



(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)



1-0029345

(51)⁷ B08B 9/027; B08B 9/032

(13) B

(21) 1-2016-00864

(22) 22/07/2014

(86) PCT/DK2014/050230 22/07/2014

(87) WO 2015/018419 12/02/2015

(30) PA 2013 70438 08/08/2013 DK

(45) 25/09/2021 402

(43) 27/06/2016 339A

(73) OCEAN TEAM GROUP A/S (DK)

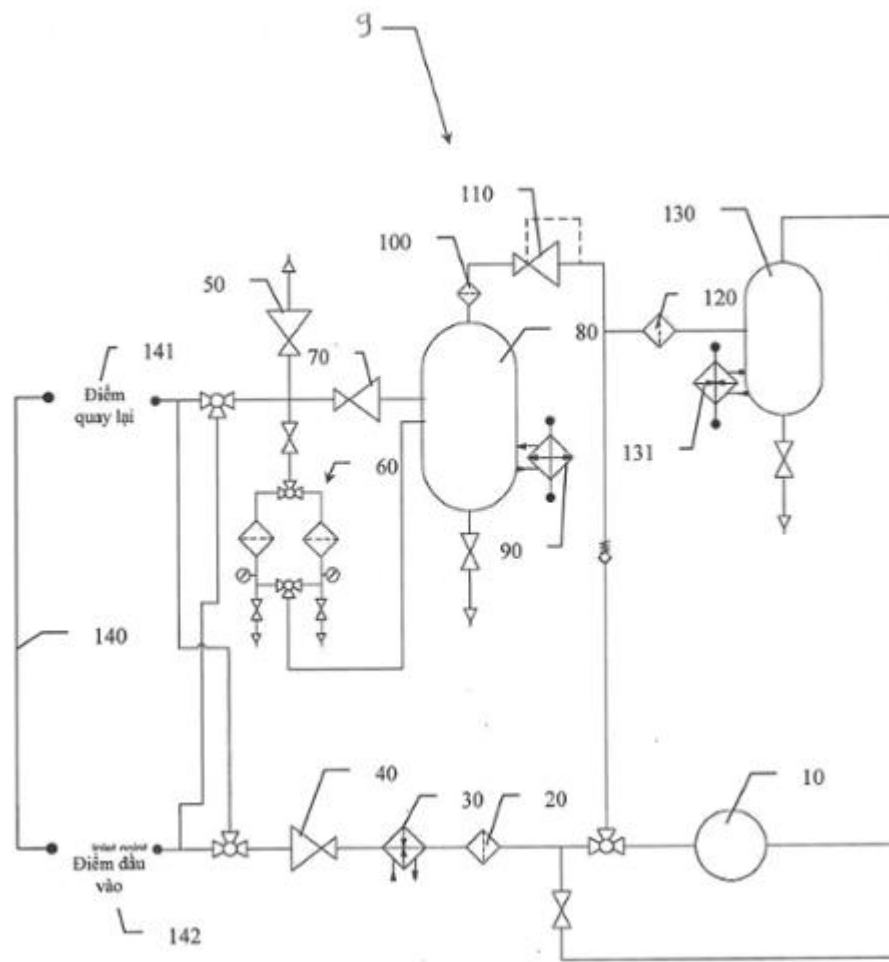
Vesterhavsgade 56, DK-6700 Esbjerg, Denmark

(72) THOMSEN, Jens Peder Høg (DK); LETH, Søren (DK); STENSTRUP, Martin Mose (DK).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP SÚC RỬA LÒNG CỦA ĐƯỜNG ỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG CO₂ Ở TRẠNG THÁI SIÊU TỐI HẠN ĐỂ LÀM SẠCH ĐƯỜNG ỐNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp súc rửa hệ thống đường ống và phương pháp sử dụng CO₂ siêu tới hạn để làm sạch đường ống dài, hẹp có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông và chiều dài lớn hơn 500 mét. Bước làm sạch được thực hiện bằng cách nạp lưu chất vào lòng của đường ống (140); tạo lưu chất (2) ở trạng thái siêu tới hạn (6) bên trong lòng ống; và sau đó, là bước súc rửa, trong khi lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn hoặc ở trạng thái lỏng, chuyển dịch lưu chất (2) trong lòng của đường ống (140) và ra khỏi lòng của đường ống ở tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt ra khỏi lòng ống.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp làm sạch đường ống, cụ thể là bằng cách súc rửa lòng của đường ống dài, hẹp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hệ thống đường ống dùng để dẫn chất đi qua ruột của các đường ống sẽ tích tụ các vật liệu hoặc các tạp chất không mong muốn trên thành của đường ống theo thời gian, các vật liệu hoặc các tạp chất không mong muốn này sẽ làm giảm khả năng vận chuyển lưu chất của đường ống. Tương tự, các vật liệu hoặc các tạp chất không mong muốn này sẽ hoặc có thể làm nhiễm bẩn lưu chất được vận chuyển qua hệ thống đường ống này, ví dụ dầu, mà cuối cùng có thể gây hại đến hoạt động của các van được gắn vào đường ống. Do đó, các vật liệu hoặc các tạp chất không mong muốn này sẽ làm giảm khả năng hoạt động hoặc theo cách trực tiếp thông qua việc làm giảm dòng chảy hoặc theo cách gián tiếp do cần phải bỏ công sức, thời gian và tài nguyên để duy trì hệ thống đường ống và các van gắn kèm ở một mức độ sạch có thể chấp nhận được.

Các hệ thống đường ống cụ thể là các hệ thống thủy lực như hệ thống được gọi là các dây huyết mạch được sử dụng trong ngành công nghiệp xa bờ. Các công trình lắp đặt có thể khác nhau về chiều dài, ví dụ dài vài kilômét, và nổi các trang thiết bị ở các khu công nghiệp, các công trình lắp đặt xa bờ, hoặc các công trình lắp đặt dưới biển, làm tăng thêm tính phức tạp của việc vận hành và duy trì công trình lắp đặt ở một mức độ sạch nhất định theo yêu cầu.

Trong trường hợp đặc biệt khi hệ thống đường ống thủy lực sử dụng lưu chất gốc dầu, các tạp chất hoặc chất bẩn tích tụ ở mặt trong của hệ thống đường ống thủy lực này thường là sáp hoặc dầu mỡ. Sáp hoặc dầu mỡ cũng thường có mặt trong các đường ống hoặc các cuộn ống mới và cần được loại bỏ trước khi lắp đặt. Theo cách khác, các tạp chất từ lưu chất, ví dụ dầu, được dẫn qua đường ống sẽ dính vào sáp hoặc dầu mỡ này. Các tạp chất này cũng có thể được vận chuyển vào trong các van được sử

dụng trong các công trình lắp đặt dưới biển sâu, dẫn đến nguy cơ bị lỗi chức năng, đó là lý do vì sao việc làm sạch các đường ống ở mức độ thích hợp trước khi lắp đặt vào trong các hệ thống này lại quan trọng.

Để làm sạch các hệ thống đường ống, đã có các đề xuất sử dụng dòng chảy rối trong các đường ống này bằng chất lỏng súc rửa và làm sạch. Dòng chảy rối hỗ trợ việc làm long các chất bẩn bám dính vào thành bên trong của đường ống và cuốn các chất bẩn này đi. Đơn yêu cầu cấp patent Anh số GB2323421 của Thomsen, đã được chuyển nhượng cho Ocean Team Scandinavia, mô tả hệ thống có các đường ống dẫn lưu chất được làm sạch bằng dòng chảy xung động. Theo tài liệu này, để tạo ra dòng chảy rối, số Reynolds ít nhất là 2.300 hoặc ít nhất là 3.000 được đề cập đến.

