệ thống, ví dụ, trong máy trộn trực lẫn hoặc trực đôi cho bê tông, hoặc các hệ thống khác có các thời gian chu kỳ rất ngắn. Do đó, hệ thống vòi phun kép có thể cho phép cả sự phân phối lớn hơn trong thời gian nhất định (ví dụ, lên đến 1,8X so với hệ thống vòi phun đơn; do các thay đổi nhiệt động lực học bên trong hệ thống, nó không đạt được mức 2X theo lý thuyết) và phân phối nhắm mục tiêu hơn (ví dụ, đến hai điểm khác nhau trong máy trộn) mà cho phép, ví dụ hiệu quả hấp thụ lớn hơn. Hệ thống vòi phun kép có thể được sản xuất và được sử dụng theo cách phù hợp bất kỳ. Ví dụ, ống phân nhánh bằng thép, như ống phân nhánh bằng thép không gỉ hoặc thép cán, có thể được gia công đầy đủ và có một đầu vào và hai đầu ra, với các vòi phun phù hợp, ví dụ, các vòi phun có các kích thước được mô tả ở

đây, như các vòi phun 7/64 in-sơ. Ống phân nhánh có thể có các phần kết nối cho hai cảm biến áp suất dòng ra và phần kết nối cho cảm biến nhiệt độ và ống nối hình chữ T cho cảm biến áp suất dòng vào để làm giảm khối lượng của hệ thống và thời gian mà chất lỏng và kim loại tiếp xúc. Hệ thống phun kép tính toán tốc độ dòng qua cả hai vòi phun. Hệ thống phun kép có thể cũng có ống mềm xả nòng thông suốt bổ sung (đường ống thứ hai, như được mô tả ở đây), vòi phun bổ sung, cảm biến áp suất dòng ra bổ sung với giá đỡ, và/hoặc hai điểm xả vào trong máy trộn.

Hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng khí và dạng rắn sau đó được dẫn từ vòi phun đến vị trí sử dụng của nó, ví dụ, trong trường hợp là hoạt động tạo bê tông như hoạt động trộn sẵn hoặc hoạt động đúc sẵn, đến vị trí để phân phối hỗn hợp đến máy trộn mà chứa hỗn hợp xi măng bao gồm xi măng thủy lực và nước, như trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn hoặc máy trộn trung tâm, bằng đường ống thứ hai, còn được gọi là đường ống phân phối hoặc đường dẫn phân phối. Đường ống thứ hai được tạo kết cấu để phân phối hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí đến vị trí sử dụng của nó với rất ít sự chuyển đổi của cacbon đioxit dạng rắn thành dạng khí, để hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được phân phối ở điểm sử dụng vẫn ở tỷ lệ cao của dạng rắn so với dạng khí, ví dụ, tỷ lệ của cacbon đioxit dạng rắn trong hỗn hợp có thể ít nhất là 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, hoặc 49% so với tổng.

Đường ống thứ hai thường được tạo kết cấu để giảm thiểu ma sát dọc theo chiều dài của nó và cũng giảm thiểu sự trao đổi nhiệt với không khí xung quanh, và cũng tạo ra tổng thể tích nhỏ để tốc độ dòng được tối đa. Ví dụ, đường ống thứ hai có thể là đường ống nòng thông suốt có đường kính tương đối nhỏ. Các phương tiện phù hợp bất kỳ có thể được sử dụng để tạo ra nòng thông suốt cho đường ống thứ hai, như đảm bảo là không có bất thường nào xảy ra ở bề mặt bên trong của đường ống và không có sự cuộn xoắn của đường ống. Vật liệu có thể được sử dụng mà có lớp phủ như polytetrafluetylen (polytetrafluoroethylene - PTFE), mà hoạt động để giữ nòng đường ống thông suốt, miễn là không có bất thường hoặc sự cuộn xoắn đáng kể. Khối lượng tác dụng nhiệt của ống mềm là thấp do PTFE mỏng và lượng nhỏ của thép không gỉ bên. Nó có thể được cách nhiệt, ví dụ, với phản cách nhiệt ống dẫn thông thường. Đường ống thường phải thông suốt (không bị cuộn xoắn) để cho phép dòng chảy thông suốt, và phải có khả năng chịu được các nhiệt độ thấp; tức là, đá khô (tuyết) đi qua ống mềm sẽ ở nhiệt độ -78°C . Các

