



(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) 
1-0023090

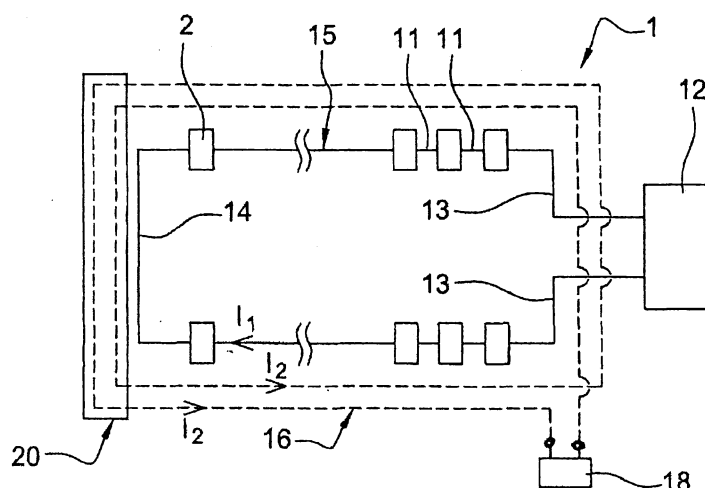
(51) ⁷ **C25C 3/08, 3/16, 3/20**

(13) **B**

(21) 1-2013-04142 (22) 10.07.2012
(86) PCT/FR2012/000282 10.07.2012 (87) WO2013/007893 17.01.2013
(30) 11/02198 12.07.2011 FR
11/02199 12.07.2011 FR
(45) 25.02.2020 383 (43) 25.04.2014 313
(73) RIO TINTO ALCAN INTERNATIONAL LIMITED (CA)
1188 Sherbrooke Street West, Montreal, Quebec H3A 3G2, Canada
(72) DUVAL, Christian (FR), RENAUDIER, Steeve (FR), BARDET, Benoit (FR),
MARTIN, Olivier (FR), WAN TANG KUAN, Stephane (FR)
(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ Thảo Thọ Quyến (INVENCO.,LTD)

(54) **LÒ LUYỆN NHÔM**

(57) Sáng chế đề cập đến lò luyện nhôm (1) bao gồm: (i) dãy các bình điện phân (2), được thiết kế để sản xuất nhôm, tạo thành một hoặc nhiều hàng (F), (ii) trạm cấp điện (12) được thiết kế để cấp dòng điện điện phân (I1) cho dãy các bình điện phân (2), trạm cấp điện (12) bao gồm hai cực, (iii) mạch điện chính (15) mà dòng điện điện phân (I1) chạy qua, mạch này có hai cực mà mỗi cực được nối với một trong số các cực của trạm cấp điện (12), và (iv) ít nhất một mạch điện thứ cấp (16-17) bao gồm vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn mà dòng điện (I2, I3) chạy qua, chạy dọc theo các hàng (F) của các bình điện phân (2), khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) chạy dọc theo hàng hoặc các hàng (F) của các bình điện phân (2) ít nhất hai lần để tạo ra một số vòng nối tiếp.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến lò luyện nhôm, và cụ thể hơn đến hệ thống vật dẫn điện cho lò luyện nhôm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Được biết, nhôm có thể được sản xuất công nghiệp từ nhôm oxit bằng phương pháp điện phân bằng cách sử dụng quy trình Hall-Héroult. Cụ thể, bình điện phân bao gồm vỏ nồi bằng thép, lớp lót chịu lửa bên trong, và catot bằng vật liệu cacbon nối với các vật dẫn phân phối dòng điện được cấp cho mục đích hoạt động. Bình điện phân này cũng có bồn điện phân bao gồm chủ yếu là cryolit trong đó nhôm oxit được hòa tan. Quy trình Hall-Héroult bao gồm cắm một phần khối cacbon bao gồm anot vào bồn điện phân này, anot được tiêu thụ khi phản ứng xảy ra. Lớp đệm nhôm lỏng tạo thành ở đáy của bình điện phân.

Nói chung các nhà máy sản xuất nhôm bao gồm vài trăm bình điện phân. Dòng điện cỡ vài trăm ngàn ampe đi qua các bình điện phân này.

Có một số vấn đề tại các lò luyện nhôm, cụ thể bao gồm việc giảm chi phí năng lượng, vật liệu sử dụng để sản xuất vật dẫn điện, và giảm kích thước để tăng sản lượng với cùng diện tích bề mặt.

Một vấn đề khác phát sinh từ sự tồn tại của từ trường mạnh tạo ra bởi dòng điện điện phân. Từ trường này gây nhiễu loạn hoạt động của các bình điện phân, làm giảm hiệu suất. Cụ thể, thành phần thẳng đứng của từ trường này gây ra sự bất ổn định trong lớp đệm nhôm lỏng.

Được biết, thành phần thẳng đứng của từ trường có thể được giảm bằng cách bù cho từ trường ở mức bình điện phân. Giải pháp này được thực hiện thông qua một kết cấu đặc biệt của các vật dẫn phân phối dòng điện điện phân từ bình N đến bình N + 1. Các vật dẫn này, nói chung là các thanh nhôm, chạy quanh các cực của bình N. Sơ đồ trên Fig.1 thể hiện bình điện phân 100, trong đó từ trường tự bù qua kết cấu của các vật dẫn 101 nối bình 100 đến bình phía dưới tiếp theo 102. Về điểm này, lưu ý rằng vật dẫn 101 lệch tâm so với bình 100 mà nó quấn quanh. Một ví dụ về bình tự bù từ tính được biết đến cụ thể từ công bố đơn yêu cầu cấp patent Pháp số FR 2.469.475.

Giải pháp này có nhiều hạn chế thiết kế vì yêu cầu không gian lớn do sự sắp xếp các vật dẫn. Hơn nữa, độ dài lớn của các vật dẫn để thực hiện giải pháp này, mà thường làm bằng nhôm, có nghĩa là chi phí vật liệu cao và tổn thất năng lượng lớn do tác dụng kháng của các vật dẫn.

Một giải pháp khác để giảm thiểu thành phần thẳng đứng của từ trường liên quan đến việc sử dụng mạch điện thứ cấp được hình thành bởi một hoặc nhiều vật dẫn điện bằng kim loại. Thông thường, mạch điện thứ cấp này chạy dọc theo trục liên kết hoặc trục của các bình điện phân trong lò luyện nhôm. Dòng điện có cường độ mà một tỷ lệ phần trăm nhất định của cường độ dòng điện điện phân đi qua nó và do đó tạo ra một từ trường bù cho sự ảnh hưởng của từ trường được tạo ra bởi dòng điện điện phân.

Cụ thể, việc sử dụng mạch thứ cấp để giảm hiệu ứng của từ trường được tạo ra bởi hàng bình điện phân lân cận thông qua một vòng lặp bên trong và/hoặc bên ngoài mang dòng điện có cường độ nằm trong khoảng từ 5% đến 20% cường độ dòng điện điện phân được biết đến từ công bố đơn yêu cầu cấp patent Pháp số FR 2425482. Cũng được biết đến từ bài báo “Application of High-Tc Superconductors in Aluminum Electrolysis Plants” của Magne Runde trong các hoạt động IEEE trên tính siêu dẫn, vol 5, N°2, tháng 6 năm 1995 rằng việc sử dụng loại vật liệu siêu dẫn để tạo ra mạch thứ cấp là không khả thi về mặt kinh tế.

