



(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)



1-0034241

(51)⁸ E21B 43/295; E21B 43/00

(13) B

(21) 1-2018-03924

(22) 07/02/2017

(86) PCT/CA2017/050135 07/02/2017

(87) WO 2017/136924 17/08/2017

(30) 62/292,556 08/02/2016 US

(45) 26/12/2022 417

(43) 26/11/2018 368A

(73) PROTON TECHNOLOGIES INC. (VG)

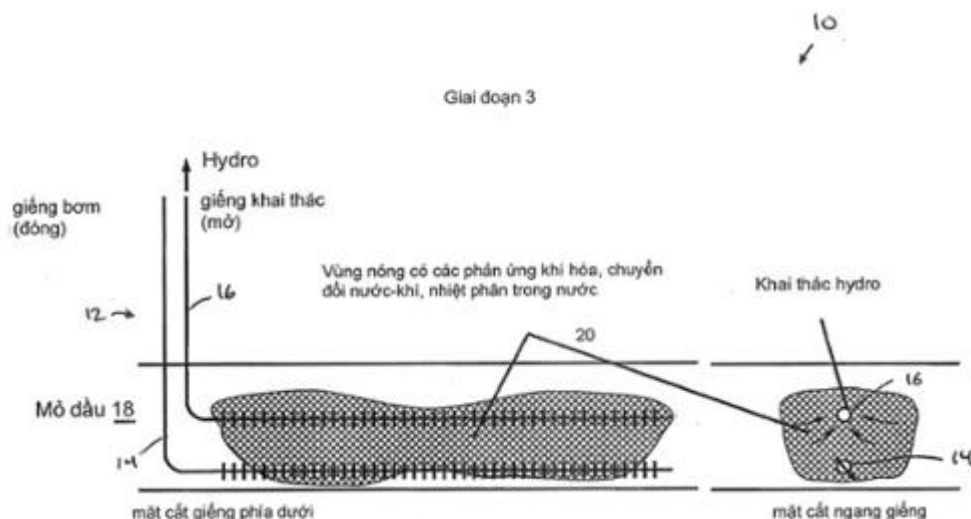
Jayla Place, Wickams Cay I, Road Town, Tortola, British Virgin Islands

(72) GATES, Ian D. (CA); WANG, Jingyi (CA).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP KHAI THÁC HYDRO TẠI CHỖ TỪ CÁC MỎ
HYDROCACBON DƯỚI MẶT ĐẤT

(57) Sáng chế đề cập đến mỏ hydrocacbon được xử lý bằng nhiệt để tạo ra các phản ứng khí hóa, phản ứng chuyển đổi nước-khí, và/hoặc nhiệt phân trong nước để tạo ra khí chứa hydro. Chỉ riêng hydro được khai thác đưa lên mặt đất bằng cách sử dụng màng chỉ cho hydro thấm qua trong các giếng khai thác.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp khai thác hydro từ nguồn dưới mặt đất.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các mỏ chứa hydrocacbon có rất nhiều trên toàn cầu và có nhiều kỹ thuật đã biết được sử dụng để khai thác hydrocacbon đưa lên mặt đất từ các mỏ này, bao gồm các quy trình sơ cấp cũng như các quy trình thu hồi thứ cấp như bơm ép nước và bơm ép hóa chất để khai thác hydrocacbon bổ sung.

Đối với dầu nặng và dầu siêu nặng (bitum), hydrocacbon thường rất nhớt ở các điều kiện ban đầu trong mỏ để có thể khai thác đưa lên mặt đất bằng cách sử dụng các phương pháp thông thường, và do đó dầu nặng và bitum thường được xử lý nhiệt để giảm độ nhớt sao cho nguồn tài nguyên này chảy dễ dàng hơn trong mỏ và có thể khai thác đưa lên mặt đất.

Sau khi dầu nặng và bitum được chiết, cần nâng cấp thành dầu thô tổng hợp, để tiếp tục tinh chế dầu thô này thành nhiên liệu vận tải và nguyên liệu cho ngành công nghiệp hóa dầu.

Tuy nhiên, đã biết rằng việc khai thác các nguồn hydrocacbon cuối cùng dẫn tới tạo thành cacbon dioxit do các nguồn hoặc các sản phẩm của chúng thường được đốt cháy để thu năng lượng.

Do đó, cần tạo ra các nhiên liệu như hydro có nhiều cacbon dioxit trung tính hơn, cũng có thể được sử dụng làm nguyên liệu hóa học cho các ngành công nghiệp như các cơ sở nâng cấp và sản xuất phân bón. Tuy nhiên, các phương pháp thông thường để khai thác hydro (ví dụ, trùng chỉnh hoặc điện phân metan bằng hơi) cũng đã được biết là cần nhiều cacbon hoặc tốn nhiều chi phí để thực hiện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp và hệ thống để khai thác hydro, nguồn năng lượng cacbon dioxit trung tính tiềm năng và nguyên liệu công nghiệp từ các mỏ hydrocacbon.

Theo các phương án của sáng chế, phản ứng khí hóa tại chỗ, chuyển đổi nước-khí và/hoặc nhiệt phân trong nước được sử dụng để tạo ra khí tổng hợp trong các mỏ dưới mặt đất, như khí tổng hợp chứa hơi nước, cacbon monoxit, cacbon dioxit, và hydro, trong đó cacbon oxit được loại bỏ không được khai thác đưa lên mặt đất bằng cách sử dụng màng chỉ cho hydro thấm qua trong giếng khoan. Do đó, quy trình này tạo ra sản phẩm khí chứa chủ yếu là hydro đưa lên mặt đất.

Hydro được tạo ra là vectơ năng lượng thay thế có thể được khai thác đưa lên mặt đất từ các mỏ hydrocacbon. Sau đó, hydro được khai thác có thể được đốt cháy trên mặt đất để tạo ra năng lượng hoặc nhiệt hoặc được tiêu thụ trong các thiết bị pin nhiên liệu để tạo năng lượng hoặc làm nguyên liệu công nghiệp.

Theo khía cạnh tổng quát thứ nhất của sáng chế, sáng chế đề xuất phương pháp khai thác hydro từ mỏ hydrocacbon, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

- a. tạo ra giếng từ mặt đất đến mỏ;
- b. đặt ít nhất một màng cho hydro thấm qua trong giếng này;
- c. gia nhiệt mỏ để tạo điều kiện cho ít nhất một trong số các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước xảy ra giữa hydrocacbon và nước trong mỏ để tạo ra dòng khí chứa hydro; và
- d. cho dòng khí tiếp xúc với ít nhất một màng chỉ cho hydro thấm qua, sao cho ít nhất một màng cho hydro thấm qua này chỉ cho hydro trong dòng khí đưa lên mặt đất đi qua.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ của khía cạnh thứ nhất, bước gia nhiệt mỏ bao gồm các bước: bơm chất oxy hóa vào mỏ để oxy hóa ít nhất một số hydrocacbon bên trong mỏ; tạo ra sóng điện từ hoặc sóng có tần số vô tuyến bằng anten điện từ hoặc anten phát tần số vô tuyến được đặt bên trong mỏ; bơm nguyên liệu nóng vào bên trong mỏ; hoặc tạo ra nhiệt bằng cách sử dụng hệ thống gia nhiệt dựa trên điện trở (thuần trở) đặt bên trong mỏ. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết rõ các phương pháp gia nhiệt khác có thể áp dụng được theo sáng chế.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ, ít nhất một màng cho hydro thấm qua có thể bao gồm ít nhất một trong số các chất: paladi (Pd), vanadi (V), tantan (Ta) hoặc niobi (Nb). Ít nhất một màng cho hydro thấm qua này cũng có thể bao gồm hợp

kim paladi-đồng, hoặc có khả năng là hợp kim paladi-bạc. Ít nhất một màng cho hydro thấm qua này có thể bao gồm lớp gốm, và tốt nhất là lớp gốm ở bên trong hoặc bên ngoài hợp kim paladi-đồng. Ít nhất một màng cho hydro thấm qua này có thể bao gồm lớp gốm và lớp không phải gốm được chọn từ nhóm bao gồm paladi, vanadi, tantan, niobi, đồng, hợp kim của các nguyên liệu này, và tổ hợp của chúng, và lớp không phải gốm có thể bao gồm hợp kim paladi-đồng.

Tốt hơn là, ít nhất một màng cho hydro thấm qua được đặt trong giếng bên trong mỏ, nhưng nó cũng có thể được đặt ở giếng sát gần với mỏ, hoặc ở các vị trí khác trong giếng.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ, vật liệu xốp được đặt trong giếng để hỗ trợ cho ít nhất một màng cho hydro thấm qua trong giếng. Tốt hơn là, nhưng không nhất thiết, vật liệu xốp là thép có lỗ.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế, sau bước gia nhiệt mỏ, phương pháp còn bao gồm thêm bước làm chậm việc tiếp xúc của dòng khí với ít nhất một màng cho hydro thấm qua để khai thác được nhiều khí hydro hơn. Bước làm chậm này có thể bao gồm làm chậm trong khoảng thời gian từ 1 tuần đến 12 tháng, và tốt nhất là trong khoảng thời gian từ 1 tuần đến 4 tuần.

Theo các phương án lấy làm ví dụ, trong đó việc gia nhiệt bằng chất điện môi được sử dụng cho bước gia nhiệt mỏ, bức xạ điện từ có thể có tần số nằm trong khoảng từ 60 Hz đến 1000 GHz, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 10 MHz đến 10 GHz.

Khi hệ thống gia nhiệt dựa trên điện trở (thuần trở) được sử dụng để gia nhiệt mỏ, thì tốt hơn là gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 đến 800 độ C, và tốt nhất là nằm trong khoảng từ 400 đến 700 độ C.

Theo một khía cạnh lớn thứ hai của sáng chế, sáng chế đề xuất hệ thống thu hồi hydro từ mỏ dưới mặt đất, trong đó hệ thống này bao gồm:

thiết bị để gia nhiệt mỏ để tạo ra dòng khí chứa hydro;

giếng được đặt trong mỏ; và

màng cho hydro thấm qua ở trong giếng được lắp đặt để cho hydro trong dòng khí đi qua mà không cho các khí khác trong dòng khí đi qua, cho phép khai thác khí hydro đưa từ giếng lên trên mặt đất.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ theo khía cạnh thứ hai, thiết bị để gia nhiệt mỏ bao gồm ít nhất một thiết bị bơm chất oxy hóa, nam châm điện, anten phát tần số vô tuyến và thiết bị bơm nguyên liệu nóng.

Hydro được khai thác có thể được tiêu thụ trong thiết bị pin điện hóa nhiên liệu, được đốt cháy để tạo ra hơi nước để tạo năng lượng hoặc hơi nước để thu hồi dầu hoặc được sử dụng làm nguyên liệu công nghiệp.

Dưới đây là phần mô tả chi tiết các phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế. Tuy nhiên, cần hiểu rằng sáng chế không chỉ được giới hạn ở các phương án này. Các phương án được lấy làm ví dụ đề cập đến các ứng dụng cụ thể theo sáng chế, trong khi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này hiểu rõ rằng sáng chế có các ứng dụng khác ngoài các phương án được lấy làm ví dụ nêu ở đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ kèm theo minh họa các phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế:

Fig.1A đến Fig.1C là các bản vẽ mặt đứng và mặt cắt đơn giản minh họa các giai đoạn trong hệ thống và phương pháp mà mỏ hydrocarbon được gia nhiệt bằng cách oxy hóa một phần hydrocarbon trong mỏ.

Fig.2 là bản vẽ mặt đứng và mặt cắt đơn giản minh họa hệ thống và phương pháp mà mỏ hydrocarbon được gia nhiệt bằng cách sử dụng anten có sóng điện từ / tần số vô tuyến đặt bên trong mỏ.

Fig.3 là bản vẽ mặt cắt đơn giản minh họa việc sử dụng nhiều anten và nhiều giếng khai thác.

Fig.4A đến Fig.4C là bản vẽ mặt cắt minh họa màng phức hợp tách hydro được lấy làm ví dụ.

Fig.5 là bản vẽ mặt đứng và mặt cắt đơn giản minh họa hệ thống và phương pháp được lấy làm ví dụ mà chất oxy hóa được bơm liên tục vào mỏ để khai thác hydro.

Fig.6 là bản vẽ mặt đứng và mặt cắt đơn giản minh họa hệ thống và phương pháp được lấy làm ví dụ mà một trong số các giếng có hộp gia nhiệt bằng điện trở bên trong giếng để gia nhiệt mỏ để khai thác hydro.

Fig.7 là bản vẽ minh họa một số phản ứng xảy ra trong các phương pháp lấy làm

ví dụ được mô tả ở đây mà xảy ra bên trong mỏ để khai thác hydro.