đường ống thứ hai làm ví dụ là dòng SmoothFlex do PureFlex, Kentwood, MI sản xuất. Các vật liệu được sử dụng trong các dòng SmoothFlex và trọng lượng làm các thành phần dự bị tốt này đảm bảo sự ấm lên tối thiểu trong quá trình vận chuyển từ vòi phun đến điểm đích. Điều này làm tối đa hóa phần cacbon đioxit dạng rắn khi tốc độ thăng hoa được giữ ở mức thấp. Đường ống thứ hai có thể là dẻo hoặc cứng hoặc dạng kết hợp của chúng; theo một số phương án ít nhất một phần có thể là dẻo để có thể dễ dàng định vị hoặc để thay đổi vị trí. Đường ống thứ hai có thể dẫn hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí trong khoảng cách dài với ít sự chuyển đổi từ dạng rắn thành dạng khí, vì thời gian vận chuyển qua đường ống tương đối ngắn do lực sinh ra từ sự chuyển đổi đột ngột của cacbon đioxit dạng lỏng thành dạng khí và sau đó sự giãn nở là 500 lần hoặc lớn hơn, buộc hỗn hợp dạng khí và dạng rắn đi qua đường ống. Đường kính trong của đường ống thứ hai có thể là đường kính trong phù hợp bất kỳ để cho phép cacbon đioxit đi qua nhanh chóng, ví dụ, ít nhất 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, hoặc 1,0 in-sơ, và/hoặc không lớn hơn 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,5, hoặc 2 in-sơ, như 0,5 in-sơ, hoặc 0,625 in-sơ, hoặc 0,750 in-sơ (1 in-sơ = 2,54cm). Đường ống thứ hai có thể có chiều dài, ví dụ, ít nhất 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 80, 90, hoặc 100 feet (1 feet = 30,48cm), để chạm tới điểm cuối cùng nơi mà cacbon đioxit sẽ được sử dụng; chiều dài của đường ống thứ hai thường phụ thuộc vào sự thiết lập hoạt động cụ thể trong đó cacbon đioxit được sử dụng. Bởi vì đường ống thứ nhất thường được giữ ngắn nhất có thể, và đường ống thứ hai phải có chiều dài phù hợp để đạt tới điểm sử dụng, mà thường xa khỏi vòi phun của bộ phun, tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ hai so với chiều dài của đường ống thứ nhất có thể ít nhất là 0,5, 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0, 4,5, 5,0, 6, 7, 8, 9, hoặc 10, hoặc lớn hơn 10. Ví dụ, đường ống thứ nhất có thể có chiều dài không lớn hơn 10 feet trong khi đường ống thứ hai có thể có chiều dài ít nhất là 20, 30, 40, hoặc 50 feet (1 feet = 30,48cm). Đường ống thứ hai có thể được đặt bên trong đường ống khác, như ống mềm bằng nhựa lắp lỏng, ví dụ, để ngăn bị gấp khúc trong quá trình lắp đặt. Đường ống thứ hai có thể được cách nhiệt thêm, ví dụ, bằng phần cách nhiệt ống dẫn, để giảm thiểu hơn nữa sự tăng nhiệt giữa các lần phun từ các nguồn bên ngoài.

Theo một số phương án, phụ gia có thể được bổ sung vào luồng cacbon đioxit khi nó được phân phối. Phụ gia có thể là, ví dụ, dạng lỏng. Lượng nhỏ của phụ gia lỏng có thể được chảy vào đường dẫn xả nằm sau vòi phun. Chất lỏng có thể nhanh chóng đóng

