



(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)



1-0030717

(51)⁷ B01D 53/60; B01D 53/78; B01D 53/14 (13) B

(21) 1-2016-05159

(22) 04/06/2015

(86) PCT/CN2015/080761 04/06/2015

(87) WO2015/185000 10/12/2015

(30) 201410245417.4 05/06/2014 CN

(45) 25/01/2022 406

(43) 25/05/2017 350A

(73) 1. WEI, Xionghui (CN)

Department of Applied Chemistry, College of Chemistry & Molecular Engineering,
Peking University, No.5 Yiheyuan Road, Haidian District, Beijing 100871, China

2. ZOU, Meihua (CN)

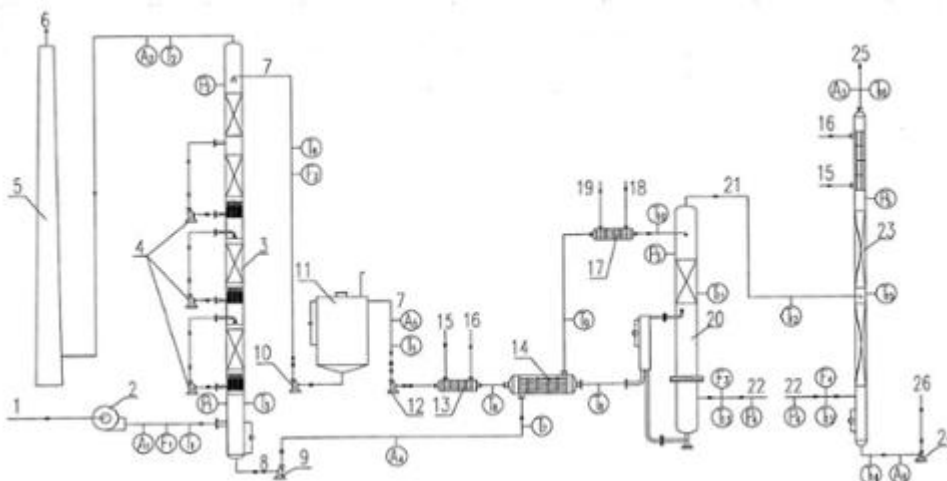
Room 182, Unit 1, Building 3, Shuiqingmuhua Garden, Haidian District, Beijing
100190, China

(72) WEI, Xionghui (CN).

(74) Công ty cổ phần Tư vấn S&B (S&B CONSULTANT., CORP.)

(54) QUY TRÌNH VÀ THIẾT BỊ KHỬ LƯU HUỖNH - NITƠ TRONG KHÍ THẢI

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình và thiết bị để khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ được sử dụng trong tháp hấp thụ (3) để hấp thụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ từ khí thải hoặc các loại khí thải khác nhau tạo thành cuối quá trình đốt. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ với lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bị hấp phụ giải phóng lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bằng cách làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không trong tháp tái sinh (20). Lưu huỳnh dioxit thoát ra và/hoặc các oxit nitơ được ngưng tụ thành sản phẩm lưu huỳnh dioxit và/hoặc nitơ oxit với độ tinh khiết cao hơn trong tháp ngưng tụ (23). Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đã được tái sinh được tái sử dụng. Quy trình và thiết bị có khả năng áp dụng công nghiệp rộng, và có thể sử dụng cho quy trình khử lưu huỳnh và/hoặc quy trình khử nitơ của các loại khí thải, khí đốt, các loại khí cốc lò, khí thải tổng hợp từ thuốc nhuộm thực vật, các loại khí gây ô nhiễm xả từ nhà máy sợi hóa học và các khí thải nguyên liệu công nghiệp hoặc khí thải khác chứa SO_x .



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến khía cạnh công nghiệp của việc khử lưu huỳnh - nitơ trong không khí, và điểm đặc biệt là quy trình và thiết bị để khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải hoặc các loại khí thải khác nhau tạo thành cuối quá trình đốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đốt cháy nhiên liệu hoá thạch sản sinh ra một lượng lớn các loại khí thải vào bầu không khí, trong đó kèm theo lưu huỳnh dioxit, lưu huỳnh trioxit, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ và một lượng nhỏ các chất hữu cơ độc hại, chứa một lượng lớn bụi bẩn, các phân tử ưa nước và các phân tử kỵ nước trong lượng bụi này (chủ yếu là các phân tử muối canxi, các phân tử muối nhôm, các phân tử muối magiê, các phân tử muối titan, các phân tử muối sắt, các phân tử muối chì, các phân tử muối kẽm, các phân tử muối coban, các phân tử thành phần đất hiếm, các phân tử thành phần phóng xạ và các phân tử thành phần độc hại khác, cũng như các phân tử chất khoáng như các phân tử silic, các phân tử cao lanh, các phân tử silicat, và các phân tử phosphat). Các phân tử này được thải ra cùng lúc với các loại khí thải vào bầu không khí. Cùng lúc đó, lưu huỳnh dioxit, lưu huỳnh trioxit, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ, các chất hữu cơ độc hại, vi khuẩn, và các chất tương tự được hấp phụ dễ dàng trên bề mặt các phân tử này, do đó lượng phân tử trôi nổi trong không khí (thường được tính theo các thông số PM100, PM10, PM2,5...) tăng lên đáng kể, gây nên hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hoá trong bầu không khí, và gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Hiện tại, quy trình khử lưu huỳnh và quy trình khử nitơ là hai quy trình độc lập. Điểm đặc trưng là quy trình khử nitơ được dẫn dắt bởi quy trình khử lưu huỳnh.

Quy trình khử lưu huỳnh hiện tại chủ yếu bao gồm quy trình khử lưu huỳnh bằng phương pháp phun canxi vào đáy lò đốt, quy trình khử lưu huỳnh khô và quy trình khử lưu huỳnh ướt đối với các loại khí thải, khí thải nguyên liệu công nghiệp và các loại khí thải khác chứa lưu huỳnh...

Quy trình khử lưu huỳnh của phương pháp phun canxi vào đáy lò đốt là quy trình khử lưu huỳnh trong khi đốt cháy, trong đó oxit hoặc cacbonat hoặc các chất tương tự chứa nguyên tố canxi hoặc magiê được phun trực tiếp vào đáy lò hơi nhằm làm kết tinh lưu huỳnh, hoặc oxit hoặc cacbonat hoặc các chất tương tự chứa nguyên tố canxi hoặc magiê được trộn đều trực tiếp với than và đưa vào đáy lò để đốt cháy nhằm làm kết tinh lưu huỳnh. Oxit hoặc cacbonat như vậy chứa nguyên tố canxi hoặc magiê phản ứng ở nhiệt độ cao với lưu huỳnh dioxit hoặc lưu huỳnh trioxit sinh ra do sự đốt cháy để sản xuất canxi sulfat hoặc magiê sulfat, và canxi sulfit hoặc magiê sulfit cũng đồng thời được tạo ra. Muối sulfit như vậy bị oxi hoá một phần bởi oxi trong khí thải thành canxi sulfat hoặc magiê sulfat, do đó một phần lưu huỳnh kết tinh trong tro đốt, và đạt được chức năng khử lưu huỳnh. Tuy nhiên, hiệu quả của quy trình khử lưu huỳnh không cao, thường dưới 80%, và tỷ lệ Ca/S (Mg/S) lớn hơn nhiều so với mức 1,5, đồng nghĩa với lượng tiêu thụ nguyên liệu lớn oxit hoặc cacbonat chứa nguyên tố canxi hoặc magiê.

Trong quy trình khử lưu huỳnh khô, khí thải đi qua máy khử lưu huỳnh khô trước khi thoát ra ngoài, và thoát ra ngoài sau khi được khử lưu huỳnh. Máy khử lưu huỳnh khô chứa các hạt cứng khử lưu huỳnh khô, thường là oxit sắt, oxit kẽm, oxit mangan, oxit coban, oxit crom, oxit molypden, và các chất tương tự. Các chất khử lưu huỳnh khô như vậy hấp thụ lưu huỳnh dioxit trong khí thải và tạo ra sulfit tương ứng. Khi oxit như vậy mất khả năng hấp thụ lưu huỳnh dioxit, nó phải được thay thế bằng chất khử lưu huỳnh khô mới. Chất khử lưu huỳnh khô được sử dụng với số lượng lớn và rất đắt, và nhiều chất cặn thừa sinh ra cùng lúc, cần phải được gom lại và chôn lấp, gây ra ô nhiễm chuyển tiếp nghiêm trọng và hiện tượng ô nhiễm thứ cấp.

Đối với quy trình khử lưu huỳnh ướt, điểm đặc biệt là bao gồm quy trình khử lưu huỳnh ướt bằng đá vôi, quy trình khử lưu huỳnh ướt bằng vôi, quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac, quy trình khử lưu huỳnh bằng kiềm kép, quy trình khử lưu huỳnh bằng phân amoni phosphat, quy trình khử lưu huỳnh bằng magiê ướt, quy trình khử lưu huỳnh bằng nước biển, quy trình khử lưu huỳnh Wellman-Lord, quy trình khử lưu huỳnh bằng natri (hoặc kali) sulfit, quy trình khử lưu huỳnh sử dụng axit hữu cơ – muối của axit hữu cơ làm chất đệm...

Trong quy trình khử lưu huỳnh ướt bằng đá vôi, đá canxi cacbonat từ quặng bị đập nhỏ bằng máy búa, nghiền thành bột mịn lớn hơn lưới 325 mesh bằng máy nghiền bi, và sau đó trộn thành dạng bùn chứa từ 10% đến 15% bột canxi cacbonat. Trong tháp khử lưu huỳnh, bùn chứa canxi cacbonat tiếp xúc với khí thải theo dòng ngược chiều (hoặc theo dòng xuôi chiều, hoặc theo dòng kết hợp ngược chiều và xuôi chiều), và lưu huỳnh dioxit trong không khí phản ứng với canxi cacbonat trong bùn để tạo ra canxi sulfite, do đó bùn chứa canxi cacbonat được biến đổi thành bùn chứa canxi sulfite. Trong lớp oxi hoá cưỡng bức của tháp khử lưu huỳnh, bùn chứa canxi sulfite bị oxi hoá thành canxi sulfate, do đó bùn chứa canxi sulfite biến đổi thành bùn chứa canxi sulfate. Bùn chứa canxi sulfate chảy ra khỏi tháp khử lưu huỳnh đi qua lớp phân tách để tách canxi sulfate khỏi bùn. Nước bị tách ra được tái sử dụng để điều chế bùn chứa canxi cacbonat. Canxi sulfate bị tách ra được chôn lấp như chất cặn thừa hoặc sử dụng để sửa nền đường, hoặc được lọc và sử dụng để sản xuất tấm thạch cao. Tuy nhiên, quá trình này sản xuất ra nhiều canxi sulfate rắn, cũng như một số chất thải rắn như canxi sulfite và canxi cacbonat không phản ứng. Với lượng đá vôi tiêu thụ lớn, thiết bị nghiền và đập lớn, và năng lượng tiêu thụ nhiều, lượng đầu tư là rất nhiều. Hơn nữa, các kết tủa rắn có xu hướng làm tắc nghẽn các thiết bị, được sinh ra trong quá trình hấp thụ. Lượng nước thải xả ra lớn, và ô nhiễm thứ cấp rất nghiêm trọng. Các phân tử ura nước và các phân tử kỵ nước chứa trong bùn chứa canxi cacbonat (chủ yếu là các phân tử muối canxi, các phân tử muối nhôm, các phân tử muối magiê, các phân tử muối titan, các phân tử muối sắt, các phân tử muối chì, các phân tử muối kẽm, các phân tử muối coban, các phân tử thành phần đất hiếm, các phân tử thành phần phóng xạ và các phân tử thành phần độc hại khác, cũng như các phân tử chất khoáng như các phân tử silic, các phân tử cao lanh, các phân tử silicat, và các phân tử phosphat và các chất tương tự) cũng bị ảnh hưởng bởi khí thải, và xả ra ngoài không khí, trong khi lưu huỳnh dioxit, lưu huỳnh trioxit, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ, các chất hữu cơ độc hại, vi khuẩn, và các chất tương tự được hấp phụ dễ dàng trên bề mặt của các phân tử này, do đó lượng phân tử trôi nổi trong không khí (thường được tính theo các thông số PM100, PM10, PM2,5...) tăng lên đáng kể, gây nên hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hoá trong bầu không khí, và gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Trong quy trình khử lưu huỳnh ướt bằng vôi, canxi oxit bị nung nóng được sử dụng để phản ứng với nước, sinh ra chất nhũ tương dạng lỏng chứa canxi hydroxit, sau đó trộn thành dạng bùn chứa từ 10% đến 15% canxi hydroxit. Trong tháp khử lưu huỳnh, bùn chứa canxi hydroxit tiếp xúc với khí thải theo dòng ngược chiều (hoặc theo dòng xuôi chiều, hoặc theo dòng kết hợp ngược chiều và xuôi chiều), và lưu huỳnh dioxide trong không khí phản ứng với canxi hydroxit trong bùn tạo ra canxi sulfite, do đó bùn chứa canxi hydroxit được biến đổi thành bùn chứa canxi sulfite. Trong lớp oxy hoá cưỡng bức của tháp khử lưu huỳnh, bùn chứa canxi sulfite bị oxy hoá thành canxi sulfate, do đó bùn chứa canxi sulfite được biến đổi thành bùn chứa canxi sulfate. Bùn chứa canxi sulfate chảy ra khỏi tháp khử lưu huỳnh đi qua lớp phân tách để tách canxi sulfate khỏi bùn. Nước bị tách ra được tái sử dụng để điều chế bùn chứa canxi hydroxit. Canxi sulfate bị tách ra được chôn lấp như chất cặn thừa hoặc sử dụng để sửa nền đường, hoặc được lọc và sử dụng để sản xuất tấm thạch cao. Tuy nhiên, quá trình này sản xuất ra nhiều canxi sulfate rắn, cũng như một số chất thải rắn như canxi sulfite, canxi cacbonat, và canxi hydroxit không phản ứng. Với lượng đá vôi tiêu thụ và thiết bị lớn, lượng đầu tư là rất nhiều. Hơn nữa, các kết tủa rắn có xu hướng làm tắc nghẽn các thiết bị, được sinh ra trong quá trình hấp thụ. Lượng nước thải xả ra lớn, và ô nhiễm thứ cấp rất nghiêm trọng. Các phân tử ưa nước và các phân tử kỵ nước chứa trong bùn chứa canxi cacbonat (chủ yếu là các phân tử muối canxi, các phân tử muối nhôm, các phân tử muối magiê, các phân tử muối titan, các phân tử muối sắt, các phân tử muối chì, các phân tử muối kẽm, các phân tử muối coban, các phân tử thành phần đất hiếm, các phân tử thành phần phóng xạ và các phân tử thành phần độc hại khác, cũng như các phân tử chất khoáng như các phân tử silic, các phân tử cao lanh, các phân tử silicat, và các phân tử phosphat và các chất tương tự) cũng bị ảnh hưởng bởi khí thải, và xả ra ngoài không khí, trong khi lưu huỳnh dioxide, lưu huỳnh trioxide, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ, các chất hữu cơ độc hại, vi khuẩn, và các chất tương tự được hấp phụ dễ dàng trên bề mặt của các phân tử này, do đó lượng phân tử trôi nổi trong không khí (thường được tính theo các thông số PM100, PM10, PM2,5...) tăng lên đáng kể, gây nên hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hoá trong bầu không khí, và gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Trong quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac, dung dịch amoniac có nồng độ nhất

