



(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)



1-0025302

(51)⁷ F02C 9/00

(13) B

(21) 1-2011-03649

(22) 03/06/2010

(86) PCT/US2010/037325 03/06/2010

(87) WO 2010/141777 09/12/2010

(30) 61/184,584 05/06/2009 US

(45) 25/09/2020 390

(43) 25/04/2012 289A

(73) EXXONMOBIL UPSTREAM RESEARCH COMPANY (US)

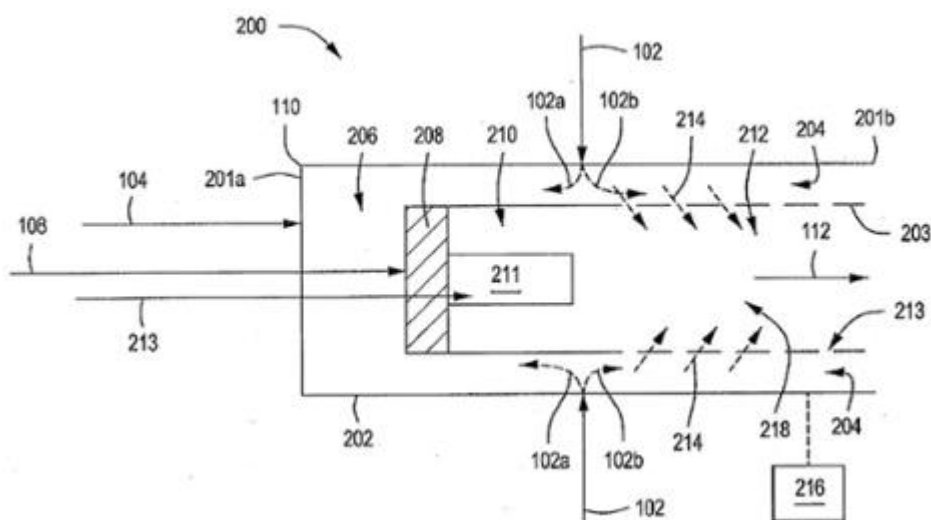
P.O. Box 2189, Corp-URC-SW359, Houston, Texas 77252-2189, US

(72) MITTRICKER, Franklin F. (US); RASMUSSEN, CHAD C (US); DECKMAN, Harry W (US); O'DEA Dennis M (US); NOBEL, David R. (US); SEITZMAN, Jerry M (US); LIEUWEN, Timothy C (US); DHANUKA, Sulabh K (US); HUNTINGTON, Richard (US).

(74) CÔNG TY LUẬT TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN AMBYS HÀ NỘI (AMBYS HANOI)

(54) HỆ THỐNG BUÔNG ĐÓT, HỆ THỐNG MỎ ĐÓT VÀ PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG CÁC HỆ THỐNG NÀY

(57) Sáng chế đề xuất các hệ thống và các phương pháp dùng cho loại phản ứng đốt nhiên liệu với oxy. Theo một hoặc các phương án thực hiện, sáng chế đề xuất hệ thống đốt có thể bao gồm ít nhất hai vùng trộn, trong đó vùng trộn thứ nhất trộn ít nhất một phần oxy và cacbon điôxit để tạo ra hỗn hợp thứ nhất và vùng trộn thứ hai trộn ít nhất một phần hỗn hợp thứ nhất với nhiên liệu để tạo ra hỗn hợp thứ hai. Hệ thống đốt này còn có thể bao gồm vùng đốt được tạo kết cấu để đốt hỗn hợp thứ hai nhằm tạo ra sản phẩm đốt. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, hỗn hợp thứ nhất có thể có tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit thay đổi theo không gian được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống buồng đốt, hệ thống mủ đốt và phương pháp đốt nhiên liệu. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến hệ thống buồng đốt, hệ thống mủ đốt và phương pháp đốt nhiên liệu với oxy.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phần này của bản mô tả nhằm đưa ra một số khía cạnh khác nhau của lĩnh vực kỹ thuật được đề cập, liên quan đến các phương án ví dụ mà sáng chế giải quyết. Các tác giả sáng chế tin tưởng rằng phần thảo luận này sẽ hỗ trợ trong việc cung cấp nền tảng nhằm tạo thuận lợi cho việc hiểu rõ hơn các khía cạnh cụ thể mà sáng chế giải quyết. Do vậy, phần mô tả này cần được hiểu theo nghĩa vừa nêu, và không nhất thiết được coi như là các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Một số giải pháp để giảm lượng khí thải cacbon điôxit (CO_2) là khử cacbon trong nhiên liệu hoặc thu cacbon điôxit sau khi đốt. Tuy nhiên, các giải pháp này đắt tiền và giảm hiệu quả tạo năng lượng dẫn đến mức sản xuất năng lượng giảm, nhu cầu về nhiên liệu tăng, và chi phí điện năng tăng nhằm đáp ứng nhu cầu năng lượng trong nước. Một giải pháp khác là sử dụng tuabin khí nhiên liệu với oxy trong chu kỳ tổ hợp. Tuy nhiên, các tuabin khí có thể vận hành trong chu kỳ này lại không có bán trên thị trường.

Khái niệm nhiên liệu với oxy được dựa trên việc đốt hydrocacbon với oxy (O_2) nguyên chất để tạo ra cacbon điôxit và nước (H_2O). Tuy nhiên, quá trình đốt này lại tạo ra nhiệt độ rất cao nên làm giảm tuổi thọ của buồng đốt và sinh ra muội than cũng như các sản phẩm đốt không mong muốn khác. Do đó, có thể cân nhắc đến việc dùng một số loại khí làm mát.

Nhiều loại chu kỳ khác nhau đã được đề xuất và nghiên cứu sử dụng cacbon điôxit hoặc hơi làm khí có lưu lượng lớn đi qua tuabin thay cho không khí. Một số thử nghiệm trong phòng thí nghiệm cơ sở đã được tiến hành để hiểu rõ hơn các tính chất

vật lý của quy trình đốt trong các cách sắp xếp nhiên liệu với oxy này. Trong khi một số quy trình thử nghiệm đã thực hiện được các cách sắp xếp nhiên liệu với oxy trên nền hơi, việc thiết kế và vận hành tuabin khí nhiên liệu với oxy với chất lưu hoạt động cùng cacbon đioxit cho các ứng dụng thương mại đã không thực hiện được. Thiết kế buồng đốt dùng cho tuabin khí loại cacbon đioxit mới chỉ phát triển ở mức độ thử nghiệm trên quy mô phòng thí nghiệm.

Trước đây, các thách thức liên quan đến việc thiết kế và tiến hành trộn cacbon đioxit với oxy rồi đốt trong buồng đốt tuabin khí thực tế chưa từng được đề cập đến. Khác với hơi, cacbon đioxit gây hiệu ứng ức chế cho quy trình đốt nên cần đến một thiết kế độc đáo để xử lý tốc độ lửa nhỏ hơn do hiệu ứng ức chế này gây ra. Cacbon đioxit còn phát ra nhiều năng lượng hơn so với nitơ hoặc hơi, nên dẫn đến khả năng làm nóng trước các chất phản ứng thông qua việc truyền nhiệt phát xạ. Một nhược điểm nữa là mức độ tự do bổ sung trong buồng đốt nhiên liệu với oxy do tỷ lệ oxy trên nhiên liệu có thể được kiểm soát một cách độc lập đối với nhiệt độ ngọn lửa, vốn phụ thuộc nhiều vào tỷ lệ oxy trên cacbon đioxit.

Do mức độ tự do bổ sung trong các hệ thống đốt nhiên liệu với oxy, lưu lượng oxy có thể được kiểm soát một cách độc lập với chất pha loãng trơ (hơi hoặc cacbon đioxit). Đây không phải là trường hợp của tuabin khí sử dụng không khí thông thường có tỷ lệ cố định xấp xỉ 3,76 phân tử nitơ trơ với mỗi phân tử oxy trong dòng oxy hóa. Một thách thức khác của buồng đốt nhiên liệu với oxy là ở chỗ oxy là mặt hàng quý và phải được điều chế từ các quy trình bất kỳ tốn nhiều năng lượng, đắt tiền, như quy trình tách không khí, thiết bị tách bằng màng đặc biệt, hoặc một số quy trình khác như điện phân nước chẳng hạn. Các tuabin khí thông thường có đường dòng không khí được thiết kế để tách dòng không khí sao cho một phần được dùng cho phản ứng đốt còn phần thứ hai được dùng để làm nguội các sản phẩm đốt và lớp lót của buồng đốt. Điều này dẫn đến dòng xả chứa trên 10% oxy.

Công bố đơn quốc tế số WO2010/044958 được kết hợp vào trong sáng chế này bằng cách viện dẫn đến toàn bộ nội dung của đơn này với tất cả các mục đích, đề xuất phương pháp và hệ thống kiểm soát các sản phẩm đốt bằng cách sử dụng hệ thống kiểm soát dòng và các cảm biến để duy trì quá trình đốt theo hệ số tỷ lệ. Tuy

nhiên, giải pháp này lại không giải quyết các vấn đề về kết cấu chi tiết trong buồng đốt.

Do đó, cần có hệ thống và phương pháp cải tiến để có được quá trình đốt về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng trong phản ứng đốt kiểu nhiên liệu với oxy.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp dùng cho phản ứng đốt kiểu nhiên liệu với oxy. Theo ít nhất một phương án thực hiện cụ thể, sáng chế đề xuất hệ thống buồng đốt có thể bao gồm buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, và thể tích hình vành khăn tạo thành giữa vỏ ngoài và vỏ trong kéo dài từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai; cửa nạp cacbon điôxit được tạo kết cấu để nạp cacbon điôxit vào buồng đốt; cửa nạp oxy được tạo kết cấu để nạp oxy vào buồng đốt; vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit với ít nhất một phần oxy bất kỳ được nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit; cửa nạp nhiên liệu được tạo kết cấu để nạp nhiên liệu vào buồng đốt; vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để trộn hỗn hợp thứ nhất với nhiên liệu để tạo ra hỗn hợp thứ hai gồm oxy, cacbon điôxit, và nhiên liệu; và vùng đốt được tạo kết cấu để đốt hỗn hợp thứ hai để tạo ra sản phẩm đốt. Phần cacbon điôxit bất kỳ thứ hai được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit có thể đi qua một hoặc nhiều lỗ hồng được bố trí xuyên qua vỏ trong rồi trộn và làm nguội sản phẩm đốt.

Theo ít nhất một phương án cụ thể khác, sáng chế đề xuất hệ thống buồng đốt bao gồm buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, mỏ đốt có mặt mỏ đốt, và vùng đốt; cửa nạp cacbon điôxit, cửa nạp oxy, và cửa nạp nhiên liệu; và vùng trộn được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit và ít nhất một phần oxy bất kỳ nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit. Hỗn hợp thứ nhất có thể có tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit thay đổi theo không gian ngang qua mặt mỏ đốt được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Theo ít nhất một phương án thực hiện cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm bước trộn oxy và cacbon điôxit trong vùng trộn thứ nhất của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ nhất. Hỗn hợp thứ nhất và nhiên liệu có thể được trộn trong vùng trộn thứ hai của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ hai. Ít nhất một phần nhiên liệu trong hỗn hợp thứ hai có thể được đốt để tạo ra sản phẩm đốt.

Theo ít nhất một phương án cụ thể khác, sáng chế đề xuất phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm bước thay đổi tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit theo không gian ngang qua mặt mở đốt của buồng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong buồng đốt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các ưu điểm nêu trên và khác nữa của hệ thống và phương pháp do sáng chế đề xuất có thể trở nên rõ ràng khi xem xét phần mô tả chi tiết và các hình vẽ kèm theo thể hiện sáng chế theo các phương án thực hiện, trong đó:

Hình 1 là hình vẽ dạng biểu đồ thể hiện không gian vận hành với tỷ lệ đương lượng (ϕ) so với nhiệt độ ngọn lửa.

Hình 2 là hình vẽ dạng biểu đồ thể hiện các điều kiện thổi tắt ngọn lửa thử nghiệm để đốt metan (CH_4) trong cacbon điôxit/oxy (CO_2/O_2), đốt metan trong nitơ/oxy (N_2/O_2), và hệ đường cơ sở để đốt metan trong không khí tại tỷ lệ đương lượng (ϕ) trên hình 1.

Các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3F là các hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt theo một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế.

Các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C là các hình vẽ thể hiện ba buồng đốt minh họa có thể dùng kết hợp với hệ thống theo các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3F.

Hình 5A và Hình 5B là các hình vẽ thể hiện kết cấu minh họa của buồng đốt theo các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C.

Hình 6A và hình 6B là các hình vẽ thể hiện buồng đốt theo các phương án thực hiện sáng chế khác với buồng đốt trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C.

Các hình từ Hình 7A đến Hình 7D là các hình vẽ thể hiện buồng đốt theo các phương án thực hiện khác của sáng chế khác với buồng đốt trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C.

Hình 8 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện buồng đốt kiểu chùm ống được cấu hình để sử dụng một hoặc nhiều bộ phận của buồng đốt theo các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C.

Hình 9 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện buồng đốt kiểu bẫy xoáy được tạo kết cấu để sử dụng một hoặc nhiều bộ phận của buồng đốt theo các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C.

Hình 10A và Hình 10B là các biểu đồ thể hiện phương pháp vận hành buồng đốt theo các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 9.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong phần mô tả chi tiết dưới đây, một số phương án thực hiện cụ thể của sáng chế sẽ được mô tả kết hợp với các phương án thực hiện ưu tiên, thay thế và minh họa. Tuy nhiên, trong phạm vi mà phần mô tả dưới đây thể hiện sáng chế theo một phương án thực hiện cụ thể hoặc cách sử dụng cụ thể hệ thống và phương pháp do sáng chế đề xuất, thì phần mô tả này chỉ nhằm mục đích minh họa và đơn thuần là mô tả sáng chế theo các phương án thực hiện cụ thể. Do vậy, sáng chế không chỉ giới hạn ở các phương án thực hiện cụ thể được mô tả dưới đây, mà nó còn bao gồm tất cả các thay thế, biến thể và biến đổi tương đương trong phạm vi bảo hộ được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Định nghĩa thuật ngữ

Các thuật ngữ khác nhau được sử dụng trong bản mô tả này được định nghĩa dưới đây. Trong phạm vi mà thuật ngữ được sử dụng trong các điểm yêu cầu bảo hộ không được định nghĩa dưới đây, nó sẽ được hiểu với nghĩa rộng nhất mà người có

hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cho rằng thuật ngữ đó được thể hiện trong ít nhất một công bố bằng văn bản hoặc một bằng sáng chế đã được cấp.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, quán từ số ít đề cập đến một hoặc nhiều thực thể mà nó đứng trước. Do vậy, các thuật ngữ "một hoặc nhiều", và "ít nhất một" có thể được sử dụng thay thế lẫn nhau trong bản mô tả này trừ khi có hạn chế được nêu ra một cách cụ thể.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "mỏ đốt" đề cập đến bộ phận bằng ngũ kim được tạo ra bởi ít nhất một dụng cụ giữ lửa và vòi phun nhiên liệu.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "vùng đốt" đề cập đến thể tích hoặc vùng không gian, nơi ngọn lửa được định vị và chiếm phần lớn nhiệt, nghĩa là lớn hơn 50% nhiệt tỏa ra từ việc đốt. Phần trước của vùng đốt, nơi các chất phản ứng không cháy đi vào ngọn lửa, có thể và thường chồng lấn với vùng trộn, nơi nhiên liệu đốt và oxy có thể được trộn.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "buồng đốt" đề cập đến một phần của hệ thống buồng đốt bao gồm mỏ đốt, vùng đốt, vỏ ngoài, vỏ trong hoặc "lớp lót của buồng đốt" (các) vùng trộn, và thiết bị có liên quan và thường được thể hiện có đầu hở. Do vậy, buồng đốt có thể được kết hợp với bộ phận dịch chuyển và các dấu hiệu khác nếu được tích hợp vào trong hệ thống, ví dụ, hệ thống tuabin khí.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "vỏ trong" và thuật ngữ "lớp lót của buồng đốt" được sử dụng thay thế lẫn nhau và đề cập đến ống hình trụ (thường có dạng mặt cắt ngang hình tròn và thường, song không nhất thiết, được làm bằng kim loại) tạo ra diện tích dạng vành khăn với vỏ ngoài của buồng đốt và tách dòng cacbon điôxit với số lượng lớn ra khỏi vùng trộn và vùng đốt. Lớp lót của buồng đốt có thể có một hoặc nhiều lỗ được bố trí xuyên qua lớp lót này mà cacbon điôxit có thể chảy từ diện tích dạng vành khăn vào trong vùng đốt để loại bỏ nhiệt ra khỏi bề mặt lớp lót và làm mát sản phẩm đốt.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "vỏ trong thứ cấp" và "lớp lót của buồng đốt thứ cấp" được sử dụng thay thế lẫn nhau và đề cập đến ống hình trụ

(thường có dạng mặt cắt ngang hình tròn và thường, song không nhất thiết, được làm bằng kim loại) được bố trí giữa vỏ ngoài của buồng đốt và vỏ trong của buồng đốt cho một phần chiều dài buồng đốt. Ví dụ, vỏ trong thứ cấp có thể được bố trí giữa vỏ ngoài và vỏ trong và có thể kéo dài từ vị trí ở giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai của buồng đốt về phía đầu thứ hai của buồng đốt. Vỏ trong thứ cấp có thể được nối với vỏ trong và/hoặc bao quanh vỏ trong ở vị trí nằm giữa đầu thứ nhất và đầu thứ hai của buồng đốt.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, động từ "gồm" và "bao gồm" chia ở các ngôi và thời là các thuật ngữ chuyển tiếp mở được sử dụng để chuyển từ chủ ngữ đứng trước thuật ngữ đến một hoặc nhiều yếu tố đứng sau thuật ngữ này, mà ở đó một hoặc các yếu tố được liệt kê sau thuật ngữ chuyển tiếp không nhất thiết là các yếu tố duy nhất bổ nghĩa cho chủ ngữ.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, động từ "chứa" chia ở các ngôi và thời có nghĩa mở tương đương như động từ "gồm" chia ở các ngôi và thời tương ứng. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, động từ "có" chia ở các ngôi và thời có nghĩa mở tương đương như động từ "gồm" chia ở các ngôi và thời tương ứng. Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "bao gồm" chia ở các ngôi và thời có nghĩa mở tương đương như động từ "gồm" chia ở các ngôi và thời tương ứng.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "vùng trộn" đề cập đến thể tích hoặc vùng không gian của buồng đốt, nơi ít nhất hai luồng khí tách biệt có thể được trộn. Cụ thể là, vùng trộn có thể bao gồm vùng trộn ban đầu của ít nhất hai luồng (ví dụ, nơi luồng thứ hai bắt đầu được nạp vào trong luồng thứ nhất) và thể tích mở rộng bất kỳ, nơi hai luồng tiếp tục được trộn với nhau. Thông thường, khoảng cách trộn tăng lên có thể khiến cho việc trộn luồng thứ nhất và luồng thứ hai trộn vụn hơn. Theo các phương án cụ thể thực hiện sáng chế, "vùng trộn thứ nhất" có thể là vùng không gian mà tại đó oxy được trộn với cacbon điôxit để tạo ra hỗn hợp oxy/cacbon điôxit đôi khi còn được gọi là "luồng bão hòa oxy" hoặc "luồng không khí tổng hợp". Có thể cũng có "vùng trộn thứ hai" có thể là vùng không gian khác mà tại đó hỗn hợp oxy/cacbon điôxit bắt đầu trộn với luồng nhiên liệu đốt nằm giữa vòi phun nhiên liệu

đốt và ngọn lửa. Trong các trường hợp bố trí buồng đốt có vùng trộn thứ nhất và vùng trộn thứ hai, vùng trộn thứ nhất sẽ kết thúc tại hoặc trong vùng trộn thứ hai.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "thiết bị trộn" đề cập đến thiết bị bằng ngũ kim đặt trong đường dòng của luồng khí có hai bộ phận chuyên dụng để tiện cho việc trộn các thành phần của luồng khí bằng cách tạo ra làn chảy rối hoặc vùng tái tuần hoàn trong luồng khí. Một số ví dụ về các thiết bị trộn này có thể bao gồm, nhưng không giới hạn, các khối trộn đứng, sàng trộn, nêm trộn, hoặc tổ hợp bất kỳ của các thiết bị này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "tỷ lệ đương lượng" đề cập đến tỷ lệ của oxy trên nhiên liệu chia theo tỷ lệ hệ số tỷ lượng của oxy trên nhiên liệu trong luồng khí có cả oxy lẫn nhiên liệu.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "độ ổn định của ngọn lửa" đề cập đến ngọn lửa trong vùng đốt có biên nằm giữa điểm vận hành ổn định và điểm vận hành mà ở đó ngọn lửa bị dập tắt. Trong hệ thống theo một ví dụ thực hiện sáng chế, việc tăng cường độ ổn định của ngọn lửa có thể bao gồm cách thức bất kỳ để tăng biên này. Ví dụ về một số cách thức làm cho độ ổn định của ngọn lửa gia tăng có thể bao gồm, nhưng không giới hạn, tăng nhiệt độ ngọn lửa, giảm tốc độ khí ở phía trước ngọn lửa, hoặc cả hai cách này.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "ngọn lửa cố định" đề cập đến ngọn lửa trộn trước hoặc không trộn trước trong vùng đốt (ví dụ, khuếch tán) có thể được dùng để làm gia tăng độ ổn định của ngọn lửa. Theo một số giả thiết vận hành thì ngọn lửa cố định có thể có tỷ lệ đương lượng tốt (ví dụ, nằm trong khoảng từ 2 đến 3). Ngọn lửa cố định có thể có hiệu quả tương tự trong buồng đốt xả bão hòa oxy (không khí tổng hợp) đối với ngọn lửa kiểm soát khuếch tán trong buồng đốt trộn trước nghèo trong tuabin khí xả không khí.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "khí tự nhiên" đề cập đến khí đa thành phần nhận được từ giếng dầu thô (khí đồng hành) hoặc từ sự hình thành tích khí ngầm (khí không đồng hành). Thành phần và áp suất của khí tự nhiên có thể thay đổi một cách đáng kể. Thành phần chính của luồng khí tự nhiên thông thường là

metan (CH_4), nghĩa là trên 50%mol của luồng khí tự nhiên là metan. Luồng khí tự nhiên cũng có thể chứa etan (C_2H_6), các hydrocacbon có phân tử lượng cao hơn (ví dụ, các hydrocacbon có từ 3 đến 20 nguyên tử cacbon), một hoặc nhiều khí axit (ví dụ, hydro sulfua), hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Khí tự nhiên cũng có thể chứa các lượng tạp chất nhỏ như nước, nitơ, sắt sulfua, sáp, dầu thô, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "luồng khí tự nhiên nguyên liệu" đề cập đến luồng khí tự nhiên sau khi đã trải qua ít nhất một số quá trình xử lý, như sẽ được mô tả trong phần khác của bản mô tả.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "đốt theo hệ số tỷ lệ" đề cập đến phản ứng đốt có thể tích các chất phản ứng bao gồm nhiên liệu và chất oxy hóa và thể tích của các sản phẩm được tạo ra bằng cách đốt các chất phản ứng mà toàn bộ thể tích của các chất phản ứng được sử dụng để tạo ra các sản phẩm. Trong trường hợp nhiên liệu có gốc oxy, thì phản ứng theo hệ số tỷ lệ (ví dụ, đốt) trong đó metan là nguồn nhiên liệu duy nhất, có phương trình hóa học sau: $2\text{O}_2 + \text{CH}_4 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Nếu được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "đốt về cơ bản theo hệ số tỷ lệ" đề cập đến phản ứng đốt có tỷ lệ mol giữa nhiên liệu đốt và oxy nằm trong khoảng từ 0,9:1 đến 1,1:1, hoặc tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,95:1 đến 1,05:1.

Khi được sử dụng trong bản mô tả này, thuật ngữ "luồng" đề cập đến thể tích của chất lưu, mặc dù thuật ngữ luồng này thường được hiểu là sự dịch chuyển thể tích của chất lưu (ví dụ, có vận tốc hoặc lưu lượng khối). Tuy nhiên, thuật ngữ "luồng" không đòi hỏi vận tốc, lưu lượng khối, hoặc loại ống cụ thể bao quanh luồng.

Sáng chế đề xuất phương pháp đốt và hệ thống buồng đốt được thiết kế để đốt nhiên liệu với oxy. Việc đốt nhiên liệu với oxy có thể xuất hiện trong tuabin khí có chất lưu vận hành chủ yếu là cacbon điôxit. Trong hệ thống theo một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế, một hoặc nhiều nhược điểm đi kèm với việc đốt nhiên liệu với oxy ở nhiệt độ cao có thể được hiệu chỉnh ít nhất một phần. Ví dụ, sự tạo thành các hydrocacbon đa vòng thơm (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons PAH) sẽ dẫn đến việc tạo sản phẩm muội và/hoặc việc tạo ra các sản phẩm đốt độc hại như

cacbon monoxit (CO) có thể được giảm ít nhất một phần. Hệ thống đốt theo một phương án thực hiện sáng chế có thể bao gồm buồng đốt có vùng trộn thứ nhất để trộn, tiếp xúc, hoặc theo cách khác kết hợp ít nhất một phần oxy với cacbon điôxit để tạo ra luồng "bão hòa oxy" hoặc "không khí tổng hợp", vùng thứ hai để trộn, tiếp xúc, hoặc theo cách khác kết hợp ít nhất một phần luồng bão hòa oxy và luồng nhiên liệu đốt để tạo ra luồng đốt. Luồng đốt có thể cháy hoặc đốt ít nhất một phần trong vùng đốt để tạo ra luồng sản phẩm đốt. Vùng trộn thứ hai có thể chồng lấn ít nhất một phần với vùng đốt và/hoặc vùng trộn thứ nhất.