băng thành dạng rắn và được mang cùng với cacbon dioxit vào trong máy trộn. Phụ gia đóng băng được mang vào hỗn hợp bê tông cùng với cacbon dioxit, và tan chảy hoặc thăng hoa trong hỗn hợp bê tông. Phương pháp này đặc biệt hữu ích khi bổ sung phụ gia mà có hiệu ứng đồng vận với cacbon dioxit và/hoặc phụ gia mà có thể ảnh hưởng đến phản ứng khoáng hóa cacbon dioxit. Ví dụ, phụ gia TIPA mang lại lợi ích ở các định lượng rất nhỏ, nhưng nó thường được bổ sung ở dạng dung dịch hỗn hợp lỏng để định lượng nhỏ đi kèm với lượng chất mang lỏng lớn hơn. Nếu chỉ bổ sung thành phần hoạt tính thì lượng nhỏ có thể được phân phối trên định lượng của cacbon dioxit. Các hệ thống phụ gia có thể nhỏ hơn nếu không cần bổ sung các hóa chất vào các dung dịch loãng.

Đường ống thứ hai (phân phối) có thể được gắn vào đường ống thứ ba, còn được gọi là đường ống nhắm đích. Đường ống thứ ba có thể có đường kính lớn hơn so với đường ống thứ hai, để cho phép cacbon dioxit dạng rắn/dạng khí chậm lại và trộn lẫn, để cacbon dioxit dạng rắn vón cục với nhau thành các viên lớn hơn. Điều này là hữu ích, ví dụ, trong hoạt động tạo bê tông khi cacbon dioxit được bổ sung vào hỗn hợp xi măng trộn, sao cho các viên đủ lớn để được gộp vào trong xi măng trộn trước khi thăng hoa đến mức độ đáng kể. Đường ống thứ ba có thể có đường kính trong phù hợp bất kỳ, miễn là nó cho phép làm chậm và vón cục đủ cho việc sử dụng mong muốn, ví dụ, ít nhất là 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8, 2,9, 3, 3,2, 3,4, 3,8, hoặc 4 in-sơ, và/hoặc không lớn hơn 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9, 2, 2,1, 2,2, 2,3, 2,4, 2,5, 2,6, 2,7, 2,8, 2,9, 3, 3,2, 3,4, 3,8, 4 hoặc 4,5 in-sơ, như 0,5-4 in-sơ, hoặc 0,5-3 in-sơ, hoặc 0,5-2,5 in-sơ, hoặc khoảng 2 in-sơ. Đường ống thứ ba có thể có chiều dài phù hợp bất kỳ để cho phép sự vón cục mong muốn mà không làm chậm cacbon dioxit quá nhiều, hoặc quá lâu, mà vật liệu dính vào các thành hoặc thăng hoa đến mức độ đáng kể, ví dụ, chiều dài ít nhất là 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 32, 36, 40, 44, hoặc 48 in-sơ, và/hoặc không lớn hơn 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 54, 60, 72, 84 in-sơ (1 in-sơ = 2,54cm), ví dụ, 2-8 feet, hoặc 2-6 feet, hoặc 3-6 feet, hoặc 3-5 feet (1 feet = 30,48cm). Đường ống thứ ba thường được làm bằng vật liệu cứng, và đủ bền để chịu được các điều kiện trong đó đường ống này được sử dụng. Ví dụ, trong hoạt động trộn bê tông, đường ống thứ ba thường được đặt trong máng mà qua đó các vật liệu, bao gồm cả các cốt liệu, được đổ vào trong máy trộn, và tiếp xúc nhiều lần với các cốt liệu đang chuyển động, và phải có đủ độ bền và độ dẻo dai để chịu được sự tiếp xúc nhiều lần với các cốt liệu hàng

ngày. Quá trình này có thể có nhiều tới 20 tấn vật liệu mỗi xe tải, và 400-500 xe tải mỗi tháng. Các vật liệu bộ tạo tuyết thông thường sẽ không chịu được môi trường như vậy. Vật liệu phù hợp là thép không gỉ, có đường kính phù hợp, như 1/8 đến 1/4 in-sơ. Trong một số trường hợp, có thể mong muốn lắp vỏ kim loại, ví dụ, ở vị trí có độ mài mòn cao, để tăng độ dày, ví dụ, lên đến 1/2 in-sơ hoặc thậm chí dày hơn. Đường ống thứ ba thường là vật bị mài mòn cao và có thể được bảo dưỡng định kỳ, ví dụ, mỗi 3-6 tháng một lần phụ thuộc vào sự sản xuất. Trong một số hoạt động, ví dụ, trong đó đường ống thứ ba không được di chuyển, hoặc hiếm khi được di chuyển hoặc chỉ được di chuyển nhẹ giữa các lần chạy, đường ống thứ ba có thể là đường ống cuối cùng trong hệ thống. Đây là trường hợp, ví dụ, trong các máy trộn cố định, như các máy trộn trung tâm được sử dụng trong, ví dụ, các hoạt động trộn sẵn.