Việc sử dụng một mạch thứ cấp để giảm hiệu ứng của từ trường được tạo ra bởi các vật dẫn giữa các bình điện phân thông qua các vòng lặp mang dòng điện có cường độ dòng điện nằm trong khoảng từ 20% đến 70% cường độ dòng điện điện phân theo cùng một hướng với dòng điện điện phân cũng được biết đến từ công bố đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP 0.204.647.

Tuy nhiên, giải pháp này tốn kém vì đòi hỏi một số lượng lớn vật liệu, thông thường là nhôm, để tạo ra mạch hoặc các mạch điện thứ cấp này. Cũng rất tốn kém về năng lượng bởi vì (các) mạch điện thứ cấp phải được cấp dòng điện. Cuối cùng, đòi hỏi phải lắp đặt trạm cấp (hoặc máy phát điện) có công suất và kích thước đáng kể.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là khắc phục tất cả hoặc một phần trong số các nhược điểm nêu trên và đề xuất giải pháp cho các vấn đề gặp phải trong nhà máy sản

xuất nhôm bằng cách tạo ra lò luyện nhôm trong đó chi phí sản xuất và chi phí vận hành được giảm đáng kể và yêu cầu không gian nhỏ hơn.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất lò luyện nhôm gồm:

(i) dãy các bình điện phân được thiết kế để sản xuất nhôm tạo thành một hoặc nhiều hàng,

(ii) trạm cấp được thiết kế để cấp dòng điện điện phân cho dãy các bình điện phân I1, trạm cấp điện này có hai cực,

(iii) mạch điện chính, mà qua đó dòng điện điện phân I1 chạy qua, có hai cực mà mỗi cực được nối với một trong các cực của trạm cấp,

(iv) ít nhất một mạch điện thứ cấp bao gồm vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn qua đó dòng điện (I2, I3) chạy qua, chạy dọc theo hàng hoặc các hàng của các bình điện phân,

khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp chạy dọc theo hàng hoặc các hàng của các bình điện phân ít nhất hai lần sao cho tạo thành một số vòng nối tiếp.

Cụ thể, việc sử dụng ít nhất một vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn dẫn đến có thể giảm tổng mức tiêu thụ năng lượng của lò luyện nhôm, và do đó giảm chi phí vận hành của lò. Ngoài ra, do kích thước nhỏ hơn, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn cho phép quản lý tốt hơn không gian có sẵn trong lò luyện nhôm. Do khối lượng của chúng ít hơn so với vật dẫn tương đương được làm bằng nhôm, đồng hoặc thép, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn yêu cầu kết cấu đỡ nhỏ hơn và do đó ít tốn kém hơn.

Bởi vì có tổn thất năng lượng tại các mối nối giữa vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và vật dẫn điện thông thường, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn đặc biệt thuận lợi khi nó có chiều dài đáng kể.

Việc sử dụng mạch thứ cấp làm bằng vật liệu siêu dẫn dẫn đến có thể làm giảm các hiệu ứng bất lợi của từ trường tạo ra bởi dòng điện điện phân lên chất lỏng trong các bình điện phân, tiết kiệm được năng lượng thông qua các điện trở gần như bằng không của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn mà được giữ dưới nhiệt độ tới hạn của chúng.

Ngoài ra, vòng lặp được tạo thành bởi mạch điện thứ cấp chạy dọc theo hàng hoặc các hàng bình nhiều lần, và bao gồm một số vòng nối tiếp. Kết cấu này dẫn đến

có thể chia cường độ dòng điện chạy qua vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn cho số vòng và do đó làm giảm chi phí của trạm cấp điện được thiết kế để cung cấp dòng điện này cho mạch điện thứ cấp và làm giảm chi phí của các mối nối giữa các cực của trạm cấp và vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn.

Thuận lợi nếu, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp bao gồm một vỏ đông lạnh duy nhất, trong đó các vòng được tạo thành bởi các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn đi qua bên cạnh. Phương án này làm giảm chiều dài của vỏ đông lạnh và công suất của hệ thống làm mát.

Theo một đặc trưng khác của lò luyện nhôm theo các sáng chế, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp mềm và có ít nhất một phần cong.

Do đó, mạch điện thứ cấp có thể bao gồm một hoặc nhiều phần không thẳng. Tính mềm của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn dẫn đến không những có thể tránh được chướng ngại vật (và do đó điều chỉnh được các hạn chế không gian của lò luyện nhôm), mà còn để tinh chỉnh khả năng bù cho từ trường cục bộ.

Thuận lợi nếu, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp được đặt một phần trong vỏ bao tạo thành một vỏ che từ trường.

Đặc điểm này có ưu điểm là nó ngăn cản vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn không tạo ra một từ trường bao quanh. Cụ thể, điều này dẫn đến có thể tạo ra các vùng để đi qua các thiết bị hoặc phương tiện có hoạt động mà bị ảnh hưởng bởi từ trường trong các vùng đi qua này, khi không có vỏ che từ trường. Điều này cũng dẫn đến có thể tránh được việc sử dụng các thiết bị tốn kém có lưới để bảo vệ nó khỏi từ trường mạnh.

Tốt hơn là, vỏ bao tạo thành vỏ che từ trường được đặt tại ít nhất một trong số các cực của hàng hoặc các hàng của các bình điện phân.

Theo một đặc trưng khác của lò luyện nhôm theo sáng chế, mạch điện thứ cấp bao gồm hai cực, mỗi cực của mạch điện thứ cấp này được nối với một cực điện của trạm cấp mà không giống với trạm cấp cho mạch điện chính.

Thuận lợi nếu, các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp chạy dọc theo hàng hoặc các hàng của các bình điện phân một số lần định trước để trạm cấp mạch điện thứ cấp phân phối dòng điện có cường độ nằm trong khoảng từ 5kA đến 40kA có thể được sử dụng.

Do đó, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn tạo ra nhiều vòng nối tiếp như được yêu cầu để có thể sử dụng trạm cấp mà có thể dễ dàng chế tạo thương mại và có lợi về mặt kinh tế.

Theo một đặc trưng khác của lò luyện nhôm theo sáng chế, ít nhất một phần của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp nằm bên dưới ít nhất một bình điện phân trong hàng hoặc các hàng.

Theo một đặc trưng khác nữa của lò luyện nhôm theo sáng chế, ít nhất một phần của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp chạy dọc theo phía bên phải và/hoặc bên trái của các bình điện phân trong hàng hoặc các hàng.

Theo một đặc trưng khác nữa của lò luyện nhôm theo sáng chế, mỗi vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được tạo ra từ cáp bao gồm một lõi trung tâm bằng đồng hoặc nhôm, ít nhất một sợi vật liệu siêu dẫn và một vỏ đồng lạnh.

Theo một đặc trưng khác nữa của lò luyện nhôm theo sáng chế, chất lỏng làm mát chạy qua vỏ đồng lạnh.

