

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5475143号  
(P5475143)

(45) 発行日 平成26年4月16日 (2014. 4. 16)

(24) 登録日 平成26年2月14日 (2014. 2. 14)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H05B 7/12 (2006.01)</b>	H05B 7/12 A
<b>F27B 3/08 (2006.01)</b>	F27B 3/08
<b>F27D 11/08 (2006.01)</b>	F27D 11/08 A

請求項の数 15 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2012-543712 (P2012-543712)	(73) 特許権者	508018451
(86) (22) 出願日	平成22年12月15日 (2010.12.15)		ダニエリ アンド シー. オフィチネ メ
(65) 公表番号	特表2013-513924 (P2013-513924A)		ッカニチェ ソシエタ ペル アチオニ
(43) 公表日	平成25年4月22日 (2013. 4. 22)		イタリア国、33042 プットリオ、ヴ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/069730		ィア ナヅィオナーレ 41
(87) 国際公開番号	W02011/073244	(74) 代理人	100130029
(87) 国際公開日	平成23年6月23日 (2011. 6. 23)		弁理士 永井 道雄
審査請求日	平成24年7月2日 (2012. 7. 2)	(72) 発明者	ピッチオット・マウリヅィオ
(31) 優先権主張番号	M12009A002192		イタリア国、33100 ウディネ、ヴィ
(32) 優先日	平成21年12月15日 (2009.12.15)		ァ バルディッセラ、21/イー
(33) 優先権主張国	イタリア (IT)	(72) 発明者	アンソルディ・マルコ
			イタリア国、33100 ウディネ、ヴィ
			ァ ロムバルディア、200

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直流連続アーク炉のための電極

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属を溶解するための直流電気アーク炉のための電極であって、前記炉の底部に收容されるよう適合しており、

- バイメタルの棒(2)であって、その長手方向に沿って、第一鉄部(4、5)であってその第一端が炉内の金属槽と接触する鉄部と、第二銅部(6、7)であって前記第一鉄部(4、5)の第二端に溶接された銅部とを備える棒(2)；

- 前記バイメタルの棒(2)を冷却する複数の冷却手段(3)；

- 前記第二銅部(6、7)内に得られる空洞部(50)であって、前記複数の冷却手段(3)が少なくとも部分的に收容される空洞部(50)；

- 前記空洞部(50)と前記複数の冷却手段(2)との間の間隙；

とを備え、前記複数の冷却手段(3)は、

- 該複数の冷却手段(3)の第一端に設置された収集部(17)であって、該収集部(17)を、前記第一鉄部(4、5)に隣接した前記間隙の第一部に通じさせる複数の通路(20)の備わる端部壁を有する収集部(17)；

- 冷却液を前記収集部(17)に運ぶ第一管(19)；

とを備え、

前記収集部(17)は、前記バイメタルの棒(2)の長手方向に直交する、前記第一管の断面領域の少なくとも1.5倍の断面領域を有し、

前記複数の通路(20)の各々の長手方向は実質的に、各排出部に接する平面に対して

垂直であって、複数の冷却液のジェットは、前記第一鉄部(4、5)に隣接する空洞部(50)の第一表面(23)に対して実質的に垂直であって、前記間隙の前記第一部において発生していることを特徴とする電極。

【請求項2】

前記端部壁が蓋(14)であり、該蓋は、凸面状又は実質的に平面状であり、前記複数の冷却手段(3)の管(12)を閉じ、前記管(12)は、前記冷却液の前記第一管(19)に対して同心であり、その外側にあることを特徴とする、請求項1に記載の電極。

【請求項3】

前記蓋(14)が、環状要素(16)と連結しており、前記第一管(19)が、前記環状要素の中央穴(18)にはめ込まれていることを特徴とする、請求項2に記載の電極。 10

【請求項4】

前記中央穴(18)が前記収集部(17)に向かって広がっていることを特徴とする、請求項3に記載の電極。

【請求項5】

前記蓋(14)が、頂部が押しつぶされた半球状のキャップ又はドームの形状、又は、実質的に平面の形状をしており、冷却される前記第一表面(23)の形状に従うことを特徴とする、請求項2乃至4のいずれか1項に記載の電極。

【請求項6】

前記第一管(19)が、前記管(12)から、前記蓋(14)とは反対の側において突き出ており、前記冷却液の注入フランジ(21)と結合していることを特徴とする、請求項2乃至5のいずれか1項に記載の電極。 20

【請求項7】

前記複数の通路(20)の排出部の間隔( $L_d$ )が、前記複数の通路(20)の直径( $d_i$ )の3倍から15倍の範囲内にあることを特徴とする、請求項1乃至6のいずれか1項に記載の電極。

【請求項8】

前記間隙の幅が、前記第一表面(23)から前記空洞部(50)の第二側表面(24)に向かって減少することを特徴とする、請求項1乃至7のいずれか1項に記載の電極。

【請求項9】

前記間隙の前記第一部が、前記第一表面(23)において、5mmから30mmの範囲内の幅を有することを特徴とする、請求項8に記載の電極。 30

【請求項10】

前記第一鉄部(4、5)から遠方にある前記間隙の第二部(25)が、前記第二表面(24)において、2mmから12mmの範囲内の幅を有することを特徴とする、請求項9に記載の電極。