Khi hệ thống đường ống hẹp có chiều dài lớn thì sự sụt áp của lưu chất làm sạch khi đi qua toàn bộ đường ống sẽ làm mất tính chảy rối của dòng, do không giữ được tốc độ của dòng chảy ở mức đủ cao. Vấn đề này được bàn luận trong patent Mỹ số US5007444 của Sundholm; sự sụt áp trong đường ống dài hơn 200 m và có lòng ống hẹp là 10 mm gây trở ngại cho tốc độ súc rửa mà tạo ra dòng chảy rối, vì áp suất cần tại đầu vào của ống để bù lại mức tổn hao áp suất dọc theo đường ống và để tạo ra tốc độ dòng chảy cần thiết cần phải cao hơn áp suất mà đường ống thường chịu được. Để giải quyết vấn đề này, US5007444 đề xuất việc nạp khí cũng như chất lỏng súc rửa vào hệ thống đường ống sao cho các phần chất lỏng súc rửa trong đường ống được phân tách bởi các phần khí. Khí trong các cột xen kẽ giữa dầu và khí được nén lại để sau đó giãn nở khi mở van để tạo ra xung súc rửa mạnh trong toàn bộ hệ thống đường ống.

Tuy nhiên, mặc dù đã có nhiều giải pháp được đề xuất cho hệ thống ống dài, hẹp nhưng việc làm sạch thích hợp vẫn là vấn đề chưa được giải quyết thỏa đáng, vì vậy vẫn cần cải tiến giải pháp kỹ thuật đã biết.

Thông thường, dầu được sử dụng làm chất lỏng súc rửa và làm sạch. Để súc rửa và làm sạch hệ thống đường ống, thiết bị trao đổi nhiệt, thiết bị ngưng tụ và chất xúc tác, cacbon dioxit lỏng (LCO_2) hoặc cacbon dioxit siêu tới hạn (SCCO_2) đã được đề xuất trong giải pháp hữu ích của Đức số DE20113516U1 của Kipp. Như được minh họa trên các hình vẽ của DE20113516U1, LCO_2 hoặc SCCO_2 được dẫn vào trong đáy

của thiết bị trao đổi nhiệt và được xả ra thông qua van ở đỉnh trước khi được lọc dưới dạng khí và được tuần hoàn trở lại. Trong DE20113516U1, không có mô tả chi tiết về tốc độ dòng chảy hoặc áp suất ngoài áp suất và nhiệt độ cần để giữ cacbon dioxit (CO_2) ở trạng thái lỏng hoặc trạng thái siêu tới hạn. Tài liệu này giải thích rằng LCO_2 và SCCO_2 sẽ làm long các chất bẩn ra khỏi thành bên trong. Mặc dù phần mô tả trong tài liệu này cho biết rằng các chất bẩn được loại bỏ ra khỏi hệ thống và sau đó được lọc, nhưng dường như không có cân nhắc cụ thể nào được thực hiện về việc liệu các chất bẩn có thể thực sự được loại bỏ ra khỏi hệ thống trong thực tiễn hay không. Các tính toán về vấn đề này sẽ được giải thích chi tiết hơn dưới đây, cho thấy rằng hệ thống nêu trong tài liệu DE20113516U1 có thể không làm việc như mong đợi trong thực tiễn.

Trên hết, vẫn cần có các cải tiến trong lĩnh vực làm sạch đường ống.

Việc rửa các khoang bằng CO_2 siêu tới hạn được bộc lộ trong US2009/0107523 của Zorn. Khí CO_2 dùng làm lưu chất súc rửa trong tàu ngầm đã được bộc lộ trong đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP2151377 của Krummerich và các đồng tác giả. Việc sử dụng các lưu chất hydrocacbon để làm sạch hệ thống thiết bị xử lý hóa chất hoặc hydrocacbon đã được bộc lộ trong WO2003/103863. Việc làm sạch nền bằng SCCO_2 được bộc lộ trong WO2003/046065 của Bertram và các đồng tác giả.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp hoặc hệ thống có khả năng súc rửa và làm sạch hệ thống đường ống dài, ví dụ dài hơn 500 mét hoặc dài hơn 1000 mét, và có đường kính ống bên trong tương đối hẹp, ví dụ nhỏ hơn 10 mm hoặc nhỏ hơn 8 mm.

Mô tả sáng chế

Các đường ống của các hệ thống đường ống dài thường chứa sáp hoặc dầu mỡ từ quá trình ép đùn và sau đó thường được nhà sản xuất súc rửa sơ bộ bằng dầu thủy lực để làm sạch lòng ống, đặc biệt là để loại bỏ các chất bẩn dạng hạt ra khỏi phần bên trong lòng của đường ống. Dầu súc rửa sơ bộ được lọc, và khi dầu được lọc này trở nên sạch, thì đường ống được công nhận là sạch. Tuy nhiên, nghiên cứu về vấn đề này cho thấy rằng việc súc rửa sơ bộ bằng dầu làm sạch tạo ra dòng chảy phân tầng qua ống và

không đủ khả năng để loại bỏ chất bẩn như vậy ra khỏi thành của đường ống trong quá trình súc rửa sơ bộ. Điều này cho thấy nguy cơ là các chất bẩn dạng hạt sẽ được giải phóng ra khỏi thành của lòng ống ở giai đoạn sau trong quá trình hoạt động bình thường, mà lại có thể gây hại cho các van và trang thiết bị khác được nối với đường ống.

Để giải quyết các vấn đề và đạt mục đích nêu trên, tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu và các thí nghiệm với CO₂ ở trạng thái siêu tới hạn (SCCO₂) và trạng thái lỏng (LCO₂) khi được sử dụng để làm sạch các đường ống mà là một phần của hệ thống đường ống, hệ thống đường ống này tùy ý bao gồm thêm các bộ phận khác, như các van và các bộ phận nối, ngoài đường ống. CO₂ có nhiệt độ siêu tới hạn là T_{sc}=304,1 K (31°C) và áp suất siêu tới hạn là P_{sc}=72,8 atm. Đã phát hiện ra rằng tốc độ rơi của các hạt trong SCCO₂ rất cao do độ nhớt của SCCO₂ rất thấp, do đó dòng chảy dọc lên trên qua thiết bị trao đổi nhiệt, như được minh họa trong DE20113516U1, rất có thể không loại bỏ được bất kỳ hạt nào ra khỏi hệ thống. Ví dụ, đã phát hiện ra rằng tốc độ rơi của hạt có đường kính là 0,1 mm trong LCO₂ là khoảng 100 mm/giây, là hệ số lớn hơn 30 lần so với trong dầu súc rửa. Trong SCCO₂, do độ nhớt thấp hơn mười lần, nên thậm chí nó sẽ lớn hơn một bậc độ lớn. Hệ số kéo, thể hiện khả năng của lưu chất trong việc kéo các hạt đi theo trong quá trình chuyển dịch của chất lỏng trong LCO₂ thấp hơn hơn một hệ số bằng 1000 so với trong dầu súc rửa, do độ nhớt của LCO₂ thấp hơn hơn một bậc độ lớn so với độ nhớt của dầu súc rửa (15 cSt). Đối với SCCO₂, độ nhớt thấp hơn hơn hai bậc độ lớn, dẫn đến hệ số kéo thậm chí còn thấp hơn.

Vì vậy, từ cái nhìn đầu tiên, LCO₂ và đặc biệt là SCCO₂, mặc dù hữu dụng trong việc hòa tan các hydrocacbon trong đường ống, nhưng có vẻ như không phải là chất lỏng súc rửa hữu dụng để làm sạch hệ thống đường ống mà có các hạt tích tụ trong đó. Đặc biệt, trong hệ thống nêu trong DE20113516U1, các hạt có khả năng rơi xuống đáy của thiết bị trao đổi nhiệt chống lại dòng chảy của SCCO₂ do độ nhớt thấp của SCCO₂. Vì lý do này, hệ thống được đề xuất trong DE20113516U1 có vẻ như có thể là hữu dụng đối với các chất bẩn mà có thể hòa tan được bằng SCCO₂ hoặc LCO₂, nhưng không thể kỳ vọng là loại bỏ được các hạt ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt trong thực tiễn khi nghiên cứu vấn đề này chi tiết hơn. Vì vậy, không thể xem

DE20113516U1 là hệ thống hữu dụng cho việc súc rửa các hệ thống đường ống dài, hẹp chứa các hạt.