định được sử dụng như chất hấp thụ để hấp thụ lưu huỳnh dioxit trong khí thải, amoni bisulfit sinh ra từ phản ứng, được biến đổi thành amoni bisulfat do bị oxi hoá. Amoni bisulfat cuối cùng bị kiềm hoá thành amoni sulfat bởi amoniac, và amoni sulfat được tách ra như sản phẩm phụ của phân bón. Quá trình như sau: trong tháp khử lưu huỳnh, khí thải sau khi lọc bụi và trao đổi nhiệt bằng thiết bị trao đổi nhiệt khí - khí sẽ tiếp xúc với dung dịch amoniac theo dòng ngược chiều hoặc theo dòng xuôi chiều hoặc theo đường kết hợp dòng ngược chiều và dòng xuôi chiều, lưu huỳnh dioxit trong khí thải bị hấp thụ bởi dung dịch amoniac và biến đổi thành amoni bisulfit. Khí thải sau khi khử lưu huỳnh phải qua trao đổi nhiệt bằng thiết bị trao đổi nhiệt khí - khí, và sau đó được dẫn qua ống khói vào không khí. Dung dịch amoni bisulfit được tạo ra sau khi khử lưu huỳnh được đưa qua vùng oxi hoá cưỡng bức hoặc thiết bị oxi hoá cưỡng bức nằm riêng trong tháp khử lưu huỳnh, và bị oxi hoá bởi không khí hoặc khí ozon, sau đó biến đổi thành amoni bisulfat, và dẫn vào thiết bị kiềm hoá, trong đó dung dịch bị kiềm hoá bởi khí amoniac hoặc dung dịch amoniac cô đặc và bị biến đổi thành amoni sulfat, bị kết tinh bằng thiết bị kết tinh, tách ra và làm khô để thu được sản phẩm phụ của phân amoni sulfat. Dung dịch amoniac tổng bị tách ra được bổ sung thêm amoniac liên tục để làm tăng nồng độ amoniac để tái sử dụng. Quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac có hiệu quả khử lưu huỳnh cao, và thể tích dung dịch tuần hoàn nhỏ. Tuy nhiên, amoniac có mức độ độc tố cao, dễ bay hơi và nhiệt độ bay hơi thấp, do đó hiện tượng of amoniac phát tán trong khí thải rất nghiêm trọng, gây ra lượng hao tổn amoniac lớn và ô nhiễm thứ cấp gây ra bởi amoniac trong bầu không khí. Cùng lúc, lượng tiêu thụ amoniac trong quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac rất lớn, và amoniac bị biến đổi thành amoni sulfat có giá trị thấp, do đó chi phí của quy trình khử lưu huỳnh cao, và sự kết tinh chắc chắn xảy ra, làm tắc thiết bị và đường ống. Hơn thế nữa, amoniac có tính ăn mòn cao, do đó sự ăn mòn thiết bị rất nghiêm trọng, và quá trình sản xuất amoniac là một trong những quá trình tiêu thụ nhiều năng lượng và gây ô nhiễm trầm trọng, tiêu thụ amoniac quá mức thực sự là một quá trình làm trầm trọng hơn mức độ ô nhiễm môi trường và gián tiếp tăng lượng năng lượng tiêu thụ, vì vậy việc sử dụng amoniac nên được hạn chế tối đa.

Trong quy trình khử lưu huỳnh bằng kiềm kép, trong tháp khử lưu huỳnh, dung dịch chứa nước muối của kim loại kiềm có khả năng tan trong nước lớn, như NaOH,

Na_2CO_3 , Na_2SO_3 , hoặc các chất tương tự được sử dụng để hấp thụ lưu huỳnh dioxit trong khí thải, natri bisulfit hoặc bisulfit của kim loại kiềm tan trong nước được tạo ra trong phản ứng. Khí thải đã lọc sạch được thải ra qua ống khói vào bầu không khí. Dung dịch chứa nước natri bisulfit hoặc bisulfit của kim loại kiềm tan trong nước được đưa vào lò phản ứng vôi để tiến hành phản ứng trung hoà với CaO hoặc CaCO_3 , trong quá trình này không khí sẽ oxy hoá đồng thời để tạo ra kết tủa canxi sulfat, tách ra để thu được thạch cao. Dung dịch lần lượt bị biến đổi thành dung dịch muối chứa nước của kim loại kiềm có khả năng tan trong nước cao, như NaOH , Na_2CO_3 , hoặc các chất tương tự, để sử dụng tiếp. Mục đích của quy trình khử lưu huỳnh bằng kiềm kép là nhằm tránh gặp vấn đề kết tủa làm tắc trong quá trình sử dụng đá vôi (hoặc vôi) đơn thuần, tuy nhiên, quá trình này thực chất là việc sử dụng đá vôi (hoặc vôi) như một chất khử lưu huỳnh.

Trong quy trình khử lưu huỳnh bằng phân amoni phosphat (PAFP), quặng phosphorit tự nhiên và amoniac được sử dụng làm nguyên liệu thô, và hợp chất phân amoni phosphat được trực tiếp sản xuất trong quy trình khử lưu huỳnh của khí thải. Quá trình chủ yếu bao gồm các đơn vị hoạt động như hấp phụ, chiết tách, trung hòa, hấp thụ, oxy hóa, ngưng tụ và khử ẩm. Khi hấp thụ, cacbon hoạt tính được sử dụng như giai đoạn một của quy trình khử lưu huỳnh hấp phụ trung gian để tiến hành xử lý hấp phụ SO_2 trong khí thải. Trong oxy, SO_2 được xúc tác oxy hóa thành SO_3 . Khi mức độ hấp phụ của cacbon hoạt tính gần đến bão hòa, axit sulfuric loãng, với nồng độ lớn hơn 30%, thu được bằng cách rửa trôi và tái sinh cacbon hoạt tính. Cacbon hoạt tính đã tái sinh được dùng liên tục; Để điều chế axit phosphoric bằng cách chiết tách quặng phosphorit, axit sulfuric loãng được điều chế tại quy trình khử lưu huỳnh giai đoạn một bị phản ứng với bột phosphorit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_2\text{F}_2$), tạo ra hydro florua, axit phosphoric và canxi sulfat. Axit phosphoric có thể thu được sau khi chiết tách và lọc, với mức độ chiết tách quặng phosphorit lớn hơn 90%, và nồng độ axit phosphoric loãng lớn hơn từ 10 đến 14%; Khi trung hòa, amoniac bị phản ứng với axit phosphoric thu được nhờ chiết tách để tạo ra diamoni hydrophosphat, được sử dụng như chất khử lưu huỳnh giai đoạn hai. Trong tháp khử lưu huỳnh giai đoạn hai, diamoni hydrophosphat hấp thụ SO_2 tạo ra diamoni hydrosulfit và amoni dihydrophosphat; Khi oxy hóa, diamoni hydro sulfit trong dung dịch bị oxy hóa thành amoni sulfat, và dung dịch bị oxy

hóa được ngưng tụ và khử ẩm tạo ra hợp chất phân hóa học chứa amoni dihydro phosphat và amoni sulfat rắn. Quy trình phức tạp, với lượng đầu tư lớn, tiêu thụ nhiều hơi nước và tiêu thụ nhiều năng lượng. Cùng lúc đó, cần tiêu thụ một lượng lớn quặng phosphorit tự nhiên. Do đó, công nghệ và quy trình không phải áp dụng được ở mọi nơi, chúng chỉ có thể sử dụng ở nơi có sẵn quặng phosphorit tự nhiên.

Đối với quy trình khử lưu huỳnh bằng magiê ướt, trong tháp khử lưu huỳnh, bùn chứa magiê oxit hoặc magiê hydroxit tiếp xúc với khí thải theo dòng ngược chiều (hoặc theo dòng xuôi chiều, hoặc theo dòng kết hợp ngược chiều và xuôi chiều), và lưu huỳnh dioxit trong không khí phản ứng với magiê oxit hoặc magiê hydroxit trong bùn để tạo ra magiê sulfit, do đó bùn chứa magiê oxit hoặc magiê hydroxit bị biến đổi thành bùn chứa magiê sulfit. Bùn chứa magiê sulfit bị kết tủa và đi qua một thiết bị lọc để lọc magiê sulfit khỏi bùn. Nước tách ra được tái sử dụng để điều chế magiê oxit hoặc bùn chứa magiê hydroxit. Magiê sulfit tách ra được nung nóng ở nhiệt độ trên 1235K tạo ra magiê oxit và khí lưu huỳnh dioxit. Magiê oxit tạo thành được sử dụng lại, và lưu huỳnh dioxit có thể tái chế. Tuy nhiên, chất rắn magiê sulfit tạo thành trong quá trình có khả năng làm tắc đường ống và thiết bị, và magiê sulfit cũng không phân hủy cho đến khi được nung nóng ở nhiệt độ trên 1235K, do đó tiêu thụ nhiều năng lượng, đầu tư lớn, và ô nhiễm thứ cấp trầm trọng. Trong khi đó, các phân tử ưa nước và các phân tử kỵ nước chứa trong bùn chứa magiê oxit hoặc magiê hydroxit (chủ yếu là các phân tử muối canxi, các phân tử muối nhôm, các phân tử muối magiê, các phân tử muối titan, các phân tử muối sắt, các phân tử muối chì, các phân tử muối kẽm, các phân tử muối coban, các phân tử thành phần đất hiếm, các phân tử thành phần phóng xạ và các phân tử thành phần độc hại khác, cũng như các phân tử chất khoáng như các phân tử silic, các phân tử cao lanh, các phân tử silicat, và các phân tử phosphat và các chất tương tự) cũng bị ảnh hưởng bởi khí thải, và xả ra ngoài không khí, trong khi lưu huỳnh dioxit, lưu huỳnh trioxit, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ, các chất hữu cơ độc hại, vi khuẩn, và các chất tương tự được hấp phụ dễ dàng trên bề mặt của các phân tử này, do đó lượng phân tử trôi nổi trong không khí (thường được tính theo các thông số PM100, PM10, PM2,5...) tăng lên đáng kể, gây nên hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hóa trong bầu không khí, và gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng.

Trong quy trình khử lưu huỳnh bằng nước biển, sử dụng một lượng lớn muối canxi, magiê, nhôm, natri, kali và các ion khác, đặc biệt là cacbonat, có tính kiềm lớn. Phương pháp hấp thụ trực tiếp lưu huỳnh dioxit trong khí thải bằng nước biển là quy trình khử lưu huỳnh bằng nước biển, và quá trình khá đơn giản. Trong tháp khử lưu huỳnh, nước biển tiếp xúc trực tiếp với khí thải, và hấp thụ lưu huỳnh dioxit trong khí thải. Nước biển chứa chất kiềm (đặc biệt là cacbonat; đôi lúc có canxi oxit hoặc canxi hydroxit được thêm vào nước biển để tăng tính kiềm của nó) phản ứng với lưu huỳnh dioxit tạo ra sulfite. Nước biển chứa lưu huỳnh dioxit bị hấp thụ được mang đi phơi nắng và oxi hoá, trong đó sulfite bị oxi hoá thành sulfate, và sau đó xả trực tiếp xuống biển. Công nghệ và quy trình chỉ có thể áp dụng ở vùng bờ biển, do tiêu thụ đặc biệt nhiều nước biển. Do lượng sulfate xả ra biển rất lớn, môi trường biển sẽ ít nhiều bị phá hỏng.

Quy trình khử lưu huỳnh bằng natri (hoặc kali) sulfite tương tự quy trình khử lưu huỳnh bằng magiê ướt, trong đó trong tháp khử lưu huỳnh, dung dịch chứa nước natri (hoặc kali) sulfite tiếp xúc với khí thải theo dòng ngược chiều (hoặc theo dòng xuôi chiều, hoặc theo dòng kết hợp ngược chiều và xuôi chiều), và lưu huỳnh dioxit trong không khí phản ứng với natri (hoặc kali) sulfite trong dung dịch tạo ra natri (hoặc kali) bisulfite, do đó dung dịch natri (hoặc kali) sulfite bị biến đổi thành dung dịch natri (hoặc kali) bisulfite. Dung dịch natri (hoặc kali) bisulfite được đưa vào máy tái sinh bằng hơi nước để tái sinh, và dung dịch natri (hoặc kali) bisulfite bị biến đổi dung dịch chứa nước natri (hoặc kali) sulfite, và lưu huỳnh dioxit cùng lúc đó thoát ra. Dung dịch chứa nước natri (hoặc kali) sulfite được tái sử dụng, và khí lưu huỳnh dioxit có thể được thu lại như sản phẩm phụ. Quy trình tốt trên lý thuyết, tuy nhiên, thử nghiệm thực tiễn cho thấy tốc độ tái sinh của dung dịch natri (hoặc kali) bisulfite khi qua hơi nước nóng rất thấp, chỉ một phần rất nhỏ natri (hoặc kali) bisulfite bị biến đổi thành natri (hoặc kali) sulfite, phần lớn natri (hoặc kali) bisulfite không thể bị phân li, và tiêu thụ hơi nước rất nhiều. Do đó, quy trình này không thể áp dụng công nghiệp.

Quy trình khử lưu huỳnh Wellman - Lord thực chất là phương pháp xoay vòng natri sulfite cải tiến, nhưng thêm vào quá trình bay hơi đa tác dụng, nhằm làm bay hơi dung dịch khử lưu huỳnh và kết tinh natri sulfite. Phương pháp này được áp dụng trên diện rộng tại Hoa Kỳ, Đức, Pháp và Nhật, nhưng sử dụng nhiều hơi nước và năng lượng.