Thuận lợi nếu, chất lỏng làm mát là nito lỏng và/hoặc heli.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn nhờ phần mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ đi kèm, trong đó:

Fig.1 là hình chiếu bằng thể hiện bình điện phân theo kỹ thuật đã biết;

Fig.2 là hình chiếu cạnh thể hiện bình điện phân theo kỹ thuật đã biết;

Fig.3, Fig.4, Fig.5, Fig.6 và Fig.7 là các hình chiếu bằng thể hiện lò luyện nhôm trong đó ít nhất một vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được sử dụng trong mạch điện thứ cấp;

Fig.8 và Fig.9 là các hình chiếu bằng thể hiện lò luyện nhôm trong đó vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được sử dụng trong mạch điện thứ cấp;

Fig.10 là hình chiếu bằng thể hiện lò luyện nhôm bao gồm mạch điện thứ cấp được cung cấp một phần công;

Fig.11 là mặt cắt ngang thể hiện bình điện phân trong lò luyện nhôm cho thấy một vị trí cụ thể của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong hai mạch điện thứ cấp và cũng cho thấy vị trí mà sẽ phải được sử dụng cho vật dẫn điện thông thường làm bằng nhôm hoặc đồng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.2 thể hiện một ví dụ thông thường của bình điện phân 2. Cụ thể, bình điện phân 2 bao gồm vỏ nồi bằng kim loại 3, được chế tạo, ví dụ, từ thép. Vỏ nồi bằng kim loại 3 được lót bên trong bằng vật liệu chịu lửa và/hoặc cách điện, ví dụ như gạch. Bình điện phân 2 cũng có catot 6 làm bằng vật liệu cacbon và các anot 7 được thiết kế để được tiêu thụ khi phản ứng điện phân trong bồn điện phân 8 bao gồm cryolit và nhôm xảy ra. Lớp phủ nhôm oxit và phần bồn đã nghiền thường phủ lên bồn điện phân 8 và ít nhất một phần anot 7. Trong phản ứng điện phân, lớp đệm nhôm lỏng 10 được tạo ra. Catot 6 được nối điện với đầu ra catot 9 dưới dạng thanh kim loại đi qua vỏ nồi 3, cửa ra catot 9 được nối với vật dẫn điện 11 từ bình này sang bình khác. Vật dẫn điện 11 từ bình này đến bình khác cung cấp dòng điện I1 từ bình điện phân 2 này đến bình điện phân khác. Dòng điện điện phân I1 đi qua các bộ phận dẫn điện của mỗi bình điện phân 2: đầu tiên là anot 7, sau đó đến bồn điện phân 8, lớp đệm nhôm lỏng 10, catot 6 và cuối cùng là vật dẫn điện 11 từ bình này sang bình khác nối với đầu ra catot 9, để dòng điện điện phân I1 sau đó được phân phối cho anot 7 trong bình điện phân 2 tiếp theo.

Thông thường, các bình điện phân 2 của lò luyện nhôm 1 được sắp xếp và nối điện nối tiếp. Dây có thể bao gồm một hoặc nhiều hàng bình điện phân 2. Khi dây bao gồm một số hàng F, nói chung chúng thẳng và song song với nhau, và thuận lợi nếu bằng nhau về số lượng.

Có thể thấy một ví dụ về lò luyện nhôm 1 trên Fig.3, bao gồm mạch điện chính 15 thông qua đó dòng điện điện phân I1 chạy qua. Cường độ dòng điện điện phân I1 có thể đạt đến giá trị vài trăm ngàn ampe, ví dụ từ 300 đến 600kA.

Trạm cấp 12 cung cấp cho dây các bình điện phân 2 dòng điện điện phân I1. Mỗi cực trong số các cực của dây các bình điện phân 2 được nối với một cực điện của trạm cấp 12. Vật dẫn điện liên kết 13 nối các cực điện của trạm cấp 12 với các cực của dây.

Các hàng F trong dây được nối nối tiếp. Một hoặc nhiều vật dẫn điện liên kết 14 phân phối dòng điện điện phân I1 từ bình điện phân cuối cùng 2 trong F hàng đến bình điện phân đầu tiên 2 trong hàng F tiếp theo.

Mạch điện chính 15 này bao gồm vật dẫn điện liên kết 13 nối các cực của dây các bình điện phân 2 đến trạm cấp 12, vật dẫn điện liên kết 14 nối các hàng F của các bình

điện phân 2 với nhau, vật dẫn điện 11 giữa các bình nối hai bình điện phân 2 trong cùng một hàng F, và các bộ phận dẫn điện của mỗi bình điện phân 2.

Thông thường từ 50 đến 500 bình điện phân 2 được nối nối tiếp và kéo dài dọc theo hai hàng F, mỗi hàng dài hơn 1km.

Theo một phương án của sáng chế, lò luyện nhôm 1 cũng bao gồm một hoặc nhiều mạch điện thứ cấp 16, 17, có thể được thấy trên Fig.3 chẳng hạn. Thông thường, các mạch điện thứ cấp 16, 17 chạy dọc theo hàng F của các bình điện phân 2. Chúng có thể bù cho từ trường được tạo ra bởi cường độ dòng điện điện phân I1 cao, gây ra sự bất ổn trong bồn điện phân 8 và do đó ảnh hưởng đến hiệu quả của bình điện phân 2.

Dòng điện I2, I3, được phân phối bởi trạm cấp 18, chạy qua mỗi mạch điện thứ cấp 16, 17, tương ứng. Trạm cấp 18 cho mỗi mạch thứ cấp 16, 17 riêng biệt với trạm cấp 12 cho mạch chính 15.

Lò luyện nhôm 1 chứa ít nhất một mạch điện thứ cấp 16, 17 được cung cấp vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn.

Các vật liệu siêu dẫn có thể, chẳng hạn như, bao gồm BiSrCaCuO, YBaCuO, MgB2, các vật liệu được biết đến từ công bố đơn quốc tế số WO2008011184, công bố đơn yêu cầu cấp patent Mỹ số US 20090247412 hoặc các vật liệu khác nữa đã biết đến với tính siêu dẫn của chúng.

Vật liệu siêu dẫn được sử dụng để mang dòng điện với rất ít hoặc không có tổn thất dòng điện do phát sinh nhiệt do hiệu ứng Joule, bởi vì điện trở suất của chúng bằng không khi chúng được lưu giữ dưới nhiệt độ giới hạn. Do không bị mất năng lượng, lượng năng lượng tối đa được nhận bởi lò luyện nhôm (ví dụ 600kA và 2kV) có thể được phân phối cho mạch điện chính 15 sản xuất nhôm, và cụ thể là số lượng bình 2 có thể được tăng lên.

Ví dụ, dây cáp siêu dẫn được sử dụng để thực hiện giải pháp theo sáng chế bao gồm một lõi trung tâm bằng đồng hoặc nhôm, băng hoặc sợi từ vật liệu siêu dẫn, và một vỏ đông lạnh. Vỏ đông lạnh có thể được tạo thành từ vỏ bọc có chứa chất lỏng làm mát, ví dụ như nitơ lỏng. Chất lỏng làm mát có thể giữ nhiệt độ của vật liệu siêu dẫn ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ tới hạn của chúng, ví dụ dưới 100K (độ Kelvin), hoặc nhiệt độ nằm trong khoảng từ 4K đến 80K.