Dù ước đoán có vẻ tiêu cực về tính hữu ích của việc sử dụng, đặc biệt là, SCCO_2 để làm sạch hệ thống đường ống, nhưng các tác giả sáng chế đã phát triển giải pháp kỹ thuật trong đó SCCO_2 có thể được sử dụng cho việc làm sạch cũng như súc rửa các hệ thống đường ống dài, hẹp như vậy khi điều chỉnh các thông số nhiệt độ, áp suất và tốc độ súc rửa theo cách thích hợp. Điều này sẽ được làm rõ dưới đây.

Theo đó, mục đích này được giải quyết bằng phương pháp và hệ thống làm sạch như được làm rõ dưới đây.

Phương pháp này có thể được sử dụng trong việc súc rửa lòng của đường ống dài có đầu thứ nhất và đầu thứ hai và lòng ống hẹp giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai. Trong phần mô tả dưới đây, cần phải hiểu rằng lưu chất đi vào đầu thứ nhất và chảy từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai, tại đây lưu chất đi ra khỏi đường ống.

Thuật ngữ đường ống dài và hẹp cần được hiểu là đường ống có chiều dài và kích thước mặt cắt ngang bên trong, ví dụ đường kính lòng ống, mà tỷ lệ giữa chúng ít nhất là 50.000. Ví dụ, đường ống có chiều dài lớn hơn 500 mét hoặc lớn hơn 1000 mét hoặc lớn hơn 2000 mét và lòng ống có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông, nhỏ hơn 75 mm vuông hoặc nhỏ hơn 50 mm vuông, hoặc nhỏ hơn 30 mm vuông. Đối với đường ống có lòng ống có mặt cắt ngang hình tròn, thì đường kính nhỏ hơn 12 hoặc 10 hoặc 8 hoặc 6 mm. Đối với lòng ống không có dạng hình tròn, kích thước mặt cắt ngang là đường kính tương đương được tính bằng hai lần căn bậc hai của tỷ lệ giữa diện tích mặt cắt ngang và số $\text{Pi}=3,14$.

Ví dụ, lòng ống trong đường ống có mặt cắt ngang không đổi, ví dụ đường kính không đổi.

Phương pháp này bao gồm bước thứ nhất là nạp lưu chất vào lòng của đường ống tại đầu thứ nhất của đường ống. Ví dụ, lưu chất là chất lỏng hoặc khí đã được lọc sạch hoặc lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn. CO_2 là một ví dụ thuận lợi vì nó thân thiện với môi trường và không gây cháy nổ. Lưu chất này được cấp ở trạng thái siêu tới hạn vào bên trong lòng ống, ví dụ do lưu chất này đã được nạp vào lòng ống ở trạng thái siêu tới hạn qua đầu thứ nhất của đường ống. Theo cách khác, lưu chất được nạp vào

lòng ống ở trạng thái khí và sau đó được chuyển thành trạng thái siêu tới hạn bằng cách thay đổi áp suất và/hoặc nhiệt độ. Theo cách khác, lưu chất được nạp vào lòng ống tại đầu thứ nhất của đường ống ở trạng thái lỏng và sau đó được chuyển thành trạng thái siêu tới hạn bằng cách điều chỉnh nhiệt độ và/hoặc áp suất.

Khi ở trạng thái siêu tới hạn, lưu chất thực hiện chức năng làm sạch. Ví dụ, SCCO_2 hòa tan các hydrocacbon, như dầu mỡ và sáp, và các hóa chất khác ra khỏi thành bên trong của đường ống. Cũng như vậy, ứng suất ở thành bên trong của đường ống có thể làm cho vật liệu dạng hạt bị long ra sao cho nó tích tụ tự do rồi cuốn theo lưu chất bên trong lòng ống.

Để loại bỏ vật liệu cặn ra khỏi lòng ống, bước súc rửa cần phải được thực hiện. Đây là vấn đề quan trọng như đã được bàn luận ở trên, vì sự sụt áp trong lòng ống dọc theo đường ống dài có thể cản trở việc đạt được tốc độ dòng chảy đủ cao để có được dòng chảy rối. Dòng chảy phân tầng khi sử dụng SCCO_2 hoặc LCO_2 sẽ không loại bỏ được các hạt trong đường ống mà giữ chúng tích tụ theo cách lỏng lẻo trên các thành của đường ống, ví dụ đáy đường ống, đặc biệt là nếu dòng chảy không hướng xuống dưới theo chiều dọc. Ví dụ, điều kiện nêu sau đây được đáp ứng khi đường ống được làm sạch trước khi lắp đặt khi chúng được cung cấp dưới dạng cuộn ống.

Tuy nhiên, với lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn, việc súc rửa có thể được thực hiện ở tốc độ gây ra sự kéo các hạt dọc theo đường ống và nới lỏng thêm các hạt ra khỏi thành của lòng ống, khi lưu chất chuyển dịch trong lòng của đường ống với tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt dọc theo và ra khỏi lòng ống. Đối với CO_2 , trạng thái siêu tới hạn đã được chứng minh là có thể được sử dụng làm lưu chất súc rửa, nhưng cả trạng thái lỏng cũng có thể được sử dụng. Đối với các lưu chất khác, như sẽ được đề cập dưới đây, trạng thái siêu tới hạn thường được ưu tiên do độ nhớt thấp khi ở trạng thái siêu tới hạn, điều này ngụ ý đến mức sụt áp tương đối nhỏ dọc theo đường ống. Ngoài ra, trong trường hợp lưu chất là CO_2 , trạng thái siêu tới hạn của CO_2 (SCCO_2), so với trạng thái lỏng của CO_2 (LCO_2) là mạnh hơn trong việc giữ nguyên trạng thái mặc dù có các thay đổi nhỏ về nhiệt độ và áp suất, vì nó có thể được cung cấp ở nhiệt độ và áp suất nằm xa điểm nhiệt độ/áp suất siêu tới hạn.

Đối với LCO_2 , dòng chảy rối được kỳ vọng có số Reynolds ít nhất là 2.500, ví dụ ít nhất là 3.000. Số này rất giống với giá trị ước tính tương ứng cho dầu súc rửa. Đối với SCCO_2 , số Reynolds cho dòng chảy rối cao hơn khoảng mười lần, ví dụ ít nhất là 17.000 hoặc ít nhất là 20.000 hoặc do đó, ít nhất là 25.000. Các số này cũng được áp dụng cho các lưu chất siêu tới hạn khác được đề cập dưới đây.

Cần phải lưu ý rằng các dầu mạch ngắn, dầu mỡ và sáp được hòa tan trong LCO_2 hoặc trong SCCO_2 ở áp suất là 20 MPa (200 bar). Theo một số phương án, để loại bỏ các dầu như vậy ra khỏi lòng ống, áp suất được điều chỉnh đến ít nhất là giá trị này trong lòng ống tại đầu thứ hai để đảm bảo rằng tất cả các dầu được hòa tan dọc theo đường ống; vì vậy, áp suất tại đầu thứ nhất được chọn là cao hơn 20 MPa (200 bar) sao cho áp suất tại đầu thứ hai của ống vẫn ít nhất là 20 MPa (200 bar). Áp suất cao này có thể được sử dụng trong quá trình súc rửa bằng dòng chảy rối sao cho dầu cũng như vật liệu dạng hạt được loại bỏ ra khỏi lòng ống.

Theo cách khác, lòng ống được súc rửa ở áp suất đầu tiên là cao hơn 20 MPa (200 bar) để loại bỏ dầu, sau đó bước súc rửa bằng dòng chảy rối được thực hiện ở áp suất thấp hơn, ở đó vật liệu dạng hạt được loại bỏ ra khỏi lòng ống. Nếu dầu được loại bỏ trong bước thứ nhất ở áp suất cao này, thì áp suất không quá quan trọng đối với bước súc rửa bằng dòng chảy rối tiếp theo.