Fig.8A và Fig.8B là bản vẽ minh họa các kết quả của việc mô phỏng mô phản ứng nhiệt, bằng cách sử dụng sơ đồ phản ứng được minh họa trên Fig.7, trong quy trình khai thác hydro trong mỏ dầu nặng bao gồm quy trình bơm chất oxy hóa tuần hoàn gồm các giai đoạn không bơm trong đó các phản ứng hóa học được cho phép tiếp tục xảy ra bên trong mỏ.

Fig.9A đến Fig.9D là bản vẽ minh họa các kết quả của việc mô phỏng phản ứng nhiệt trong mỏ, bằng cách sử dụng sơ đồ phản ứng được minh họa trên Fig.7, trong quy trình khai thác hydro trong mỏ dầu nặng bao gồm quy trình bơm chất oxy hóa liên tục.

Các phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế sẽ được mô tả có tham chiếu các hình vẽ đi kèm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong toàn bộ phần mô tả dưới đây, các chi tiết cụ thể được nêu để giúp người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này hiểu kỹ càng hơn. Tuy nhiên, các yếu tố đã biết rõ có thể không được thể hiện hoặc được mô tả chi tiết để tránh bản mô tả bị rườm rà không cần thiết. Phần mô tả các ví dụ của sáng chế dưới đây không được dự định để thể hiện hết tất cả các khía cạnh hoặc làm giới hạn sáng chế ở một dạng cụ thể của phương án bất kỳ được lấy làm ví dụ. Do đó, phần mô tả và các hình vẽ được coi là có tính minh họa chứ không mang tính giới hạn.

Trong toàn bộ bản mô tả này, có nhiều thuật ngữ và cách diễn đạt được sử dụng theo nghĩa thông thường của chúng. Dưới đây là các định nghĩa của một số thuật ngữ và cách diễn đạt bổ sung được sử dụng trong phần mô tả tiếp theo.

“Dầu” là sản phẩm dầu mỏ chưa tinh chế có trong tự nhiên được tạo thành bởi các thành phần hydrocacbon. “Bitum” và “dầu nặng” thường được phân biệt với các sản phẩm dầu mỏ khác dựa trên tỷ trọng và độ nhớt của chúng. Thông thường “dầu nặng” được xếp vào loại có tỷ trọng nằm trong khoảng từ 920 đến 1000 kg/m³. “Bitum” thường có tỷ trọng lớn hơn 1000 kg/m³. Đối với các mục đích của bản mô tả này, thuật ngữ “dầu”, “bitum” và “dầu nặng” được sử dụng thay thế cho nhau sao cho thuật ngữ này có thể bao hàm thuật ngữ kia. Ví dụ, khi sử dụng mình thuật ngữ “bitum”, thì phạm vi của nó bao gồm cả “dầu nặng”.

Như được sử dụng ở đây, "mỏ dầu" dùng để chỉ sự tạo thành dưới mặt đất mà chủ yếu được cấu thành từ nền xốp chứa các sản phẩm dầu mỏ, cụ thể là dầu và khí. Như được sử dụng ở đây, "mỏ dầu nặng" dùng để chỉ mỏ dầu mà chủ yếu được cấu thành từ đá xốp chứa dầu nặng. Như được sử dụng ở đây, "mỏ cát chứa dầu" được dùng để chỉ mỏ dầu mà cấu thành chủ yếu từ đá xốp chứa bitum.

"Crackinh" dùng để chỉ việc tách các mạch hydrocacbon lớn hơn thành các hợp chất có mạch nhỏ hơn.

Thuật ngữ "tại chỗ" dùng để chỉ môi trường mỏ cát chứa dầu dưới mặt đất.

Theo các khía cạnh tổng quát, hệ thống và phương pháp được lấy làm ví dụ được mô tả ở đây sử dụng mỏ cát chứa dầu làm nguồn hydro, cả bitum và nước tạo thành.

Nói chung, sáng chế mô tả hệ thống và phương pháp xử lý mỏ dầu (mỏ dầu thông thường, mỏ dầu nặng, mỏ cát chứa dầu, mỏ dầu cacbonat) để thu hồi hydro. Phương pháp này bao gồm việc bơm oxy hoặc dòng khí giàu oxy vào mỏ để đốt một phần hydrocacbon trong mỏ.

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ, trong quá trình bơm chất oxy hóa, không có chất lỏng nào được đưa lên mặt đất. Sau khi đạt được nhiệt độ đích ở trong mỏ, ngừng bơm và trong thời gian này, oxy còn lại trong mỏ được tiêu thụ và phản ứng khí hóa và phản ứng chuyển đổi nước-khí xảy ra. Trong thời gian xảy ra các phản ứng này, hydro được tạo ra bên trong mỏ. Các giếng khai thác được lắp đặt màng chỉ cho hydro thấm qua, theo đó khi mở thì chỉ khai thác hydro đưa lên mặt đất. Sau khi sản lượng hydro xuống dưới giá trị ngưỡng, thì bắt đầu bơm oxy một lần nữa và quy trình này được lặp lại nhiều lần đến khi sản lượng hydro tổng thể xuống dưới giá trị ngưỡng. Giá trị ngưỡng có thể được xác định từ sản lượng hydro tối thiểu mang lại hiệu quả kinh tế dựa trên chi phí bơm oxy, giá thành khai thác hydro, lưu trữ, vận chuyển và tiêu thụ (ví dụ, trong pin nhiên liệu sinh năng lượng), và chi phí vận hành. Màng chỉ cho hydro thấm qua ngăn chặn việc đưa cacbon oxit lên mặt đất. Do đó, quy trình này thu được hydro từ hydrocacbon và nước ở bên trong mỏ. Nếu cần nước cho các phản ứng mong muốn, có thể bơm nước vào mỏ cùng với oxy.

Việc oxy hóa các chất lưu trong mỏ bằng cách bơm oxy vào mỏ là một cách để gia nhiệt bên trong mỏ. Các phản ứng xảy ra trong mỏ ở nhiệt độ được tăng lên có thể bao gồm các phản ứng oxy hóa, phản ứng nhiệt phân (crackinh nhiệt), phản ứng nhiệt

phân trong nước (nhiệt phân trong nước hoặc phản ứng crackinh nhiệt khi có nước), phản ứng khí hóa, và phản ứng chuyển đổi nước-khí ở nhiệt độ thấp và nhiệt độ cao.

Fig.1A đến Fig.1C minh họa hệ thống 10 trong đó cặp giếng 12 dẫn lưu trọng lực sử dụng hơi nước (SAGD - steam-assisted gravity drainage) bao gồm giếng bơm 14 và giếng khai thác 16 được sử dụng để thực hiện phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế trong mỏ 18, qua ba giai đoạn. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết rõ rằng các phương pháp được lấy làm ví dụ có thể sử dụng cặp giếng dẫn lưu trọng lực sử dụng hơi nước (SAGD) sẵn có hoặc cặp giếng chỉ đơn giản sử dụng kết cấu giếng SAGD hoặc mô hình của cặp giếng SAGD, ví dụ dầm đỡ của cặp giếng SAGD. Hơn nữa, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết rõ rằng các phương pháp được lấy làm ví dụ có thể sử dụng giếng kích hơi tuần hoàn (CSS - cyclic steam stimulation) sẵn có hoặc giếng chỉ đơn giản sử dụng kết cấu giếng CSS hoặc mô hình giếng CSS, ví dụ, dầm đỡ của các giếng CSS. Trong giai đoạn 1 (được minh họa trong Fig.1A), oxy được bơm vào mỏ 18 qua giếng bơm mỏ 14, dẫn đến đốt cháy một phần bitum trong vùng đốt cháy 20 của mỏ 18 để sinh nhiệt (ví dụ không làm giới hạn, là >700 độ C) cần cho các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước. Giếng khai thác 16 vẫn ở trạng thái đóng trong giai đoạn này. Trong giai đoạn 2, việc bơm oxy được ngừng lại và giếng bơm 14 đóng, và lượng oxy còn lại trong mỏ 18 được tiêu thụ bằng các phản ứng xảy ra trong vùng đốt cháy 20. Do mỏ 18 gần vùng giếng được tăng nhiệt độ đủ, nên các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước tiếp tục diễn ra. Sản phẩm khí từ các phản ứng này tích tụ bên trong mỏ 18. Sau đó, giai đoạn 3 bắt đầu, khi giếng khai thác 16 chứa màng tách hydro (không được thể hiện) mở mà sau đó đưa hydro lên trên mặt đất. Sau khi hydro được tạo ra xuống mức không có hiệu quả kinh tế, thì sau đó quy trình này có thể bắt đầu trở lại giai đoạn 1. Phương pháp này không giới hạn ở các giếng nằm ngang như được minh họa mà còn có thể thực hiện với các giếng thẳng đứng và giếng xiên và giếng đa hướng. Phương pháp này có thể áp dụng tương tự cho mỏ khí. Phương pháp này có thể áp dụng khi mà ngoài hydro, còn có dầu được khai thác trong mỏ. Phương pháp này có thể được áp dụng khi khí tổng hợp được khai thác trong mỏ.

Một hệ thống 30 khác được lấy làm ví dụ theo sáng chế được minh họa trên Fig. 2. Trong hệ thống xử lý này, nhiệt được cung cấp cho mỏ 18 bằng cách sử dụng anten

có sóng điện từ/tần số vô tuyến 32 để tạo vùng gia nhiệt 36. Mỏ 18 đã được gia nhiệt trải qua phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước để tạo ra hydro và các khí khác bên trong mỏ 18. Hydro được tạo ra được khai thác đưa lên mặt đất qua màng chỉ cho hydro thấm qua trong giếng khai thác 34. Phương thức này không giới hạn ở các giếng nằm ngang như được minh họa mà còn có thể thực hiện với giếng thẳng đứng và giếng xiên và giếng đa hướng. Phương pháp này có thể áp dụng tương tự cho mỏ khí.

Một phương án liên quan khác được minh họa trên Fig.3 trong mặt cắt hoặc mặt cắt ngang của giếng, trong đó hệ thống 40 bao gồm nhiều giếng khai thác 42 và nhiều anten/thiết bị gia nhiệt có sóng điện từ/tần số vô tuyến 44. Thiết bị gia nhiệt có sóng điện từ/tần số vô tuyến 44 được đặt giữa các giếng khai thác 42 trong mỏ 18, và tạo ra vùng được gia nhiệt 46. Phương pháp này không giới hạn ở các giếng nằm ngang như được minh họa mà còn có thể thực hiện với giếng thẳng đứng và giếng xiên và giếng đa hướng. Phương pháp này có thể được áp dụng tương tự cho mỏ khí. Các giếng có các thiết bị gia nhiệt điện trở (thuần trở) cũng có thể được sử dụng.

Sau đó, các phản ứng tạo khí này có thể gây dẫn lưu trọng lực (do sự khác nhau về tỷ trọng) của dầu nóng chuyển động và chất ngưng tụ hơi đi về phía nền của buồng phản ứng khí hóa. Do đó, nguồn nguyên liệu bổ sung cho các phản ứng tiếp theo được cung cấp bởi dầu nóng chuyển động di chuyển về phía vùng phản ứng ở trên và xung quanh giếng bơm hoặc anten. Điều này hỗ trợ cho các phản ứng khí hóa và giúp duy trì nhiệt độ 700+ độ C ở vùng gần giếng. Màng trong giếng cho phép hydro đi qua nhưng giữ các phân tử khí khác bên trong mỏ.

Fig.5 minh họa phương án được lấy làm ví dụ khác của hệ thống 50 theo sáng chế. Tương tự như phương án từ Fig.1A đến Fig.1C, hệ thống 50 bao gồm cặp giếng SAGD 52 (giếng bơm 54 và giếng khai thác 56). Tuy nhiên, thay vì để giai đoạn phản ứng hóa học sau khi bơm trong vùng gia nhiệt 58 xảy ra trước khi khai thác, giếng bơm và giếng khai thác 54, 56 vẫn mở và cho phép dòng liên tục của chất oxy hóa được bơm và hydro được khai thác. Phương pháp này có thể được áp dụng khi mà ngoài hydro, còn có dầu được khai thác từ mỏ. Phương pháp này có thể được áp dụng khi khí tổng hợp được khai thác từ mỏ.

Fig.6 minh họa phương án được lấy làm ví dụ khác của hệ thống 60 theo sáng chế. Phương án này bao gồm cặp giếng 62 (giếng bơm 64 và giếng khai thác 66), một trong các giếng 64, 66 được lắp hộp gia nhiệt bằng điện trở được sử dụng để gia nhiệt vùng nhiệt phân 68 trong mỏ 18 để khai thác hydro qua giếng khai thác 66.

Theo các phương án khác, không được minh họa, kết cấu giếng đơn có thể được sử dụng trong đó oxy được bơm dọc theo một phần của giếng và việc khai thác riêng hydro xảy ra đồng thời ở một phần khác của giếng. Giếng có thể ở dạng thẳng đứng, xiên, nằm ngang hoặc đa hướng.

