



(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)



1-0029055

(51)⁷ B01D 53/50; C02F 1/24; C02F 1/20;
B01D 53/14; B01D 53/77

(13) B

(21) 1-2016-02786

(22) 26/12/2014

(86) PCT/JP2014/084687 26/12/2014

(87) WO 2015/099171 A1 02/07/2015

(30) 2013-273546 27/12/2013 JP

(45) 25/08/2021 401

(43) 26/09/2016 342A

(73) KUBOTA KASUI CORPORATION (JP)

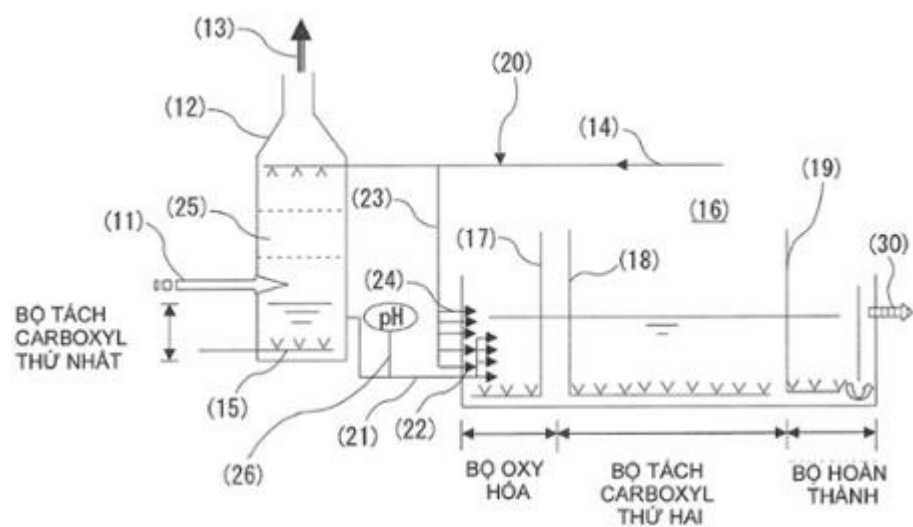
3-18-21, Kaigan, Minato-ku, Tokyo 108-0022, Japan

(72) HARIMOTO, Takayoshi (JP); OIKAWA, Katsuo (JP); CHATURONG, Yongsiri (TH); SUEMITSU, Kenichi (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP KHỬ LƯU HUỖNH TỪ KHÍ THẢI CHỨA KHÍ AXIT
SULFURƠ VÀ THIẾT BỊ KHỬ LƯU HUỖNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị có tính kinh tế và thiết thực để khử lưu huỳnh bằng nước biển có sự tác động đến môi trường thấp, và do đó sáng chế có thể làm giảm đáng kể chi phí cho thiết bị và chi phí vận hành. Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm: bước hấp thụ khí axit sulfuro trong đó nước biển được đưa vào tháp khử lưu huỳnh (12) từ khí thải, nước biển tiếp xúc khí - lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, khí axit sulfuro trong khí thải được hấp thụ vào nước biển, và sau khi hấp thụ vào nước biển, khí thải được đưa vào tháp khử lưu huỳnh (12) từ khí thải; bước khử cacbon thứ nhất để khử cacbon của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro; bước oxy hóa để oxy hóa các ion hydro trong axit sulfuro trong nước biển sau bước khử cacbon thứ nhất; và bước trộn để trộn nước biển không được khử lưu huỳnh vào nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro, trước bước oxy hóa. Trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn là $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều chỉnh trên cơ sở trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro và thiết bị khử lưu huỳnh. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải, khí thải này được thoát ra từ lò hơi và tương tự trong nhà máy nhiệt điện chẳng hạn như nhà máy điện đốt than hoặc nhà máy điện đốt dầu nặng, trong đó có sử dụng nước biển.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Lưu huỳnh có trong các nhiên liệu hóa thạch có khả năng gây ra sự ô nhiễm không khí nghiêm trọng do kết quả của sự hình thành khí axit sulfuro (lưu huỳnh đioxit), đó là nguyên nhân chính của mưa axit, và các khí tương tự sinh ra trong quá trình đốt cháy, và sự giải phóng khí axit sulfuro vào khí quyển. Hiện tại, các thiết bị và các quy trình khử lưu huỳnh từ khí thải khác nhau đang được sử dụng để làm giảm khí axit sulfuro thoát ra, và cụ thể ở các nhà máy điện được đặt gần các bờ biển, các thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển được sử dụng rộng rãi vì chúng có lợi thế là có thể thực hiện việc khử lưu huỳnh nhờ sử dụng nước biển để làm mát các lò hơi và thiết bị khác.

Năm 1972, A. Bromley (tài liệu phi sáng chế 1) đã chứng minh rằng tốc độ khử lưu huỳnh từ 90% đến 99% có thể đạt được bằng cách hấp thụ khí axit sulfuro nhờ sử dụng nước biển trên cơ sở dữ liệu gốc từ thiết bị khử lưu huỳnh thí điểm ở dạng hệ thống phun và hệ thống đóng kín. Hơn nữa, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ dữ liệu hấp thụ khử lưu huỳnh dùng nước biển thu được nhờ sử dụng hệ thống tiếp xúc khí-lỏng loại đóng kín, các tốc độ oxy hóa của axit sulfuro có trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit được sử dụng để khử lưu huỳnh nhận được từ sự sục khí, và dữ liệu khôi phục trị số pH nước biển được tạo ra như kết quả của sự tách carboxyl. Với phương pháp này, mặc dù việc tăng các chi phí năng lượng để chuyển nước biển đến tháp khử lưu huỳnh là không thể tránh khỏi vì hệ thống được ứng dụng để chuyển toàn bộ lượng nước biển qua tháp

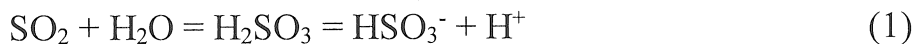
khử lưu huỳnh, sự oxy hóa của các sulfite bằng cách sục khí và sự khôi phục trị số pH bằng cách tách carboxyl được chỉ ra là khả thi. Sau đó, quy trình Flakt-Hydro được đề xuất trong đó nước biển khử lưu huỳnh có tính axit được trộn với nước biển không khử lưu huỳnh, sau đó được sục khí (tài liệu phi sáng chế 2). Quy trình trong tài liệu sáng chế 2 bao gồm bước trộn nước biển khử lưu huỳnh có tính axit với nước biển không khử lưu huỳnh, sau đó được sục khí, ngoài việc đã được chỉ ra là có nhược điểm vì cần các chi phí năng lượng đáng kể cho sự sục khí, hệ thống được đề xuất trong đó nước biển khử lưu huỳnh có trong tháp khử lưu huỳnh được sục khí trong khi điều khiển trị số pH giữa 4 và 5.

Ngoài ra, việc điều khiển trị số pH ở bước tách carboxyl thông thường được thực hiện bằng cách đo trị số pH trong quá trình xử lý và sau đó điều chỉnh lượng nước biển được trộn và lượng sục khí sử dụng sự điều khiển hồi tiếp. Mặc dù một vài hệ thống điều khiển hồi tiếp điều chỉnh đầu ra sử dụng các phép tính toán phức tạp, với quy tắc chung, khi nhiễu xuất hiện, mà nhiễu không thể được hiệu chỉnh cho đến sau khi những ảnh hưởng của nhiễu đã xuất hiện, và xu hướng này trở nên rõ ràng hơn khi kích thước thiết bị trở nên lớn hơn.

Các thiết bị tiếp xúc khí-lỏng khác nhau chẳng hạn như tháp tấm được đục lỗ, tháp đóng kín hoặc tháp phun được sử dụng trong các bộ phận hấp thụ khí-lỏng của các thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải dùng nước biển. Nguyên lý cơ bản của các quy trình khử lưu huỳnh dùng nước biển chủ yếu bao gồm việc ứng dụng các thành phần kiềm (các ion hydro cacbonat) có trong nước biển để làm sạch và trung hòa chất có tính axit ở dạng lưu huỳnh đioxit có trong khí thải. So với các phương pháp khử lưu huỳnh ướt khác như phương pháp thạch cao-đá vôi hoặc phương pháp magie hydroxit, phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải dùng nước biển, và thiết bị sử dụng phương pháp này có lợi thế là quy trình xử lý đơn giản, loại bỏ hoặc giảm các lượng hóa chất được sử dụng và chi phí thấp.

Loại quy trình khử lưu huỳnh dùng nước biển này được biết đến là kết quả của sự xuất hiện các phản ứng hóa học được thể hiện dưới đây.

Phản ứng hấp thụ khí axit sulfuro trong tháp khử lưu huỳnh:



Phản ứng oxy hóa ion sulfite trong nước biển (tác dụng làm giảm giá trị COD):



Phản ứng trung hòa (tác dụng làm tăng trị số pH):



Phản ứng tách carboxyl trong nước biển bằng cách sục khí (tác dụng làm tăng trị số pH):



Ở đây, lưu huỳnh đioxit trong khí thải được hấp thụ dùng nước biển dẫn đến sự hình thành axit sulfuro, và vì axit sulfuro này phân ly một phần, trị số pH của nước biển giảm làm cho nó có tính axit. Vì các ion sulfite biểu lộ tính khử, chúng được phát hiện ra dựa trên giá trị nhu cầu oxy hóa học (chemical oxygen demand-COD), và khi các ion này phản ứng với oxy, axit sulfuric được tạo nên như được thể hiện trong phương trình phản ứng (2). Như được thể hiện trong các phương trình phản ứng (2), (3) và (4), nước biển khử lưu huỳnh được sục khí bằng cách đưa vào với không khí trước khi được xả ra biển, cho phép giá trị COD và trị số pH của nó được xử lý đến các mức của các tiêu chuẩn nước thải.

Với thiết bị và phương pháp khử lưu huỳnh dùng nước biển nêu trên, các nghiên cứu khác nhau đã được tiến hành tập trung vào sự hấp thụ khí axit sulfuro ở bước tiếp xúc khí-lỏng ban đầu và sự tách carboxyl từ nước biển có tính axit sau khi khử lưu huỳnh. Trước đây, các phản ứng hóa học liên quan đến các quy trình xử lý này đã được giải thích liên quan đến sự tham gia của hệ thống axit sulfuro cho sự khử lưu huỳnh và hệ thống tách carboxyl cho sự khôi phục trị số pH. Tuy nhiên, trong thực tế, cần lưu ý rằng phản ứng hấp thụ khí axit sulfuro và phản ứng oxy hóa ion bisulfite, và phản ứng hấp thụ cacbon đioxit, sự tạo thành của dung dịch axit cacbonic và phản ứng chuyển đổi phụ thuộc trị số pH của các dạng cacbonat trong quy trình khử lưu huỳnh từ khí thải

dùng nước biển, được diễn ra đồng thời với được điều chỉnh bằng trị số pH.