Buồng đốt có thể được sử dụng trong tuabin khí có bộ nén ở cửa nạp để nén, ví dụ, luồng cacbon điôxit và bộ giãn nở để sinh năng lượng. Tuabin khí có thể là tuabin liên khối vận hành trên một trục đơn, tuabin đa trục, hoặc tuabin không liên khối có mỏ đốt bên ngoài, và có thể sử dụng máy nén độc lập và bộ giãn nở khí nóng của tuabin năng lượng, phụ thuộc vào nhiệt độ, thể tích, và các thay đổi khác của hệ thống cụ thể. Theo các phương án thực hiện thay thế khác của sáng chế, buồng đốt có thể là một cụm riêng như lò chẳng hạn.

Hệ thống đốt theo một hoặc các phương án của sáng chế có thể được nạp hoặc được cấp luồng cacbon điôxit và luồng cấp oxy, đã được trộn hoặc theo cách khác được kết hợp ít nhất một phần để tạo ra luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp gồm oxy và cacbon điôxit trong buồng đốt. Hệ thống đốt có thể còn bao gồm luồng nhiên liệu đốt và vùng đốt, mà tại đó vùng đốt có thể được tạo kết cấu để trộn, tiếp xúc và theo cách khác kết hợp ít nhất một phần và đốt ít nhất một phần luồng nhiên liệu đốt và luồng bão hòa oxy theo phản ứng đốt về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ để tạo ra luồng sản phẩm đốt về cơ bản bao gồm nước (hơi) và cacbon điôxit. Hệ thống theo một hoặc nhiều phương án thực hiện sáng chế có thể sử dụng phương pháp đốt ở áp suất cao (ví dụ, cao hơn 10atmophe (1MPa)). Nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt có thể được kiểm soát bằng cách điều chỉnh lượng cacbon điôxit trộn với oxy khi tạo ra luồng bão hòa oxy. Do vậy, hệ thống theo một số phương án thực hiện sáng chế có thể bao gồm cảm biến nhiệt độ để đo nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt. Lượng cacbon điôxit trộn với oxy để tạo ra luồng bão hòa oxy có thể được tăng lên để giảm nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt. Tương tự, lượng cacbon điôxit

trộn với oxy để tạo ra luồng bão hòa oxy có thể được giảm để tăng nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt.

Nhiệt độ lửa cao có thể là có lợi vì nhiệt độ lửa cao có thể cải thiện độ ổn định của ngọn lửa. Tuy nhiên, nhiệt độ lửa cao lại có thể là nhược điểm đối với các vật liệu dùng để chế tạo lớp lót của buồng đốt và miệng cửa nạp của tuabin. Do đó, các luồng sản phẩm đốt có thể được làm nguội bằng cacbon điôxit trước khi đi vào miệng cửa nạp của tuabin. Nhiệt độ lửa cao cũng có thể gây ra sự phân tách của các sản phẩm đốt mong muốn như cacbon điôxit và có thể dẫn đến phân trầm tạp chất như cacbon monoxit, cao hơn trong các sản phẩm. Hình 1 là hình vẽ dạng biểu đồ thể hiện không gian vận hành cho tỷ lệ đương lượng (ϕ) so với nhiệt độ ngọn lửa. Hình 1 thể hiện thách thức đối với quy trình đốt cacbon điôxit/nhiên liệu với oxy khi chỉ có không gian vận hành rất nhỏ song phải tạo ra độ ổn định của ngọn lửa và thành phần các sản phẩm đốt như mong muốn. Nếu nhiệt độ ngọn lửa là quá thấp, ngọn lửa sẽ bị thổi tắt và việc tạo năng lượng bị dừng lại. Tuy nhiên, nhiệt độ ngọn lửa cao hơn lại có thể làm tăng nồng độ cacbon monoxit và/hoặc oxy trong luồng sản phẩm đốt. Nếu các thành phần này là quá cao thì phản ứng phụ, khả năng có chất xúc tác tham gia, có thể được sử dụng để thay thế hoặc thay đổi thành phần của luồng sản phẩm đốt theo cách khác. Một khó khăn nữa trong việc đốt nhiên liệu với oxy bằng chất lưu làm việc hoặc chất pha loãng có cacbon điôxit là vì ngọn lửa này kém ổn định hơn so với ngọn lửa đốt trong không khí trong các điều kiện tương tự. Cacbon điôxit có cả hiệu ứng nhiệt lẫn hiệu ứng ức chế phản ứng (động năng) về mặt hóa tính trong ngọn lửa được tạo ra bằng cách đốt các hydrocacbon ngược lại với trường hợp của nitơ, vốn chỉ có hiệu ứng nhiệt.

Hình 2 là hình vẽ dạng biểu đồ thể hiện các điều kiện thổi tắt ngọn lửa thử nghiệm để đốt metan (CH_4) trong cacbon điôxit/oxy (CO_2/O_2), đốt metan trong nitơ/oxy (N_2/O_2), và hệ đường gốc để đốt metan trong không khí ở tỷ lệ đương lượng (ϕ) bằng 1. Các điều kiện đốt là áp suất khí quyển và nhiệt độ 260°C (500°F). Nhiệt độ ngọn lửa được thể hiện theo trục hoành, vận tốc khí được thể hiện theo trục tung, và các điểm dữ liệu biểu thị điểm mà tại đó biên để thổi tắt là bằng không và ngọn lửa bị dập. Đường nét liền biểu thị nơi ngọn lửa metan/không khí thổi tắt và các đường hình

thời biểu thị việc thổi tắt ngọn lửa metan trong hỗn hợp cacbon điôxit và oxy. Đối với cùng vận tốc khí, ngọn lửa nhiên liệu với oxy bị thổi tắt một cách ổn định ở nhiệt độ 300°C cao hơn so với ngọn lửa trong không khí. Trong các hệ thống đốt theo các phương án thực hiện sáng chế, các hỗn hợp khí có thể được tạo ra để có được độ ổn định của ngọn lửa phù hợp và hạn chế nồng độ các tạp chất không mong muốn trong các sản phẩm đốt.

Một dấu hiệu khác của việc sử dụng cacbon điôxit làm chất lưu hoặc chất pha loãng làm việc là ở chỗ cacbon điôxit là một chất hấp thụ/phát xạ mạnh bức xạ hồng ngoại. Buồng đốt có vùng trộn thứ nhất và vùng trộn thứ hai nằm thẳng hàng với vùng đốt có thể tận dụng một thực tế là các chất phản ứng có thể được làm nóng trước nhờ bức xạ hồng ngoại từ ngọn lửa. Điều này có tác động đáng kể hơn so với các buồng đốt mà sử dụng không khí làm chất oxy hóa.

Một khía cạnh khác của hệ thống đốt do sáng chế đề xuất là luồng oxy để có được áp suất cao có thể rẻ hơn do phân tử lượng của nó nhỏ hơn và khả năng bơm nó như chất lỏng. Kết quả là, các hệ thống buồng đốt và các phương pháp sử dụng luồng oxy có thể được thiết kế để giảm thiểu sự sụt áp suất của cacbon điôxit bằng cách đánh đổi sự sụt áp suất của luồng oxy. Ví dụ, việc phụt oxy ở áp suất tương đối cao có thể được sử dụng để tạo cuộn xoáy cho luồng cacbon điôxit nhằm giảm sự sụt áp suất sẽ xuất hiện nếu luồng cacbon điôxit được tạo cuộn xoáy bằng cách sử dụng thiết bị tạo cuộn xoáy bằng vật liệu ngũ kim có nhiều cánh khuấy. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác, thiết bị phụt khí có thể được sử dụng để trộn luồng oxy và luồng cacbon điôxit để sinh ra luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp ở phía trước ngọn lửa. Luồng oxy áp suất cao có thể được sử dụng như khí chuyển động trong thiết bị phụt khí thông thường mà ở đó khí chuyển động được tạo gia tốc qua miệng vòi để có được luồng vận tốc cao với áp suất tĩnh thấp. Áp suất tĩnh của oxy đã được tạo gia tốc nhỏ hơn so với áp suất của luồng cacbon điôxit được nối với phía hút của thiết bị phụt khí. Sự chênh lệch áp suất này có thể dẫn động luồng cacbon điôxit vào trong luồng oxy để sinh ra luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp. Một cách tương đối đơn giản đã được đề xuất để trộn chỉ một phần luồng cacbon điôxit (theo kích thước miệng vòi) với luồng oxy. Ưu điểm của thiết bị phụt khí này

có thể là ở chỗ thiết bị phụt khí có thể chuyển sự hao hụt áp suất trong quá trình trộn từ luồng cacbon điôxit sang luồng oxy mà áp suất dư có thể có.

Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, cacbon điôxit và oxy có thể được trộn để sinh ra luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp bên trong buồng đốt. Lượng cacbon điôxit trộn với oxy có thể tạo ra giải pháp để kiểm soát nhiệt độ của các sản phẩm đốt. Lượng cacbon điôxit trộn với oxy cũng có thể tác động đến biên của độ ổn định của ngọn lửa và thành phần hoặc tính chất của các sản phẩm đốt. Buồng đốt có thể chứa hoặc bao gồm lớp lót của buồng đốt. Lớp lót của buồng đốt có thể chứa vùng đốt và có đảm nhiệm vai trò hướng dòng cacbon điôxit sơ cấp ra khỏi máy nén đến đầu thứ nhất của buồng đốt. Thiết kế của lớp lót của buồng đốt có thể bao gồm các cửa làm nguội để cung cấp cacbon điôxit bổ sung vào vùng cháy hết ở bên trong buồng đốt nhằm kiểm soát nhiệt độ ở cửa nạp của tuabin và/hoặc ngăn không cho nhiệt độ cao của quá trình đốt tác động một cách trực tiếp đến lớp lót của buồng đốt.

Hệ thống buồng đốt theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế có thể gồm hệ thống kiểm soát để đo lượng hydrocacbon được nạp vào buồng đốt. Hệ thống kiểm soát có thể tính, xác định, hoặc theo cách khác ước lượng và kiểm soát, thay thế hoặc theo cách khác điều chỉnh lượng oxy được nạp vào buồng đốt để tạo ra tỷ lệ mong muốn giữa oxy và các hydrocacbon hoặc nhiên liệu đốt. Hệ thống kiểm soát cũng có thể sử dụng hồi tiếp từ trang thiết bị đo được tạo kết cấu để kiểm tra hoặc phân tích các sản phẩm đốt và có thể cập nhật bộ kiểm soát dòng của luồng cấp oxy để chắc chắn đạt được quá trình đốt mong muốn và/hoặc đảm bảo lượng oxy chuẩn xác được nạp vào luồng bão hòa oxy. Bước đốt sau tùy ý, mà có thể gồm chất xúc tác có thể được sử dụng phụ thuộc vào hỗn hợp hydrocacbon được nạp vào buồng đốt. Bước đốt sau này có thể giảm nồng độ tạp chất, ví dụ, oxy và/hoặc cacbon monoxit, trong các sản phẩm đốt đến mức độ cần thiết để tránh các vấn đề ăn mòn nghiêm trọng trong các thiết bị thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery-EOR) chẳng hạn.

Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, thành phần của các chất phản ứng có thể được thay đổi, nhất là tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit đi qua

thiết diện của buồng đốt. Ví dụ, thiết bị trộn không khí tổng hợp sẽ giới hạn, cản trở, hoặc không thì giảm dòng cacbon điôxit vào trong vùng trộn thứ nhất có thể thiết lập hoặc tạo ra thay đổi về tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit qua thiết diện của buồng đốt. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, luồng oxy có thể được tách hoặc chia thành ít nhất hai luồng, ít nhất một trong số đó có thể được sử dụng để tăng nồng độ oxy trong một phần buồng đốt để tạo nên ngọn lửa nóng hơn một cách cục bộ. Nhiệt độ ngọn lửa nóng hơn có thể cải thiện độ ổn định của ngọn lửa.

Theo một hoặc nhiều phương án, có thể sử dụng hệ thống đốt nhiên liệu với oxy/ đồng thời sinh năng lượng, chẳng hạn như hệ thống và phương pháp sinh năng lượng phát xạ siêu thấp được bộc lộ trong Đơn tạm thời yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Mỹ số 61/072,292. Việc phun một cách trực tiếp oxy và nhiên liệu vào trong luồng cacbon điôxit trong buồng đốt có thể làm giảm các rủi ro và các hạn chế đi kèm với việc đốt nhiên liệu bằng oxy nguyên chất. Hệ thống đốt theo phương án thực hiện này cũng có thể giảm độ phức tạp của hệ thống so với hệ thống đốt mà trộn oxy và cacbon điôxit bên ngoài buồng đốt và giảm lượng oxy sẽ bị lãng phí nếu hỗn hợp oxy và cacbon điôxit được sinh ra từ luồng cacbon điôxit toàn phần.

Các hình từ Hình 3A đến Hình 3F là các hình vẽ dạng sơ đồ lần lượt thể hiện các hệ thống đốt 100, 140, 150, 160, 170, và 180 theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế. Cụ thể hơn, Hình 3A là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 100 có thể bao gồm một hoặc nhiều buồng đốt (ví dụ, "bình đốt ") 110, các bộ giãn nở 111, và các cảm biến (cảm biến 114 và cảm biến 126). Hệ thống đốt 100 cũng có thể có luồng cacbon điôxit (CO_2) qua đường ống 102, luồng này có thể được tách hoặc chia thành ít nhất phần thứ nhất qua đường ống 102a và phần thứ hai qua đường ống 102b và luồng cấp oxy qua đường ống 104 để có thể kết hợp được với phần thứ nhất 102a của luồng cacbon điôxit nhằm tạo ra hỗn hợp oxy/cacbon điôxit hoặc "luồng bão hòa oxy" hoặc "luồng không khí tổng hợp" qua đường ống 106. Hệ thống đốt 100 cũng có thể bao gồm luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108. Luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108 có thể là metan (CH_4) hoặc hỗn hợp của metan, một hoặc nhiều hydrocacbon có từ hai đến hai mươi nguyên tử cacbon, hydro (H_2), các khí trơ như nitơ, cacbon điôxit, và/hoặc argon, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể có nồng độ oxy nằm trong khoảng thấp từ nhỏ hơn khoảng 90%mol, khoảng 93%mol, khoảng 95%mol, khoảng 97%mol, khoảng 98%mol, khoảng 99%mol, khoảng 99,5%mol, hoặc khoảng 99,9%mol. Luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần phụ như nitơ, argon, heli, hoặc hỗn hợp của chúng. Trong hệ thống theo ít nhất một phương án cụ thể thực hiện sáng chế, luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể chứa oxy với lượng nằm trong khoảng từ 90%mol đến khoảng 99%mol, còn argon với lượng nằm trong khoảng từ 1%mol đến khoảng 10%mol. Luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể có nồng độ cacbon điôxit nằm trong khoảng dưới 70%mol, khoảng 80%mol, khoảng 90%mol, khoảng 95%mol, khoảng 97%mol, khoảng 99%mol, khoảng 99,5%mol, hoặc khoảng 99,9%mol. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể có nồng độ cacbon điôxit nằm trong khoảng dưới 70%mol, khoảng 80%mol, khoảng 90%mol, khoảng 95%mol, khoảng 97%mol, khoảng 99%mol, khoảng 99,5%mol, hoặc khoảng 99,9%mol tính theo lượng khô. Luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần phụ như nitơ, argon, heli, nước (thể lỏng và/hoặc thể khí), hydrocacbon, cacbon monoxit, hoặc hỗn hợp của chúng. Trong hệ thống theo ít nhất một phương án thực hiện cụ thể của sáng chế, luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể có nồng độ cacbon điôxit nằm trong khoảng từ 85%mol đến khoảng 95%mol, lượng hydrocacbon nằm trong khoảng từ 0,5%mol đến khoảng 5%mol, lượng cacbon monoxit nằm trong khoảng từ 0,5%mol đến khoảng 5%mol, lượng nước (thể lỏng và/hoặc thể khí) nằm trong khoảng từ 0,5%mol đến khoảng 10%mol, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng.

Buồng đốt 110 có thể được tạo kết cấu để tiếp nhận ít nhất một phần luồng bão hòa oxy qua đường ống 106 và ít nhất một phần luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108. Luồng bão hòa oxy qua đường ống 106 và luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 có thể được trộn, kết hợp, hoặc không thì tiếp xúc với một luồng nữa bên trong buồng đốt 110 để tạo ra luồng hỗn hợp chất phản ứng hoặc luồng đốt. Hỗn hợp chất phản ứng có thể được đốt ít nhất một phần bên trong buồng đốt 110 để tạo ra luồng sản phẩm đốt qua đường ống 112. Ít nhất một phần các luồng sản phẩm đốt qua đường ống 112 có thể được nạp vào bộ giãn nở 111 để tạo ra luồng sản phẩm đốt đã giãn nở

qua đường ống 113. Bộ giãn nở 111 có thể nối vận hành với hoặc nối thông theo cách khác với bộ kiểm soát tải 111'. Luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 có thể được tách để tạo ra luồng sản phẩm đốt thứ nhất qua đường ống 127 và luồng sản phẩm đốt thứ hai qua đường ống 128. Luồng sản phẩm đốt thứ nhất qua đường ống 127 có thể tạo ra ít nhất một phân luồng cacbon điôxit trong đường ống 102. Luồng sản phẩm đốt thứ hai qua đường ống 128 có thể được sử dụng trong quá trình xử lý hoặc vận hành thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery- EOR), chelat hóa, thoát ra ngoài khí quyển, hoặc mục đích bất kỳ khác.

Cảm biến thứ nhất ("cảm biến nhiệt độ") 114 có thể xác định, đo, hoặc ước tính theo cách khác nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Cảm biến thứ hai ("bộ phân tích oxy") 126 có thể xác định, đo, hoặc ước tính theo cách khác nồng độ oxy trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Bộ phân tích oxy 126 này cũng có thể được tạo kết cấu để xác định, đo, hoặc ước tính theo cách khác nồng độ của các thành phần khác trong luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Bộ phân tích oxy 126 có thể phát hiện được thành phần phụ hoặc thành phần khác bao gồm, nhưng không giới hạn, cacbon monoxit, nitơ oxit, nhiên liệu đốt, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Dữ liệu nhiệt độ từ cảm biến nhiệt độ 114 có thể được sử dụng để kiểm soát lưu lượng của luồng cacbon điôxit 102, luồng oxy 104, và/hoặc luồng nhiên liệu đốt 108, lưu lượng này có thể điều chỉnh nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt 112 và/hoặc thành phần của các luồng sản phẩm đốt 112. Dữ liệu oxy từ bộ phân tích oxy 126 có thể được sử dụng để kiểm soát lưu lượng của luồng cấp oxy qua đường ống 104, luồng cacbon điôxit qua đường ống 102, và/hoặc luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 đến khi đạt được mức độ đốt về cơ bản là theo hệ số tỷ lệ.

Hình 3A thể hiện hệ thống 100 còn có thể bao gồm bộ kiểm soát trung tâm 115. Bộ kiểm soát trung tâm 115 này có thể nối vận hành với hoặc nối thông theo cách khác, ví dụ, liên kết không dây, với bộ kiểm soát dòng thứ nhất 116a, bộ kiểm soát dòng thứ hai 118, bộ kiểm soát dòng thứ ba 120, và/hoặc bộ kiểm soát thứ tư 116b. Bộ kiểm soát dòng thứ nhất 116a có thể kiểm soát điều tiết hoặc theo cách khác lượng

phần thứ nhất của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102a. Bộ kiểm soát dòng thứ hai 118 có thể kiểm soát hoặc điều tiết theo cách khác lượng luồng cấp oxy trong đường ống 104. Bộ kiểm soát dòng thứ ba 120 có thể kiểm soát hoặc điều tiết theo cách khác lượng luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108. Bộ kiểm soát thứ tư 116b có thể kiểm soát hoặc điều tiết theo cách khác lượng phần thứ hai của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102b.

Bộ kiểm soát trung tâm 115 cũng có thể được nối hoặc nối thông theo cách khác với cảm biến nhiệt độ 114 và/hoặc cảm biến oxy 126 để xác định hoặc ước tính theo cách khác nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 113 và/hoặc lượng oxy trong luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Nhiệt độ và/hoặc nồng độ oxy xác định hoặc ước tính được của luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 có thể được sử dụng, ít nhất một phần, nhằm kiểm soát, điều tiết, hoặc điều chỉnh theo cách khác lưu lượng của luồng cấp oxy trong đường ống 104, lưu lượng của phần thứ nhất của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102a, lưu lượng của luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108, và/hoặc lưu lượng của phần thứ hai của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102b. Ví dụ, bộ kiểm soát trung tâm 115 có thể điều chỉnh lưu lượng của luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108 và/hoặc luồng cấp oxy trong đường ống 104 để duy trì tỷ lệ phân tử lượng mong muốn giữa các luồng này khi thay đổi các điều kiện tải trong hệ thống đốt 100.

Luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể được cung cấp từ nguồn thích hợp bất kỳ. Ví dụ, ít nhất một phần luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 có thể thu được bằng cách làm trệch hoặc tách ít nhất một phần luồng sản phẩm đốt đã giãn nở 113 qua luồng 127. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, hệ thống đốt 100 có thể được đặt gần nguồn cacbon điôxit khác, như hệ thống đường ống bên ngoài, giếng khí cacbon điôxit áp lực cao, nhà máy xử lý khí, hoặc các nguồn tương tự. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, các sản phẩm đốt qua đường ống 127 có thể được xử lý ít nhất một phần. Ví dụ, các sản phẩm đốt trong đường ống 127 có thể được xử lý ít nhất một phần trong hệ thống lọc, ví dụ, hệ thống màng, hệ thống rây phân tử, hệ thống hấp thụ, hệ thống hấp phụ hoặc hệ thống khác, các hệ thống này có thể loại bỏ ít nhất một phần các thành phần không

mong muốn hoặc gây nguy hiểm tiềm tàng, như oxy, cacbon monoxit, và/hoặc các hydrocacbon không phản ứng. Cụ thể là, nếu bộ phân tích oxy 126 xác định hoặc ước tính rằng các luồng sản phẩm đốt 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở 113 có lượng oxy cao quá mức mong muốn, thì có thể tránh sử dụng các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc đường ống 113 làm chất lưu hoặc chất pha loãng làm việc. Nói cách khác, nếu bộ phân tích oxy 126 đo lượng oxy hoặc tạp chất khác ở mức không mong muốn trong các dòng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc đường ống 113, thì luồng trong đường ống 102 có thể được tiếp nhận từ nguồn khác.

Tương tự, lượng lớn của các hydrocacbon (tức là nhiên liệu đốt) cũng có thể không được chấp nhận, tùy thuộc vào buồng đốt 110 và có thể cần được loại bỏ và/hoặc tách ít nhất một phần trước khi dùng làm luồng chất pha loãng trong đường ống 102b. Hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện có thể được ưu tiên và dự tính tạo ra các sản phẩm đốt qua đường ống 112 từ việc đốt về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng. Do vậy, các sản phẩm đốt qua đường ống 112 sẽ có lượng oxy nhỏ hơn khoảng 3,0 phần trăm thể tích (% thể tích), hoặc nhỏ hơn khoảng 1% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% thể tích, hoặc thậm chí nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích và lượng hydrocacbon nhỏ hơn khoảng 3% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 1% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% thể tích, hoặc thậm chí nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích.

Luồng sản phẩm đốt thứ hai qua đường ống 128 có thể được sử dụng để bán, dùng trong qui trình khác cần đến cacbon điôxit, và/hoặc được nén và phun vào trong bể chứa trên mặt đất cho thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery-EOR), chelat hóa, hoặc mục đích khác. Tương tự với luồng sản phẩm đốt thứ nhất trong đường ống 127, luồng sản phẩm đốt thứ hai trong đường ống 128 cũng phải trải qua một số bước điều hòa hoặc xử lý trước khi sử dụng để loại bỏ các tạp chất hoặc các chất phản ứng tiềm tàng như các nitơ oxit (NOx), oxy, cacbon monoxit, và/hoặc các chất tương tự. Lại một lần nữa, có thể tốt hơn nếu ưu tiên luồng cấp oxy trong đường ống 104 về cơ bản không có nitơ, và các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 được tạo ra thông qua quá trình đốt về cơ bản là theo hệ số tỷ lượng. Do vậy, luồng sản phẩm đốt thứ hai trong đường ống 128 có thể có lượng oxy nhỏ hơn khoảng 3% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 1% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% thể tích, hoặc

thậm chí nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích và lượng NO_x nhỏ hơn khoảng 3% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 1% thể tích, hoặc nhỏ hơn khoảng 0,1% thể tích, hoặc thậm chí nhỏ hơn khoảng 0,001% thể tích.

Luồng cấp oxy qua đường ống 104 có thể được cung cấp bởi bộ phận tách không khí (Air Separation Unit-ASU) hoặc phương pháp hoặc hệ thống cấp oxy có độ tinh khiết cao. Nitơ được tách ra có thể được sử dụng trong các quy trình khác có liên quan, như dùng trong giếng phun nitơ đã được đề xuất trong Đơn tạm thời yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Mỹ số 61/072,292. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện, luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể có lượng oxy nằm trong khoảng từ 90% thể tích đến khoảng 99,9% thể tích. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể có lượng oxy nằm trong khoảng từ 90% thể tích đến khoảng 99,9% thể tích với ít nhất một phần còn lại bao gồm argon, nitơ, cacbon điôxit, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể có lượng oxy nằm trong khoảng từ 95% thể tích đến khoảng 96% thể tích oxy với lượng argon nằm trong khoảng từ 4% thể tích đến khoảng 5% thể tích argon và lượng cacbon điôxit nhỏ hơn khoảng 0,2% thể tích.

