



(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) 
1-0023033

(51)⁷ C10G 21/06

(13) B

-
- | | | | |
|------|---|------------|--------------------|
| (21) | 1-2016-02511 | (22) | 05.10.2011 |
| (62) | 1-2013-01165 | | |
| (86) | PCT/GB2011/051906 | 05.10.2011 | (87) WO2012/046057 |
| (30) | 1016751.8 | 05.10.2010 | GB |
| (45) | 25.02.2020 | 383 | (43) 26.12.2016 |
| (73) | THE QUEEN'S UNIVERSITY OF BELFAST (GB)
University Road, Belfast, Antrim BT7 1NN, United Kingdom | | |
| (72) | ABAI, Mahpuzah (MY), ATKINS, Martin Philip (GB), CHEUN, Kuah Yong (MY),
HOLBREY, John (GB), NOCKEMANN, Peter (DE), SEDDON, Ken (GB),
SRINIVASAN, Geetha (IN), ZOU, Yiran (CN) | | |
| (74) | Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW) | | |
-

(54) QUY TRÌNH LOẠI BỎ THỦY NGÂN RA KHỎI NGUỒN CẤP CHẤT LỎNG
HYDROCACBON CHỨA THỦY NGÂN

(57) Sáng chế đề cập đến quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân bằng cách sử dụng chất lỏng ion được chọn một cách cụ thể, quy trình này bao gồm bước cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với chất lỏng ion có công thức $[Cat^+][M^+][X^-]$, trong đó các ký hiệu là như được xác định trong bản mô tả, và tách ra từ chất lỏng ion sản phẩm hydrocacbon lỏng có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguồn cấp chất lỏng chứa thủy ngân.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi chất lỏng hydrocacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các hydrocacbon thể lỏng và thể khí thu được từ dầu khí thường bị nhiễm thủy ngân. Đặc biệt, các hydrocacbon thể lỏng và thể khí thu được từ các mỏ dầu khí xung quanh khu vực các nước Hà Lan, Đức, Canada, Hoa Kỳ, Malaysia, Brunei và vương quốc Anh được xác định là chứa thủy ngân. Theo báo cáo của N. S. Bloom (Fresenius J. Anal. Chem., 2000, 366, 438-443), thì thủy ngân có trong các hydrocacbon này có thể tồn tại ở nhiều dạng khác nhau. Mặc dù nguyên tố thủy ngân có xu hướng chiếm ưu thế, nhưng hạt thủy ngân (tức là thủy ngân liên kết với hạt vật chất), thủy ngân hữu cơ (chẳng hạn dimethyl thủy ngân và diethyl thủy ngân) và thủy ngân ion (chẳng hạn thủy ngân diclorua) cũng có thể tìm thấy trong nguồn hydrocacbon tự nhiên. Nồng độ thủy ngân trong dầu thô có thể dao động từ dưới một phần tỉ (ppb) tới vài ngàn ppb tùy thuộc vào các giếng dầu và vị trí của giếng. Tương tự như vậy, nồng độ thủy ngân trong khí tự nhiên có thể dao động từ dưới 1 ng.m^{-3} cho tới hơn $1000 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Sự có mặt của thủy ngân trong hydrocacbon là vấn đề khó giải quyết do độc tính của chúng. Hơn nữa, thủy ngân còn ăn mòn các thiết bị điều chế hydrocacbon, chẳng hạn các thiết bị được sử dụng trong các nhà máy lọc dầu và khí đốt. Thủy ngân có thể phản ứng với nhôm trong các thiết bị điều chế hydrocacbon để tạo thành hỗn hợp, hỗn hợp này có khả năng phá hủy các thiết bị. Chẳng hạn, các mối hàn ống, bộ phận làm lạnh, bộ trao đổi nhiệt làm bằng nhôm và các chất xúc tác hydro đều có thể bị hư hỏng do hydrocacbon nhiễm thủy ngân. Do đó các thiết bị có thể bị phá hỏng, gây nên những tác động kinh tế nghiêm trọng, hoặc trong trường hợp nặng, có thể gây mất kiểm soát toàn bộ hoạt động của nhà máy, gây ra hậu quả thảm họa tiềm tàng. Hơn nữa, các sản phẩm bị nhiễm thủy ngân ở hàm lượng cao thường có chất lượng kém, do đó mức giá thương mại của chúng sẽ thấp hơn.

Một số phương pháp loại bỏ thủy ngân ra khỏi hydrocacbon đã được đề xuất. Các phương pháp này bao gồm: kỹ thuật lọc bằng cách sử dụng các cột có tầng cố định

chứa lưu huỳnh, kim loại chuyển tiếp hoặc kim loại nặng sulfua và iodua trên chất mang hoạt hóa; khử thủy ngân hữu cơ và thủy ngân vô cơ thành dạng nguyên tố thủy ngân bằng kỹ thuật lọc hoặc hợp nhất; oxy hóa sau khi tạo phức với các hợp chất chứa lưu huỳnh; và oxy hóa sau khi chiết dung môi. Tuy nhiên, trong lĩnh vực kỹ thuật này vẫn có nhu cầu đối với các phương pháp hữu ích hơn để loại bỏ thủy ngân ra khỏi hydrocacbon, chẳng hạn phân cắt dầu thô và khí tự nhiên, đặc biệt là loại bỏ “toàn bộ” thủy ngân ra khỏi nguồn hydrocacbon chứa hai hoặc nhiều dạng thủy ngân.

Thuật ngữ “chất lỏng ion” trong bản mô tả này được dùng để chỉ chất lỏng có thể được tạo thành bằng cách làm tan muối, và chỉ bao gồm ion. Chất lỏng ion có thể được tạo thành từ chất đồng nhất bao gồm một loại cation và một loại anion, hoặc có thể bao gồm nhiều hơn một loại cation và/hoặc nhiều hơn một loại anion. Như vậy, chất lỏng ion có thể bao gồm nhiều hơn một loại cation và loại anion. Chất lỏng ion cũng có thể bao gồm loại cation, và nhiều hơn một loại anion. Tương tự như vậy, chất lỏng ion cũng có thể bao gồm nhiều hơn một loại cation và nhiều hơn một loại anion.

Thuật ngữ “chất lỏng ion” bao gồm cả các hợp chất có điểm nóng chảy cao và các hợp chất có điểm nóng chảy thấp, chẳng hạn ở nhiệt độ trong phòng hoặc thấp hơn nhiệt độ trong phòng. Vì thế, nhiều chất lỏng ion có điểm nóng chảy dưới 200°C, đặc biệt là dưới 100°C, xung quanh nhiệt độ trong phòng (15 đến 30°C), hoặc thậm chí dưới 0°C. Các chất lỏng ion có điểm nóng chảy dưới khoảng 30°C thường được gọi là “chất lỏng ion nhiệt độ phòng” và thường có nguồn gốc từ các muối hữu cơ có các cation dị vòng chứa nitơ, chẳng hạn các cation chứa pyridin và imidazole. Trong các chất lỏng ion nhiệt độ phòng, cấu trúc của cation và anion ngăn chặn sự hình thành cấu trúc tinh thể bậc 1, và theo đó, ở nhiệt độ trong phòng thì muối ở dạng lỏng.

Hầu hết các chất lỏng ion đều được sử dụng rộng rãi làm các dung môi. Nhiều chất lỏng đã được xác định là có áp suất hơi không đáng kể, nhiệt độ ổn định, khả năng dễ cháy và tái chế thấp. Do lượng lớn các kết hợp giữa anion và cation có sẵn có thể tinh chỉnh các tính chất vật lý của chất lỏng ion (như nhiệt độ nóng chảy, mật độ, độ nhớt và khả năng trộn lẫn với nước hoặc các dung môi hữu cơ) để phù hợp với yêu cầu của một ứng dụng cụ thể.

Có rất ít các tài liệu về nghiên cứu phân tách các kim loại thành chất lỏng ion từ các hệ vô cơ.

Chẳng hạn, việc phân tách các ion thủy ngân, trong trạng thái oxy hóa cao 2+ thành các chất lỏng ion ra khỏi nước, đã được báo cáo bởi Rogers và các cộng sự (Green Chem., 2003, 5, 129-135), đã chỉ ra rằng nhóm chất lỏng ion âm không có ion dương có thể được sử dụng để phân tách Hg(II) ra khỏi muối và các dung dịch axit trong nước. Prausnitz và các cộng sự (Ind. Eng. Chem. Res., 2008, 47, 5080-5086) đã chỉ ra rằng các ion thủy ngân phân tách ưu tiên ra khỏi nước tạo thành các chất lỏng ion kỵ nước.

Pinto và các cộng sự (công bố đơn Mỹ số US 2007/0123660) đã chỉ ra rằng, sự kết hợp phối tử tạo phức chứa kim loại và các chất lỏng ion phủ lên chất mang trơ có thể được sử dụng làm nguyên liệu hấp phụ để loại bỏ thủy ngân ra khỏi khí thải của than đốt (xem, tài liệu của Ji và các đồng tác giả, Water, Air, & Soil Pollution: Focus 2008, 8, 349-358, Ind. Eng. Chem. Res., 2008, 47, 8396-8400, và Main Group Chemistry 2008, 7, 181-189).

Công bố đơn quốc tế số WO 98/06106 mô tả quy trình để hòa tan oxy hóa các nhiên liệu hạt nhân và vật liệu bọc nhiên liệu hạt nhân trong các chất lỏng ion trên cơ sở nitrat. Chất lỏng ion được mô tả bao gồm các ion nitrat, và tùy ý bao gồm các anion sulfat hoặc các anion tetrafloroborat, và axit Bronsted hoặc Franklin (như axit nitric, axit sulfuric, hoặc các cation nitroni), mà cần thiết để nâng cao khả năng oxy hóa mạnh của dung môi. Các chất lỏng ion được xác định là tan hoàn toàn trong nước.

Pitner, W. R. và các đồng tác giả đã mô tả quy trình tương tự để hòa tan urani oxit không tan (UO_2) trong đó urani oxit này bị oxy hóa thành gốc UO_2^{2+} trong hỗn hợp bao gồm axit nitric và chất lỏng ion chứa các ion nitrat (xem, tài liệu Green Industrial Applications of Ionic Liquids, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry, 2003, 92, 209-226, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.). Tuy nhiên, việc hòa tan các nguyên tố kim loại không được mô tả.

Cần phải hiểu rằng, quy trình oxy hóa được mô tả trong công bố đơn quốc tế số WO 98/06106 và trong tài liệu của Pitner và các đồng tác giả, cần phải sử dụng các axit có tính ăn mòn cao chứa các ion nitơ. Quy trình này rõ ràng là không phù hợp với quy trình hydrocacbon vì các thành phần hydrocacbon như các olefin và hợp chất thơm dễ phản ứng với các axit và ion nitơ, dẫn tới hình thành các sản phẩm phụ không mong muốn. Việc sử dụng các axit cũng dẫn tới sự gia tăng độ axit không mong muốn.

trong toàn bộ các thành phần, đặc biệt là đối với các chất lỏng hydrocacbon. Hơn nữa, sự ăn mòn hệ thống cao đã được công bố trong công bố đơn quốc tế số WO 98/06106 và trong tài liệu của Pitner và các đồng tác giả, khiến chúng phù hợp với quy trình hydrocacbon kim loại, các thiết bị giao thông vận tải và lưu trữ.

Varma và đồng tác giả (công bố đơn Mỹ số US2007/0140940) mô tả phương pháp loại bỏ nguyên tố thủy ngân hoặc thủy ngân đã oxy hóa ra khỏi các chất lỏng chứa thủy ngân sử dụng các thành phần hấp thụ oxy hóa. Các thành phần hấp thụ oxy hóa có thể được chọn từ một hoặc nhiều silicat có khả năng trao đổi cation với nhiều cation kim loại hoạt hóa và các anion trái dấu của chúng, chẳng hạn đất sét như montmorillonit, laumontit, bentonit, mica, vermiculit và caolinit, và từ các gel silic oxit, các rây phân tử tự nhiên và tổng hợp, các zeolit, và tro từ lò và nồi hơi đốt bằng than dạng bột. Một hoặc nhiều hợp chất halogen và/hoặc sulfat kim loại oxy hóa có thể được chọn từ nhóm bao gồm CuCl , CuBr , CuCl_2 , CuBr_2 , CuSO_4 , FeCl_2 , FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, ZnCl_2 , ZnBr_2 , NiCl_2 , và NiSO_4 . Các chất hấp thụ có thể chứa than hoạt tính.

Bằng sáng chế Đức số DE 4116890 (Mobil Oil Corp) mô tả phương pháp loại bỏ thủy ngân ra khỏi dòng chất thải sử dụng chất hấp thụ bao gồm hợp chất kim loại trên chất mang. Các kim loại hữu dụng bao gồm bitmut, đồng, sắt, vàng, bạc, thiếc, kẽm và paladi, và hỗn hợp của chúng. Thành phần kim loại có thể ở dạng nguyên tố kim loại, oxit kim loại, sunphit kim loại hoặc hỗn hợp của chúng.

Bằng sáng chế Châu Âu số EP 0,385,742 (Mitsui Petrochemical Industries Ltd) mô tả phương pháp để loại bỏ thủy ngân ra khỏi hydrocacbon lỏng, bao gồm bước cho hydrocacbon lỏng tiếp xúc với chất hấp thụ có thành phần hoạt hóa được đỡ trên chất mang. Thành phần hoạt hóa được chọn từ hợp chất đồng, hợp chất thiếc và hỗn hợp của chúng. Phương pháp được mô tả có thể còn có thêm bước cho hợp chất hydrocacbon tiếp xúc với thành phần hoạt hóa được chọn từ nguyên tố thuộc các Nhóm III đến VIII trong Bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học, các hợp chất chelat, và hỗn hợp của chúng.

Trong bằng sáng chế Châu Âu số EP 0,352,420, quy trình được mô tả để loại bỏ thủy ngân ra khỏi hydrocacbon lỏng bao gồm các bước cho hydrocacbon lỏng tiếp xúc với dung dịch nước của hợp chất lưu huỳnh được biểu thị bởi công thức chung $\text{MM}'\text{S}_x$, trong đó M được chọn từ nhóm bao gồm kim loại kiềm và gốc amoni, M'

được chọn từ nhóm bao gồm kim loại kiềm, gốc amoni và hydro và x nhỏ nhất là bằng 1.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon.

Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân. Các chất lỏng ion chứa kim loại nhất định có khả năng tách thủy ngân ở dạng nguyên tố, ion và hữu cơ ra khỏi chất lỏng hydrocacbon với hiệu quả cao. Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, các chất lỏng ion này có khả năng hòa tan thủy ngân cao, cụ thể, khả năng hòa tan thủy ngân trong chất lỏng ion có thể lên tới 20% khối lượng, trên tổng khối lượng chất lỏng ion và thủy ngân.

Cụ thể hơn nữa, sáng chế đề xuất quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân bằng cách sử dụng chất lỏng ion được chọn một cách cụ thể, quy trình này bao gồm bước cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với chất lỏng ion có công thức $[Cat^+][M^+][X^-]$, và tách ra khỏi chất lỏng ion sản phẩm hydrocacbon lỏng có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguồn cấp chất lỏng chứa thủy ngân.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig. 1 là biểu đồ so sánh năng suất phân tách của các chất lỏng ion chứa các ion metallat, muối metallat lỏng không ion, và các muối không metallat lỏng không ion.

Fig. 2 là đồ thị mô tả dữ liệu trong bảng 8, thể hiện sự so sánh về năng suất của chất lỏng ion được mang trên than hoạt tính và silic oxit xốp và than hoạt tính được tẩm lưu huỳnh có bán trên thị trường để loại bỏ thủy ngân ra khỏi dòng khí.