Ví dụ, LCO_2 được sử dụng ở áp suất cao hơn 20 MPa (200 bar) để loại bỏ dầu và dầu mỡ và sáp, sau đó nhiệt độ được làm tăng lên để đạt được SCCO_2 , và SCCO_2 được sử dụng để loại bỏ các hạt.

Thông qua nghiên cứu, đã phát hiện ra rằng dòng chảy rối có thể đạt được với tốc độ của lưu chất đi qua lòng ống ít nhất là 0,5 m/giây, ví dụ ít nhất là 1 m/giây hoặc ít nhất là 1,5 m/giây hoặc ít nhất là 2 m/giây. Tuy nhiên, điều này còn phụ thuộc vào mặt cắt ngang trong ống, và có khả năng đạt được tốc độ chảy rối với tốc độ thấp đến mức là 0,2 hoặc 0,3 m/giây.

Trong trường hợp SCCO_2 được nạp vào trong lòng ống dài và kéo dài vào trong nước biển, thì nhiệt độ của nước biển sẽ làm giảm nhiệt độ bên trong ống, điều này có thể làm thay đổi trạng thái siêu tới hạn thành trạng thái lỏng. Vì cần phải giữ CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn tương đối lâu bên trong lòng ống, nên tốc độ của CO_2

không được quá thấp. Đã phát hiện ra rằng tốc độ ít nhất là 1,5 m/giây là lựa chọn tốt trong các trường hợp như vậy, mặc dù tốc độ có thể thấp hơn hoặc cao hơn phụ thuộc vào các điều kiện xung quanh, ví dụ nước biển lạnh, mà gây ảnh hưởng đến sự giảm nhiệt độ. Ưu điểm của SCCO_2 so với LCO_2 là độ nhớt thấp hơn, cho phép lưu lượng dòng chảy qua ống cao hơn ở mức sụt áp tương đối thấp. Lưu lượng dòng chảy cao hơn này là một biện pháp tốt để chống lại sự giảm nhiệt độ sớm xuống dưới nhiệt độ tới hạn.

Để có được sự chuyển dịch thích hợp của các hạt bên trong lòng ống, thì tốc độ này cần cao hơn tốc độ rơi của các hạt trong lưu chất. Các hạt có thể có các kích thước khác nhau, với đường kính từ vài micromet đến vài trăm micromet; tốc độ của lưu chất đi qua lòng ống được cho là gần như tốt cần cao hơn tốc độ rơi của các hạt có kích thước là 15 micromet trong lưu chất.

Ví dụ, diện tích mặt cắt ngang của lòng ống là 30 mm vuông và chiều dài lớn hơn 1000 m; tốc độ của CO_2 đi qua đường ống trong bước súc rửa ít nhất là 0,5 m/giây, tùy ý ít nhất là 1,5 m/giây, và số Reynolds ít nhất là 2.500 nếu CO_2 ở trạng thái lỏng và ít nhất là 17.000, tùy ý ít nhất là 25.000, nếu CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn.

Để đảm bảo rằng CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn trong toàn bộ lòng ống từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai, cần phải đảm bảo rằng áp suất tại đầu thứ hai ít nhất là P_{sc} mà xung quanh giá trị 7,4 MPa (74 bar) ở áp suất khí quyển. Nếu tính đến sự sụt áp trong toàn bộ lòng ống, thì cần phải ước tính áp suất cần có tại đầu thứ nhất; ví dụ áp suất của lưu chất tại đầu thứ nhất hoặc đầu thứ hai cao hơn 20 MPa (200 bar). Nếu chiều dài là 3000 mét, thì áp suất cần cao hơn 30 MPa (300 bar) tại đầu thứ nhất. Để hệ thống có thể chống lại mạnh mẽ các thay đổi nhỏ về áp suất và nhiệt độ, thuận lợi nếu nhiệt độ tối thiểu và áp suất tối thiểu bên trong lòng ống, cũng như tại đầu thứ hai, đều phải cao hơn nhiệt độ và áp suất siêu tới hạn.

Theo một số phương án, lưu chất chảy vào trong lòng ống tại đầu thứ nhất và thoát ra khỏi lòng ống tại đầu thứ hai, và lưu chất này được tuần hoàn lại qua thiết bị lọc hạt giữa đầu thứ hai và đầu thứ nhất. Lưu chất đi qua thiết bị lọc hạt ở trạng thái khí hoặc ở trạng thái siêu tới hạn. Tùy ý, lưu chất được tuần hoàn lại liên tục qua lòng ống và thiết bị lọc, và áp suất được thay đổi luân phiên giữa giá trị thấp nhỏ hơn áp

suất siêu tới hạn và giá trị cao lớn hơn áp suất siêu tới hạn để thay đổi luân phiên giữa trạng thái lỏng và trạng thái siêu tới hạn của lưu chất trong lòng ống.

Ví dụ, đường ống được cung cấp trong bể chất lỏng trong khi lưu chất ở bên trong lòng ống; nhiệt độ của bể chất lỏng được điều chỉnh đến giá trị cao hơn nhiệt độ siêu tới hạn của lưu chất trước khi súc rửa và tùy ý trong khi súc rửa, trong trường hợp lưu chất được sử dụng để súc rửa khi ở trạng thái siêu tới hạn. Đặc biệt là đối với các đường ống trước khi lắp đặt xa bờ, mặc dù các đường ống vẫn được cuộn thành các cuộn ống, cuộn ống này có thể được nhấn chìm trong bể chất lỏng có điều khiển nhiệt độ để đảm bảo điều khiển thích hợp trạng thái của lưu chất bên trong lòng ống. Ngoài ra hoặc theo cách khác, các loại hệ thống gia nhiệt hoặc làm mát khác cũng có thể được sử dụng. Ví dụ, thiết bị trao đổi nhiệt làm mát hoặc gia nhiệt có thể được lắp đặt ở đầu thứ nhất hoặc đầu thứ hai của đường ống. Theo cách khác, hoặc ngoài ra, các phương tiện gia nhiệt có thể được bố trí xung quanh đường ống tại một hoặc nhiều vị trí để gia nhiệt lưu chất bên trong lòng ống.

Ví dụ, đường ống là đường ống dầu, thường là đường ống dầu mềm dẻo. Các đường cuộn ống dẻo này nối các công trình lắp đặt xa bờ với tàu thủy hoặc các loại tàu lớn khác thường được gọi là đường ống trung tâm. Một ví dụ cụ thể về đường ống dầu là đường ống được gọi là đường điều khiển, được sử dụng để điều khiển các van trong các đường ống vận chuyển chất hóa dầu. Vì vậy, theo một số phương án, phương pháp làm sạch được mô tả được sử dụng trong hệ thống đường ống mà nằm ít nhất một phần dưới mặt biển hoặc dưới mặt đất.

Mặt cắt ngang của hệ thống đường ống trong một trường hợp đơn giản có hình tròn với đường kính nhất định. Theo cách khác, mặt cắt ngang có thể có hình elip, dạng cong tự do, hoặc hình đa giác hoặc thậm chí là tổ hợp của các dạng hình này. Mặt cắt ngang có thể đồng nhất hoặc không đồng nhất dọc theo toàn bộ chiều dài của đường ống, mặc dù thông thường mặt cắt ngang sẽ đồng nhất. Đường ống có thể thẳng hoặc cong, ví dụ có một hoặc nhiều điểm uốn cong. Ví dụ, đường ống được làm bằng kim loại, như thép không gỉ hoặc các hợp kim của niken, hoặc tổ hợp của polyme/kim loại.

Tùy ý, đường ống có mặt cắt ngang hình tròn đều với đường kính trong bằng khoảng dưới 6 mm, ví dụ nhỏ hơn 4 mm, và chiều dài ít nhất là 2.000 m, ví dụ ít nhất là 3.000 m.