Theo các phương án không được minh họa khác nữa, việc gia nhiệt mỏ có thể được thực hiện bằng sóng điện từ hoặc sóng có tần số vô tuyến. Theo cách khác, việc gia nhiệt mỏ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng áp suất cao, hơi nước nhiệt độ cao.

Phương pháp theo sáng chế cũng có thể được sử dụng trong các mỏ dầu và khí trong đó hàm lượng nước của mỏ được cho là cao mà nếu thực hiện theo cách thông thường, thì các mỏ này không khai thác được dầu hoặc khí tương ứng. Các phương pháp và hệ thống theo sáng chế có thể được sử dụng cho các mỏ hydrocacbon có hàm lượng nước cao do nguồn hydro không chỉ thu được từ hydrocacbon mà còn từ nước bên trong mỏ. Do đó, các phương pháp nêu ở đây có thể sử dụng trong các mỏ có hàm lượng nước cao làm cho nó có giá trị kém hơn so với các mỏ dầu bão hòa, biến các mỏ dầu mỏ giá trị kém trước đây thành các nguồn năng lượng có giá trị do nguồn hydro là cả từ dầu mỏ cũng như nước trong mỏ.

Sáng chế đề cập đến việc xử lý mỏ dầu hoặc khí để khai thác hydro từ hydrocacbon và nước bên trong mỏ. Việc xử lý này bao gồm việc gia nhiệt mỏ để xảy ra phản ứng khí hóa và phản ứng chuyển đổi nước-khí để khai thác hydro bên trong mỏ và sau đó sử dụng giếng chỉ khai thác hydro, được lắp màng hydro, để khai thác hydro từ mỏ.

Hàm lượng nước cao trong mỏ dầu và khí thường được cho là gây bất lợi cho việc khai thác dầu và khí. Tuy nhiên, đã thấy rằng hàm lượng nước cao có thể có lợi đối với việc khai thác hydro do nước cung cấp hydro qua phản ứng chuyển đổi nước-khí. Đã thấy rằng nhiều phản ứng tạo ra hydro có nguồn hydro từ nước bên trong mỏ – ở nhiệt độ phản ứng, nước tạo thành được chuyển thành hơi nước, sau đó tham gia vào

các phản ứng trùng chính bằng hơi với hydrocacbon bên trong mỏ.

Dưới đây là mô tả chi tiết hơn về một số phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế.

A. Gia nhiệt mỏ

Theo một số phương án được lấy làm ví dụ, mỏ được gia nhiệt đến nhiệt độ mà phản ứng khí hóa và phản ứng chuyển đổi nước-khí xảy ra giữa dầu và nước bên trong mỏ.

Nhiệt có thể được đưa vào mỏ thông qua nhiều phương pháp thông thường đã biết trong lĩnh vực này. Các phương pháp điển hình được sử dụng trong lĩnh vực này bao gồm bước đốt cháy trong đó oxy được bơm vào mỏ trong khoảng thời gian mà một phần hydrocacbon được đốt để tạo ra nhiệt bên trong mỏ để đạt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 700°C. Các phương pháp khác để gia nhiệt bao gồm gia nhiệt dựa trên điện từ hoặc tần số vô tuyến. Các phương pháp khác để gia nhiệt bao gồm bơm vật liệu nóng vào mỏ.

Sau khi nhiệt được bơm vào mỏ, nếu được thực hiện bằng cách đốt cháy, thì ngừng bơm oxy và các phản ứng hóa học tiếp tục xảy ra bên trong mỏ ở nhiệt độ tăng đạt được bằng bước đốt cháy. Nếu gia nhiệt theo cách gia nhiệt bằng điện từ, thì việc gia nhiệt này có thể tiếp tục để giữ mỏ ở nhiệt độ phản ứng mong muốn.

B. Giai đoạn các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước

Trong khoảng thời gian mà mỏ ở nhiệt độ được tăng lên, các phản ứng khí hóa và phản ứng chuyển đổi nước-khí và phản ứng nhiệt phân trong nước có thể xảy ra với kết quả là tạo ra hydro, hydro sulphua, cacbon monoxit, cacbon dioxit, và hơi (hơi nước) và có thể là các loại khí khác. Do các phản ứng này xảy ra bên trong mỏ, nên các thành phần khí thu được bên trong mỏ tạo ra các khoảng không gian rỗng và các vết nứt hoặc các khoang trống bên trong mỏ.

Fig.7 minh họa một số phản ứng xảy ra bên trong mỏ. Như có thể nhìn thấy, nhiên liệu để oxy hóa và khí hóa là bitum và than cốc tạo thành từ các phản ứng xảy ra trong quá trình này. Bitum có thể ở dạng hỗn hợp của các malten (các chất bão hòa, các chất thơm và nhựa) và các asphalten (các hợp chất vòng lớn và có độ nhớt cao). Trong quá trình oxy hóa, các malten có thể được chuyển hóa thành asphalten. Asphalten có thể

được chuyển hóa, do sự oxy hóa ở cả nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp cũng như sự crackinh nhiệt, thành nhiều loại sản phẩm khí bao gồm metan, hydro, cacbon monoxit, cacbon dioxit, hydro sulphua, và các khí có phân tử lượng cao (ví dụ, propan, v.v.) và than cốc. Sau đó, than cốc có thể được chuyển hóa, bằng phản ứng oxy hóa và phản ứng khí hóa thành metan, nước (dạng hơi), cacbon monoxit, cacbon dioxit và hydro. Ngoài ra, metan cũng có thể được chuyển hóa, nhờ phản ứng khí hóa, thành hydro và cacbon dioxit và cacbon monoxit. Cacbon monoxit và nước (dạng hơi) có thể được chuyển hóa, nhờ phản ứng chuyển đổi nước-khí, thành hydro và cacbon dioxit. Nói chung, các thành phần nhiên liệu trong hệ thống (ví dụ, dầu, than cốc, metan) có thể được khí hóa để tạo ra hỗn hợp cacbon monoxit, cacbon dioxit và hydro.

C. Khai thác hydro

Sau khi đủ thời gian trôi qua để tạo ra hydro, hydro được khai thác từ mỏ qua màng chỉ cho hydro thấm qua trong giếng khai thác. Theo cách này, hydro sulphua, cacbon monoxit, cacbon dioxit, hơi nước và các thành phần khí khác vẫn ở lại bên trong mỏ, trong khi chỉ riêng hydro được khai thác đưa lên mặt đất. Do hydro được lấy ra khỏi mỏ, nên việc này thúc đẩy phản ứng tạo ra thêm hydro.

Đối với màng chỉ cho hydro thấm qua được đặt trong giếng khai thác, các màng kim loại, ví dụ, được cấu tạo từ paladi (Pd), vanadi (V), tantan (Ta) hoặc niobi (Nb), rất bền về mặt cơ học nhưng có giới hạn hiệu suất tối ưu liên quan đến nhiệt độ. Các màng này làm việc theo cơ chế hòa tan-khuếch tán, trong đó hydro hòa tan trong vật liệu tạo màng và khuếch tán sang mặt bên kia và được giải phóng ở đó; cơ chế này tạo ra thông lượng hydro (tỷ lệ mol vận chuyển qua trên một đơn vị diện tích) tỷ lệ với căn bậc hai của áp suất. Để minh họa, tính thấm của vanadi và titan đối với hydro giảm xuống ở nhiệt độ cao và cũng tạo ra lớp oxit kim loại ngăn cản hiệu quả việc tách hydro. Các màng gốc Pd có ưu điểm do tính thấm hydro của nó tăng khi nhiệt độ tăng. Tuy nhiên, màng Pd bị nhiễm hydro sulfua (H_2S) và cacbon monoxit (CO) được tạo ra bằng phản ứng nhiệt phân trong nước khi hơi nước và dầu, ví dụ, bitum, tiếp xúc với nhau ở nhiệt độ tăng. Điều này có thể được ngăn chặn bằng cách sử dụng hợp kim Pd-đồng. Để giảm chi phí, màng nhiều lớp chứa hợp kim Pd-Cu và V, Ta và Nb có thể được thiết kế. Các hợp kim khác như paladi-bạc cũng có thể được sử dụng cho một số phương án theo sáng chế.

Màng gồm trơ với H_2S và CO và có thể được sử dụng ở nhiệt độ đạt được bằng quy trình khí hóa tại chỗ. Các màng gồm có vi lỗ để tách hydro có một số ưu điểm so với các màng kim loại: thông lượng tỷ lệ thuận với áp suất; tính thấm của màng vi lỗ bằng gồm tăng đáng kể theo nhiệt độ; và chi phí cho nguyên liệu thô của màng gồm thấp hơn nhiều so với các màng kim loại. Do các màng này có lỗ, nên chúng sẽ không có xu hướng tạo ra hydro tinh khiết mặc dù chúng có thể chọn lọc hydro có tính thấm hydro tương đối cao. Theo một số phương án, màng có thể có lớp gồm không chỉ có khả năng tách hydro từ các thành phần khí được tạo ra từ các phản ứng mà còn có thể gia cố thêm cho màng.

Theo một số phương án, màng hydro có thể được tạo kết cấu để có tính chọn lọc cao đối với hydro (đặc biệt nếu khí hydro được sử dụng để tạo ra năng lượng từ pin nhiên liệu trên mặt đất), có tính thấm cao đối với hydro, có khả năng chịu được nhiệt độ lên tới 700 độ C, có khả năng chịu được khí H_2S và CO , rất bền về mặt cơ học để đặt màng vào trong giếng, và/hoặc có thể được sản xuất với đường kính và chiều dài có thể vừa với giếng (đường kính nằm trong khoảng từ 20 đến 30 cm và chiều dài nằm trong khoảng từ 700 đến 1000 m). Theo một số phương án, màng cũng có thể chịu được giai đoạn oxy hóa một phần là giai đoạn tiêu thụ cacbon và chất rắn khác tích tụ trên bề mặt bên ngoài của màng màng phức hợp.

Đối với các Fig.4A đến Fig.4C, các phương án được lấy làm ví dụ về các màng theo sáng chế được minh họa. Fig.4A minh họa cụm bố trí màng 70, trong đó cụm bố trí 70 này được đặt trong đường bao ngoài giếng 72. Cụm bố trí 70 bao gồm lớp hỗ trợ bằng thép có lỗ 74, lớp hợp kim Pd-Cu 76 phủ lên, và lớp gồm 78 bên ngoài. Trên Fig.4B, không có lớp hỗ trợ và cụm bố trí 80 bao gồm lớp hợp kim 86 bên trong và lớp gồm 88 bên ngoài nằm bên trong đường bao ngoài giếng 82. Fig.4C minh họa cụm bố trí 90 chỉ bao gồm lớp hợp kim 96 trong đường bao ngoài giếng 92.

D. Chu trình mới

Nếu việc gia nhiệt được thực hiện theo cách có chu trình, ví dụ, từ quá trình đốt cháy tại chỗ, sau đó sau khi nhiệt độ trong mỏ hạ xuống sao cho tỷ lệ của các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí và nhiệt phân trong nước thấp xuống, làm cho sản lượng hydro thấp xuống dưới giá trị ngưỡng, thì lại bắt đầu một chu trình bơm oxy mới và sau đó việc đốt cháy tại chỗ lại bắt đầu, dẫn đến bắt đầu lại quá trình gia nhiệt trong mỏ. Sau

đó, các bước A đến C nêu trên lại lặp lại. Nếu thực hiện gia nhiệt liên tục bằng các phương pháp bơm chất oxy hóa hoặc điện từ hoặc tần số tần số vô tuyến hoặc gia nhiệt bằng điện trở, thì có thể liên tục khai thác hydro từ mỏ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Fig.8A đến Fig.8B minh họa các kết quả của việc mô phỏng mỏ phản ứng nhiệt thứ nhất được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng mỏ CMG STARS™ (sản phẩm phần mềm là tiêu chuẩn công nghiệp cho việc mô phỏng quy trình khai thác mỏ phản ứng nhiệt – nó giải quyết vấn đề cân bằng năng lượng và nguyên liệu trong trạng thái cân bằng pha và dòng Darcy trong môi trường xốp) đối với quy trình tuần hoàn theo sáng chế. Trong trường hợp này, giếng đơn thẳng đứng được sử dụng cho cả quá trình bơm và khai thác trong mỏ. Trong ví dụ này, việc vận hành được thực hiện một cách tuần hoàn trong đó oxy được bơm vào trong một khoảng thời gian, sau đó được đóng lại và tiếp đó mở ra để khai thác trong một khoảng thời gian rồi lại đóng lại. Chu trình bơm và khai thác này được lặp lại cho đến khi toàn bộ quy trình không tạo ra sản lượng ở mức đã định trước nữa. Các đặc tính của mỏ được sử dụng trong mô hình mô phỏng mỏ 3 chiều này là các đặc tính điển hình của mỏ cát chứa dầu (mức độ xốp 0,3; độ thấm ngang 2200 mD, độ thấm thẳng đứng 1100 mD, độ dày 37 m, độ bão hòa dầu 0,7; áp suất ban đầu 2800 kPa, nhiệt độ ban đầu 13 độ C, tỷ lệ khí/dầu trong dung dịch ban đầu là 10 m³/m³). Trong mô hình này, sơ đồ phản ứng được minh họa trên Fig.7 được sử dụng. Fig.8A thể hiện việc bơm oxy theo chu trình, hydro được tạo ra bên trong mỏ qua phản ứng được mô tả trên Fig.7. Fig.8B thể hiện sự phân bố nhiệt độ theo mặt phẳng thẳng đứng của giếng bơm/giếng khai thác. Các kết quả này cho thấy nhiệt độ đạt lên mức 500 độ C bên trong mỏ xung quanh giếng thẳng đứng sau khi bơm oxy vào trong mỏ. Kết quả của việc tăng nhiệt độ này là, các phản ứng được mô tả trên Fig.7 xảy ra và sau đó tạo ra hydro bên trong mỏ. Sau khi bước bơm oxy hoàn thành, giếng được chuyển sang giai đoạn khai thác và chỉ riêng hydro được khai thác đưa lên từ mỏ. Chu trình được tiếp tục cho đến khi lượng hydro được khai thác trong mỗi chu trình không cho hiệu quả kinh tế nữa.