Mô tả chi tiết sáng chế

Quy trình thứ nhất để loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân, quy trình này bao gồm các bước:

(i) cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với chất lỏng ion có công thức:



trong đó:

$[\text{Cat}^+]$ là một hoặc nhiều loại cation hữu cơ,

$[\text{M}^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp có trạng thái oxy hóa là +2 hoặc cao hơn,

$[\text{X}^-]$ là một hoặc nhiều loại anion; và

(ii) tách ra từ chất lỏng ion sản phẩm chất lỏng hydrocacbon có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguồn cấp chất lỏng chứa thủy ngân.

Không bị ràng buộc bởi bất kỳ học thuyết nào, người ta tin rằng chất lỏng ion tạo ra môi trường oxy hóa nhẹ, trong đó nguyên tố thủy ngân được oxy hóa thành các gốc thủy ngân ion có khả năng hòa tan cao, và trong đó, các gốc thủy ngân hữu cơ trải qua sự phân tách oxy hóa để tạo thành các ion thủy ngân có khả năng hòa tan cao. Do đó, các ion thủy ngân được tạo thành được cho là phân vùng có tính chọn lọc cao từ các chất lỏng hydrocacbon vào chất lỏng ion. Do đó, các chất lỏng ion theo sáng chế thực hiện chức năng kép là oxy hóa thủy ngân và tạo môi trường bắt giữ cho các gốc thủy ngân được oxy hóa. Điều này cho phép tất cả các dạng thủy ngân đều được loại bỏ ra khỏi chất lỏng hydrocacbon với hiệu quả cao.

Các chất lỏng ion được sử dụng trong quy trình theo sáng chế là đủ nhẹ, do đó tránh được phản ứng của chất lỏng ion với chất lỏng hydrocacbon và/hoặc quy trình hydrocacbon/thiết bị vận chuyển/lưu trữ. Về vấn đề này, người ta đánh giá cao quy trình theo sáng chế không yêu cầu sử dụng các axit ăn mòn và/hoặc môi trường nitrat (cụ thể, chất lỏng thủy ngân chứa axit sulfuric, axit nitric, các ion nitơ, và/hoặc các ion hydro sulfat), các axit ăn mòn hoặc môi trường nitrat này không phù hợp với quy trình của các vật liệu hydrocacbon.

Theo sáng chế, $[\text{M}^+]$ có thể là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp hàng đầu tiên có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2, ví dụ các cation kim loại được chọn từ scandi, titan, vanadi, crom, mangan, sắt, coban, niken, đồng và kẽm và có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2.

Do đó, phù hợp với sáng chế, $[\text{M}^+]$ có thể là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ Sc^{2+} , Sc^{3+} , Ti^{2+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} , V^{2+} , V^{3+} , V^{4+} , V^{5+} , Cr^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{4+} , Cr^{5+} ,

Cr^{6+} , Mn^{2+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , Mn^{5+} , Mn^{6+} , Mn^{7+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{4+} , Fe^{5+} , Fe^{6+} , Co^{2+} , Co^{3+} , Co^{4+} , Co^{5+} , Ni^{2+} , Ni^{3+} , Ni^{4+} , Zn^{2+} , Mo^{2+} , Mo^{3+} , Mo^{4+} , Mo^{5+} và/hoặc Mo^{6+} .

Theo phương án ưu tiên hơn, $[\text{M}^+]$ có thể là một cation sắt có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2, chẳng hạn như Fe^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{4+} , Fe^{5+} và Fe^{6+} . Tốt hơn nữa, $[\text{M}^+]$ có thể là Fe^{3+} .

$[\text{M}^+]$ có thể là một cation đồng có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2, chẳng hạn như Cu^{2+} , Cu^{3+} và/hoặc Cu^{4+} . Tốt hơn nữa, $[\text{M}^+]$ có thể là Cu^{2+} .

$[\text{M}^+]$ có thể là một cation molypden có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2, chẳng hạn như Mo^{2+} , Mo^{3+} , Mo^{4+} , Mo^{5+} và/hoặc Mo^{6+} . Tốt hơn nữa, $[\text{M}^+]$ có thể là Mo^{6+} .

$[\text{M}^+]$ có thể là một cation coban có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2, chẳng hạn như Co^{2+} , Co^{3+} , Co^{4+} và/hoặc Co^{5+} . Tốt hơn nữa, $[\text{M}^+]$ có thể là Co^{2+} .

Cũng có thể cho rằng, $[\text{M}^+]$ có thể là nhiều hơn một cation kim loại. Chẳng hạn, $[\text{M}^+]$ có thể là nhiều hơn một cation kim loại (tức là hỗn hợp của các cation kim loại khác nhau, và/hoặc hỗn hợp của các cation kim loại giống nhau có các trạng thái oxy hóa khác nhau) được chọn từ nhóm ưu tiên các cation đã nêu trên đây.

$[\text{M}^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{6+} và Co^{2+} . Tốt hơn nữa, $[\text{M}^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ Fe^{3+} và Cu^{2+} .

$[\text{M}^+]$ là Fe^{3+} .

$[\text{M}^+]$ là Cu^{2+} .

Một lợi thế của việc sử dụng một hoặc nhiều ion kim loại có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2 là sự giảm ion kim loại trong quá trình oxy hóa thủy ngân thường dẫn tới việc hình thành ion kim loại có trạng thái oxy hóa ít nhất là +1, do đó tránh được sự hình thành các kim loại cơ bản như là sản phẩm phụ.

Tốt nhất là, ion kim loại được chọn có trạng thái oxy hóa ít nhất là +1 sau quá trình oxy hóa thủy ngân (chẳng hạn Cu^{2+} được giảm xuống Cu^+). Bằng cách này, các chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân có thể được xử lý theo sáng chế có thể chứa từ 1 phần tỉ (ppb) thủy ngân đến hơn 250.000ppb thủy ngân, chẳng hạn 1 đến 200.000ppb thủy ngân, 1 đến 100.000ppb thủy ngân, 1 đến 50.000ppb thủy ngân, 2 đến 10.000ppb thủy ngân, hoặc 5 đến 1000ppb thủy ngân.

Hàm lượng thủy ngân của các chất lỏng hydrocacbon trong tự nhiên có thể có nhiều dạng khác nhau, và sáng chế được ứng dụng để loại bỏ nguyên tố thủy ngân, hạt thủy ngân, thủy ngân hữu cơ hoặc thủy ngân ở dạng ion ra khỏi các chất lỏng hydrocacbon. Theo một phương án ưu tiên, thì nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon bao gồm ít nhất một trong số các dạng nguyên tố thủy ngân, hạt thủy ngân hoặc thủy ngân hữu cơ. Tốt hơn là, nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon này chứa ít nhất một trong số các dạng nguyên tố thủy ngân và thủy ngân hữu cơ. Do đó, theo một phương án ưu tiên, thì nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân bao gồm nguyên tố thủy ngân. Theo một phương án ưu tiên hơn, thì nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon gồm thủy ngân hữu cơ.

Các quy trình theo sáng chế đặc biệt thích hợp để tách chiết thủy ngân ra khỏi các chất lỏng hydrocacbon chứa nhiều hơn loại trong số thủy ngân biệt hóa, ví dụ hai hoặc nhiều loại thủy ngân biệt hóa. Theo các phương án ưu tiên của sáng chế, chất lỏng hydrocacbon này có thể bao gồm:

- (i) nguyên tố thủy ngân và thủy ngân vô cơ;
- (ii) nguyên tố thủy ngân và thủy ngân hữu cơ;
- (iii) thủy ngân vô cơ và thủy ngân hữu cơ; hoặc
- (iv) tất cả ba dạng nguyên tố thủy ngân, thủy ngân vô cơ và thủy ngân hữu cơ.

Các quy trình theo sáng chế có thể được sử dụng với nguồn cấp hydrocacbon bất kỳ chứa thủy ngân, và những chất ở dạng lỏng hoặc dạng khí trong các điều kiện hoạt động của quy trình.

Như được sử dụng ở đây, thuật ngữ “hydrocacbon” chỉ chất lỏng hoặc chất khí chứa ít nhất 50% trọng lượng hydrocacbon, tốt hơn là chứa ít nhất 60% trọng lượng hydrocacbon, tốt hơn nữa là chứa ít nhất 70% trọng lượng hydrocacbon, tốt hơn nhiều nữa là chứa ít nhất 80% trọng lượng hydrocacbon, tốt hơn nhiều nữa là chứa ít nhất 90% trọng lượng hydrocacbon, và tốt nhất là chứa 95% trọng lượng hydrocacbon.

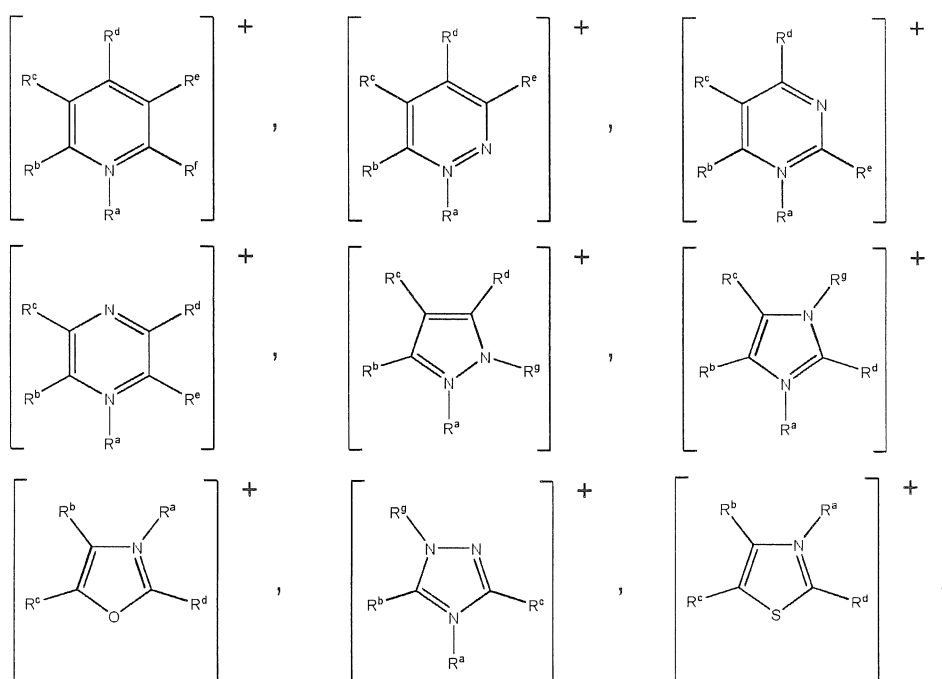
Các ví dụ về chất lỏng hydrocacbon được xử lý theo sáng chế bao gồm các hydrocacbon ở dạng lỏng, như khí thiên nhiên hóa lỏng, phần cất nhẹ, chẳng hạn chứa khí dầu hóa lỏng, xăng, và/hoặc naphta; khí tự nhiên cô đặc, phần cất giữa, chẳng hạn chứa dầu hỏa và/hoặc diesel; các phần cất nặng, chẳng hạn dầu nhiên liệu và dầu thô.

Các chất lỏng hydrocacbon được xử lý theo sáng chế cũng có thể bao gồm các hydrocacbon ở thể khí; chẳng hạn khí thiên nhiên và khí từ nhà máy lọc dầu.

[Cat⁺] có thể gồm loại cation được chọn từ: amoni, benzimidazoli, benzofurani, benzothiopheni, benzotriazoli, boroli, xinolini, diazabixyclodeceni, diazabixyclononeni, 1,4-diazabixyclo[2.2.2]octani, diazabixyclo-undeceni, dithiazoli, furani, guanidini, imidazoli, indazoli, indolini, indoli, morpholini, oxaboroli, oxaphospholi, oxazini, oxazoli, iso-oxazoli, oxothiazoli, phospholi, phosphoni, phtalazini, piperazini, piperidini, pyrani, pyrazini, pyrazoli, pyridazini, pyridini, pyrimidini, pyrolidini, pyroli, quinazolini, quinolini, iso-quinolini, quinoxalini, quinuclidini, selenazoli, sulfoni, tetrazoli, thiadiazoli, iso-thiadiazoli, thiazini, thiazoli, iso-thiazoli, thiopheni, thiuroni, triazini, triazoli, iso-triazoli và urani.

[Cat⁺] bao gồm các loại cation dị vòng thơm được chọn từ: benzimidazoli, benzofurani, benzothiopheni, benzotriazoli, xinolini, diazabixyclodeceni, diazabixyclononeni, diazabixyclo-undeceni, dithiazoli, imidazoli, indazoli, indolini, indoli, oxazini, oxazoli, iso-oxazoli, oxathiazoli, phtalazini, pyrazini, pyrazoli, pyridazini, pyridini, pyrimidini, quinazolini, quinolini, iso-quinolini, quinoxalini, tetrazoli, thiadiazoli, iso-thiadiazoli, thiazini, thiazoli, iso-thiazoli, triazini, triazoli, và iso-triazoli.

Tốt hơn là, [Cat⁺] có công thức:



trong đó: mỗi nhóm R^a , R^b , R^c , R^d , R^e , R^f và R^g độc lập được chọn từ hydro, nhóm C_1 đến C_{20} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, nhóm C_3 đến C_8 xycloalkyl, hoặc nhóm C_6 đến C_{10} aryl, hoặc hai trong số các nhóm R^b , R^c , R^d , R^e và R^f gắn với các nguyên tử cacbon kề nhau tạo thành chuỗi metylen $-(CH_2)_q-$ trong đó q nằm trong khoảng từ 3 đến 6; và trong đó, các nhóm alkyl, xycloalkyl hoặc aryl trên, hoặc chuỗi metylen nêu trên không được thế hoặc có thể được thế bằng một hoặc ba nhóm được chọn từ: C_1 đến C_6 alkoxy, C_2 đến C_{12} alkoxyalkoxy, C_3 đến C_8 xycloalkyl, C_6 đến C_{20} aryl, C_7 đến C_{10} alkaryl, C_7 đến C_{10} aralkyl, $-CN$, $-OH$, $-SH$, $-NO_2$, $-CO_2R^x$, $-OC(O)R^x$, $-C(O)R^x$, $-C(S)R^x$, $-CS_2R^x$, $-SC(S)R^x$, $-S(O)(C_1 \text{ đến } C_6)\text{alkyl}$, $-S(O)O(C_1 \text{ đến } C_6)\text{alkyl}$, $-OS(O)(C_1 \text{ đến } C_6)\text{alkyl}$, $-S(C_1 \text{ đến } C_6)\text{alkyl}$, $-S-S(C_1 \text{ đến } C_6 \text{ alkyl})$, $-NR^xC(O)NR^yR^z$, $-NR^xC(O)OR^y$, $-OC(O)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)OR^y$, $-OC(S)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)SR^y$, $-SC(S)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)NR^yR^z$, $-C(O)NR^yR^z$, $-C(S)NR^yR^z$, $-NR^yR^z$, hoặc nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x , R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C_1 đến C_6 alkyl.

R^a tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_{15} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn là được chọn từ C_2 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_2 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là được chọn từ C_4 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh. Các ví dụ khác nữa bao gồm, trong đó R^a được chọn từ metyl, etyl, n-propyl, n-butyl, n-pentyl, n-hexyl, n-heptyl, n-octyl, n-nonyl, n-decyl, n-undecyl, n-dodecyl, n-tridecyl, n-tetradecyl, n-pentadecyl, n-hexadecyl, n-heptadecyl và n-octadecyl.

Trong các cation bao gồm một nhóm R^g , nhóm R^g tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_{20} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_1 đến C_5 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là nhóm R^g là nhóm metyl.