Bởi vì tổn thất năng lượng là ở các mối nối giữa vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và vật dẫn điện khác, vật dẫn điện bằng vật liệu siêu dẫn đặc biệt có lợi khi chúng có độ dài nào đó, và cụ thể hơn có chiều dài bằng 10m hoặc lớn hơn.

Fig.3, Fig.4 và Fig.5 thể hiện không đầy đủ các phương án khác nhau của lò luyện nhôm 1 theo sáng chế. Trên các hình vẽ khác nhau này, các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được minh họa bởi các đường chấm chấm.

Phương án được thể hiện trên Fig.3 thể hiện lò luyện nhôm 1 bao gồm hai mạch điện thứ cấp 16 và 17, qua đó mỗi dòng điện trong số các dòng điện có cường độ I2 và I3 được cung cấp bởi trạm cấp 18. Các dòng điện I2 và I3 chạy qua các mạch điện thứ cấp 16 và 17 tương ứng theo cùng một hướng như dòng điện điện phân I1. Trong trường hợp này, mạch điện thứ cấp 16 và 17 cung cấp khả năng bù cho từ trường được tạo ra bởi vật dẫn điện 11 nối các bình. Cường độ của mỗi dòng điện I2, I3 rất lớn, ví dụ nằm trong khoảng từ 20% đến 100% cường độ của dòng điện điện phân I1 và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 40% đến 70% của I1.

Việc bù từ trường trong hàng F liên kề cũng có thể thu được thông qua phương án được thể hiện trên Fig.4. Lò luyện nhôm 1 được thể hiện trên Fig. 4 bao gồm mạch điện thứ cấp 17 tạo thành một vòng lặp bên trong, mà qua đó dòng điện I3 chạy qua.

Cũng có thể bù cho từ trường trong hàng F liên kề bằng cách cung cấp mạch thứ cấp duy nhất 16 tạo thành vòng lặp bên ngoài mà thông qua đó dòng điện I2 chạy theo hướng ngược với hướng của dòng điện điện phân I1, như được thể hiện trên Fig.5.

Rất hữu ích nếu sử dụng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn để tạo thành mạch điện thứ cấp hoặc các mạch thứ cấp 16, 17 vì độ dài của các mạch điện thứ cấp 16, 17 là khoảng hai cây số. Việc sử dụng các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn đòi hỏi điện áp thấp hơn so với điện áp yêu cầu của vật dẫn điện làm bằng nhôm hoặc đồng. Do đó có thể giảm điện áp từ 30V đến 1V khi mạch điện thứ cấp hoặc các mạch điện thứ cấp 16, 17 bao gồm vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Điều này làm giảm mức tiêu thụ năng lượng nằm trong khoảng từ 75% đến 99% so với vật dẫn điện loại thông thường làm bằng nhôm. Ngoài ra, thông thường chi phí của trạm cấp 18 cho các mạch điện thứ cấp cũng được giảm theo đó.

Lò luyện nhôm 1 bao gồm mạch điện thứ cấp 16, 17 có vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và thuận lợi nếu chạy dọc theo cùng một dây F của các bình điện phân 2 ít nhất hai lần, như có thể được thấy trên Fig.6 và Fig.7.

Vì vòng lặp được tạo thành bởi mạch điện thứ cấp 16, 17 bao gồm một số vòng nối tiếp, cường độ dòng điện I2, I3 đi qua mạch điện thứ cấp 16, 17 có thể, với cùng hiệu ứng từ trường, được chia nhiều lần cho số vòng được cung cấp. Việc giảm cường độ dòng điện này cũng dẫn đến có thể làm giảm tổn thất năng lượng do hiệu ứng Joule tại các chỗ nối và chi phí của các mối nối giữa các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và các đầu vào hoặc đầu ra của vật dẫn điện cho các mạch điện thứ cấp 16, 17. Việc giảm cường độ dòng điện tổng chạy qua mỗi mạch điện thứ cấp 16, 17 với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn dẫn đến có thể làm giảm kích thước của trạm cấp 18 gắn với chúng. Ví dụ, đối với vòng lặp trong đó có cung cấp dòng điện 200kA, hai mươi vòng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn dẫn đến có thể sử dụng trạm cấp 18 cung cấp dòng điện 10 kA. Tương tự, 40 vòng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn sẽ dẫn đến có thể sử dụng trạm cấp cung cấp dòng điện có cường độ 5kA. Điều này sẽ dẫn đến có thể sử dụng thiết bị hiện đang được bán thương mại, và do đó ít tốn kém hơn.

Hơn nữa, việc sử dụng một hoặc nhiều vòng nối tiếp để tạo thành mạch điện thứ cấp 16, 17 làm bằng vật liệu siêu dẫn có lợi thế là làm giảm từ trường trên các tuyến giữa trạm cấp 18 và các bình điện phân đầu tiên và cuối cùng 2, bởi vì cường độ dòng điện dọc theo tuyến này thấp (đi qua vật dẫn điện một lần).

Kích thước nhỏ của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn so với vật dẫn điện làm bằng nhôm hoặc đồng (mặt cắt ngang nhỏ hơn đến 150 lần so với mặt cắt ngang vật dẫn bằng đồng đối với cùng cường độ dòng điện, và thậm chí nhiều hơn so với vật dẫn bằng nhôm) làm cho có thể dễ dàng sản xuất một số vòng nối tiếp trong các vòng lặp được tạo thành bởi các mạch điện thứ cấp 16, 17.

Lò luyện nhôm 1 theo phương án được thể hiện trên Fig.6 bao gồm mạch điện thứ cấp 16 có các vật dẫn điện hai lần chạy nối tiếp theo chiều dài của hàng F. Trong phương án được thể hiện trên Fig.7, lò luyện nhôm 1 bao gồm mạch điện thứ cấp 16 chạy xuống cả bên trái lẫn bên phải của bình điện phân 2 nối tiếp nhau (bên trái và bên phải được xác định so với người quan sát nằm trên mạch điện chính 15 và nhìn theo hướng dòng chung của dòng điện điện phân I1). Hơn nữa, các vật dẫn điện (làm bằng vật liệu siêu dẫn) của mạch điện thứ cấp 16 trong lò luyện nhôm 1 được thể hiện trên Fig.7 có một số vòng nối tiếp, bao gồm hai vòng chạy dọc theo bên trái của các bình 2 nối tiếp và ba vòng chạy dọc theo bên phải. Số lượng vòng có thể là hai mươi và ba

mười tương ứng. Hiệu số giữa số vòng được thực hiện trên mỗi bên được xác định như là hàm của khoảng cách giữa các hàng để có được sự cân bằng từ tính tối ưu.

Do sự khác biệt có thể nhỏ giữa hai vòng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn, rất dễ dàng cách ly các vòng khác nhau của vật dẫn điện. Vật cách điện mỏng nằm giữa mỗi vòng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn cũng đủ tốt.