Bộ kiểm soát trung tâm 115 có thể là hoặc bao gồm loại hệ thống kiểm soát bất kỳ được tạo kết cấu để tiếp nhận dữ liệu nạp, như lưu lượng và các thành phần, và gửi các tín hiệu nhằm kiểm soát lưu lượng thông qua, ví dụ, van, bơm, máy nén, và/hoặc cơ cấu bất kỳ khác mà có thể được sử dụng nhằm kiểm soát hoặc theo cách khác điều chỉnh lưu lượng. Trong hệ thống theo một phương án thực hiện sáng chế, bộ kiểm soát trung tâm 115 có thể bao gồm máy tính lập trình được có cơ cấu nạp dành cho người sử dụng như bàn phím và/hoặc chuột, cơ cấu đầu ra như màn hình và/hoặc loa, và có thể vận hành bằng cách sử dụng bộ nhớ động (RAM), và được nối linh hoạt với ổ đĩa cứng, ổ quang, ổ đĩa mạng, và cơ sở dữ liệu thông qua LAN, WAN, Wi-Fi, hoặc mạng bên ngoài khác.

Một hoặc nhiều bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và 120 bất kỳ có thể là các bộ kiểm soát lập trình tự động được, được kết cấu để tiếp nhận và xử lý các tín hiệu từ bộ kiểm soát trung tâm 115. Một hoặc nhiều bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và

120 có thể nổi vận hành hoặc nổi thông theo cách khác với một hoặc nhiều van dòng chảy hoặc cánh khuấy, lỗ thông, hoặc các phương tiện khác để tăng và/hoặc giảm lưu lượng của luồng về cơ bản là ở thể khí. Ngoài ra, trong hệ thống theo ít nhất một phương án thực hiện sáng chế, một hoặc nhiều bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và 120 bất kỳ có thể được nổi vận hành hoặc nổi thông theo cách khác với một hoặc nhiều cảm biến dòng và/hoặc cảm biến thành phần mà có thể cung cấp đầu vào dữ liệu bổ sung, như để xác nhận các thay đổi lưu lượng trong các luồng tương ứng được kiểm soát thông qua các bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và/hoặc 120. Để duy trì độ ổn định của ngọn lửa và kiểm soát một cách có hiệu quả, sẽ là có lợi nếu một bộ kiểm soát bất kỳ trong số 116a, 116b, 118, và 120 hoặc tất cả chúng là bộ kiểm soát tốc độ cao.

Mặc dù bộ kiểm soát dòng 116b có thể là cảm biến chủ động như được mô tả trên đây, trong hệ thống theo một phương án thực hiện sáng chế, lưu lượng của phần thứ hai của luồng cacbon điôxit (ví dụ, luồng chất pha loãng) qua đường ống 102b ban đầu có thể được kiểm soát một cách thụ động. Ví dụ, buồng đốt 110 có thể bao gồm lớp lót của buồng đốt có một hoặc nhiều cửa làm nguội (ví dụ, các lỗ pha loãng) có kiểu và kích thước lỗ cụ thể được tạo kết cấu để nạp chất pha loãng và kiểm soát nhiệt độ bên trong buồng đốt 110. Do đó, lưu lượng của luồng cacbon điôxit hoặc chất pha loãng qua đường ống 102b có thể chủ yếu phụ thuộc vào thiết kế phân cứng của các cửa làm nguội trong buồng đốt 110. Ngoài ra, bộ kiểm soát dòng 116b có thể là hữu ích để ngắt dòng chảy của phần thứ hai của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102b trong trường hợp tắt hệ thống, luồng 102b bị nhiễm bẩn, hoặc một số lý do khác. Bộ kiểm soát trung tâm 115 có thể được tạo kết cấu để bao gồm ít nhất một khóa liên động an toàn và/hoặc mạch logic ngắt hệ thống và/hoặc thiết bị báo động nếu hệ thống 100 bị mất kiểm soát để bảo vệ các thiết bị nằm sau hệ thống này.

Cảm biến nhiệt độ 114 có thể là, hoặc gồm, một cảm biến hoặc có thể có thêm cảm biến dự trữ để dự phòng hoặc có thể gồm dãy cảm biến bên trong và bao quanh các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Cảm biến nhiệt độ có thể được sử dụng là loại bất kỳ mặc dù loại cảm biến nhiệt độ được chọn phải có độ bền nhiệt cao và có thể vận hành một

cách có hiệu quả ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 1093°C (2000°F), khoảng 1205°C (2200°F), hoặc thậm chí bằng hoặc khoảng 1900°C (3450°F). Trong hệ thống theo một phương án thực hiện sáng chế, các cảm biến nhiệt độ 114 có thể gửi dữ liệu một cách trực tiếp đến các bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và/hoặc 120, hoặc có thể gửi dữ liệu đến bộ kiểm soát trung tâm 115, mà sau đó có thể kiểm soát phản hồi các bộ kiểm soát dòng 116a, 116b, 118, và/hoặc 120. Trong hệ thống theo ví dụ thực hiện khác của sáng chế, các cảm biến nhiệt độ 114 có thể gửi dữ liệu một cách trực tiếp đến bộ kiểm soát dòng 120 của luồng nhiên liệu đốt. Ngoài ra và/hoặc theo cách khác, các cảm biến nhiệt độ 114 có thể lấy dữ liệu từ bên trong buồng đốt 110 gần cửa xả hoặc ở phía sau của buồng đốt 110 sau khi xả ra, ở nhiều vị trí dọc theo các luồng sản phẩm đốt 112, hoặc tổ hợp của các vị trí này. Nhiệt độ sẽ bị hạn chế ở các thông số vận hành nhất định, vốn phụ thuộc nhiều vào thiết bị khi sử dụng, loại luồng nhiên liệu đốt và các luồng nạp có sẵn khác, việc sử dụng tiềm tàng các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112, và các yếu tố khác.

Nói chung, nhiệt độ nên thấp hơn 1925°C (3500°F) để tránh việc tạo ra NO_x và bởi vì hầu hết các buồng đốt 110 thương mại đều không thể vận hành ở khoảng nhiệt độ này song giới hạn này có thể được đặt cao hơn nếu vật liệu làm buồng đốt 110 có thể chịu được nhiệt độ cao hơn và không có nitơ trong hệ thống 100. Tốt hơn, nếu nhiệt độ thấp hơn 1370°C (2500°F) đo được ở cửa nạp của bộ giãn nở 111. Khoảng nhiệt độ cao như vậy cũng có thể góp phần hình thành các hydrocacbon vòng thơm (polycyclic aromatic hydrocarbon - PAH) không mong muốn mà sẽ tạo ra muối. Tuy nhiên, nhiệt độ phải đủ cao để tránh sự cháy hết ngọn lửa và đủ cao để đốt một cách có hiệu quả gần như toàn bộ oxy (O₂) và các hydrocacbon (ví dụ, nhiệt độ đốt theo hệ số tỷ lượng) để tạo ra luồng sản phẩm đốt 112 chỉ yêu cầu tính chất hạn chế trước khi sử dụng trong các cơ sở thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery EOR) hoặc dùng làm chất pha loãng trong hệ thống đốt 100. Trong nhiều trường hợp, nhiệt độ được ưu tiên có thể nằm trong khoảng từ thấp nhất là 815°C (1500°F) đến 1370°C (2500°F) hoặc từ thấp nhất là 870°C (1600°F) đến 1040°C (1900°F).

Bộ phân tích oxy 126 có thể là hoặc gồm một cảm biến hoặc có thể có thêm cảm biến dự trữ để dự phòng, hoặc dãy cảm biến nằm ở các vị trí bên trong các luồng

sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Ví dụ, cảm biến oxy lamđã và/hoặc cảm biến oxy ziricon oxyt dài rộng có thể được sử dụng để cung cấp phản hồi đến một trong số bộ kiểm soát trung tâm 115 và/hoặc bộ kiểm soát dòng 118 của luồng cấp oxy. Nếu cảm biến oxy lamđã được sử dụng, thì bộ kiểm soát trung tâm 115 có thể được tạo kết cấu để quyết định chọn tỷ lệ giữa nhiên liệu trong luồng nhiên liệu đốt 108 với oxy trong luồng cấp oxy 104 do lượng oxy trong các luồng sản phẩm đốt 112 thay đổi từ hệ số tỷ lượng (tỷ lệ đương lượng (ϕ)) đến nhỏ hơn 1,0 và/hoặc lớn hơn 1,0. Quy trình quyết định chọn có thể tương tự như được dùng trong công nghệ ô tô dành cho các động cơ đốt trong. Trong trường hợp bất kỳ, hàm lượng oxy trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 tốt hơn là nhỏ hơn, nằm trong khoảng từ nhỏ hơn 3,0% thể tích đến nhỏ hơn 1,0% thể tích, đến nhỏ hơn 0,1% thể tích, đến nhỏ hơn 0,001% thể tích. Nếu lượng oxy là quá lớn thì lưu lượng của luồng cấp oxy qua đường ống 104 có thể bị giảm và/hoặc lưu lượng của nhiên liệu đốt qua đường ống 108 có thể tăng. Như đã được mô tả trên đây, việc giảm lưu lượng của luồng cấp oxy qua đường ống 104 có thể hạ nhiệt độ ngọn lửa nên cần điều chỉnh lưu lượng của luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108.

Hình 3B là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 140 tương tự như hệ thống đốt 100 trên Hình 3A, nhưng có các dấu hiệu tùy ý được cấu hình để còn xử lý hoặc điều hòa các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Do vậy, hệ thống đốt 140 được thể hiện trên Hình 3B có thể được hiểu rõ hơn với việc tham chiếu đến Hình 3A. Hệ thống đốt 140 có các dấu hiệu tương ứng như hệ thống đốt 100 trên Hình 3A, và còn có thiết bị xúc tác sau đốt 146. Thiết bị xúc tác sau đốt 146 có thể được tạo kết cấu nhằm giảm lượng oxy và/hoặc cacbon monoxit trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112, luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113, luồng sản phẩm đốt thứ nhất trong đường ống 127, và/hoặc luồng sản phẩm đốt thứ hai trong đường ống 128. Ít nhất một phần luồng sản phẩm đốt đã được xử lý hoặc tinh lọc qua đường ống 148 có thể được thu hồi từ thiết bị xúc tác 146. Hệ thống đốt 140 còn có thể có luồng nhánh nhiên liệu đốt qua đường ống 142, luồng này có thể có bộ kiểm soát dòng 144 kiểm soát lưu

lượng của luồng nhánh nhiên liệu đốt 142. Bộ phân tích oxy 126 có thể nối vận hành với bộ kiểm soát dòng 144 một cách trực tiếp hoặc một cách gián tiếp thông qua bộ kiểm soát trung tâm 115. Các bộ kiểm soát dòng và bộ phân tích oxy bổ sung (không được thể hiện trên các hình vẽ) có thể được sử dụng trong hệ thống theo các phương án cụ thể thực hiện sáng chế, trong đó luồng nhánh nhiên liệu đốt 142 được tách và/hoặc luồng sản phẩm đốt thứ hai qua đường ống 128 được cho đi vòng, như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây.

Thiết bị xúc tác 146 có thể là một cơ cấu hoặc nhiều cơ cấu nối song song hoặc nối tiếp, hoặc tổ hợp nối song song và nối tiếp. Tốt hơn, nếu thiết bị xúc tác 146 có thể là một cơ cấu nhỏ chỉ cần ít năng lượng để vận hành. Cụ thể, thiết bị xúc tác 146 có thể gồm có chất xúc tác khử cacbon monoxit và/hoặc chất xúc tác khử oxy thường được dùng trong lò hơi thu hồi nhiệt (Heat Recovery Steam Generator - HRSG) để thỏa mãn các yêu cầu về phát thải. Nói chung, hệ thống này không được thiết kế để loại bỏ một lượng oxy lớn, song lại loại được lượng oxy đáng kể còn lại trong các luồng sản phẩm đốt 112, 113, 127, và/hoặc 128, các luồng 112, 113, 127, 128 này có thể được cho tuần hoàn qua thiết bị xúc tác 146 nhiều hơn một lần trước khi được xử lý hoặc sử dụng tiếp, ví dụ, nén và phun để thu hồi dầu tăng cường (Enhanced Oil Recovery EOR). Do vậy, hệ thống theo các phương án thực hiện sáng chế có thể sử dụng một bộ phân tích oxy nữa (không được thể hiện trên các hình vẽ) và bộ phân tích này được dùng để đo hoặc ước tính theo cách khác nồng độ oxy trong luồng sản phẩm đốt được xử lý hoặc tinh lọc ít nhất một phần trong đường ống 148 để đảm bảo rằng nồng độ oxy là đủ thấp (ví dụ, lượng oxy nhỏ hơn 0,5% thể tích hoặc nhỏ hơn 0,1% thể tích) để tránh hiện tượng ăn mòn thiết bị nén hoặc thiết bị phun và tránh hiện tượng lên men chua bể chứa bằng cách phụt oxy có thể phản ứng với các hydrocacbon còn lại trong bể chứa này.

Luồng nhánh nhiên liệu đốt (ví dụ, phần thứ hai của luồng nhiên liệu đốt) qua đường ống 142 có thể được trộn, tiếp xúc, hoặc không thì kết hợp với luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 ở phía xuôi dòng mà từ đó luồng sản phẩm đốt thứ nhất qua đường ống 127 được tách ra khỏi luồng sản phẩm đốt đã giãn nở 113. Luồng nhánh nhiên liệu đốt qua đường ống 142 có thể được nạp vào hơi sản phẩm đốt

thứ hai trong đường ống 128 ở phía ngược dòng so với thiết bị xúc tác 146 khiến cho các hydrocacbon bổ sung có thể được sử dụng trong thiết bị xúc tác 146 nhằm nâng cao hiệu quả loại oxy. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, luồng nhánh nhiên liệu đốt 142 có thể được tách và nạp vào luồng sản phẩm đốt thứ hai trong đường ống 128 nằm trước thiết bị xúc tác 146 và vào luồng sản phẩm đốt được xử lý hoặc tinh lọc ít nhất một phần trong đường ống 148. Trong hệ thống theo phương án thực hiện này của sáng chế, do luồng sản phẩm đốt được xử lý hoặc tinh lọc ít nhất một phần qua đường ống 148 được cho đi vòng trở lại thiết bị xúc tác 146, nên có thể có lợi nếu nạp một phần luồng nhánh nhiên liệu đốt 142 vào trong luồng sản phẩm đốt được xử lý hoặc tinh lọc ít nhất một phần trong đường ống 148 trước khi cho luồng này đi vòng trở lại thiết bị xúc tác 146. Theo cách có lợi, luồng nhánh nhiên liệu đốt 142 có thể được tạo kết cấu nhằm giảm phần trăm thể tích của oxy trong luồng sản phẩm đốt được xử lý hoặc tinh lọc ít nhất một phần trong đường ống 148 trước khi nén và phun vào theo phương pháp EOR để gần như tránh được sự ăn mòn thiết bị nén và phun cũng như sự lên men của các hydrocacbon còn lại trong bể chứa phun.

Hình 3C là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 150 có thể có hoặc không có các dấu hiệu nêu trên vốn được mô tả dựa vào Hình 3B. Do vậy, Hình 3C có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến Hình 3A và Hình 3B. Hệ thống đốt 150 có thể bao gồm bộ phân tích hydrocacbon 152 được tạo kết cấu để đo, xác định, theo dõi, hoặc không thì ước tính lượng hydrocacbon trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113, luồng khí nhiên liệu thứ nhất qua đường ống 108a được kiểm soát bởi bộ kiểm soát dòng 154, và luồng khí nhiên liệu thứ hai qua đường ống 108b được kiểm soát bởi bộ kiểm soát dòng 156. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, luồng khí nhiên liệu thứ nhất trong đường ống 108a có thể có chất lượng cao hơn so với luồng khí nhiên liệu thứ hai trong đường ống 108b. Do vậy, luồng khí nhiên liệu thứ nhất trong đường ống 108a có thể được gọi là “luồng khí nhiên liệu chất lượng cao” và luồng khí nhiên liệu thứ hai trong đường ống 108b có thể được gọi là “luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp”. Luồng khí nhiên liệu chất lượng cao qua đường ống 108a, luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp qua đường ống 108b, hoặc hỗn hợp của

chúng có thể được nạp vào buồng đốt 110 qua đường ống 108. Bộ kiểm soát dòng 156 có thể được nối một cách trực tiếp với bộ phân tích hydrocacbon 152 và/hoặc có thể được nối thông qua bộ kiểm soát trung tâm 115. Các bộ kiểm soát dòng 154, 156, và tùy ý là bộ kiểm soát dòng 120, có thể nối vận hành với bộ kiểm soát tổng 158 mà lại có thể được nối một cách trực tiếp với bộ kiểm soát trung tâm 115 hoặc qua bộ kiểm soát luồng cấp oxy 118.

Luồng khí nhiên liệu chất lượng cao trong đường ống 108a về cơ bản là metan (ví dụ, 99% thể tích) và theo cách khác có thể là hoặc gồm khí nhiên liệu "mũi nhọn" như hydro, các hydrocacbon cao (ví dụ, có 2 và nhiều hơn 3 nguyên tử cacbon) hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Thành phần của luồng khí nhiên liệu chất lượng cao trong đường ống 108a có thể thay đổi phụ thuộc vào các nhu cầu của hệ thống đốt 150 và/hoặc phụ thuộc vào mức độ sẵn có của các loại nhiên liệu khác nhau, song tốt hơn nếu không có các lượng đáng kể khí trơ (ví dụ, nitơ, cacbon điôxit, v.v) hoặc khí axit (ví dụ, lưu huỳnh điôxit, hydro sulfua, v.v). Luồng khí nhiên liệu chất lượng cao qua đường ống 108a có thể được cấp từ nguồn khả thi bất kỳ, song tốt hơn là có sẵn từ khu khai thác khí ở gần đó chứ không phải nhập từ một khoảng cách xa đáng kể. Cụ thể, nếu luồng khí nhiên liệu chất lượng cao trong đường ống 108a là hydro, có thể được cấp từ quy trình trùng chỉnh tự động nhiệt (Auto-Thermal Reforming - ATR) được thực hiện trên luồng sinh ra khí từ khu khai thác khí ở gần đó (không được thể hiện trên các hình vẽ).

Luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp trong đường ống 108b có thể có lượng metan nhỏ hơn 80% thể tích, nhỏ hơn 60% thể tích, nhỏ hơn 40% thể tích metan, hoặc thậm chí nhỏ hơn 20% thể tích. Luồng có nhiệt trị thấp trong đường ống 108b còn có thể có lượng nhỏ các hydrocacbon nặng hơn như etan, propan, và/hoặc butan chẳng hạn. Trong hầu hết các trường hợp, phần lớn lượng còn lại trong luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp 108b có thể là các khí trơ như cacbon điôxit, song trong một số trường hợp sẽ có một lượng nhỏ nitơ, hydro sulfua, heli, argon, và/hoặc khí khác. Tốt hơn, nếu tất cả các khí không là các hydrocacbon và tất cả khí trơ khác với cacbon điôxit có thể được tách ra khỏi luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp trong đường ống 108b trước khi trộn và đốt.

Trong sáng chế theo ít nhất một phương án thực hiện, dòng và thành phần của luồng chứa hydrocacbon 108a và luồng chứa hydrocacbon 108b có thể được sử dụng để tính nhu cầu oxy nhằm vận hành buồng đốt 110 và tạo ra điểm đặt dành cho bộ kiểm soát dòng 118 của luồng cấp oxy. Việc tính toán có thể cho biết lượng oxy cần thiết cho việc đốt theo hệ số tỷ lượng trong buồng đốt 110. Dòng và các thành phần của các luồng có thể thay đổi theo thời gian, tùy thuộc vào nguồn của luồng 108a và luồng 108b. Ví dụ, luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp 108b có thể bắt nguồn từ giếng EOR có lượng metan cao khi mới sản xuất (ví dụ, khoảng 80% thể tích). Trong trường hợp này, có thể có một phần nhỏ hoặc không có dòng thông qua luồng khí nhiên liệu chất lượng cao qua đường ống 108a. Tuy nhiên, nếu có sự cố thì dòng từ luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp qua đường ống 108b có thể có hàm lượng metan rất thấp (ví dụ, nhỏ hơn 20% thể tích). Khi đó, có thể tăng dòng từ luồng khí nhiên liệu chất lượng cao qua đường ống 108a để bổ sung các hydrocacbon vào luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108.

Hình 3D là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 160, theo một hoặc các phương án thực hiện khác của sáng chế. Hệ thống đốt 160 này có thể có hoặc không có các dấu hiệu đã được mô tả trên đây khi tham chiếu đến Hình 3B và Hình 3C. Do vậy, Hình 3D có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3C. Hệ thống đốt 160 có thể còn bao gồm luồng bù cacbon điôxit qua đường ống 108c. Bộ kiểm soát dòng 162 có thể được lắp một cách linh hoạt, hoặc nối thông theo cách khác, với bộ kiểm soát này với luồng bù cacbon điôxit trong đường ống 108c. Luồng bù cacbon điôxit qua đường ống 108c có thể được kết hợp với các luồng 108a và/hoặc 108b để tạo ra luồng khí đốt đốt nhiên liệu qua đường ống 108 có thành phần gần như không đổi trong khi hệ thống đốt 160 vận hành. Kết cấu của hệ thống theo phương án thực hiện này của sáng chế có thể tương tự như kết cấu của hệ thống đốt 150, song các đặc tính vật lý của buồng đốt 110 có thể được thiết kế dành riêng cho hợp phần của luồng khí đốt nhiên liệu trong đường ống 108 và tiếp tục đốt các nhiên liệu có thành phần thay đổi 108b. Luồng bù cacbon điôxit qua đường ống 108c có thể được tách ra khỏi các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 hoặc xuất phát từ nguồn khác.

Hình 3E là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 170 theo một hoặc các phương án thực hiện khác của sáng chế. Hệ thống đốt 170 có thể có hoặc không có các dấu hiệu đã được mô tả trên đây khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 3B đến Hình 3D. Do vậy, Hình 3E có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3D. Hệ thống đốt 170 có thể bao gồm luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 về cơ bản chứa các hydrocacbon và cacbon điôxit và có tỷ lệ nhiên liệu trên cacbon điôxit ban đầu; luồng bão hòa oxy qua đường ống 106 về cơ bản chứa oxy và cacbon điôxit, trong đó luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 và luồng bão hòa oxy qua đường ống 106 được kết hợp để tạo ra luồng nạp vào buồng đốt thông qua đường ống 172 có tỷ lệ nhiên liệu trên oxy kết hợp đã được tạo kết cấu để thỏa mãn tỷ lệ đương lượng tối ưu (ϕ) và tỷ lệ cacbon điôxit với nhiên liệu kết hợp ban đầu được tạo kết cấu để tạo ra nhiệt độ đốt tối ưu; luồng chất pha loãng về cơ bản chứa cacbon điôxit 102b; và buồng đốt 110 được tạo kết cấu để đốt ít nhất một phần luồng nạp vào buồng đốt 172 nhằm tạo ra luồng sản phẩm đốt nóng qua đường ống 174 về cơ bản chứa nước và cacbon điôxit, mà ở đây luồng sản phẩm đốt nóng qua đường ống 174 có thể được trộn với luồng chất pha loãng 102b để tạo ra luồng sản phẩm đốt 112 có nhiệt độ và tỷ lệ cacbon điôxit với nhiên liệu sau cùng.

Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, các hydrocacbon trong luồng nhiên liệu đốt 108 có thể bao gồm metan và tỷ lệ nhiên liệu trên oxy theo mol có thể nằm trong khoảng từ 0,9:1 đến 1,1:1 hoặc nằm trong khoảng từ 0,95:1 đến 1,05:1. Trong hệ thống theo phương án thực hiện khác của sáng chế, các hydrocacbon trong luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108 có thể bao gồm metan và tỷ lệ giữa cacbon điôxit trên nhiên liệu theo mol nằm trong khoảng từ 20:1 đến 25:1 hoặc nằm trong khoảng từ 23:1 đến 24:1.

Theo ít nhất một phương án thực hiện cụ thể, hệ thống đốt 170 có thể còn có luồng khí nhiên liệu chất lượng cao qua đường ống 108a, luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp qua đường ống 108b và luồng bù cacbon điôxit qua đường ống 108c được tạo kết cấu để kết hợp với luồng khí nhiên liệu chất lượng cao trong đường ống 108a và luồng khí nhiên liệu có nhiệt trị thấp trong đường ống 108b để tạo ra luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 và duy trì tỷ lệ ban đầu giữa nhiên liệu trên cacbon điôxit

trong luồng nhiên liệu đốt trong đường ống 108. Hệ thống theo các phương án thực hiện khác của sáng chế có thể có luồng cấp oxy qua đường ống 104 và luồng trộn cacbon điôxit qua đường ống 102a có dòng và thành phần được tạo kết cấu để kết hợp với luồng cấp oxy trong đường ống 104 nhằm tạo ra luồng bão hòa oxy qua đường ống 106.