Trong các cation bao gồm cả nhóm R^a và nhóm R^g , mỗi nhóm R^a và R^g tốt hơn là độc lập được chọn từ C_1 đến C_{20} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và một nhóm trong hai nhóm R^a và R^g cũng có thể là hydro. Tốt hơn là, một nhóm trong hai nhóm R^a và R^g được chọn từ C_2 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_2 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là được chọn từ C_4 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và nhóm còn lại trong hai nhóm R^a và R^g được chọn từ C_1 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn là được chọn từ

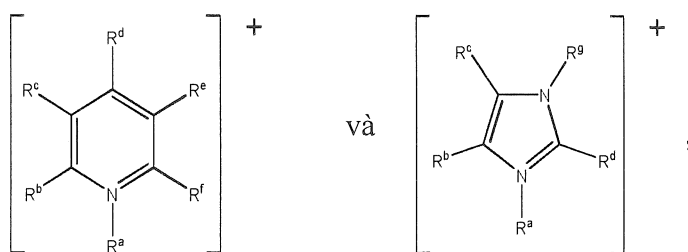
C₁ đến C₅ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là nhóm methyl.

Mỗi nhóm R^a và R^g có thể độc lập được chọn, nơi có mặt, từ C₁ đến C₂₀ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh và C₁ đến C₁₅ alkoxyalkyl.

Một nhóm trong hai nhóm R^a và R^g có thể được thế bằng hydro, metoxy hoặc etoxy.

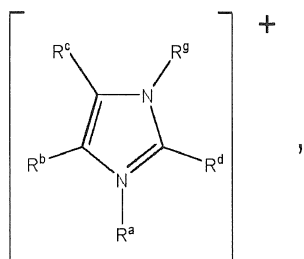
Các nhóm R^b, R^c, R^d, R^e, và R^f có thể độc lập được chọn từ C₁ đến C₅ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt hơn là mỗi nhóm R^b, R^c, R^d, R^e, và R^f là hydro.

[Cat⁺] tốt hơn là bao gồm cation được chọn từ:



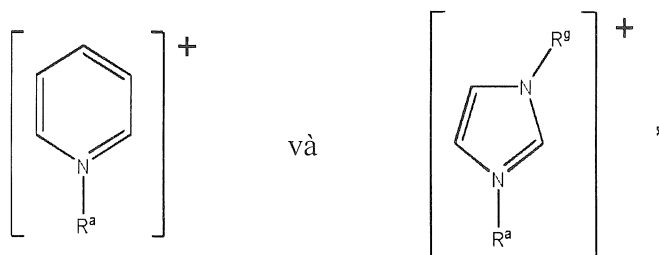
trong đó: các nhóm R^a, R^b, R^c, R^d, R^e, R^f, R^g là như được xác định trên đây.

Tốt hơn là, [Cat⁺] bao gồm cation được chọn từ:



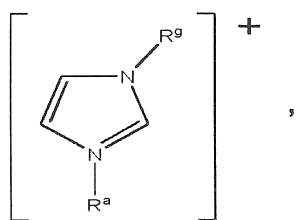
trong đó: R^a, R^b, R^c, R^d, R^e, R^f, và R^g là như được xác định trên đây.

Tốt hơn là, [Cat⁺] bao gồm cation được chọn từ:



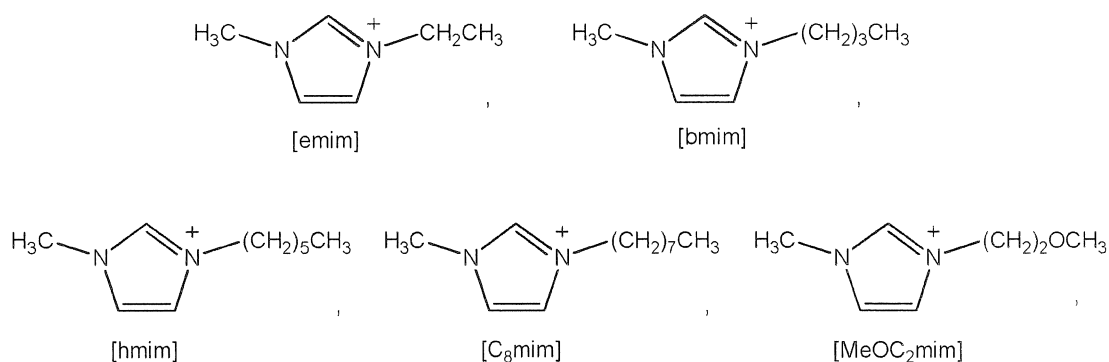
trong đó: R^a và R^g là như được xác định trên đây.

Tốt hơn là, $[\text{Cat}^+]$ bao gồm cation được chọn từ:



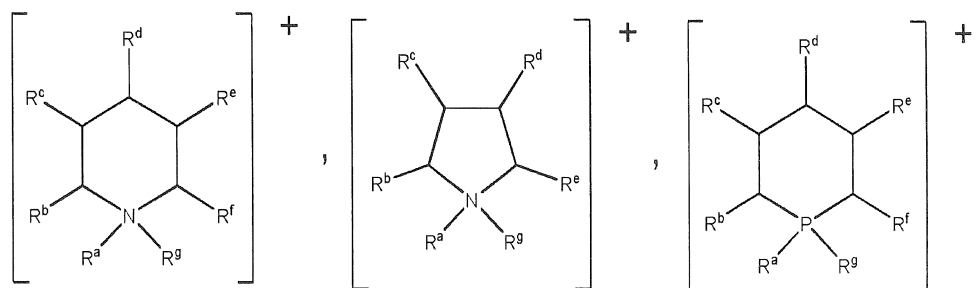
trong đó: R^a và R^g là như được xác định trên đây.

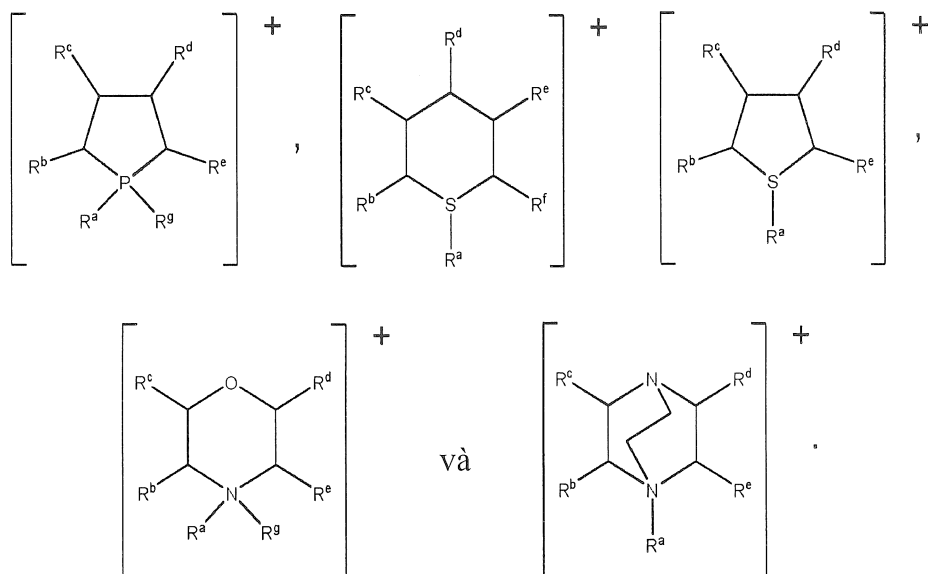
Những ví dụ đặc trưng về các cation dị vòng thơm chứa nitơ ưu tiên, mà các cation này có thể được sử dụng theo sáng chế bao gồm:



$[\text{Cat}^+]$ có thể bao gồm cation dị vòng bão hòa được chọn từ amoni vòng, 1,4-diazabicyclo[2.2.2]octani, morpholini, phosphoni vòng, piperazini, piperidini, quinuclidini và sulfoni vòng.

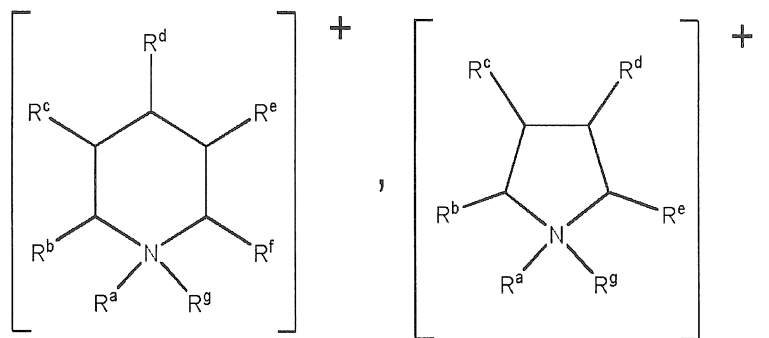
Tốt hơn nữa là, $[\text{Cat}^+]$ bao gồm cation dị vòng bão hòa có công thức:



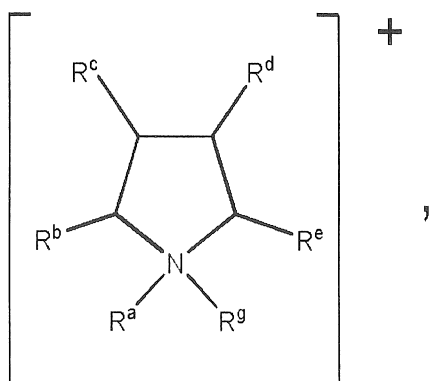


trong đó: $R^a, R^b, R^c, R^d, R^e, R^f$, và R^g là như được xác định trên đây,

Tốt hơn nữa là, $[Cat^+]$ bao gồm cation dị vòng bão hòa có công thức:

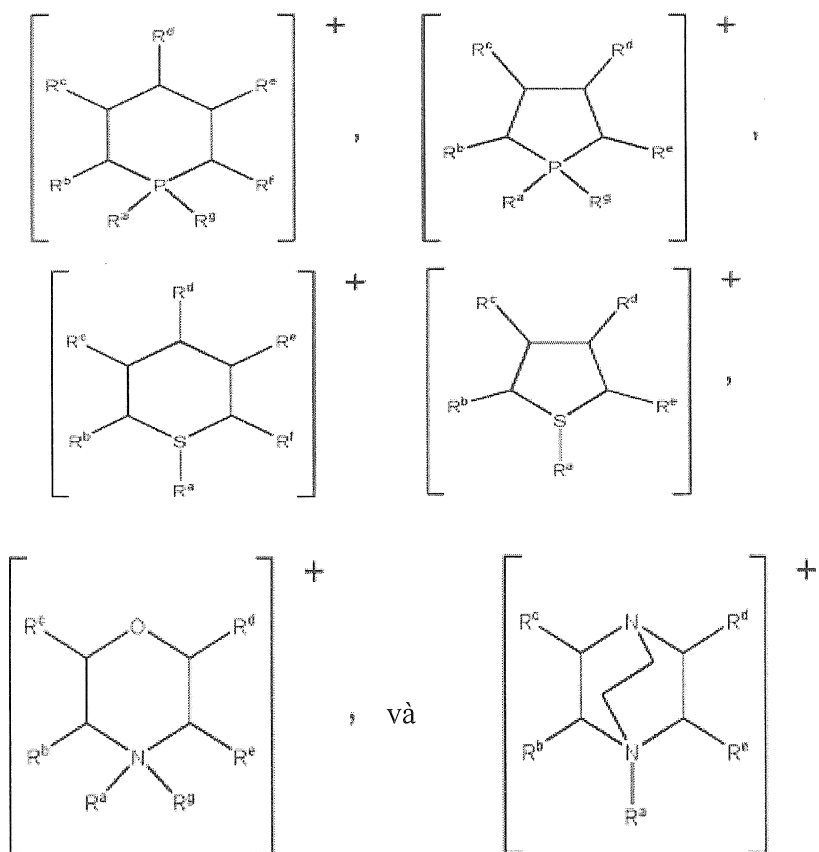


và tốt nhất là:



trong đó: $R^a, R^b, R^c, R^d, R^e, R^f$ và R^g là như được xác định trên đây.

$[Cat^+]$ tốt hơn là bao gồm cation dị vòng bão hòa được chọn từ:



Trong các cation dị vòng bão hòa trên, R^a tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_{15} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nằm trong khoảng từ C_2 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ C_2 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất nằm trong khoảng từ C_4 đến C_8 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh. Các ví dụ khác bao gồm, trong đó R^a được chọn từ metyl, etyl, n-propyl, n-butyl, n-pentyl, n-hexyl, n-heptyl, n-octyl, n-nonyl, n-decyl, n-undecyl, n-dodecyl, n-tridecyl, n-tetradecyl, n-pentadecyl, n-hexadecyl, n-heptadecyl và n-octadecyl.

Trong các cation bao gồm một nhóm R^g , R^g tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_1 đến C_5 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt nhất là R^g là một nhóm metyl.

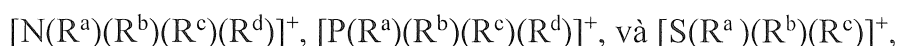
Trong các cation dị vòng bão hòa bao gồm cả nhóm R^a và R^g , mỗi nhóm R^a và R^g tốt hơn là độc lập được chọn từ C_1 đến C_{20} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và một nhóm trong hai nhóm R^a và R^g có thể là hydro. Tốt hơn là, một nhóm trong hai nhóm R^a và R^g được chọn từ C_2 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_2 đến C_8 mạch alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và nhóm còn lại trong hai nhóm R^a và R^g có thể được chọn từ C_1 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc

mạch nhánh, tốt hơn là được chọn từ C₁ đến C₅ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là nhóm metyl. Theo một phương án ưu tiên nữa của sáng chế, mỗi nhóm R^a và R^g có thể độc lập được chọn, nơi có mặt, từ C₁ đến C₂₀ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh và C₁ đến C₁₅ alkoxyalkyl.

Các nhóm R^b, R^c, R^d, R^e, và R^f độc lập được chọn từ hydro và C₁ đến C₅ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt hơn là mỗi nhóm R^b, R^c, R^d, R^e, và R^f là hydro.

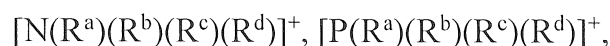
Nhóm R^a có thể được thế bằng hydro, metoxyl hoặc etoxyl.

[Cat⁺] bao gồm cation xoắn được chọn từ:



trong đó: mỗi nhóm R^a, R^b, R^c, và R^d độc lập được chọn từ nhóm C₁ đến C₂₀ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, nhóm C₃ đến C₈ xycloalkyl, hoặc nhóm C₆ đến C₁₀ aryl; và trong đó, các nhóm alkyl, xycloalkyl hoặc aryl nêu trên không được thế hoặc có thể được thế bằng một hoặc ba nhóm được chọn từ: C₁ đến C₆ alkoxy, C₂ đến C₁₂ alkoxyalkoxy, C₃ đến C₈ xycloalkyl, C₆ đến C₁₀ aryl, C₇ đến C₁₀ alkaryl, C₇ đến C₁₀ aralkyl, -CN, -OH, -SH, -NO₂, -CO₂R^x, -OC(O)R^x, -C(O)R^x, -C(S)R^x, -CS₂R^x, -SC(S)R^x, -S(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -S(O)O(C₁ đến C₆)alkyl, -OS(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -S(C₁ đến C₆)alkyl, -S-S(C₁ đến C₆ alkyl), -NR^xC(O)NR^yR^z, -NR^xC(O)OR^y, -OC(O)NR^yR^z, -NR^xC(S)OR^y, -OC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)SR^y, -SC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)NR^yR^z, -C(O)NR^yR^z, -C(S)NR^yR^z, -NR^yR^z, hoặc một nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x, R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C₁ đến C₆ alkyl và trong đó, một nhóm trong số các nhóm R^a, R^b, R^c, và R^d cũng có thể là hydro.