Fig.9A đến Fig.9D minh họa các kết quả mô phỏng thứ hai bằng cách sử dụng phần mềm mô phỏng mỏ CMG STARS™, theo một phương án được lấy làm ví dụ theo sáng chế trong đó giếng bơm thấp hơn được đặt vào bên trong mỏ gần nền của mỏ và

giếng khai thác cao hơn được đặt phía trên của giếng bơm. Trong trường hợp này, giếng khai thác nằm nghiêng bên trong mỏ, như thể hiện rõ nhất trên Fig.9A. Trong ví dụ này, chiều dài của giếng bơm là 105 m. Các đặc tính của mỏ được sử dụng trong mẫu mô phỏng mỏ ba chiều này là các đặc tính điển hình của mỏ cát chứa dầu (độ xốp 0,3; độ thấm ngang 2200 mD, độ thấm thẳng đứng 1100 mD, độ dày 37 m, độ bão hòa dầu 0,7; áp suất ban đầu 2800 kPa, nhiệt độ ban đầu 13 độ C, tỷ lệ khí-dầu trong dung dịch ban đầu là $10 \text{ m}^3/\text{m}^3$). Trong mô hình này, sơ đồ phản ứng được minh họa trên Fig.7 được sử dụng.

Fig.9B minh họa cơ chế vận hành trong đó có ba tốc độ dòng khác nhau của oxy được bơm vào mỏ. Trong các trường hợp A, B và C, tốc độ bơm oxy lần lượt là 17,5; 1,05 và 1,75 triệu scf/ngày.

Fig.9C thể hiện thể tích hydro khai thác được từ mỏ tương ứng với các trường hợp A, B và C. Thể tích hydro tích lũy khai thác được sau 700 ngày vận hành là 104, 37 và 44 triệu scf hydro.

Fig.9D thể hiện ví dụ về sự phân bố nhiệt độ trong mặt phẳng ngang-thẳng đứng của các giếng bơm và giếng khai thác đối với trường hợp A. Các kết quả này cho thấy khi oxy được bơm vào trong mỏ, vùng phản ứng được tạo ra bên trong mỏ. Vùng phản ứng này được đặc trưng bởi vùng có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ ban đầu bên trong mỏ. Các kết quả cho thấy rằng nhiệt độ tăng lên trên 450 độ C và ở trước phản ứng, nhiệt độ lên cao đến 900 độ C. Với nhiệt độ trên 400 độ C, phản ứng khí hóa xảy ra trong vùng nóng để tạo ra hydro là loại khí duy nhất được khai thác bằng cách đưa qua giếng khai thác bên trên lên mặt đất. Trong vùng nóng xung quanh giếng bơm, dầu nóng được dẫn ra và tích tụ xung quanh giếng bơm, do đó cung cấp thêm nhiên liệu cho các phản ứng xảy ra xung quanh giếng bơm.

Các ví dụ nêu trên minh họa các phương pháp được lấy làm ví dụ để thực hiện phản ứng khí hóa tại chỗ bên trong mỏ trong đó màng được sử dụng trong giếng khai thác để khai thác hydro lên mặt đất.

Hydro được tạo ra theo các phương pháp nêu ở đây có thể được sử dụng trong các pin nhiên liệu ở mặt đất để tạo năng lượng, hoặc được đốt để tạo ra hơi có thể được sử dụng để tạo năng lượng hoặc dùng cho các quy trình thu hồi dầu tại chỗ khác, hoặc được bán để làm nguyên liệu công nghiệp.

Như đã nêu rõ ràng ở trên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể xác định rõ ràng các phương án hiển nhiên có khả năng mang lại chức năng như được mô tả và tất cả các phương án và các cơ cấu chức năng tương đương đều được coi là thuộc phạm vi của sáng chế.

Trừ khi ngữ cảnh yêu cầu khác một cách rõ ràng, trong toàn bộ phần mô tả và yêu cầu bảo hộ thì:

- “bao gồm”, “chứa”, và các từ tương tự được cấu trúc theo nghĩa bao hàm, ngược lại với nghĩa loại trừ hoặc riêng biệt; có nghĩa là, “bao gồm, nhưng không giới hạn ở”.
- “liên kết”, “ghép cặp” hoặc cách diễn đạt biến thể bất kỳ của chúng, có nghĩa là sự liên kết hoặc ghép cặp bất kỳ, trực tiếp hoặc gián tiếp, giữa hai hoặc nhiều yếu tố; việc ghép cặp hoặc liên kết giữa các yếu tố có thể là theo cách vật lý, logic hoặc sự kết hợp của chúng.
- “ở đây”, “nêu trên”, “dưới đây” và các từ tương tự, khi được sử dụng để mô tả bản mô tả này thì sẽ đề cập đến toàn bộ bản mô tả và không chỉ cụ thể bất kỳ phần nào của bản mô tả.
- “hoặc”, dùng để chỉ việc tham khảo trong danh sách hai hoặc nhiều đối tượng, bao hàm tất cả các cách diễn đạt: đối tượng bất kỳ trong danh sách, tất cả các đối tượng trong danh sách và sự kết hợp bất kỳ của các đối tượng trong danh sách.
- các dạng số ít cũng bao gồm nghĩa của các dạng số nhiều thích hợp.

Các từ chỉ hướng như “thẳng đứng”, “ngang”, “nằm ngang”, “hướng lên trên”, “hướng xuống dưới”, “phía trước”, “phía sau”, “bên trong”, “bên ngoài”, “trái”, “phải”, “trước”, “sau”, “trên”, “dưới”, “dưới đây”, “trên đây”, “ở dưới”, và các từ tương tự, được sử dụng trong bản mô tả này và các yêu cầu bảo hộ kèm theo (khi có mặt) phụ thuộc vào hướng cụ thể của thiết bị được mô tả hoặc được minh họa. Đối tượng được mô tả ở đây có thể có các hướng khác nhau. Theo đó, các thuật ngữ chỉ hướng này không được định nghĩa một cách chặt chẽ và không nên hiểu theo nghĩa hẹp.

Các ví dụ cụ thể về các phương pháp và hệ thống đã được mô tả ở đây với mục đích minh họa. Chúng chỉ là các ví dụ. Kỹ thuật được đề xuất ở đây có thể được áp dụng trong các hoàn cảnh khác với hoàn cảnh được lấy làm ví dụ ở đây. Các thay thế, cải biến, bổ sung, loại bỏ và hoán vị có thể được chấp nhận khi thực hành sáng chế. Sáng chế này bao gồm các biến thể của các phương án được mô tả mà sẽ là rõ ràng đối với

người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, bao gồm các biến thể thu được bằng cách: thay thế các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác bằng các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác tương đương; trộn lẫn và ghép các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác từ các phương án khác nhau; kết hợp các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác từ các phương án được mô tả ở đây với các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác của kỹ thuật khác; và/hoặc loại bỏ các dấu hiệu, yếu tố và/hoặc thao tác từ các phương án được mô tả khác.

Phần mô tả nêu trên chỉ được coi là minh họa cho các nguyên tắc của sáng chế. Phạm vi của các yêu cầu bảo hộ không nên bị hạn chế bởi các phương án được lấy làm ví dụ nêu trên, nhưng cần hiểu theo nghĩa rộng nhất để thống nhất với toàn bộ bản mô tả.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp khai thác hydro từ mỏ dầu mỏ, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:
 - a. tạo ra giếng từ mặt đất đến mỏ;
 - b. đặt trong giếng ít nhất một màng cho hydro thấm qua được cấu tạo từ hợp kim paladi-đồng hoặc hợp kim paladi-bạc;
 - c. gia nhiệt mỏ để tạo điều kiện cho ít nhất một phản ứng trong số các phản ứng khí hóa, chuyển đổi nước-khí, và nhiệt phân trong nước xảy ra giữa hydrocacbon dầu mỏ và nước trong mỏ để tạo ra dòng khí chứa hydro;
 - d. làm chậm việc cho dòng khí đi vào giếng và việc tiếp xúc của dòng khí với ít nhất một màng cho hydro thấm qua để khai thác được nhiều khí hydro bên trong mỏ hơn; và
 - e. cho phép dòng khí đi vào giếng và tiếp xúc với ít nhất một màng cho hydro thấm qua, sao cho ít nhất một màng cho hydro thấm qua cho phép chỉ riêng hydro trong dòng khí đi lên mặt đất.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước gia nhiệt mỏ bao gồm bước bơm chất oxy hóa vào trong mỏ để oxy hóa ít nhất một số hydrocacbon dầu mỏ bên trong mỏ.
3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước gia nhiệt mỏ bao gồm bước tạo ra sóng điện từ hoặc sóng có tần số vô tuyến bằng anten có sóng điện từ hoặc tần số vô tuyến được đặt bên trong mỏ.
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước gia nhiệt mỏ bao gồm bước bơm nguyên liệu nóng vào trong mỏ.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước gia nhiệt mỏ bao gồm bước tạo ra nhiệt bằng cách sử dụng hệ thống gia nhiệt dựa trên điện trở (thuần trở) được đặt bên trong mỏ.
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó ít nhất một màng cho hydro thấm qua tiếp xúc với lớp gốm để tạo thành cụm bố trí màng.
7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó lớp gốm nằm ở bên trong hoặc bên ngoài của ít nhất một màng cho hydro thấm qua.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước làm chậm bao gồm bước làm chậm trong

khoảng thời gian từ 1 tuần đến 12 tháng.

9. Phương pháp theo điểm 3, trong đó bước gia nhiệt bằng chất điện môi được sử dụng cho bước gia nhiệt mở, trong đó bức xạ điện từ có tần số nằm trong khoảng từ 60 Hz đến 1000 GHz.

10. Phương pháp theo điểm 5, trong đó hệ thống gia nhiệt dựa trên điện trở (thuần trở) được sử dụng để gia nhiệt mở đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 200 đến 800 độ C.