Theo phương án thực hiện khác của sáng chế, hệ thống đốt 170 có thể bao gồm ít nhất một cảm biến nhiệt độ 114 được tạo kết cấu để đo nhiệt độ của luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 (và các luồng sản phẩm đốt tùy ý trong đường ống 112). Nhiệt độ của luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 có thể được sử dụng để tính lưu lượng của ít nhất một luồng trộn cacbon điôxit qua đường ống 102a, luồng bù cacbon điôxit qua đường ống 108c, và luồng chất pha loãng qua đường ống 102b, để điều chỉnh nhiệt độ đốt. Hệ thống đốt 170 còn có thể có ít nhất một bộ phân tích oxy 126 được tạo kết cấu để đo lượng oxy trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Lượng oxy trong các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 108 có thể được sử dụng để tối ưu hóa lưu lượng của luồng cấp oxy qua đường ống 104 nhằm đạt được mức độ đốt gần như theo hệ số tỷ lượng. Hệ thống 170 có thể còn bao gồm ít nhất một bộ phân tích hydrocacbon 152 được tạo kết cấu để đo lượng hydrocacbon trong thành phần của các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113. Lượng hydrocacbon trong thành phần của các luồng sản phẩm đốt trong đường ống 112 và/hoặc luồng sản phẩm đốt đã giãn nở trong đường ống 113 có thể được sử dụng để tối ưu hóa lưu lượng của luồng cấp oxy trong đường ống 104 để đạt được mức độ đốt gần như theo hệ số tỷ lượng. Hệ thống đốt 170 còn có thể có bộ giãn nở 111 có tải lượng và bộ kiểm soát tải lượng 111' được tạo kết cấu để đo tải lượng. Bộ kiểm soát tải lượng 111' có thể được sử dụng để duy trì tỷ lệ nhiên liệu với oxy kết hợp khi tải lượng thay đổi.

Hình 3F là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện hệ thống đốt 180, theo một hoặc các phương án thực hiện khác nữa của sáng chế. Hệ thống đốt 180 có thể có hoặc không có các dấu hiệu đã được mô tả trên đây khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3E. Do vậy, Hình 3F có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các hình

vẽ từ Hình 3A đến Hình 3E. Để thể hiện rõ hơn thì hệ thống đốt 180 này được thể hiện không có các cảm biến và các bộ kiểm soát, song cần phải hiểu rằng hệ thống đốt 180 có thể bao gồm các cảm biến và các bộ kiểm soát như được thể hiện trên các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3E. Hệ thống đốt 180 có thể bao gồm luồng cacbon điôxit qua đường ống 102 mà có thể được nạp vào máy nén 109 để tạo ra luồng cacbon điôxit nén qua đường ống 103. Luồng cacbon điôxit nén qua đường ống 103 này có thể được nạp vào buồng đốt 110. Luồng cấp oxy qua đường ống 104 và luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108, mà có thể là sự kết hợp của các luồng, như được mô tả trên đây khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 3C đến Hình 3E, cũng có thể được nạp vào buồng đốt 110.

Các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C lần lượt là các hình vẽ thể hiện các buồng đốt 200, 220, và 240, các buồng đốt này có thể được sử dụng kết hợp với các hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện trên các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3F. Buồng đốt bất kỳ trong số hoặc nhiều buồng đốt 200, 220, và 240 có thể được sử dụng kết hợp với các hệ thống đốt 100, 140, 150, 160, 170, và 180 như được mô tả trên đây lần lượt có dựa vào các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3F. Do vậy, các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C có thể được hiểu rõ hơn nếu tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 3A đến Hình 3F.

Buồng đốt 200 có thể có đầu thứ nhất 201a, đầu thứ hai 201b, vỏ ngoài 202, lớp lót của buồng đốt 203, thể tích hình vành khăn 204 được bố trí giữa vỏ ngoài 202 và lớp lót của buồng đốt 203, vùng trộn thứ nhất 206, vùng trộn thứ hai 208, vùng đốt 210, vùng cháy hết 212, và nhiều lỗ mở 213 nằm xuyên qua lớp lót của buồng đốt 203. Hệ thống buồng đốt 200 còn có thể có cảm biến 216 được tạo kết cấu để giám sát và đo hoặc ước tính theo cách khác các dao động áp suất bên trong buồng đốt 110. Hệ thống buồng đốt 200 có thể được tạo kết cấu để tiếp nhận luồng cacbon điôxit qua đường ống 102 mà có thể được tách bên trong buồng đốt 110. Ví dụ, phần thứ nhất của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 (được biểu thị dưới dạng đường nét đứt 102a) có thể được trộn, tiếp xúc, hoặc kết hợp theo cách khác với luồng cấp oxy nạp vào thông qua đường ống 104 để tạo ra luồng bão hòa oxy trong vùng trộn thứ nhất 206. Phần thứ hai của luồng cacbon điôxit trong đường ống 102 (được biểu thị dưới

dạng đường nét đứt 102b) có thể được sử dụng làm luồng làm mát 214. Cacbon điôxit được sử dụng làm luồng làm mát 214 có thể đi qua các lỗ mở 213 nằm xuyên qua lớp lót của buồng đốt 203 và đi vào trong vùng cháy hết 212. Luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 cũng có thể được nạp vào buồng đốt 110 và trộn với luồng bão hòa oxy trong vùng trộn thứ hai 208 để tạo ra luồng đốt đã được trộn mà có thể được đốt ít nhất một phần trong vùng đốt 210 để tạo ra các luồng sản phẩm đốt 112. Theo ít nhất một phương án thực hiện sáng chế, hệ thống đốt 200 có thể còn có vùng lửa nóng 211.

Hình 4B là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện buồng đốt 220 có biên dạng cacbon điôxit 222 và biên dạng oxy 224 trên mặt cắt ngang của vùng đốt 210 mà nó sẽ tạo ra vùng lửa tương đối nóng hơn ở tâm, nghĩa là vùng lửa nóng 211. Hình 4B là hình vẽ thể hiện trường hợp mà lưu lượng oxy 224 cao hơn được phụt gần vào tâm của vùng trộn thứ hai 208 thay vì vào chu vi ngoài của vùng trộn thứ hai 208 còn lưu lượng cacbon điôxit 222 thì không đổi trên mặt cắt ngang của vùng trộn thứ hai 208. Hình 4C thể hiện trường hợp ngược lại trong đó buồng đốt 240 có lưu lượng oxy 242 không đổi trên mặt cắt ngang của vùng trộn thứ hai 208 và lưu lượng cacbon điôxit 244 được giảm về phía tâm của vùng trộn thứ hai 208 thay vì về phía chu vi ngoài của vùng trộn thứ hai 208. Lưu ý rằng, tổng tỷ lệ mol oxy trên cacbon điôxit nạp vào vùng đốt 210 trong cả hai trường hợp này có thể bằng nhau. Tỷ lệ mol giữa oxy với cacbon điôxit có thể nằm trong khoảng từ 0,2:1 đến 0,5:1.

Hình 4A còn thể hiện vùng lửa nóng 211 có thể được tạo kết cấu để tăng độ ổn định của ngọn lửa bên trong vùng đốt 210. Hệ thống theo phương án thực hiện này của sáng chế còn cho phép lượng nhiên liệu qua đường ống 108 được thay đổi ngang qua mặt của vòi phun riêng lẻ trong khi duy trì hệ số tỷ lệ tổng thể bên trong vùng đốt 210 gần bằng tỷ lệ đương lượng (ϕ) khoảng 1, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05. Các cách bố trí này cho phép thay đổi cục bộ a) hệ số tỷ lệ hoặc b) tỷ lệ cacbon điôxit với oxy vốn cân bằng yêu cầu kép giữa độ ổn định của ngọn lửa và các hạn chế của vật liệu làm lớp lót của buồng đốt. Ví dụ, trong thiết kế hoặc kết cấu buồng đốt nhiều vòi phun cho mỗi buồng đốt 200, vùng lửa nóng 211 có thể được sử dụng để thay đổi hệ số tỷ lệ cục bộ qua mặt của mỗi vòi phun độc lập hoặc qua mặt của toàn bộ vùng trộn thứ hai 208. Lưu ý rằng, cho dù vùng lửa nóng 211 được

thể hiện gần như ở tâm của vùng đốt 210, song vẫn dự tính rằng vùng lửa nóng 211 có thể nằm lệch tâm và có thể có nhiều vùng lửa nóng 211.

Theo một hoặc các phương án thực hiện, hệ thống buồng đốt 200 có thể được tạo kết cấu để có vùng lửa nóng ổn định 211 với hỗn hợp luồng nhiên liệu đốt 108 dồi dào có luồng bão hòa oxy (hoặc luồng không khí tổng hợp) hoặc luồng nhiên liệu đốt 108 và luồng cấp oxy 104. Vùng lửa nóng 211 có thể tạo ra lõi ngọn lửa nóng mà có thể hỗ trợ cho độ ổn định tổng thể của ngọn lửa. Các sản phẩm đốt và nhiên liệu chưa đốt từ vùng lửa nóng 211 có thể được oxy hóa một cách hoàn toàn thêm nữa ở phía dưới nữa trong buồng đốt 110 là nơi xuất hiện oxy hoặc không khí tổng hợp dư thừa. Hệ số tỷ lượng tổng thể của buồng đốt 110 có thể được duy trì gần tỷ lệ đương lượng (ϕ) bằng 1, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,95 đến 1,05.

Theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, hệ thống buồng đốt 200 có thể bao gồm nhiều vùng trộn thứ hai 208, vùng đốt 210, và/hoặc bộ phun nhiên liệu/oxy, bộ phận bất kỳ trong số hoặc nhiều bộ phận này có khả năng điều biến độc lập. Các bộ phận này có thể được bố trí song song hoặc nối tiếp nhau và có thể cho phép duy trì độ ổn định của ngọn lửa bằng cách điều biến một hoặc các vùng trộn thứ hai 208 một cách độc lập với các bộ phận khác. Việc loại bỏ cũng có thể được thực hiện bằng cách ngắt một hoặc các vùng trộn thứ hai 208 trong khi vẫn duy trì ngọn lửa ổn định trong buồng đốt 200.

Trong hệ thống theo các phương án thực hiện khác của sáng chế, buồng đốt 200 có thể có dạng hình học được thiết kế để tận dụng độ phát xạ cao hơn và các đặc tính hấp thụ của cacbon điôxit. Dạng hình học này có thể phối hợp khoảng đường đi quang học dài giữa các chất phản ứng đang nạp vào (luồng cấp oxy 104 và luồng nhiên liệu đốt 108) và ngọn lửa (trong vùng đốt 210) ở phía xuôi dòng. Nhiệt độ cao của ngọn lửa có thể làm nóng các chất phản ứng theo cách bức xạ để làm nóng trước các chất này. Trong hệ thống theo phương án thực hiện khác hoặc phương án thay thế, vòi phun hoặc thành buồng đốt có thể được làm bằng vật liệu bức xạ ở bước sóng được ưu tiên hấp thụ bởi cacbon điôxit. Kết cấu này sẽ truyền nhiệt từ vật liệu đó đến cacbon điôxit và tăng nhiệt độ của luồng cacbon điôxit nạp vào thông qua đường ống 102, để có thể nâng cao hiệu quả của phản ứng đốt. Hệ thống theo một phương án

thực hiện thay đổi khác nữa của sáng chế có thể có bộ ổn định ngọn lửa làm bằng vật liệu ưu tiên hấp thụ các bước sóng phát ra bởi cacbon điôxit. Kết cấu này có thể làm cho vật liệu đó nóng lên và làm nóng trước các chất phản ứng thông qua sự đối lưu.

Một kết quả có lợi khác của hệ thống buồng đốt 200 có thể là việc sử dụng cacbon điôxit/oxy (không khí tổng hợp hoặc luồng bão hòa oxy) thay vì không khí tự nhiên, mà hỗ trợ trong thiết kế buồng đốt do mật độ của không khí tổng hợp cao hơn so với không khí tự nhiên. Phân tử lượng của cacbon điôxit lớn hơn nitơ nên dẫn đến mật độ sẽ tăng và vận tốc sẽ giảm với cùng lưu lượng khối. Vận tốc giảm tại bề mặt của mỏ đốt (đối với mỏ đốt có cùng mật độ công suất) sẽ hỗ trợ trong việc ổn định ngọn lửa. Ưu điểm này giúp bù đắp tốc độ ngọn lửa bị giảm của ngọn lửa của cacbon điôxit/oxy (không khí tổng hợp hoặc luồng bão hòa oxy). Kết cấu theo phương án thực hiện này cũng có thể hỗ trợ việc làm ổn định ngọn lửa một cách tổng thể bằng cách làm nóng trước các chất phản ứng và/hoặc hỗ trợ việc làm mát buồng đốt bằng cách truyền nhiệt một cách có hiệu quả đến các luồng khí.

Theo phương án thực hiện khác của sáng chế, hệ thống buồng đốt 200 có thể bao gồm một hoặc nhiều thiết bị phun khí mà có thể tiếp nhận khí qua đường ống 213. Khí trong đường ống 213 có thể được nạp vào vùng lửa nóng 211 thông qua thiết bị phun khí. Khí có thể bao gồm, nhưng không giới hạn, oxy, cacbon điôxit, nhiên liệu đốt, hoặc hỗn hợp bất kỳ của chúng. Việc nạp khí trong đường ống 213 vào vùng lửa nóng có thể tạo ra ngọn lửa cố định ở phía trước vùng đốt vốn được tạo kết cấu nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt 210.

Hình 5A và Hình 5B lần lượt thể hiện các cấu hình 300 và 320 của các buồng đốt theo một hoặc các phương án thực hiện trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Do vậy, Hình 5A và Hình 5B có thể được hiểu rõ hơn nếu dựa vào các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Cấu hình buồng đốt 300 bao gồm luồng cấp oxy thứ nhất qua đường ống 104a được nạp vào trong thể tích hình vành khăn 204 qua các bộ phun 302. Luồng cấp oxy được nạp vào thông qua đường ống 104a có thể được trộn trong vùng 206 với cacbon điôxit 102, nhiên liệu đốt được nạp vào thông qua đường ống 108, và luồng cấp oxy thứ hai được nạp vào thông qua đường ống 104b.

Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện, cơ cấu trộn 304 có thể được bố trí bên trong vùng trộn thứ nhất 206. Cơ cấu trộn 304 có thể là bộ tạo xoáy, cánh khuấy, sàng trộn, hoặc một số cơ cấu khác được tạo kết cấu để trộn các luồng khí. Các bộ phun 302 có thể là các lỗ phun nằm trên thành của buồng đốt 110 hoặc trên vành được bố trí bên trong thể tích hình vành khăn 204 để tạo nên số lượng các tia oxy có độ rơi cao. Kết cấu dạng vành có thể là hoặc gồm vành chia đoạn hoặc vành liền. Hơn nữa, vành này có thể là loại vành tròn, vành nêm, hoặc có dạng mặt cắt ngang thân dốc đứng. Nói chung, các tia càng mảnh thì trộn càng đều trên một khoảng ngắn hơn. Mong muốn rằng việc trộn gần như hoàn tất vào trước thời điểm mà không khí tổng hợp (hỗn hợp cacbon điôxit/oxy) đạt đến điểm phụt nhiên liệu trong vùng trộn thứ hai 208 nhằm đẩy mạnh việc đốt hoàn toàn và phản ứng theo tỷ lượng.

Vùng trộn thứ hai 208 có thể là nơi nạp luồng nhiên liệu đốt 108. Thiết bị trộn thứ hai 308 có thể được bố trí bên trong vùng trộn thứ hai 208. Thiết bị trộn thứ hai 308 này có thể là bộ tạo xoáy, cánh khuấy, sàng trộn, hoặc một số thiết bị khác được tạo kết cấu để tạo ra vùng vận tốc thấp nhằm giữ ngọn lửa. Luồng nhiên liệu đốt 108 có thể được phun vào trong luồng xoáy và ngọn lửa có thể được giữ hoặc duy trì trong vùng đốt 210. Bộ phun nhiên liệu được thể hiện trong kết cấu buồng đốt 300 là sơ đồ được đơn giản hóa và có thể có các lỗ hoặc các miệng phun. Luồng làm mát 214 có thể là cacbon điôxit nạp thông qua đường ống 102 vào vùng hình vành khăn 204. Các luồng sản phẩm đốt 112 có thể được nạp vào bộ giãn nở 111 (xem, ví dụ, Hình 3A).

Hình 5B là hình vẽ thể hiện kết cấu buồng đốt 320 thay thế có thể bao gồm vỏ trong thứ cấp hoặc lớp lót của buồng đốt thứ cấp 324. Vỏ trong thứ cấp 324 có thể được đặt quanh lớp lót của buồng đốt 203 từ vị trí nằm giữa đầu thứ nhất 201a và đầu thứ hai 201b và có thể kéo dài về phía đầu thứ hai 201b. Theo ít nhất một ví dụ thực hiện sáng chế, vỏ trong thứ cấp 324 có thể kéo dài từ vị trí nằm giữa đầu thứ nhất 201a và đầu thứ hai 201b đến đầu thứ hai 201b. Kết cấu buồng đốt 320 còn có thể bao gồm một hoặc nhiều bộ trộn 322 được bố trí bên trong thể tích hình vành khăn 204. So với kết cấu buồng đốt 300 thì các bộ trộn 322 có thể được đặt gần đầu thứ hai 201b của kết cấu buồng đốt 320 hơn. Cần lưu ý rằng, luồng cấp oxy qua đường ống 104 không thể đi vào luồng pha loãng 214, do nó sẽ phản ứng với các sản phẩm đốt bên trong

vùng cháy hết 212. Do đó, lớp lót thứ cấp 324 có ưu điểm cho phép vùng trộn 206 dài hơn và tránh việc nạp oxy vào trong luồng pha loãng hoặc luồng làm mát 214.

Trong hệ thống theo phương án thực hiện khác của sáng chế, luồng cấp oxy trong đường ống 104 có thể được nạp ở vị trí 104a và vị trí 104b. Việc nạp luồng cấp oxy qua đường ống 104a và đường ống 104b có thể cho phép thay đổi tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit trong luồng bão hòa oxy theo không gian để tạo ra vùng lửa nóng 211 trong vùng đốt 210.

Hình 6A và Hình 6B là các hình vẽ thể hiện các buồng đốt theo một hoặc các phương án thực hiện trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Do vậy, Hình 6A và Hình 6B có thể được hiểu rõ hơn nếu tham chiếu đến Hình 4A đến Hình 4C. Hệ thống buồng đốt 400 có thể bao gồm vùng trộn thứ nhất 206 nằm gần đầu thứ nhất 201a của buồng đốt 400. Vùng trộn thứ nhất 206 có thể được tạo kết cấu để tạo ra lưu lượng luồng cacbon điôxit qua đường ống 102, luồng cấp oxy qua đường ống 104, và luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 ra khỏi đầu thứ nhất 201a về phía đầu thứ hai 201b của buồng đốt 400. Một hoặc nhiều bộ trộn (trong hệ thống theo phương án thực hiện này là bộ trộn 402a và bộ trộn 402b) có thể được bố trí bên trong vùng trộn thứ nhất 206. Bộ trộn 402a và bộ trộn 402b có thể có dạng hình học giống hoặc tương tự nhau, hoặc theo cách khác bộ trộn 402b có thể có dạng hình học khác với bộ trộn 402a để thay đổi tỷ lệ oxy với cacbon điôxit ngang qua mặt của vùng trộn thứ hai 208.

Cụ thể hơn, như được thể hiện có hai giai đoạn trộn: vùng trộn thứ nhất hoặc giai đoạn thứ nhất 206 để trộn oxy và cacbon điôxit tạo ra không khí tổng hợp (luồng bão hòa oxy) và vùng trộn thứ hai hoặc giai đoạn trộn thứ hai 208 để trộn luồng nhiên liệu đốt 108 với không khí tổng hợp để tạo ra luồng đốt. Luồng cấp oxy qua đường ống 104 có thể được phụt vào trong luồng cacbon điôxit 102 và việc trộn có thể được tạo thuận tiện bằng cách sử dụng bộ tạo xoáy, cánh khuấy, các bộ phun cơ cấu trộn đứng, hoặc sàng trộn, ví dụ, để tạo dòng rối. Quá trình trộn oxy và cacbon điôxit diễn ra trong vùng trộn thứ nhất 206 và chiều dài của vùng trộn thứ nhất 206 có thể được định kích thước để hoàn tất quá trình trộn này. Luồng nhiên liệu đốt qua đường ống 108 có thể được phụt qua bộ phun nhiên liệu được thể hiện dưới dạng ống 605, luồng nhiên liệu này sẽ được nạp vào các hàng lỗ phun nằm ở mũi của ống 605. Quá trình

đốt diễn ra trong vùng đốt 210 và các thành có thể được làm nguội nhờ cacbon điôxit nạp vào thông qua đường ống 102.

Theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, hệ thống buồng đốt 400 có thể thay đổi mức sụt áp suất ngang qua diện tích của các bộ trộn 402a và/hoặc 402b sao cho hỗn hợp ở giữa vùng trộn thứ nhất 206 có tỷ lệ oxy/cacbon điôxit cao hơn so với phần bên ngoài vùng trộn. Điều này có thể tạo ra ngọn lửa có nhiệt độ nóng hơn ở gần vùng đốt 210 và nhiệt độ nguội hơn gần các thành của buồng đốt 400. Điều này được suy ra từ mật độ lỗ cao hơn trên bộ trộn không khí tổng hợp/bộ tạo xoáy 402b mà nó hạn chế dòng cacbon điôxit so với dòng oxy nạp vào trong vùng này.

Hình 6B là hình vẽ thể hiện buồng đốt theo phương án thực hiện khác của sáng chế, trong đó các vòi phun từ 108a đến 108c và từ 104a đến 104c được sử dụng trong một buồng đốt 420. Kết cấu này cho phép các vòi phun riêng lẻ được bật hoặc tắt khi tải lượng trong buồng đốt 420 thay đổi. Kết cấu này còn cho phép mỗi vòi phun có được các bộ tạo xoáy khác nhau từ 422a đến 422c trong các vùng trộn thứ nhất từ 206a đến 206c sao cho tỷ lệ oxy/cacbon điôxit ở gần vùng giữa của buồng đốt 211 có thể cao hơn nhằm nâng cao độ ổn định của ngọn lửa và tỷ lệ này nhỏ hơn ở gần các thành từ 210a đến 210b.

Các hình vẽ từ Hình 7A đến Hình 7D là các hình vẽ thể hiện các buồng đốt theo các phương án thực hiện thay thế cho các buồng đốt trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Do vậy, các hình vẽ từ Hình 7A đến Hình 7D có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Hình 7A thể hiện buồng đốt 500 có sự tách luồng cacbon điôxit 102, trong đó phần thứ nhất 102b được dẫn dọc theo các thành của buồng đốt 500 để làm mát còn phần thứ hai 102a được dẫn qua vành khăn quanh vòi phun trung tâm hoặc "bộ cảm ứng xoáy" 502. Vòi phun trung tâm 502 có các bộ phun bên để phun oxy 504. oxy có thể được nạp theo phương tiếp tuyến vào trong luồng cacbon điôxit 102a đang đi gần như theo chiều dọc. Kết cấu này có thể nâng cao mức độ trộn oxy và cacbon điôxit và tạo ra luồng không khí tổng hợp xoáy. Các vị trí phụt oxy có thể được tính đến để cho phép điều biến độc lập cả lưu lượng oxy lớn lẫn xoáy luồng không khí tổng hợp. Bộ cảm ứng xoáy 502 cũng có thể tác động như một thân dốc đứng trong cùng dòng xoáy và làm giảm vận tốc trong

làn xoáy của nó. Các vùng có vận tốc giảm này hỗ trợ việc làm ổn định ngọn lửa. Nhiên liệu đốt qua đường ống 108 có thể được nạp vào trong phần vành khăn quanh luồng cacbon điôxit bên trong qua bộ phun 506, nơi đầu của bộ phun nhiên liệu 506 nằm ngang bằng với đầu của bộ cảm ứng xoáy 502.

Hình 7B là hình vẽ thể hiện buồng đốt 510 có kết cấu theo một biến thể của phương án thực hiện nêu trên. Đoạn hình vành khăn dùng cho nhiên liệu 512 có thể kéo dài về phía sau đi qua đầu của bộ cảm ứng xoáy 502 trong buồng đốt 510. Buồng đốt 510 có thể tạo ra khoảng thời gian lưu dài hơn nhằm trộn các luồng cacbon điôxit và oxy. Cấu hình này cũng có thể có biến thể để nạp nhiên liệu vào trong theo hướng tỏa tròn chứ không phải nạp về hướng xuôi chiều dọc trục. Điều này là có ích giữ ngọn lửa nằm ở gần tâm và trong làn xoáy của bộ cảm ứng xoáy 502. Kết cấu này cũng có thể ngăn không cho đoạn hình vành khăn phía ngoài cùng thuộc về cacbon điôxit 102b bị tắt lửa hoặc ngăn không cho vận chuyển nhiên liệu chưa cháy. Trong kết cấu của buồng đốt 500 và buồng đốt 510 này, đoạn hình vành khăn phía ngoài cùng thuộc về cacbon điôxit 102b có thể ngăn không cho ngọn lửa tác động lên các thành của buồng đốt 500, 510 nhờ đó tránh được sự hư hỏng cho thành của buồng đốt 500, 510.

Theo cách có lợi, việc sử dụng bộ cảm ứng xoáy 502 có thể làm giảm mức sụt áp suất của buồng đốt thường đi kèm với cánh khuấy tạo xoáy. Ngoài ra, đường quang thông suốt được tạo ra giữa ngọn lửa và luồng cacbon điôxit 102a đang nạp vào cho phép mức hấp thụ cacbon điôxit cao hơn được thường xuyên. Do đó, luồng không khí tổng hợp đang nạp vào có thể được làm nóng trước đến nhiệt độ cao hơn so với nhiệt độ trong buồng đốt tiêu chuẩn sử dụng không khí. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng cách bố trí bộ cảm ứng xoáy của buồng đốt 500 được tạo kết cấu để chứa gần như toàn bộ luồng cấp oxy 104 trong vùng trộn thứ nhất 206 và không thể sẵn sàng để có thể thay đổi tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit theo không gian bên trong vùng đốt 210.