Trong một số hoạt động, như các hoạt động trộn bê tông trong đó các vật liệu trộn được thả vào trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn, vật liệu được thả qua máng mà kết thúc bằng phần linh hoạt, để cho phép đặt máng vào phễu của trống trộn và sau đó được tháo ra. Trong tình huống như vậy, đường ống thứ tư bằng vật liệu dẻo, còn được gọi là đường ống cuối ở đây, có thể được gắn vào đường ống thứ ba để di chuyển với máng linh hoạt được sử dụng để thả các vật liệu bê tông. Đường kính trong của đường ống dẻo sao cho vừa khớp với đường kính ngoài của đường ống thứ ba. Vật liệu bất kỳ có độ dẻo và độ bền phù hợp đều có thể được sử dụng làm đường ống thứ tư, như silicon.

Theo một số phương án, hệ thống chữ ký số được sử dụng làm biện pháp an ninh. Ví dụ, ở các quãng thời gian (ví dụ, hàng tháng), khóa duy nhất (hoặc "chữ ký số") được tạo ra và được cấp phát đến khách hàng nếu khách hàng không có phí chưa thanh toán; nếu có các phí chưa thanh toán hoặc các bất thường khác, chữ ký số có thể bị giữ lại. Khách hàng nhập chữ ký số vào hệ thống, ví dụ, qua màn hình cảm ứng hoặc trên màn hình giao diện của trang web (hoạt động giống như màn hình cảm ứng nhưng được hiển thị trên máy tính quản lý trưng nờ, nghĩa là, phù hợp với sự cài đặt tiềm năng của các hệ thống không có màn hình cảm ứng). Vào cuối quãng thời gian (ví dụ, tháng), chương trình hệ thống sẽ ngắt hệ thống trừ khi khóa duy nhất đã được nhập, ví dụ, không có khóa duy nhất, hệ thống sẽ chuyển sang chế độ chờ, và ngay cả nếu tín hiệu phun bắt đầu được gửi đến hệ thống, tín hiệu này sẽ bị bỏ qua. Điều tương tự có thể xảy ra nếu, ví dụ, kết nối mạng của hệ thống bị mất trong một khoảng thời gian (ví dụ, nếu khách hàng tắt tín

hiệu mạng nhằm nỗ lực chạy hệ thống mà không có khóa duy nhất). Ngoài ra hoặc theo cách khác, các đầu nối bên ngoài có thể được sử dụng trên vỏ bọc cho các đầu vào và các đầu ra mà cho phép nhà cung cấp ngắt hệ thống theo cách thủ công hoặc tự động nếu có nỗ lực bất kỳ được thực hiện để thay đổi vỏ bọc. Không có lý do gì để khách hàng hoặc người lắp đặt mở vỏ bọc; trong trường hợp bộ phận bị lỗi, khách hàng có thể được yêu cầu tháo móc các phần kết nối bên ngoài và bộ phận thay thế có thể được gửi để hoán đổi với bộ phận bị lỗi.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Nhà máy bê tông trộn sẵn cung cấp sự tương nở khô trong xe tải của nó; tức là, các thành phần bê tông khô được đặt trong trống trộn của xe tải với nước và bê tông được trộn trong các xe tải. Mong muốn là phân phối cacbon đioxit đến các xe tải trong khi bê tông đang trộn, trong đó cacbon đioxit là hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí với tỷ lệ cacbon đioxit dạng rắn cao, ví dụ, ít nhất là 40% cacbon đioxit dạng rắn. Không có chỗ trong phương tiện tương nở cho bể cacbon đioxit dạng lỏng để nạp đường dẫn đến xe tải, vì vậy, bể cacbon đioxit dạng lỏng nằm cách điểm đích cuối cùng là 50 feet hoặc lớn hơn. Mong muốn phân phối định lượng là 1% cacbon đioxit theo trọng lượng của xi măng (by weight of cement - bwc) cho các mẻ bê tông liên tiếp trong các xe tải khác nhau trong suốt một ngày. Các xe tải có thể chở đầy tải là 7,65 mét khối (10 yd khối) bê tông, hoặc chở tải một phần với ít nhất 0,765 mét khối (1 yd khối) bê tông. Mẻ bê tông thông thường sử dụng 15% theo trọng lượng xi măng, và 0,765 mét khối (1 yd khối) bê tông thông thường có trọng lượng là 1,816 tấn (4000 pao), vì vậy 0,765 mét khối (1 yd khối) bê tông sẽ chứa 272,4kg (600 pao) xi măng. Như vậy, định lượng cacbon đioxit thấp nhất sẽ là 2,724kg (6 pao) và định lượng cao nhất là 27,24kg (60 pao). Thời gian giữa các định lượng trung bình ít nhất là 10 phút.