Cũng ở bước tiếp xúc khí-lỏng, nước biển khử lưu huỳnh có tính axit có tính chất hấp thụ mạnh mẽ cacbon đioxit. Việc đưa vào nước biển đã hấp thụ cacbon đioxit gây ra các vấn đề nghiêm trọng. Cụ thể, tổng nồng độ cacbon trong nước biển đã gần đạt đến trạng thái cân bằng với hơn 10% thể tích CO₂ trong khí thải, trong trạng thái bão hòa hơn liên quan tới nồng độ cacbon đioxit trong không khí là 380ppm. Nước biển và dung dịch nước có tính chất đặc biệt có khả năng vẫn trong trạng thái gần như ổn định trừ khi quá bão hòa, và trạng thái quá bão hòa đó không được kết thúc trừ khi chúng di chuyển hoặc khuếch tán lên bề mặt. Trong trường hợp khôi phục trị số pH bằng cách trung hòa nước biển khử lưu huỳnh có tính axit sử dụng natri hydroxit, lượng thừa của hóa chất được dùng lớn hơn nhiều lượng tương đương của lưu huỳnh đioxit được hấp thụ. Điều này là do khí axit ở dạng cacbon đioxit được hấp thụ bằng nước biển, và trong trường hợp, ví dụ, trộn nước biển không khử lưu huỳnh với nước biển khử lưu huỳnh có tính axit, sau đó sục khí như trong kỹ thuật trước, các chi phí năng lượng đáng kể được yêu cầu để tách carboxyl của axit cacbonic được hấp thụ quá mức là ở trị số pH cao hơn sau khi trộn. Do vậy, mặc dù trị số pH xuất hiện để khôi phục ở bước khôi phục trị số pH sử dụng sự tách carboxyl, về cơ bản là không có sự đóng góp của axit cacbonic được hấp thụ đến sự khôi phục trị số pH.

Hơn nữa, trong trường hợp sục khí bằng cách điều khiển trị số pH nằm trong khoảng từ 4 đến 5 như được mô tả trong tài liệu sáng chế 2, tỷ lệ của các ion hydro cacbonat của các dạng không thể được tách carboxyl tăng trực tiếp do sự phân bố phụ thuộc trị số pH của các dạng cacbonat, và tốc độ của phản ứng tách carboxyl giảm do các mối quan hệ cân bằng giữa các dạng, do đó cản trở sự tách carboxyl hiệu quả.

Hơn nữa, vấn đề quan trọng khác là làm thế nào để giảm các chi phí năng lượng cần cho sự tách carboxyl. Theo các phát hiện của tác giả sáng chế, vì trị số pH cuối cùng của nước biển được xả sau khi xử lý sục khí được xác định chỉ

bằng nồng độ các chất cacbonat còn lại trong nước biển với điều kiện là các thành phần axit sulfuro hoàn toàn được xử lý hoặc nồng độ axit sulfuro còn dư có thể được bỏ qua, đã xác định được là không liên quan đến quy trình, thứ tự hoặc vị trí của sự tách carboxyl. Do vậy, có thể tồn tại một lượng vô hạn tốc độ tách carboxyl để chủ yếu đạt được cùng trị số pH, hoặc nói cách khác, trạng thái dung dịch tương tự. Các chi phí năng lượng cần cho sự tách carboxyl phụ thuộc lớn vào dây chuyền, cụ thể trên quy trình, thứ tự và vị trí của nó. Do vậy, dây chuyền tách carboxyl được coi là chắc chắn tồn tại sao cho các chi phí năng lượng nằm trong khoảng nhỏ nhất.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: L.A. Bromley, Int. J. Sulfur Chem., Part B, Vol. 7, No. I, 77-84, 1972

Tài liệu phi sáng chế 2: Svein Ole Strommen & Frank Hjelm, IChemE Symposium Series No. 131, 95-108, 1993

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản số S49-4669

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản số H9-173769

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nhiều nghiên cứu khác nhau để khắc phục những nhược điểm nêu trên và đề xuất thiết bị và phương pháp khử lưu huỳnh dùng nước biển mà nó đơn giản hóa hệ thống điều khiển, giảm gánh nặng về môi trường, giảm đáng kể chi phí thiết bị và chi phí vận hành, và thấy rõ tính khả thi về kinh tế, do đó dẫn đến việc hoàn thành sáng chế.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Sáng chế đề xuất các giải pháp dưới đây để giải quyết các vấn đề nêu trên.

(1) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro (giá trị thu được bằng cách chia lượng nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh của khí axit sulfuro cho lượng nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro) được điều chỉnh dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

(2) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp

khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro là giá trị được đặt trước dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

(3) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước

trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều khiển dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

(4) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên, trong đó, ở bước xử lý tách carboxyl thứ nhất, không khí được đưa vào nước biển và cacbon đioxit trong nước biển bị trục xuất sao cho tốc độ tách carboxyl, được tính theo phương trình: tốc độ tách carboxyl ($\eta\%$) = $[(2,0 - \text{tổng nồng độ cacbonat trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (mmol/l)} \times 100)]/2,0$, là từ 30% đến 60% dựa trên tổng nồng độ cacbonat là 2,0 mmol/l.

(5) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) nêu trên, trong đó tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều chỉnh dựa trên trị số pH của nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất.

(6) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) nêu trên, trong đó, ở bước trộn, tỷ số trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh/nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro đáp ứng biểu thức sau: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

(7) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6) nêu trên, trong đó nhiệt độ của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh được thiết đặt thấp hơn từ 2°C đến 20°C so với nhiệt độ của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro.

(8) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được

mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (7) nêu trên, trong đó các bọt khí nhỏ được sơ bộ đưa vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy hòa tan.

(9) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (8) nêu trên, trong đó cổng vào của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được đặt bên dưới cổng vào của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh.

(10) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (9) nêu trên, trong đó không khí bằng từ 1,5% đến 3% lưu lượng theo thể tích của nước biển được trộn được đưa vào ở dạng các bọt khí nhỏ ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn để oxy hóa các ion bisunfit.

(11) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (10) nêu trên, phương pháp này còn bao gồm thêm bước xử lý tách carboxyl thứ hai để làm tăng trị số pH bằng cách tách carboxyl từ nước biển sau khi xử lý oxy hóa.

(12) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục (11) nêu trên, trong đó, sau bước tách carboxyl thứ hai, không khí có lưu lượng theo thể tích nước biển là từ 1,5% đến 3% được đưa vào ở dạng các bọt khí nhỏ ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn để tăng oxy hòa tan.

(13) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục (8), (10) hoặc (12) nêu trên, trong đó đường kính của các bọt khí nhỏ từ 50 μ m đến 1 mm.

(14) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (11) đến (13) nêu trên, trong đó, sau bước tách carboxyl thứ hai, nước biển được xả ra sau khi đã loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước biển để được xả với cấu trúc kết hợp dòng chảy

ngâm và dòng chảy tràn.

(15) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (14) nêu trên, trong đó axit hypoclorơ được sơ bộ chứa trong nước biển trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, sau đó được gia nhiệt.

(16) Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (14) nêu trên, trong đó, ở bước trộn, axit hypoclorơ được sơ bộ chứa trong nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro và nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh, sau đó được gia nhiệt.

(17) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra ngoài sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất tách carboxyl mà nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và

bộ phận trộn điều chỉnh tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

(18) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra ngoài sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất tách carboxyl mà nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bộ phận trộn thiết đặt tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro đến giá trị đặt trước dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

(19) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra ngoài sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất tách carboxyl mà nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bộ phận trộn điều khiển tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước

biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

(20) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (19) nêu trên, trong đó cổng vào của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được đặt bên dưới cổng vào của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh.

(21) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (20) nêu trên, thiết bị này còn được bố trí thêm bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai để tăng trị số pH bằng cách tách carboxyl từ nước biển sau khi xử lý oxy hóa.

(22) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (21) nêu trên, thiết bị này được bố trí bộ phận tạo bọt khí nhỏ mà sơ bộ đưa các bọt khí nhỏ vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy hòa tan.

(23) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (22) nêu trên, trong đó cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn được bố trí sau bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai để loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước biển để được xả.

(24) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (23) nêu trên, thiết bị này có bộ phận bổ sung clo mà sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, và bộ phận gia nhiệt gia nhiệt nước biển chứa axit hypoclorơ.

(25) Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro như được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ (17) đến (24) nêu trên, trong đó ở bước trộn, bộ phận bổ sung clo mà sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh được trộn với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro, và bộ phận gia nhiệt gia nhiệt nước biển chứa axit hypoclorơ.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, kỹ thuật khử lưu huỳnh dùng nước biển hiệu suất cao có thể được đề xuất để giảm gánh nặng về môi trường, giảm đáng kể chi phí thiết bị và chi phí vận hành và cho phép thu được tính khả thi về kinh tế cao bằng cách xử lý lưu huỳnh đioxit có trong khí thải nhờ sử dụng nước biển, điều chỉnh nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro (nước biển khử lưu huỳnh có tính axit) nằm trong khoảng trị số pH phù hợp, sự tách carboxyl nằm trong khoảng tốc độ tách carboxyl tối ưu, và trộn với nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh (nước biển không khử lưu huỳnh) theo tỷ số trộn tối ưu, sau đó trải qua sự oxy hóa và sự xử lý tách carboxyl.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện các sự phân phối nồng độ của các dạng cacbonat trong nước biển ở các trị số pH khác nhau theo sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ thể hiện mối quan hệ giữa độ hòa tan khí cacbon đioxit và nhiệt độ nước biển có tính axit theo sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ tách carboxyl trong tháp khử lưu huỳnh và tổng lượng sục khí theo sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit và tỷ số trộn tối ưu của hai dạng nước biển theo sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ khối thể hiện phương án của thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế bao gồm: bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển đã hấp

thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế được mô tả, trong đó, trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro (giá trị thu được bằng cách chia lượng nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh của khí axit sulfuro với lượng nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro) được điều chỉnh dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn. Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế bao gồm phương pháp để sơ bộ xác định trị số pH trong việc xem xét các tính chất và lượng khí thải chứa khí axit sulfuro cũng như các tính chất và lượng nước biển, và phương pháp điều chỉnh trị số pH bằng cách điều khiển một trong số hoặc cả lượng khí thải chứa khí axit sulfuro và/hoặc lượng nước biển, để điều chỉnh tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

Cụ thể, một khía cạnh của phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế được mô tả, trong đó, trị số pH sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được tạo ra là giá trị đặt trước dựa trên trị số pH của nước biển từ trước bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn. Giá trị đặt trước này bao gồm các trường hợp trong đó trị số pH được thiết đặt phù hợp trong khi hoạt động của phương pháp khử lưu huỳnh, và các trường hợp trong đó thiết bị được cố gắng để đơn giản hóa bằng cách bỏ qua các giá trị, các đường nối tắt và

tương tự bằng cách sơ bộ thiết lập một giá trị không đổi trong việc xem xét các tính chất và lượng khí thải chứa khí axit sulfuro và các tính chất và lượng nước biển khi thiết kế thiết bị.