Hình 7C và Hình 7D lần lượt là hình chiếu nhìn từ phía bên và hình chiếu nhìn từ trên xuống thể hiện bộ cảm ứng xoáy 530. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, bộ cảm ứng xoáy 530 có thể có kết cấu trong đó luồng cacbon điôxit 102a được phụt theo phương tiếp tuyến vào trong luồng oxy 104 để tạo

ra hỗn hợp xoáy thứ nhất 522 (luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp) chứa oxy và cacbon điôxit. Góc phụt (α) và (β) có thể được thay đổi để cân bằng các đặc tính của hiện tượng nghiền khí động học với chiều dài trộn. Góc phụt (α) có thể nằm trong khoảng từ trị số nhỏ 1° , 5° , 10° , 20° , hoặc 30° đến trị số lớn là 50° , 60° , 70° , 80° , hoặc 90° so với trục dọc ở tâm đi qua bộ cảm ứng xoáy 530. Góc phụt (β) có thể nằm trong khoảng từ trị số nhỏ 1° , 5° , 10° , 20° , hoặc 30° đến trị số lớn là 50° , 60° , 70° , 80° , hoặc 90° so với trục dọc ở tâm đi qua bộ cảm ứng xoáy 530. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, việc nạp luồng oxy 104 và luồng cacbon điôxit 102a vào bộ cảm ứng xoáy 530 có thể được đảo ngược. Nói cách khác, luồng oxy 104 có thể được phụt theo phương tiếp tuyến vào trong luồng cacbon điôxit 102a để tạo nên hỗn hợp xoáy thứ nhất 522 (luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp).

Hình 8A và Hình 8B là các hình vẽ thể hiện buồng đốt kiểu chùm ống 600 theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế được tạo kết cấu để sử dụng một số bộ phận của các buồng đốt trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Do vậy, Hình 8A và Hình 8B có thể được hiểu rõ hơn nếu tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Một kết cấu cụ thể của buồng đốt 600 là cụm mỏ đốt 602. Mỏ đốt 602 có thể bao gồm thân mỏ đốt trung tâm 603 gồm nhiều ống 604, 606 bố trí thành chùm bên trong thân mỏ đốt trung tâm 603. Các ống xếp chùm này có thể xếp xen kẽ theo hàng với các ống 604 của bộ phun nhiên liệu đốt 604 và ống 606 của bộ phun oxy. Hình 8B là hình vẽ mặt cắt ngang của cụm mỏ đốt 602 thể hiện kiểu xếp các ống 604, 606 thành chùm. Một hoặc nhiều lỗ mở 608 có thể được nằm xuyên qua một bên của thân mỏ đốt trung tâm 603 cho phép một phần cacbon điôxit từ luồng cacbon điôxit 102a đi vào mỏ đốt 602. Cacbon điôxit có thể lần lượt được thổi vào giữa và quanh chùm ống 604 của bộ phun nhiên liệu đốt và chùm ống 606 của bộ phun oxy, và ra khỏi mỏ đốt 602 theo hướng dọc trục. Kích thước của cụm mỏ đốt 602 cùng với số lượng, kích thước và cách bố trí ống 604 của bộ phun nhiên liệu và ống 606 của bộ phun oxy tương ứng, có thể được thay đổi phụ thuộc vào các yêu cầu cụ thể của buồng đốt 600.

Vùng lân cận kín tương ứng của các ống phun 604, 606 cũng có thể được tạo ra để trộn có hiệu quả giữa nhiên liệu đốt nạp vào thông qua đường ống 108 và oxy nạp

vào thông qua đường ống 104. Vùng lân cận kín tương ứng của các ống 604, 606, còn có thể tạo ra sự thay đổi có thể dự báo và đáng tin cậy của đoạn ngang qua mặt của mỏ đốt 602. Buồng đốt 600 có thể được thiết kế để lần lượt cho phép lưu lượng nhiên liệu đốt 108 và lưu lượng oxy 104 qua các ống 604, 606 của bộ phun được điều biến một cách độc lập. Việc điều biến độc lập nhiên liệu đốt 108 và oxy 104 có thể tạo ra mức độ kiểm soát cao trên đoạn ngang qua mặt của mỏ đốt 602.

Việc lần lượt xếp chùm ống 604 của bộ phun nhiên liệu đốt và ống 606 của bộ phun oxy cũng có thể cải thiện việc đốt nhiên liệu đốt 108 và oxy 104 nạp vào trong buồng đốt 600. Việc lần lượt bố trí chùm ống 604 của bộ phun nhiên liệu đốt và bố trí chùm ống 606 của bộ phun oxy cũng có thể làm giảm mức độ hao hụt nhiên liệu đốt 108 và oxy 104 vào luồng cacbon điôxit 102a cùng dòng. Cacbon điôxit 102a đang được thổi giữa các ống 604, 606 của bộ phun có thể tác động như chất pha loãng hoặc luồng làm mát, giúp quản lý các yêu cầu về nhiệt độ, và/hoặc dòng cacbon điôxit 102a này có thể được thiết kế để tạo nên vùng điều khiển độ nóng ở giữa chùm ống. Tương tự như các lỗ làm mát trong các lớp lót buồng đốt 203 (đã được mô tả trên đây), các lỗ mở bên 608 ở phần bên của mỏ đốt 602 có thể được thay đổi kích thước để điều chỉnh lưu lượng của cacbon điôxit qua mỏ đốt 602.

Hình 9 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện buồng đốt kiểu bẫy xoáy 700 theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế được tạo kết cấu để lần lượt sử dụng một hoặc nhiều bộ phận của các buồng đốt 200, 220, 240 trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Do vậy, Hình 9 có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các Hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C. Buồng đốt 700 có thể bao gồm một hoặc nhiều khoang (trong hệ thống theo phương án thực hiện này là khoang 702 và khoang 704) được bố trí bên trong lớp lót buồng đốt 203. Các khoang 702, 704 có thể kéo dài vào trong đoạn hình vành khuyên 204 được bố trí giữa lớp lót buồng đốt 203 và vỏ ngoài 202 của buồng đốt 700.

Luồng cacbon điôxit qua đường ống 102 có thể được dẫn dọc theo các thành của buồng đốt 700 và hướng vào trong vùng trộn 206. Các lỗ mở hoặc các lỗ 213 có thể được định kích thước dành cho buồng đốt 700 và có thể cho phép một phần luồng cacbon điôxit 102 đi vào buồng đốt nằm ở phía xuôi dòng với vùng đốt 210 được thể

hiện thông qua các đường ống 214 và pha loãng các sản phẩm đốt bên trong vùng cháy hết 212 và làm mát lớp lót buồng đốt 203. Cacbon điôxit nếu không đi vào các lỗ mở hoặc các lỗ 213 thì có thể đi qua đoạn hình vành khăn 204 và dọc theo phía sau khoang hoặc các khoang 702, 704 nhờ đó làm mát các khoang này. Mặc dù không được thể hiện trên các hình vẽ, phía sau của khoang hoặc các khoang 702, 704 còn có thể có các cánh làm mát hoặc các biến thể khác có thể tăng diện tích bề mặt của phía sau khoang nhằm làm mát các khoang 702, 704 một cách có hiệu quả hơn nếu cần đối với buồng đốt đặc thù. Thiết kế này có vai trò kép là không chỉ làm giảm nhiệt độ thành của các khoang 702 và 704 mà còn làm nóng trước luồng cacbon điôxit 102.

Luồng cấp oxy 104a có thể được phụt vào trong luồng cacbon điôxit 102 bên trong lớp lót buồng đốt 203 ở phía ngược dòng với các khoang 702 và 704. Luồng cấp oxy 104a có thể được trộn với luồng cacbon điôxit 102 trong vùng trộn thứ nhất 206 để tạo ra luồng bão hòa oxy hoặc luồng không khí tổng hợp. Lưu ý rằng, Hình 9 thể hiện các hàng có hai khoang 702 và 704 chỉ nhằm mục đích minh họa. Buồng đốt 700 có thể là một khoang, hai khoang 702, 704, hoặc ba khoang hoặc nhiều hơn mà vẫn không xa rời phạm vi bảo hộ của sáng chế. Mỗi khoang 702 và 704 có thể có một hoặc nhiều vị trí phụt dành cho luồng nhiên liệu đốt 108, luồng cấp oxy thứ cấp 104b, hoặc hỗn hợp của luồng nhiên liệu đốt và luồng cấp oxy thứ cấp. Các vị trí phụt cũng có thể được thay đổi trong khoang để phù hợp với các yêu cầu của buồng đốt 700. Trong kết cấu hình buồng đốt theo phương án thực hiện này của sáng chế, mỗi khoang vận hành một cách độc lập và lưu lượng của luồng nạp nhiên liệu đốt 108 và lưu lượng của luồng cấp oxy thứ cấp 104b có thể được điều biến một cách độc lập trong mỗi khoang 702 và 704. Điều này cho phép khoảng vận hành rộng hơn nhiều. Ngọn lửa có mặt một cách ổn định trong khoang 702, 704 hoặc chỉ ở đường vào của khoang 702, 704 được hỗ trợ bởi vận tốc giảm và bởi các vùng tái tuần hoàn trong khoang 702, 704. Buồng đốt bẫy xoáy 700 còn có thể có đường đi quang học dài 905 để cho phép làm nóng trước luồng cacbon điôxit 102 và do đó làm nóng cả luồng không khí tổng hợp một cách có hiệu quả. Ưu điểm của buồng đốt bẫy xoáy 700 so với các buồng đốt dùng trong tuabin khí thông thường là mức sụt áp suất giảm một cách đáng kể. Các tắc nghẽn được giảm đến mức tối thiểu trong luồng cacbon điôxit 102 sẽ dẫn đến giảm mức hao hụt áp suất của cacbon điôxit.

Hình 10A và Hình 10B là hình vẽ dạng biểu đồ thể hiện các phương pháp vận hành một hoặc nhiều của buồng đốt theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế trên các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 9. Do vậy, Hình 10A và Hình 10B có thể được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 9. Phương pháp 800 có thể bao gồm bước 804 trộn luồng cấp oxy và ít nhất một phần luồng cacbon điôxit trong vùng trộn thứ nhất để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit, nghĩa là "luồng bão hòa oxy" hoặc "luồng không khí tổng hợp". Phương pháp 800 còn có thể bao gồm bước 806 trộn hỗn hợp thứ nhất và luồng nhiên liệu đốt trong vùng trộn thứ hai để tạo ra luồng đốt đã trộn. Bước 808 đốt ít nhất một phần luồng đốt đã trộn để tạo ra luồng sản phẩm đốt. Hình 10B thể hiện phương pháp 820 có thể bao gồm bước 824 thay đổi tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit theo không gian ngang qua mặt đốt của buồng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong buồng đốt.

Trở lại các hình vẽ từ Hình 4A đến Hình 4C, vùng cháy hết 212 của buồng đốt 110 có thể bao gồm ít nhất một vùng pha loãng thụ động 218 có hàng lỗ nằm xuyên qua lớp lót buồng đốt 203 được tạo kết cấu để làm mát và dập lửa lớp lót buồng đốt 203 của buồng đốt 110; vùng pha loãng chủ động (không được thể hiện trên các hình vẽ) có ít nhất một cửa dập lửa được kết cấu để phân phối một cách chủ động ít nhất một phần của phần thứ hai của luồng cacbon điôxit 102b vào buồng đốt 110 nhằm trộn với các luồng sản phẩm đốt 112; dãy cửa dập lửa xếp tầng (không được thể hiện trên các hình vẽ) để kiểm soát một cách chủ động phổ nhiệt độ trong cả vùng cháy hết 212; và tổ hợp bất kỳ của chúng. Trong hệ thống theo một hoặc các phương án thực hiện sáng chế, vùng cháy hết 212 còn có thể bao gồm cảm biến 216, như bộ chuyển đổi áp suất, để kiểm tra, đo và/hoặc ước tính các dao động áp suất bên trong buồng đốt 110, có thể là tín hiệu thổi tắt lửa. Bộ phân tích oxy (không được thể hiện trên các hình vẽ) cũng có thể được lắp vào trong buồng đốt 110 để tạo cửa nạp khác vào vòng hồi tiếp oxy.

Về nhiệt trị, luồng bão hòa oxy 106 có thể không có nhiệt trị, luồng nhiên liệu đốt 108 có thể có nhiệt trị tương đối cao (ví dụ, từ khoảng 500 đơn vị nhiệt Anh trên một phút khối chuẩn (British thermal units per standard cubic foot - BTU/scf) đến 950 BTU/scf) (từ khoảng 19690Kj/Nm³ đến 37412 KJ/Nm³).

Trong khi hoạt động, vùng đốt 210 có thể sinh ra nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1500°C đến 2200°C. Do có sự bổ sung luồng cacbon điôxit 102b, nhiệt độ của các luồng sản phẩm đốt 112 được mong đợi nằm trong khoảng từ 1000°C đến khoảng 1400°C do các luồng sản phẩm đốt đi vào vùng cháy hết 212. Khí dập lửa bổ sung 102b có thể được nạp vào thông qua thành ngoài của vùng cháy hết 212 sinh ra “đường bao khí” để giữ cho thành của buồng đốt 110 luôn mát hơn vùng lửa nóng 211. Trong hệ thống theo một phương án thực hiện sáng chế, luồng làm mát 102b có thể được loại bỏ hydrocacbon nhằm làm giảm tới mức tối thiểu sự hình thành muội, nếu cần. Trong hệ thống theo phương án thực hiện khác của sáng chế, việc đốt diễn ra ở áp suất cao hơn áp suất khí quyển, như khoảng 10 atmophe chẳng hạn,

Ví dụ thực hiện

Một số thành phần trong luồng khí làm ví dụ được thể hiện trong các bảng dưới đây như là ví dụ về các luồng khí ở các giai đoạn khác nhau của quá trình sản xuất tại một mỏ khai thác sản xuất khí, hoặc các mỏ khai thác sản xuất khí khác nhau. Bảng 1 thể hiện các thành phần và lưu lượng của luồng cụ thể ở một lò sản xuất tại hoặc ở gần thời điểm bắt đầu sản xuất.

Bảng 1: Khởi động

Thành phần	Luồng 104	Luồng 108b	Luồng 108a	Luồng 102a	Luồng 112
O ₂	95,59%	0	0	0	0,44%
CO ₂	0	0	0	76,23%	61,83%
CH ₄	0	0	100%	0	0,00%
CO	0	0	0	0	0,85%
OH	0	0	0	0	0,12%
H ₂	0	0	0	0	0,09%
H ₂ O	0	0	0	16,99%	30,42%

Ar	4,26%	0	0	6,78%	6,34%
Tạp	0,15%	0	0	0	0
Tổng	100,00%	0,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Áp suất (psig)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	250 (1722,5 KPa)
Nhiệt độ (°F)	755 (401,7°C)	500 (260°C)	160 (71,1°C)	540 (282,2°C)	1701,7 (9436,1°C)
Phân tử LB	13474,1	0	6464,1	143860	163798
Lưu lượng (lb/giờ)	436010	0	103425	6282874	6822309

Bảng 2 thể hiện các thành phần và lưu lượng của luồng cụ thể ở một lò sản xuất sau khi xả hết CO₂.

Bảng 2: Sau khi xả hết					
Thành phần	Luồng 104	Luồng 108a	Luồng 108b	Luồng 102a	Luồng 112
O ₂	95,59%	0	0	0	0,01%
CO ₂	0	88,16%	0	0	64,15%
CH ₄	0	5,21%	100%	0	0,00%
C ₂	0	2,76%	0	0	0,00%
C ₃	0	1,25%	0	0	0,00%

CO	0	0%	0	0	0,03%
OH	0	0%	0	0	0,00%
H ₂	0	0%	0	0	0,24%
H ₂ O	0	0%	0	0	31,02%
Ar	4,26%	0	0	0	0,40%
Tạp	0,15%	1,77%	0	0	3,30%
Tổng	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Áp suất (psig)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	300 (2067 KPa)	250 (1722,5 KPa)
Nhiệt độ (°F)	755 (401,7°C)	500 (260°C)	160 (71,1°C)	540 (282,2°C)	1701,7 (9436,1°C)
Phân tử LB	13474,1	136740	171,8	0	150386
Lưu lượng (lb/giờ)	412653	5639146	2748	0	6054547

Các phương án thực hiện do sáng chế đề xuất còn liên quan đến bộ phận bất kỳ hoặc nhiều bộ phận theo các khía cạnh sau:

Khía cạnh thứ nhất: Sáng chế đề xuất hệ thống buồng đốt bao gồm, buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, và thể tích hình vành khăn tạo thành giữa vỏ ngoài và vỏ trong kéo dài từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai; cửa nạp cacbon điôxit được tạo kết cấu để nạp cacbon điôxit vào buồng đốt; cửa nạp oxy được tạo kết cấu để nạp oxy vào buồng đốt; vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit với ít nhất một

phần oxy bất kỳ nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit; cửa nạp nhiên liệu được tạo kết cấu để nạp nhiên liệu vào buồng đốt; vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để trộn hỗn hợp thứ nhất và nhiên liệu để tạo ra hỗn hợp thứ hai gồm oxy, cacbon điôxit, và nhiên liệu; và vùng đốt được tạo kết cấu để đốt hỗn hợp thứ hai để tạo ra sản phẩm đốt, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ hai được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua một hoặc nhiều lỗ nằm xuyên qua vỏ trong và trộn với và làm nguội sản phẩm đốt này.

Khía cạnh thứ hai: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ nhất, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua thể tích hình vành khăn của buồng đốt về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt, trong đó cửa nạp oxy được định vị trong thể tích hình vành khăn cách một khoảng với đầu thứ nhất của buồng đốt được tạo kết cấu để đẩy nhanh mức độ trộn giữa phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp thông qua cửa nạp cacbon điôxit và oxy nạp vào thông qua cửa nạp oxy, và trong đó nhiên liệu được nạp vào trong đầu thứ nhất của buồng đốt.

Khía cạnh thứ ba: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai, trong đó cửa nạp oxy gồm các lỗ phun được bố trí xuyên qua ít nhất một thành của buồng đốt và vành trong thể tích hình vành khăn.

Khía cạnh thứ tư: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai, hệ thống này còn bao gồm vỏ trong thứ cấp được tạo kết cấu để ngăn không cho nạp oxy thông qua cửa nạp oxy qua vỏ trong, trong đó vùng trộn thứ nhất được định vị cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt và được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn giữa oxy nạp vào thông qua cửa nạp oxy và phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit.

Khía cạnh thứ năm: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ nhất, trong đó cửa nạp oxy được định vị ở đầu thứ nhất của buồng đốt, trong đó nhiên liệu được nạp vào trong đầu thứ nhất của buồng đốt, và trong đó dòng hỗn hợp thứ nhất đi từ đầu thứ nhất của buồng đốt đến đầu thứ hai của buồng đốt,

Khía cạnh thứ sáu 6: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ năm, hệ thống này còn có các mỏ đốt được tạo kết cấu để thực hiện chức năng được chọn từ nhóm bao gồm: nạp ít nhất một phần oxy nạp vào thông qua cửa nạp oxy vào vùng trộn thứ hai, nạp nhiên liệu vào vùng trộn thứ hai, nạp ít nhất một phần oxy nạp vào thông qua cửa nạp oxy vào vùng trộn thứ nhất, và tổ hợp bất kỳ của chúng.

Khía cạnh thứ bảy: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ sáu, trong đó mỏ đốt bất kỳ hoặc một phần trong số các mỏ đốt được tạo kết cấu để ngắt nhằm kiểm soát tải lượng của buồng đốt và tạo ra tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit khác biệt ở mỗi mỏ đốt.

Khía cạnh thứ tám: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ hai, thứ tư và thứ sáu, trong đó hỗn hợp thứ nhất có tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit thay đổi theo không gian được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong một phần của vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt này.

Khía cạnh thứ chín: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ tám, hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy với cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

Theo khía cạnh thứ mười: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ tám, hệ thống này còn bao gồm cơ cấu trộn có dạng hình học có thể thay đổi được định vị trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy với cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

Khía cạnh thứ mười một: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ hai, thứ tư và thứ sáu, hệ thống này còn bao gồm cửa nạp khí được tạo kết cấu để tạo ra ngọn lửa cố định ở phía ngược dòng với vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Khía cạnh thứ mười hai: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ hai, thứ tư và thứ sáu, hệ thống này còn bao gồm: cơ cấu trộn được định vị trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để tăng cường việc trộn

hỗn hợp thứ nhất; và cơ cấu trộn thứ hai được định vị trong vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để tạo ra vùng vận tốc thấp nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Khía cạnh thứ mười ba: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ nhất, trong đó vùng trộn thứ nhất bao gồm bộ cảm ứng xoáy được tạo kết cấu để nạp oxy vào trong cacbon điôxit theo góc tiếp tuyến với dòng của phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit để sinh ra hỗn hợp xoáy thứ nhất.

Khía cạnh thứ mười bốn: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ nhất, hệ thống này còn bao gồm: ít nhất một khoang được định vị trong vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để phân phối ít nhất một phần nhiên liệu vào vùng đốt để tạo ra vùng vận tốc thấp nhằm tăng cường độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua thể tích hình vành khăn của buồng đốt về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt để làm nguội thành của ít nhất một khoang, và trong đó vùng trộn thứ nhất được định vị gần đầu thứ nhất của buồng đốt.

Khía cạnh thứ mười lăm: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười bốn, hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp trong ít nhất một khoang để tạo ra vùng lửa nóng nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Khía cạnh thứ mười sáu: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ chín hoặc khía cạnh thứ mười một, hệ thống này còn bao gồm bộ kiểm soát để kiểm soát một cách chủ động mức thay đổi nồng độ oxy theo không gian bằng cách kiểm soát tỷ lệ của dòng oxy qua hai hoặc nhiều cửa nạp oxy, ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp, và cửa nạp khí.

Theo khía cạnh thứ mười bảy: Hệ thống mô đốt bao gồm: buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, mô đốt bao gồm mặt đốt, và vùng đốt; cửa nạp cacbon điôxit, cửa nạp oxy, và cửa nạp nhiên liệu; và vùng trộn được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit và ít nhất một phần oxy bất kỳ nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit, trong đó hỗn hợp thứ nhất có tỷ lệ oxy với cacbon điôxit

thay đổi theo không gian ngang qua mặt đốt được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Khía cạnh thứ mười tám: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười bảy, trong đó vùng nóng được định vị về cơ bản là ở tâm của vùng đốt.

Khía cạnh thứ mười chín: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười tám, hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy với cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

Khía cạnh thứ hai mươi: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười chín, hệ thống này còn bao gồm bộ kiểm soát để kiểm soát một cách chủ động mức thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit bằng cách kiểm soát tỷ lệ giữa dòng oxy qua cửa nạp oxy và ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp.

Khía cạnh thứ hai mươi một: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười tám, hệ thống này còn bao gồm cơ cấu trộn có dạng hình học có thể thay đổi trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy với cacbon điôxit.

Khía cạnh thứ hai mươi hai: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi, hệ thống này còn bao gồm: thể tích hình vành khăn được tạo thành giữa vỏ ngoài và vỏ trong kéo dài từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit được tạo kết cấu để thổi qua thể tích hình vành khăn về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt, trong đó cửa nạp oxy được tạo kết cấu để phân phối oxy nạp vào thông qua cửa nạp oxy đến phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit để sinh ra hỗn hợp thứ nhất, và trong đó cửa nạp oxy được định vị trong thể tích hình vành khăn cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt, trong đó khoảng cách này được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn hỗn hợp thứ nhất.

Khía cạnh thứ hai mươi ba: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi hai, trong đó cửa nạp oxy bao gồm các lỗ phun được bố trí xuyên qua ít nhất một thành của buồng đốt và vành trong thể tích hình vành khăn.

Khía cạnh thứ hai mươi tư: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi ba, hệ thống này còn bao gồm vỏ trong thứ cấp được tạo kết cấu để ngăn không cho nạp oxy qua vỏ trong, trong đó cửa nạp oxy được định vị cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt và được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn hỗn hợp thứ nhất.

Khía cạnh thứ hai mươi lăm: Hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi hoặc khía cạnh thứ hai mươi một, trong đó cửa nạp oxy và cửa nạp nhiên liệu được định vị ở đầu thứ nhất của buồng đốt và dòng hỗn hợp thứ nhất đi từ đầu thứ nhất của buồng đốt đến đầu thứ hai của buồng đốt.

Khía cạnh thứ hai mươi sáu: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh thứ mười bảy, trong đó hệ thống này còn bao gồm: thân mỏ đốt trung tâm có các ống được bố trí thành chùm bên trong thân này, trong đó phần thứ nhất của các ống được tạo kết cấu để mang nhiên liệu và phần thứ hai của các ống này được tạo kết cấu để mang oxy; lỗ mở được bố trí xuyên qua ít nhất một phần trong phần bên của thân mỏ đốt trung tâm được tạo kết cấu để tạo đường dẫn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất vào trong thể tích được bố trí giữa các ống; và bộ kiểm soát kết cấu để điều biến ít nhất lưu lượng của oxy ngang qua phần thứ hai của các ống được tạo kết cấu để mang oxy nhằm thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy với cacbon điôxit ngang qua mặt đốt.