Vì lý do này, và vì kích thước nhỏ của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn, có thể chứa vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn của mạch điện trong một vỏ đông lạnh, bất kể số vòng được thực hiện bởi vật dẫn này. Vỏ đông lạnh này có thể bao gồm một vỏ bọc cách điện- nhiệt thông qua đó chất lỏng làm mát tuần hoàn. Ở vị trí cho trước, vỏ đông lạnh có thể chứa một số đoạn của cùng vật dẫn điện làm bằng chất liệu siêu dẫn cạnh nhau.

Điều này sẽ làm tăng sự khó khăn trong trường hợp vật dẫn điện bằng nhôm hoặc đồng khi quần vài lượt xung quanh dây của các bình điện phân. Vật dẫn điện làm bằng nhôm hoặc đồng trong thực tế công kênh hơn so với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Ngoài ra, bởi vì sự sụt giảm lớn điện thế sẽ có mặt giữa mỗi vòng, sẽ cần phải thêm chất cách điện tốn kém mà sẽ phải được trang bị và duy trì. Do vật dẫn điện thông thường làm bằng nhôm hoặc đồng nóng lên khi hoạt động, việc lắp chất cách điện giữa các vòng khác nhau của vật dẫn sẽ làm phát sinh các vấn đề về nhiệt cần được loại bỏ.

Vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn cũng có lợi thế hơn so với vật dẫn điện làm bằng nhôm hoặc đồng ở chỗ chúng có thể mềm. Do đó, lò luyện nhôm 1 có thể bao gồm một hoặc nhiều mạch điện thứ cấp 16, 17 kết hợp vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn có ít nhất một phần cong. Điều này dẫn đến có thể chạy quanh chương ngại vật 19 có mặt trong lò luyện nhôm 1, ví dụ như, trụ cột, như có thể được thấy trên Fig.10.

Điều này cũng dẫn đến có thể thực hiện điều chỉnh cục bộ để bù cho từ trường trong lò luyện nhôm 1 bằng cách điều chỉnh cục bộ vị trí của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp hoặc các mạch điện thứ cấp 16, 17, do được cho phép bởi phần cong 16a của mạch điện thứ cấp 16 trong lò luyện nhôm 1, kết cấu này có thể được thấy trên Fig.10. Tính mềm này dẫn đến có thể di chuyển các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn từ vị trí ban đầu của chúng để hiệu chỉnh từ trường bằng cách điều chỉnh để thay đổi lò luyện nhôm 1 (ví dụ sự tăng cường độ dòng điện điện

phân 11, hoặc để sử dụng các kết quả của các tính toán hiệu chỉnh từ tính gần đây nhất khả dụng qua máy tính và kiến thức chung về vấn đề).

Cần lưu ý rằng các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp hoặc các mạch thứ cấp 16, 17 có thể được đặt bên dưới các bình điện phân 2. Cụ thể, chúng có thể được vùi phía dưới. Cách bố trí này có thể được thực hiện bởi kích thước nhỏ của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và thực tế là chúng không bị nóng lên. Cách bố trí này sẽ rất khó đạt được với vật dẫn điện làm bằng nhôm hoặc đồng bởi vì chúng có kích thước lớn hơn đối với cùng cường độ dòng điện, và bởi vì chúng nóng lên và do đó cần được làm mát (hiện nay được làm mát bằng cách tiếp xúc với không khí và/hoặc sử dụng phương tiện làm mát cụ thể). Đối với kết cấu nhất định của lò luyện nhôm 1, Fig.11 thể hiện các vị trí có thể sử dụng cho các mạch điện thứ cấp 16, 17 với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn và các mạch điện thứ cấp 16', 17' sử dụng vật dẫn điện bằng nhôm. Các mạch điện thứ cấp 16', 17' được đặt ở hai bên của bình điện phân 2. Như được thể hiện trên Fig.11, các mạch điện thứ cấp 16', 17' cản trở sự tiếp cận đến các bình điện phân 2, ví dụ như, để bảo trì. Tuy nhiên, chúng có thể không được đặt bên dưới các bình điện phân 2, giống như các mạch điện thứ cấp 16, 17 với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn vì chúng có kích thước lớn hơn và cần phải được làm mát. Ngược lại, các mạch điện thứ cấp 16, 17 sử dụng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn có thể được đặt bên dưới các bình điện phân 2. Việc tiếp cận các bình điện phân 2 do đó không bị giới hạn.

Theo phương án cụ thể của sáng chế, được thể hiện trên Fig.6, các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn có thể được chứa một phần trong vỏ bao 20 tạo thành một vỏ che từ. Vỏ bao 20 này có thể là một ống kim loại, ví dụ làm bằng thép. Điều này giúp làm giảm đáng kể từ trường bên ngoài vỏ che từ. Do đó, dẫn đến có thể tạo ra các vùng chạy qua ở các vị trí đã được bố trí vỏ bao 20, cụ thể đối với phương tiện có hoạt động sẽ bị xáo trộn bởi từ trường phát ra từ vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Do đó, có thể giảm được chi phí của các phương tiện này (mà nếu không sẽ phải được cung cấp khả năng bảo vệ). Thuận lợi nếu, vỏ bao 20 này có thể được đặt xung quanh vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn nằm ở cuối hàng F như được minh họa trên Fig.6.

Vỏ bao 20 tạo vỏ che từ cũng có thể được tạo thành từ vật liệu siêu dẫn ở dưới nhiệt độ tới hạn. Có lợi nếu, vỏ bao này được làm bằng vật liệu siêu dẫn tạo thành vỏ

che từ có thể được đặt gần với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn, trong vỏ đồng lạnh. Khối lượng của vật liệu siêu dẫn của vỏ bao được giảm thiểu và vật liệu siêu dẫn của vỏ bao được giữ ở dưới nhiệt độ tới hạn của nó mà không cần phải có hệ thống làm mát đặc biệt khác.

Không thể sử dụng lớp bảo vệ 20 với vật dẫn điện thông thường theo kỹ thuật đã biết làm bằng nhôm hoặc thậm chí bằng đồng. Các vật dẫn điện bằng nhôm có hiệu quả nếu có mặt cắt ngang lớn, 1m x 1m, với đường kính 25cm đối với vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Hơn nữa, vật dẫn điện bằng nhôm nóng lên khi sử dụng. Việc sử dụng vỏ bao 20 tạo thành từ trường sẽ không thể di tản nhiệt được tạo ra.

Cũng cần lưu ý rằng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn có khối lượng trên một mét có thể ít hơn hai mươi lần so với vật dẫn điện bằng nhôm đối với cường độ dòng điện tương đương. Do đó, chi phí hệ thống đỡ cho vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn ít hơn và chúng được lắp đặt dễ dàng hơn.

Mạch điện chính 15 trong lò luyện nhôm 1 cũng có thể bao gồm một hoặc nhiều vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn. Các vật dẫn điện liên kết 14 liên kết điện các hàng F với nhau nối tiếp có thể được làm bằng vật liệu siêu dẫn, như được thể hiện trên Fig.8. Vật dẫn điện liên kết 13 liên kết các cực của dây các bình điện phân 2 với các cực của trạm cấp 12 cho mạch điện chính 15 cũng có thể được làm bằng vật liệu siêu dẫn, như được thể hiện trên Fig.9.