Hơn nữa, khía cạnh khác của phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro của sáng chế được mô tả, trong đó, trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và ở bước trộn, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều khiển với một trong số hoặc cả lượng khí thải chứa khí axit sulfuro và/hoặc lượng nước biển dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

Theo sáng chế, mặc dù tốt hơn là sử dụng nước biển tự nhiên khi xét về chi phí, nước biển đã được sửa đổi bằng cách điều chỉnh các thành phần của nước biển tự nhiên, hoặc nước chứa cacbonat hoặc nước biển tổng hợp được chuẩn bị để chứa thành phần cacbonat tương tự như của nước biển để có hiệu suất khử lưu huỳnh, có thể cũng được sử dụng. Ví dụ, ngoài việc nước biển được lấy từ biển, nước biển thu được từ một vài dạng của quy trình trong đó nước biển được lấy từ biển được sử dụng cho nước làm mát lò hơi hoặc nước rửa và tương tự, hoặc nước biển được sử dụng để hòa tan một vài dạng của nước thải có thể cũng được sử dụng. Hơn nữa, nước biển có thể được trộn với nước ngọt hoặc nước ngầm, hoặc nước biển được tích lũy trong bể chứa và tương tự có thể cũng được sử dụng với điều kiện nó không làm ảnh hưởng có hại đến hoạt động của sáng chế. Sau đây là giải thích về trường hợp sử dụng nước biển tự nhiên.

Ngoài ra, không khí mà oxy hoặc ozon đã được bổ sung có thể được sử dụng cho không khí nêu trên để tăng tốc sự oxy hóa của axit sulfuro. Không khí có thể được sử dụng cho sự tách carboxyl với điều kiện nó không làm giảm sự tách carboxyl chẳng hạn như bằng cách chứa lượng lớn cacbon đioxit.

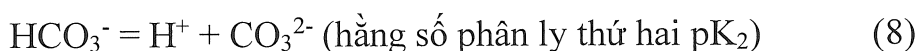
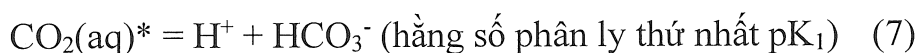
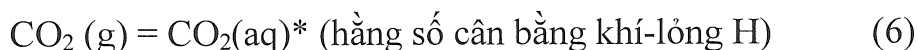
Đối với độ tan của cacbon đioxit trong nước biển, trong trạng thái đã đạt tới trạng thái cân bằng khí-lỏng với khí cacbon đioxit, bốn dạng của các chất

cacbonat (tổng lượng cacbonat) được đưa ra, gồm có cacbon đioxit tan trong nước ($\text{CO}_2(\text{aq})$), axit cacbonic (H_2CO_3), ion hydro cacbonat (HCO_3^-) và ion cacbonat (CO_3^{2-}). Phản ứng hydrat hóa là phản ứng ngược của phản ứng khử nước kế tiếp của H_2CO_3 xảy ra với cacbon đioxit tan trong nước $\text{CO}_2(\text{aq})$ và axit cacbonic H_2CO_3 . Hơn nữa, tổng lượng cacbonat được thể hiện như lượng cacbon đioxit (CO_2) xét về tổng lượng axit cacbonic, ion hydro cacbonat và ion cacbonat, và mặc dù tổng nồng độ cacbonat tốt hơn là được đo bằng cách sử dụng phương pháp chuẩn độ axit clohydric clorua stronti hoặc phương pháp phân tích hồng ngoại theo tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản (Japanese Industrial Standard - JIS) K0101 số 25 hoặc bản dịch tiếng Anh của nó ở dạng JIS K0101-1998 số 25 (tổng lượng cacbonat), các phương pháp khác có thể được sử dụng được miễn là chúng cho phép thu được các kết quả đo tương tự.



Hệ số tốc độ phản ứng khử nước k_1 của axit cacbonic ở 25°C là $0,025 \text{ (S}^{-1}\text{)}$, hệ số tốc độ k_2 của phản ứng hydrat hóa ngược là $20 \text{ (S}^{-1}\text{)}$, và tỷ số K của các hệ số tốc độ này là 800 được xác định bằng k_2/k_1 chỉ ra tỷ số nồng độ của cả hai hệ số tốc độ. Nói cách khác, tỷ số nồng độ của $\text{CO}_2(\text{aq})/\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$ là khoảng 800 đến 1. Tuy nhiên, vì cả hai không thể được phân biệt trong trường hợp phép chuẩn độ axit-bazơ clohydric, cả hai được biểu diễn như dung dịch axit cacbonic $\text{CO}_2(\text{aq})^*$.

Trạng thái cân bằng khí-lỏng và trạng thái cân bằng phân ly của các chất cacbonat trong nước biển được biểu diễn bằng các phương trình được thể hiện bên dưới.



Tỷ lệ hàm lượng của các dạng cacbonat thay đổi đáng kể về bên có tính axit do các ảnh hưởng của cường độ ion do các chất điện phân được tập trung

cao trong nước biển. Ví dụ, hằng số phân ly thứ nhất pK_1 ở 25°C thay đổi từ 6,3 đến 5,98 trong khi hằng số phân ly thứ hai pK_2 thay đổi từ 10,33 đến 9,06. Các phương trình phản ứng chuyển đổi (7) và (8) xuất hiện giữa các dạng của các chất cacbonat do sự thay đổi trị số pH của nước biển. Giá trị tiêu biểu cho tổng nồng độ cacbonat trong bề mặt nước biển là $2000\text{ }\mu\text{mol/l}$, và các sự phân phối nồng độ của các dạng cacbonat tại mỗi trị số pH được thể hiện trên Fig.1. Có thể được hiểu từ Fig.1 rằng các ion hydro cacbonat chiếm khoảng 10% tổng số ở trị số pH 5, và dung dịch axit cacbonic đó chiếm 99% hoặc cao hơn ở trị số pH 4 hoặc thấp hơn.

Cacbon đioxit tan trong nước $\text{CO}_2(\text{aq})^*$ chiếm tỷ lệ áp đảo trong dung dịch axit cacbonic $\text{CO}_2(\text{aq})$, và vì chúng có các tính chất gần trung tính, khó có bất kỳ thay đổi nào trong độ tan của nó trừ khi ở dạng dung dịch axit. Ví dụ, độ tan của cacbon đioxit trong nước tinh khiết ở 25°C và áp suất CO_2 101,3 kPa là $0,77\text{ Nm}^3/\text{m}^3$, trong khi độ tan trong 1 mol/l dung dịch axit sulfuric là $0,694\text{ Nm}^3/\text{m}^3$. Trừ khi trị số pH giảm xuống 0,31 trong khi vẫn trong axit mạnh, độ tan của cacbon đioxit trong dung dịch axit mạnh chỉ giảm xuống khoảng 10%.

Fig.2 thể hiện dữ liệu thí nghiệm về độ tan của khí cacbon đioxit và nhiệt độ nước biển có tính axit ở trị số pH 2,8. Đường nét đứt chỉ ra tổng nồng độ cacbonat (mmol/l) của nước biển bề mặt, trong khi đường nét đậm chỉ ra mối quan hệ giữa nhiệt độ và tổng nồng độ cacbonat của nước biển được cân bằng với 14% thể tích CO_2 ở trị số pH 2,8. Có thể được hiểu từ Fig.2 rằng, ở nhiệt độ của nước biển khoảng 40°C hoặc thấp hơn, nước biển có đặc tính hấp thụ CO_2 nếu được tiếp xúc với 14% thể tích CO_2 ngay cả ở trị số pH axit 2,8. Than đá được đốt cháy trong không khí ở nhà máy điện đốt than thông thường. Không khí chứa khoảng 21% thể tích là oxy và khoảng 79% thể tích là nitơ, và trong khi đốt cháy trong không khí, nồng độ CO_2 của khí thải tăng từ khoảng 13% thể tích đến 15% thể tích. Trong trường hợp thực hiện việc khử lưu huỳnh nhờ sử dụng nước biển, vì nhiệt độ của nước biển bình thường từ 10°C đến 33°C , được chỉ ra từ Fig.2 rằng nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong tháp khử lưu

huỳnh hấp thụ khí cacbon đioxit. Do vậy, để tránh sự tách carboxyl quá mức ở các mức trị số pH cao hơn như được mô tả trên đây, nó được coi là cần thiết để thực hiện sự tách carboxyl dưới các điều kiện thuận lợi cho sự tách carboxyl trước khi trộn nước biển. Như được mô tả trên đây, sáng chế bao gồm bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trước khi trộn với nước biển.

Như được thể hiện trên Fig.1, cơ chế của sự tách carboxyl khác nhau theo sự khác nhau về hình thức trong đó cacbon đioxit được đưa ra ở các mức trị số pH dưới 4 và các mức trị số pH trên 4 xung quanh trị số pH khoảng 4. Vì tốc độ phản ứng tách carboxyl ở trị số pH axit là 4 hoặc thấp hơn không bị ảnh hưởng bởi trị số pH của chất lỏng và tỷ lệ với nồng độ dung dịch axit cacbonic trong chất lỏng trong trường hợp nhiệt độ, lượng không khí và hằng số thiết bị sục khí là không đổi, nồng độ axit cacbonic giảm theo phương trình phản ứng bậc nhất, nghĩa là theo logarit. Mặt khác, trong khoảng trị số pH từ 4 đến 8, trị số pH tăng do sự tách carboxyl và, do kết quả của việc bị ảnh hưởng bởi sự tăng trị số pH, một phần nồng độ dung dịch axit cacbonic giảm nhanh chóng, dẫn đến sự giảm đột ngột tốc độ của sự tách carboxyl.