Khía cạnh thứ hai mươi bảy: Bổ sung cho hệ thống được đề xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh mười bảy, hai mươi hai, hai mươi lăm, và hai mươi sáu, hệ thống này còn bao gồm thiết bị phun khí được kết cấu để tạo ra ngọn lửa cố định nằm ở phía trước của vùng đốt, ngọn lửa cố định này được làm thích ứng nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

Khía cạnh thứ hai mươi tám: Phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm các bước: trộn oxy và cacbon điôxit trong vùng trộn thứ nhất của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ nhất; trộn hỗn hợp thứ nhất và nhiên liệu trong vùng trộn thứ hai của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ hai; và đốt ít nhất một phần nhiên liệu trong hỗn hợp thứ hai để tạo ra sản phẩm đốt.

Khía cạnh thứ hai mươi chín: Bổ sung cho phương pháp được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi tám, phương pháp này còn bao gồm bước áp dụng phương pháp được đề xuất theo khía cạnh thứ hai mươi tám cho hệ thống buồng đốt được đề xuất theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ hai, thứ tư, thứ sáu, thứ mười ba, và thứ mười bốn.

Khía cạnh thứ ba mươi: Phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm các bước: thay đổi tỷ lệ oxy với cacbon điôxit theo không gian ngang qua mặt đốt của buồng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong buồng đốt.

Khía cạnh thứ ba mươi một: Bổ sung cho phương pháp được đề xuất theo khía cạnh thứ ba mươi, phương pháp này còn bao gồm bước áp dụng phương pháp được đề xuất theo khía cạnh thứ ba mươi cho hệ thống buồng đốt theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh thứ mười bảy, khía cạnh thứ hai mươi hai, khía cạnh thứ hai mươi lăm, và khía cạnh thứ hai mươi sáu.

Trong khi sáng chế có thể có các dạng thay đổi và biến thể khác nhau, các phương án thực hiện sáng chế nêu trên chỉ là các ví dụ minh họa. Tuy nhiên, vẫn cần phải hiểu rằng phạm vi bảo hộ của sáng chế không chỉ hạn chế ở các phương án thực hiện cụ thể đã được mô tả trên đây. Thực vậy, sáng chế bao gồm tất cả các thay thế, biến thể, biến đổi tương đương nằm trong phạm vi bảo hộ được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống buồng đốt bao gồm:

buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, và thể tích hình vành khăn được tạo thành giữa vỏ ngoài và vỏ trong kéo dài từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai;

cửa nạp cacbon điôxit được tạo kết cấu để nạp cacbon điôxit vào buồng đốt;

cửa nạp oxy được tạo kết cấu để nạp oxy vào buồng đốt;

vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit với ít nhất một phần oxy bất kỳ được nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit;

cửa nạp nhiên liệu được tạo kết cấu để nạp nhiên liệu vào buồng đốt;

vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để trộn hỗn hợp thứ nhất và nhiên liệu để tạo ra hỗn hợp thứ hai gồm oxy, cacbon điôxit, và nhiên liệu; và

vùng đốt được tạo kết cấu để đốt hỗn hợp thứ hai để tạo ra sản phẩm đốt, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ hai được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua một hoặc nhiều lỗ nằm xuyên qua vỏ trong và trộn với sản phẩm đốt và làm nguội sản phẩm đốt.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó:

phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua thể tích hình vành khăn của buồng đốt về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt;

trong đó cửa nạp oxy được định vị trong thể tích hình vành khăn cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn giữa phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit và oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy; và

trong đó nhiên liệu được nạp vào trong đầu thứ nhất của buồng đốt.

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó cửa nạp oxy bao gồm các lỗ phun được bố trí xuyên qua ít nhất một thành của buồng đốt và vành trong thể tích hình vành khăn.

4. Hệ thống theo điểm 2, trong đó hệ thống này còn bao gồm vỏ trong thứ cấp được tạo kết cấu để ngăn việc nạp oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy đi qua vỏ trong, trong đó vùng trộn thứ nhất được định vị cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt và được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn giữa oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy và phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit.

5. Hệ thống theo điểm 1, trong đó:

cửa nạp oxy được định vị ở đầu thứ nhất của buồng đốt;

nhiên liệu được nạp vào trong đầu thứ nhất của buồng đốt; và

dòng hỗn hợp thứ nhất đi từ đầu thứ nhất của buồng đốt đến đầu thứ hai của buồng đốt.

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó hệ thống này còn bao gồm nhiều mỏ đốt được tạo kết cấu để thực hiện chức năng được chọn từ nhóm bao gồm: nạp ít nhất một phần oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy vào vùng trộn thứ hai, nạp nhiên liệu vào vùng trộn thứ hai, nạp ít nhất một phần oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy vào vùng trộn thứ nhất, và tổ hợp bất kỳ của chúng.

7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó mỏ đốt bất kỳ hoặc một phần trong số các mỏ đốt được tạo kết cấu để ngắt được nhằm kiểm soát tải lượng của buồng đốt và tạo ra tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit khác biệt trong mỗi mỏ đốt.

8. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2, 4 và 6, trong đó hỗn hợp thứ nhất gồm có tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit thay đổi theo không gian được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong một phần của vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng này.

9. Hệ thống theo điểm 8, trong đó hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

10. Hệ thống theo điểm 8, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị trộn có dạng hình học có thể thay đổi được định vị trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

11. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2, 4 và 6, trong đó hệ thống này còn bao gồm cửa nạp khí được tạo kết cấu để tạo ra ngọn lửa cố định nằm ở phía ngược dòng của vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

12. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2, 4 và 6, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

thiết bị trộn được định vị trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để tăng cường việc trộn hỗn hợp thứ nhất; và

thiết bị trộn thứ hai được định vị trong vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để tạo ra vùng vận tốc thấp nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

13. Hệ thống theo điểm 1, trong đó vùng trộn thứ nhất bao gồm bộ cảm ứng xoáy được tạo kết cấu để nạp oxy vào trong cacbon điôxit theo góc tiếp tuyến với đường dòng của phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit để sinh ra hỗn hợp xoáy thứ nhất.

14. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

ít nhất một khoang được định vị trong vùng trộn thứ hai được tạo kết cấu để phân phối ít nhất một phần nhiên liệu vào vùng đốt để tạo ra vùng vận tốc thấp nhằm tăng cường độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit thổi qua thể tích hình vành khăn của buồng đốt về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt để làm nguội thành của ít nhất một khoang, và trong đó vùng trộn thứ nhất được định vị gần đầu thứ nhất của buồng đốt.

15. Hệ thống theo điểm 14, trong đó hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp trong ít nhất một khoang để tạo ra vùng lửa nóng nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

16. Hệ thống theo điểm 11, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ kiểm soát để kiểm soát một cách chủ động mức thay đổi nồng độ oxy theo không gian bằng cách kiểm soát tỷ lệ dòng oxy qua hai hoặc nhiều hơn hai cửa nạp oxy, ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp, và cửa nạp khí.

17. Hệ thống mỏ đốt, bao gồm:

buồng đốt có đầu thứ nhất, đầu thứ hai, vỏ ngoài, vỏ trong, mỏ đốt bao gồm mặt đốt, và vùng đốt;

cửa nạp cacbon điôxit, cửa nạp oxy, và cửa nạp nhiên liệu; và

vùng trộn được tạo kết cấu để trộn phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit và ít nhất một phần oxy bất kỳ được nạp vào thông qua cửa nạp oxy để tạo ra hỗn hợp thứ nhất gồm oxy và cacbon điôxit, trong đó hỗn hợp thứ nhất gồm có tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit thay đổi theo không gian ngang qua mặt đốt được tạo kết cấu để sinh ra vùng nóng trong vùng đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

18. Hệ thống theo điểm 17, trong đó vùng nóng được định vị về cơ bản là ở tâm của vùng đốt.

19. Hệ thống theo điểm 18, trong đó hệ thống này còn bao gồm ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit trong hỗn hợp thứ nhất.

20. Hệ thống theo điểm 19, trong đó hệ thống này còn bao gồm bộ kiểm soát để kiểm soát một cách chủ động mức thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit bằng cách kiểm soát tỷ lệ dòng oxy qua cửa nạp oxy và ít nhất một cửa nạp oxy thứ cấp.

21. Hệ thống theo điểm 18, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị trộn có dạng hình học có thể thay đổi trong vùng trộn thứ nhất được tạo kết cấu để thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit.

22. Hệ thống theo điểm 20, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

thể tích hình vành khăn được tạo thành giữa vỏ ngoài và vỏ trong kéo dài từ đầu thứ nhất đến đầu thứ hai, trong đó phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit được tạo kết cấu để thổi qua thể tích hình vành khăn về phía đầu thứ nhất của buồng đốt từ đầu thứ hai của buồng đốt, trong đó cửa nạp oxy được tạo kết cấu để phân phối oxy được nạp vào thông qua cửa nạp oxy đến phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất được nạp vào thông qua cửa nạp cacbon điôxit để sinh ra hỗn hợp thứ nhất, và trong đó cửa nạp oxy được định vị trong thể tích hình vành khăn cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt, trong đó khoảng cách này được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn hỗn hợp thứ nhất.

23. Hệ thống theo điểm 22, trong đó cửa nạp oxy bao gồm nhiều lỗ phun được bố trí xuyên qua ít nhất một thành của buồng đốt và vành trong thể tích hình vành khăn.

24. Hệ thống theo điểm 23, hệ thống này còn bao gồm vỏ trong thứ cấp được tạo kết cấu để ngăn việc nạp oxy qua vỏ trong, trong đó cửa nạp oxy được định vị cách một khoảng từ đầu thứ nhất của buồng đốt và được tạo kết cấu để đẩy mạnh mức độ trộn hỗn hợp thứ nhất.

25. Hệ thống theo điểm 20 hoặc điểm 21, trong đó cửa nạp oxy và cửa nạp nhiên liệu được định vị ở đầu thứ nhất của buồng đốt và dòng hỗn hợp thứ nhất đi từ đầu thứ nhất của buồng đốt đến đầu thứ hai của buồng đốt.

26. Hệ thống theo điểm 17, trong đó hệ thống mỏ đốt này còn bao gồm:

thân mỏ đốt trung tâm có nhiều ống được bố trí thành chùm bên trong thân này, trong đó phần thứ nhất của nhiều ống được tạo kết cấu để mang nhiên liệu và phần thứ hai của nhiều ống này được tạo kết cấu để mang oxy;

lỗ mở được bố trí xuyên qua ít nhất một phần của phần bên của thân mỏ đốt trung tâm được tạo kết cấu để cho phép đường dẫn của phần cacbon điôxit bất kỳ thứ nhất vào trong thể tích được bố trí giữa các ống; và

bộ kiểm soát được tạo kết cấu để điều biến ít nhất lưu lượng của oxy ngang qua phần thứ hai của các ống được kết cấu để mang oxy nhằm thay đổi theo không gian tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit ngang qua mặt đốt.

27. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 17, 22 và 26, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị phun khí được kết cấu để tạo ra ngọn lửa cố định nằm ở phía ngược dòng của vùng đốt, ngọn lửa cố định này được làm thích ứng nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

28. Hệ thống theo điểm 25, trong đó hệ thống này còn bao gồm thiết bị phun khí được tạo kết cấu để tạo ra ngọn lửa cố định nằm ở phía ngược dòng của vùng đốt, ngọn lửa cố định này được làm thích ứng nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong vùng đốt.

29. Phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm các bước:

trộn oxy và cacbon điôxit trong vùng trộn thứ nhất của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ nhất;

trộn hỗn hợp thứ nhất và nhiên liệu trong vùng trộn thứ hai của buồng đốt để tạo ra hỗn hợp thứ hai; và

đốt ít nhất một phần nhiên liệu trong hỗn hợp thứ hai để tạo ra sản phẩm đốt.

30. Phương pháp theo điểm 29, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước áp dụng phương pháp theo điểm 29 cho hệ thống buồng đốt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2, 4, 6, 13 và 14.

31. Phương pháp đốt nhiên liệu trong hệ thống đốt bao gồm bước:

thay đổi tỷ lệ oxy trên cacbon điôxit theo không gian ngang qua mặt đốt nhằm tăng độ ổn định của ngọn lửa trong buồng đốt.

32. Phương pháp theo điểm 31, trong đó phương pháp này còn bao gồm các bước của phương pháp theo điểm 29 áp dụng cho các hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 17, 22, 25 và 26.