Trong lò luyện nhôm thông thường, vật dẫn điện liên kết 14 nối hai hàng F có số đo nằm trong khoảng từ 30m đến 150m tùy thuộc vào việc hai hàng F mà chúng nối được đặt trong cùng tòa nhà hay trong hai tòa nhà riêng biệt vì lý do tương tác từ giữa hai hàng F. Vật dẫn điện liên kết 13 nối các cực của dây với các cực của trạm cấp 12 có số đo nằm trong khoảng từ 20m đến 1km tùy thuộc vào vị trí của trạm cấp 12. Do các độ dài này, sẽ được dễ dàng hiểu rằng việc sử dụng các vật dẫn điện bằng vật liệu siêu dẫn ở các vị trí này sẽ dẫn đến có thể đạt được khả năng tiết kiệm năng lượng. Các lợi thế khác được tạo ra qua việc sử dụng các vật dẫn làm bằng vật liệu siêu dẫn được mô tả trên đây, chẳng hạn như, kích thước của chúng nhỏ hay mềm, hoặc khả năng được đặt trong vỏ bao tạo thành vỏ che từ dẫn đến khả năng sử dụng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện chính 15 của lò luyện nhôm 1.

Ngược lại, vì vật dẫn điện 11 nối các bình ngắn hơn, và vì tổn thất năng lượng tại các vị trí nối, nên việc sử dụng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn để cung cấp

dòng điện điện phân từ một bình điện phân 2 này sang bình điện phân khác không thuận lợi về kinh tế.

Vì vậy, việc sử dụng vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong lò luyện nhôm 1 có thể có các ưu điểm khi các vật dẫn được sử dụng đủ dài. Việc sử dụng vật dẫn điện bằng vật liệu dẫn điện đặc biệt thuận lợi trong trường hợp các mạch điện thứ cấp 16, 17 được thiết kế để giảm hiệu ứng từ trường từ bình này sang bình khác qua các vòng lặp được mô tả trong công bố đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP 0204647 - khi cường độ dòng điện chạy trong mạch điện chính 15 đặc biệt cao, hơn 350kA, và khi tổng các cường độ dòng điện chạy trong mạch điện thứ cấp theo cùng một hướng giống dòng điện chạy trong mạch chính nằm trong khoảng từ 20% đến 100% của dòng điện trong mạch chính, và tốt hơn là, nằm trong khoảng từ 40% đến 70%.

Các phương án được mô tả ở đây không loại trừ lẫn nhau và có thể được kết hợp để tăng cường hiệu quả kỹ thuật thu được. Vì vậy, mạch điện chính 15 bao gồm cả vật dẫn điện liên kết 14 làm bằng vật liệu siêu dẫn liên kết các hàng và các vật dẫn điện liên kết 13 nối các cực của dây với các cực của trạm cấp 12 cũng làm bằng vật liệu siêu dẫn, và một hoặc nhiều mạch điện thứ cấp 16, 17 cũng bao gồm các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được chế tạo thành các vòng trong dây, có thể được tạo ra. Mạch điện thứ cấp đơn 16 bao gồm các vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn cũng có thể được bố trí vào giữa các hàng F của các bình 2 hoặc bên ngoài các bình này, trong đó các vật dẫn làm thành các vòng nối tiếp.

Cần phải hiểu rằng, mặc dù phần mô tả trên đây đã mô tả chi tiết các phương án được ưu tiên của sáng chế, rất nhiều thay đổi và biến thể có thể được thực hiện trên các phương án này và tất cả các thay đổi và biến thể đó đều thuộc phạm vi của sáng chế.

Đặc biệt, sáng chế có thể mở rộng cho lò luyện nhôm sử dụng điện phân với anot trơ.

Nói chung, giải pháp theo sáng chế cũng có thể được áp dụng cho các vòng lặp thuộc tất cả các loại khác, ví dụ như, loại vòng lặp được mô tả trong công bố đơn yêu cầu cấp patent Canada số CA 2585218, công bố đơn yêu cầu cấp patent Pháp số FR 2868436, và công bố đơn yêu cầu cấp patent châu Âu số EP 1812626.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Lò luyện nhôm (1) bao gồm:

(i) dãy các bình điện phân (2), được thiết kế để sản xuất nhôm, tạo thành một hoặc nhiều hàng (F),

(ii) trạm cấp điện (12) được thiết kế để cấp dòng điện điện phân (I1) cho dãy các bình điện phân (2),

trạm cấp điện (12) này bao gồm hai cực,

(iii) mạch điện chính (15) mà dòng điện điện phân (I1) chạy qua, có hai cực mà mỗi cực được nối với một trong các cực của trạm cấp điện (12),

(iv) ít nhất một mạch điện thứ cấp (16-17) bao gồm vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn mà dòng điện (I2, I3) chạy qua, chạy dọc theo hàng hoặc các hàng (F) của các bình điện phân (2),

khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) chạy dọc theo hàng hoặc các hàng (F) của các bình điện phân (2) ít nhất hai lần để tạo ra một số vòng nối tiếp.

2. Lò luyện nhôm (1) theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) bao gồm một vỏ đông lạnh trong đó các vòng được quấn cạnh nhau được tạo thành bởi vật dẫn điện bằng vật liệu siêu dẫn.

3. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 2, khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) mềm và có ít nhất một phần cong.

4. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, khác biệt ở chỗ, mạch điện thứ cấp (16, 17) bao gồm hai cực, mỗi cực của mạch điện thứ cấp (16, 17) được nối với một cực điện của trạm cấp điện (18) mà riêng biệt với trạm cấp điện (12) cho mạch điện chính (15).

5. Lò luyện nhôm (1) theo điểm 4, khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) chạy dọc theo hàng hoặc các hàng của các bình điện phân (2) một số lần định trước để cho phép sử dụng trạm cấp (18) cho mạch điện

thứ cấp (16, 17) phân phối dòng điện có cường độ nằm trong khoảng từ 5kA đến 40kA.

6. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, khác biệt ở chỗ, ít nhất một phần của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) nằm bên dưới ít nhất một bình điện phân (2) trong hàng hoặc các hàng (F).

7. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, khác biệt ở chỗ, ít nhất một phần của vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn trong mạch điện thứ cấp (16, 17) chạy dọc theo phía bên phải và/hoặc phía bên trái của các bình điện phân (2) trong hàng hoặc các hàng (F).