Tốt hơn là, [Cat⁺] bao gồm cation được chọn từ:



trong đó: mỗi nhóm R^a, R^b, R^c, và R^d độc lập được chọn từ nhóm C₁ đến C₂₀ alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, nhóm C₃ đến C₆ xycloalkyl, hoặc nhóm C₆ aryl; và trong đó, các nhóm alkyl, xycloalkyl hoặc aryl ở nêu trên không được thế hoặc có thể được thế bằng một đến ba nhóm được chọn từ: C₁ đến C₆ alkoxy, C₂ đến C₁₂ alkoxyalkoxy, C₃ đến C₈ xycloalkyl, C₆ đến C₁₀ aryl, C₇ đến C₁₀ alkaryl, C₇ đến C₁₀ aralkyl, -CN, -OH, -SH, -NO₂, -CO₂R^x, -OC(O)R^x, -C(O)R^x, -C(S)R^x, -CS₂R^x, -SC(S)R^x, -S(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -S(O)O(C₁ đến C₆)alkyl, -OS(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -

$S(C_1 \text{ đến } C_6)\text{alkyl}$, $-S-S(C_1 \text{ đến } C_6 \text{ alkyl})$, $-NR^x C(O)NR^y R^z$, $-NR^x C(O)OR^y$, $-OC(O)NR^y R^z$, $-NR^x C(S)OR^y$, $-OC(S)NR^y R^z$, $-NR^x C(S)SR^y$, $-SC(S)NR^y R^z$, $-NR^x C(S)NR^y R^z$, $-C(O)NR^y R^z$, $-C(S)NR^y R^z$, $-NR^y R^z$, hoặc một nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x , R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C_1 đến C_6 alkyl và trong đó, một nhóm trong các nhóm R^a , R^b , R^c , và R^d có thể là hydro.

Trong các cation xoắn đã xác định trên đây, nhóm R^a tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_{20} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn nữa là được chọn từ C_2 đến C_{16} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, và tốt nhất là được chọn từ C_4 đến C_{14} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh. Các ví dụ khác nữa bao gồm, trong đó nhóm R^a được chọn từ metyl, etyl, n-propyl, n-butyl, n-pentyl, n-hexyl, n-heptyl, n-octyl, n-nonyl, n-decyl, n-undecyl, n-dodecyl, n-tridecyl, n-tetradecyl, n-pentadecyl, n-hexadecyl, n-heptadecyl và n-octadecyl.

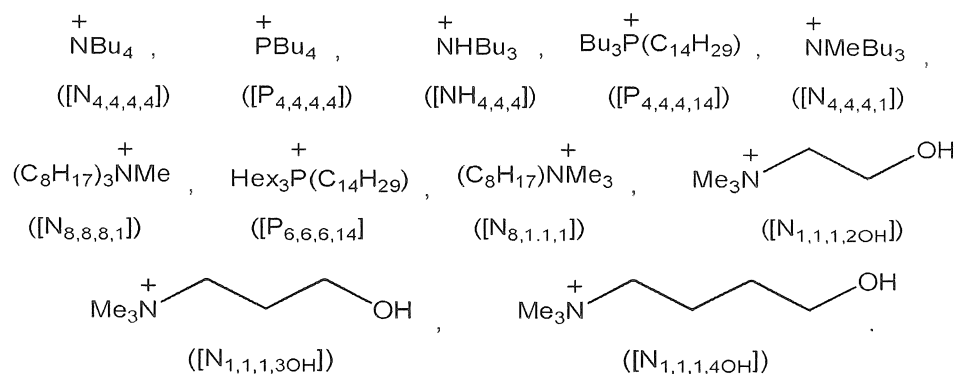
Trong các cation xoắn đã xác định trên đây, các nhóm R^b , R^c và R^d tốt hơn là độc lập được chọn từ C_1 đến C_{10} alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, tốt hơn là được chọn từ C_1 đến C_5 alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh.

Tốt hơn là hai nhóm trong các nhóm R^b , R^c và R^d , và tốt hơn nữa là mỗi nhóm R^b , R^c và R^d được chọn từ metyl, etyl, n-propyl, n-butyl, n-pentyl và n-hexyl.

Tốt hơn là, hai nhóm trong các nhóm R^b , R^c và R^d , và tốt hơn nữa là mỗi nhóm R^b , R^c và R^d là n-butyl hoặc n-hexyl.

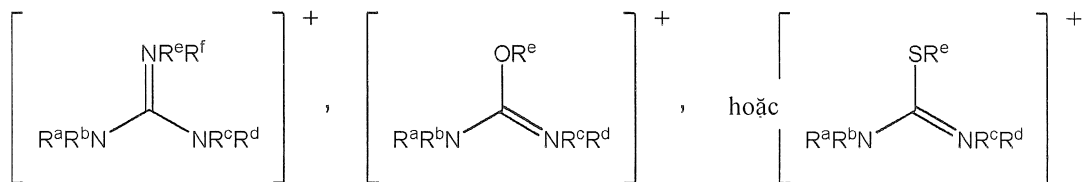
Một nhóm trong các nhóm R^a , R^b , R^c và R^d có thể được thế bằng hydro, metoxy hoặc etoxy.

Các ví dụ đặc trưng về các anion xoắn và các cation phosphoni ưu tiên, phù hợp với mục đích sử dụng bao gồm:



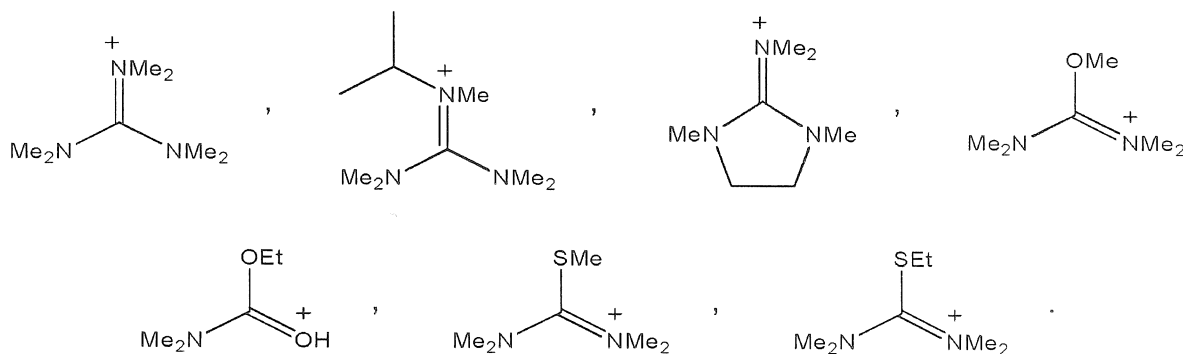
[Cat⁺] có thể bao gồm cation được chọn từ guanidini, guanidini vòng, urani, urani vòng, thiuroni và thiuroni vòng.

Tốt hơn là, [Cat⁺] bao gồm cation có công thức:



trong đó: mỗi nhóm R^a, R^b, R^c, R^d, R^e, và R^f độc lập được chọn từ nhóm C₁ đến C₂₀, alkyl mạch thẳng hoặc mạch nhánh, nhóm C₃ đến C₈ xycloalkyl, hoặc nhóm C₆ đến C₁₀ aryl, hoặc hai nhóm bất kỳ trong các nhóm R^a, R^b, R^c, và R^d, được gắn vào các nguyên tử nitơ khác nhau tạo thành chuỗi metylen -(CH₂)_q-, trong đó, q bằng từ 2 đến 5; trong đó, các nhóm alkyl, xycloalkyl hoặc aryl hoặc chuỗi metylen ở nêu trên không được thế hoặc có thể được thế bằng một đến ba nhóm được chọn từ: C₁ đến C₆ alkoxy, C₂ đến C₁₂ alkoxyalkoxy, C₃ đến C₈ xycloalkyl, C₆ đến C₁₀ aryl, C₇ đến C₁₀ alkaryl, C₇ đến C₁₀ aralkyl, -CN, -OH, -SH, -NO₂, -CO₂R^x, -OC(O)R^x, -C(O)R^x, -C(S)R^x, -CS₂R^x, -SC(S)R^x, -S(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -S(O)O(C₁ đến C₆)alkyl, -OS(O)(C₁ đến C₆)alkyl, -S(C₁ đến C₆)alkyl, -S-S(C₁ đến C₆)alkyl, -NR^xC(O)NR^yR^z, -NR^xC(O)OR^y, -OC(O)NR^yR^z, -NR^xC(S)OR^y, -OC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)SR^y, -SC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)NR^yR^z, -C(O)NR^yR^z, -C(S)NR^yR^z, -NR^yR^z, hoặc nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x, R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C₁ đến C₆ alkyl.

Những ví dụ đặc trưng về các cation guanidini, urani và thiuroni phù hợp cho mục đích sử dụng bao gồm:



[Cat⁺] bao gồm cation chứa một gốc lưu huỳnh giàu điện tử hoặc một gốc

selen. Ví dụ bao gồm các cation đã xác định ở trên chứa thiol thủy tinh, thioete, hoặc các phân tử disulfua.

$[Cat^+]$ có thể là một hoặc nhiều cation có thể tích không gian không lớn hơn thể tích không gian của tributylmetylamoni.

Phù hợp với sáng chế, $[X^-]$ có thể gồm một hoặc nhiều anion được chọn từ halogenua, perhalogenua, halogenua giả, sulfat, sulfít, sulfonat, sulfonimit, phosphat, phosphit, phosphonat, metit, borat, carboxylat, azolat, cacbonat, carbamat, thiophosphat, thiocarboxylat, thiocarbamat, thiocacbonat, xantat, thiosulfonat, thiosulfat, nitrat, nitrit, percrorat, axit amin và borat.

Do đó, $[X^-]$ có thể là một hoặc nhiều anion được chọn từ:

- a) anion halogenua được chọn từ: F^- , Cl^- , Br^- , I^- ;
- b) anion perhalogenua được chọn từ: $[I_3]^-$, $[I_2Br]^-$, $[IBr_2]^-$, $[Br_3]^-$, $[Br_2Cl]^-$, $[BrCl_2]^-$, $[ICl_2]^-$, $[I_2Cl]^-$, $[Cl_3]^-$;
- c) anion halogenua giả được chọn từ: $[N_3]^-$, $[NCS]^-$, $[NCSe]^-$, $[NCO]^-$, $[CN]^-$;
- d) anion sulfat được chọn từ: $[HSO_4]^-$, $[SO_4]^{2-}$, $[R^2OSO_2O]^-$;
- e) anion sulfít được chọn từ: $[HSO_3]^-$, $[SO_3]^{2-}$, $[R^2OSO_2]^-$;
- f) anion sulfonat được chọn từ: $[R^1SO_2O]^-$;
- g) anion sulfonimit được chọn từ: $[(R^1SO_2)_2N]^-$;
- h) anion phosphat được chọn từ: $[H_2PO_4]^-$, $[HPO_4]^{2-}$, $[PO_4]^{3-}$, $[R^2OPO_3]^{2-}$, $[(R^2O)_2PO_2]^-$;
- i) anion phosphit được chọn từ: $[H_2PO_3]^-$, $[HPO_3]^{2-}$, $[R^2OPO_2]^{2-}$, $[(R^2O)_2PO]^-$;
- j) anion phosphonat được chọn từ: $[R^1PO_3]^{2-}$, $[R^1P(O)(OR^2)O]^-$;
- k) anion methit được chọn từ: $[(R^1SO_2)_3C]^-$;
- l) anion borat được chọn từ: [bisoxalatoborat], [bismalonatoborat];
- m) anion cacboxylat được chọn từ: $[R^2CO_2]^-$;
- n) anion azolat được chọn từ: [3,5-dinitro-1,2,4-triazolat], [4-nitro-1,2,3-triazolat], [2,4-dinitroimidazolat], [4,5-dinitroimidazolat], [4,5-dixyano-imidazolat], [4-nitroimidazolat], [tetrazolat];

o) anion chứa lưu huỳnh được chọn từ: thiocacbonat (chẳng hạn $[R^2OCS_2]^-$); thiocacbammat (chẳng hạn $[R^2_2NCS_2]^-$); thiocacboxylat (chẳng hạn $[R^1CS_2]^-$); thiophosphat (chẳng hạn $[(R^2O)_2PS_2]^-$); thiosulfonat (chẳng hạn $[RS(O)_2S]^-$); và thiosulfat (chẳng hạn $[ROS(O)_2S]^-$); và

p) anion nitrat ($[NO_3]^-$) hoặc nitrit ($[NO_2]^-$);

trong đó: các nhóm R^1 và R^2 độc lập được chọn từ nhóm bao gồm C_1 đến C_{10} alkyl, C_6 aryl, C_1 đến C_{10} alkyl(C_6)aryl, và C_6 aryl(C_1 đến C_{10})alkyl, mỗi nhóm trong số các nhóm này được thế bằng một hoặc nhiều nhóm được chọn từ: flo, clo, brom, iot, C_1 đến C_6 alkoxy, C_2 đến C_{12} alkoxyalkoxy, C_3 đến C_8 xycloalkyl, C_6 đến C_{10} aryl, C_7 đến C_{10} alkaryl, C_7 đến C_{10} aralkyl, $-CN$, $-OH$, $-SH$, $-NO_2$, $-CO_2R^x$, $-OC(O)R^x$, $-C(O)R^x$, $-C(S)R^x$, $-CS_2R^x$, $-SC(S)R^x$, $-S(O)(C_1$ đến $C_6)alkyl$, $-S(O)O(C_1$ đến $C_6)alkyl$, $-OS(O)(C_1$ đến $C_6)alkyl$, $-S(C_1$ đến $C_6)alkyl$, $-S-S(C_1$ đến $C_6)alkyl$, $-NR^xC(O)NR^yR^z$, $-NR^xC(O)OR^y$, $-OC(O)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)OR^y$, $-OC(S)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)SR^y$, $-SC(S)NR^yR^z$, $-NR^xC(S)NR^yR^z$, $-C(O)NR^yR^z$, $-C(S)NR^yR^z$, $-NR^yR^z$, hoặc nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x , R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C_1 đến C_6 alkyl, và trong đó nhóm R^1 cũng có thể là flo, clo, brom, iot.

Tốt hơn là, $[X^-]$ không chứa các anion perhalogenua hoặc các anion chứa các nguyên tử hydro có tính axit.

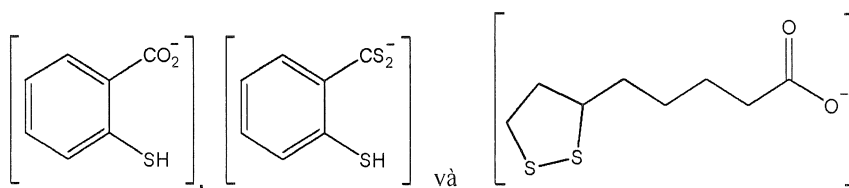
Theo một phương án ưu tiên, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion halogenua được chọn từ: $[F]^-$, $[Cl]^-$, $[Br]^-$, và $[I]^-$. Tốt hơn là, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion halogenua được chọn từ: $[Cl]^-$ và $[Br]^-$. Tốt hơn nữa là, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion $[Cl]^-$.

Theo một phương án ưu tiên khác, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion halogenua giả được chọn từ: $[N_3]^-$, $[NCS]^-$, $[NCSe]^-$, $[NCO]^-$, và $[CN]^-$.

Theo một phương án ưu tiên khác, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion cacboxylat được chọn từ $[R^2CO_2]^-$, trong đó nhóm R^2 là như được xác định trên đây. Những ví dụ khác nữa về các anion trong tài liệu này bao gồm: $[HCO_2]^-$, $[MeCO_2]^-$, $[EtCO_2]^-$, $[CH_2(OH)CO_2]^-$, $[CH_3CH(OH)CH_2CO_2]^-$, $[PhCO_2]^-$. Anion cacboxylat ưu tiên đặc trưng là $[MeCO_2]^-$.