Ví dụ, đường ống có điểm uốn cong sao cho đầu thứ nhất và đầu thứ hai gần với nhau, ví dụ trong khoảng cách là một vài mét. Theo cách khác, đầu thứ nhất và đầu thứ hai ở xa nhau; một ví dụ là đầu thứ nhất nằm trên mực nước biển và đầu thứ hai nằm sâu dưới mặt biển hoặc thậm chí dưới mặt đất. Khi sử dụng CO₂, CO₂ được sử dụng có thể được giải phóng từ đầu thứ hai vào trong nước biển mà không gây hại đến môi trường. Trong trường hợp này, không có quá trình tuần hoàn lại, và không cần phải thực hiện việc lọc khí tuần hoàn lại, giúp đơn giản hóa hệ thống súc rửa. Đặc biệt, liên quan đến các đường điều khiển, việc súc rửa đường điều khiển có thể được thực hiện trong khi các van mà được điều khiển bằng áp suất trong đường điều khiển vẫn hoạt động bình thường kết hợp với đường vận chuyển dầu hoặc khí. Van xả chuyên dụng có thể được sử dụng để xả CO₂ theo cách có điều khiển về áp lực vào trong nước biển.

Trong một quy trình theo sáng chế, lưu chất được chuyển từ trạng thái siêu tới hạn đến trạng thái lỏng bằng cách lần lượt làm giảm nhiệt độ và/hoặc áp suất của lưu chất từ giá trị cao hơn đến giá trị thấp hơn nhiệt độ siêu tới hạn T_{sc} và áp suất siêu tới hạn P_{sc}.

Ví dụ, việc chuyển dịch lưu chất trong hệ thống đường ống được thực hiện bằng cách nạp thêm lưu chất vào hệ thống đường ống tại đầu thứ nhất và/hoặc loại bỏ lưu chất ra khỏi hệ thống đường ống tại đầu thứ hai. Theo cách khác, việc chuyển dịch lưu chất có thể được thực hiện bằng cách chèn một vật thể, gọi là thoi trượt, vào đường ống và di chuyển thoi trượt này ít nhất là một phần hoặc toàn phần trong hệ thống đường ống. Thoi trượt này được di chuyển cùng với lưu chất chảy qua đường ống.

Để đảm bảo sự tăng áp suất, các phương tiện dùng để làm tăng áp suất, ví dụ thiết bị nén hoặc bơm được bố trí nối vào hệ thống đường ống bằng các phương tiện ráp nối.

Như đã giải thích, mặc dù CO₂ có ưu điểm là an toàn đối với môi trường và không gây cháy nổ, nhưng về nguyên tắc các lưu chất khác cũng có thể được sử dụng

thay cho CO_2 . Tuy nhiên, thông thường các lưu chất khác không phải là nitơ (N_2) sẽ được sử dụng. Ví dụ về các lưu chất như vậy là các lưu chất hữu cơ có ít nhất hai trong số các nguyên tử cacbon, oxy và hydro. Các ví dụ được nêu dưới đây:

Propan, C_3H_8 , có $T_{\text{sc}}=369,8 \text{ K}$ (96°C) và $P_{\text{sc}}=41,9 \text{ atm}$. Phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên hầu hết các ứng dụng công nghiệp có nhiệt độ vận hành chỉ ngay dưới điểm sôi của nước.

Etan, C_2H_6 , có $T_{\text{sc}}=305,3 \text{ K}$ (32°C) và $P_{\text{sc}}=48,1 \text{ atm}$. Phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên nhiệt độ của biển và không khí tự nhiên, nhưng có áp suất thấp hơn, ví dụ, cacbon dioxit.

Etylen, C_2H_4 , có $T_{\text{sc}}=282,4 \text{ K}$ (9°C) và $P_{\text{sc}}=49,7 \text{ atm}$. Phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên điểm đóng băng của nước.

Metan, CH_4 , có $T_{\text{sc}}=190,4 \text{ K}$ ($-82,75^\circ\text{C}$) và $P_{\text{sc}}=45,4 \text{ atm}$. Phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên nhiệt độ vận hành ở nhiệt độ dưới 0 trong hầu hết các ứng dụng công nghiệp, như các ứng dụng làm lạnh sâu.

Etanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, có $T_{\text{sc}}=513,9 \text{ K}$ (241°C) và $P_{\text{sc}}=60,6 \text{ atm}$. Phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên nhiệt độ vận hành gần với điểm sôi của nước trong hầu hết các ứng dụng công nghiệp như các động cơ và hệ thống gia nhiệt.

Metanol, CH_3OH , có $T_{\text{sc}}=512,6 \text{ K}$ (239°C) và $P_{\text{sc}}=79,8 \text{ atm}$. Do đó, phương án này đề xuất lưu chất làm dung môi thích hợp để ở trạng thái siêu tới hạn, đi vào và đi ra khỏi trạng thái siêu tới hạn ở xung quanh nhiệt độ chỉ ngay trên nhiệt độ vận hành gần với điểm sôi của nước trong hầu hết các ứng dụng công nghiệp như các động cơ và hệ thống gia nhiệt, nhưng có áp suất cao hơn so với áp suất được yêu cầu đối với etanol.

Ví dụ, hệ thống súc rửa được đề xuất để súc rửa hệ thống đường ống bằng lưu chất theo chiều từ điểm đầu vào của hệ thống đường ống đến điểm hồi về của hệ thống đường ống, điểm đầu vào này được nối dòng lưu chất với đầu thứ nhất của đường ống và điểm hồi về được nối dòng lưu chất với đầu thứ hai của đường ống sao cho đường ống là một phần của hệ thống đường ống, hệ thống đường ống này có thể bao gồm các thiết bị khác nữa, như các bộ phận nối và các van. Hệ thống có thể được sử dụng để tuần hoàn lại lưu chất đi qua đường ống. Hệ thống này bao gồm các thiết bị nêu dưới đây:

- thiết bị nén dùng để làm thay đổi áp suất của lưu chất,
- thiết bị gia nhiệt dùng để điều khiển nhiệt độ của lưu chất trước điểm đầu vào,
- thùng súc rửa dùng để nhận chất lỏng hồi về từ hệ thống đường ống,
- thùng chứa dùng để lưu trữ lưu chất và để cấp cho thiết bị nén sau điểm hồi về,
- phương tiện nối tại điểm đầu vào và điểm đầu ra để nối với hệ thống đường ống sao cho lưu chất có thể đi vào hệ thống đường ống tại điểm đầu vào, chảy qua đường ống trong hệ thống đường ống, và hồi về hệ thống súc rửa tại điểm hồi về trước khi có thể tuần hoàn lại, và có
- các bộ phận nối giữa các thiết bị này.

Nhờ đó, lưu chất có thể tồn tại trong lòng của đường ống trong hệ thống đường ống ở trạng thái siêu tới hạn và ít nhất là một phần của lưu chất có thể chuyển từ trạng thái siêu tới hạn sang trạng thái lỏng hoặc trạng thái khí, và lưu chất có thể được chuyển dịch trong lòng của đường ống.

Cần hiểu rằng thuật ngữ thiết bị nén là bơm hoặc phương tiện bất kỳ khác dùng để làm tăng áp suất. Tương tự, thiết bị gia nhiệt dùng để điều khiển nhiệt độ có thể bao gồm thiết bị làm mát để điều chỉnh nhiệt độ.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống súc rửa còn bao gồm hệ thống bộ lọc mẫu được đặt sau điểm hồi về của hệ thống đường ống và được tạo cấu hình để lấy

mẫu lưu chất hồi về để xác định các tạp chất và chất bẩn đã được làm sạch ra khỏi hệ thống đường ống.