Nếu trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong tháp khử lưu huỳnh nằm trong khoảng từ $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, 99,97% đến 99% axit cacbonic được có mặt ở dạng dung dịch axit cacbonic. Nếu trị số pH là 4 hoặc thấp hơn, sự hấp thụ và sự khuếch tán của axit cacbonic không bị ảnh hưởng bởi trị số pH của nước biển. Theo sáng chế, do kết quả của sự sục khí ở trị số pH là 4 hoặc thấp hơn, thu được các điều kiện tối ưu để nhanh chóng trực xuất cacbon đioxit có trong nước biển khử lưu huỳnh, cacbon đioxit tan trong nước $\text{CO}_2(\text{aq})^*$ di chuyển hiệu quả và nhanh chóng ra khỏi nước biển khử lưu huỳnh và đồng thời, các ion bisunfit bị oxy hóa và lượng nhỏ của axit sulfuro tự do có thể bị trực xuất, do đó cho phép các bước tiếp theo của sự trộn và sục khí được thực hiện ở trị số pH tương đối thấp.

Ngoài ra, theo các phát hiện của tác giả sáng chế, nếu trị số pH của nước

biển khử lưu huỳnh có tính axit giảm xuống dưới 2,2, lượng lớn chất có tính axit được yêu cầu ngay cả trong trường hợp sự giảm nhẹ trị số pH, và có sự xấu đi đột ngột của nồng độ còn lại của khí axit sulfuro có trong khí thải khử lưu huỳnh ở trạng thái cân bằng khí-lỏng. Nói cách khác, vì hiệu suất khử lưu huỳnh của thiết bị giảm nhanh chóng, trị số pH dưới 2,2 được xác định là không thực tế. Do vậy, trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong tháp khử lưu huỳnh tốt hơn là từ 2,5 đến 3,5.

Tiếp theo, đối với trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit, việc tách carboxyl mở rộng nên được diễn ra sau khi đưa không khí vào nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong khoảng trị số pH là $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$ liên quan đến vấn đề của dây chuyền tách carboxyl như được mô tả trên đây. Tiêu chí tách carboxyl phải được xác định đối với vấn đề này. Tuy nhiên, vì nồng độ axit cacbonic được hấp thụ bởi nước biển khử lưu huỳnh có tính axit thay đổi theo hằng số thiết bị của thiết bị tiếp xúc khí-lỏng, và phụ thuộc vào kiểu và trạng thái vận hành của thiết bị và trạng thái của khí thải, nó không thích hợp để sử dụng các điều kiện không xác định cho tiêu chí. Theo sáng chế, do kết quả của việc đưa ra tốc độ tách carboxyl trong tháp khử lưu huỳnh dựa trên sự biểu diễn tổng nồng độ cacbonat trên bề mặt nước biển là 2,0 mmol/l và tiến hành nhiều nghiên cứu khác nhau trên đó, thấy được rằng, nếu cacbon đioxit trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit bị trực xuất đến tốc độ tách carboxyl từ 30% đến 60%, sau đó được trộn với nước biển không khử lưu huỳnh và sục khí, tổng lượng sục khí là tổng của lượng sục khí trong tháp khử lưu huỳnh và lượng sục khí trong các bước tiếp theo, nằm trong khoảng giá trị nhỏ nhất. Ví dụ, thí nghiệm so sánh được tiến hành giữa sự có mặt của sự sục khí trong tháp khử lưu huỳnh và sự vắng mặt của sự sục khí trong tháp khử lưu huỳnh trong trường hợp cố gắng để khôi phục đến trị số pH cuối cùng tương đương là 6,8 sử dụng các lượng bằng nhau của nước biển ở nhiệt độ nước biển khử lưu huỳnh có tính axit là 35°C. Fig.3 chỉ ra mối quan hệ giữa tốc độ tách carboxyl trong tháp khử lưu huỳnh và tổng lượng sục khí, trong đó giá trị 1 được gán cho lượng sục khí trong trường hợp sự vắng mặt của sự tách carboxyl trong tháp khử lưu huỳnh. Đường

nét đứt trên Fig.3 chỉ ra dữ liệu thí nghiệm cho lượng sục khí trong tháp khử lưu huỳnh, đường chấm chấm chỉ ra dữ liệu thí nghiệm cho lượng sục khí trong khi sự tách carboxyl của nước biển được trộn thu được bằng cách trộn nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (trị số pH là 3) ở tỷ số trộn là $\alpha = 2$, và đường nét đậm chỉ ra mối quan hệ giữa tổng lượng sục khí và tốc độ tách carboxyl trong hai bước gồm có bước sục khí trong tháp khử lưu huỳnh (bước tách carboxyl thứ nhất) và bước tách carboxyl thứ hai sau khi trộn. Trên Fig.3, các kết quả thu được thể hiện tổng lượng sục khí đạt giá trị nhỏ nhất ở tốc độ tách carboxyl khoảng 45% ở bước tách carboxyl thứ nhất trong tháp khử lưu huỳnh. Do kết quả của việc tiến hành các nghiên cứu sâu hơn, theo sáng chế, nếu tốc độ tách carboxyl ở bước tách carboxyl thứ nhất được tạo là từ 30% đến 60%, thích hợp hơn là từ 35% đến 55% và thậm chí thích hợp hơn nữa là từ 40% đến 50%, tiết kiệm khoảng 35% có thể đạt được cho tổng lượng sục khí được yêu cầu để đạt được chỉ tiêu xử lý tương tự dưới các điều kiện tương tự. Các tốc độ tách carboxyl này có thể dễ dàng đạt được bằng cách điều chỉnh lượng sục khí được yêu cầu.

Tốc độ tách carboxyl thu được bằng cách chuyển đổi giá trị đo được của tổng nồng độ cacbonat trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit sử dụng phương trình được thể hiện dưới đây.

$$\text{Tốc độ tách carboxyl } (\eta\%) = [(2,0 - \text{tổng nồng độ cacbonat trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (mmol/l)} \times 100)]/2,0$$

Nói cách khác, bước xử lý tách carboxyl thứ nhất nêu trên được thực hiện bằng việc đưa không khí vào nước biển ở trị số pH là $2,2 \leq \text{trị số pH} \leq 4,0$ sau khi đã được hấp thụ khí axit sulfuro, và trực xuất cacbon đioxit trong nước biển do đó tốc độ tách carboxyl được tính theo phương trình trên trở thành từ 30% đến 60%.

Tổng nồng độ cacbonat trong nước biển có thể được đo bằng cách phân tích tự động hoặc bằng tay. Lượng sục khí có thể được điều khiển bằng cách điều chỉnh lượng sục khí theo các kết quả của dữ liệu tốc độ tách carboxyl.

Thông thường, sự điều khiển tự động trực tuyến hoặc điều khiển bằng tay có thể được ứng dụng vì các sự dao động trong khí thải lò hơi là không thường xuyên.

Như đã nêu trên, vì trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong tháp khử lưu huỳnh không thay đổi ngay cả sau khi tách carboxyl, nó được xử lý bằng cách trộn với nước biển không khử lưu huỳnh để xả vào biển. Ở đây, theo các phát hiện của sáng chế, có vấn đề nghiêm trọng khác. Cụ thể, nếu trị số pH của nước biển sau khi trộn là quá cao, vấn đề thông thường của việc sục khí lãng phí xuất hiện, trong khi nếu trị số pH của nước biển sau khi trộn là quá thấp và giảm xuống dưới điểm cân bằng của phản ứng trung hòa chất có tính axit, có rủi ro của trị số pH là vĩnh viễn không thể được khôi phục trong khi cũng dẫn đến vấn đề của sự phân tán khí axit sulfuro. Để ngăn chặn các vấn đề này, tác giả sáng chế thấy rằng khoảng trị số pH phù hợp là cần thiết cho nước biển sau khi trộn, và đó là tỷ số trộn tối ưu giữa nước biển không khử lưu huỳnh và nước biển khử lưu huỳnh có tính axit. Nói cách khác, ở bước trộn của sáng chế, tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều chỉnh dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn, và tối ưu sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất.

Hơn nữa, trong sáng chế, thấy được rằng, khi xem xét các đặc điểm phụ thuộc của axit cacbonic và axit sulfuro vào trị số pH trong khoảng trị số pH từ 2,2 đến 4,0 đối với nước biển khử lưu huỳnh có tính axit, tỷ số trộn tối ưu của nước biển không khử lưu huỳnh và nước biển khử lưu huỳnh có tính axit có thể được xác định sử dụng công thức kinh nghiệm được thể hiện dưới đây. Cụ thể, phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế bao gồm thêm bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa, và tỷ số α của nước biển không khử lưu huỳnh/nước biển khử lưu huỳnh có tính axit được xác định theo trị số pH của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro nêu trên sử dụng biểu thức được thể hiện dưới đây:

$$209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$$

(trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{trị số pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng).

Fig.4 chỉ ra trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit và khoảng tối ưu của tỷ số trộn của nước biển không khử lưu huỳnh/nước biển khử lưu huỳnh có tính axit. Theo công thức kinh nghiệm này, nước biển sau khi trộn có thể được tạo để có khoảng trị số pH là tối ưu để thực hiện sự tách carboxyl. Dĩ nhiên, nếu dư thừa nước biển, nước biển có thể được cho phép để tham gia với nước biển ở giai đoạn sau thiết bị xử lý nước biển hoặc ở đầu ra của thiết bị xử lý nước biển.

Theo phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế, nhiệt độ của nước biển không khử lưu huỳnh nêu trên (nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh) tốt hơn là được thiết đặt thấp hơn từ 2°C đến 20°C so với nhiệt độ của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro).

Khí thải lò hơi là mục tiêu cho việc khử lưu huỳnh dùng nước biển thường có nhiệt độ trên 100°C, sự trao đổi nhiệt diễn ra đồng thời để xử lý khí axit sulfuro bằng sự tiếp xúc khí-lỏng ở bước khử lưu huỳnh dùng nước biển, và nhiệt độ của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit sau khi xử lý khử lưu huỳnh tăng vài độ. Khi lượng nước biển được sử dụng để khử lưu huỳnh tăng, lượng tăng nhiệt độ của nước biển sau khi khử lưu huỳnh giảm. Nói cách khác, lượng tăng nhiệt độ được sử dụng như chỉ số của chất thải do lượng nước biển được sử dụng để khử lưu huỳnh.

Mặt khác, lượng tăng nhiệt độ nước (ΔT) giữa nước hút vào và nước xả ra trong trường hợp nhiệt xả từ các nhà máy điện được thiết đặt không lớn hơn 7°C ở Nhật Bản, không lớn hơn 15°C ở Pháp, từ 10°C đến 12°C ở các nhà máy nhiệt điện ở Anh, và từ 7°C đến 15°C ở Mỹ. Vì lượng nhiệt xả giảm khi ΔT tăng, so với trường hợp tăng nhiệt độ nước 7°C, lượng nước biển làm mát là khoảng một

nửa trong trường hợp tăng nhiệt độ nước 15°C . Trong các trường hợp như vậy, vì lượng nước được yêu cầu để khôi phục trị số pH nước biển trở nên không đủ trong các hệ thống khử lưu huỳnh dùng nước biển không sử dụng các hóa chất khử lưu huỳnh, nó trở nên cần thiết để lấy nước trực tiếp từ biển để bù cho sự thiếu hụt nước biển để trộn.