Theo một phương án ưu tiên khác nữa, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion sulfat $[SO_4]^{2-}$.

Theo một phương án ưu tiên nữa, $[X^-]$ bao gồm anion chứa gốc lưu huỳnh giàu điện tử hoặc gốc selen. Các ví dụ bao gồm: các anion là như được xác định trên đây chứa các phần tử thiol thủy tinh, thioete, hoặc disulfua, $[NCS]^-$, $[NCSe]^-$, $[R^2OCS_2]^-$, $[R^2_2NCS_2]^-$, $[R^1CS_2]^-$, $[(R^2O)_2PS_2]^-$, $[R^1S(O)_2S]^-$ và $[R^2OS(O)_2S]^-$, trong đó các nhóm R^1 và R^2 là các nhóm là như được xác định trên đây. Các ví dụ khác nữa về các anion trong tài liệu này bao gồm: $[CH_2(SH)CO_2]^-$, $[CH_3CH_2(SH)CO_2]^-$, $[CH_3CS_2]^-$, $[CH_3CH_2CS_2]^-$, $[PhCS_2]^-$, $[(MeO)_2PS_2]^-$, $[(EtO)_2PS_2]^-$, $[(PhO)_2PS_2]^-$, $[(CH_3)_2NCS_2]^-$, $[(CH_3CH_2)_2NCS_2]^-$, $[Ph_2NCS_2]$, $[CH_3OCS_2]^-$, $[CH_3CH_2OCS_2]^-$, $[PhOCS_2]^-$,



Tốt nhất là, $[X^-]$ bao gồm hoặc chứa anion halogenua và/hoặc anion halogenua giả như đã mô tả trên đây và/hoặc $[SO_4]^{2-}$. Tốt nhất là, $[X^-]$ được chọn từ $[Cl]^-$, $[Br]^-$ và $[SCN]^-$. Tốt nhất là, $[X^-]$ là $[Cl]^-$.

Cần phải hiểu rằng chất lỏng ion không chỉ giới hạn chất lỏng ion chứa một cation đơn và anion đơn. Theo đó, $[Cat^+]$ có thể là hai hoặc nhiều cation, như hỗn hợp thống kê gồm 1,3-dimetylimidazoli, 1-etyl-3-metylimidazoli và 1-3-dietylimidazoli. Tương tự như vậy, $[X^-]$ có thể là hai hoặc nhiều anion, như hỗn hợp gồm clo ($[Cl]^-$) và brom ($[Br]^-$).

Cần phải hiểu rằng lượng phân tử tương đối của $[Cat^+]$, $[M^+]$ và $[X^-]$ trong các chất lỏng ion đã mô tả trên đây là không cố định, nhưng có thể đưa ra khoảng giá trị với điều kiện có sự cân bằng điện tích tổng thể. Do đó, lượng phân tử tương đối của $[Cat^+]$, $[M^+]$ và $[X^-]$ sẽ phụ thuộc vào nồng độ các cation kim loại $[M^+]$ và điện tích trên từng ion $[Cat^+]$, $[M^+]$, và $[X^-]$.

Các cation $[Cat^+]$ và các anion $[X^-]$ hữu cơ như đã mô tả trên đây thường là các ion có điện tích đơn. Tuy nhiên, không loại trừ rằng $[Cat^+]$ và/hoặc $[X^-]$ có thể là các ion có điện tích đa, ví dụ các ion có điện tích gấp đôi, gấp ba và gấp bốn lần. Chẳng hạn, $[SO_4]^{2-}$ có thể được nhận dạng là ví dụ của anion có điện tích gấp đôi thuộc sự xác định của $[X^-]$.

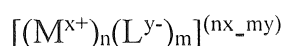
Tỷ lệ mol của $[Cat^+]$ với $[M^+]$ trong các chất lỏng ion tốt hơn là trong khoảng từ 10:1 đến 1:2, tốt hơn nữa là trong khoảng từ 5:1 đến 1:2, và tốt nhất là trong khoảng từ 2:1 đến 1:1. Người ta phát hiện ra rằng, tỷ lệ mol của $[Cat^+]$ với $[M^+]$ trong khoảng từ 2:1 đến 1:1 cho phép sự chuyển kim loại của chất lỏng ion được tối đa, mà không mất đi khả năng kiểm soát các đặc tính của chất lỏng ion (chẳng hạn, điểm nóng chảy và khả năng hòa tan trong nước) bằng cách lựa chọn (các) cation hữu cơ $[Cat^+]$.

Các chất lỏng ion được sử dụng có thể được điều chế bằng cách cho muối của cation kim loại $[M^+]$ vào chất lỏng ion. Tốt hơn là, anion hoặc các anion này của muối giống anion của chất lỏng ion $[X^-]$. Cụ thể, muối kim loại tốt hơn là chứa anion halogenua, như anion clorua hoặc anion bromua.

Tốt nhất là, muối được thêm vào chất lỏng ion được chọn từ $FeCl_3$, $FeBr_3$, $CuCl_2$, và $CuBr_2$.

Ion kim loại $[M^+]$ có thể được kết hợp với một hoặc nhiều phối tử để tạo thành một nhóm phức hợp. Tốt hơn là, $[X^-]$ bao gồm một hoặc nhiều loại anion có chức năng như các phối tử đối với ion kim loại $[M^+]$. Ngoài ra, chất lỏng ion có thể bao gồm các gốc trung tính có khả năng phối hợp với các ion kim loại $[M^+]$, chẳng hạn các amin và phosphin.

Tốt hơn là, nhóm phức hợp trên có công thức:



trong đó:

mỗi M^{x+} độc lập là ion kim loại $[M^+]$ như đã mô tả trên đây, có điện tích là x^+ ;

mỗi L^{y-} độc lập là phối tử có điện tích là y^- ;

n là 1, 2 hoặc 3;

m là 2, 3, 4, 5, 6, 7 hoặc 8;

x là 2, 3, 4, 5 hoặc 6; và

y là 0, 1, 2 hoặc 3.

Cần phải hiểu rõ cấu trúc chính xác của các nhóm phức hợp, và do đó giá trị của n , m , x và y , phụ thuộc vào các chất hóa học của các kim loại đặc biệt và các phối tử được sử dụng. Cấu trúc phù hợp có thể dễ dàng luận ra bởi những người có trình độ

trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này bằng cách sử dụng các nguyên tắc cơ bản của hóa học phối hợp.

Tốt hơn là, mỗi L^y độc lập được chọn từ loại anion $[X^-]$ là như được xác định trên đây, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$.

Tốt hơn là, mỗi L^y độc lập được chọn từ anion halogenua, anion perhalogenua, anion carboxylat, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$. Chẳng hạn, mỗi L^y có thể độc lập được chọn từ $[F^-]$, $[Cl^-]$, $[Br^-]$, $[I^-]$, $[N_3^-]$, $[NCS^-]$, $[NCSe^-]$, $[NCO^-]$, $[CN^-]$, $[R^2CO_2^-]$, trong đó R^2 là như được xác định trên đây, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$.

Tốt hơn là, $(nx-my)$ là số âm. Khi $(nx-my)$ là số âm thì nhóm phức hợp này được coi là anion metallat.

Các anion metallat ưu tiên đặc biệt bao gồm $[FeCl_4]^-$, $[CuCl_4]^{2-}$, $[Cu_2Cl_6]^{2-}$ và $[MoS_4]^{2-}$.

Anion metallat là như được xác định trên đây có thể được tạo thành bằng cách thêm muối kim loại vào chất lỏng ion, theo đó các anion của chất lỏng ion kết hợp với muối kim loại tạo thành anion metallat.

Ví dụ, khi các chất lỏng ion được điều chế bằng cách thêm $FeCl_3$ vào chất lỏng ion clorua, chẳng hạn như thêm $[bmim]^+[Cl]^-$ trong chất lỏng ion vào ion kim loại theo tỷ lệ 1:1, muối kim loại này kết hợp với clorua của chất lỏng ion tạo thành chất lỏng ion có công thức $[bmim]^+[FeCl_4]^-$, trong đó $[FeCl_4]^-$ là nhóm metallat.

Khi chất lỏng ion được điều chế bằng cách thêm $CuCl_2$ vào chất lỏng ion clorua, chẳng hạn như thêm $[bmim]^+[Cl]^-$ trong chất lỏng ion vào ion kim loại theo tỷ lệ 2:1, thì muối kim loại này kết hợp với clorua của chất lỏng ion tạo thành một chất lỏng ion có công thức $([bmim]^+)_2[CuCl_4]^{2-}$, trong đó $[CuCl_4]^{2-}$ là nhóm metallat.

Ngoài ra, khi chất lỏng ion được điều chế bằng cách thêm $CuCl_2$ vào chất lỏng ion clorua, chẳng hạn như $[bmim]^+[Cl]^-$, trong chất lỏng ion vào ion kim loại theo tỷ lệ 1:1, thì muối kim loại kết hợp với clorua của chất lỏng ion tạo thành một chất lỏng ion có công thức $([bmim]^+)_2[Cu_2Cl_6]^{2-}$, trong đó $[Cu_2Cl_6]^{2-}$ là nhóm metallat.

Cũng cần phải hiểu rõ rằng, khi khả năng chuyển kim loại của chất lỏng ion thấp, thì chất lỏng ion có thể bao gồm một hỗn hợp các anion metallat và các anion không phức hợp $[X^-]$.

Các chất lỏng ion có công thức $[Cat^+][M^+][X^-]$ tốt hơn là có điểm nóng chảy là 250°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 150°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 100°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nhiều nữa là 80°C hoặc thấp hơn, và tốt nhất là chất lỏng ion có điểm nóng chảy dưới 30°C .

Chất lỏng ion có thể bao gồm các chất ức chế điểm nóng chảy là các chất phụ gia. Thông thường, các chất phụ gia ức chế điểm nóng chảy được sử dụng khi chất lỏng ion chứa một gốc (chẳng hạn nhóm hydroxyl) mà gốc này có thể tạo liên kết hydro với chất phụ gia ức chế điểm nóng chảy. Những chất phụ gia ức chế điểm nóng chảy thích hợp được biết đến rộng rãi trong lĩnh vực kỹ thuật này, và bao gồm etylen glycol, glyxerol, urê, và phenol.

Chất lỏng ion có thể không có các chất phụ gia ức chế điểm nóng chảy.

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, quy trình theo sáng chế không phải là đặc biệt nhạy cảm với sự có mặt của nước, chẳng hạn quy trình theo sáng chế tương thích với các dòng hydrocarbon chứa một tỷ lệ nhỏ nước. Theo quy trình được mô tả trong tài liệu này, chính chất lỏng ion tự nó có thể chứa một tỷ lệ nhỏ nước. Tốt hơn nếu, hàm lượng nước trong chất lỏng ion khởi đầu ít hơn 30% khối lượng, tốt hơn nữa là ít hơn 20% khối lượng, tốt hơn nữa là ít hơn 10% khối lượng, và tốt nhất là ít hơn 5% khối lượng. Chẳng hạn, việc sử dụng muối hydrat (như $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) để điều chế chất lỏng ion có thể làm tăng hàm lượng nước trong chất lỏng ion.

Tốt nhất là, chất lỏng ion được chọn để trộn lẫn với chất lỏng hydrocarbon, đặc biệt là khi chất lỏng hydrocarbon chứa hydrocarbon lỏng.

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, việc phân tách hiệu quả thủy ngân ra khỏi các hydrocarbon ở dạng lỏng hoặc dạng khí đã được tổng hợp bằng cách sử dụng quy trình theo sáng chế mà không cần các chất phụ gia, như các chất đồng dung môi và/hoặc các phối tử tạo phức chứa thủy ngân và/hoặc các chất trung gian oxy hóa và/hoặc oxy hóa khử thêm vào, trong thành phần của chất lỏng ion. Do đó, theo một phương án ưu tiên, chất lỏng ion có thể không chứa các đồng dung môi. Chất lỏng ion có thể không chứa các phối tử tạo phức chứa thủy ngân. Chất lỏng ion có thể không chứa các chất oxy hóa thêm vào. Chất lỏng ion có thể không chứa các chất phụ gia có chức năng như các chất trung gian oxy hóa khử.

Chất lỏng ion có thể được mang trên chất mang rắn.

Quy trình thứ hai cũng được đề xuất để loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân, quy trình này bao gồm các bước:

(i) cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với chất lỏng ion được mang trên chất mang rắn, trong trường hợp chất lỏng ion có công thức:



trong đó:

$[\text{Cat}^+]$ là một hoặc nhiều loại cation hữu cơ,

$[\text{M}^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp có trạng thái oxy hóa là +2 hoặc cao hơn,

$[\text{X}^-]$ là một hoặc nhiều loại anion;

(ii) tách ra từ chất lỏng ion sản phẩm chất lỏng hydrocacbon có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguồn cấp chất lỏng chứa thủy ngân.

Chất lỏng ion tốt hơn là như đã mô tả kết hợp với quy trình thứ nhất. Những mô tả ưu tiên về $[\text{Cat}^+]$, $[\text{M}^+]$ và $[\text{X}^-]$ đã được xác định kết hợp với quy trình thứ nhất của sáng chế cũng được ưu tiên kết hợp với quy trình thứ hai của sáng chế. Hơn nữa, cation kim loại $[\text{M}^+]$ có thể được kết hợp với một hoặc nhiều phối tử để tạo thành nhóm phức hợp, tốt hơn là anion metallat, như đã mô tả kết hợp với khía cạnh thứ nhất theo sáng chế.

Tốt hơn là, chất mang rắn được sử dụng theo các khía cạnh trên của sáng chế bao gồm hoặc chứa vật liệu mang xốp. Vật liệu mang xốp được ưu tiên đặc biệt là những vật liệu có diện tích bề mặt BET từ $10\text{m}^2.\text{g}^{-1}$ tới $3000\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 20 đến $1000\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 50 đến $500\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 100 đến $300\text{m}^2.\text{g}^{-1}$.

Những chất mang rắn được sử dụng theo các khía cạnh trên của sáng chế tốt hơn là ở dạng bột viên, dạng hạt hoặc dạng hạt có khối lượng, nghĩa là đường kính trong khoảng từ 0,1mm đến 100mm, tốt hơn là trong khoảng từ 0,5mm đến 50mm, và tốt nhất là trong khoảng từ 1mm đến 10mm.

Những ví dụ về các chất mang rắn bằng xốp ưu tiên được sử dụng theo các khía cạnh trên của sáng chế bao gồm silic oxit, nhôm oxit, silic oxit-nhôm oxit, và than hoạt

tính. Tốt nhất chất mang rắn là silic oxit.

Nhìn chung, các chất lỏng ion được cố định để sử dụng theo các khía cạnh trên của sáng chế chứa từ 1 đến 50% trọng lượng của chất lỏng ion, tốt hơn là chứa từ 10 đến 30% trọng lượng của chất lỏng ion, và tốt nhất là chứa 15 đến 25% trọng lượng của chất lỏng ion, trên tổng trọng lượng của chất lỏng ion và chất mang rắn. Các chất mang rắn chứa những tỷ lệ này của chất lỏng ion được phát hiện ta ra diện tích bề mặt tổ đa mà không ngăn chặn các lỗ chân lông của chất mang, hoặc giảm khả năng tiếp xúc.

Phù hợp với khía cạnh bất kỳ được mô tả trong tài liệu này, chất lỏng ion và nguồn cấp chất lỏng hydrocarbon chứa thủy ngân tốt hơn nếu được cho phản ứng với với tỷ lệ thể tích của hydrocarbon: chất lỏng ion nằm trong khoảng từ 1:1 đến 10.000:1, tốt hơn nằm trong khoảng từ 20:1 đến 10.000:1, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 100:1 đến 10.000:1 và tốt nhất nằm trong khoảng từ 1000:1 đến 10.000:1. Nói chung, thể tích nhỏ hơn của chất lỏng ion liên quan đến lượng hydrocarbon được ưu tiên vì nó cản trở sự hình thành nhũ tương.