Theo các phương án khác của sáng chế, thùng súc rửa có bộ phận làm mát để điều chỉnh nhiệt độ của lưu chất hồi về trước khi xử lý lưu chất và tuần hoàn lại lưu chất. Theo một phương án cụ thể, bộ phận làm mát được tạo cấu hình theo độ lớn, tức là thể tích, của thùng súc rửa và nhiệt độ tới hạn của lưu chất cụ thể để đảm bảo rằng lưu chất trong thùng súc rửa có thể được giữ ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn của lưu chất cụ thể này. Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật này sẽ có thể dễ dàng tái tạo cấu hình bộ phận làm mát hoặc bổ sung hoặc loại bỏ các thiết bị làm mát theo kinh nghiệm có được khi vận hành hệ thống súc rửa trong thực tiễn.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống súc rửa còn bao gồm ít nhất một bộ lọc mẫu hoặc hệ thống bộ lọc mẫu được bố trí giữa điểm hồi về và thùng súc rửa. Nhờ đó, hệ thống súc rửa cho phép đo được độ sạch của lưu chất hồi về và nhờ đó dễ dàng thu được thông tin về độ sạch của hệ thống đường ống.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống súc rửa bao gồm ít nhất một van giãn nở trước điểm đầu vào và/hoặc ít nhất là một van giãn nở sau điểm hồi về.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống súc rửa bao gồm bộ điều khiển có phương tiện kết nối với ít nhất một trong số các bộ phận đã nêu.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả có tham khảo đến các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 thể hiện đồ thị trạng thái của lưu chất, và

Fig.2 thể hiện sơ đồ của hệ thống súc rửa dùng để súc rửa hệ thống đường ống bằng lưu chất như CO₂ ở trạng thái siêu tới hạn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện đồ thị trạng thái nhiệt độ-áp suất (TP) 1 của lưu chất 2. Lưu chất 2 có thể ở trạng thái rắn 3, trạng thái khí 4, trạng thái lỏng 5 hoặc trạng thái siêu tới hạn 6. Giao điểm giữa trạng thái rắn 3, trạng thái khí 4 và trạng thái lỏng 5 xác định điểm ba trạng thái ở nhiệt độ T_T và áp suất P_T . Tương tự, giao điểm giữa trạng thái khí

3, trạng thái lỏng 5 và trạng thái siêu tới hạn 6 xác định điểm tới hạn ở nhiệt độ T_{sc} và áp suất P_{sc} .

Fig.2 thể hiện sơ đồ theo một phương án của hệ thống súc rửa 9 dùng để làm sạch hệ thống đường ống 140 bằng CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn và súc rửa hệ thống đường ống 140 bằng CO_2 ở trạng thái siêu tới hạn và có thể là trạng thái lỏng. Hệ thống súc rửa 9 dùng lưu chất và ở trạng thái siêu tới hạn được bọc bọc gồm thiết bị nén 10 dùng để nén lưu chất như CO_2 ở áp suất từ 6,5 MPa (65 bar) đến 60 MPa (600 bar) và nhờ đó chuyển hóa lưu chất từ pha khí sang pha lỏng hoặc pha siêu tới hạn. Thiết bị nén 10 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào bộ lọc 20 để lọc ra các chất bẩn trong hệ thống và nhờ đó đạt được mức độ sạch thích hợp. Bộ lọc 20 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào bộ phận gia nhiệt 30 để điều khiển nhiệt độ. Bộ phận gia nhiệt 30 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào van giãn nở 40 để điều tiết lưu chất trong hệ thống và nhờ đó điều khiển các tùy chọn dòng chảy khác nhau. Van giãn nở 40 được nối bằng đường ống thép không gỉ với điểm đầu vào của hệ thống đường ống 140 cần được súc rửa. Hệ thống đường ống 140 bao gồm đường ống dài, hẹp và có thể bao gồm các bộ phận nối và các van khi cần và thích hợp. Phía sau hệ thống đường ống 140, điểm hồi về nối với hệ thống súc rửa 9.

Ví dụ, hệ thống đường ống 140 bao gồm đường ống có chiều dài lớn hơn 500 m, ví dụ ít nhất là 1000, ít nhất là 2000, hoặc ít nhất là 3000 m, hoặc thậm chí ít nhất là 4000 m, như khoảng 5000 m, và với lòng ống có mặt cắt ngang nhỏ hơn 75 hoặc nhỏ hơn 50 hoặc nhỏ hơn 30 mm vuông.

Van giãn nở thứ hai 50 được trang bị để khử khí cho hệ thống 9 và nhờ đó có thể xả cạn toàn bộ hệ thống đường ống 140 đã được súc rửa. Van giãn nở 50 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào hệ thống lấy mẫu lọc 60 mà từ đó các mẫu CO_2 có thể được lấy ra để đo mức độ sạch bên trong hệ thống đường ống 140 đã được súc rửa. Hệ thống lấy mẫu lọc 60 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào van giãn nở thứ ba 70 được sử dụng để làm giãn nở lưu chất vào thùng súc rửa 80, bể này nhận CO_2 giãn nở từ 7,5 MPa (75 bar) đến 7 MPa (70 bar) và nhiệt độ từ 108°C đến 28,7°C và nhờ đó thu được tất cả dầu mỡ đã được hòa tan và các hạt lớn hơn. Thùng súc rửa được nối bằng đường ống thép không gỉ vào thiết bị làm mát 90 để ngưng tụ CO_2 giãn nở và nhờ đó điều khiển áp suất trong thùng 80. Thiết bị làm mát 90 được nối bằng đường

ống thép không gỉ vào thùng súc rửa 80. Bộ lọc cacbon 10 được sử dụng để lọc ra các hydrocacbon trong khí và nhờ đó đảm bảo được khí sạch ổn định bên trong hệ thống. Bộ lọc cacbon 100 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào van giãn nở thứ tư 110 để điều tiết khí trong hệ thống và nhờ đó điều khiển được các tùy chọn dòng chảy khác nhau. Van giãn nở thứ tư 110 được nối vào bộ lọc khí 120 để lọc ra các chất bẩn có trong khí và nhờ đó thu được mức độ sạch thích hợp của khí. Bộ lọc khí 120 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào thùng chứa 130, ví dụ để nhận khí giãn nở từ 7 MPa (70 bar) đến 6,5 MPa (65 bar) và nhiệt độ từ 28,7°C đến 25,5°C và nhờ đó đảm bảo đủ lượng khí cho thiết bị nén. Thùng chứa 130 được nối bằng đường ống thép không gỉ vào bộ phận gia nhiệt 131 để điều khiển nhiệt độ trong thùng chứa 130 và nhờ đó đảm bảo được môi trường khí bên trong thùng chứa 130. Thùng chứa 130 cũng được nối với thiết bị nén 10 để tuần hoàn lại.

Hệ thống súc rửa 9 và hệ thống đường ống 140 theo phương án này tạo thành hệ thống khép kín cho phép súc rửa hệ thống đường ống 140.

Phương án chi tiết được thể hiện và các thông số được bộc lộ là cho hệ thống súc rửa sử dụng CO₂ làm lưu chất súc rửa. Tuy nhiên, lưu chất súc rửa khác với các giá trị siêu tới hạn khác cũng có thể được sử dụng, và hệ thống sẽ được điều chỉnh theo cách phù hợp.

Các thí nghiệm được thực hiện đối với đường ống loại 0,64 cm (¼ inso) có đường kính trong là 0,13 cm (0,05 inso) và chiều dài là 145 m. Đường ống này được cung cấp ở trạng thái mới và sạch từ nhà sản xuất và được cung cấp dưới dạng cuộn ống có đường kính xấp xỉ 0,5 m. Như được đề cập trong phần giới thiệu, các cuộn ống này được súc rửa sơ bộ bằng dầu thủy lực để tạo ra các ống có vẻ sạch. Tuy nhiên, trong thực tế, lòng của các ống này không được làm sạch đủ. Một thực tế là việc làm sạch thêm là hữu ích được thể hiện trong thí nghiệm nêu dưới đây.