Theo các phát hiện của tác giả sáng chế, nếu nhiệt độ của nước biển để trộn ($T_0/^{\circ}\text{C}$) được thiết đặt thấp hơn từ 2°C đến 20°C so với nhiệt độ của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit ($T_d/^{\circ}\text{C}$), sự khử lưu huỳnh có thể được thực hiện chỉ với nước biển mà không lãng phí lượng nước biển được sử dụng để khử lưu huỳnh và không thêm các hóa chất.

Theo sáng chế, sau khi đã điều chỉnh trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit đến khoảng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, bằng cách sử dụng sự chênh lệch nhiệt độ giữa nước biển để trộn và nước biển khử lưu huỳnh có tính axit như hệ số điều khiển bổ sung cho sự chênh lệch nhiệt độ nằm trong khoảng từ 2°C đến 20°C , lượng nước biển được sử dụng để khử lưu huỳnh có thể được duy trì phù hợp dễ dàng và tin cậy, và nước biển khử lưu huỳnh chỉ có thể được xử lý hoàn toàn với nước biển không thêm các hóa chất.

Theo sáng chế, bằng cách sử dụng trị số pH như hệ số điều khiển, sự tách carboxyl có thể được thực hiện tin cậy và dễ dàng dưới các điều kiện tách carboxyl tối ưu. Như được mô tả trên đây, phương pháp điều khiển thích hợp hơn gồm có xác định tỷ số của nước biển không khử lưu huỳnh với nước biển khử lưu huỳnh có tính axit dựa trên trị số pH ở đầu ra nước biển khử lưu huỳnh có tính axit của tháp khử lưu huỳnh và sau đó điều chỉnh lượng nước biển để trộn. Thông thường, vì các sự dao động trong các điều kiện vận hành khí là nhỏ, sự điều khiển có thể được thực hiện bằng cách điều khiển tự động trực tuyến hoặc điều khiển bằng tay.

Các thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển sử dụng nước làm mát được trở lại biển từ nhà máy điện hoặc lò hơi trong gần như tất cả các trường hợp. Nồng độ oxy hòa tan trong nước biển giảm đáng kể do sự tăng nhiệt độ. Do vậy,

oxy hòa tan và nitơ hòa tan trong nước biển giảm dưới độ hòa tan của chúng do sự quá nhiệt cục bộ trong quy trình làm mát, và oxy và nitơ được giải phóng cuối cùng trở thành các bọt khí lớn. Vì mất thời gian để oxy trong các bọt khí hòa tan lại trong nước biển, oxy hòa tan trong nước biển làm mát vẫn còn đáng kể ở nồng độ thấp.

Phương trình (2) đại diện cho sự oxy hóa của các ion bisunfit được hấp thụ thành axit sulfuric bằng oxy. Dựa trên các kết quả vận hành của sự khử lưu huỳnh dùng nước biển, đồng thời với sự hấp thụ khí axit sulfuro trong tháp khử lưu huỳnh, phản ứng trong đó ion bisunfit được oxy hóa thành axit sulfuric được xác định để diễn ra thuận lợi nếu oxy có mặt. Đặc biệt, vì các chất xúc tác cần cho phản ứng oxy hóa của axit sulfuro chẳng hạn như coban, niken và sắt có lượng lớn trong nước biển, phản ứng oxy hóa được theo dõi để được diễn ra nhanh chóng. Dựa trên dữ liệu thí nghiệm oxy hóa không khí cho axit sulfuro, tốc độ khí oxy hòa tan trong nước biển là hệ số giới hạn tốc độ của phản ứng oxy hóa axit sulfuro, và được cung cấp oxy đã được hòa tan, phản ứng được xác định để diễn ra nhanh chóng trong vài giây mà không cần phải đi qua phản ứng khí-lỏng chậm hơn.

Khi phản ứng oxy hóa diễn ra, có ưu điểm là việc giảm lượng không khí ở bước xử lý oxy hóa tương đương với thiết bị xử lý nước biển thông thường hoặc làm giảm trị số pH của nước biển được trộn được tạo bởi sự tái phân tán của khí axit sulfuro. Do vậy, tốt hơn là để làm bão hòa nước biển khử lưu huỳnh trong tháp khử lưu huỳnh và nước biển không khử lưu huỳnh để trộn với oxy hòa tan trước. Do vậy, tốt hơn là để sơ bộ đưa các bọt khí nhỏ vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy hòa tan. Theo khía cạnh thích hợp hơn của sáng chế, bằng việc đưa các bọt khí nhỏ vào nước biển khử lưu huỳnh trong tháp khử lưu huỳnh và nước biển không khử lưu huỳnh để trộn ngay lập tức trước khi sử dụng để làm bão hòa với oxy hòa tan, các phản ứng oxy hóa ion bisunfit trong tháp hấp thụ và bộ phận oxy hóa có thể được thực hiện nhanh chóng, và do đó dẫn tới kết

quả, có thể góp phần vào việc giảm các chi phí năng lượng cần cho sự oxy hóa và sự sục khí ở mức độ lớn hơn các hệ thống thông thường.

Điều phổ biến trong các hệ thống thông thường là bố trí khu vực chỉ để trộn mà không sục khí. Như được nêu trên, mặc dù phản ứng oxy hóa của các ion bisunfit có trong nước biển sau khi trộn diễn ra nhanh chóng trong vài giây, oxy hòa tan trong nước biển đồng thời giảm nhanh chóng, và phản ứng oxy hóa hầu như không diễn ra kèm theo sự giảm nồng độ oxy hòa tan. Mặt khác, phản ứng tách carboxyl yêu cầu lượng sục khí lớn. Sự sục khí quá mức trước khi phản ứng oxy hóa axit sulfuro đã được diễn ra đầy đủ là một trong những nguyên nhân của vấn đề thông thường của sự tái phân tán khí axit sulfuro. Sự tái phân tán khí axit sulfuro không chỉ phụ thuộc vào trị số pH của nước biển, mà còn vào nồng độ các chất sulfit trong nước biển. Cụ thể, đối với áp suất riêng phần của khí axit sulfuro trong nước biển chứa axit sulfuro, mối quan hệ tồn tại cho ngưỡng áp suất riêng phần của khí axit sulfuro có thể được tìm ra bởi con người trong đó trị số pH giảm khi nồng độ các chất sulfit giảm.

Theo sáng chế, bộ phận oxy hóa để ưu tiên thúc đẩy phản ứng oxy hóa tốt hơn là được bố trí mà không sử dụng vùng trộn dành riêng ở nơi không sục khí như trong tình trạng kỹ thuật. Ví dụ về các phương tiện cụ thể cho việc này gồm có việc dẫn lượng không khí ở dạng các bọt khí nhỏ bằng 1,5% đến 3% lưu lượng theo thể tích nước biển được trộn ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn để oxy hóa các ion bisunfit. Cổng vào của nước biển khứ lưu huỳnh có tính axit tốt hơn là được đặt bên dưới cổng vào của nước biển không khứ lưu huỳnh, và đường kính của các bọt khí nhỏ được sử dụng tốt hơn là từ khoảng 50 μ m đến 1mm. Hơn nữa, ngoài việc điều chỉnh lượng không khí, vì sự giải phóng các bọt khí gây ra do lượng lớn sự sục khí cục bộ bị hạn chế bằng cách tạo cường độ sục khí để có vận tốc tuyến tính không khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn, nhược điểm của tình trạng kỹ thuật là lượng sục khí lớn quá mức trong khi thời gian oxy hóa không phù hợp có thể được khắc phục.

Hơn nữa, việc bố trí nhiều cổng vào cho nước biển khứ lưu huỳnh có tính

axit trong bộ phận oxy hóa cho phép việc trộn được diễn ra thuận lợi, hoặc nước biển khử lưu huỳnh có tính axit có thể được trộn với việc sử dụng một phần của nước biển không khử lưu huỳnh, ví dụ, ống ngầm được đặt trước bộ phận oxy hóa. Cổng vào của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit hoặc nước biển được trộn từng phần tốt hơn là được đặt bên dưới cổng vào của nước biển không khử lưu huỳnh trong bộ phận oxy hóa.

Vì lượng không khí được sử dụng cho sự oxy hóa là cực kỳ nhỏ, vì phản ứng oxy hóa ion bisunfit được tăng tốc, nồng độ các chất sulfit giảm, và áp suất riêng phần của khí axit sulfuro trong nước biển cũng giảm đáng kể cùng với đó chủ yếu trong khi bổ sung oxy hòa tan, nguy cơ tái phân tán khí axit sulfuro được giảm bớt. Hơn nữa, vì dòng nước biển không khử lưu huỳnh tiếp tục chảy trong một thời gian ở lớp trên cùng, dòng nước biển này thực hiện tốt vai trò hạn chế sự giải phóng của khí axit sulfuro vào khí quyển.

Theo khía cạnh thích hợp hơn của sáng chế, do kết quả của việc dẫn lượng cực kỳ nhỏ của các bọt khí nhỏ vào cấu trúc của bộ phận oxy hóa nêu trên, vấn đề xuất hiện thường xuyên trong tình trạng kỹ thuật là sự tái khuếch tán của khí axit sulfuro được giải quyết, và bước xử lý tách carboxyl thứ hai có thể được thực hiện với khối lượng không khí lớn. Vì trị số pH của nước biển được trộn khôi phục sau bước xử lý oxy hóa, sự xử lý tách carboxyl thứ hai được thực hiện bằng phương pháp sục khí thông thường. Ở đây, thực hiện sự sục khí khối lượng lớn đưa ra các lợi ích làm cho nó có thể thực hiện sục khí hiệu quả, giảm kích thước của thiết bị sục khí, tăng đường kính của các bọt khí và đơn giản hóa cấu trúc được sử dụng cho các ống sục khí.

Bằng cách sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, sau đó gia nhiệt cho phép phản ứng được diễn ra hiệu quả, các chất mà dùng các chất oxy hóa có trong nước biển có thể được oxy hóa trước, do đó cho phép oxy hòa tan được sử dụng hiệu quả cho axit sulfuro ở bước hấp thụ khí axit sulfuro. Ngoài ra, do kết quả của việc axit hypoclorơ còn lại ở bước hấp thụ khí axit sulfuro, bước tách carboxyl và bước

xử lý oxy hóa, nó có thể hoạt động như chất oxy hóa để thực hiện hiệu quả sự oxy hóa axit sulfuro.