Tỷ lệ phản ứng giữa chất lỏng ion và hydrocarbon được chọn nằm trong khoảng từ 1 đến 10.000 mol, tốt hơn nằm trong khoảng từ 1 đến 1000 mol, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 1 đến 100 mol, tốt hơn nhiều nữa nằm trong khoảng từ 1 đến 10 mol, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 1 đến 5 mol chất lỏng ion được phản ứng với nguồn cấp chất lỏng hydrocarbon chứa thủy ngân trên mỗi mol thủy ngân trong nguồn cấp chất lỏng hydrocarbon chứa thủy ngân.

Phù hợp với các khía cạnh nêu trên, chất lỏng ion được phản ứng ưu tiên với nguồn cấp chất lỏng hydrocarbon chứa thủy ngân ở nhiệt độ từ 0°C đến 250°C, tốt hơn nằm trong khoảng từ 10°C đến 150°C, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 20°C đến 100°C, tốt hơn nhiều nữa nằm trong khoảng từ 40°C đến 80°C, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 50°C đến 70°C.

Nguồn cấp chất lỏng hydrocarbon chứa thủy ngân được phản ứng với chất lỏng ion ở áp suất khí quyển (khoảng 100kPa), mặc dù áp suất trên và áp suất dưới của áp suất khí quyển cũng có thể được sử dụng nếu muốn. Ví dụ, quy trình này có thể tiến hành ở áp suất từ 10kPa đến 10000kPa, tốt hơn nằm trong khoảng từ 20kPa đến 1000kPa, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 50 đến 200kPa, và tốt nhất nằm trong

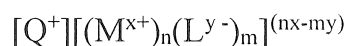
khoảng từ 80 đến 120kPa.

Nhìn chung, sẽ là kinh tế nhất khi cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân phản ứng với chất lỏng ion mà không sử dụng của nhiệt, và dòng sản phẩm của nhà máy lọc dầu có thể được xử lý thuận tiện ở nhiệt độ mà tại nhiệt độ đó chúng có thể phản ứng được từ nhà máy lọc dầu, thường là lên đến 100°C.

Chất lỏng ion được cho phép tiếp xúc với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân trong khoảng thời gian đủ để ít nhất một phần thủy ngân trong nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân chuyển hóa thành pha chất lỏng ion. Khoảng thời gian thích hợp nằm trong khoảng từ 0,1 phút đến 5 giờ, tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,2 phút đến 2 giờ, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 0,5 phút đến 1 giờ.

Sáng chế đề cập đến quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân, quy trình này bao gồm các bước:

(i) cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với muối metallat được mang trên chất mang rắn, trong trường hợp này muối metallat có công thức:



trong đó:

mỗi M^{x+} độc lập là cation kim loại $[M^+]$, là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp có trạng thái oxy hóa là +2 hoặc cao hơn;

mỗi L^{y-} độc lập là phối tử có điện tích là y^- ;

n là 1, 2 hoặc 3;

m là 2, 3, 4, 5, 6, 7 hoặc 8;

x là 2, 3, 4, 5 hoặc 6;

y là 0, 1, 2 hoặc 3,

$(nx-my)$ là số âm, và

$[Q^+]$ là một hoặc nhiều cation vô cơ có tổng điện tích là $(my-nx)$; và

(ii) tách ra từ chất lỏng ion sản phẩm chất lỏng hydrocacbon có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguời cấp chất lỏng chứa thủy ngân.

Cần phải hiểu cấu trúc chính xác của anion metallat là $[(M^{x+})_n(L^{y-})_m]^{(nx-my)}$, và theo đó, các giá trị của n , m , x và y , phụ thuộc vào các chất hóa học của các kim loại và phối tử đặc biệt được sử dụng. Cấu trúc phù hợp có thể dễ dàng được luận bởi những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này bằng cách sử dụng các nguyên lý cơ bản của hóa học phối hợp.

Tốt hơn là, mỗi L^{y-} độc lập được chọn từ loại anion $[X^-]$ như đã mô tả trên đây, cũng như các loại anion $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$.

Tốt hơn là, mỗi L^{y-} độc lập được chọn từ anion halogenua, các ion perhalogenua, các anion cacboxylat, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$. Chẳng hạn, mỗi L^{y-} có thể độc lập được chọn từ $[F^-]$, $[Cl^-]$, $[Br^-]$, $[I^-]$, $[N_3^-]$, $[NCS^-]$, $[NCS_2^-]$, $[NCO^-]$, $[CN^-]$, $[R^2CO_2^-]$, trong đó nhóm R^2 là như được xác định trên đây, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$.

Các anion được ưu tiên đặc biệt bao gồm $[FeCl_4]^-$, $[CuCl_4]^{2-}$, $[Cu_2Cl_6]^{2-}$ và $[MoS_4]^{2-}$.

$[Q^+]$ tốt hơn là một hoặc nhiều ion được chọn từ $[Li]^+$, $[Na]^+$, $[K]^+$, $[Mg]^{2+}$, $[Ca]^{2+}$, và $[NH_4]^+$. Tốt hơn là, $[Q^+]$ là một hoặc nhiều ion được chọn từ $[Li]^+$, và $[Na]^+$.

Phù hợp với khía cạnh này của sáng chế, các muối metallat được ưu tiên đặc biệt bao gồm $[Li]^+_2[Cu_2Cl_6]^{2-}$, và $[Li]^+_2[CuCl_4]^{2-}$.

Phù hợp sáng chế, muối metallat được mang trên chất mang rắn tốt nhất là phản ứng với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân ở nhiệt độ từ 0°C đến 250°C , tốt hơn nằm trong khoảng từ 10°C đến 150°C , tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 20°C đến 100°C , tốt hơn nhiều nữa nằm trong khoảng từ 40°C đến 80°C , và tốt nhất nằm trong khoảng từ 50°C đến 70°C .

Nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân có thể được phản ứng với muối metallat được mang trên chất mang rắn ở áp suất khí quyển (khoảng 100kPa), mặc dù vậy, áp suất cao hơn hoặc thấp hơn áp suất khí quyển cũng có thể được sử dụng nếu muốn. Ví dụ, quy trình này có thể được tiến hành ở áp suất từ 10kPa đến 10000kPa, tốt hơn nằm trong khoảng từ 20kPa đến 1000kPa, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 50 đến 200kPa, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 80 đến 120kPa.

Nói chung, sẽ là kinh tế nhất khi cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân phản ứng với muối metallat được mang trên chất mang rắn mà không sử

dụng nhiệt, và dòng sản phẩm của nhà máy lọc dầu có thể được xử lý thuận tiện ở nhiệt độ mà tại nhiệt độ đó chúng có thể nổi lên khỏi nhà máy lọc dầu, thường là lên đến 100°C.

Muối metallat được mang trên chất mang rắn được cho phép phản ứng với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân ở khoảng thời gian đủ để ít nhất một phần thủy ngân trong nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân chuyển sang pha chất lỏng ion. Các khoảng thời gian thích hợp bao gồm từ 0,1 phút đến 5 giờ, tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,2 phút đến 2 giờ, và tốt nhất nằm trong khoảng từ 0,5 phút đến 1 giờ.

Phù hợp với sáng chế, nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân có thể được phản ứng với chất lỏng ion hoặc muối metallat được mang trên chất mang rắn bằng một trong hai quy trình, quy trình liên tục và quy trình gián đoạn.

Khi sử dụng chất lỏng ion không được cố định, chất lỏng ion và nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân có thể được tiếp xúc bằng cách sử dụng các hệ thống tiếp xúc lỏng - lỏng hoặc lỏng - khí phù hợp với sáng chế. Ví dụ, chất lỏng ion và nguồn cấp hydrocacbon chứa thủy ngân có thể được tiếp xúc bằng cách sử dụng một thiết bị tiếp xúc lỏng - lỏng ngược dòng, một thiết bị tiếp xúc lỏng - lỏng cùng dòng, một thiết bị tiếp xúc lỏng - khí ngược dòng, hoặc một thiết bị tiếp xúc lỏng - khí cùng dòng.

Khi sử dụng chất lỏng ion được cố định hoặc muối metallat được mang trên chất mang rắn, việc cho tiếp xúc tốt nhất là nên thực hiện bằng cách sử dụng một thiết bị tiếp xúc tầng cố định trong đó nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân được đi qua tầng cố định của chất lỏng ion được mang trên chất mang rắn hoặc muối metallat được mang trên chất mang rắn. Các thiết bị tiếp xúc phù hợp bao gồm các thiết bị tiếp xúc liên tục tầng cố định, chẳng hạn như tháp chà tầng cố định, và các thiết bị tiếp xúc gián đoạn tầng cố định.

Việc cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon tiếp xúc với chất lỏng ion hoặc với muối metallat được mang trên chất mang rắn có thể được thực hiện liên tục cho đến khi khả năng oxy hóa của chất lỏng ion/muối metallat được mang trên chất mang rắn giảm xuống dưới mức độ có ích, ở giai đoạn mà chất lỏng ion/muối metallat được mang trên chất mang rắn được thay thế.

Trong quy trình gián đoạn, chất lỏng ion hoặc muối metallat được mang trên chất mang rắn có thể được tái sử dụng với một loạt các lô nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon, cho đến khi khả năng oxy hóa của chất lỏng ion/muối metallat được mang trên chất mang rắn giảm xuống dưới mức độ hữu ích.

Phù hợp với quy trình, chất lỏng ion hoặc muối metallat được mang trên chất mang rắn theo sáng chế tách chiết ít nhất 60% khối lượng thủy ngân của nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân. Tốt hơn là, chất lỏng ion và muối metallat ở dạng rắn tách chiết ít nhất 70% khối lượng, tốt hơn nữa là 80% khối lượng, tốt hơn nhiều nữa là 90% khối lượng, tốt hơn nhiều nữa là 90% khối lượng, tốt hơn nhiều nữa là ít nhất 95% khối lượng, và tốt nhất là trên 99% khối lượng thủy ngân của nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân.

Theo đó, phù hợp với quy trình theo sáng chế, sản phẩm chất lỏng hydrocacbon thu được chứa ít hơn 40% khối lượng, tốt hơn là ít hơn 30% khối lượng, tốt hơn nữa là ít hơn 20% khối lượng, tốt hơn nhiều nữa là ít hơn 10% khối lượng, tốt hơn nhiều nữa là ít hơn 5% khối lượng và tốt nhất là ít hơn 1% khối lượng thủy ngân của nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân.

Tốt hơn là nồng độ thủy ngân trong sản phẩm chất lỏng hydrocacbon của quy trình theo sáng chế có tỷ lệ thấp hơn 50ppb, tốt hơn là thấp hơn 10ppb, tốt hơn nữa là thấp hơn 5ppb, tốt hơn nhiều nữa là thấp hơn 2ppb, tốt hơn nhiều nữa là thấp hơn 1ppb, tốt hơn nhiều nữa là thấp hơn 0,5ppb, tốt hơn nhiều nữa là thấp hơn 0,2ppb, và tốt nhất là thấp hơn 0,1ppb.

Chất lỏng ion có thể thu được chứa ít nhất 2% khối lượng thủy ngân, tốt hơn là chứa ít nhất 5% khối lượng thủy ngân, tốt hơn nữa là chứa ít nhất 10% khối lượng thủy ngân, tốt hơn nhiều nữa là chứa ít nhất 15% khối lượng thủy ngân, và tốt nhất là chứa ít nhất 20% khối lượng thủy ngân, trên tổng trọng lượng chất lỏng ion và thủy ngân và loại trừ các chất mang rắn bất kỳ được sử dụng.

Thêm vào đó, quy trình theo sáng chế có thể được lặp lại trên nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tương tự trong một loạt các phản ứng, chẳng hạn hai đến mười phản ứng, để có được một giải liên tiếp hàm lượng thủy ngân trong sản phẩm chất lỏng hydrocacbon ở từng bước. Ngoài ra, quy trình theo sáng chế có thể sử dụng bổ sung quy trình loại bỏ thủy ngân thông thường khác. Tuy nhiên, một lợi thế

của sáng chế là tránh được những bước cần thiết nhằm tiền xử lý chất lỏng hydrocacbon để loại bỏ các chất rắn trước khi loại bỏ thủy ngân.

Cần phải hiểu rõ quy trình theo sáng chế đề cập đến quy trình chỉ có một bước để loại bỏ thủy ngân ra khỏi hydrocacbon. Như vậy, quy trình này có thể sẵn sàng được đưa vào một quy trình đa tầng nguyên liệu hydrocacbon, như dầu thô, được sử dụng trong các nhà máy lọc dầu thương mại. Các quy trình đa tầng đặc trưng của hydrocacbon liên quan đến các quy trình như chưng cất, crackinh, quá trình khử axit và quá trình khử lưu huỳnh. Những quy trình này đều được biết rõ bởi những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Việc sử dụng chất lỏng ion đã mô tả trên đây để loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp hydrocacbon chứa thủy ngân được đề xuất. Tốt hơn là, việc sử dụng này bao gồm hoặc chứa quy trình đã mô tả.

Việc sử dụng chất lỏng ion được mang trên chất mang rắn như đã mô tả trên đây, để loại bỏ thủy ngân ra khỏi chất lỏng hydrocacbon được đề xuất. Tốt hơn là, việc sử dụng này bao gồm hoặc chứa quy trình đã mô tả.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế mô tả việc sử dụng muối metallat được mang trên chất mang rắn như đã mô tả trên đây, để loại bỏ thủy ngân ra khỏi chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân. Tốt hơn là việc sử dụng này bao gồm hoặc chứa quy trình đã mô tả.

Sau đây sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn bằng các ví dụ với sự tham chiếu đến hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng, các ví dụ này chỉ với mục đích minh họa cho sáng chế và không làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Trong các ví dụ sau:

- $[C_n\text{mim}]$ chỉ cation 1-alkyl-3-metylimidazoli trong đó nhóm alkyl chứa n nguyên tử cacbon.
- $[N_{w,x,y,z}]$ chỉ cation tetraalkylammoni trong đó nhóm alkyl có w, x, y và z nguyên tử cacbon tương ứng.
- $[P_{w,x,y,z}]$ chỉ cation tetraalkylphosphoni trong đó nhóm alkyl có w, x, y và z nguyên tử cacbon tương ứng.

Ví dụ 1: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng các chất lỏng ion chứa đồng

1-Butyl-3-metylimidazoli clorua (5g, 29mmol) và đồng(II) clorua dihydrat (5g, 29mmol) được kết hợp trong một chiếc bình và đun nóng lên 70°C trong chân không, thu được chất dầu nhớt màu vàng nâu.

0,037g dầu được phản ứng với 0,0183g nguyên tố thủy ngân và đun nóng trong một ống được bịt kín đến 60°C qua đêm, thu được chất lỏng ion màu xanh sáng, nhớt chứa lớp kết tủa màu trắng nhợt. 10cm³ nước khử ion được thêm vào hỗn hợp, lọc và pha loãng với 50cm³. 1cm³ dung dịch pha loãng tiếp tục được pha loãng đến 50cm³ với nước khử ion. Dung dịch thu được được phân tích hàm lượng thủy ngân bằng cách sử dụng thiết bị phân tích thủy ngân trực tiếp Milestone DMA-80. Dung dịch được phát hiện chứa 3,27±0,21ppm thủy ngân, chứng tỏ rằng 0,22g thủy ngân trên mỗi gam chất lỏng ion ban đầu đã chuyển thành ion hòa tan trong nước, so với sự hấp thụ lý thuyết của 0,294g/g thủy ngân dựa trên sự giảm điện tử của Cu(II) xuống Cu(I).