Trong quy trình khử lưu huỳnh sử dụng dung dịch đệm chứa axit hữu cơ - muối của axit hữu cơ, một dung dịch đệm chứa axit hữu cơ và muối của axit hữu cơ được sử dụng như dung dịch khử lưu huỳnh. Trong tháp khử lưu huỳnh, dung dịch khử lưu huỳnh tiếp xúc với khí thải theo dòng ngược chiều (hoặc theo dòng xuôi chiều, hoặc theo dòng kết hợp ngược chiều và xuôi chiều), và lưu huỳnh dioxit trong khí thải phản ứng với muối của axit hữu cơ trong dung dịch tạo ra bisulfit và axit hữu cơ. Dung dịch được đưa vào máy tái sinh bằng hơi nước để tái sinh, sulfit trong dung dịch bị biến đổi thành muối của axit hữu cơ, và dung dịch vẫn bị biến đổi thành dung dịch đệm chứa axit hữu cơ - muối của axit hữu cơ để sử dụng nhiều lần. Cùng lúc, lưu huỳnh dioxit thoát ra, và khí lưu huỳnh dioxit được thu lại như sản phẩm phụ. Quy trình tốt trên lý thuyết, tuy nhiên, thử nghiệm thực tiễn cho thấy tốc độ tái sinh của sulfit trong dung dịch đệm chứa axit hữu cơ - muối của axit hữu cơ khi qua hơi nước nóng rất thấp, chỉ một phần rất nhỏ sulfit biến đổi thành muối của axit hữu cơ, phần lớn sulfit không thể bị phân li, và lượng hơi nước tiêu thụ lớn. Do đó quy trình này không thể áp dụng công nghiệp. Trên cơ sở của quy trình này, có đề xuất thêm canxi oxit (hoặc canxi hydroxit) vào dung dịch đệm chứa axit hữu cơ - muối của axit hữu cơ, natri sulfit chưa được tái sinh như vậy bị biến đổi thành canxi sulfit, kết tủa và tách ra, do đó dung dịch sẽ được tái sinh hoàn toàn. Dung dịch đệm chứa axit hữu cơ - muối của axit hữu cơ đã được tái sinh được tái sử dụng, chất khử lưu huỳnh thực sự vẫn là canxi oxit (hoặc canxi hydroxit). Do dung dịch chứa một số ion canxi, kết tủa có thể xuất hiện trong quá trình khử lưu huỳnh, làm tắc ống và thiết bị.

Hiện tại, quy trình khử nitơ sử dụng trong sản xuất thực tế là quy trình khử nitơ xúc tác amoniac.

Trong quy trình khử nitơ xúc tác amoniac, amoniac được trực tiếp phun vào khí thải ở nhiệt độ khoảng từ 150°C đến 500°C và với điều kiện có chất xúc tác. Trong lớp xúc tác, khí amoniac phản ứng với NO_x sinh ra N_2 và H_2O , do đó triệt tiêu NO_x . Quá trình tiêu thụ một lượng lớn amoniac, và do khí thải chứa khoảng từ 4% đến 9% O_2 , phản ứng của khí amoniac với O_2 sẽ tạo ra NO_x và tiêu thụ amoniac, và phản ứng của amoniac không hoàn toàn, một phần amoniac đi vào bầu không khí cùng với khí thải, làm tăng lượng hao hụt amoniac, và gây ô nhiễm thứ cấp. Một lượng lớn nhiên liệu hoá thạch được sử dụng trong

quá trình sản xuất amoniac, sinh ra một lượng lớn khí thải, chất cặn thừa, và nước thải. Đó là một quá trình gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng, do đó việc sử dụng amoniac nên được giảm thiểu tối đa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

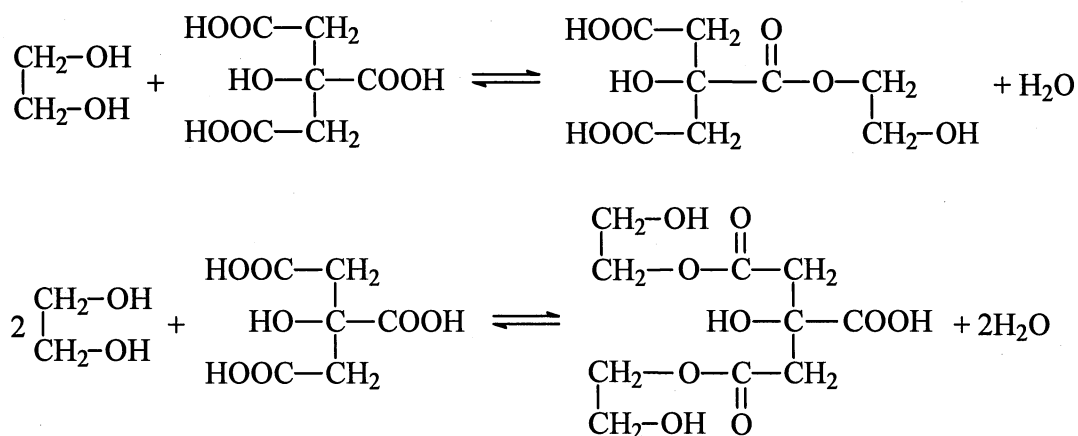
Chúng tôi đã phát triển một số sáng chế, như "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng polyetylen glycol" (Sáng chế số ZL 2009100090 58.1), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng etylen glycol" (Sáng chế số ZL200710110446.X), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng polyetylen glycol biến đổi" (Đơn số 201310409296.8), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức rượu amin" (Đơn số 201310481557.7), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức etylen glycol" (Đơn số 201310682799.2), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức polyol" (Đơn số 201310682382.6), và các chất tương tự. Để đạt được hiệu quả tốt hơn cho khả năng áp dụng công nghiệp của các công nghệ đã đề cập ở trên, chúng tôi đã sáng chế ra quy trình và thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải, thích hợp với các công nghệ này (sau đây được coi là "các công nghệ theo sáng chế").

Theo sáng chế, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ sử dụng trong quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị tiến hành là một dung dịch dạng hợp chất chứa polyol (và/hoặc chứa polymeric polyol). Các hợp chất, hàm lượng và tính chất của các dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ này đã được mô tả trong sáng chế của chúng tôi, và sẽ không được nêu lại ở đây. Để dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ có khả năng hấp thụ lưu huỳnh khử nitơ, và giải hấp mạnh, các chất phụ gia phù hợp được thêm vào dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ chứa polyol (và/hoặc chứa polymeric polyol). Các loại, hợp chất, hàm lượng và tính chất của các chất phụ gia được thêm vào dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ cũng đã được mô tả trong sáng chế của chúng tôi, và sẽ không được đề cập lại ở đây.

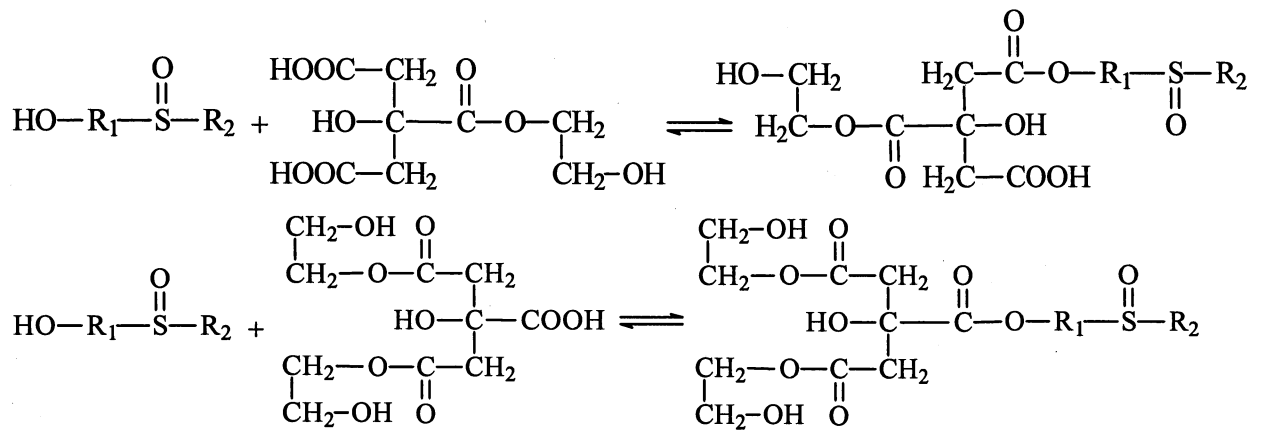
Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị của sáng chế có khả năng tiến hành quy trình khử lưu huỳnh và quy trình khử nitơ đồng thời. Nguyên tắc của quy trình khử lưu huỳnh đã được mô tả trong sáng chế của chúng tôi, và sẽ không được đề cập lại ở đây. Chỉ có nguyên tắc của quy trình khử nitơ được mô tả dưới đây như sau:

Quy trình khử nitơ chủ yếu là việc loại bỏ các oxit nitơ NO_x khỏi khí thải (x đại diện cho số nguyên tử oxy) (các oxit nitơ gồm có NO_2 , NO , N_2O ... hơn 90% lượng khí thải là NO). Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ được cấu thành từ EG (etylen glycol) và/hoặc PEG (polyetylen glycol), nước, axit polycarboxylic và/hoặc muối axit polycarboxylic, và chất phụ gia.

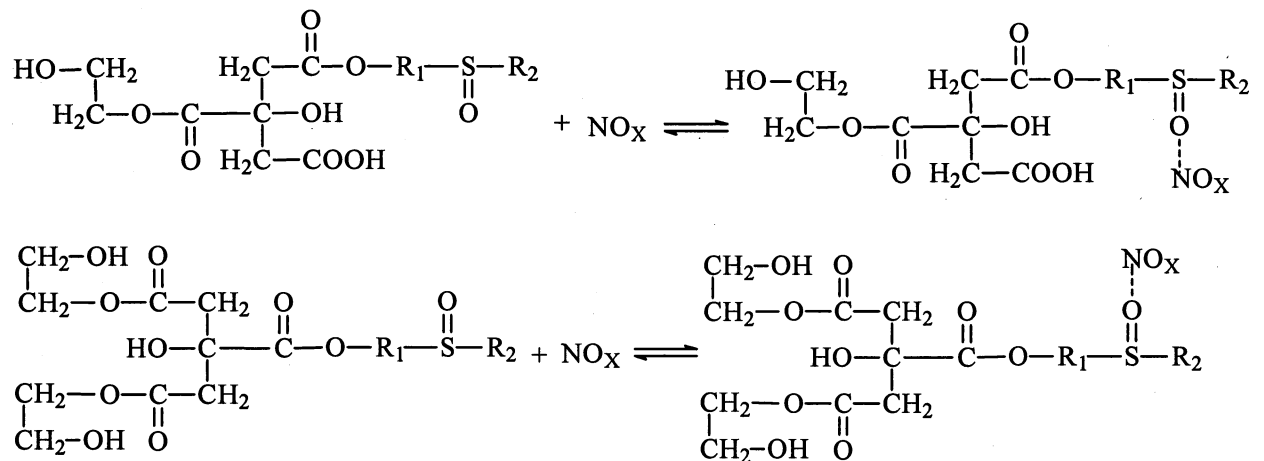
Để mô tả các nguyên tắc cơ bản của sáng chế rõ ràng hơn, cơ chế este hoá và cơ chế khử nitơ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ của sáng chế sẽ được giải thích bằng cách sử dụng etylen glycol, axit xitric và muối của chúng, và các chất chứa nhóm sunfon chỉ làm ví dụ. Tuy nhiên, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ theo sáng chế không bị giới hạn chỉ bao gồm etylen glycol, axit xitric và muối của chúng, và các chất chứa nhóm sunfon và/hoặc sulfoxit. Chính xác là dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ bao gồm etylen glycol và/hoặc polyetylen glycol, axit hữu cơ và/hoặc muối của các axit hữu cơ, và các chất phụ gia (các ví dụ được liệt kê trong các công nghệ theo sáng chế, và sẽ không được liệt kê ở đây).



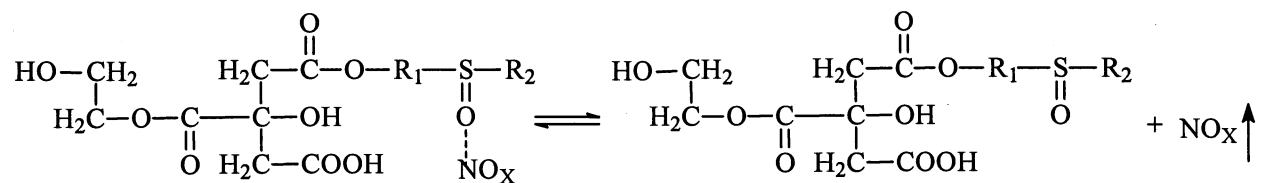
Công thức $\text{HO-R}_1-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{S-R}_2$ đại diện cho chất chứa nhóm sulfoxit. Chất này phản ứng với axit cacboxylic chứa lipit theo trình tự sau đây:

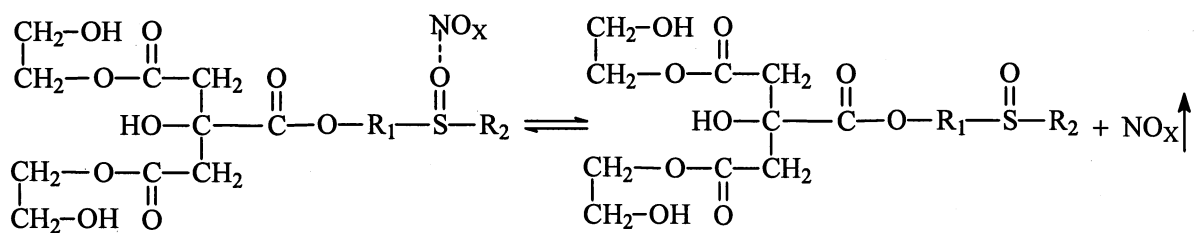


Khi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ tiếp xúc với khí thải trong tháp hấp thụ, các phản ứng của quy trình khử nitơ diễn ra như sau:



Đối với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ có NO_x bị hấp thụ, phản ứng giải hấp diễn ra trong tháp tái sinh như sau:





Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ sau khi tái sinh được tái sử dụng.

Trước đây chúng tôi đã nộp các đơn sáng chế "Phương pháp loại bỏ SO_x khỏi khí thải sử dụng polyetylen glycol biến đổi" (Đơn số 201310409296.8), "Phương pháp loại bỏ SO_x khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức rượu amin" (Đơn số 201310481557.7), "Phương pháp loại bỏ SO_x khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức etylen glycol" (Đơn số 201310682799.2), "Phương pháp loại bỏ SO_x khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức polyol" (Đơn số 201310682382.6), và các chất tương tự, dung dịch khử lưu huỳnh nêu trong đó không chỉ có khả năng loại bỏ lưu huỳnh điôxit khỏi không khí, mà còn có khả năng hấp thụ các oxit nitơ trong không khí. Đặc biệt là, bằng cách thêm một lượng nhỏ chất phụ gia chứa nhóm sulfoxit và/hoặc sunfon (như DMSO và/hoặc sunfolan, hoặc các chức hydroxyl và/hoặc carboxyl trong đó) vào dung dịch như vậy, khả năng hấp thụ các oxit nitơ của dung dịch tăng lên đáng kể.

Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo sáng chế bao gồm các quá trình chính như sau: thu hồi nhiệt, khử lưu huỳnh - nitơ, tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, và ngưng tụ lưu huỳnh điôxit và NO_x.

1) Quá trình thu hồi nhiệt: nhiệt độ của khí thải được giảm xuống dưới 50°C bằng cách thu hồi trao đổi nhiệt, và việc thu hồi nhiệt được thực hiện.