Ngoài ra, ở bước trộn, bởi sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh được trộn với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro, sau đó gia nhiệt cho phép phản ứng được diễn ra hiệu quả, các chất mà dùng các chất oxy hóa được chứa trong nước biển có thể được oxy hóa trước, do đó cho phép oxy hòa tan được sử dụng hiệu quả cho axit sulfuro ở bước xử lý oxy hóa. Ngoài ra, bằng cách cho phép axit hypoclorơ còn lại ở bước xử lý oxy hóa, nó có thể hoạt động như chất oxy hóa để thực hiện hiệu quả sự oxy hóa axit sulfuro. Nếu nước biển làm mát lò hơi được khử trùng bằng cách bổ sung chất diệt khuẩn như axit hypoclorơ ở nồng độ khoảng vài ppm sau lọc thô, các vi sinh vật chết ở lại trong nước biển và cuối cùng tạo nên các chất rắn lơ lửng nhỏ nổi lên bề mặt. Việc xả nước biển trực tiếp vào biển như vậy ảnh hưởng có hại với cả môi trường và cảnh quan.

Sự sục khí khối lượng lớn làm nhiễu loạn dòng nước biển trong khu vực sục khí cùng với các chất rắn lơ lửng nhỏ, do đó làm việc tách rắn-lỏng khó khăn. Với sáng chế, lượng không khí ở dạng các bọt khí nhỏ bằng từ 1,5% đến 3% lưu lượng theo thể tích của nước biển tốt hơn là được đưa vào ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn ở giai đoạn sau bước sục khí để khôi phục oxy hòa tan và cho phép các chất rắn lơ lửng nổi lên bề mặt. Ngoài việc điều chỉnh lượng không khí, bằng cách tạo cường độ sục khí để có vận tốc tuyến tính của không khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn, các ảnh hưởng của sự chuyển động hỗn loạn được sinh ra do sự sục khí khối lượng lớn được loại bỏ, do đó cho phép các chất rắn lơ lửng nổi lên bề mặt. Ở đây, đường kính của các bọt khí nhỏ được sử dụng tốt hơn là từ 50 μm đến 1 mm, và bằng cách bố trí cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn ở cổng xả của thiết bị xử lý nước biển, các chất rắn lơ lửng có thể dễ dàng trải qua việc tách rắn-lỏng. Theo cách này, nước biển thải có thể được xả sau khi loại bỏ các chất rắn lơ lửng có mặt trong đó.

Các bọt khí nhỏ được đưa vào ở giai đoạn sau bước sục khí có tốc độ lên

rất chậm, giữ khoảng thời gian dài trong nước biển, và giữ nồng độ oxy hòa tan cao cho đến khi chúng tới công xả nước biển.

Theo sáng chế, gánh nặng môi trường trên biển có thể được giữ ở mức thấp nhất và nước biển khử lưu huỳnh có thể được trở lại biển sau khi được xử lý hoàn toàn.

Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế có bố trí tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra ngoài sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển; bộ phận tách carboxyl thứ nhất tách carboxyl mà nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro; bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và, bộ phận trộn điều chỉnh tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa. Như được mô tả trên đây, sự điều chỉnh bao gồm việc thiết đặt tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro đến giá trị đặt trước dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn, và giá trị đặt trước bao gồm các trường hợp trong đó nó được thiết đặt phù hợp trong khi hoạt động theo phương pháp khử lưu huỳnh, và các trường hợp trong đó thiết bị được cố gắng để đơn giản hóa bằng cách bỏ qua các giá trị, các đường nối tắt và tương tự bằng cách sơ bộ thiết lập giá trị không đổi trong việc xem xét các tính chất và lượng khí thải chứa khí axit sulfuro và các tính chất và lượng nước biển khi thiết kế thiết bị. Hơn nữa, ở bước trộn, sự điều chỉnh bao gồm điều khiển tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro với một trong số hoặc cả

lượng khí thải chứa khí axit sulfuro và/hoặc lượng nước biển dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

Tỷ số trộn của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro tốt hơn là được điều chỉnh dựa trên trị số pH của nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất.

Tháp khử lưu huỳnh từ khí thải nêu trên, bộ phận tách carboxyl thứ nhất, bộ phận trộn và bộ phận oxy hóa tương ứng với mỗi bước trong phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro nêu trên, và một phương án của nó được thể hiện trên Fig.5 được mô tả sau đó.

Trong thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế, cổng vào của nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro tốt hơn là được đặt bên dưới cổng vào của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh. Hơn nữa, thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế còn được bố trí thêm bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai làm tăng trị số pH bằng cách tách carboxyl từ nước biển sau khi xử lý oxy hóa.

Theo phương án ưu tiên, thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo sáng chế có bố trí bộ phận tạo bọt khí nhỏ mà sơ bộ đưa các bọt khí nhỏ vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy hòa tan. Ngoài ra, cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn tốt hơn là được bố trí sau bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai để loại bỏ các chất rắn lơ lửng có trong nước biển để được xả.

Sau đây là sự giải thích thêm về một phương án của sáng chế có dựa vào Fig.5. Trên Fig.5, khí thải chứa khí axit sulfuro (lưu huỳnh đioxit) được đưa vào tháp khử lưu huỳnh (12) bằng cách đi qua đường dẫn khí thải (11), và nước biển khử lưu huỳnh chảy xuống từ phần trên của tháp khử lưu huỳnh (12) từ đường ống nước biển (14). Nhiều tấm có lỗ (25) được bố trí bên trong tháp khử lưu huỳnh (12), và tấm lọc có thể được gắn giữa các tấm có lỗ khi cần thiết. Trong trường hợp sử dụng tấm lọc trên các tấm có lỗ (25), nước biển chảy xuống có thể được cho phép ở lại trên bề mặt của tấm lọc, cho phép sự tiếp xúc đầy đủ

giữa nước biển và khí thải. Khí thải được làm sạch (13) được xả sau khi đi qua ngăn xếp. Đường ống dẫn bọt khí nhỏ (20) được bố trí trong đường ống nước biển (14) để sơ bộ làm bão hòa nước biển với oxy hòa tan. Đường kính của các bọt khí nhỏ tốt hơn là từ khoảng 50 μm đến 1 mm.

Trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit trong tháp khử lưu huỳnh (12) được đo bằng dụng cụ đo trị số pH (26) được đặt trong đường ống (21), và trị số pH được điều khiển để nằm trong khoảng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$ bằng hệ thống điều khiển tự động hoặc hệ thống điều khiển bằng tay. Lượng nước biển quy định được đưa vào tháp khử lưu huỳnh (12), ống sục khí (15) được bố trí dưới đáy của bể chứa nước tháp khử lưu huỳnh và không khí để sục khí được đưa vào nước biển khử lưu huỳnh có tính axit để điều chỉnh lượng sục khí trong đường ống khí (15) để loại bỏ tất cả các cacbonat trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit với tốc độ tách carboxyl quy định là từ 30% đến 60% và thích hợp hơn là từ 40% đến 50% (bước tách carboxyl thứ nhất). Tác dụng của sự sục khí trong tháp khử lưu huỳnh có thể thu được bằng cách sục khí bên trong bể nước gần ngoài và đưa ra khí thải được sục vào tháp khử lưu huỳnh. Ở đây, mặc dù đường ống (21) có thể được bố trí bằng cách nối các ống kim loại hoặc ống chất dẻo, trong trường hợp lượng lớn nước, kênh dẫn nước có thể cũng được bố trí bao gồm ống dẫn hở hoặc ống dẫn kín. Tuy nhiên, đường ống (21) tốt hơn là được bịt kín chẳng hạn như bằng cách bố trí nắp đậy để ngăn chặn sự tái phân tán của khí axit sulfuro. Ngoài ra, dụng cụ đo trị số pH (26) có thể được bố trí ở vị trí sau khi tiếp xúc với khí thải chứa khí axit sulfuro cho phép đo trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit và trước khi trộn nước biển khử lưu huỳnh có tính axit với nước biển không khử lưu huỳnh, hoặc bể chứa hoặc bể đo trị số pH có thể được bố trí trong tháp khử lưu huỳnh (12) hoặc riêng biệt ở đây, và dụng cụ đo trị số pH (26) có thể được bố trí trong đó.

Sau đó, nước biển khử lưu huỳnh có tính axit chảy ra khỏi tháp khử lưu huỳnh qua đường ống (21) và đi vào bộ phận oxy hóa của thiết bị xử lý nước biển bằng cách đi qua các đường dẫn nước (22). Lượng nước biển quy định

không khử lưu huỳnh được truyền tới bộ phận oxy hóa của thiết bị xử lý nước biển (16) bằng các đường dẫn nước (22) qua đường ống nước biển (23) ở tỷ số trộn được xác định theo trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit. Cấu trúc công vào cho nước biển khử lưu huỳnh có tính axit và cấu trúc công vào cho nước biển không khử lưu huỳnh không bị giới hạn ở các cấu trúc được mô tả ở đây, và mặc dù bộ phận trộn có thể được bố trí ở giai đoạn trước bộ phận oxy hóa, kết cấu tốt hơn là được ứng dụng sao cho nước biển không khử lưu huỳnh vẫn còn trên lớp trên cùng.

Các ion bisunfit trong nước biển được trộn tốt hơn là được oxy hóa bằng cách lắp đặt đường ống bọt khí nhỏ oxy hóa (17) tại đáy của bộ phận oxy hóa và đưa vào lượng không khí ở dạng các bọt khí nhỏ bằng từ 1,5% đến 3% của lưu lượng theo thể tích nước biển được trộn theo quy định ở cường độ sục khí 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn.

Nước biển được trộn sau đó đi vào bộ phận tách carboxyl thứ hai sau khi đi qua bộ phận oxy hóa ở đường ống sục khí (18) được bố trí dưới đáy của bộ phận tách carboxyl của thiết bị xử lý nước biển (16), và trị số pH của nước biển được khôi phục sử dụng phương pháp sục khí thông thường trong bộ phận tách carboxyl thứ hai theo phương pháp nêu trên. Tiếp tục, đường ống sục bọt khí nhỏ (19) được bố trí dưới đáy của bộ phận hoàn thành của giai đoạn sau để thực hiện việc tách rắn-lỏng của các chất rắn lơ lửng trong nước biển và duy trì hàm lượng oxy hòa tan, và bằng việc đưa vào các bọt khí nhỏ và bố trí cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn trong công xả của thiết bị xử lý nước biển, các chất rắn lơ lửng được phép nổi lên bề mặt mà không chảy ra khỏi thiết bị xử lý nước biển, theo cách này chúng tốt hơn là được loại bỏ theo chu kỳ hoặc liên tục khỏi thiết bị xử lý nước biển. Theo cách này, nước biển (30) chủ yếu có thể được xả từ thiết bị xử lý nước biển vào biển trong khi đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn bảo vệ môi trường địa phương.