Cacbon đioxit dạng lỏng được dẫn từ bể chứa đến vòi phun được tạo kết cấu để chuyển đổi cacbon đioxit dạng lỏng thành cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí khi nó được giải phóng đến áp suất khí quyển qua đường dẫn bằng thép không gỉ được bện dài 3,048m (10 feet) có ID là 0,9525cm (3/8 in-sơ). Khi nó được giải phóng qua vòi phun, hỗn hợp gồm cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được dẫn về phía trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn qua đường dẫn dài 15,24m (50 feet) có ID là 1,5875cm (5/8 in-sơ),

nòng thông suốt và được cách nhiệt. Đường dẫn này này kết thúc trong ống thép không gỉ có ID là 5,08cm (2 in-sơ) có độ dày 0,635cm (1/4 in-sơ) và dài 60,96cm (2 feet) mà được chứa bên trong máng dẫn, các thành phần bê tông từ các thùng chứa tương ứng của chúng đến trống trộn của xe tải; đến lượt đường dẫn bằng thép không gỉ kết thúc bằng đoạn dẻo được lắp trên ống thép mà di chuyển với ống mềm cao su ở cuối máng mà khớp vào phễu của xe tải chở vật liệu trộn sẵn.

Hệ thống được hiệu chuẩn dựa trên hệ thống hiệu chuẩn sử dụng cùng chiều dài, đường kính và vật liệu của đường ống ban đầu, được kiểm tra về tốc độ dòng dưới các điều kiện nhiệt độ và áp suất khác nhau. Các áp suất và nhiệt độ thích hợp được thực hiện trong quá trình vận hành hệ thống cho mẻ cho trước và được khớp với các đường cong hiệu chỉnh thích hợp hoặc các đường cong để xác định tốc độ dòng và độ dài thời gian cần thiết để cung cấp định lượng mong muốn, và dòng cacbon đioxit được dừng lại khi hệ thống đã xác định rằng định lượng 1% bwc đã được phân phối đến xe tải.

Các nhiệt độ môi trường trong ngày nằm trong khoảng từ 10 đến 25°C. Mỗi xe tải vẫn ở trong khu vực tải hàng trong khi các vật liệu được tải lên trong thời gian tối đa là 90 giây, và thời gian phân phối cacbon đioxit là ít hơn 45 giây.

Hệ thống phân phối các định lượng thích hợp để đạt được 1% cacbon đioxit bwc, ở tỷ lệ cacbon đioxit dạng rắn/tổng cacbon đioxit ít nhất là 0,4, trong suốt 8 giờ, với trung bình 5 lần tải mỗi giờ (tổng cộng là 40 lần tải), với độ chính xác của hệ số biến thiên nhỏ hơn 10%.