Hiện tại, khí thải ban đầu có nhiệt độ khoảng từ 130°C đến 170°C, và lượng khí thải lớn, với hơi nóng nhận biết được và hơi nóng tiềm tàng ở mức đáng kể (hơi nóng trong hơi nước của khí thải). Quá trình làm mát khí thải từ khoảng 130°C đến 170°C xuống dưới 50°C và thu hồi lượng hơi nóng được gọi là quá trình thu hồi nhiệt. Cách thức thu hồi nhiệt thường bao gồm thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp, thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, cũng như đồng thời thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp – gián tiếp. Đối với cách thức thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp, trong thiết bị trao đổi nhiệt tường - ống, khí thải nóng di chuyển dọc theo

một bên tường trao đổi nhiệt, chất lưu mang nhiệt di chuyển dọc theo bên còn lại bức tường, khí thải không tiếp xúc với chất lưu mang nhiệt, chất lưu mang nhiệt làm mát khí thải xuống bằng cách dẫn nhiệt qua bề mặt tường gián tiếp, trong khi nhiệt độ của chất lưu mang nhiệt tăng. Đối với cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, trong thiết bị thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, chất lưu mang nhiệt trực tiếp tiếp xúc với khí thải (bằng cách tiếp xúc theo dòng ngược chiều hoặc tiếp xúc theo dòng xuôi chiều), khí thải được làm mát, trong khi nhiệt độ của chất lưu mang nhiệt tăng lên. Đối với cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp – gián tiếp đồng thời, trong quá trình thu hồi nhiệt, bao gồm cả cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp và cách thức thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp. Trong cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, chất lưu mang nhiệt là chất lỏng, thường là chất lỏng có nhiệt độ sôi cao, ít bay hơi, không tan trong nước, như dầu silicon, dầu paraffin, dầu béo có nhiệt độ sôi cao, và các chất tương tự. Trong cách thức thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp, chất lưu mang nhiệt có thể là chất lỏng hoặc chất khí. Chất lưu mang nhiệt có nhiệt độ cao mang hơi nóng hấp thụ từ khí thải có thể sử dụng làm nguồn nhiệt để làm nóng nước bổ sung, hoặc có thể sử dụng ở bất kỳ vị trí nào cần tăng nhiệt độ. Xét đến mức giá cao của thiết bị thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp, cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp và cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp – gián tiếp đồng thời thường được sử dụng nhiều hơn để thu hồi nhiệt.

2) Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ: Trong tháp hấp thụ, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ trong khí thải hoặc các loại khí thải khác nhau được tạo thành cuối quá trình đốt bị hấp thụ bởi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đã đề cập là dung dịch phức chứa polyol và/hoặc polymeric polyol. Trong tháp hấp thụ, khí thải có nhiệt độ dưới 50°C tiếp xúc với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (thường được coi là "dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng") trực tiếp, và lưu huỳnh dioxit trong khí thải bị hấp phụ bởi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, trong khi các oxit nitơ và cacbon dioxit trong khí thải cũng có thể bị hấp phụ một phần bởi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, và sau đó dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng bị biến đổi thành "dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc". Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc chảy khỏi tháp hấp thụ, và được đưa đến quá trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ. Sau khi được lọc sạch bằng cách khử lưu

huỳnh - nitơ, khí thải (sẽ tốt hơn khi nhiệt độ của khí cao hơn 5°C so với nhiệt độ xung quanh) được xả qua ống khói vào bầu không khí. Nguyên tắc hấp thụ lưu huỳnh dioxit bằng dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ trong quá trình khử lưu huỳnh - nitơ được mô tả tương đối chi tiết trong sáng chế của chúng tôi, và sẽ không được mô tả tại đây.

3) Quy trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ: Trong tháp tái sinh, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc với lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bị hấp thụ giải phóng lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bằng các cách làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ sau khi tái sinh được tái sử dụng.

Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc được đưa đến bởi quy trình khử lưu huỳnh - nitơ có nhiệt độ thấp hơn, và sau khi thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp (thường qua thiết bị trao đổi nhiệt hình ống) với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng chảy ra khỏi đáy tháp tái sinh, nó được làm nóng lại đến hơn 90°C , và sau đó đưa vào từ đỉnh tháp tái sinh. Trong tháp tái sinh, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc tiếp xúc với dòng khí nóng nhằm tước khí từ đáy (khí dùng để tước có thể là khí trơ, như nitơ, argon, hơi nước, hoặc các chất tương tự, với nhiệt độ cao hơn nhiệt độ hơi nước bão hòa của nước tương ứng với áp suất trong tháp tái sinh) đủ theo dòng ngược chiều. Lưu huỳnh dioxit, các oxit nitơ, cacbon dioxit, và các chất tương tự tan trong dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc bị giải hấp, và trộn với tước khí nhằm tạo nên hỗn hợp khí, đi ra từ đỉnh tháp tái sinh, và được đưa đến quá trình ngưng tụ nhằm xử lý ngưng tụ. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc sau khi tái sinh trở thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, chảy ra khỏi đáy tháp tái sinh, và được sử dụng để trao đổi nhiệt và làm mát xuống dưới 50°C , và sau đó đưa đi khử lưu huỳnh - nitơ nhằm tái sử dụng. Tại đây, các phương pháp làm nóng và tước khí được sử dụng để tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, từ đây được coi là tước khí và làm nóng tháp tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (hoặc máy tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ), là một máy tái sinh bộ đôi. Để cải thiện hiệu quả tái sinh, một bơm chân không được sử dụng để hút chân không, tháp tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ như vậy có một mức độ chân không nhất định, trong khi ba cách thức được sử dụng để tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, là tước khí, làm nóng, và tái sinh chân không, do đó được coi là tước khí, làm nóng, và tái sinh chân không dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (hoặc máy tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ),

một máy tái sinh bộ ba. Lần lượt, để cải thiện hiệu quả tái sinh, hệ thống tái sinh siêu âm và/hoặc hệ thống tái sinh vi sóng và/hoặc hệ thống tái sinh bức xạ cũng có thể được lắp đặt trong tháp tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (hoặc hệ thống tái sinh vi sóng), tạo nên tháp tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ phức hợp (hoặc máy tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ) bao gồm tước khí, làm nóng, hút chân không và siêu âm, và/hoặc vi sóng, và/hoặc bức xạ, là một máy tái sinh phức hợp.

4) Quá trình ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ: Trong tháp ngưng tụ, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ đã giải phóng được ngưng tụ thành sản phẩm lưu huỳnh dioxit dạng khí (hoặc lỏng) và/hoặc phản phẩm khí nitơ oxit với độ tinh khiết cao hơn.

Hỗn hợp khí đã giải phóng trong khi tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đi từ phần giữa của tháp ngưng tụ, tiếp xúc với nước ngưng tụ từ đáy tháp ngưng tụ theo dòng ngược chiều để làm ngưng tụ hơi nước trong hỗn hợp khí. Hỗn hợp khí với hơi nước bị loại bỏ chảy ra khỏi đáy tháp ngưng tụ, thành phần chính của không khí là lưu huỳnh dioxit, và cũng có một số thành phần như các oxit nitơ, cacbon dioxit, và các chất tương tự, trong đó lưu huỳnh dioxit còn có thể chiết tách, làm mát và biến đổi thành chất lỏng lưu huỳnh dioxit tinh khiết, hoặc được khử thành lưu huỳnh với than cốc, hoặc biến đổi thành axit sulfuric; các oxit nitơ có thể được khử thành nitơ, hoặc sử dụng như nguyên liệu thô cho axit nitric; phần khí còn lại có thể quay trở lại đưa đến quá trình khử lưu huỳnh - nitơ để xử lý và sau đó thông hơi; hơi nước đi từ phần dưới tháp ngưng tụ, tiếp xúc với nước ngưng tụ theo dòng ngược chiều. Lưu huỳnh dioxit, các oxit nitơ, và các thành phần độ hại khác còn dư trong nước ngưng tụ được chiết tách bằng hơi nước, do đó đạt được chức năng ngưng tụ khí lưu huỳnh dioxit và nitơ oxit. Cùng lúc, loại bỏ lưu huỳnh dioxit, các oxit nitơ, và các thành phần khác có hại trong nước ngưng tụ. Làm nước ngưng tụ biến đổi thành nước chưng cất và chảy ra khỏi đáy tháp ngưng tụ, và được tái sử dụng trong nồi chưng cất nước.

Các thiết bị chủ yếu tương ứng trong quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị của sáng chế bao gồm: tháp thu hồi nhiệt (hoặc thiết bị thu hồi nhiệt), tháp hấp thụ, tháp tái sinh, và tháp ngưng tụ, trong đó:

Tháp thu hồi nhiệt: được sử dụng để trao đổi nhiệt giữa khí thải và chất lưu mang nhiệt, hạ thấp nhiệt độ của khí thải xuống dưới 50°C, và tiến hành thu hồi nhiệt;

Tháp hấp thụ: được sử dụng để tiếp xúc trực tiếp khí thải đã làm mát với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ này hấp thụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ trong khí thải và biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc, và sau đó được xả ra từ tháp hấp thụ. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đã đề cập là dung dịch phức chứa polyol và/hoặc polymeric polyol;

Tháp tái sinh: được sử dụng để giải hấp lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ từ dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc, chúng lần lượt bị biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, bằng các cách thức làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng thu được nhờ tái sinh được đưa trở lại tháp hấp thụ nhằm tái sử dụng;

Tháp ngưng tụ: được sử dụng để loại bỏ, bằng cách ngưng tụ, hơi nước từ hỗn hợp khí chứa lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ, được giải phóng bằng cách tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc trong tháp tái sinh, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ như vậy được ngưng tụ thành sản phẩm lưu huỳnh dioxit và/hoặc nitơ oxit dạng khí hoặc lỏng với độ tinh khiết cao.

Hơn nữa, tháp thu hồi nhiệt đã đề cập có thể cung cấp một hoặc nhiều hơn các giai đoạn các bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt để tăng thể tích xoay vòng của chất lưu mang nhiệt. Tháp hấp thụ cũng có thể cung cấp một hoặc nhiều hơn các giai đoạn các bơm tuần hoàn nội khử lưu huỳnh - nitơ để tăng thể tích xoay vòng của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ.

Tốt hơn là, một thiết bị trao đổi nhiệt được đặt giữa tháp hấp thụ và tháp tái sinh, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc từ tháp hấp thụ và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng

chảy ra khỏi tháp tái sinh phụ thuộc vào việc thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp qua thiết bị trao đổi nhiệt.

Trong một ví dụ cụ thể theo sáng chế, các quá trình và thiết bị đã đề cập để khử lưu huỳnh - nitơ, việc tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ và ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ trong quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị được minh họa trong Hình 1.

Quá trình thu hồi nhiệt và các thiết bị trong quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế chia làm hai dạng thích hợp, như minh họa lần lượt trong Hình 2 và Hình 3.

So với quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường (như quy trình khử lưu huỳnh sử dụng canxi, quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac, và các chất tương tự), sáng chế có các lợi thế sau: (1) Khi quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường được sử dụng để khử lưu huỳnh của khí thải, sản phẩm phụ là canxi sulfat và canxi sulfit, hoặc amoni sulfat và amoni sulfit, trong khi sản phẩm phụ của quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế là lưu huỳnh dioxit với độ tinh khiết cao, sản phẩm phụ như vậy là nguyên liệu hóa học thô quan trọng, và có thị trường rộng và giá trị áp dụng lớn; (2) chất khử lưu huỳnh được sử dụng trong quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường (như quy trình khử lưu huỳnh sử dụng canxi, quy trình khử lưu huỳnh bằng amoniac, và các chất tương tự) là canxi cacbonat, canxi oxit và/hoặc amoniac; khi canxi cacbonat được sử dụng làm chất khử lưu huỳnh, cần một lượng tiêu thụ lớn canxi cacbonat, trong khi khai thác canxi cacbonat gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng, gây lãng phí nước và xói mòn, sạt lở đất và tàn phá của môi trường sinh thái; khi canxi oxit được sử dụng làm chất khử lưu huỳnh, cần sử dụng một lượng lớn canxi oxit, trong khi canxi oxit thu được nhờ nung nóng canxi cacbonat và than đá, cần khai thác một lượng lớn canxi cacbonat, và sử dụng một lượng lớn than đá, gây ô nhiễm thứ cấp nghiêm trọng, gây lãng phí nước và xói mòn, sạt lở đất và tàn phá của môi trường sinh thái; khi amoniac được sử dụng làm chất khử lưu huỳnh, bản thân quá trình sản xuất amoniac là một quá trình gây ô nhiễm nặng nề và sử dụng nhiều năng lượng, dễ gây cháy nổ. Amoniacc cũng dễ bay hơi, được sử dụng với số lượng lớn bởi

khí thải vào môi trường, gây nên hiện tượng ô nhiễm thứ cấp nghiêm trọng. Các chất khử lưu huỳnh - nitơ tương ứng với quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế là dung môi este polyol polyaxit hữu cơ với nhiệt độ sôi cao, không độc, vô hại và độ an toàn cao, có thể hoàn toàn tái sử dụng, không sử dụng canxi cacbonat và/hoặc canxi oxit và/hoặc amoniac, và không gây ô nhiễm thứ cấp; (3) quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường (như quy trình khử lưu huỳnh sử dụng canxi) sử dụng một lượng lớn các khoáng chất, canxi cacbonat hoặc canxi oxit, các phân tử ura nước và các phân tử kỵ nước chứa trong bùn (chủ yếu là các phân tử muối canxi, các phân tử muối nhôm, các phân tử muối magiê, các phân tử muối titan, các phân tử muối sắt, các phân tử muối chì, các phân tử muối kẽm, các phân tử muối coban, các phân tử thành phần đất hiếm, các phân tử thành phần phóng xạ và các phân tử thành phần độc hại khác, các phân tử chất khoáng như các phân tử silic, các phân tử cao lanh, các phân tử silicat, và các phân tử phosphat và các chất tương tự) bị xả vào bầu không khí cùng với khí thải, trong khi lưu huỳnh dioxit, lưu huỳnh trioxit, hydro clorua, hydro florua, các oxit nitơ, các chất hữu cơ độc hại, vi khuẩn, và các chất tương tự được hấp phụ dễ dàng trên bề mặt các phân tử này, do đó lượng phân tử trôi nổi trong không khí (thường được tính theo các thông số PM100, PM10, PM2,5...) tăng lên đáng kể, gây nên hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hoá trong bầu không khí, và gây ra ô nhiễm môi trường nghiêm trọng. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế được sử dụng để khử lưu huỳnh - nitơ của các loại khí thải, và không có hiện tượng như vậy. Mức độ áp dụng rộng rãi sáng chế có thể xóa bỏ hiện tượng mây mù và các phản ứng quang hoá trong bầu không khí; (4) quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường có giá thành hoạt động lớn và không mang lại lợi ích kinh tế; trong khi quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế có giá thành hoạt động thấp và hiệu quả khử lưu huỳnh - nitơ cao, cùng lúc, các chất cặn thừa được biến đổi thành các nguyên liệu hóa học thô có giá trị, tạo ra các giá trị lớn về kinh tế, xã hội và môi trường; (5) quy trình khử lưu huỳnh ướt thông thường sẽ tạo ra kết tủa muối canxi hoặc muối amoni không tan trong quá trình khử lưu huỳnh và các quá trình quy trình, làm tắc các thiết bị và đường ống, trong khi quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế không tạo ra kết tủa muối canxi hoặc muối amoni không tan; (6) quy trình khử lưu

huỳnh uớt thông thường chỉ áp dụng được khi khử lưu huỳnh cho các khí với lượng lưu huỳnh thấp hơn, trong khi quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế có thể sử dụng để khử lưu huỳnh - nitơ của cả hai loại khí với lượng lưu huỳnh thấp và lượng lưu huỳnh cao. Cùng lúc, việc khử lưu huỳnh - nitơ của quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế có mức độ tinh khiết cao, và tổng lượng lưu huỳnh trong các khí có thể giảm đều đặn dưới 50mg/m^3 , và dung dịch có nhiệt độ sôi cao, ít hao tổn, tỷ lệ khí – lỏng của việc khử lưu huỳnh - nitơ lớn, và tiêu thụ ít năng lượng, trong khi có giá thành thấp, quá trình ngắn, đầu tư ít, và vận hành đơn giản.

Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải và thiết bị theo sáng chế có quy mô áp dụng công nghiệp rộng, và có thể sử dụng đồng thời với việc loại bỏ lưu huỳnh dioxit và các oxit nitơ trong không khí, hoặc có thể sử dụng để loại bỏ chỉ riêng lưu huỳnh dioxit trong khí, hoặc có thể sử dụng để loại bỏ chỉ các oxit nitơ trong khí. Chúng có thể sử dụng để khử lưu huỳnh - nitơ của các loại khí thải, khí đốt, khí than cốc lò, khí thải tổng hợp từ thuốc nhuộm thực vật, các loại khí gây ô nhiễm thải ra từ các nhà máy sợi hóa học và khí thải nguyên liệu công nghiệp khác hoặc khí thải chứa SOx. Tổng lượng lưu huỳnh trong khí chứa lưu huỳnh nói trên thấp hơn 99,9% (tỷ lệ thể tích).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là sơ đồ thể hiện các quá trình và thiết bị để khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải, việc tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ và ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ.

Trong Hình 1: 1 thể hiện khí thải với nhiệt độ dưới 50°C ; 2 thể hiện quạt tăng áp; 3 thể hiện tháp hấp thụ; 4 thể hiện bơm tuần hoàn khử nội lưu huỳnh - nitơ; 5 thể hiện ống khói; 6 thể hiện khí thải sau khi khử lưu huỳnh - nitơ; 7 thể hiện dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng; 8 thể hiện dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc; 9 thể hiện bơm dung dịch đặc; 10 thể hiện bơm khử lưu huỳnh - nitơ; 11 thể hiện bồn chứa dung dịch loãng; 12 thể hiện bơm dung dịch loãng; 13 thể hiện thiết bị làm mát; 14 thể hiện thiết bị trao đổi nhiệt; 15 thể hiện nước làm mát; 16 thể hiện nước nóng; 17 thể hiện thiết bị làm nóng dung dịch đặc; 18 thể hiện phần nóng trung gian; 19 thể hiện phần lạnh trung gian; 20 thể hiện tháp tái sinh;

21 thể hiện khí giải hấp đã tái sinh; 22 thể hiện khí tước; 23 thể hiện tháp ngưng tụ; 24 thể hiện bơm nước chung cất; 25 thể hiện lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ ngưng tụ dạng khí; 26 thể hiện nước chung cất. Mỗi biểu tượng khoanh tròn trong hình có cá ý nghĩa sau: F_1 , F_2 , F_3 , và F_4 thể hiện tốc độ dòng chảy của khí thải 1, tốc độ dòng chảy của dung dịch khử lưu huỳnh nghèo 7, tốc độ dòng chảy của hơi đi vào tháp tái sinh 20, và tốc độ dòng chảy của hơi đi vào tháp ngưng tụ 23, lần lượt; A_1 thể hiện thành phần khí thải 1; A_2 thể hiện thành phần khí thải sau khi khử lưu huỳnh - nitơ 6; A_3 thể hiện thành phần khí ngưng tụ chứa lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ 25; A_4 thể hiện lượng SO_2 và NO trong dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8; A_5 thể hiện lượng SO_2 và NO trong dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 sau khi tái sinh; A_6 thể hiện lượng SO và NO trong nước chung cất 26; P_1 thể hiện áp suất đáy của tháp hấp thụ 3; P_2 thể hiện áp suất đỉnh của tháp hấp thụ 3; P_3 thể hiện áp suất trong tháp tái sinh 20; P_4 thể hiện áp suất của hơi 22; P_5 thể hiện áp suất trong tháp ngưng tụ 23; T_1 thể hiện nhiệt độ của khí thải 1; T_2 thể hiện nhiệt độ của khí thải sau khi khử lưu huỳnh - nitơ 6; T_3 thể hiện nhiệt độ trong tháp hấp thụ 3; T_4 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 đi vào tháp hấp thụ 3; T_5 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 đi ra khỏi thiết bị làm mát 13; T_6 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng đi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt 14; T_7 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc đi vào thiết bị trao đổi nhiệt 14; T_8 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng đi vào thiết bị trao đổi nhiệt 14; T_9 thể hiện nhiệt độ của dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc đi ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt 14; T_{10} thể hiện nhiệt độ tại đó dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc đi vào tháp tái sinh 20; T_{11} thể hiện nhiệt độ trong tháp tái sinh 20; T_{12} thể hiện nhiệt độ của khí giải hấp đã tái sinh 21; T_{13} thể hiện nhiệt độ của hơi 22; T_{14} thể hiện nhiệt độ của nước chung cất 26; T_{15} thể hiện nhiệt độ trong tháp ngưng tụ 23; và T_{16} thể hiện nhiệt độ của lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ ngưng tụ dạng khí 25.

Hình 2 là sơ đồ thể hiện quá trình và các thiết bị của cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp trong thu hồi nhiệt khí thải.

Trong Hình 2: 27 thể hiện khí thải với nhiệt độ khoảng từ 130 đến 180°C từ nồi hơi; 28 thể hiện khí thải với nhiệt độ dưới 50°C sau khi thu hồi nhiệt; 29 thể hiện việc thu hồi

trao đổi nhiệt trực tiếp dạng tháp thu hồi nhiệt; 30 thể hiện bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt; 31 thể hiện chất lưu mang nhiệt nóng; 32 thể hiện bơm chất lưu mang nhiệt; 33 thể hiện bồn điều chỉnh chất lưu mang nhiệt; 34 thể hiện bụi và nước; 35 thể hiện bơm tuần hoàn ngoại chất lưu mang nhiệt; 36 thể hiện máy bức xạ chất lưu mang nhiệt; 37 thể hiện thiết bị làm mát chất lưu mang nhiệt; 38 thể hiện chất lưu mang nhiệt lạnh; 39 thể hiện phần trung gian được làm nóng; 40 thể hiện phần trung gian đã làm nóng; 41 thể hiện nước làm mát; và 42 thể hiện nước nóng.

Hình 3 là sơ đồ thể hiện quá trình và các thiết bị của cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp - gián tiếp đồng thời trong thu hồi nhiệt khí thải.

Trong Hình 3: 27 thể hiện khí thải với nhiệt độ của khoảng từ 130°C đến 180°C từ nồi hơi; 28 thể hiện khí thải với nhiệt độ dưới 50°C sau khi thu hồi nhiệt; 29 thể hiện việc thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp dạng tháp thu hồi nhiệt; 30 thể hiện bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt; 31 thể hiện chất lưu mang nhiệt nóng; 32 thể hiện bơm chất lưu mang nhiệt; 33 thể hiện bồn điều chỉnh chất lưu mang nhiệt; 34 thể hiện bụi và nước; 35 thể hiện bơm tuần hoàn ngoại chất lưu mang nhiệt; 36 thể hiện máy bức xạ chất lưu mang nhiệt; 37 thể hiện thiết bị làm mát chất lưu mang nhiệt; 38 thể hiện chất lưu mang nhiệt lạnh; 39 thể hiện phần trung gian được làm nóng; 40 thể hiện phần trung gian đã làm nóng; 41 thể hiện nước làm mát; 42 thể hiện nước nóng; và 43 thể hiện thiết bị thu hồi nhiệt nhằm trao đổi nhiệt gián tiếp của khí thải.

Mô tả chi tiết sáng chế

Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải và thiết bị theo sáng chế được mô tả dưới đây theo các phương án cụ thể. Các phương án sau đây chỉ để minh họa rõ hơn về sáng chế chứ không giới hạn phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Phương pháp hoạt động như sau:

Các phương pháp hoạt động của các quá trình và thiết bị để khử lưu huỳnh – nitơ trong khí thải, việc tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ và ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ được minh học trong Hình 1: khí thải 1 với nhiệt độ dưới 50°C bị gây sức ép bởi quạt tăng áp 2 và sau đó đi vào tháp hấp thụ 3 từ đáy. Cùng lúc, dung dịch khử

lưu huỳnh - nitơ loãng 7 đi vào tháp hấp thụ 3 từ đỉnh. Trong tháp hấp thụ 3, khí thải 1 được đưa vào tiếp xúc trực tiếp với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7. Tại thời điểm này, lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit trong khí thải 1 bị hấp phụ bởi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7. Sau khi lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit bị hấp phụ, khí thải 1 bị biến đổi thành khí thải 6 sau khi khử lưu huỳnh - nitơ, chảy ra khỏi đỉnh tháp hấp thụ 3, và được xả qua ống khói 5 vào bầu không khí, trong khi lượng A_1 và A_2 của lưu huỳnh dioxit, các oxit nitơ và cacbon dioxit trong khí thải 1 với nhiệt độ dưới 50°C và trong khí thải 6 sau khi khử lưu huỳnh - nitơ được phân tích trực tuyến. Để tăng diện tích tiếp xúc chất khí – chất lỏng, kéo dài thời gian tiếp xúc chất khí - chất lỏng, và nâng cao hiệu quả quy trình khử lưu huỳnh, cần tăng thể tích xoay vòng dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 trong tháp hấp thụ 3, điều này lần lượt cần số lượng tăng lên các giai đoạn (hoặc các đơn vị) của bơm tuần hoàn nội khử lưu huỳnh - nitơ 4 trong tháp hấp thụ 3, số tăng lên có thể là 0, hoặc 1, hoặc 2, hoặc 3, hoặc 4... hoặc n (n là số nguyên dương), số giai đoạn tăng lên cụ thể cần thiết được quyết định bởi lượng lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ của khí thải sau khi khử lưu huỳnh - nitơ ở đỉnh lối ra của tháp hấp thụ 3. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 với lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit bị biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8, chảy ra khỏi đáy tháp hấp thụ 3, bị gây sức ép bởi bơm dung dịch đặc 9, và tùy thuộc để trao đổi nhiệt trong vỏ ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt 14 với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng nóng 7 từ tháp tái sinh 20 to tăng nhiệt độ, và sau đó bị làm nóng bởi phần nóng trung gian 18 (phần nóng trung gian có thể là chất lỏng với nhiệt độ cao hơn 100°C , hoặc có thể là khí thải từ 130°C đến 170°C , hoặc có thể là hơi nước với nhiệt độ cao hơn 100°C) tới hơn 90°C thông qua thiết bị làm nóng dung dịch đặc 17. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 với nhiệt độ cao hơn 90°C đi vào tháp tái sinh 20 từ phần trên, trong khi khí tước 22 đi vào tháp tái sinh 20 từ đáy. Trong tháp tái sinh 20, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 với nhiệt độ cao hơn 90°C được đưa vào trực tiếp tiếp xúc với khí tước 22. Tại thời điểm này, lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit trong dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 được giải hấp, và đi vào khí tước 22 để trộn thành khí giải hấp đã tái sinh 21, để chảy ra khỏi đáy tháp tái sinh 20. Sau khi giải phóng lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit, dung

dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 với nhiệt độ cao hơn 90°C bị biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng nóng 7 với nhiệt độ cao hơn 90°C, để chảy ra khỏi đáy tháp tái sinh 20 và tùy thuộc để trao đổi nhiệt với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 được gửi từ bơm dung dịch đặc 9 trong ống ngoài và vỏ ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt 14 để làm giảm nhiệt độ. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 đã làm mát di chuyển dọc theo ống ngoài của thiết bị làm mát 13, được làm mát tới nhiệt độ phòng bằng nước làm mát 15 trong vỏ ngoài, và bị gây áp lực bởi bơm dung dịch loãng 12 và đưa đến bồn chứa dung dịch loãng 11. Sau đó, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 trong bồn chứa dung dịch loãng 11 bị gây áp lực bởi bơm khử lưu huỳnh 10 và đưa tới tháp hấp thụ 3 để khử lưu huỳnh - nitơ. Dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ được biến đổi theo cách sau: trong tháp hấp thụ 3, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 hấp thụ lưu huỳnh dioxit, một số các oxit nitơ và cacbon dioxit, và bị biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8, trong khi trong tháp tái sinh 20, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 bị làm nóng, tước khí và/hoặc tái sinh chân không và lại bị biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7 được tái sử dụng lần nữa, và nó xoay vòng liên tục như vậy. Khí giải hấp đã tái sinh 21 chảy ra khỏi đáy tháp tái sinh 20 đi vào tháp ngưng tụ 23 từ phần giữa, và tiếp xúc với nước chưng cất đã ngưng tụ ở phần trên của tháp ngưng tụ 23. Trong phần ngưng tụ của tháp ngưng tụ 23, hơi nước trong khí giải hấp đã tái sinh 21 bị ngưng tụ bởi nước làm mát 15. Khí đã ngưng tụ 25 chứa lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bao gồm hỗn hợp khí không ngưng tụ chứa lưu huỳnh dioxit, các oxit nitơ, cacbon dioxit, và các chất tương tự chảy ra khỏi tháp ngưng tụ 23, và có thể thu hồi làm khí nguyên liệu thô. Đồng thời nước chưng cất đã ngưng tụ chứa lưu huỳnh dioxit và các chất tương tự, tiếp tục chảy xuống đáy tháp ngưng tụ 23, và tiếp xúc với khí tước 22 từ đáy. Lưu huỳnh dioxit và các khí khác trong nước chưng cất bị tước đi và giải hấp bằng quá trình khí tước 22, nước ngưng tụ như vậy về cơ bản sẽ giải phóng lưu huỳnh dioxit và các khí khác, đạt tiêu chuẩn của nước chưng cất để thu lại 26, và được đưa đi nhằm tái sử dụng bởi bơm nước chưng cất 24. Trong suốt quá trình, nước làm mát 15 bị làm nóng và bị biến đổi thành nước nóng 16, có thể thu về làm nước nóng hỗ trợ cho nồi hơi. Sau khi giải phóng nhiệt, phần nóng trung gian 18 bị biến đổi thành phần lạnh trung gian 19. Phần lạnh trung gian 19 có thể là

nước chung cất hoặc chất lỏng khác, có thể sử dụng để tiếp tục hấp thụ nhiệt, và sau đó bị biến đổi thành phần nóng trung gian 18 để sử dụng lại. Khi phần lạnh trung gian 19 trở thành khí thải bị làm mát, việc làm mát được tiếp tục cho đến khi nhiệt độ của khí thải 1 đến dưới 50°C.