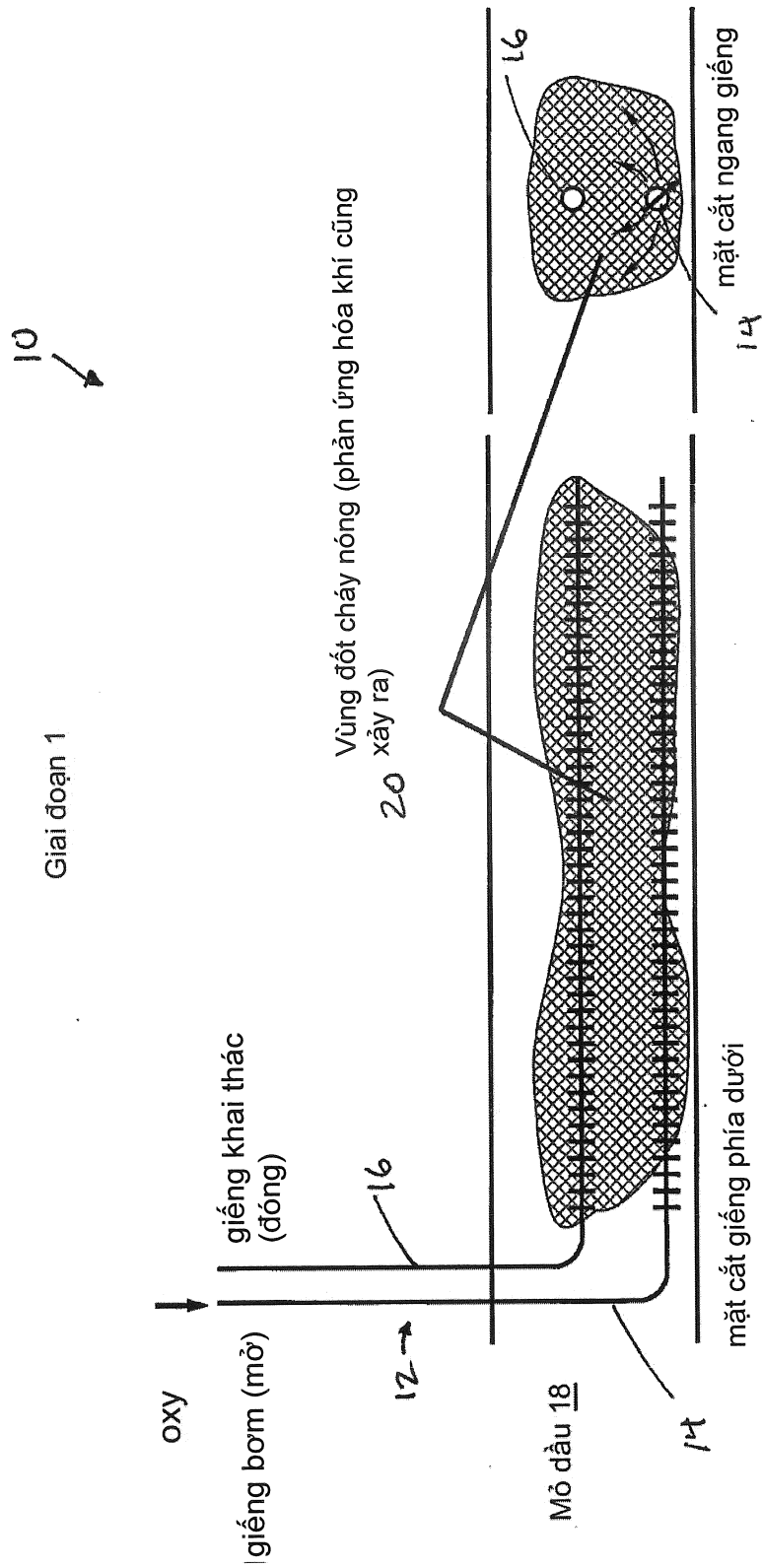


FIG. 1A

30

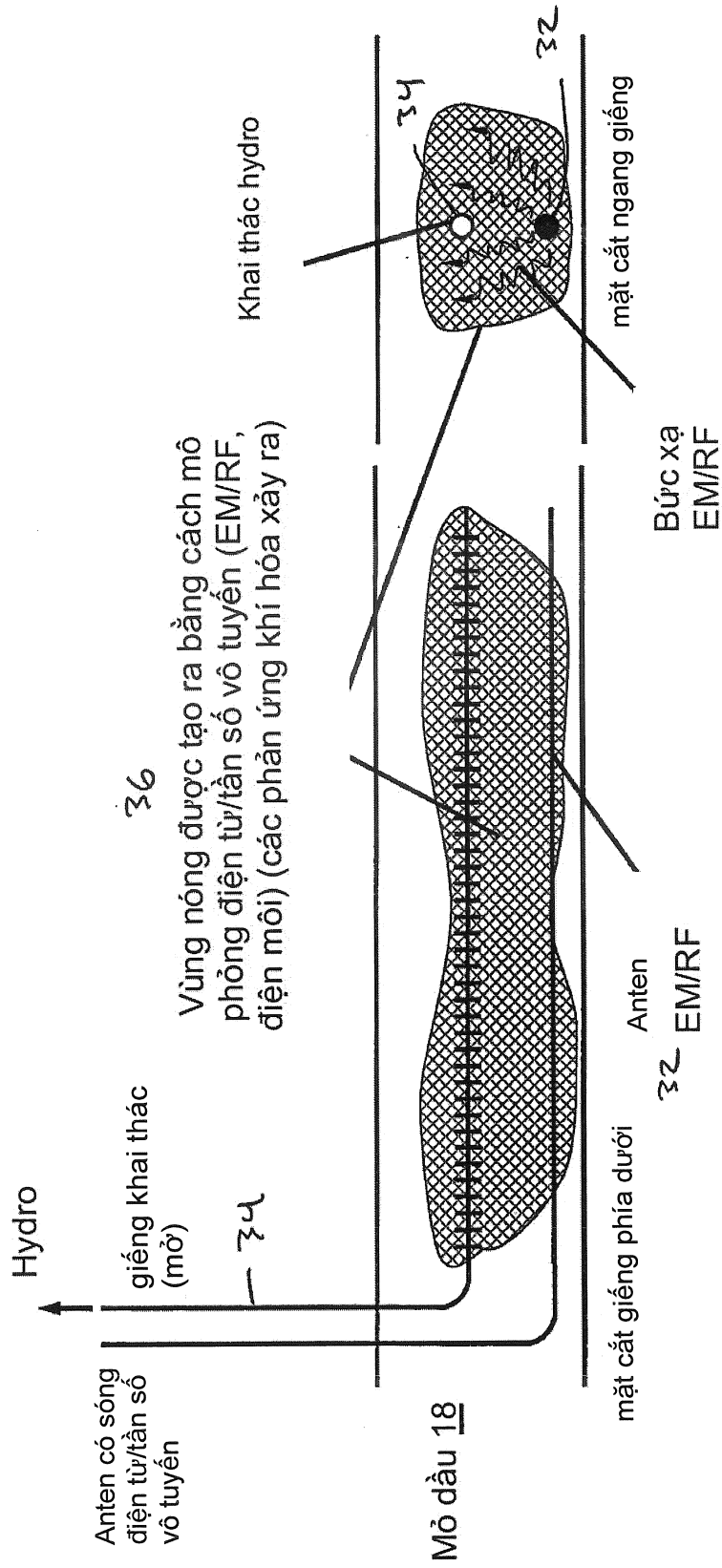


FIG. 2

40



Vùng nóng được tạo ra bằng cách mô phỏng điện từ/tần số vô tuyến (EM/RF, điện môi) (các phản ứng khí hóa xảy ra)