Mặc dù các phương án ưu tiên của sáng chế đã được thể hiện và mô tả ở đây, nhưng người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này hiểu rõ là các phương án đó chỉ được đưa ra để làm ví dụ. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này có thể thực hiện nhiều phương án biến thể, thay đổi và thay thế mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Cần hiểu là các phương án thay thế khác nhau cho các phương án của sáng chế được mô tả ở đây có thể được sử dụng khi thực hiện sáng chế. Các điểm yêu cầu bảo hộ sau đây nhằm xác định phạm vi của sáng chế và do đó các phương pháp và các cấu trúc nằm trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ này và các nội dung tương đương của chúng sẽ được bao hàm trong đó.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp phân phối không liên tục cacbon đioxit theo định lượng ở dạng rắn và dạng khí đến điểm đích bao gồm các bước:

(i) vận chuyển cacbon đioxit dạng lỏng từ nguồn cacbon đioxit dạng lỏng, trong đó nguồn cacbon đioxit dạng lỏng bao gồm thùng chứa cacbon đioxit dạng lỏng, đến vòi phun qua đường ống thứ nhất được nối theo cách hoạt động với thùng chứa cacbon đioxit dạng lỏng và vòi phun, trong đó:

(a) đường ống thứ nhất bao gồm vật liệu có thể chịu được nhiệt độ và áp suất của cacbon đioxit dạng lỏng, và

(b) đường ống thứ nhất được tạo kết cấu để cacbon đioxit dạng lỏng đi vào đường ống thứ nhất đến vòi phun là ít nhất 90% cacbon đioxit dạng lỏng khi nhiệt độ môi trường thấp hơn 30°C, và

(c) độ giảm áp suất qua vòi phun và kết cấu của vòi phun sao cho cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí được tạo ra khi cacbon đioxit thoát ra từ vòi phun;

(ii) vận chuyển cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí qua đường ống thứ hai, trong đó

(a) chiều dài của đường ống thứ hai ít nhất là 3,048m (10 feet),

(b) tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ hai so với chiều dài của đường ống thứ nhất ít nhất là 2:1; và

(c) đường ống thứ hai có nòng thông suốt;