Sau khi đã có axit hypoclorơ trong nước biển mà trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro bằng cách bố trí thiết bị bổ sung axit

hypoclorơ mà sơ bộ bổ sung axit hypoclorơ vào nước biển, các chất dùng chất oxy hóa có trong nước biển sơ bộ được oxy hóa, cho phép oxy hòa tan trong bộ phận oxy hóa được sử dụng hiệu quả cho axit sulfuro. Ngoài ra, trong trường hợp axit hypoclorơ vẫn còn trong bộ phận hấp thụ khí axit sulfuro, bộ phận tách carboxyl thứ nhất và bộ phận oxy hóa, nó có thể oxy hóa hiệu quả axit sulfuro bằng cách hoạt động như chất oxy hóa. Mặc dù sự gia nhiệt nhẹ có thể được thực hiện, sự gia nhiệt tốt hơn là được thực hiện ở từ 2°C đến 15°C và thích hợp hơn nữa là ở từ 5°C đến 7°C.

Ngoài ra, trong bộ phận trộn, sau khi sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh mà được trộn với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro bằng cách bố trí thiết bị bổ sung axit hypoclorơ, bằng cách cho phép phản ứng một cách có hiệu quả được diễn ra bằng cách gia nhiệt bằng thiết bị gia nhiệt, các chất mà dùng các chất oxy hóa được chứa trong nước biển bị oxy hóa trước, do đó cho phép oxy hòa tan trong bộ phận oxy hóa được sử dụng hiệu quả cho axit sulfuro. Ngoài ra, trong trường hợp axit hypoclorơ vẫn còn trong bộ phận oxy hóa, nó có thể thực hiện hiệu quả sự oxy hóa của axit sulfuro bằng cách hoạt động như chất oxy hóa. Mặc dù sự gia nhiệt nhẹ có thể được thực hiện, sự gia nhiệt tốt hơn là được thực hiện ở từ 2°C đến 15°C và thích hợp hơn nữa là ở từ 5°C đến 7°C.

Theo cách này, theo sáng chế, lượng sục khí trong tháp khử lưu huỳnh có thể được điều chỉnh và bước tách carboxyl thứ nhất có thể được thực hiện trong khoảng tối ưu của tốc độ tách carboxyl bằng cách xác định lượng nước biển được sử dụng để khử lưu huỳnh, trong khi đồng thời xem xét công suất xử lý lưu huỳnh trong tháp khử lưu huỳnh, do đó nước biển khử lưu huỳnh có tính axit nằm trong khoảng trị số pH phù hợp sử dụng hệ thống điều khiển được đơn giản hóa. Ngoài ra, bằng cách tính tỷ số trộn tối ưu theo trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn, oxy hóa sau khi trộn với nước biển không khử lưu huỳnh theo tỷ số trộn này, xử lý nước biển khử lưu huỳnh bằng cách trải qua sự xử lý tách carboxyl thứ hai, và

tốt hơn nữa là, bố trí thiết bị để tách các chất rắn lơ lửng và duy trì oxy hòa tan, phương pháp và thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển có thể được đề xuất có sự tác động môi trường thấp, cho phép giảm đáng kể chi phí thiết bị và chi phí vận hành, và chứng minh tính khả thi về kinh tế và thực tiễn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Nước biển được đưa vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải dưới các điều kiện thể hiện trên bảng 1 sử dụng thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển thể hiện trên Fig.5, nước biển trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa SO₂ (800ppm) sử dụng hệ thống đối lưu, và khí thải đã trải qua sự xử lý hấp thụ bằng nước biển (SO₂: 50ppm) được dẫn ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải (tốc độ khử lưu huỳnh: 93%). Trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit là 2,9, tốc độ tách carboxyl ở bước xử lý tách carboxyl thứ nhất là 40%, và tỷ số trộn của nước biển không khử lưu huỳnh (33°C)/nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (37°C) là 3,28.

Bảng 1

Lưu lượng khí thải	Nm ³ /Hr	622000
Lưu lượng nước biển được trộn	m ³ /Hr	29000
Nhiệt độ nước biển được trộn	°C	33
Lưu lượng nước biển khử lưu huỳnh	m ³ /Hr	9000
Nhiệt độ nước biển khử lưu huỳnh có tính axit	°C	37
Hàm lượng SO ₂ (khí thải)	ppm	800
Hàm lượng SO ₂ (khí đã làm sạch)	ppm	50
Tốc độ khử lưu huỳnh	%	93
Tốc độ tách carboxyl	%	40
Trị số pH của nước biển khử lưu huỳnh có tính axit	-	2,9
Tỷ số trộn nước biển không khử lưu huỳnh/nước biển khử lưu huỳnh có tính axit	-	3,28

Trị số pH của nước biển được xả	-	6,7
Tăng COD nước biển được xả (phần được chuyển hóa từ các ion sunfit)	mg/l	<0,3
Tốc độ bão hòa của oxy hòa tan (dissolved oxygen-DO) trong nước biển được xả	%	>85

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, phương pháp và thiết bị khử lưu huỳnh dùng nước biển có thể được đề xuất có sự tác động môi trường thấp, cho phép giảm đáng kể chi phí thiết bị và chi phí vận hành, và chứng minh tính khả thi về kinh tế và thực tiễn.

Danh mục các số chỉ dẫn

- 11 Đường dẫn khí thải
- 12 Tháp khử lưu huỳnh
- 13 Khí thải được làm sạch
- 14 Đường ống nước biển
- 15 Ống sục khí
- 16 Thiết bị xử lý nước biển
- 17 Đường ống bọt khí nhỏ oxy hóa
- 18 Đường ống sục khí
- 19 Đường ống sục bọt khí nhỏ
- 20 Đường ống dẫn bọt khí nhỏ
- 21 Đường ống
- 22 Các đường dẫn nước
- 23 Đường ống nước biển
- 24 Các ống phân tán nước
- 25 Tấm có lỗ
- 26 Dụng cụ đo trị số pH
- 30 Nước biển được xả

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều chỉnh để đáp ứng biểu thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

2. Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển mà đã

hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro là trị số được thiết đặt trước để đáp ứng biểu thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

3. Phương pháp khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro bao gồm các bước:

bước hấp thụ khí axit sulfuro để đưa nước biển vào tháp khử lưu huỳnh từ khí thải, trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, và dẫn khí thải ra khỏi tháp khử lưu huỳnh từ khí thải sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bước xử lý tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl khỏi nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bước xử lý oxy hóa để oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất; và

bước trộn để trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa; trong đó:

trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và

ở bước trộn, tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu

huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro được điều khiển để đáp ứng biểu thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó, ở bước xử lý tách carboxyl thứ nhất, không khí được đưa vào nước biển và cacbon đioxit trong nước biển bị trục xuất sao cho tốc độ tách carboxyl, được tính toán theo phương trình: $\text{tốc độ tách carboxyl } (\eta\%) = [(2,0 - \text{tổng nồng độ cacbonat trong nước biển khử lưu huỳnh có tính axit (mmol/L)} \times 100)]/2,0$, là từ 30% đến 60% dựa trên tổng nồng độ cacbonat là 2,0 mmol/L.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn là trị số pH của nước biển sau bước xử lý tách carboxyl thứ nhất và trước bước trộn.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó nhiệt độ của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh được thiết đặt thấp hơn từ 2°C đến 20°C so với nhiệt độ của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó các bọt khí nhỏ được sơ bộ đưa vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy được hòa tan.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó công vào của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro được lắp đặt bên dưới công vào của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó không khí bằng từ 1,5% đến 3% lưu lượng theo thể tích của nước biển được trộn được đưa vào theo dạng các bọt khí nhỏ ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn để oxy hóa các ion bisunfit.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xử lý tách carboxyl thứ hai để làm tăng pH bằng cách tách carboxyl từ nước biển sau khi xử lý oxy hóa.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó, sau bước tách carboxyl thứ hai, không khí bằng từ 1,5% đến 3% lưu lượng theo thể tích của nước biển được trộn được đưa vào theo dạng các bọt khí nhỏ ở cường độ sục khí là 0,1 m/phút hoặc nhỏ hơn để làm tăng lượng oxy được hòa tan.

12. Phương pháp theo điểm 7, 9 hoặc 11, trong đó đường kính của các bọt khí nhỏ là từ 50 μm đến 1 mm.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 12, trong đó, sau bước tách carboxyl thứ hai, nước biển được xả sau khi đã loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước biển để được xả với cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, trong đó axit hypoclorơ được sơ bộ chứa trong nước biển được trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, sau đó được gia nhiệt.

15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, trong đó, ở bước trộn, axit hypoclorơ được sơ bộ chứa trong nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro và nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh, sau đó được gia nhiệt.

16. Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất tách carboxyl từ nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bộ phận trộn điều chỉnh tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro để đáp ứng biểu

thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

17. Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và dẫn khí thải ra sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl từ nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bộ phận trộn thiết đặt tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro đến trị số thiết đặt trước để đáp ứng biểu thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

18. Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro, thiết bị này được bố trí:

tháp khử lưu huỳnh từ khí thải mà đưa nước biển vào, cho khí thải chứa khí axit sulfuro trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng để hấp thụ khí axit sulfuro trong khí thải vào nước biển, điều chỉnh trị số pH của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn sao cho $2,2 \leq \text{pH} \leq$

4,0, và dẫn khí thải ra sau khi xử lý hấp thụ bằng nước biển;

bộ phận tách carboxyl thứ nhất để tách carboxyl từ nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro;

bộ phận oxy hóa oxy hóa các ion bisunfit trong nước biển sau khi xử lý tách carboxyl thứ nhất; và,

bộ phận trộn điều khiển tỷ lệ trộn (α) của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro để đáp ứng biểu thức sau đây: $209 \times \text{pH}^{-5,04} < \alpha < 171 \times \text{pH}^{-3,52}$ (trong đó, trị số pH đáp ứng $2,2 \leq \text{pH} \leq 4,0$, và α không có đơn vị và có thể là tỷ lệ thể tích hoặc tỷ lệ trọng lượng) dựa trên trị số pH của nước biển sau bước hấp thụ khí axit sulfuro và trước bước trộn khi trộn nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh với nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro trong hoặc trước bước xử lý oxy hóa.

19. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 18, trong đó công vào của nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro được lắp đặt bên dưới công vào của nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh.

20. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 19, trong đó thiết bị này còn bố trí bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai mà làm tăng pH bằng cách tách carboxyl từ nước biển sau khi xử lý oxy hóa.

21. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 20, trong đó thiết bị này có bố trí bộ phận tạo bọt khí nhỏ để sơ bộ đưa các bọt khí nhỏ vào nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh và nước biển mà đã hấp thụ khí axit sulfuro để làm bão hòa với oxy được hòa tan.

22. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 21, trong đó cấu trúc kết hợp dòng chảy ngầm và dòng chảy tràn được bố trí sau bộ phận xử lý tách carboxyl thứ hai để loại bỏ các chất rắn lơ lửng trong nước biển để được xả.

23. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 đến 22, trong đó thiết bị này có bộ phận bổ sung clo mà sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển được trải qua sự tiếp xúc khí-lỏng với khí thải chứa khí axit sulfuro, và bộ phận gia nhiệt để gia nhiệt nước biển chứa axit hypoclorơ.

24. Thiết bị khử lưu huỳnh từ khí thải chứa khí axit sulfuro theo điểm bất kỳ

trong số các điểm từ 16 đến 23, trong đó ở bước trộn, thiết bị này có bộ phận bổ sung clo mà sơ bộ chứa axit hypoclorơ trong nước biển không được sử dụng để khử lưu huỳnh mà được trộn với nước biển đã hấp thụ khí axit sulfuro, và bộ phận gia nhiệt để gia nhiệt nước biển chứa axit hypoclorơ.

FIG. 1

NỒNG ĐỘ CỦA CÁC DẠNG CACBONAT TRONG NƯỚC BIỂN

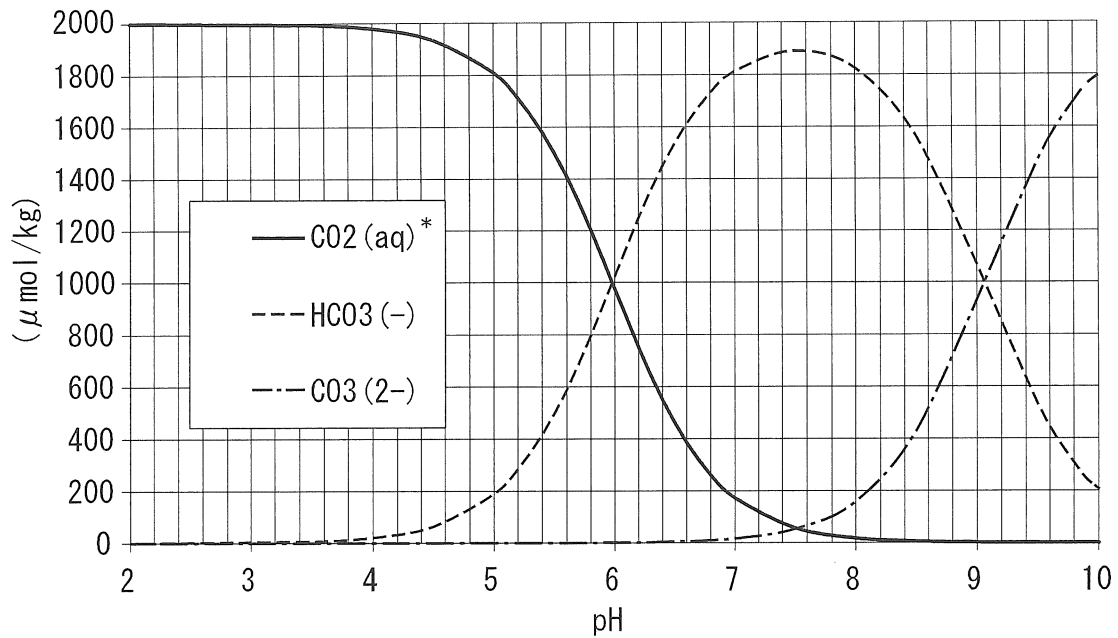


FIG. 2

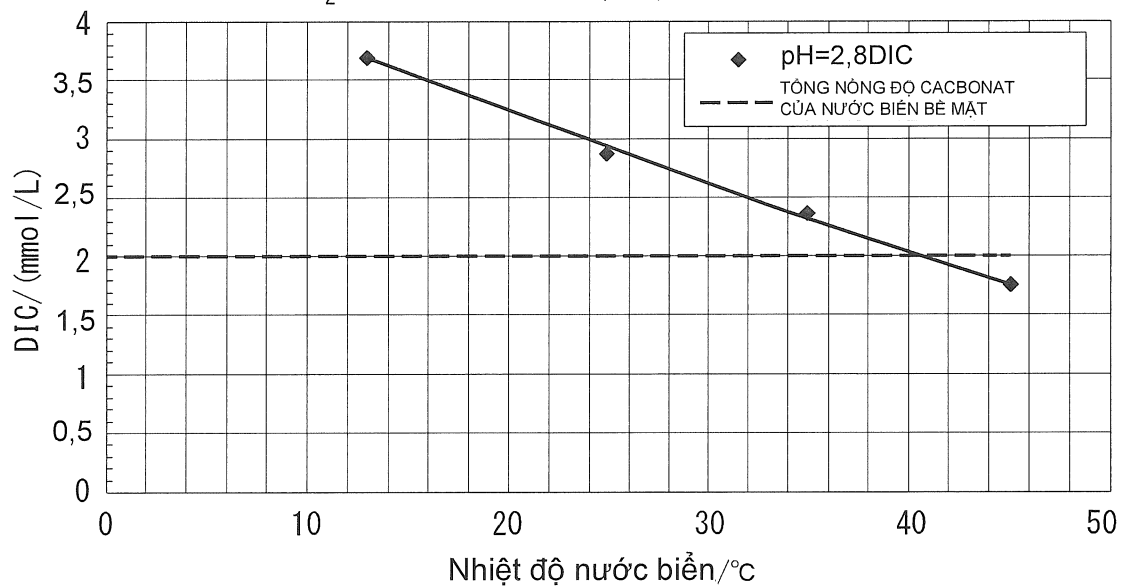
NỒNG ĐỘ HÒA TAN BẢO HÒA CO_2 TRONG NƯỚC BIỂN CO_2 (P=14 KPa) NƯỚC BIỂN=pH 2,8

FIG. 3

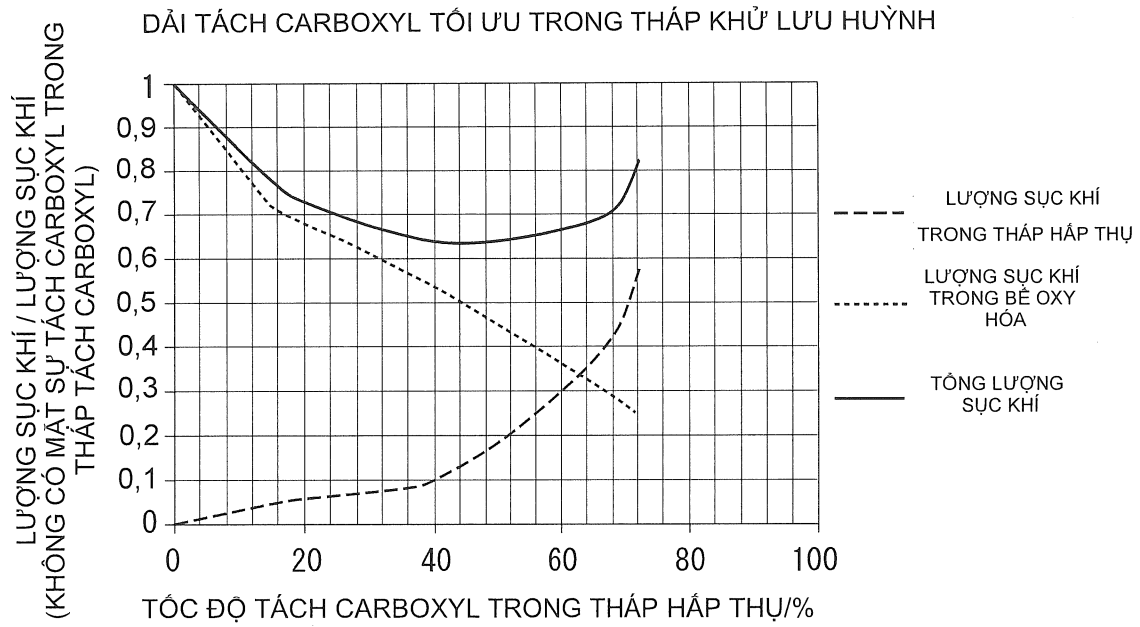


FIG. 4

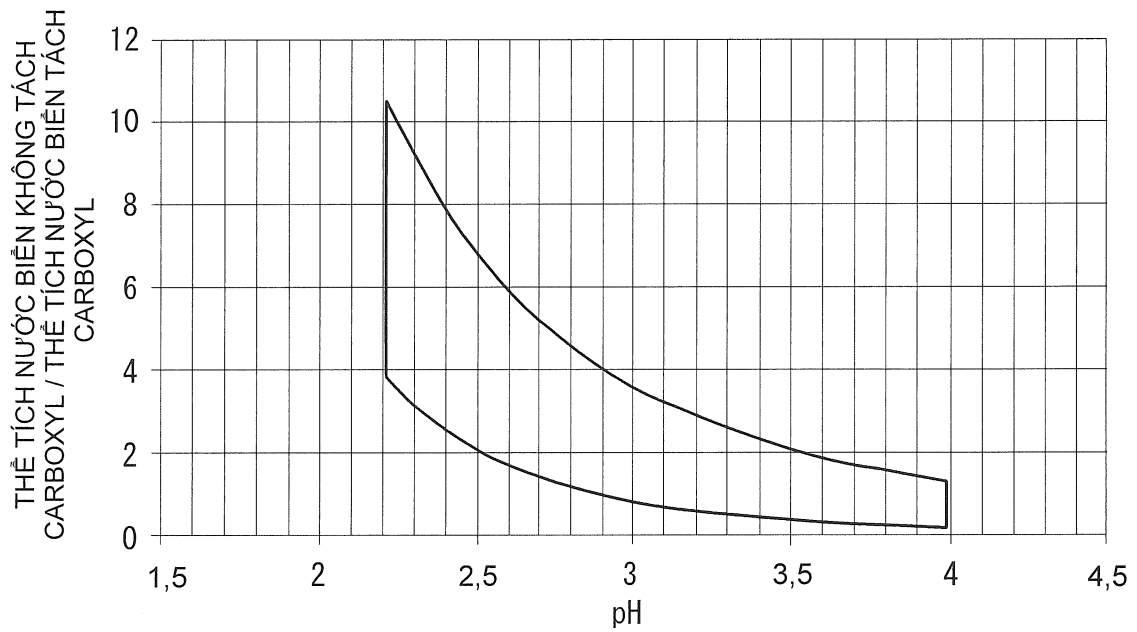


FIG. 5