Ví dụ 2: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng chất lỏng ion chứa đồng

Chất lỏng ion chứa đồng (II) của ví dụ 1 được kết hợp với 0,355g nguyên tố thủy ngân và đun nóng lên 60°C qua đêm. Hỗn hợp thu được được phân tích như ví dụ 1, và phát hiện chứa 7,02±0,24ppm thủy ngân trong dung dịch phân tích, tương ứng với 18,6% khối lượng thủy ngân hòa tan.

Ví dụ 3: Chiết nguyên tố thủy ngân từ dodecan

Chất lỏng ion được điều chế từ 1-butyl-3-metylimidazoli clorua và đồng (II) clorua dihydrat theo tỷ lệ mol 2:1. 0,18g chất lỏng ion được thêm vào một lọ mẫu với 10cm³ dodecan chứa 1000ppm nguyên tố thủy ngân, và hỗn hợp thu được được khuấy qua đêm ở 60°C. Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 34,9ppb thủy ngân.

Ví dụ 4: Chiết thủy ngân (II) clorua từ dodecan

Chất lỏng ion được điều chế từ 1-butyl-3-metylimidazoli clorua và đồng(II) clorua dihydrat theo tỷ lệ mol 2:1. 0,275g chất lỏng ion được cho vào một lọ mẫu với 10cm³ dodecan và 0,069g HgCl₂, tương ứng với hàm lượng thủy ngân tổng số là 8115ppm, và hỗn hợp thu được được khuấy qua đêm ở 60°C. Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 42,75ppb thủy ngân. Chất

lồng ion được phát hiện chứa 176.000ppm thủy ngân.

Thêm tiếp vào hỗn hợp 0,0397g HgCl_2 rồi khuấy trong 1 giờ ở 60°C . Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 96,75ppb thủy ngân, tức là 0,46% nồng độ thủy ngân ban đầu. Chất lỏng ion được phát hiện chứa 292.000ppm thủy ngân.

Ví dụ 5: Chiết thủy ngân (II) oxit từ dodecan

Chất lỏng ion được điều chế từ 1-butyl-3-metylimidazoli clorua và đồng (II) clorua dihydrat theo tỷ lệ mol là 2:1. 0,22g chất lỏng ion được cho vào một lọ mẫu với 10cm^3 dodecan và 0,0114g HgO tương ứng với nồng độ thủy ngân tổng số là 1696ppm, và hỗn hợp thu được được khuấy qua đêm ở 60°C . Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 13,25ppb thủy ngân. Chất lỏng ion được phát hiện chứa 4,8% khối lượng thủy ngân.

Thêm tiếp vào hỗn hợp 0,0152g HgO rồi khuấy trong 1 giờ ở 60°C . Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 69,95ppb thủy ngân. Chất lỏng ion được phát hiện chứa 11,1% trọng lượng thủy ngân.

Ví dụ 6: Chiết nguyên tố thủy ngân từ dodecan

Chất lỏng ion được điều chế từ 1-butyl-3-metylimidazoli clorua và đồng(II) clorua dihydrat theo tỷ lệ mol 2:1. 0,23g chất lỏng ion được cho vào 1 lọ có 10cm^3 dodecan chứa 0,0488g nguyên tố thủy ngân, và hỗn hợp thu được này được khuấy qua đêm ở 60°C . Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện chứa 946,7ppb thủy ngân. Chất lỏng ion được phát hiện chứa 21,2% hàm lượng thủy ngân. Hỗn hợp thu được chứa IL bão hòa với thủy ngân, hydrocacbon bão hòa với thủy ngân và một lượng nhỏ nguyên tố thủy ngân phân tán.

Thêm tiếp vào hỗn hợp 0,0768g chất lỏng ion rồi khuấy trong 1 giờ ở 60°C . Pha dodecan thu được được phân tích nồng độ thủy ngân tổng số và phát hiện đã giảm xuống còn 65,55ppb thủy ngân.

Kết quả của các ví dụ từ 3 đến 6 được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1

Ví dụ số	[Hg] đầu trong hệ thống/ppm	[Hg] cuối trong C_{12} /ppb	Hg trong IL/%
----------	-----------------------------	--------------------------------------	---------------

3	Hg(0)	0,00202	34,9	0,0000069
Điện tích đầu của Hg				
4	HgCl ₂	8115	42,75	18,5
5	HgO	1696	13,25	4,8
6	Hg(0)	7833	946,7	21,2
Điện tích thứ hai của Hg				
4	HgCl ₂	12784	96,75	29,2
5	HgO	3958	69,95	11,1
Điện tích thứ hai của IL				
6	Hg(0)	7738	65,55	15,9

[Hg] chỉ nồng độ thủy ngân

C-12 chỉ dodecan

Ví dụ 7: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng chất lỏng euctecti cô-lin clorua/etylen chứa đồng

Hỗn hợp gồm cô-lin clorua (30g) và etylen glycol (60g) được điều chế bằng cách trộn lẫn và đun nóng đến 50°C để đảm bảo cô-lin clorua được hòa tan hoàn toàn theo quy trình là như được xác định bởi Abbott và các cộng sự, PCCP 2009, 11, 4269. Sau đó đồng clorua dihydrat (1,3g, 7,6mmol) được thêm vào euctecti cô-lin clorua/etylen glycol (4,76g, 11,4mmol) thu được một chất lỏng màu xanh đen.

Nguyên tố thủy ngân (0,35g) được cho vào mẫu chất lỏng euctecti (0,85g) và đun nóng qua đêm ở 60°C. Một lượng lớn kết tủa màu xanh nhạt được hình thành. Chất mẫu chứa 0,17g chất lỏng được pha loãng với 5cm³ nước khử ion thu được một dung dịch màu xanh nhạt và kết tủa trắng. Dung dịch được pha loãng và hòa tan đến 50cm³, và 1cm³ dung dịch hòa tan tiếp tục được hòa tan đến 50cm³ với nước khử ion. Dung dịch thu được được phân tích thủy ngân bằng cách sử dụng thiết bị phân tích thủy ngân trực tiếp Milestone DMA-80. Phát hiện ra chất lỏng euctecti chứa 16,9% khối lượng thủy ngân hòa tan trong nước, trên hỗn hợp euctecti gốc.

Ví dụ 8: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng các chất lỏng ion chứa các anion metallat khác nhau

Ví dụ này khảo sát hiệu quả của chất lỏng ion chứa các anion metallat khác nhau trong việc khai thác số lượng lớn nguyên tố thủy ngân. Mẫu gồm mỗi chất lỏng

ion được tiếp xúc với số lượng lớn nguyên tố thủy ngân, và khuấy ở 60°C qua đêm, và mẫu nhỏ các chất lỏng ion thu được được chiết vào nước và phân tích hàm lượng thủy ngân hòa tan theo quy trình đã mô tả trong ví dụ 1. Các chất lỏng ion được sử dụng và kết quả thu được này được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2

Chất lỏng ion/Muối kim loại (tỷ lệ mol IL/muối kim loại)	[Hg] trong IL sau khí phản ứng /ppm	Phần trăm khối lượng thủy ngân hòa tan trong IL
[C ₂ mim][Cl]/CuCl ₂ (2:1)	212604	21,3
[N _{4,4,4,1}][Cl]/CuCl ₂ (2:1)	158917	15,9
[C ₂ mim][Cl]/CuCl ₂ .2H ₂ O (2:1)	255241	25,5
[N _{4,4,4,1}][Cl]/CuCl ₂ .2H ₂ O (2:1)	151753	15,2
[C ₄ mim][Br]/CuBr ₂ (2:1)	30542	3,1

Ví dụ 9: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng các chất lỏng ion được cố định

Ví dụ này cho thấy ảnh hưởng của các cation khác nhau trên việc chiết nguyên tố thủy ngân từ phần ngưng tụ khí thiên nhiên (từ PETRONAS Onshore Gas Terminal, Kerteh, Malaysia)

Một loạt các chất lỏng ion được tạo thành bằng cách sử dụng chất lỏng ion [Q][Cl] và CuCl₂ (trong trường hợp [Q] là cation lỏng ion) có tỷ lệ mol 2:1. Silic oxit được sấy khô Davisil SP540 được cho vào mỗi chất lỏng ion để tổng hợp các chất lỏng ion được cố định chứa 1% khối lượng Cu(II) (dao động từ 7,5 đến 17% khối lượng IL phụ thuộc vào cation). Chất lỏng ion được mang trên chất mang rắn được nén vào một tấm silicon mỏng và được tiếp xúc với nguồn cấp chứa thủy ngân cô đặc đã được khuấy trong 3 giờ. Một sự so sánh sử dụng silic oxit không có chất lỏng ion cũng được đề cập đến. Kết quả được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3

[Q]	Khối lượng IL trong nước/g	Khối lượng Hg trong dạng ngưng tụ /ng	[Hg] ban đầu trong dạng ngưng tụ /ppm	[Hg] cuối trong nước/ppm	[Hg] cuối trong dạng IL* /ppm
[C ₄ mim]	0,0032	1455	455	361	4750
[P ₆₆₆₁₄]	0,0032	1228	383	289	1562
[N ₄₄₄₁]	0,0053	1600	301	207	2070
Silic oxit	0,0055	521	94	0	0

* Bao gồm chất chất mang rắn

Ví dụ 10: Chiết nguyên tố thủy ngân từ các chất lỏng ion được cố định

Ví dụ này cho thấy ảnh hưởng của các cation khác nhau trong việc chiết nguyên tố thủy ngân từ hexan.

Một loạt các chất lỏng ion clometallat được tạo thành từ các chất lỏng ion có công thức $[Cat^+][Cl^-]$ và $CuCl_2$ với các tỷ lệ mol khác nhau. Các chất lỏng ion được tẩm vào hạt silic oxit xốp (Johnson Matthey, đường kính 2-4mm, diện tích bề mặt $122m^2/g$) và tiếp xúc với hexan với sự có mặt của nguồn cấp nguyên tố thủy ngân trong một bể phản ứng đang được khuấy trong chu kỳ 18 ngày. Các thành phần IL được mang trên chất mang rắn được xác định cho mỗi IL sau 6 ngày, 13 ngày và 18 ngày, và kết quả đã được chỉ ra trong bảng 4.

Bảng 4

IL	Ngày	[Hg] dạng dung dịch /ppm	[Hg] dạng hạt /ppm	Hg dạng hạt khối lượng /%	Năng suất Hg của IL theo lý thuyết	Quy trình bảo hòa
[P ₆₆₆₁₄]Cl:CuCl ₂ 2:1	6	0,7227	651	0,17	0,84972	7,66%
	13	1,9375	1120	0,11	0,84972	13,18%
	18	2,5043	2003	0,20	0,84972	23,58%
[C _{4mim}]Cl:CuCl ₂ 2:1	6	3,3750	2446	0,24	2,01637	11,86%
	13	6,2767	5062	0,51	2,01637	24,56%
	18	6,9473	5838	0,58	2,01637	28,32%
[C _{4mim}]Cl:CuCl ₂ 1:1	6	2,5714	1773	0,18	3,23525	5,8%
	13	4,9129	3388	0,34	3,23525	10,47%
	18	9,2259	6363	0,64	3,23525	19,67%
[N ₄₄₄₁]Cl:CuCl ₂ 2:1	6	2,7097	2203	0,22	1,65224	13,33%
	13	6,0009	2927	0,29	1,65224	17,72%
	18	6,3139	6577	0,66	1,65224	39,81%
[N ₄₄₄₁]Cl:CuCl ₂ 1:1	6	3,0407	2534	0,25	2,70653	9,36%
	13	6,3527	3208	0,32	2,70653	11,58%
	18	7,8380	5559	0,56	2,70653	20,54%
[N ₄₄₄₁]Cl:CuCl ₂ 30% chuyển đổi 1:1	6	3,2485	1511	0,15	8,20161	1,84%
	13	4,9564	1967	0,20	8,20161	2,40%
	18	9,6332	8164	0,82	8,20161	9,95%

Ví dụ 11 : Chiết nguyên tố thủy ngân bằng các chất lỏng được cố định

Ví dụ này cho thấy việc chiết thủy ngân dưới điều kiện cạnh tranh khỏi hexan vào các chất lỏng ion và các muối lỏng không ion đã được thấm vào khối cầu silic oxit (Johnson Matthey, đường kính 1,7-4mm, diện tích bề mặt $135m^2.g^{-1}$) và than hoạt tính

Calgon AP4-60. Điều kiện phản ứng như trong ví dụ 10. Dữ liệu trong bảng 5 chỉ ra rằng vật liệu được cố định trên silic oxit cho sự hấp thụ thủy ngân lớn hơn so với vật liệu được cố định trên than hoạt tính dưới điều kiện chiết cạnh tranh.

Bảng 5

Chất lỏng ion và chất mang	[Hg] dạng hạt /ppm	Hg dạng hạt /% khối lượng	Sai số (%)	[Hg] dạng hạt /ppm	Hg dạng hạt /% khối lượng	Sai số (%)
	Sau 3 ngày			Sau 8 ngày		
[bmim]Cl/CuCl ₂ (1:1 trên Silic oxit hình cầu)	857	0,086%	0	3560	0,3560%	0
[bmim]Cl/CuCl ₂ (1:1 trên AP4-60)	535	0,054%	5	882	0,0882%	3
Cô-lin: EG/CuCl ₂ (1:1 trên AP4-60)	400	0,040%	3	788	0,0778%	27
Cô-lin: EG/CuCl ₂ (2:1 trên AP4-60)	217	0,022%	69	1024	0,1024%	18
[bmim]Cl/CuCl ₂ (2:1 trên AP4-60)	110	0,011%	11	950	0,0950%	26
[N _{4,4,4,1}]Cl/CuCl ₂ (2:1 trên AP4-60)	502	0,050%	27	966	0,0966%	15

Ví dụ 12: Chiết nguyên tố thủy ngân bằng các muối lỏng ion và các muối lỏng không ion.

Ví dụ này cho thấy việc chiết thủy ngân từ hexan vào các chất lỏng ion và các muối metallat lỏng không ion đã được thấm vào hạt silic oxit với cỡ đường kính dao động ở một trong hai khoảng 0,7 đến 1,4 hoặc 1,7 đến 4,0mm (ex Johnson Matthey). Điều kiện phản ứng như trong ví dụ 11. Dữ liệu được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6

Chất lỏng ion và chất mang	[Hg] dạng hạt /ppm	Hg dạng hạt /% khối lượng	Sai số (%)	[Hg] dạng hạt /ppm	Hg dạng hạt /% khối lượng	Sai số (%)
	Sau 3 ngày			Sau 8 ngày		
[N ₄₄ H]Cl/CuCl ₂ 1:1 10% trên	3311	0,331	15	14324	1,43242	0,63

Si#5 [N ₄₄₄ H]Cl/CuCl ₂ 1:1 20% trên	5092	0,509	5	14128	1,41277	0,90
Si#5 [N ₄₄₄ H]Cl/CuCl ₂ 1:1 30% trên	6407	0,640	0,7	14298	1,42978	0,19
Si#5 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 10% trên	1919	0,192	21	7680	0,76802	1,87
Si#5 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 20% trên	4725	0,472		18499	1,84986	2,13
Si#5 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 30% trên	9713	0,971	53	14834	1,4834	0,18
Si#5 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 10% trên	7743	0,774	22	26112	2,61119	0,25
Si#1 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 20% trên	10237	1,207	4	27432	2,74316	4,62
Si#2 [N ₄₄₄ I]Cl/CuCl ₂ 1:1 20% trên	12936	1,294	36	26073	2,60728	0,16
Si#4 [N ₄₄₄ I] ₂ MoS ₄ trên Si#5	298	0,030	4	3971	0,39705	4,51
[N ₆₆₆ I] ₂ MoS ₄ trên Si#5	642	0,064	4	2927	0,29272	8,81
[NH ₄] ₂ MoS ₄ trên Si#5	61	0,061	15	5076	0,50763	7,83

Ví dụ 13: So sánh hiệu suất chiết các chất lỏng ion được mang trên chất mang rắn chứa các aion metallat, các muối metallat lỏng không ion được mang trên chất mang rắn, và các muối không metallat lỏng không ion.