Trong quá trình súc rửa, các giá trị thông số đối với áp suất đầu vào, lưu lượng dòng chảy cùng với nhiệt độ đầu vào và đầu ra được đo cũng như với áp suất chênh lệch trong quá trình súc rửa bằng SCCO₂ qua ống. Mức sụt áp theo chiều dài cuộn ống được đo ở các điều kiện dòng chảy khác nhau. Bảng dưới đây thể hiện các thông số từ hai phép đo.

Dòng CO ₂			t _{vào}	t _{ra}	N _{Re}	dp _{đo được}
kg/giờ	kg/m ² giây	m/giây	°C	°C		Bar
21	498	0,60	83	50	30.000	≈ 8 - 10 (0,8 - 1,0 MPa)
64	1.518	2,27	83	60	105.000	≈ 15 - 20 (1,5 - 2,0 MPa)

Nhiệt độ t_{vào} tại đầu thứ nhất của đường ống và nhiệt độ t_{ra} tại đầu thứ hai của đường ống nằm trong vùng nhiệt độ đối với SCCO₂ và áp suất cũng vậy, xung quanh 25 MPa (250 bar) tại đầu thứ nhất. Mức sụt áp dp_{đo được} thấp từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai của đường ống một phần là do độ nhớt thấp của SCCO₂. Số Reynolds N_{Re} tính toán được được thể hiện trong bảng. Áp suất cao hơn 20 MPa (200 bar) tại đầu thứ hai làm cho dầu hòa tan trong SCCO₂ và do đó cũng được súc rửa ra khỏi lòng ống. Khi dầu được súc rửa ra, các hạt cũng được loại bỏ dễ dàng ra khỏi các thành của lòng ống. Trong quá trình súc rửa, các mẫu được lấy từ SCCO₂ và được lọc. Các bộ lọc cho thấy sự nhiễm bẩn đáng kể từ các mẫu này. Nhiều hạt mà được súc rửa ra khỏi đường ống có thể nhìn thấy bằng mắt. Trong các chu kỳ súc rửa tiếp theo, các bộ lọc được thay đổi để làm giảm kích thước lỗ. Sau lần súc rửa cuối cùng với bộ lọc có kích thước lỗ là 1 micromet, kết luận được rằng mức độ sạch theo tiêu chuẩn National Aerospace Standard (NAS) 1638 cấp 4 đạt được nhờ việc súc rửa bằng SCCO₂. Quá trình súc rửa tiếp theo bằng LCO₂ làm đối chứng thể hiện độ sạch NAS 1638 cấp 2, là mức độ sạch rất cao.

Do mức sụt áp thấp đối với SCCO₂ nên hệ thống rất mạnh ở khía cạnh là nó duy trì được các điều kiện súc rửa theo thông số ổn định về tốc độ, áp suất và tính chảy rối ngoài các điều kiện về áp suất đối với dầu được hòa tan trong SCCO₂.

Đối với các trường hợp khi đường ống được đặt trong nước biển và được làm mát bằng nước biển qua thành đường ống, nhiệt độ có thể giảm đến mức không thể duy trì được trạng thái siêu tới hạn dọc theo toàn bộ đường ống. Trong trường hợp như vậy, khi CO₂ chuyển thành dạng lỏng, các thay đổi về mức tổn hao áp suất và tốc độ bên trong lòng ống sẽ xảy ra. Tuy nhiên, sẽ vẫn có thể súc rửa, mặc dù các thông số sẽ phải được điều chỉnh. Ví dụ, mức tổn hao áp suất sẽ cao hơn do độ nhớt cao hơn, và áp suất đầu vào sẽ phải được chọn cao hơn theo cách tương ứng. Để giữ CO₂ ở trạng thái siêu

tới hạn lâu nhất có thể theo chiều dài đường ống, thì tốc độ dòng chảy cần được điều chỉnh tương đối cao.

Kết luận là, việc sử dụng SCCO₂ để súc rửa đường ống cho kết quả tốt hơn việc súc rửa bằng LCO₂. Điều này một phần là do độ nhớt thấp hơn trên thực tế, vì độ nhớt thấp hơn sẽ cho phép tốc độ dòng chảy cao hơn ở mức tổn hao áp suất giảm so với LCO₂. Điều này có lợi về mặt kinh tế và trong thực tiễn khi súc rửa. Mức tổn hao áp suất giảm lại có thể giúp giữ áp suất tại đầu thứ hai của các đường ống thậm chí rất dài (thậm chí là dài vài kilômét) cao hơn 20 MPa (200 bar) mà không vượt quá áp suất an toàn tại đầu thứ nhất; áp suất 20 MPa (200 bar) của SCCO₂ là thuận lợi để hòa tan dầu và loại bỏ dầu ra khỏi lòng của đường ống.

Danh mục các số chỉ dẫn

- 1 Đồ thị trạng thái
- 2 Lưu chất
- 3 Trạng thái rắn
- 4 Trạng thái khí
- 5 Trạng thái lỏng
- 6 Trạng thái siêu tới hạn (SC: supercritical)
- 7 Súc rửa
- 8 Súc rửa thay đổi luân phiên
- 9 Hệ thống súc rửa
- 10 Thiết bị nén
- 20 Bộ lọc
- 30 Bộ phận gia nhiệt
- 40 Van giãn nở thứ nhất
- 50 Van giãn nở thứ hai
- 60 Hệ thống lấy mẫu lọc
- 70 Van giãn nở thứ ba

80 Thùng súc rửa

90 Thiết bị làm mát

100 Bộ lọc cacbon

110 Van giãn nở thứ tư

120 Bộ lọc khí

130 Thùng chứa

131 Bộ phận gia nhiệt

140 Hệ thống đường ống

141 Điểm đầu vào

142 Điểm hồi về

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp súc rửa lòng của đường ống dài, hẹp có đầu thứ nhất và đầu thứ hai và lòng giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai của đường ống, phương pháp này bao gồm các bước:

- nạp lưu chất vào lòng của đường ống, lòng ống này có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông và chiều dài lớn hơn 500 mét;

- tạo lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn bên trong lòng ống;

- sau đó, là bước súc rửa, khi lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn hoặc ở trạng thái lỏng, chuyển dịch lưu chất trong lòng của đường ống và ra khỏi lòng của đường ống ở tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt ra khỏi lòng ống.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước chuyển dịch được thực hiện với số Reynolds ít nhất là 2.500 nếu lưu chất ở trạng thái lỏng và ít nhất là 17.000, nếu lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước chuyển dịch được thực hiện ở tốc độ ít nhất là 0,5 m/giây.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó lưu chất là CO₂.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó diện tích mặt cắt ngang của lòng ống nhỏ hơn 30 mm vuông, và chiều dài lớn hơn 1000 m, tốc độ của lưu chất đi qua đường ống trong bước súc rửa ít nhất là 0,5 m/giây, và số Reynolds ít nhất là 2.500 nếu lưu chất ở trạng thái lỏng và ít nhất là 17.000, nếu lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn, trong đó áp suất của lưu chất tại đầu thứ nhất là cao hơn 20 MPa (200 bar).

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này bao gồm bước nạp lưu chất ở trạng thái khí vào trong lòng ống, chuyển lưu chất sang trạng thái siêu tới hạn bằng cách làm tăng nhiệt độ và/hoặc áp suất của lưu chất đến vượt quá điểm tới hạn (T_{sc}, P_{sc}) để đạt được trạng thái siêu tới hạn.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó bước súc rửa được thực hiện bằng lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn.