(iii) điều hướng cacbon đioxit thoát ra từ đường ống thứ hai đến điểm đích; và

(iv) điều hướng cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí từ đầu của đường ống thứ hai vào đường ống thứ ba, trong đó đường ống thứ ba bao gồm một phần được tạo kết cấu để làm chậm dòng cacbon đioxit qua phần này của đường ống thứ ba đủ để khiến cacbon đioxit dạng rắn vón cục trước khi nó thoát ra từ đường ống thứ ba qua miệng ống.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó chiều dài, đường kính và vật liệu của đường ống thứ nhất là sao cho, sau khoảng thời gian chuyển tiếp, cacbon đioxit dạng lỏng đi vào đường ống thứ nhất đến vòi phun là ít nhất 90% cacbon đioxit dạng lỏng khi nhiệt độ môi trường thấp hơn 30°C.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ nhất không được lắp đặt.
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phần đường ống thứ ba được tạo kết cấu để làm chậm dòng cacbon đioxit là phần được mở rộng so với đường ống thứ hai.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tỷ lệ giữa chiều dài của đường ống thứ ba so với chiều dài của đường ống thứ hai là nhỏ hơn 0,1:1.
6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ ba có chiều dài từ 30,48cm đến 3,048m (1 đến 10 feet).
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ ba có đường kính trong từ 2,54cm đến 7,62cm (1 in-sơ đến 3 in-sơ).
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ nhất có chiều dài nhỏ hơn 4,572m (15 feet).
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ nhất có đường kính trong từ 0,635cm đến 1,905cm (0,25 in-sơ đến 0,75 in-sơ).
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ nhất bao gồm vật liệu bên trong bằng thép không gỉ được bện.
11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ hai có chiều dài ít nhất là 9,144m (30 feet).
12. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ hai có đường kính trong từ 1,27cm đến 1,905cm (0,5 in-sơ đến 0,75 in-sơ).
13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ hai bao gồm vật liệu bên trong bằng polytetrafloetylen (PTFE).
14. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ ba bao gồm vật liệu cứng, và được nối theo cách hoạt động với đường ống thứ tư bao gồm vật liệu dẻo.
15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó chiều dài kết hợp của các đường ống thứ ba và thứ tư là từ 60,96cm đến 3,048m (2 đến 10 feet).
16. Phương pháp theo điểm 1, trong đó đường ống thứ nhất bao gồm van để điều chỉnh dòng của cacbon đioxit, trong đó phương pháp còn bao gồm bước xác định áp suất và nhiệt độ giữa van và vòi phun, và bước xác định tốc độ dòng cho cacbon đioxit dựa trên nhiệt độ và áp suất.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó tốc độ dòng được xác định bằng cách so sánh áp suất và nhiệt độ với tập hợp đường cong hiệu chuẩn đối với các tốc độ dòng ở nhiều nhiệt độ và áp suất.
18. Phương pháp theo điểm 1, trong đó điểm đích mà cacbon đioxit được điều hướng đến là nằm trong máy trộn.
19. Phương pháp theo điểm 18, trong đó máy trộn là máy trộn bê tông.
20. Phương pháp theo điểm 19, trong đó cacbon đioxit được điều hướng đến vị trí ở trong máy trộn nơi mà, khi máy trộn đang trộn hỗn hợp bê tông, lớp sóng của bê tông phủ lên trên bê tông đang trộn.
21. Phương pháp theo điểm 19, trong đó máy trộn bê tông là máy trộn cố định.
22. Phương pháp theo điểm 19, trong đó máy trộn là máy trộn vận chuyển được.
23. Phương pháp theo điểm 22, trong đó máy trộn là trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn.
24. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tổng nhiệt dung của đường ống thứ nhất và/hoặc thứ hai không lớn hơn nhiệt dung sẽ làm mát đến nhiệt độ môi trường trong thời gian ít hơn 30 giây khi các dòng cacbon đioxit dạng lỏng đi qua đường ống.
25. Phương pháp theo điểm 1, trong đó kết cấu của vòi phun sao cho cacbon đioxit dạng rắn và dạng khí thoát ra từ vòi phun trong hỗn hợp bao gồm ít nhất là 40% cacbon đioxit dạng rắn.
26. Phương pháp theo điểm 14, trong đó đường ống thứ nhất, thứ hai, thứ ba và thứ tư được điều hướng để bổ sung cacbon đioxit vào máy trộn bê tông, và trong đó xi măng được bổ sung vào máy trộn qua đường ống xi măng bao gồm phần thứ nhất bao gồm máng xi măng cố định được nối với phần thứ hai bao gồm ống mềm dẻo được tạo kết cấu để cho phép xe tải chở vật liệu trộn sẵn di chuyển phễu trên xe tải chở vật liệu trộn sẵn vào trong ống mềm để ống mềm khớp vào phễu, cho phép xi măng và các thành phần khác đổ vào trong trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn qua ống mềm, trong đó đường ống thứ ba được đặt dọc theo phần thứ nhất của đường ống xi măng và đường ống thứ tư được đặt để tự di chuyển và điều hướng với phần thứ hai của đường ống xi măng.

27. Phương pháp theo điểm 26, trong đó cốt liệu được bổ sung vào máy trộn qua máng cốt liệu gần kề với máng xi măng cố định, và trong đó đặt phần thứ nhất của đường ống thứ ba để làm giảm tiếp xúc với cốt liệu khi nó thoát ra từ máng cốt liệu.

28. Phương pháp theo điểm 26, trong đó phần thứ nhất của đường ống thứ ba kéo dài đến đáy của phần thứ nhất của máng xi măng cố định và đường ống thứ tư được gắn vào đầu của đường ống thứ ba, và kéo dài từ đầu của đường ống thứ ba đến đáy của ống mềm cao su hoặc gần đáy của ống mềm cao su khi ống mềm cao su được đặt nằm trong phễu của xe tải chở vật liệu trộn sẵn.

29. Phương pháp theo điểm 28, trong đó đường ống thứ tư được đặt trong khoảng x cm, tính từ tâm của ống mềm cao su, tính trung bình, trong đó $x = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80$, hoặc 90 cm khi ống mềm cao su được đặt để tải các vật liệu bê tông vào trong trống trộn của xe tải chở vật liệu trộn sẵn.

Fig.1