Quy trình và phương pháp hoạt động của các thiết bị đối với cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp trong thu hồi nhiệt khí thải được minh họa trong Hình 2: khí thải 27 từ nồi hơi với nhiệt độ khoảng từ 130°C đến 180°C đi vào tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29 từ đáy, và trực tiếp tiếp xúc với chất lưu mang nhiệt lạnh 38 được phun từ đáy tháp nhằm thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, trong khi khí thải 27 với nhiệt độ của khoảng từ 130°C đến 180°C từ nồi hơi bị làm mát và biến đổi thành khí thải 28 với nhiệt độ dưới 50°C, và xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29. Để tăng diện tích tiếp xúc chất khí - chất lỏng, kéo dài thời gian tiếp xúc chất khí - chất lỏng, và cải thiện hiệu quả trao đổi nhiệt, cần tăng thể tích chất lưu mang nhiệt xoay vòng trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, điều này lần lượt cần số lượng tăng lên các giai đoạn (hoặc các đơn vị) của bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt 30 trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, số giai đoạn (hoặc đơn vị) tăng lên của bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt 30 có thể là 0, hoặc 1, hoặc 2, hoặc 3, hoặc 4... hoặc n (n là số nguyên dương), số giai đoạn tăng lên cụ thể cần thiết được quyết định bởi nhiệt độ của khí thải 28 xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29. Trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, chất lưu mang nhiệt lạnh 38 hấp thụ nhiệt của khí thải 27 và sau đó bị biến đổi thành chất lưu mang nhiệt nóng 31, nhiệt độ của nó gần với hoặc dưới nhiệt độ của khí thải 27. Cùng lúc, chất lưu mang nhiệt lạnh 38 cũng sẽ hấp thụ và làm giàu HCl, HF, và các hạt bụi nhỏ (bao gồm chất tan trong nước và không tan trong nước, là các phân tử phân cực và không phân cực, các phân tử như vậy nhìn chung được coi là PM100 và/hoặc PM50 và/hoặc PM2,5, và các chất tương tự) trong khí thải 27. Thêm vào đó, hơi nước trong khí thải 27 tiếp tục được ngưng tụ trong nước, trộn đều với nhau trong chất lưu mang nhiệt nóng 31, và xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, đưa đến bồn điều chỉnh chất lưu 33 bởi bơm chất lưu mang nhiệt 32 để điều chỉnh. Bụi chứa HCl và HF cũng như nước 34 được tách ra, và xả từ

đáy bồn điều chỉnh chất lưu 33. Sau khi loại bỏ nước và bụi, chất lưu mang nhiệt nóng 31 bị gây áp lực bởi bơm tuần hoàn ngoại chất lưu mang nhiệt 35 và đưa đến máy bức xạ chất lưu mang nhiệt 36. Trong máy bức xạ chất lưu mang nhiệt 36, phần lớn nhiệt lượng được chuyển đến phần trung gian được làm nóng 39, và sau khi hấp thụ nhiệt, phần trung gian được làm nóng 39 trở thành phần trung gian đã làm nóng 40, và được sử dụng như nguồn nhiệt để thu hồi nhiệt. Sau khi giải phóng nhiệt lượng, chất lưu mang nhiệt nóng 31 đi vào thiết bị làm mát chất lưu mang nhiệt 37 để được làm mát bởi nước làm mát 41 xuống nhiệt độ phòng, và bị biến đổi thành chất lưu mang nhiệt lạnh 38, đi vào tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29 nhằm hấp thụ nhiệt lại. Cùng lúc, nước làm mát 41 hấp thụ nhiệt và sau đó bị biến đổi thành nước nóng 42, trong đó nhiệt lượng có thể thu hồi để sử dụng.

Quy trình và phương pháp hoạt động của các thiết bị đối với cách thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp - gián tiếp đồng thời trong thu hồi nhiệt khí thải được minh họa trong Hình 3: khí thải 27 từ nồi hơi với nhiệt độ của khoảng từ 130°C đến 180°C đi vào thiết bị thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt khí thải gián tiếp 43, và bằng cách thu hồi trao đổi nhiệt gián tiếp, một số nhiệt bị hấp thụ bởi phần trung gian được làm nóng 39, sau đó bị biến đổi thành phần trung gian đã làm nóng 40. Nhiệt độ của phần trung gian đã làm nóng 40 gần đến nhưng thấp hơn nhiệt độ của khí thải 27 với nhiệt độ của khoảng từ 130°C đến 180°C từ nồi hơi. Phần trung gian đã làm nóng 40 có thể thu lại làm nguồn nhiệt. Sau khi giải phóng nhiệt lượng, khí thải 27 đi vào tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29 từ đáy, và được đưa đi tiếp xúc trực tiếp với chất lưu mang nhiệt lạnh 38 được phun từ đáy tháp nhằm thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp, trong khi khí thải 27 được làm mát và bị biến đổi thành khí thải 28 với nhiệt độ dưới 50°C, và xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29. Để tăng diện tích tiếp xúc chất khí - chất lỏng, kéo dài thời gian tiếp xúc chất khí - chất lỏng, và cải thiện hiệu quả trao đổi nhiệt, cần tăng thể tích chất lưu mang nhiệt xoay vòng trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, điều này lần lượt cần số lượng tăng lên các giai đoạn (hoặc các đơn vị) của bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt 30 trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, số tăng lên các giai đoạn (hoặc các đơn vị) của bơm tuần hoàn nội thu hồi nhiệt 30 có thể là 0,

hoặc 1, hoặc 2, hoặc 3, hoặc 4... hoặc n (n là số nguyên dương), số giai đoạn tăng lên cụ thể cần thiết được quyết định bởi nhiệt độ của khí thải 28 xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29. Trong tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, chất lưu mang nhiệt lạnh 38 hấp thụ nhiệt của khí thải 27 và sau đó bị biến đổi thành chất lưu mang nhiệt nóng 31, nhiệt độ của nó gần đến hoặc dưới nhiệt độ của khí thải 27 đi vào tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29 từ đáy. Cùng lúc, chất lưu mang nhiệt lạnh 38 cũng sẽ hấp thụ và làm giàu HCl, HF, và các hạt bụi nhỏ (bao gồm các chất tan trong nước và không tan trong nước, là các phân tử phân cực và không phân cực, các phân tử như vậy mà được coi là PM100 và/hoặc PM50 và/hoặc PM2,5, và các chất tương tự) trong khí thải 27. Thêm vào đó, một số hơi nước trong khí thải 27 sẽ được ngưng tụ thành nước, trộn đều với nhau trong chất lưu mang nhiệt nóng 31, và xả từ đáy tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29, đưa đến bồn điều chỉnh chất lưu 33 bởi bơm chất lưu mang nhiệt 32 để điều chỉnh. Bụi chứa HCl và HF cũng như nước 34 được tách ra, và xả từ đáy bồn điều chỉnh chất lưu 33. Sau khi loại bỏ bụi và nước, chất lưu mang nhiệt nóng 31 bị gây áp lực bởi bơm tuần hoàn ngoại chất lưu mang nhiệt 35 và được đưa đến thiết bị làm mát chất lưu mang nhiệt 37 để làm mát bằng nước làm mát 41 đến nhiệt độ phòng, và bị biến đổi thành chất lưu mang nhiệt lạnh 38, sau đó đi vào tháp thu hồi nhiệt loại thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp 29 nhằm hấp thụ nhiệt lại. Cùng lúc, nước làm mát 41 hấp thụ nhiệt và sau đó bị biến đổi thành nước nóng 42, trong đó nhiệt lượng có thể thu hồi để sử dụng.

Theo các quá trình và các thiết bị để khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải, việc tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ và làm ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ được minh họa trong Hình 1, thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải cỡ nhỏ mô phỏng sản xuất công nghiệp được tiến hành và lắp đặt. Đặc điểm các thiết bị như sau:

Đặc điểm của tháp hấp thụ 3: $\phi 219 \times 4$, chiều cao tổng 7,2m, bốn lớp xếp, mỗi lớp cao 1m, nguyên liệu thép không gỉ 316L;

Đặc điểm của bồn chứa dung dịch loãng 11: $\phi 450 \times 3$, chiều cao tổng 2,0 m, nguyên liệu thép không gỉ 316L;

Thiết bị làm mát 13: $\phi 159 \times 3$, bồn $\phi 10 \times 1$, chiều dài 1,5 m, tổng diện tích trao đổi nhiệt $3,9\text{m}^2$, nguyên liệu thép không gỉ 316L;

Thiết bị trao đổi nhiệt 14: $\phi 159 \times 3$, hai đơn vị, bồn $\phi 10 \times 1$, chiều dài 1,5 m, tổng diện tích trao đổi nhiệt $2 \times 3,9\text{m}^2$, $\phi 219 \times 3$, một đơn vị, bồn $\phi 6 \times 1$, chiều dài 1,4 m, tổng diện tích trao đổi nhiệt $9,63\text{m}^2$, tổng diện tích trao đổi nhiệt $2 \times 3,9 + 9,63 = 17,43\text{m}^2$, nguyên liệu thép không gỉ 316L;

Thiết bị làm nóng dung dịch đặc 17: $\phi 159 \times 3$, bồn $\phi 32 \times 1$, chiều dài 0,9m, tổng diện tích trao đổi nhiệt $1,63\text{m}^2$, nguyên liệu titan;

Đặc điểm của tháp tái sinh 20: $\phi 219 \times 4$, chiều cao tổng 5,57 m, khu vực trên với một lớp xếp cao 1,5 m, tháp thấp hơn và rộng, nguyên liệu thép không gỉ 316L;

Đặc điểm của tháp ngưng tụ 23: $\phi 159 \times 4$, chiều cao tổng 6,2 m, phần trên bồn ngưng tụ bằng titan, phần giữa có một lớp xếp cao 1,5m, phần thấp với một lớp xếp cao 2,0m, nguyên liệu thép không gỉ 316L.

Quạt tăng áp 2: Mẫu 2HB710-AH37, thể tích khí $318\text{m}^3/\text{h}$, áp suất không khí 290~390mbar (-29kPa~39kPa), Shanghai Likai Mechanical & Electrical device Co., Ltd.;

Bơm tuần hoàn nội 4: Mẫu IHG20-125, dòng chảy $4,0\text{m}^3/\text{h}$, đỉnh 20m, 0,75KW, ba đơn vị, nguyên liệu thép không gỉ 316L, Shanghai Changshen Pump Manufacturing Co., Ltd.;

Bơm dung dịch đặc 9, bơm khử lưu huỳnh 10 và bơm dung dịch loãng 12: các mẫu tương tự IHG25-160, dòng chảy $4,0\text{m}^3/\text{h}$, đỉnh 32m, 1,5KW, mỗi thứ 01 đơn vị, nguyên liệu thép không gỉ 316L, Shanghai Changshen Pump Manufacturing Co., Ltd.;

Bơm nước chưng cất 24: tất cả các mẫu WB50/037D, dòng chảy $1,2\text{m}^3/\text{h}$, đỉnh 14,5 m, 0,37KW, một đơn vị, nguyên liệu thép không gỉ 316L, Guangdong Yongli Pump Co., Ltd.;

Lưu lượng kế đo khí thải: lưu lượng kế gắn rôto mặt kính mẫu LZB-50, quy mô đo 50 đến $250\text{m}^3/\text{h}$, Jiangyin Keda Instrument Factory;

Lưu lượng kế đo dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ: bơm dung dịch đặc, bơm dung dịch loãng và lưu lượng kế đo bơm xả dung dịch khử lưu huỳnh, lưu lượng kế đo đường ống mặt kính LZB-32S, quy mô đo: 0,4 đến 4m³/h, Jiangyin Keda Instrument Factory;

Lưu lượng kế đo dung dịch xả của bơm tuần hoàn nội ở tháp hấp thụ : lưu lượng kế đo đường ống mặt kính mẫu LZB-25S, quy mô đo 0,36 đến 3,6m³/h, 3 đơn vị, Jiangyin Keda Instrument Factory;

Lưu lượng kế đo hơi (để tước khí tại tháp tái sinh): lưu lượng kế đo dòng xoáy mẫu LUGB-2303-P2, quy mô đo: 8 đến 80 m³/h, Beijing Bangyu Chengxin Industrial Technology Development Co., Ltd.;

Lưu lượng kế đo hơi (cho tháp ngưng tụ): lưu lượng kế đo dòng xoáy mẫu GHLUGB-25, quy mô đo: 10 đến 60 m³/h, Tianjin Guanghua Kaite Flow Meter Co., Ltd.;

Đối với khí đi vào và khí xả ra tại tháp hấp thụ 3 cũng như khí giải hấp từ tháp ngưng tụ 23, tất cả các thành phần tùy thuộc vào phân tích trực tuyến bởi thiết bị phân tích khí thải liên tục, trong đó lượng SO₂, NO và O₂ được phân tích bởi thiết bị phân tích khí loại tia UV JNYQ-I-41; lượng CO₂ được phân tích bởi thiết bị phân tích khí loại tia hồng ngoại JNYQ-I-41C, vận hành bởi Xi'an Juneng Instrument Co., Ltd.; Cùng lúc, lượng SO₂, NO và CO₂ khí được phân tích và hiệu chỉnh nhờ phân tích bằng phân tích hoá học, và so sánh với các giá trị của phân tích bằng công cụ, trong đó: lượng SO₂ trong khí được phân tích bằng phương pháp iot, lượng CO₂ trong khí được phân tích bằng phương pháp bari clorit, và lượng NO trong khí được phân tích bằng phương pháp so màu naphtyl etylendiamin hydroclorit.

Lượng SO₂, NO và CO₂ trong dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng 7, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc 8 và nước chưng cất 26 được phân tích bằng phương pháp hoá học, trong đó: lượng SO₂ trong khí được phân tích bằng phương pháp iot, lượng CO₂ trong khí được phân tích bằng phương pháp bari clorit, và lượng NO trong khí được phân tích bằng phương pháp so màu naphtyl etylen diamin hydroclorit.

Việc trộn không khí được thực hiện với không khí, SO₂, NO và CO₂, các thành phần của khí được minh họa trong các bảng kết quả thí nghiệm.

Theo các công nghệ theo sáng chế, các dung dịch khử lưu huỳnh – nitơ sau đây đã được xây dựng trước:

1. Dung dịch chứa nước Na_2SO_3 15% (trọng lượng);
2. Dung dịch chứa nước monokali xitrat 20% (trọng lượng);
3. Dung dịch EG;
4. Dung dịch PEG400;
5. Dung dịch PEG400 + 3% trietanolamin (trọng lượng);
6. Dung dịch NHD (hỗn hợp polyetylen glycol dimetyl ete với mức độ polyme hoá từ 4 đến 8);
7. 60% EG (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng);
8. 60% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng);
9. 30% EG (trọng lượng) + 30% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng).

Sử dụng các dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, các thí nghiệm khử lưu huỳnh - nitơ được tiến hành trên thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ và được minh họa như trong Hình 1 theo các phương pháp tiến hành được mô tả dưới đây.