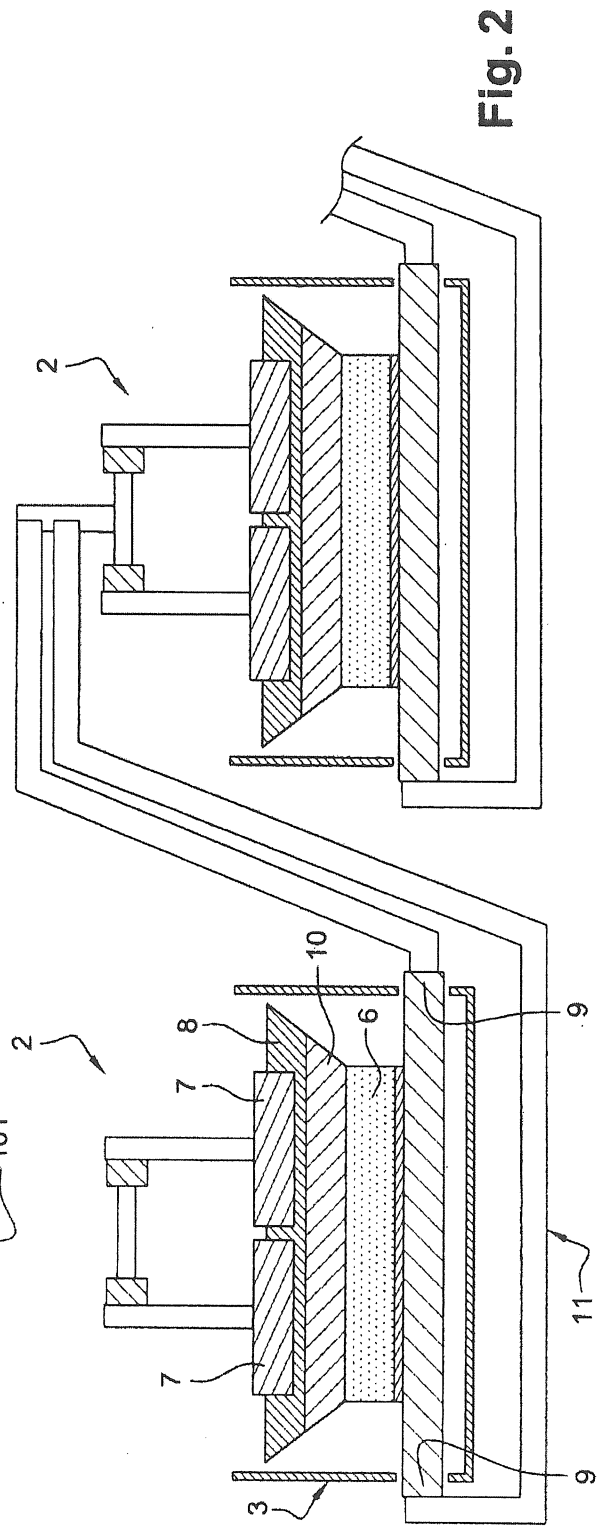
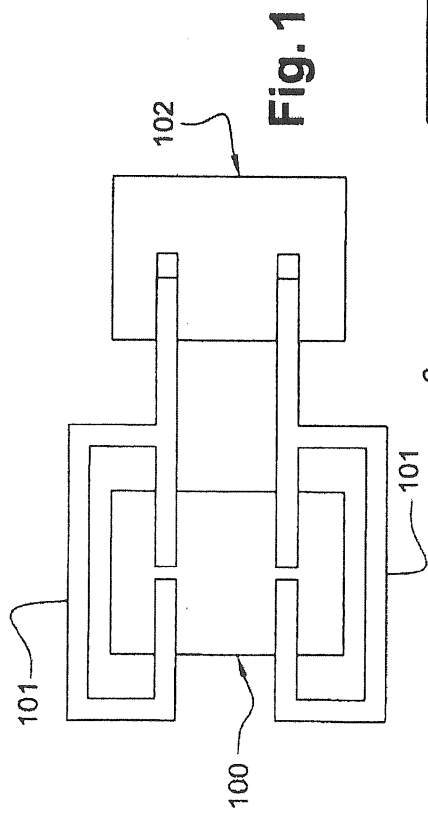
8. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, khác biệt ở chỗ, mỗi vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được tạo ra từ cáp bao gồm lõi trung tâm bằng đồng hoặc nhôm, ít nhất một sợi vật liệu siêu dẫn và vỏ đông lạnh.

9. Lò luyện nhôm (1) theo điểm 8, khác biệt ở chỗ, chất lỏng làm lạnh chạy qua vỏ đông lạnh.

10. Lò luyện nhôm (1) theo điểm 9, khác biệt ở chỗ, chất lỏng làm lạnh là nitơ lỏng và/hoặc heli lỏng.

11. Lò luyện nhôm (1) theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, khác biệt ở chỗ, lò luyện nhôm này bao gồm vỏ bao (20) tạo ra vỏ che từ, và khác biệt ở chỗ, vật dẫn điện làm bằng vật liệu siêu dẫn được đặt một phần trong vỏ bao (20) tạo ra vỏ che từ.

12. Lò luyện nhôm (1) theo điểm 11, khác biệt ở chỗ, vỏ bao (20) tạo ra vỏ che từ được đặt tại ít nhất một trong số các cực của hàng hoặc các hàng (F) của các bình điện phân (2).