Giếng khai thác hydro 42

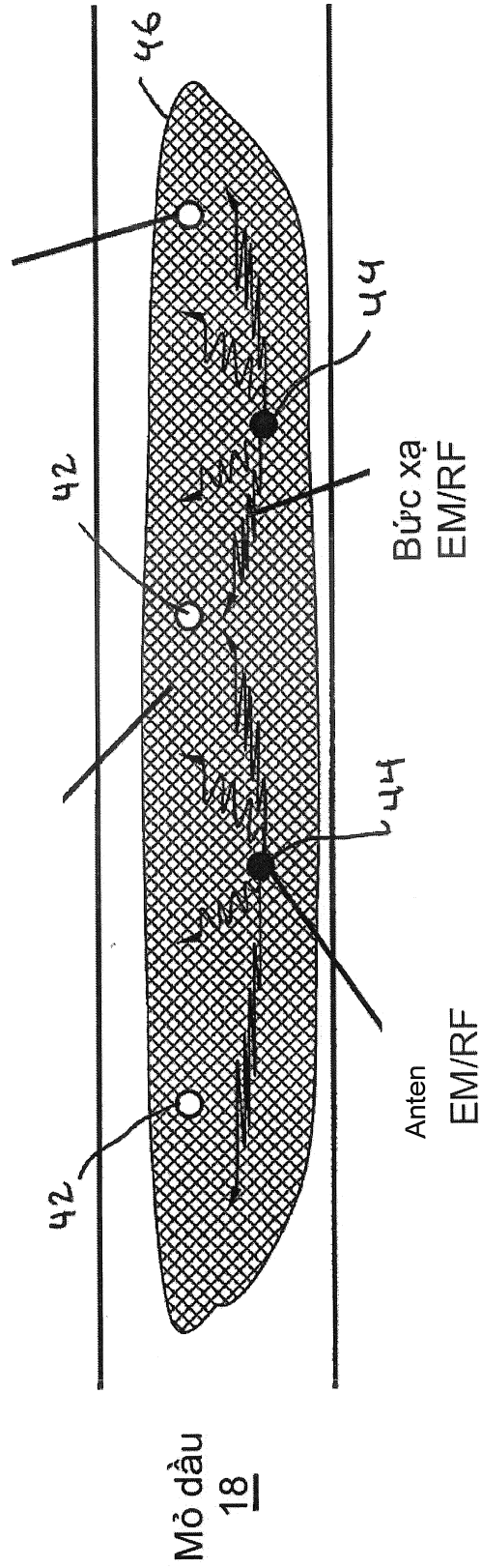


FIG. 3

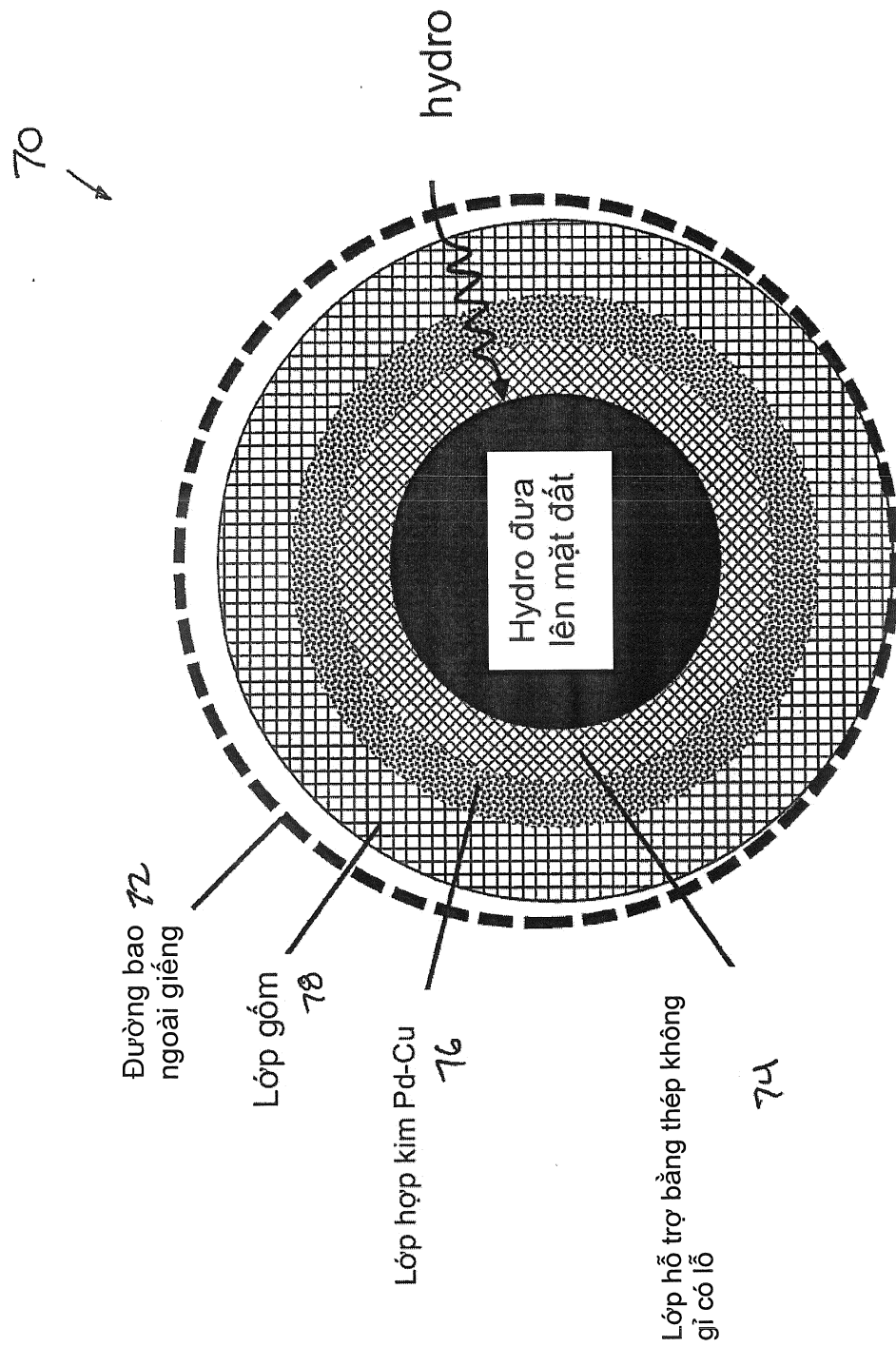


FIG. 4A

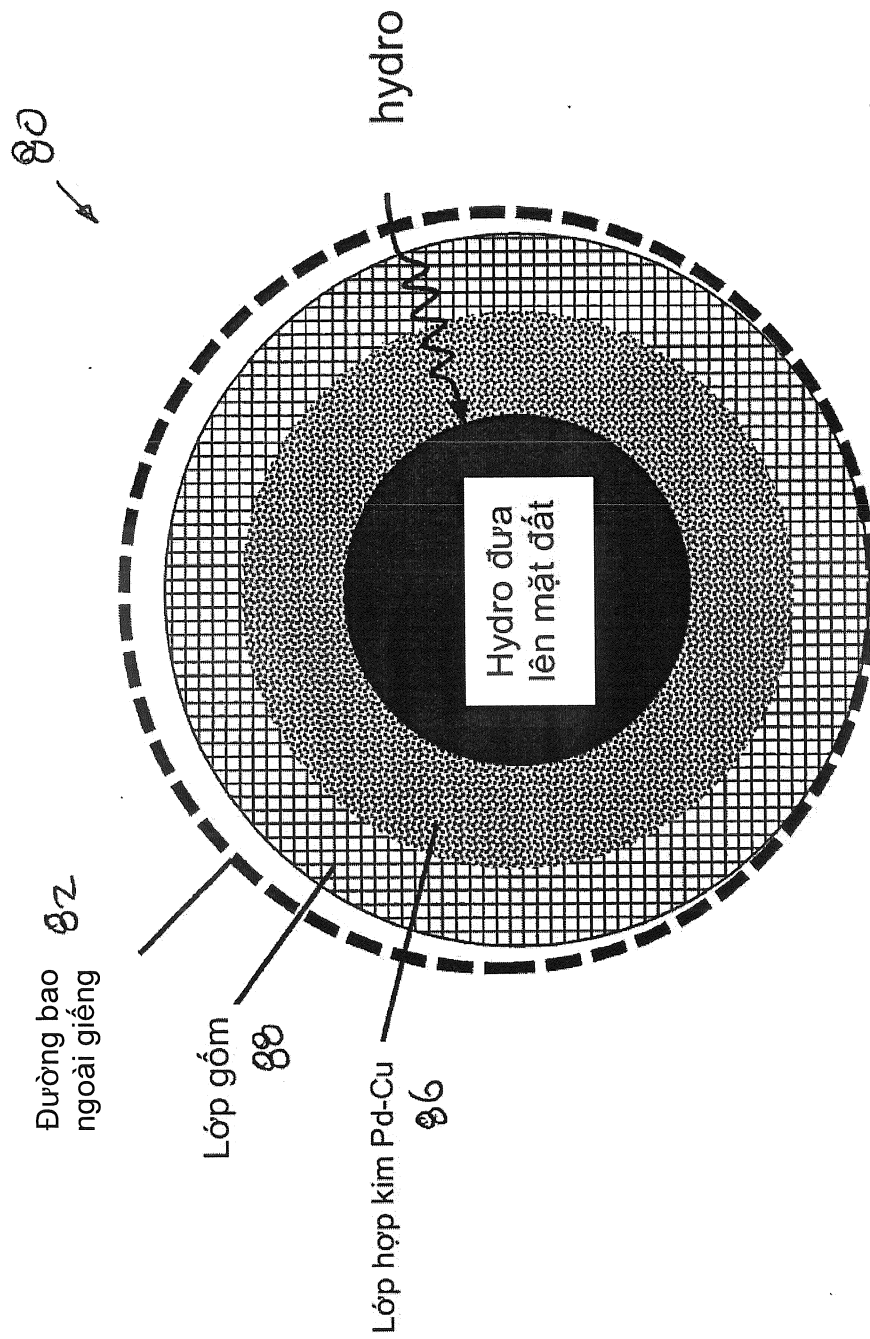


FIG. 4B

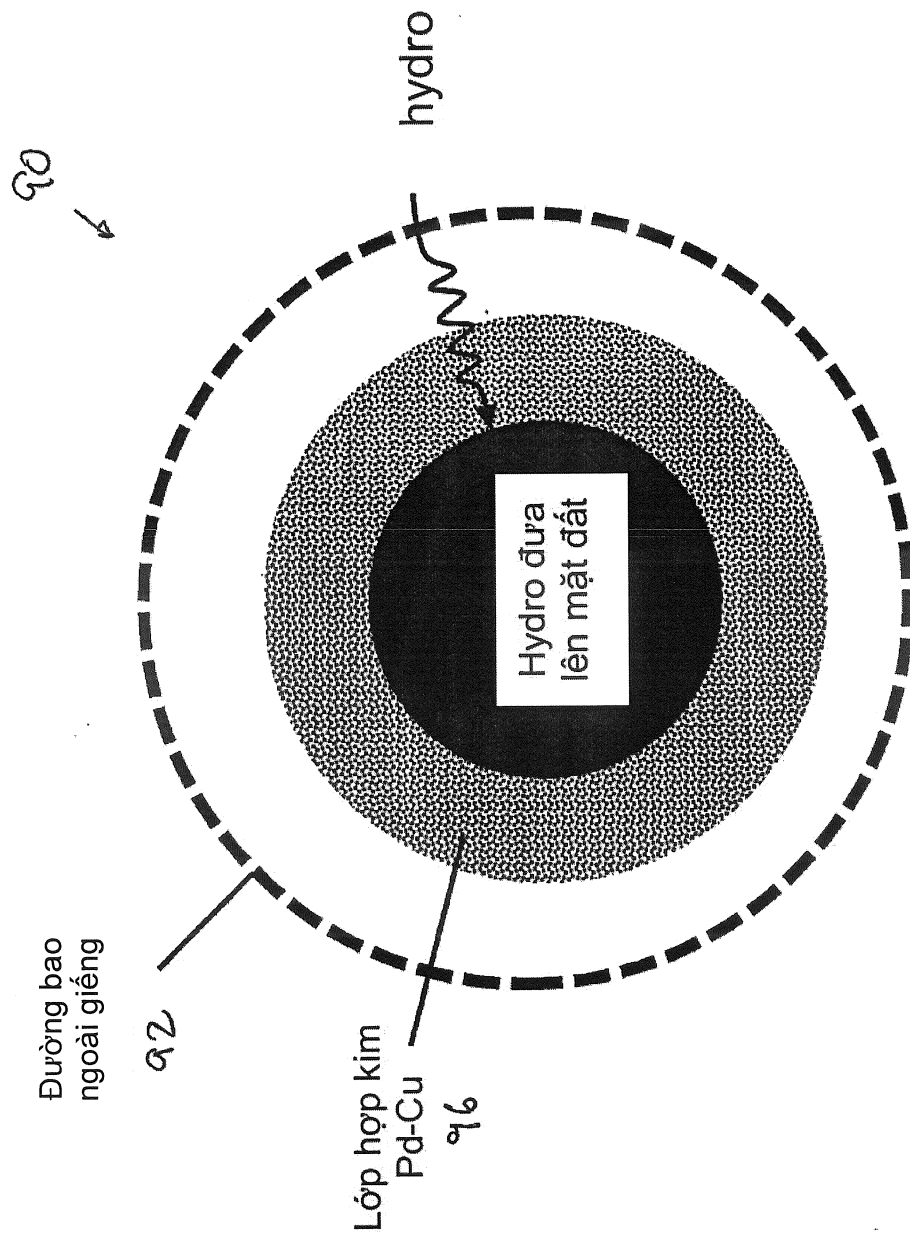


FIG. 4C

50

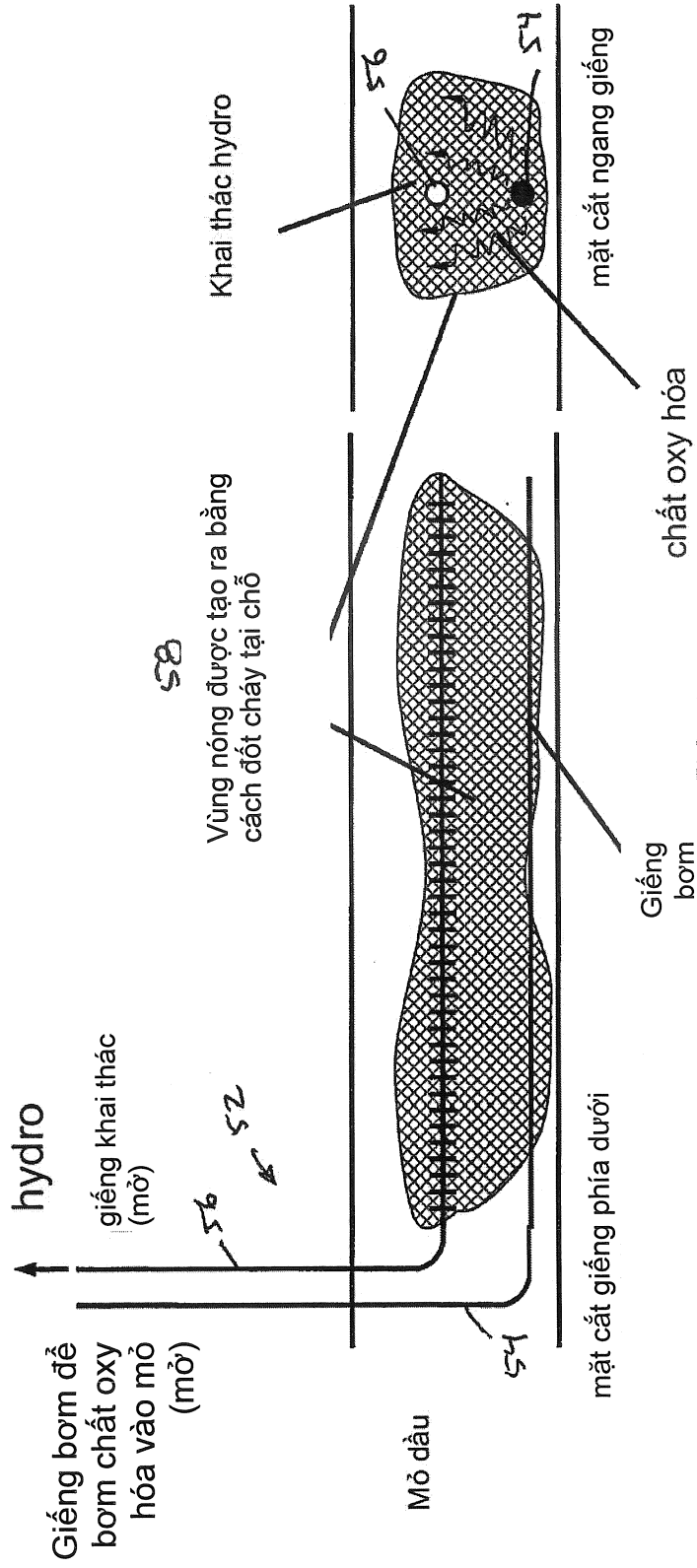


FIG. 5

10/17

60

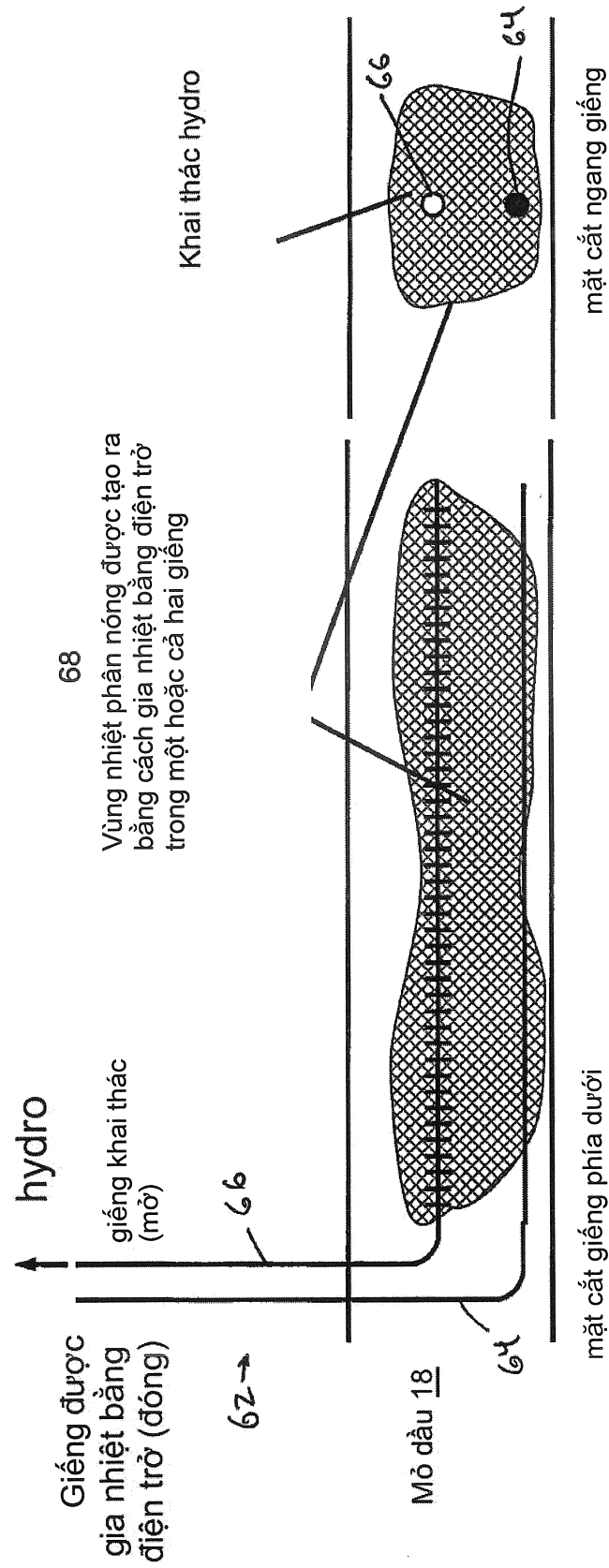


FIG. 6

11/17

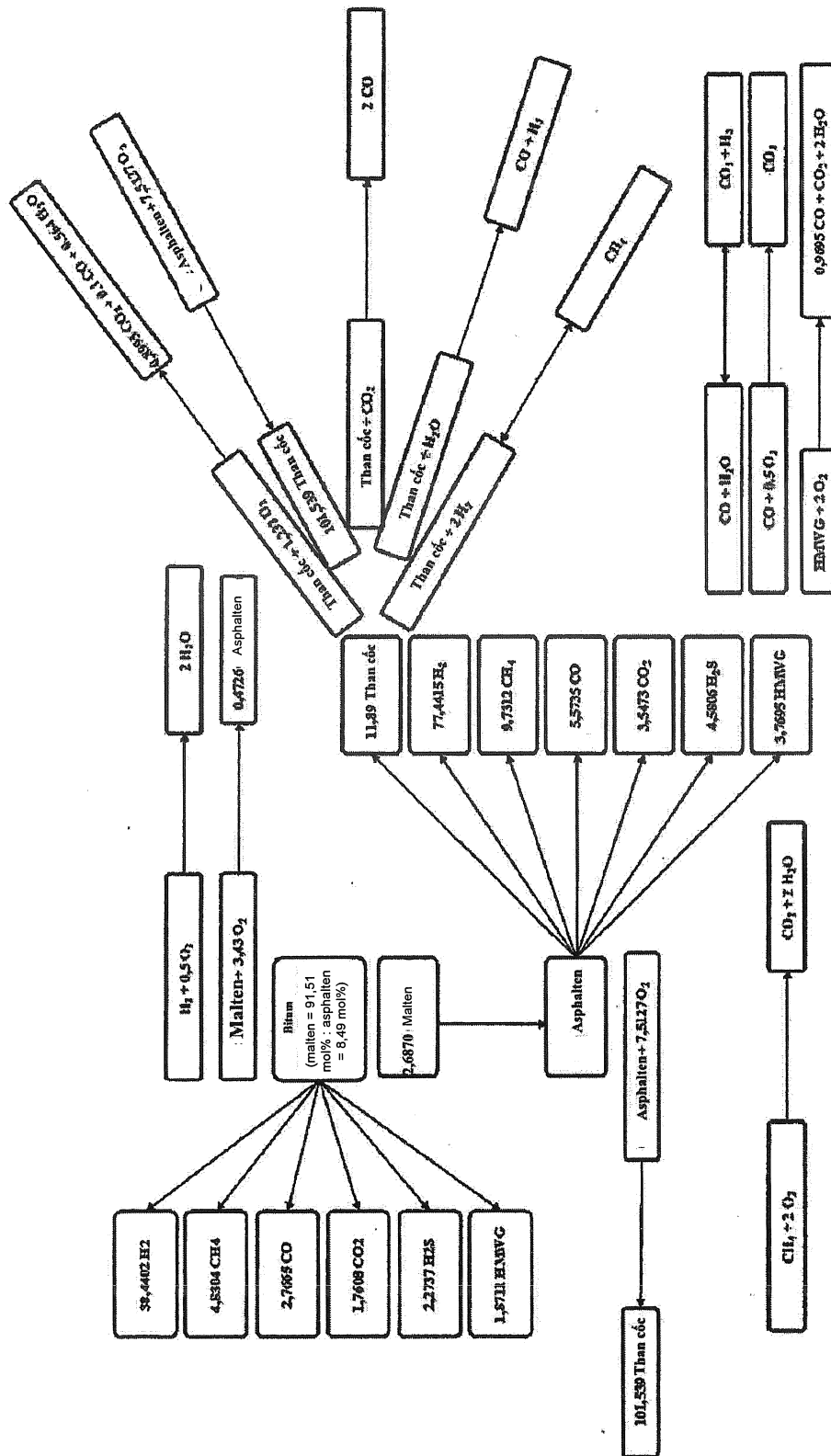