Kết quả thí nghiệm cho thấy:

1. Khi tiến hành khử lưu huỳnh - nitơ bằng cách sử dụng dung dịch chứa nước Na_2SO_3 15% (trọng lượng), dung dịch chứa nước monokali xitrat 20% (trọng lượng), dung dịch EG và dung dịch PEG400, lần lượt, dung dịch ban đầu có mức độ hấp thụ lưu huỳnh dioxit tương đối mạnh, với mức độ hấp thụ 90% hoặc hơn, nhưng không có khả năng hấp thụ oxit nitơ. Tuy nhiên, sau hai đến năm ngày hoạt động liên tục, dung dịch dần dần mất khả năng hấp thụ lưu huỳnh dioxit, dung dịch dần dần bị biến chất, và dung dịch không thể tái sinh khi bị làm nóng đến hơn 120°C.

2. Khi tiến hành khử lưu huỳnh - nitơ bằng cách sử dụng dung dịch PEG400 + 3% trietanolamin (trọng lượng) và dung dịch NHD, lần lượt, dung dịch ban đầu có mức độ hấp thụ lưu huỳnh dioxit tương đối mạnh, với mức độ hấp thụ trên 90%, khả năng hấp thụ các oxit nitơ cũng đạt đến mức 50% hoặc xấp xỉ, tuy nhiên, sau năm đến mười ngày hoạt động liên tục, dung dịch dần dần ngả màu nâu đen, khả năng hấp thụ lưu huỳnh dioxit và các oxit nitơ giảm xuống lần lượt là 50% và 20% hoặc xấp xỉ, dung dịch dần dần bị biến chất, và sinh ra chất nhờn sệt màu đen.

3. Khi tiến hành khử lưu huỳnh - nitơ bằng cách sử dụng 60% EG (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng), 60% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng) và 30% EG (trọng lượng) + 30% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng), lần lượt, dung dịch có mức độ hấp thụ lưu huỳnh dioxit tương đối mạnh, với mức độ hấp thụ lên đến 90 đến 100%, và khả năng hấp thụ các oxit nitơ là 40 đến 80%. Sau 90 ngày hoạt động liên tục, khả năng hấp thụ lưu huỳnh dioxit và các oxit nitơ không đổi, hiệu suất loại bỏ lưu huỳnh dioxit và các oxit nitơ ổn định, và không bị biến chất. Một số dữ liệu chạy thí nghiệm được trích xuất từ đây, và liệt kê lần lượt trong Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Có thể thấy từ các kết quả thí nghiệm, có rất ít khác biệt giữa hiệu suất khử lưu huỳnh - nitơ của 60% EG (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng), 60% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng) và 30% EG (trọng lượng) + 30% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng). Hiệu suất đạt mức lý tưởng, và các dung dịch tương đối ổn định.

Các kết quả thí nghiệm cũng chỉ ra rằng, các đơn sáng chế được nộp trước đây "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng polyetylen glycol biến đổi" (Đơn số 201310409296.8), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức rượu amin" (Đơn số 201310481557.7), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí thải sử dụng dung dịch phức etylen glycol" (Đơn số 201310682799.2), "Phương pháp loại bỏ SOx khỏi khí

thải sử dụng dung dịch phức polyol" (Đơn số 201310682382.6), và các chất tương tự, dung dịch khử lưu huỳnh nêu trong đó không chỉ có khả năng loại bỏ lưu huỳnh dioxide khỏi khí, mà còn có khả năng hấp phụ các oxit nitơ trong khí. Điểm đặc biệt là, bằng cách thêm một lượng nhỏ chất phụ gia chứa sulfoxit và/hoặc nhóm sunfon (như DMSO và/hoặc sunfolan, hoặc chức hydroxyl và/hoặc carboxyl trong đó) vào các dung dịch như vậy, khả năng hấp thụ các oxit nitơ của dung dịch tăng lên đáng kể. Do đó, sử dụng các dung dịch này trong quy trình đã đề cập và thiết bị theo sáng chế cho phép áp dụng công nghiệp quy trình khử lưu huỳnh và quy trình khử nitơ trong khí thải trên quy mô lớn.

Bảng 1. Dữ liệu hoạt động trong trường hợp 60% EG (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng) hoạt động như dung dịch khử lưu huỳnh – nitơ (trích dẫn từ 06/05/2014 đến 14/05/2014)

Thời gian	22:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	23:30	21:30
T ₁ /°C	43,6	48,8	46,2	49,4	49,1	44,5	44,7	44,7	43,4	42,6
T ₂ /°C	30,8	37,1	39,5	37,2	37	35,8	37	37	35	37,2
T ₃ /°C	33,6	37,6	40,9	38,1	37,7	38,8	37,8	37,8	37,3	41,9
T ₄ /°C	32,5	35,8	39,6	39,2	36,2	39,3	36,7	36,7	36,5	41,6
T ₅ /°C	42,2	47,9	53,8	30,2	45,5	49,8	35,1	35,1	38,2	38,5
T ₆ /°C	88,9	81,7	89,5	81,9	86,3	91	89,3	89,3	80,9	82,1
T ₇ /°C	36,1	39,5	42,5	40,8	40	39,1	38,5	38,5	37,4	41
T ₈ /°C	115,7	113,9	117,4	114,6	113,2	112	111,5	111,5	100,9	101
T ₉ /°C	108,1	105,1	103,2	99,4	99,4	101,4	100,1	100,1	91,5	94,2
T ₁₀ /°C	116,5	116	115,3	114	113,4	113,4	112,8	112,8	103,7	105,6
T ₁₁ /°C	115,9	115	116,5	115,6	112,8	112,6	112,3	112,3	101,4	101,9
T ₁₂ /°C	106,5	106	105,7	104,7	104,2	103,6	103,8	103,8	92,6	92,4
T ₁₃ /°C	114	114,3	116,3	114,9	114,8	114,4	115,5	115,5	109,1	106,1
T ₁₄ /°C	106,9	108,2	107,6	105,5	105,7	106,9	107,1	107,1	94,2	91,6
T ₁₅ /°C	105	105	104,9	103,7	103,6	103,1	103,2	103,2	92,3	92,2
T ₁₆ /°C	44,5	44,3	36,8	41,2	36,3	36	36,4	36,4	38,6	50,1
P ₁ /kPa	16	17	19	20	17	19	20	20	20	16,85
P ₂ /kPa	11	10	12	10	10	11	10	10	10	10,9
P ₃ /kPa	-1	-2	2	0	-3	-2	-10	-10	-30	-13
P ₄ /kPa	26	27	3	30	20	27	30	30	0	0
P ₅ /kPa	-3	-2	3	0	-3	-2	0	0	-40	-36,3
F ₁ (m ³ /h)	105	100	105	105	105	115	105	105	95	105
F ₂ (l/phút)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

	F ₃ (m ³ /h)	18	11,1	22,3	24,6	8,7	24,4	18,4	22,3	16
	F ₄ (m ³ /h)	10,2	4	9,5	11,6	4,0	7	10	4,5	8,8
A ₁	SO ₂ (PPm)	1248,4	801	1267,6	963,4	989	675,4	783,8	1053,5	1001,9
	NO(PPm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	CO ₂ (% thể tích)	3,48	5,27	3,29	4,86	3,2	4,19	3,34	3,43	4,82
	O ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₂	SO ₂ (PPm)	1,1	1	22,9	45,2	3,8	11,4	3,7	7,1	29
	NO(PPm)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	CO ₂ (% thể tích)	3,66	5,26	3,28	4,94	3,53	4,36	3,44	3,46	5,83
	O ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₃	SO ₂ (% thể tích)	---	55,55	71,8	68,74	64,77	---	79,74	79,98	---
	NO(% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	CO ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	O ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₄	SO ₂ (g/l)	2,10	1,744	1,47	1,5224	1,467	0,54	1,0242	1,2233	0,91
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₅	SO ₂ (g/l)	0,19	0,109	0,08	0,083	0,083	0,06	0,0415	0,1037	0,129
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₆	SO ₂ (g/l)	0,0163	0,0014	0,01	0,0108	0,0025	0,001	0,0077	0,0019	0,0016
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Bảng 2. Dữ liệu hoạt động trong trường hợp 60% PEG400 (trọng lượng) +30% nước (trọng lượng) +10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng) hoạt động như dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (18/05/2014 đến 21/05/2014, hai lượt mỗi ngày, ba lượt dữ liệu ngày 21/05/2014)

Thời gian	3:30	7:30	13:30	23:30	7:30	23:30	7:30	11:30	23:30
T ₁ /°C	41,6	44,5	---	44,7	42,6	41,2	42,4	46,9	39,7
T ₂ /°C	37,3	35,2	---	36,5	39,1	35,9	33,1	39,7	39,7

T ₃ /°C	42	38	---	40,4	43,7	39,2	34,8	41,7	41,9
T ₄ /°C	42	38,9	---	40	42,5	38,4	35,9	40,8	40,9
T ₅ /°C	44,3	32,7	---	40,4	41,5	40,7	32,8	42,9	42,9
T ₆ /°C	54,7	50,1	---	52,5	56,1	56	45	55,3	55
T ₇ /°C	42,4	39,8	---	41,4	45	39,2	38,1	41,7	41,8
T ₈ /°C	105,5	108,9	---	116,1	113,3	112,1	113,3	113,2	110,6
T ₉ /°C	92,1	96,1	---	101,9	101,9	101,6	101,9	99,3	140,4
T ₁₀ /°C	101,5	110,5	---	113	113,4	113,4	113,6	112,8	111,6
T ₁₁ /°C	105,6	1110	---	115,6	113,8	112,6	112,6	113,3	111,1
T ₁₂ /°C	92,6	98,7	---	103,4	102,9	102,7	102,4	102,8	101,5
T ₁₃ /°C	106	110,4	---	118,3	117,3	111,7	111,7	114,2	110,5
T ₁₄ /°C	91,1	90,7	---	103,8	105,1	104,9	103,8	103,1	105,3
T ₁₅ /°C	92,6	98,2	---	103	102,7	102,6	102,2	102,7	101,7
T ₁₆ /°C	35,9	38,7	---	34,3	34,3	37,7	37,5	36,8	37,9
P ₁ /kPa	18,95	14,9	---	17,15	20,4	18,7	16,4	20,4	21,2
P ₂ /kPa	6,2	7,95	---	6,65	5,7	5,55	8	3,3	4,45
P ₃ /kPa	-28,45	-19,6	---	-2,45	-4,15	-1,7	-7,55	-4,95	-2,65
P ₄ /kPa	4,8	2,1	---	56,25	51,6	24,6	17,55	33,75	20,85
P ₅ /kPa	-31,8	-21,1	---	-4,25	-4,65	-5,55	-7,5	-5,8	-4,4
F ₁ (m ³ /h)	80	105	105	105	95	95	105	95	80
F ₂ (l/phút)	25	20	25	22	22	20	18	22	22
F ₃ (m ³ /h)	16,4	17,9	---	16,8	15	15,8	1,5	14,1	24,2
F ₄ (m ³ /h)	6,3	6,7	---	6,7	5,3	4,9	0	5,1	6,9
A ₁	SO ₂ (PPm)	1011	1860	910,5	975	888,1	634,4	543	912
	NO(PPm)	83	351,8	263,5	79,5	29,8	84,3	178	65,9
	CO ₂ (% thể tích)	4,275	2,89	4,4	3,6	2,35	1,96	3,5	3,36
	O ₂ (% thể tích)	20,3	20,6	---	---	20,9	20,6	20,1	20,25

A ₂	SO ₂ (PPm)	5,75	67,25	22,4	4,1	27,5	8,8	14,4	39,8	93,8
	NO(PPm)	94	79,1	318	219,5	54,3	11,4	29,3	145,1	27
	CO ₂ (% thể tích)	4,2	2,86	4,14	4,5	3,7	2,57	1,92	3,5	3,77
	O ₂ (% thể tích)	19,9	20,4	---	---	---	20,5	21	20,3	20,31
A ₃	SO ₂ (% thể tích)	---	---	88,3	89,6	89,5	90	90	89,6	90
	NO(% thể tích)	---	---	---	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
	CO ₂ (% thể tích)	---	---	5,1	12,6	11,6	5,35	8,2	14,1	10,4
	O ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₄	SO ₂ (g/l)	0,49	1,09	1,0626	0,6531	0,49	0,5464	0,4798	0,4265	0,3532
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₅	SO ₂ (g/l)	0,11	0,0076	0,015	0,02	0,048	0,0266	0,0267	0,0533	0,0267
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₆	SO ₂ (g/l)	0,010	0,006	0,0054	0,0014	0,001	0,0018	0,0017	0,0012	0,0065
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Bảng 3. Dữ liệu hoạt động trong trường hợp 30% EG (trọng lượng) + 30% PEG400 (trọng lượng) + 30% nước (trọng lượng) + 10% dung dịch mononatri xitrat (trọng lượng) hoạt động như dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ (trích dẫn từ 23/05/2014 đến 31/05/2014)

Thời gian	7:30	9:30	9:30	21:30	19:30	9:30	9:30	7:30	7:30
T ₁ /°C	40,8	54,7	56,1	54,5	57,9	56,9	57,4	54,8	55,6
T ₂ /°C	27	26,3	24,4	23,7	25,2	23,5	23,2	27,3	22,3
T ₃ /°C	38,5	39,7	37,6	37,1	38,1	35,1	37,2	37,3	35,1
T ₄ /°C	38,3	39,1	37,2	37,1	38,6	36,8	35,2	37,5	35
T ₅ /°C	46,2	44,9	37,2	40,7	45	34,5	31,7	39,7	37,6
T ₆ /°C	60,8	54,2	46,2	55,2	53	45,1	46,9	37,4	63,7
T ₇ /°C	40,8	42,4	38	39,6	39,8	37,7	40,1	38,5	38,3
T ₈ /°C	114,7	107,4	112,7	109,8	108	109	114,1	108,1	112,1

T ₉ /°C	104,1	104,7	110,7	92,8	107	101,3	102,8	107,7	111,6
T ₁₀ /°C	116,2	112,9	115,8	113	113,5	112,6	115,7	114,0	116,1
T ₁₁ /°C	115,6	108,5	113,2	111,1	105,7	104,8	107,6	103,3	106,7
T ₁₂ /°C	104,1	99	102,3	100,2	102,3	101	103,7	100,1	103
T ₁₃ /°C	110,9	135,4	114,4	110,5	111,3	111,2	116	111,4	112,4
T ₁₄ /°C	104	100,6	105,4	101	101,6	104,7	105,7	103,9	105,1
T ₁₅ /°C	103,7	99,1	100,9	100	98,2	99,8	102,9	100,1	103,1
T ₁₆ /°C	36,7	43,1	39,8	37,3	40,4	38,6	39,5	38,4	37,6
P ₁ /kPa	13,75	20,2	15,65	16,2	16,85	17,15	16,25	15,9	17,8
P ₂ /kPa	7,4	4,95	6,85	8,75	8,65	8,8	8,9	6,1	10,2
P ₃ /kPa	-1,1	-10,55	-4,3	-8,9	-3,65	-9,7	-0,5	6,8	0,9
P ₄ /kPa	23,1	135,15	34,05	22,5	22,95	21,45	46,2	25,8	28,95
P ₅ /kPa	-3,1	-14,25	-8,1	-11,05	-5,25	-11,5	-1,15	9,5	-0,35
F ₁ (m ³ /h)	110	110	115	115	120	120	120	110	114
F ₂ (l/phút)	15	18	18	14	15	15	15	15	15
F ₃ (m ³ /h)	17,8	23,2	18,5	20,4	19,7	21,3	24,6	25	15,6
F ₄ (m ³ /h)	5,1	6,4	6,1	5,2	5,9	5,9	5,1	7	4,9
A ₁	SO ₂ (PPm)	1141,5	708	933	490,5	690	805,5	646,5	538,5
	NO(PPm)	75,8	23,3	33,5	32,8	29,8	45	35,8	21,1
	CO ₂ (% thể tích)	4,5	1,8	7,9	4,7	7,3	5,97	7,8	7,57
	O ₂ (% thể tích)	20,4	18,4	20	18,6	17,2	18,425	17,8	18,8
A ₂	SO ₂ (PPm)	2,1	6,6	4,6	0,4	0,1	4,4	48,8	9,5
	NO(PPm)	28,9	3,3	8,3	5,3	10,4	16,9	3,0	12,4
	CO ₂ (% thể tích)	5,1	1,8	6,7	4,8	8,2	6,7	8,1	9,4
	O ₂ (% thể tích)	20,1	18,5	18,6	18,6	17,6	18,8	18,1	19
A ₃	SO ₂ (% thể tích)	89,7	83,6	89,3	56,2	72,4	80,6	64,5	82
	NO(% thể tích)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,06	0,1	0,09