Ví dụ này đề xuất so sánh hiệu suất chiết của hạt silic oxit được thấm CuCl₂, LiCl/CuCl₂ (theo tỷ lệ 1:1, tạo thành anion metallat Cu₂Cl₆²⁻), và [N_{4,4,4,1}]Cl/CuCl₂ (theo tỷ lệ 1:1, cũng tạo thành anion metallat Cu₂Cl₆²⁻). Dữ liệu trong hình 1 cho thấy một sự cải thiện rõ ràng trong việc chiết cùng với các muối chứa các anion metallat, và cải thiện hơn nữa khi một chất lỏng được sử dụng.

Ví dụ 14: Chiết chất lỏng IL của thủy ngân tổng số từ chất cô đặc bằng việc sử dụng [C₄mim]Cl/CuCl₂.2H₂O (theo tỷ lệ 2:1).

Thành phần chất lỏng ion này là, [C₄mim]Cl/CuCl₂.2H₂O (theo tỷ lệ 2:1), được

điều chế bằng cách kết hợp trực tiếp, với sự làm nóng hai thành phần 1-butyl-3-metylimidazoli clorua và đồng (II) clorua dihydrat. Phần ngưng tụ khí thiên nhiên được tiếp xúc với chất lỏng ion theo tỷ lệ ngưng tụ và khối lượng IL là 50:1, khuấy ở nhiệt độ trong phòng và các pha ngưng tụ có kích thước cao hơn được phân tích định kỳ bằng phương pháp phân tích thủy ngân trực tiếp, sử dụng thiết bị phân tích thủy ngân Milestone DMA-80. Kết quả được trình bày trong bảng 7, và cho thấy rằng sau 60 phút, khoảng 75% thủy ngân đã bị loại bỏ, và sau 1 giờ, hàm lượng thủy ngân giảm xuống còn ít hơn 3ppb.

Bảng 7

Số lần /phút	Nồng độ thủy ngân ngưng tụ / $\mu\text{g kg}^{-1}$ (ppb)
0	96,95
20	62,47
40	36,84
60	25,63
1440	2,58

Ví dụ 15: Lọc hơi thủy ngân ra khỏi khí bằng các chất lỏng ion được cố định.

Chiết thủy ngân từ một dòng khí đã được chứng minh bằng cách đi qua luồng khí chứa thủy ngân (nồng độ thủy ngân từ 20-30mg/m³, tốc độ chảy 60ml/phút) thông qua một bể phản ứng ống (1/4" ss ống có độ dày 0,035") chứa 0,1g, ca 0,2cm³ chất lỏng ion được cố định (chiều dài chất mang là 1,2cm). Hàm lượng thủy ngân tại các lò phản ứng được đo định kỳ bằng cách rút mẫu khí và phân tích bằng cách sử dụng thiết bị phân tích thủy ngân PSA Sir Galahad. Giới hạn phát hiện cho phép đo là 2 $\mu\text{g/m}^3$.

Kết quả kiểm tra với các chất lỏng ion được mang trên than hoạt tính và các silic oxit xốp được trình bày trong bảng 8 và độ thị trong Fig. 2, so sánh với một thử nghiệm so sánh với than hoạt tính có thẩm lưu huỳnh thương mại, và cho thấy rằng tất cả các 4 chất lỏng ion được cố định đều có hiệu quả hơn so với than hoạt tính được thẩm lưu huỳnh thương mại trong việc loại bỏ thủy ngân.

Bảng 8

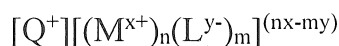
Chất tổng hợp	Thời gian phát hiện thủy ngân tại chỗ thoát ra (h)	Nồng độ thủy ngân đo ở bước đột phá ($\mu\text{g/m}^3$)	Tỷ lệ thủy ngân chuyển đổi trong quá trình chiết bước đột phá
---------------	--	---	---

Ví dụ 1	[C ₄ mim]Cl/CuCl ₂ 27 1:1 10% khối lượng được thấm vào than hoạt tính Calgom AP4-60	110	2,43
Ví dụ 2	[N ₄₄₄₁]Cl/CuCl ₂ 22 1:1 12% khối lượng được thấm vào Calgon AP4- 60	13	1,98
Ví dụ 3	[C ₄ mim]Cl/CuCl ₂ 34 1:1 10% khối lượng được thấm vào silic oxit xốp (Johnson Matthey, SA 135 m ² /g, PV 0,85 cm ³ /ml)	7	3,06
Ví dụ 4	[C ₄ mim]Cl/CuCl ₂ 37 1:1 10% khối lượng được thấm vào silic oxit dạng hạt bằng xốp (Grace Davison Davicat SI1157)	11	3,33
Ví dụ 5	Thử nghiệm so sánh với than hoạt tính được thấm lưu huỳnh thương mại (Chemviron Cacbon, Calgon- HGR)	18 97	1,62

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình loại bỏ thủy ngân ra khỏi nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân, quy trình này bao gồm các bước:

(i) cho nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân tiếp xúc với muối metallat được mang trên chất mang rắn, trong đó muối metallat này có công thức:



trong đó:

mỗi M^{x+} độc lập là cation kim loại $[M^+]$ mà là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp có trạng thái oxy hóa là +2 hoặc cao hơn;

mỗi L^{y-} độc lập là phối tử có điện tích $y-$;

n là 1, 2 hoặc 3;

m là 2, 3, 4, 5, 6, 7 hoặc 8;

x là 2, 3, 4, 5 hoặc 6;

y là 0, 1, 2 hoặc 3,

$(nx-my)$ là số âm, và

$[Q^+]$ là một hoặc nhiều cation vô cơ có tổng điện tích là $(my-nx)$; và

(ii) tách ra từ muối metallat sản phẩm chất lỏng hydrocacbon có hàm lượng thủy ngân giảm so với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân.

2. Quy trình theo điểm 1, trong đó $[M^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2 được chọn từ cation kim loại chuyển tiếp hàng thứ nhất và cation molybden.

3. Quy trình theo điểm 2, trong đó $[M^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại có trạng thái oxy hóa ít nhất là +2 được chọn từ cation sắt, cation đồng, cation molybden và cation coban.

4. Quy trình theo điểm 3, trong đó $[M^+]$ là một hoặc nhiều cation kim loại được chọn từ Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mo^{6+} , và Co^{2+} .

5. Quy trình theo điểm 4, trong đó $[M^+]$ là Fe^{3+} .

6. Quy trình theo điểm 1, trong đó mỗi L^y là loại anion độc lập được chọn từ halogenua, perhalogenua, halogenua giả, sulfat, sulfit, sulfonat, sulfonimit, phosphat, phosphit, phosphonat, methit, borat, carboxylat, azolat, cacbonat, carbamat, thiophosphat, thiocarboxylat, thiocarbamat, thiocarbonat, xanthat, thiosulfonat, thiosulfat, nitrat, nitrit, percrorat, halometallat, axit amin và borat $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$

7. Quy trình theo điểm 6, trong đó mỗi L^y là loại anion độc lập được chọn từ $[F]^-$, $[Cl]^-$, $[Br]^-$, $[I]^-$, $[I_3]^-$, $[I_2Br]^-$, $[IBr_2]^-$, $[Br_3]^-$, $[Br_2Cl]^-$, $[BrCl_2]^-$, $[ICl_2]^-$, $[I_2Cl]^-$, $[Cl_3]^-$, $[N_3]^-$, $[NCS]^-$, $[NCSe]^-$, $[NCO]^-$, $[CN]^-$, $[HSO_4]^-$, $[SO_4]^{2-}$, $[R^2OSO_2O]^-$, $[HSO_3]^-$, $[SO_3]^{2-}$, $[R^2OSO_2]^-$, $[R^1SO_2O]^-$, $[(R^1SO_2)_2N]^-$, $[H_2PO_4]^-$, $[HPO_4]^{2-}$, $[PO_4]^{3-}$, $[R^2OPO_3]^{2-}$, $[(R^2O)_2PO_2]^-$, $[H_2PO_3]^-$, $[HPO_3]^{2-}$, $[R^2OPO_2]^{2-}$, $[(R^2O)_2PO]^-$, $[R^1PO_3]^{2-}$, $[R^1P(O)(OR^2)O]^-$, $[(R^1SO_2)_3C]^-$, [bisoxalatoborat], [bismalonatoborat], $[R^2CO_2]^-$, [3,5-dinitro-1,2,4-triazolat], [4-nitro-1,2,3-triazolat], [2,4-dinitroimidazolat], [4,5-dinitroimidazolat], [4,5-dixyano- imidazolat], [4-nitroimidazolat], [tetrazolat], $[R^2OCS_2]^-$, $[R^2NCS_2]^-$, $[R^1CS_2]^-$, $[(R^2O)_2PS_2]^-$, $[RS(O)_2S]^-$, $[ROS(O)_2S]^-$, $[NO_3]$ và $[NO_2]^-$,

trong đó: R^1 và R^2 độc lập được chọn từ nhóm bao gồm C_1 đến C_{10} alkyl, C_6 aryl, C_1 đến C_{10} alkyl(C_6)aryl, và C_6 aryl(C_1 đến C_{10})alkyl, mỗi nhóm trong số các nhóm này được thể bằng một hoặc nhiều nhóm được chọn từ: flo, clo, brom, iot, C_1 đến C_6 alkoxy, C_2 đến C_{12} alkoxyalkoxy, C_3 đến C_8 xycloalkyl, C_6 đến C_{10} aryl, C_7 đến C_{10} alkaryl, C_7 đến C_{10} aralkyl, -CN, -OH, -SH, -NO₂, -CO₂R^x, -OC(O)R^x, -C(O)R^x, -C(S)R^x, -CS₂R^x, -SC(S)R^x, -S(O)(C_1 đến C_6)alkyl, -S(O)O(C_1 đến C_6)alkyl, -OS(O)(C_1 đến C_6)alkyl, -S(C_1 đến C_6)alkyl, -S-S(C_1 đến C_6 alkyl), -NR^xC(O)NR^yR^z, -NR^xC(O)OR^y, -OC(O)NR^yR^z, -NR^xC(S)OR^y, -OC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)SR^y, -SC(S)NR^yR^z, -NR^xC(S)NR^yR^z, -C(O)NR^yR^z, -C(S)NR^yR^z, -NR^yR^z, hoặc nhóm dị vòng, trong đó các nhóm R^x, R^y và R^z độc lập được chọn từ hydro hoặc C_1 đến C_6 alkyl, và trong đó R¹ cũng có thể là flo, clo, brom hoặc iot.

8. Quy trình theo điểm 7, trong đó mỗi L^y là loại anion độc lập được chọn từ $[F]^-$, $[Cl]^-$, $[Br]^-$, $[I]^-$, $[N_3]^-$, $[NCS]^-$, $[NCSe]^-$, $[NCO]^-$, $[CN]^-$, $[R^2CO_2]^-$, trong đó R² như được xác định trên đây, $[O^{2-}]$ và $[S^{2-}]$.

9. Quy trình theo điểm 8, trong đó muối metallat chứa anion metallat được chọn từ $[FeCl_4]^-$, $[CuCl_4]^{2-}$, $[Cu_2Cl_6]^{2-}$ và $[MoS_4]^{2-}$.

10. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó $[Q^+]$ là một hoặc nhiều ion được chọn từ $[Li]^+$, $[Na]^+$, $[K]^+$, $[Mg]^{2+}$, $[Ca]^{2+}$ và $[NH_4]^+$.
11. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó chất mang rắn bao gồm hoặc chứa vật liệu mang xốp có diện tích bề mặt BET từ $10m^2.g^{-1}$ đến $3000m^2.g^{-1}$ và tốt hơn là trong đó vật liệu mang rắn bao gồm hoặc chứa vật liệu mang xốp, có diện tích bề mặt BET từ 100 đến $300m^2.g^{-1}$.
12. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11, trong đó vật liệu mang rắn được chọn từ silic oxit, nhôm oxit, silic oxit-nhôm oxit và than hoạt tính, và tốt hơn nếu trong đó vật liệu mang rắn là silic oxit hoặc than hoạt tính.
13. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12, trong đó muối metallat được mang trên chất mang rắn được cho tiếp xúc với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân ở nhiệt độ từ $0^\circ C$ đến $250^\circ C$.
14. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 13, trong đó muối metallat được mang trên chất mang rắn được tiếp xúc với nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân ở áp suất khí quyển.
15. Quy trình theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14, trong đó nguồn cấp chất lỏng hydrocacbon chứa thủy ngân và muối metallat được mang trên chất mang rắn được tiếp xúc trong khoảng thời gian 0,1 phút đến 5 giờ.

FIG.1

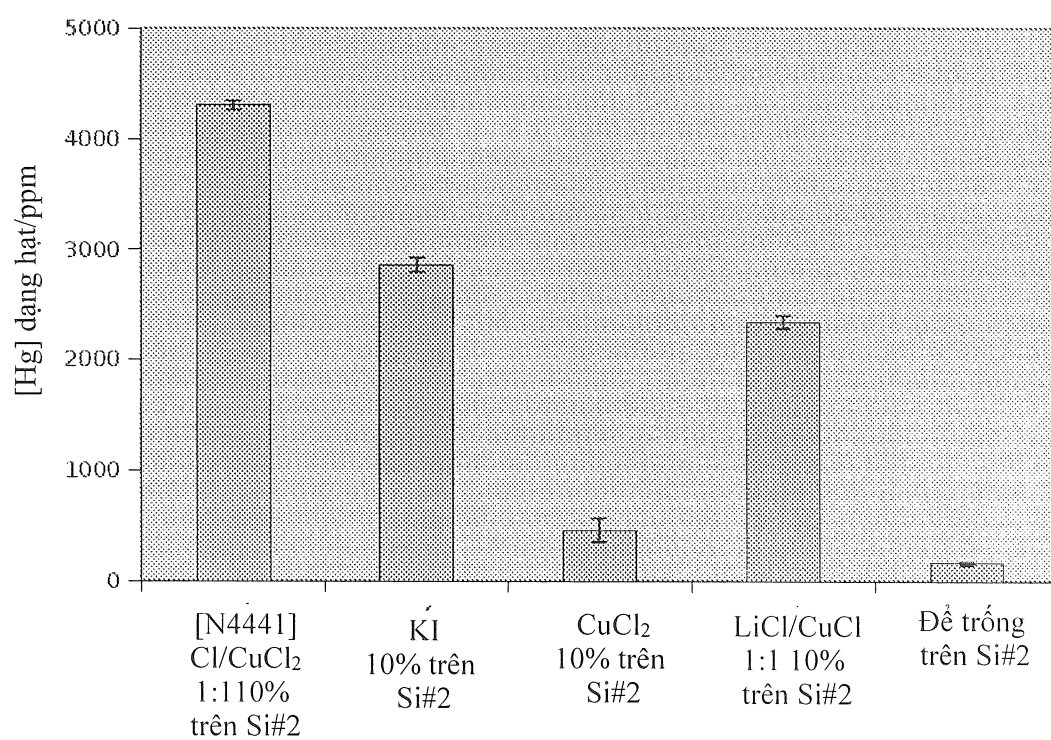


Fig. 2