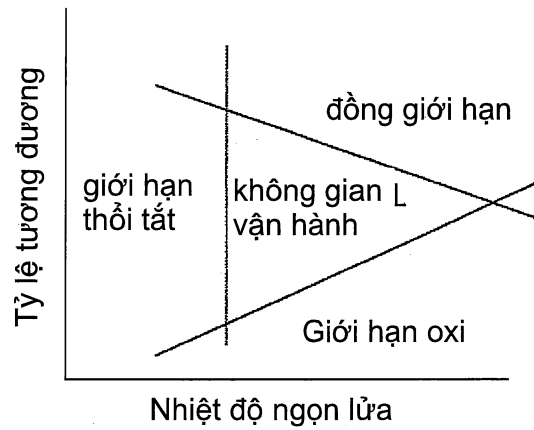


FIG. 1

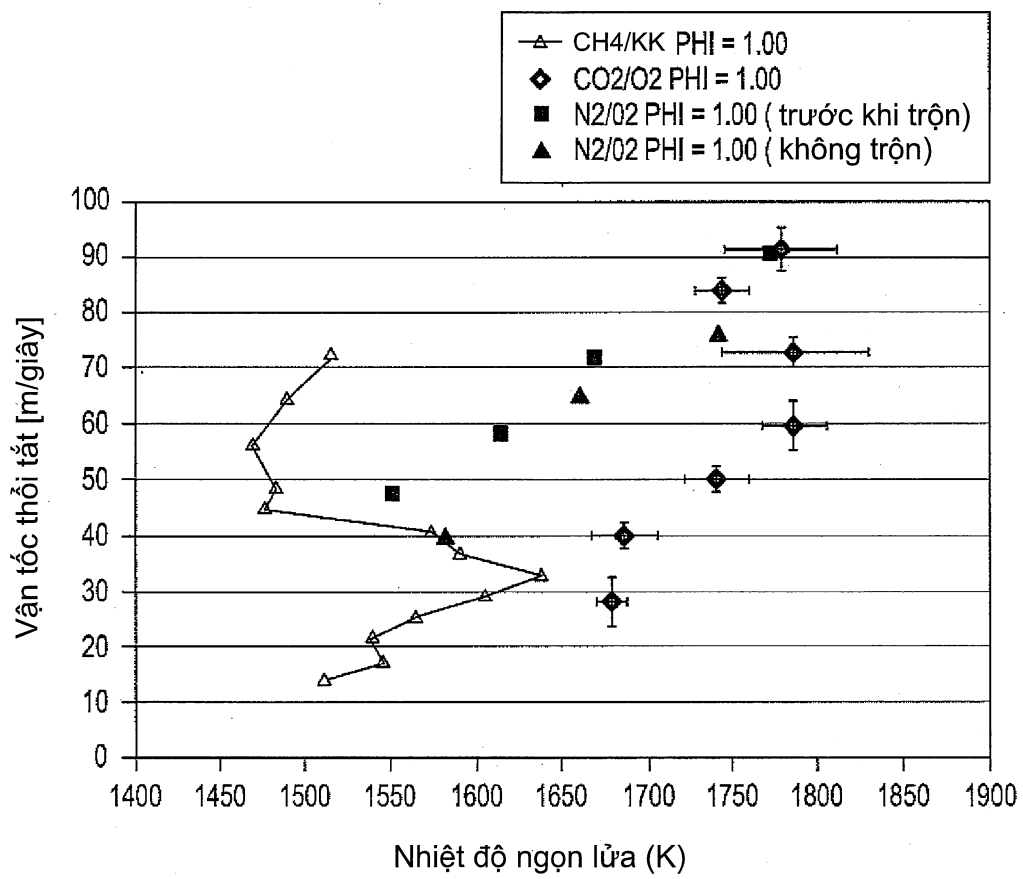


FIG. 2

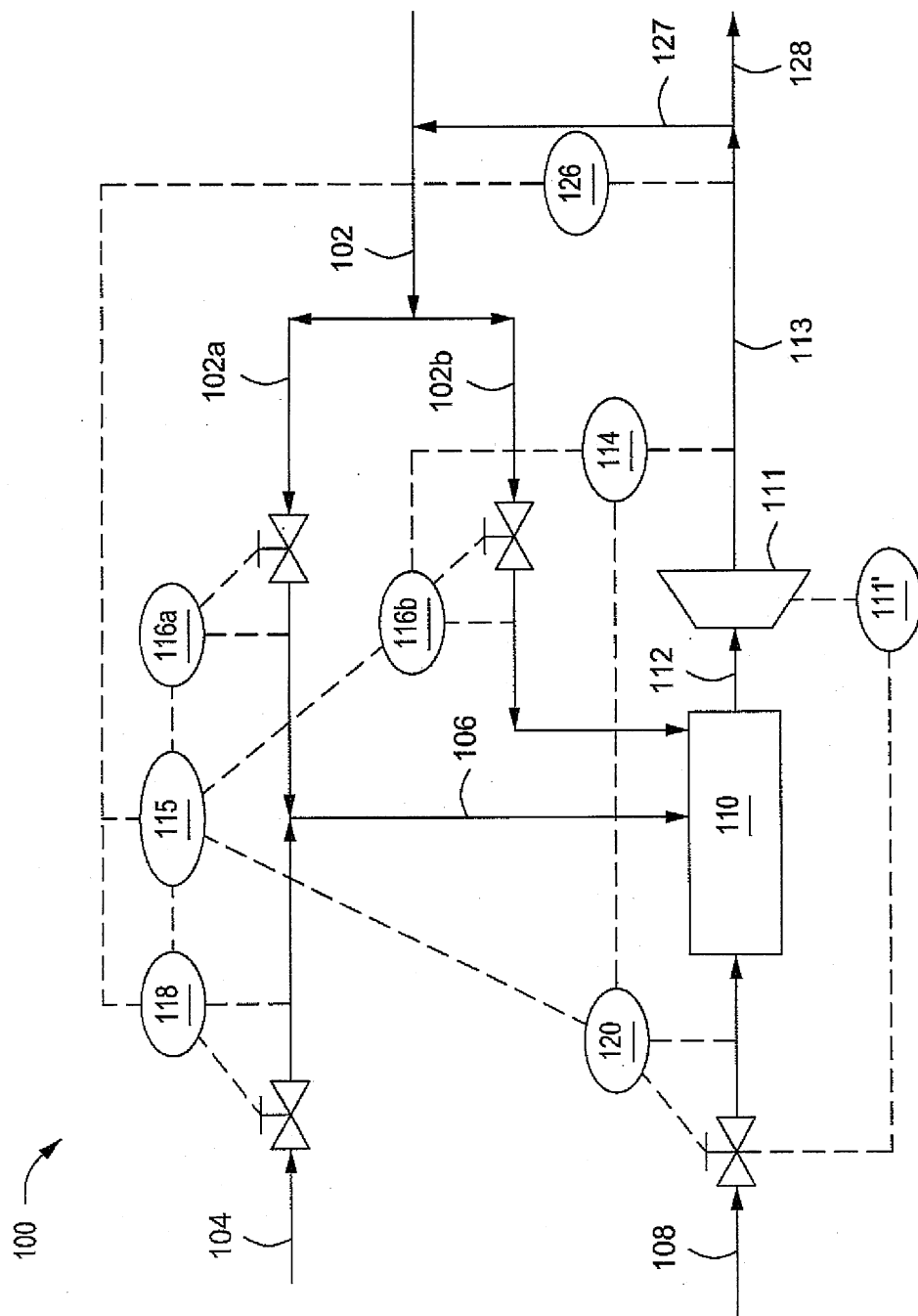


FIG. 3A

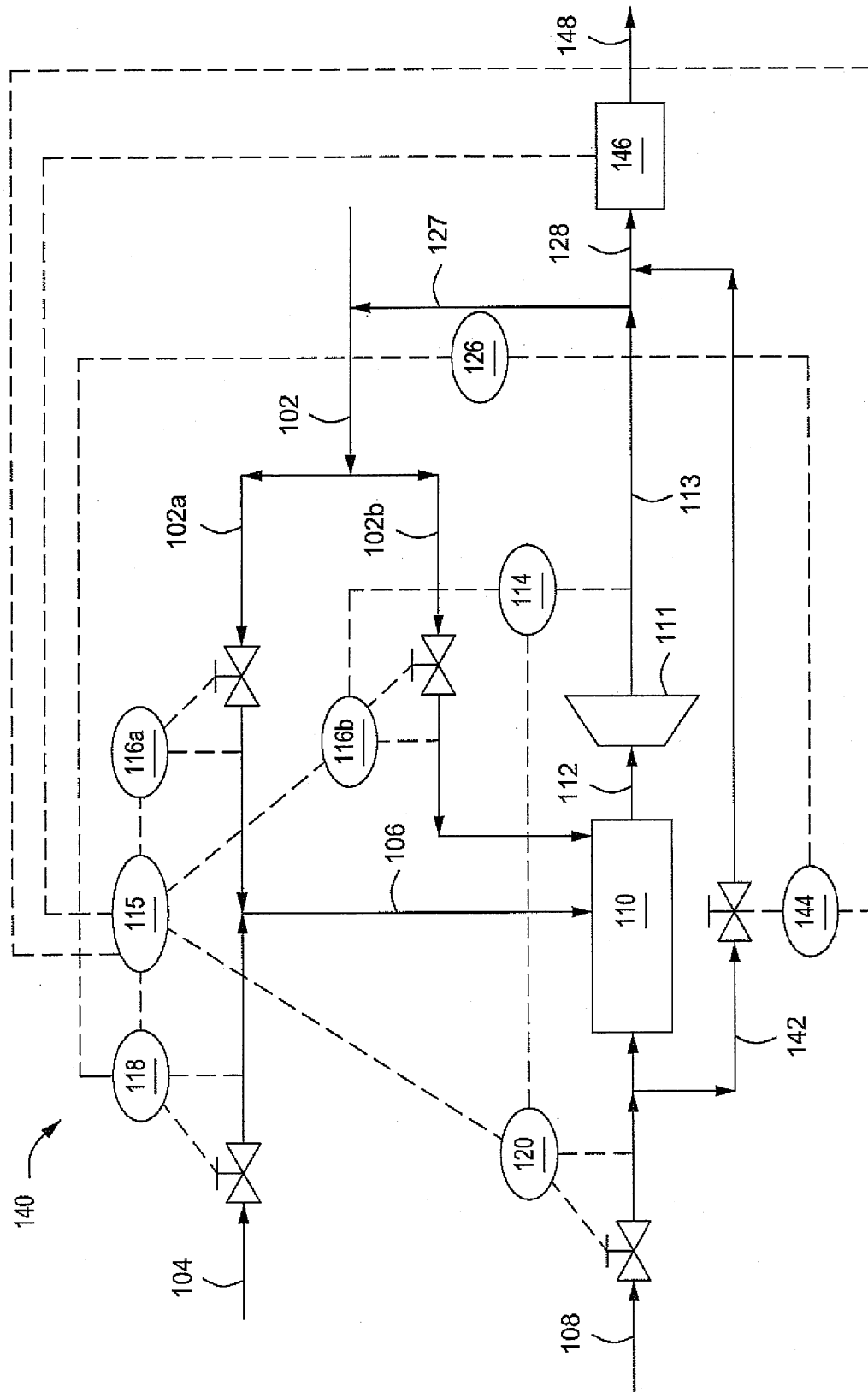


FIG. 3B

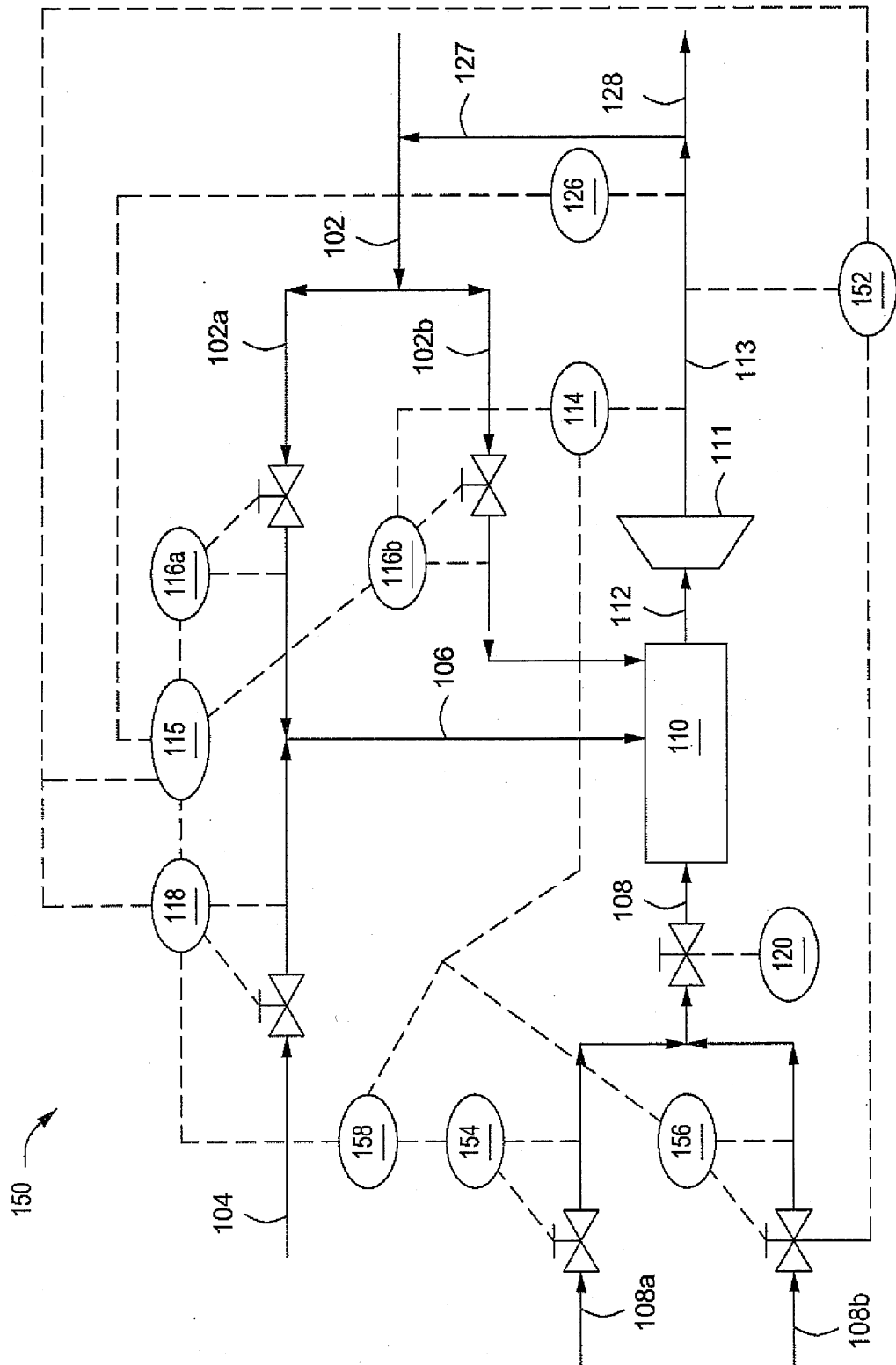


FIG. 3C

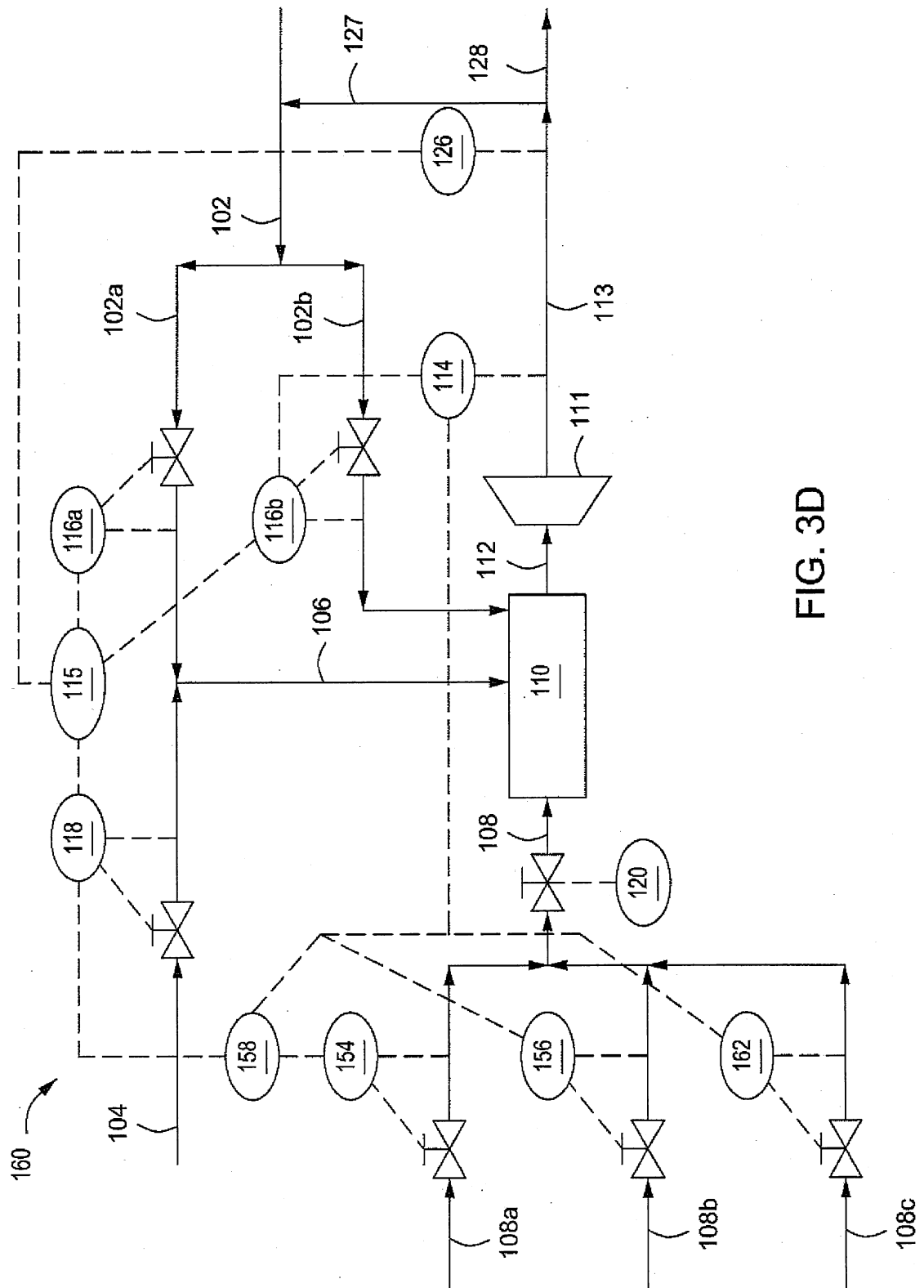


FIG. 3D

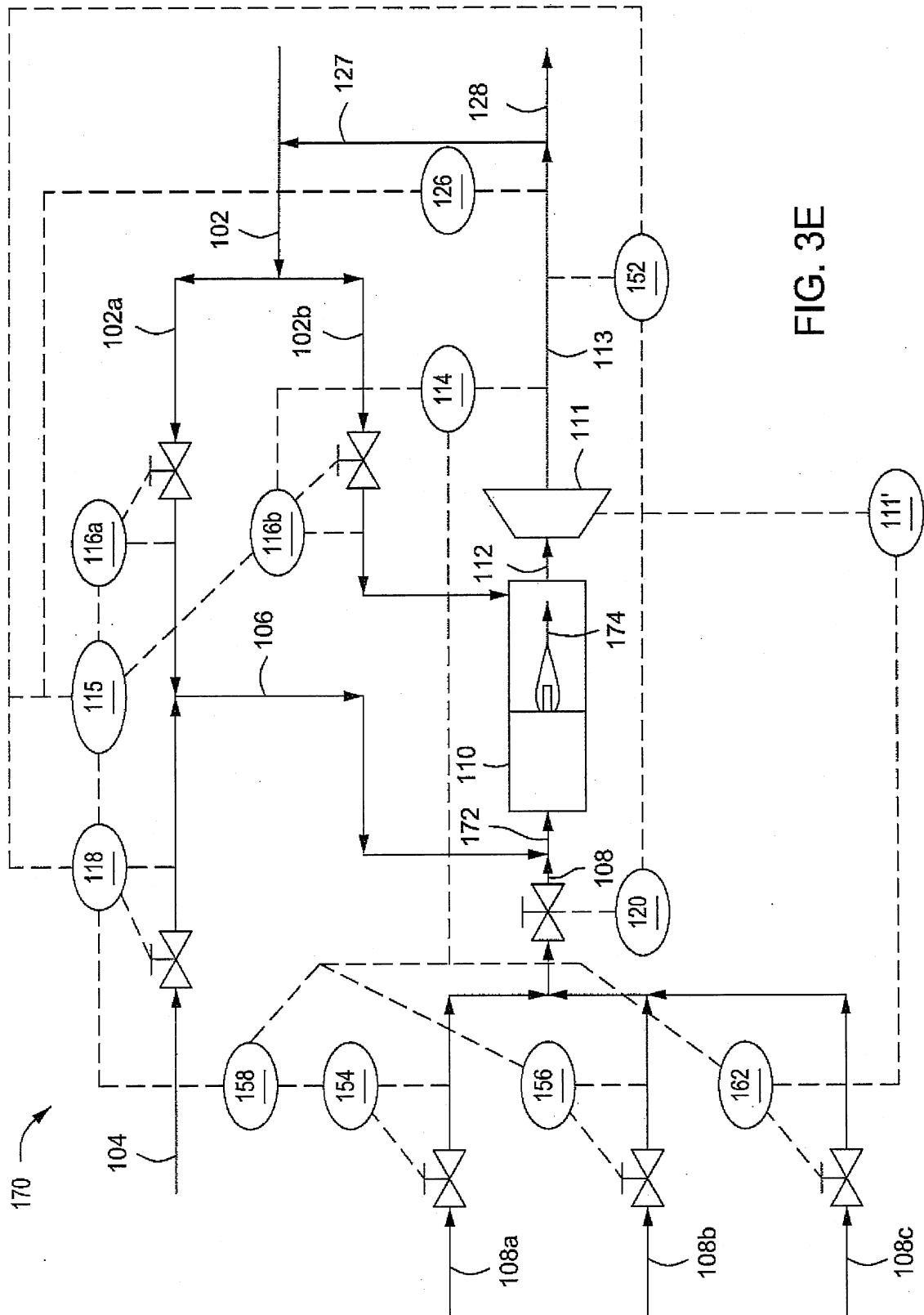


FIG. 3E

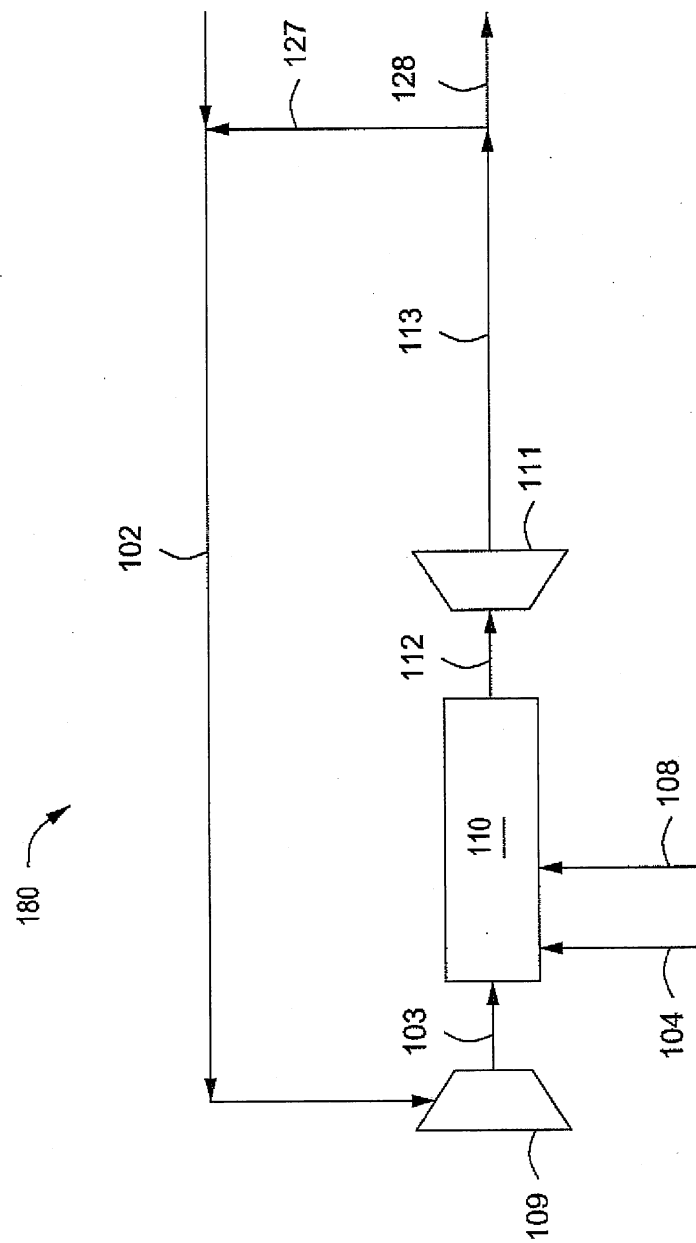


FIG. 3F

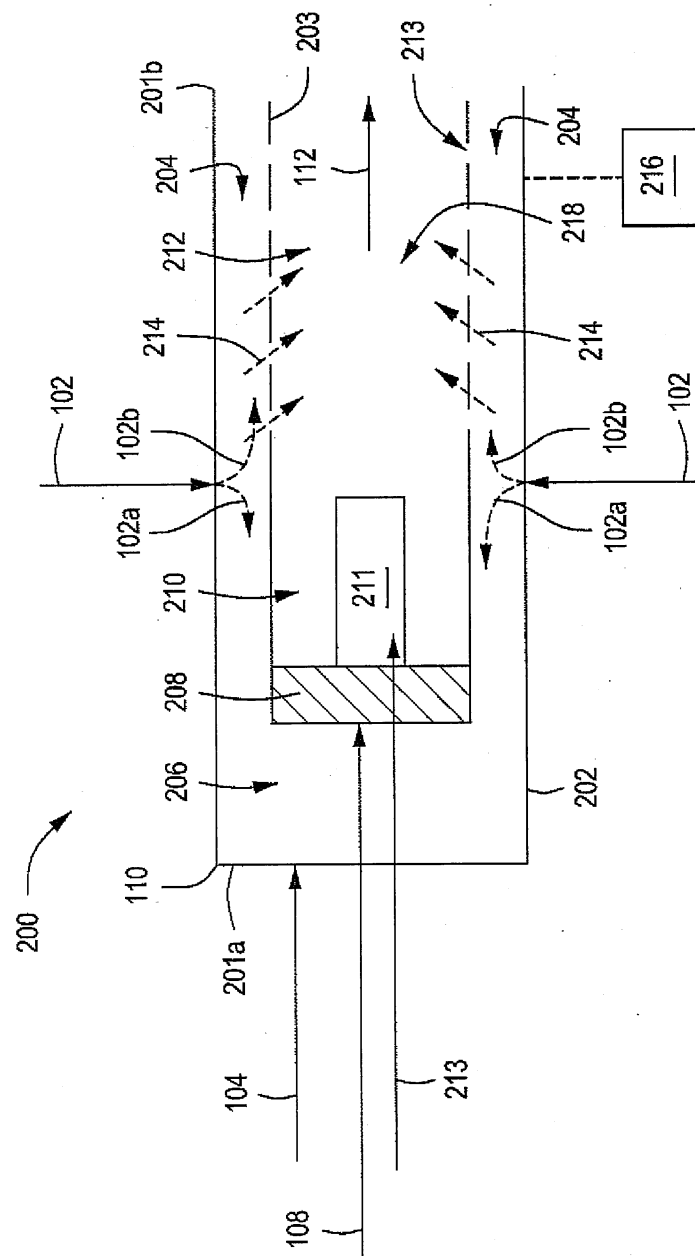


FIG. 4A

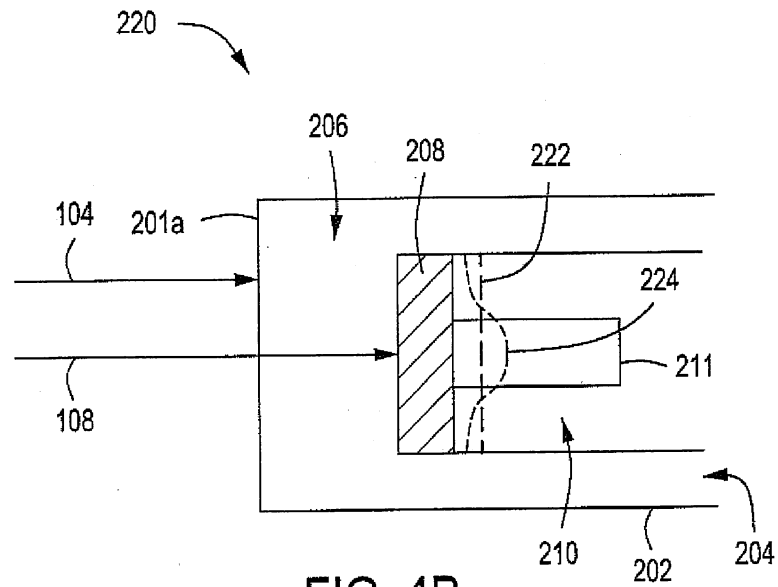


FIG. 4B

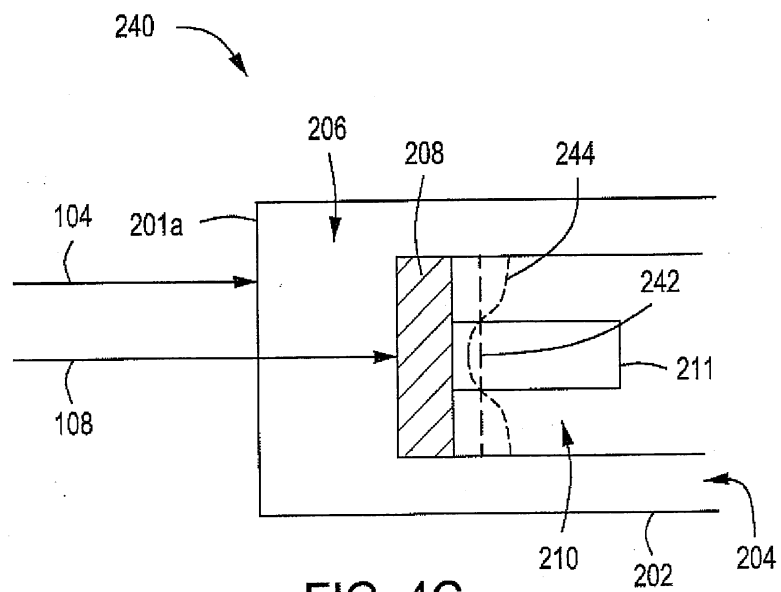


FIG. 4C

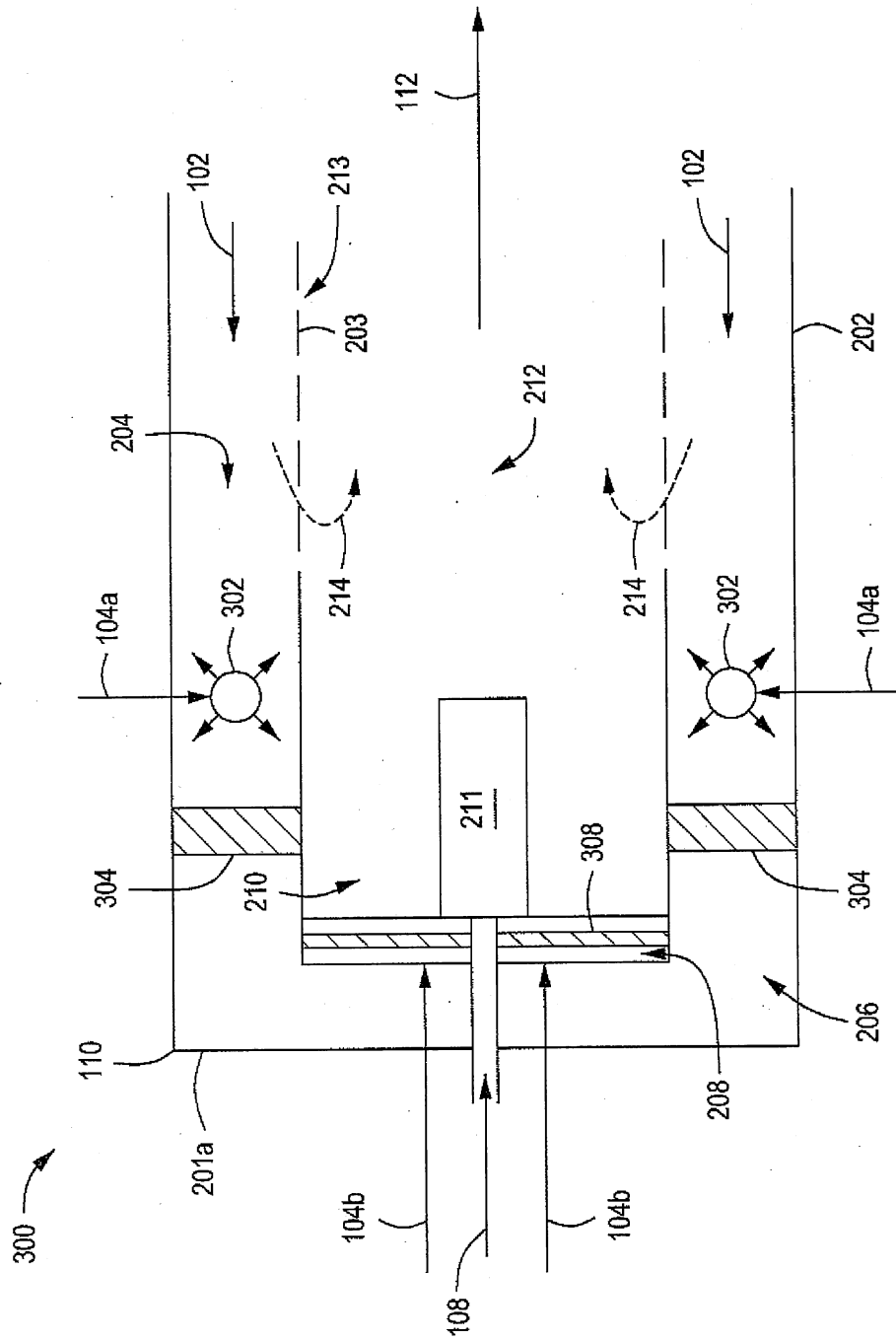