	CO ₂ (% thể tích)	6,7	5,8	10,1	6	---	---	---	---	---
	O ₂ (% thể tích)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₄	SO ₂ (g/l)	0,9611	1,01	1,4776	0,6712	1,2088	1,2217	1,5209	1,1728	0,7552
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₅	SO ₂ (g/l)	0,0163	0,1662	0,0358	0,0358	0,044	0,068	0,0383	0,1462	0,1114
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---
A ₆	SO ₂ (g/l)	0,0009	0,0011	0,0017	0,0016	0,0016	0,0027	0,0010	0,0009	0,0019
	NO(g/l)	---	---	---	---	---	---	---	---	---

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải, bao gồm các quá trình sau:

1) quá trình thu hồi nhiệt: nhiệt độ của khí thải được làm giảm xuống dưới 50°C bằng cách trao đổi thu hồi nhiệt, và thu hồi nhiệt được thực hiện;

2) quá trình khử lưu huỳnh - nitơ: khí thải đã làm mát đi vào tháp hấp thụ, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ trong đó bị hấp thụ bởi dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ;

3) quá trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ: trong tháp tái sinh, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ chứa lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bị hấp thụ giải phóng lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bằng các cách thức làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ sau khi tái sinh được tái sử dụng;

4) quá trình ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ: trong tháp ngưng tụ, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ đã giải phóng nhờ quá trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ được ngưng tụ thành sản phẩm lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ với độ tinh khiết cao;

dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ bao gồm etylen glycol và/hoặc polyetylen glycol, axit polycacboxylic và/hoặc muối axit polycacboxylic, sulfoxit và/hoặc chất phụ gia chứa nhóm sulfon;

quá trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đã đề cập cụ thể như sau: dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ với lưu huỳnh dioxit và/hoặc nitơ oxit được hấp thụ khỏi khí thải là dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc, đầu tiên được xử lý trao đổi nhiệt gián tiếp với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng chảy ra từ đáy của tháp tái sinh, và được làm nóng đến trên 90°C, và sau đó đi vào đầu trên của tháp tái sinh để giải hấp lưu huỳnh dioxit và/hoặc nitơ oxit bằng cách làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không, và trở thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, chảy ra từ đáy của tháp tái sinh, được xử lý trao đổi nhiệt và làm mát đến dưới 50°C, và sau đó chuyển đến quá trình khử lưu huỳnh - nitơ để tái chế sử dụng.

2. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp hoặc cách thức thu hồi trao đổi nhiệt trực tiếp – gián tiếp đồng thời được sử dụng nhờ quá trình thu hồi nhiệt.

3. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo điểm 2, khác biệt ở chỗ, trong quá trình thu hồi nhiệt, khí thải được đưa vào tiếp xúc trực tiếp với chất lưu mang nhiệt để trao đổi nhiệt, và thể tích chất lưu mang nhiệt xoay vòng tăng lên nhờ cung cấp một hoặc nhiều bơm.

4. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, trong quá trình khử lưu huỳnh - nitơ, thể tích dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ xoay vòng tăng lên nhờ cung cấp một hoặc nhiều bơm.

5. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, quá trình ngưng tụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ cụ thể như sau: hỗn hợp khí đã giải phóng nhờ quá trình tái sinh dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, chứa lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ, đi từ phần giữa tháp ngưng tụ, tiếp xúc với nước ngưng tụ từ đáy tháp ngưng tụ theo dòng ngược chiều to chung cất hơi nước trong hỗn hợp khí, hỗn hợp khí với hơi nước đã bị loại bỏ chảy ra khỏi đáy tháp ngưng tụ; hơi nước đi từ phần dưới tháp ngưng tụ, tiếp xúc với nước ngưng tụ theo dòng ngược chiều, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ còn dư trong nước ngưng tụ bị chiết tách bằng hơi nước, để biến đổi nước ngưng tụ thành nước chung cất, chảy ra khỏi đáy tháp ngưng tụ và được tái sử dụng.

6. Quy trình khử lưu huỳnh - nitơ khỏi khí thải theo bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia chứa nhóm sulfoxit và/hoặc sulfon là DMSO và/hoặc sulfolan, hoặc hydroxyl và/hoặc chất thể cacboxyl của chúng.

7. Thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải bao gồm tháp thu hồi nhiệt, tháp hấp thụ, tháp tái sinh và tháp ngưng tụ, trong đó:

tháp thu hồi nhiệt: được sử dụng để trao đổi nhiệt giữa khí thải và chất lưu mang nhiệt, hạ thấp nhiệt độ của khí thải xuống dưới 50°C, và tiến hành thu hồi nhiệt;

tháp hấp thụ: được sử dụng để tiếp xúc trực tiếp khí thải đã làm mát với dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ hấp thụ lưu huỳnh dioxit và/hoặc các

oxit nitơ trong khí thải và trở thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc, và sau đó được xả từ tháp hấp thụ; dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ bao gồm etylen glycol và/hoặc polyetylen glycol, axit polycacboxylic và/hoặc muối của axit polycacboxylic, chất phụ gia chứa nhóm sulfoxit và/hoặc sulfon;

tháp tái sinh: được sử dụng cho dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc để giải hấp lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bằng cách làm nóng và/hoặc tước khí và/hoặc tái sinh chân không và biến đổi thành dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng, dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng thu được nhờ tái sinh được đưa đến tháp hấp thụ nhằm tái sử dụng;

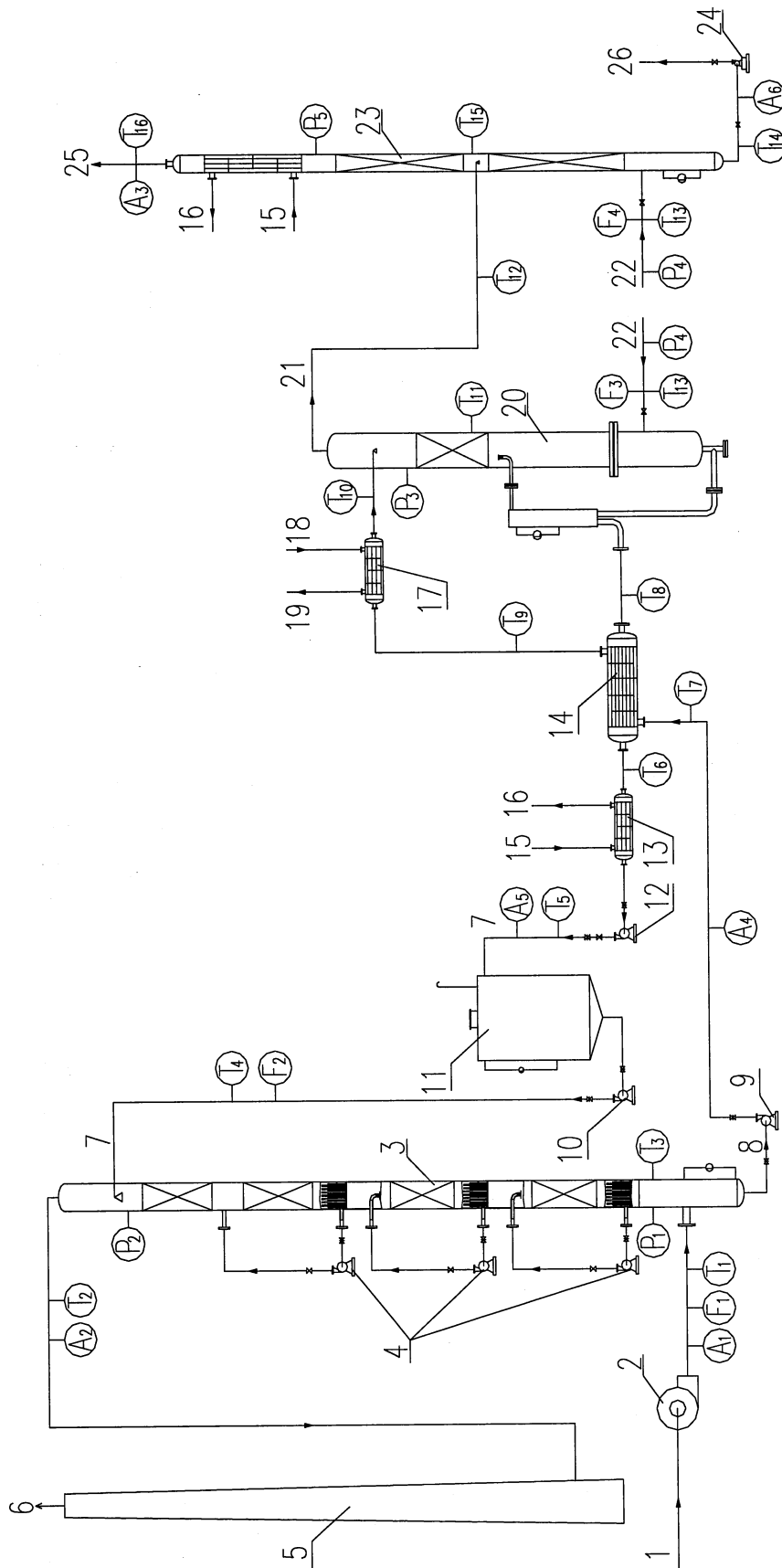
tháp ngưng tụ: được sử dụng để loại bỏ, bằng cách ngưng tụ, hơi nước từ hỗn hợp khí bao gồm lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ, đã giải phóng từ tháp tái sinh, lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ bị ngưng tụ thành sản phẩm là lưu huỳnh dioxit và/hoặc các oxit nitơ với độ tinh khiết cao hơn;

bộ trao đổi nhiệt được bố trí giữa tháp hấp thụ và tháp tái sinh, và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ đặc từ tháp hấp thụ và dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ loãng chảy ra từ tháp tái sinh được xử lý nhiệt gián tiếp qua bộ trao đổi nhiệt.

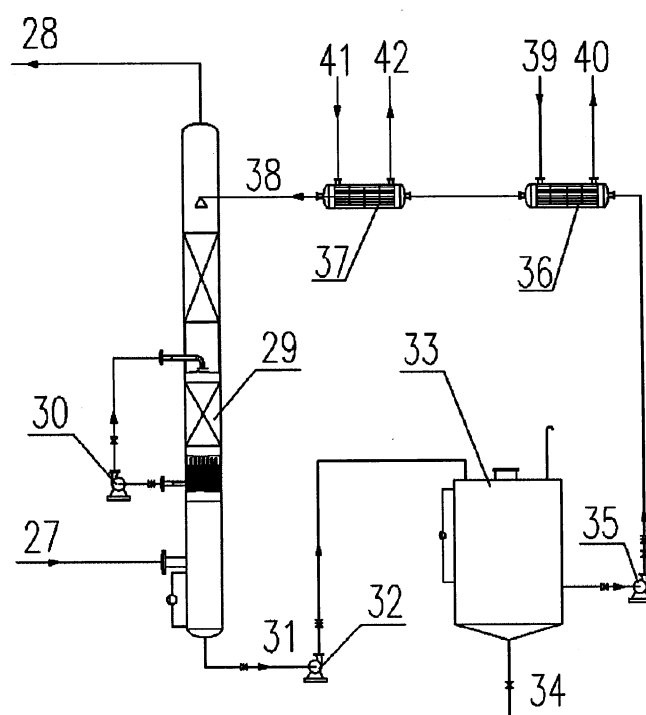
8. Thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải theo điểm 7, khác biệt ở chỗ, tháp thu hồi nhiệt cung cấp một hoặc nhiều bơm để tăng thể tích chất lưu mang nhiệt xoay vòng.

9. Thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải theo điểm 7, khác biệt ở chỗ, tháp hấp thụ cung cấp một hoặc nhiều bơm để tăng thể tích dung dịch khử lưu huỳnh - nitơ xoay vòng.

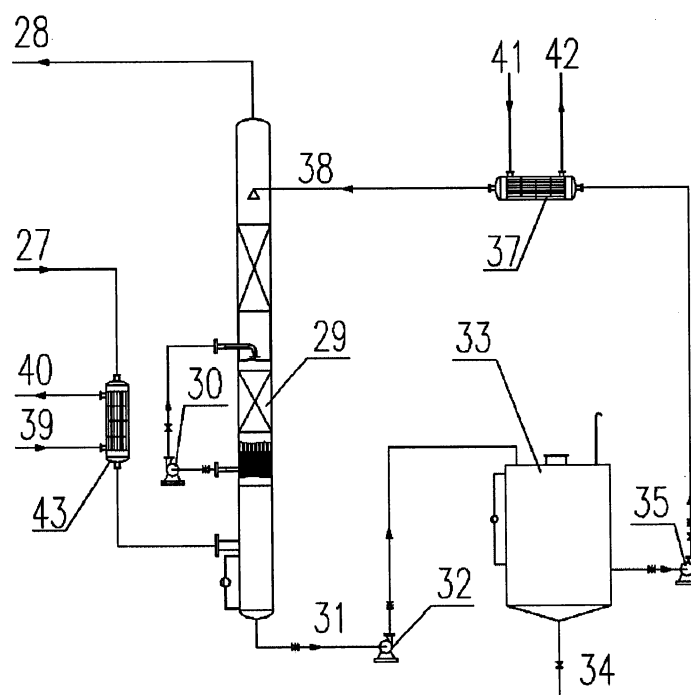
10. Thiết bị khử lưu huỳnh - nitơ trong khí thải theo bất kỳ một trong số các điểm từ 7 đến 9, khác biệt ở chỗ, chất phụ gia chứa nhóm sulfoxit và/hoặc sulfon là DMSO và/hoặc sulfolan, hoặc hydroxyl và/hoặc chất thể cacboxyl của chúng.



HÌNH 1



HÌNH 2



HÌNH 3