FIG. 7

12/17

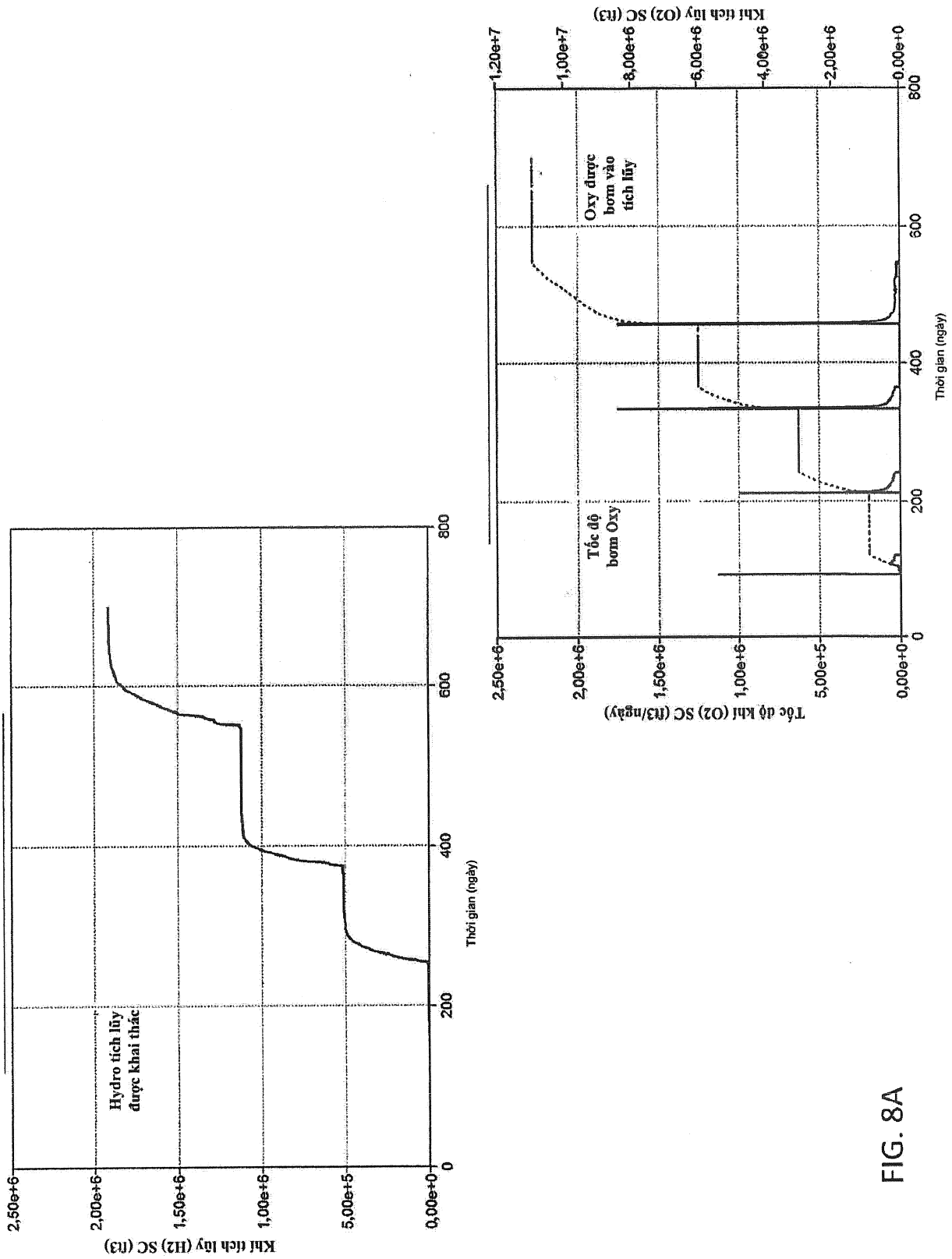


FIG. 8A

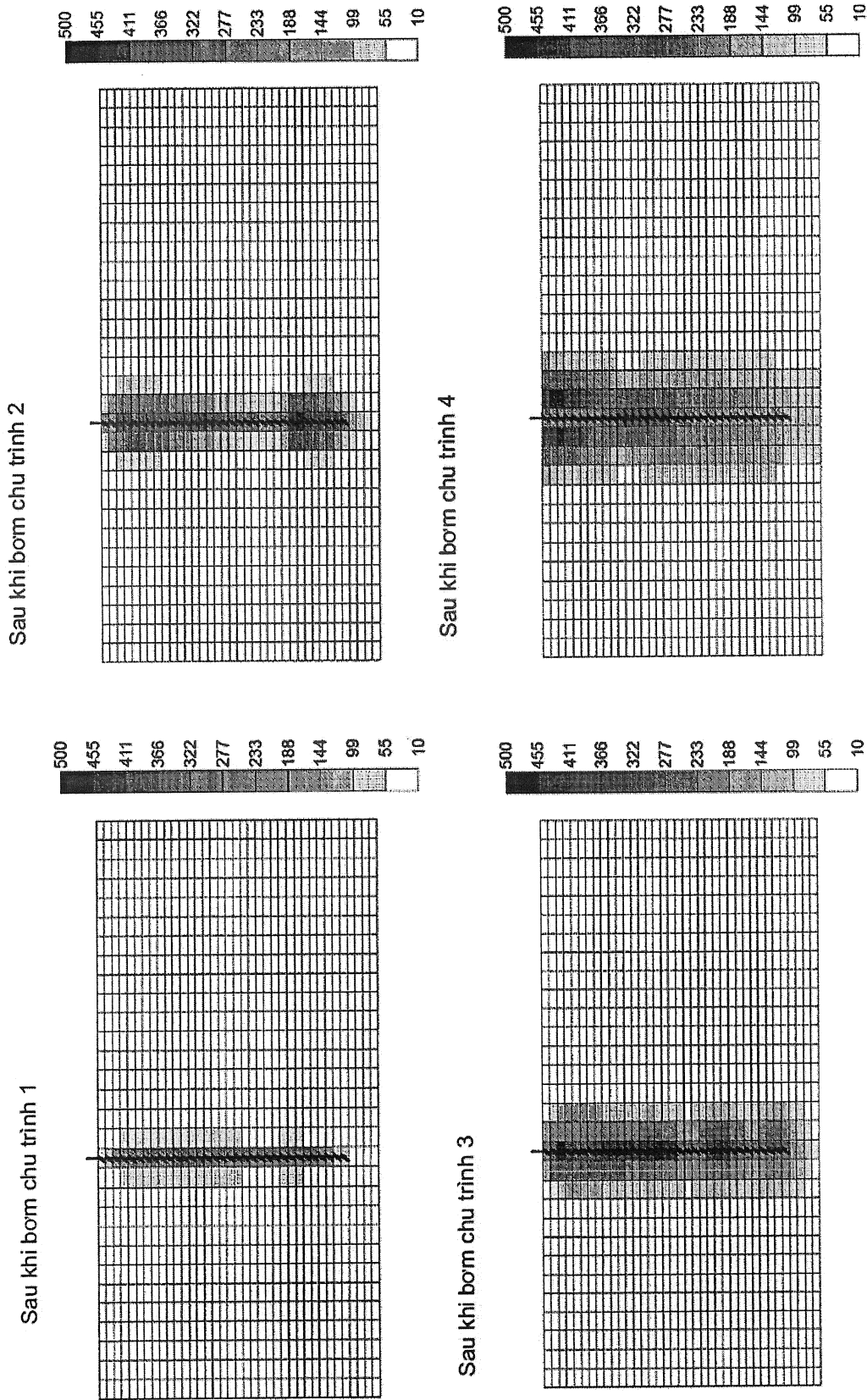


FIG. 8B

Kết cấu giếng các trường hợp A, B, C

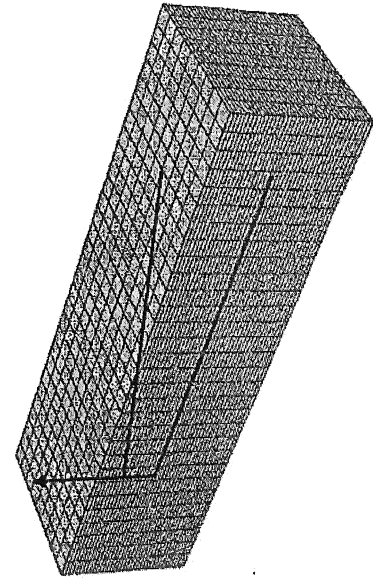
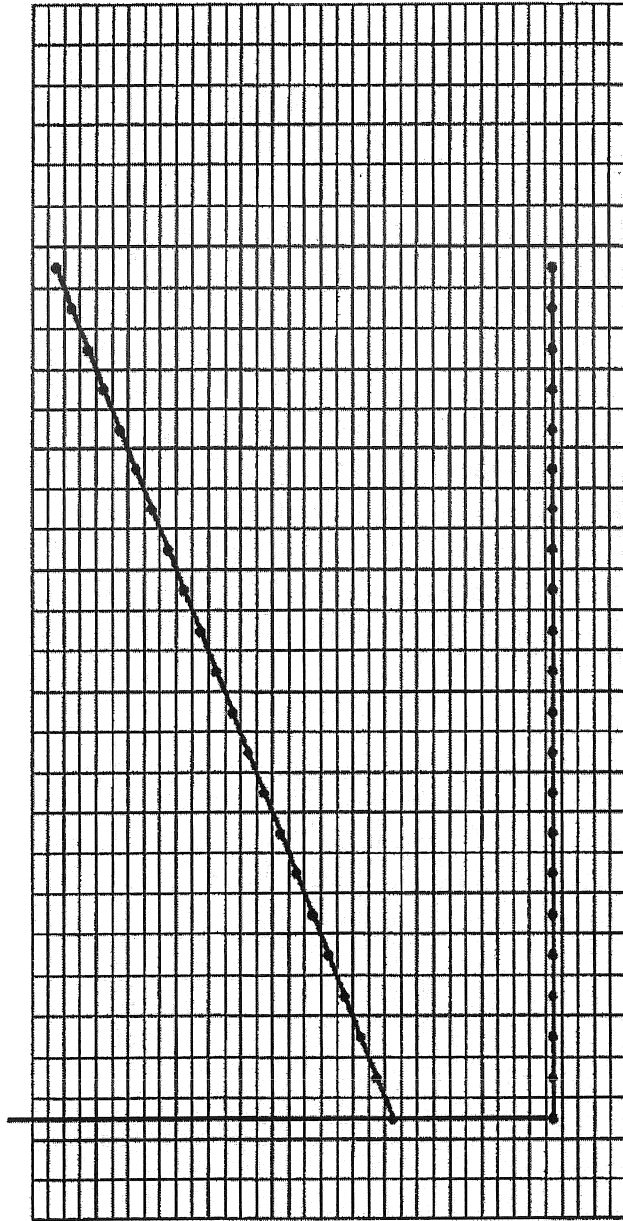


FIG. 9A

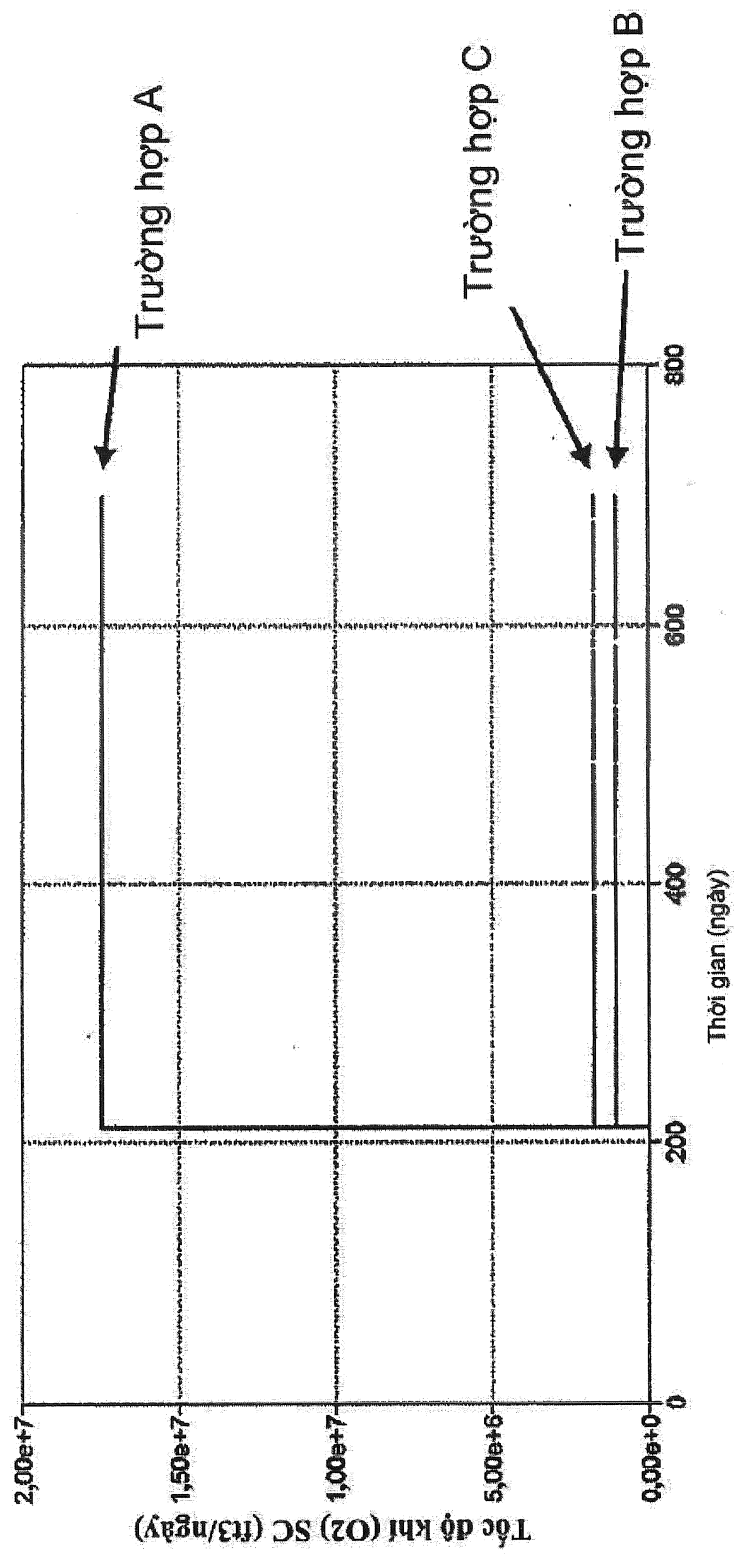


FIG. 9B

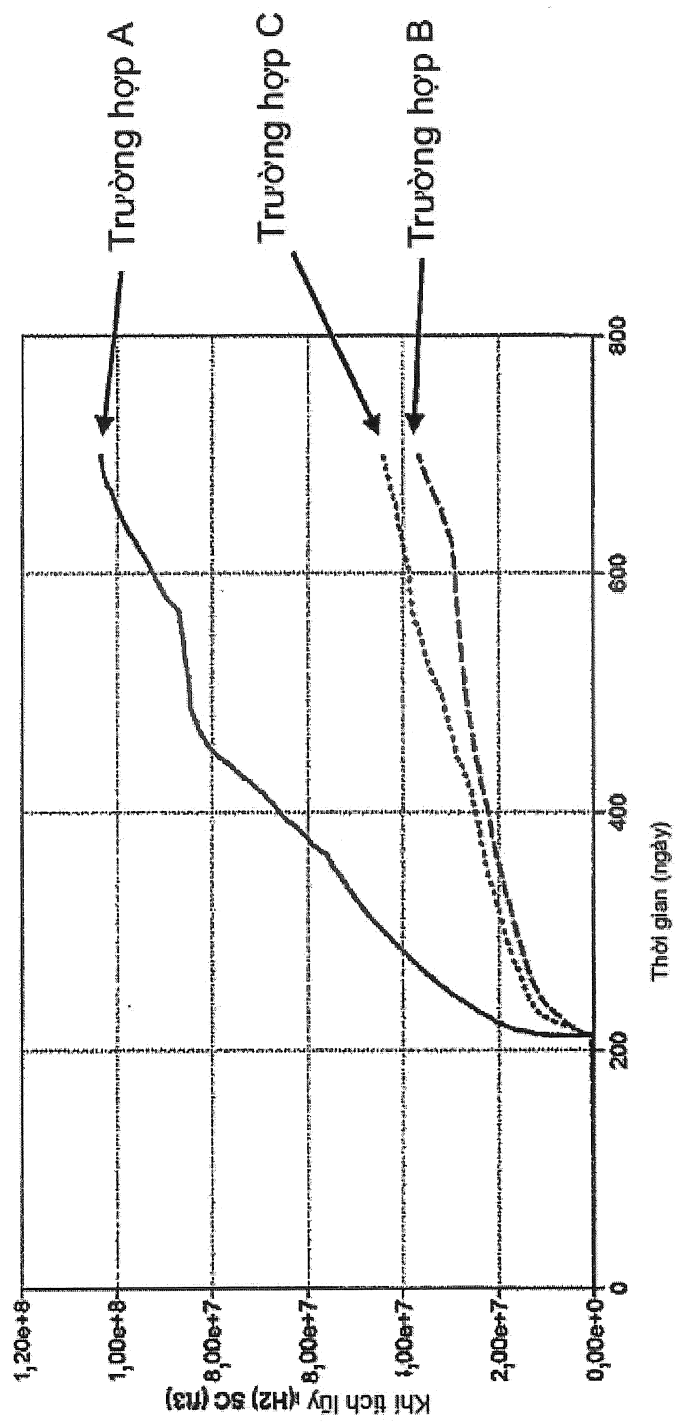
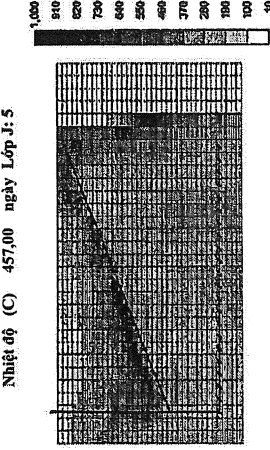