FIG. 5A

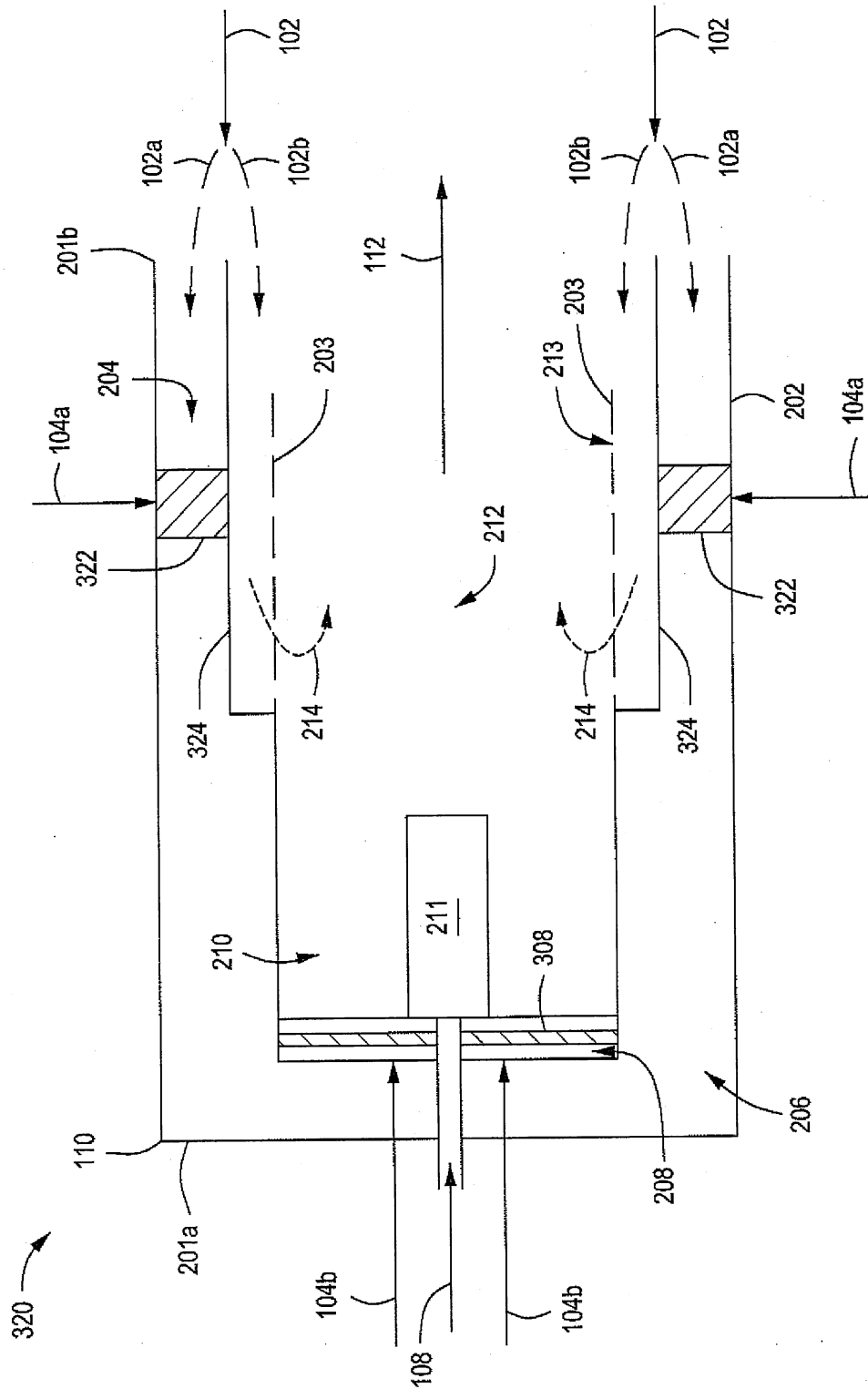


FIG. 5B

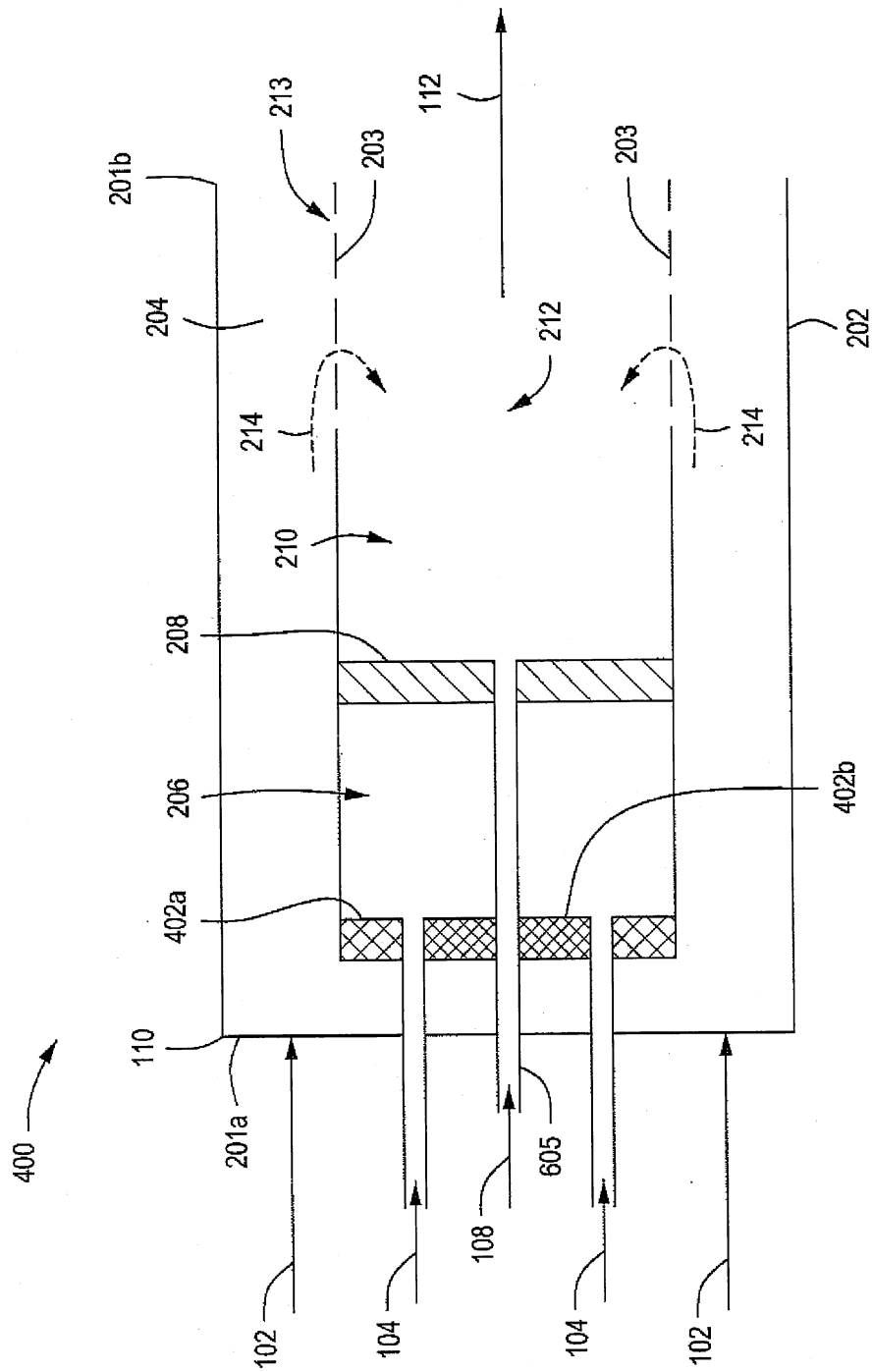


FIG. 6A

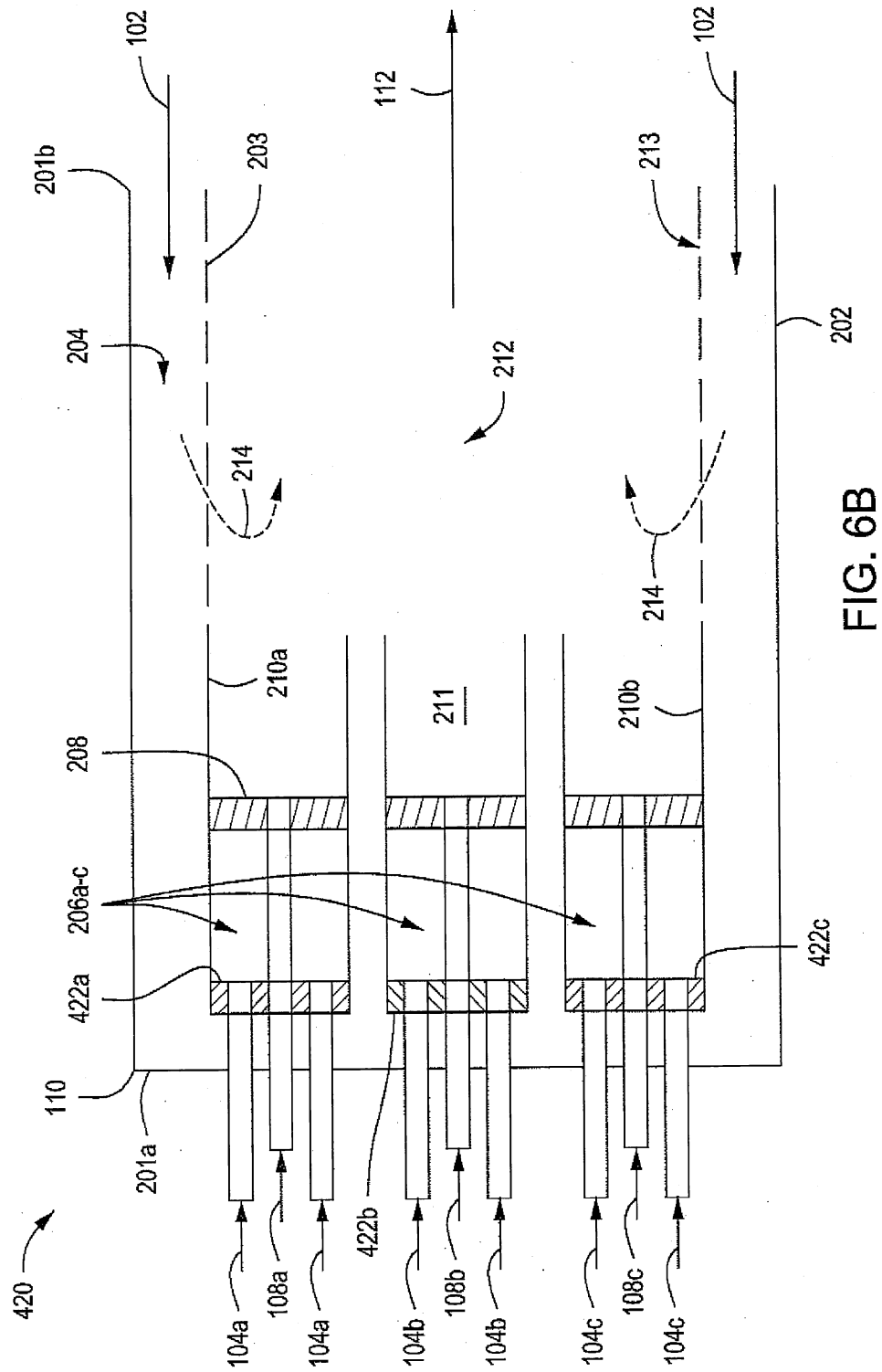


FIG. 6B

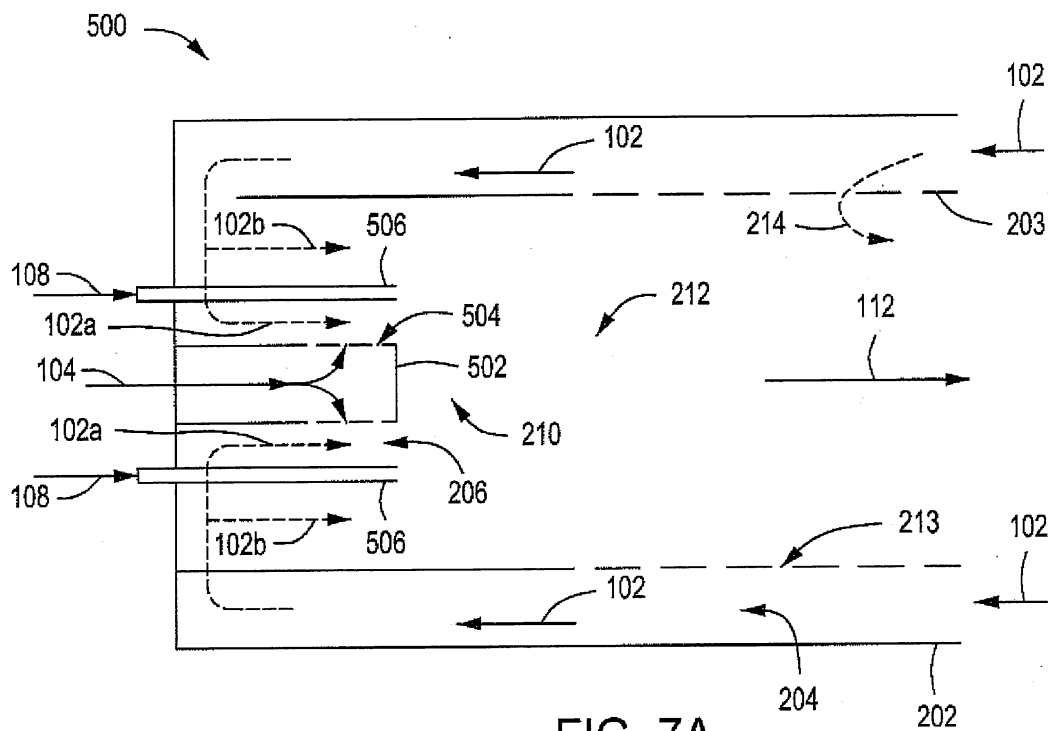


FIG. 7A

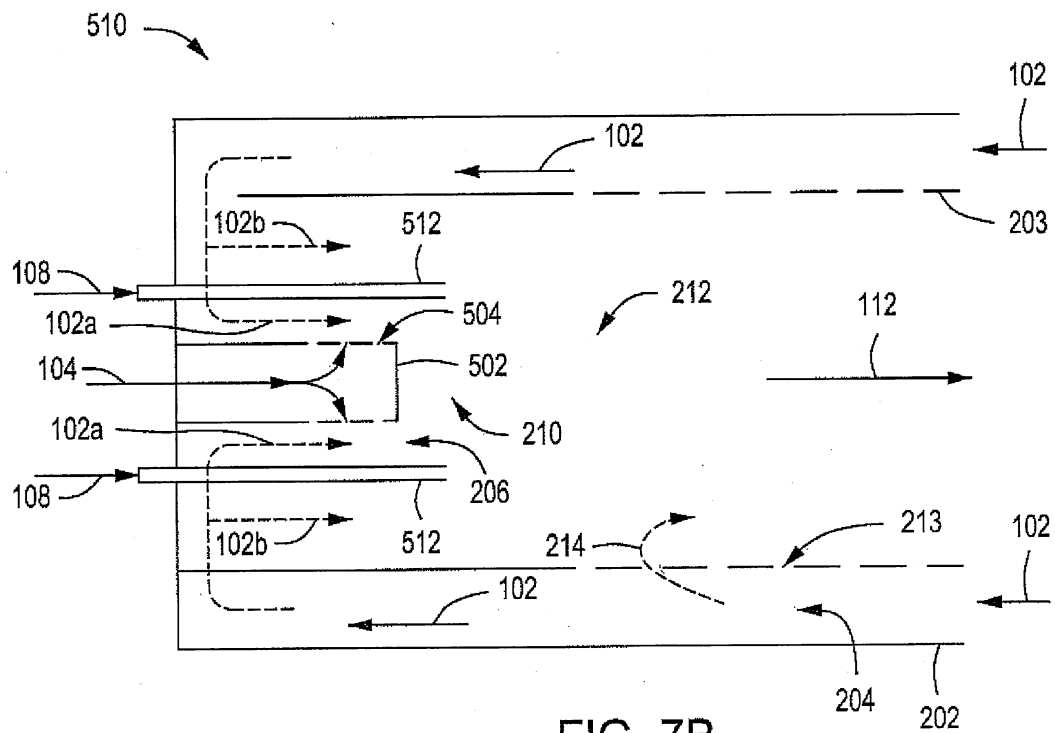


FIG. 7B

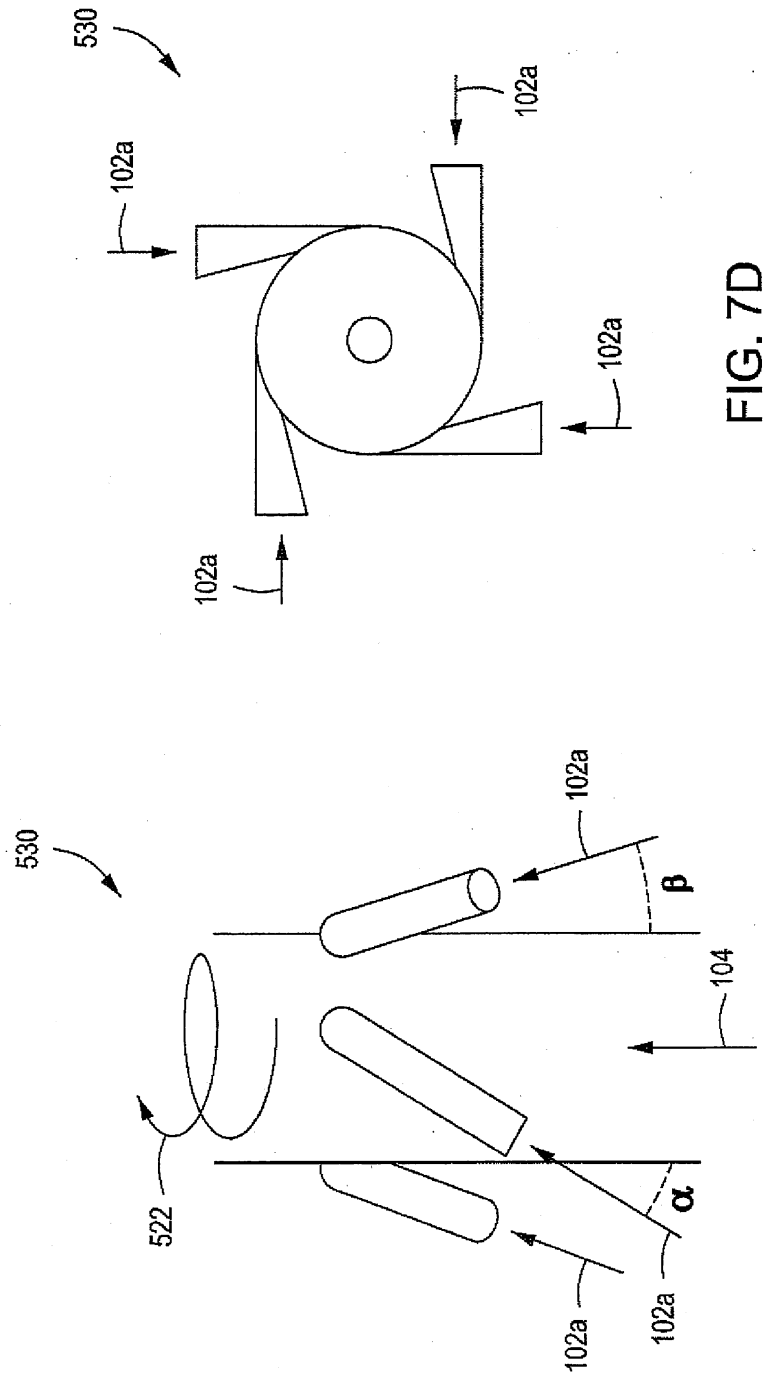


FIG. 7C

FIG. 7D

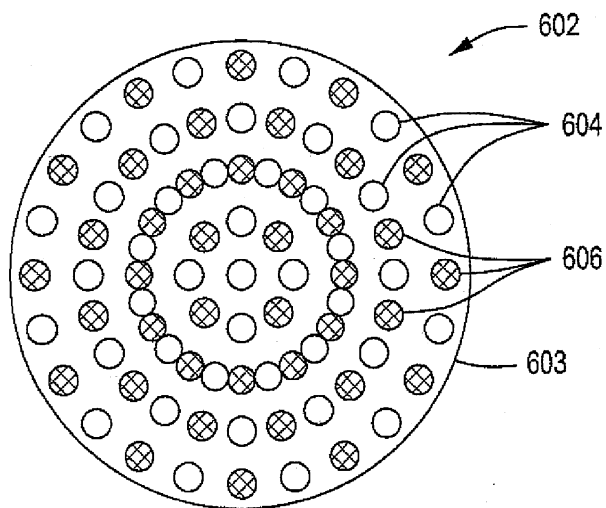
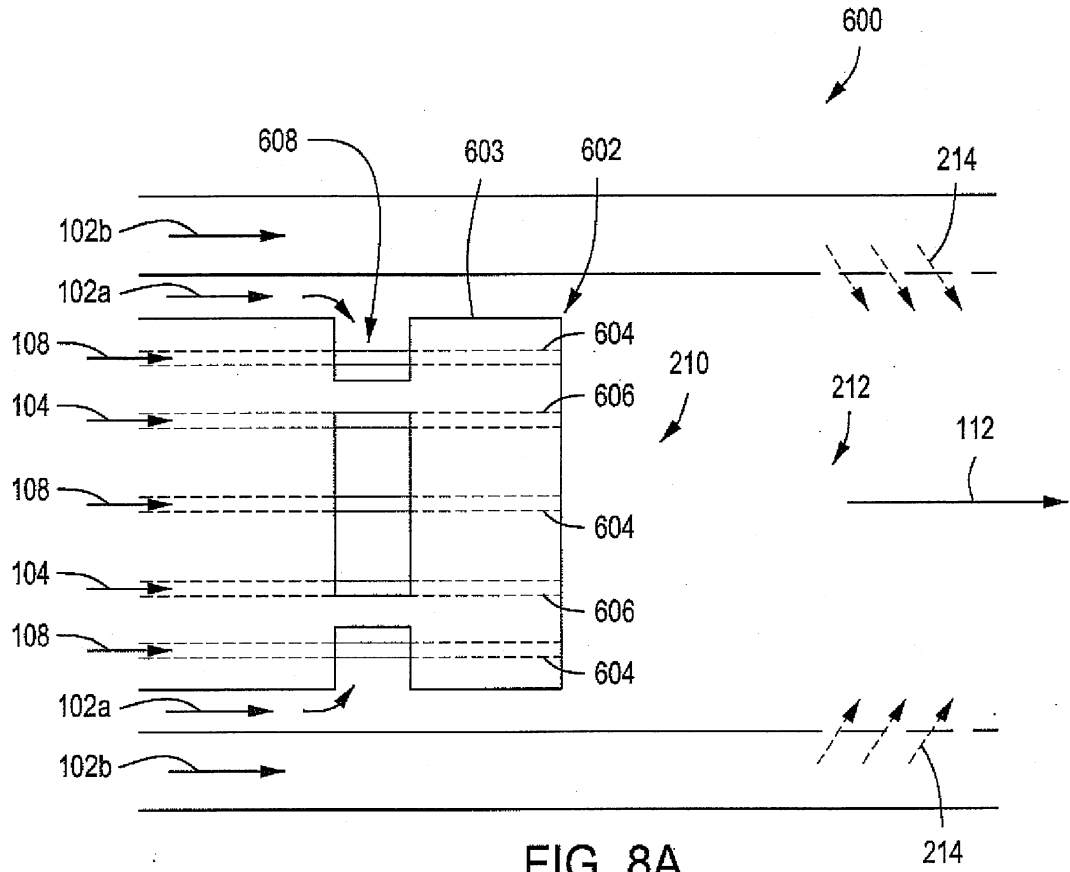


FIG. 8B

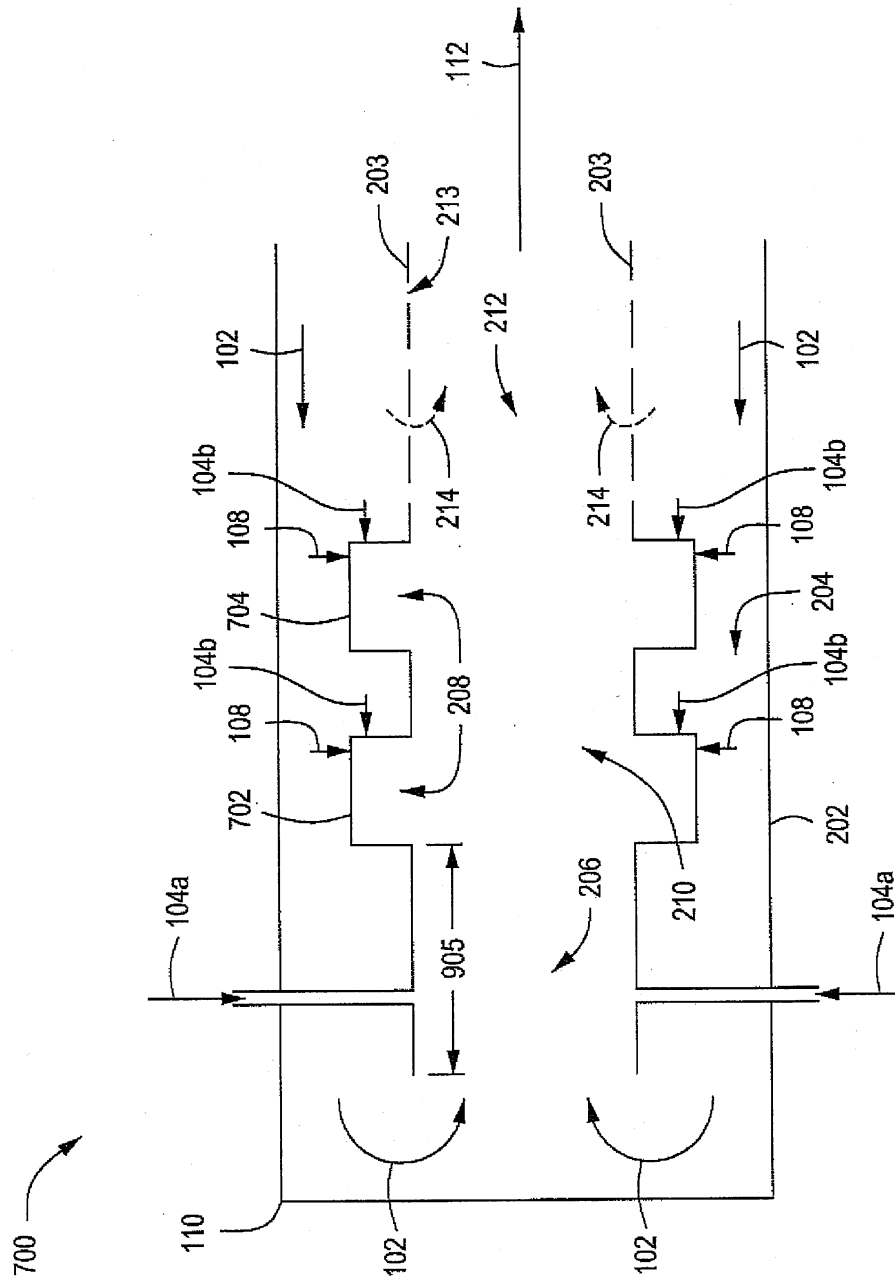


FIG. 9

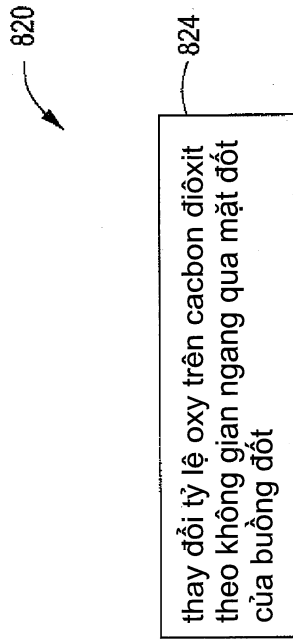


FIG. 10B

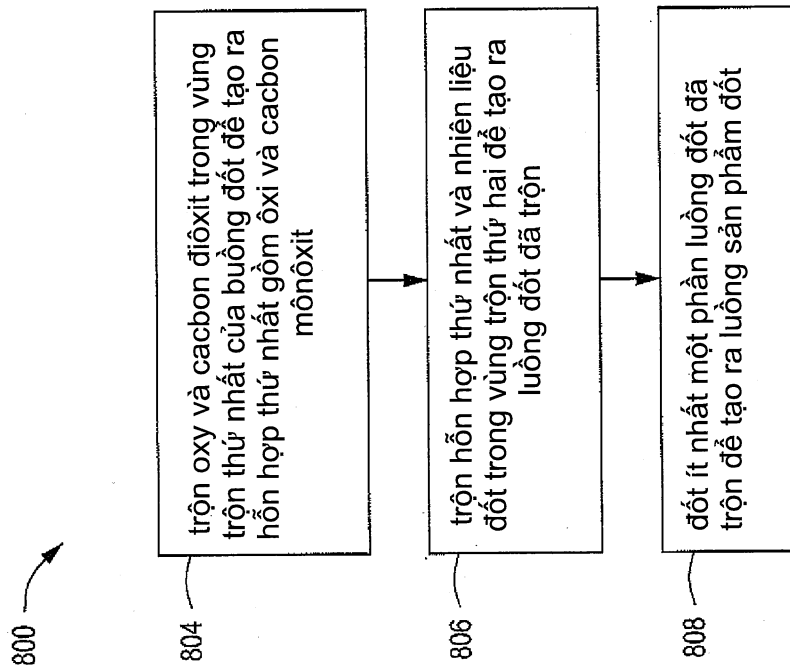


FIG. 10A