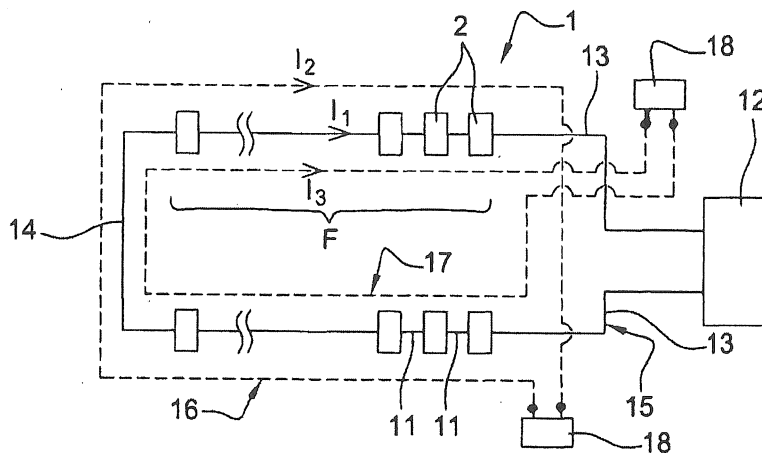


Fig. 3

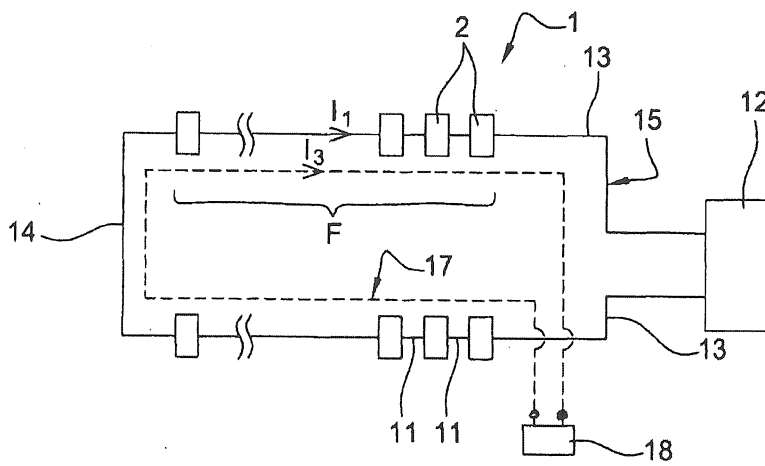


Fig. 4

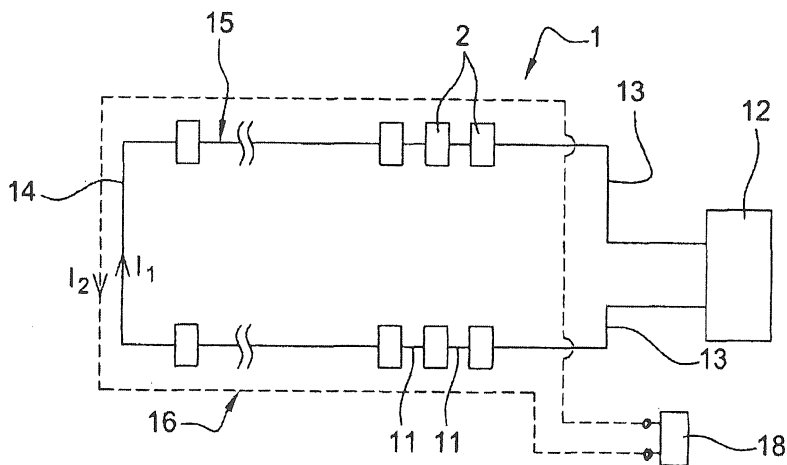


Fig. 5

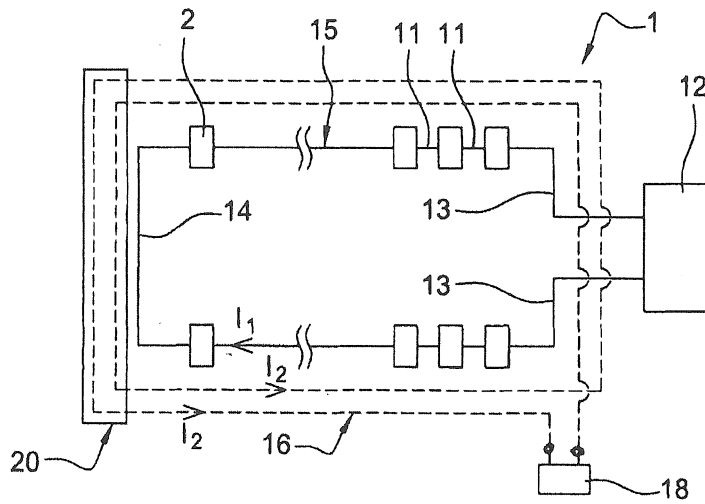


Fig. 6

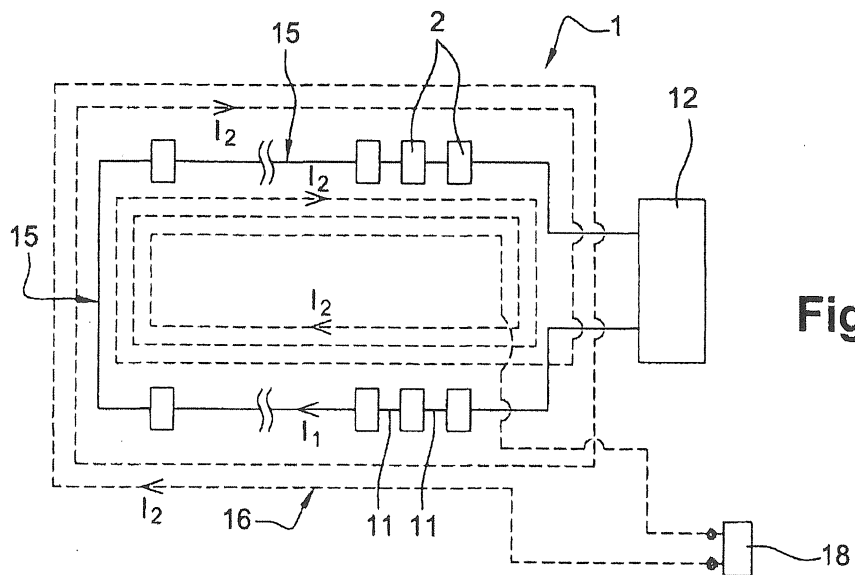


Fig. 7

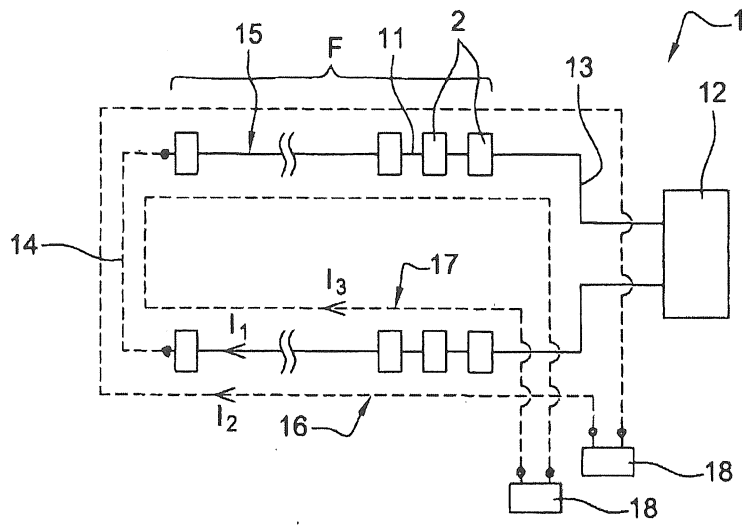


Fig. 8

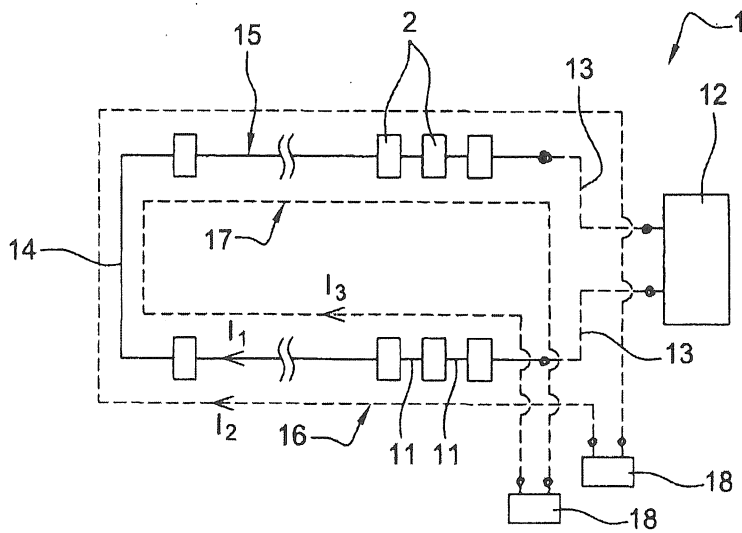


Fig. 9

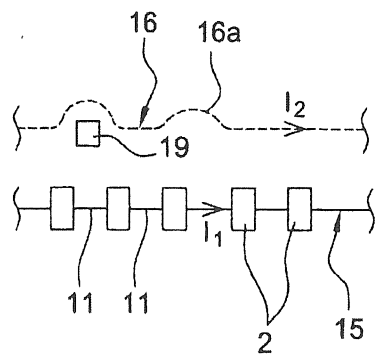


Fig. 10