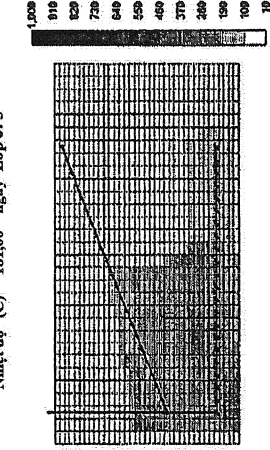
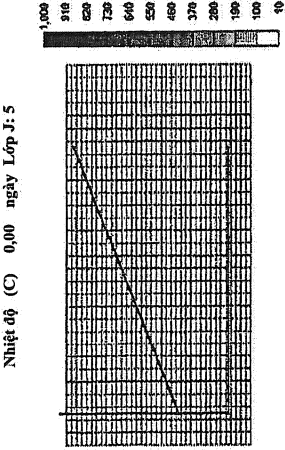
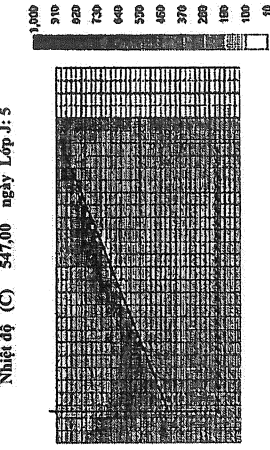
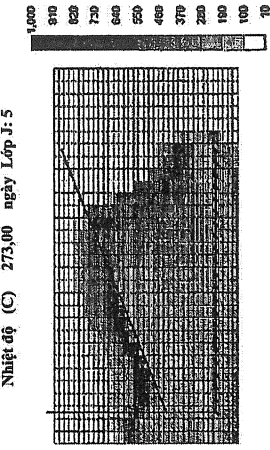
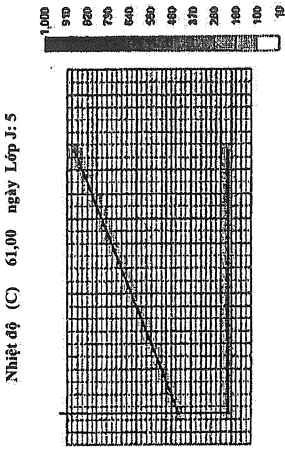
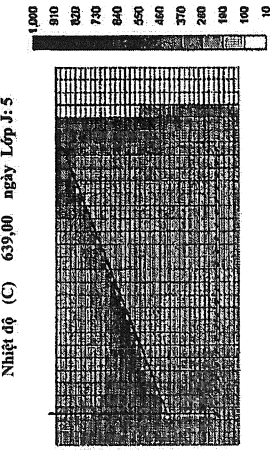
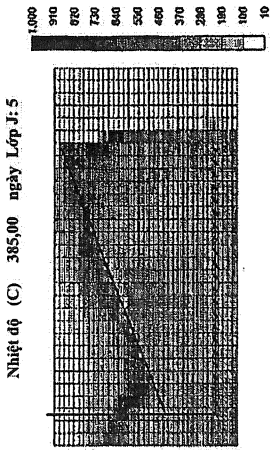
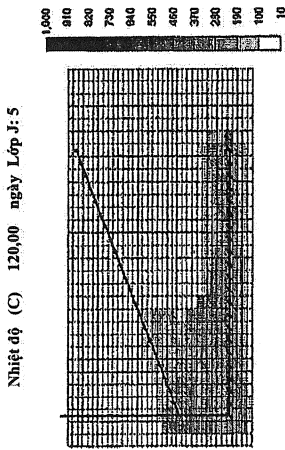


FIG. 9C



Trường hợp A

FIG. 9D