8. Phương pháp súc rửa lòng của đường ống dài, hẹp có đầu thứ nhất và đầu thứ hai và lòng giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai của đường ống, phương pháp này bao gồm các bước:

 nạp lưu chất vào lòng của đường ống, lòng ống này có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông và chiều dài lớn hơn 500 mét;

 tạo lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn bên trong lòng ống;

 sau đó, là bước súc rửa, khi lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn hoặc ở trạng thái lỏng, chuyển dịch lưu chất trong lòng của đường ống và ra khỏi lòng của đường ống ở tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt ra khỏi lòng ống;

 trong đó phương pháp này bao gồm bước nạp lưu chất ở trạng thái khí vào trong lòng ống, chuyển lưu chất thành trạng thái siêu tới hạn bằng cách làm tăng nhiệt độ và/hoặc áp suất của lưu chất vượt quá điểm tới hạn (T_{sc} , P_{sc}) để đạt được trạng thái siêu tới hạn,

 trong đó lưu chất chảy vào trong lòng ống tại đầu thứ nhất và thoát ra khỏi lòng ống tại đầu thứ hai, và lưu chất này được tuần hoàn lại qua thiết bị lọc hạt giữa đầu thứ hai và đầu thứ nhất, trong đó lưu chất đi qua thiết bị lọc hạt ở trạng thái khí hoặc ở trạng thái siêu tới hạn.

9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó lưu chất được tuần hoàn lại liên tục qua lòng ống và bộ lọc, và áp suất của lưu chất bên trong lòng ống được thay đổi luân phiên giữa giá trị thấp dưới áp suất siêu tới hạn và giá trị cao trên áp suất siêu tới hạn để thay đổi luân phiên giữa trạng thái lỏng và trạng thái siêu tới hạn của lưu chất bên trong lòng ống.

10. Phương pháp súc rửa lòng của đường ống dài, hẹp có đầu thứ nhất và đầu thứ hai và lòng giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai của đường ống, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

 nạp lưu chất vào lòng của đường ống, lòng ống này có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông và chiều dài lớn hơn 500 mét;

 tạo lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn bên trong lòng ống;

sau đó, là bước súc rửa, khi lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn hoặc ở trạng thái lỏng, chuyển dịch lưu chất trong lòng của đường ống và ra khỏi lòng của đường ống ở tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt ra khỏi lòng ống;

phương pháp này còn bao gồm bước đặt đường ống vào trong bể chất lỏng trong khi lưu chất ở bên trong lòng ống; điều khiển nhiệt độ của bể chất lỏng đến cao hơn nhiệt độ siêu tới hạn của lưu chất trước khi súc rửa và tùy ý trong khi súc rửa.

11. Phương pháp theo điểm 1, trong đó áp suất của lưu chất trong lòng ống tại đầu thứ nhất của đường ống cao hơn 20 MPa (200 bar) và, theo cách tùy ý cũng như vậy tại đầu thứ hai.

12. Phương pháp sử dụng CO₂ ở trạng thái siêu tới hạn để làm sạch đường ống có chiều dài lớn hơn 500 mét và lòng ống có diện tích mặt cắt ngang nhỏ hơn 100 mm vuông, trong đó ống được cung cấp dưới dạng cuộn ống trước khi lắp đặt xa bờ, phương pháp này bao gồm các bước:

cung cấp CO₂ ở trạng thái siêu tới hạn vào bên trong lòng ống;

sau đó, là bước súc rửa, khi CO₂ ở trạng thái siêu tới hạn hoặc ở trạng thái lỏng, chuyển dịch CO₂ trong lòng của đường ống và ra khỏi lòng của đường ống ở tốc độ tạo ra dòng chảy rối của lưu chất, nhờ đó súc rửa các hạt ra khỏi lòng ống.

13. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lưu chất chảy vào trong lòng ống tại đầu thứ nhất và thoát ra khỏi lòng ống tại đầu thứ hai, và lưu chất này được tuần hoàn lại qua thiết bị lọc hạt giữa đầu thứ hai và đầu thứ nhất, trong đó lưu chất đi qua thiết bị lọc hạt ở trạng thái khí hoặc ở trạng thái siêu tới hạn.

14. Phương pháp theo điểm 2, trong đó bước chuyển dịch được thực hiện với số Reynolds ít nhất là 25.000, nếu lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn.

15. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước chuyển dịch được thực hiện ở tốc độ ít nhất là 1,5 m/giây.

16. Phương pháp theo điểm 5, trong đó tốc độ của lưu chất qua đường ống trong bước súc rửa ít nhất là 1,5 m/giây.

17. Phương pháp theo điểm 5, trong đó số Reynolds ít nhất là 25.000, nếu lưu chất ở trạng thái siêu tới hạn.

Fig. 1

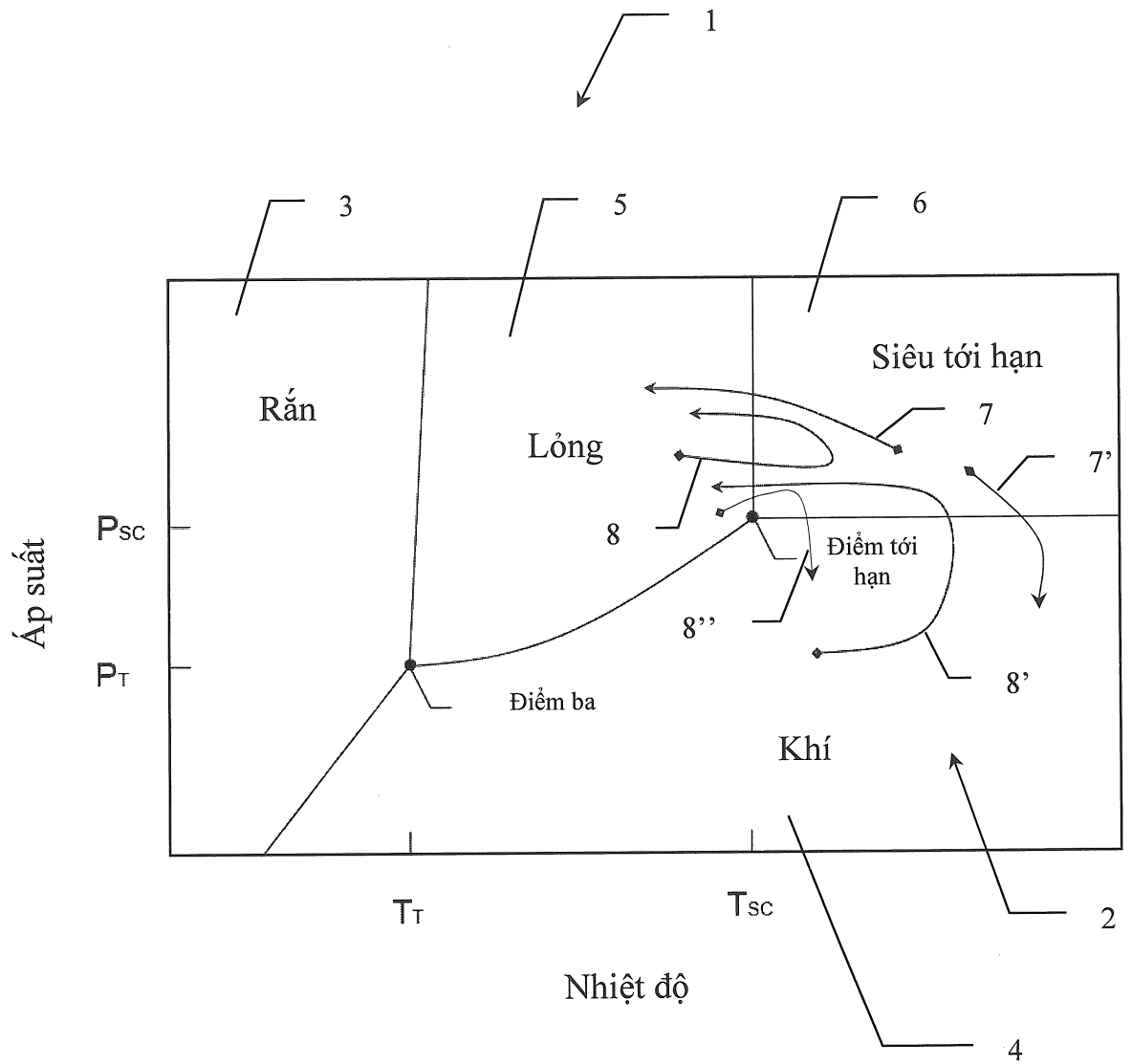


Fig. 2