【請求項11】

前記間隙の前記第二部(25)が前記冷却液の第二放出管(26)に連結していることを特徴とする、請求項10に記載の電極。

【請求項12】

前記冷却液が水であることを特徴とする、請求項1乃至11のいずれか1項に記載の電極。 40

【請求項13】

請求項1に記載の電極を冷却するプロセスであって、  
 - 前記空洞部(50)と前記複数の冷却手段(3)との間に備わる前記間隙を冷却液で満たすステップと；  
 - 前記第一管(19)に冷却液を連続的に更に導くステップであって、それによって前記冷却液が前記収集部(17)に届くステップと；  
 - 複数の冷却液ジェットの連続的な漏出による前記電極への一次冷却ステップであって、前記複数の冷却液ジェットは前記複数の通路(20)を通り、前記間隙の前記第一部の前記第一表面(23)の対応部に実質的に垂直に当たるステップと； 40

- それに続く前記冷却液の下降流による、前記間隙の前記第二部(25)における前記電極への二次冷却ステップと；  
を有することを特徴とする、冷却プロセス。

【請求項14】

前記収集部(17)内の前記冷却液の圧力が、1 barg から15 barg の範囲内にあり、前記複数の通路(20)から出る複数のジェット(velocity)の最大値が50 m/s であることを特徴とする、請求項13に記載の冷却プロセス。

【請求項15】

請求項1に記載の電極を少なくとも1つ底部に備える、金属を溶解するための直流電機アーク炉。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、直流連続アーク炉のための電極に関し、とりわけ前記炉の底部のアノードとして用いられる電極に関する。

【背景技術】

【0002】

直流連続アーク炉(DC EAFs)は、鉄ベースの合金を溶かし精錬するための鉄鋼技術で用いられる。

【0003】

これらの炉において、電気アークが放電されるのは、少なくとも頂部に配置された黒鉛電極(カソード)と、少なくとも炉の炉床の底部に配置された底部電極(アノード)との間である。電流の通過によって、電気アークの形成が可能となり、その放射と伝達の効果によって、鉄のスクラップは熔融する。

20

【0004】

交流アーク炉(AC EAF)に対して、直流アーク炉が有利に可能とするのは、電気エネルギーのより少ない消費、電極や耐火物のより少ない消費、鉄スクラップの均一で速い溶解(その原因は、得られるアークがとても長いことにある)、雑音や機械的応力の減少、液体金属槽での素晴らしい加熱である。更に、無効電力の変化や、「フリッカー」効果もかなり小さい。

30

【0005】

典型的な直流連続アーク炉は、炉の頂部に付随し炉自身の中に延伸する頂部電極又はカソード、及び、電気回路を閉じるために炉の耐熱炉床に組み込まれた複数の低部電極又は底部電極又はアノードを有する。

【0006】

これらの炉において、アノードは、最も繊細な構成要素の一つであって、それらは、とても高い負荷を有する電流が通過し、大きな熱応力や磁力にさらされる。

【0007】

あらゆる種類の底部電極が最先端技術に属する。

【0008】

そのような底部電極は、例えば、金属棒の形態で作られており、炉の耐熱炉床に組み込まれているが、一部が底部で延伸し、そこから炉自身の外部に出ている。前記棒の数及びその配置は、炉の中央部に対して対称的であるが、炉の力及びその炉床の構造に左右される。

40

【0009】

別のタイプの底部電極によれば、前記金属棒はとても小さな直径を持つ複数のピレットに分割されてもよいが、それは、共通の板で底部に固定され、概して空冷され、水冷パイプによって電源に接続されている。

【0010】

他の周知の態様においては、ピレットの代わりに、各電極ユニットは、複数の金属タブ

50

からなってもよく、該金属タブは共通の金属支持部に溶接され、リングを形成するために他の電極ユニットと連携して配置されるが、該リングは炉に対して同心である。

【0011】

周知技術において、棒のタイプの電極は、完全に鉄から作られてもよいし、鉄と銅から作られてもよい。

【0012】

前記棒の頂部の鋼製部は、溶解した金属の槽と接触しているので、それはある高さまで溶解する。冷却効果によって、前記棒は頂部の液体部分と低部の固体部分を有するが、それらは、分離ゾーンによって分割される。

【0013】

この種の底部電極においては、主な課題は、固体の低部を確保することができる冷却システムを開発することであって、該低部が、棒の高さに沿って、前記底部電極によって伝導される高い電氣的及び熱的負荷の状況下でも、可能な限り延伸されることである。

【0014】

とりわけ、このためには、溶解した金属のために生じ得る逃避路の形成を避ける必要がある。実際、仮にアノード内の溶解面 (fusion front) が、アノード底部の完全な穿孔に続くのであれば、液体の金属と、アノード底部を冷却するために用いられる水又は他の冷却液との間で接触が起こり、それによって、大変危険な結果をもたらす真の爆発を引き起こすであろう。

【0015】

底部電極の冷却作用の熱効率を高めるために、様々な解決法が提案されてきた。

【0016】

第一の解決法が供するのは、バイメタリックの鉄 - 銅のアノードをピレットの形状で用いることであって、銅部を冷却するための液体の流路が備わり、連続鑄造法の晶折装置に類似する。熱交換のメカニズムは、单相の液体 (液体状態の水) による強制対流の一つである。冷却液の動きは、実質的に、冷却される表面と平行に生じ、適切な熱交換を確実にするために、流路のある速度とある大きさが必要とされる。

【0017】

この解決法は、仮に用いられている電流量が高くないのであれば、適切である。電流が増大すると、直径と流れを増す必要があるが、一方で、流路の断面を出来るだけ不変とする必要があり、それは、熱交換係数を決定する流速を同様に不変とするためである。

【0018】

仮に、そのような状況下で、金属構造の変形が大きく拡大するのであれば、冷却液が通過する流路も、可能性のある熱交換の大きな減少とともに変更されるだろう。これらの現象は、アノードの構造の完全性を深刻な危険にさらし、炉の動作に影響を与えるであろう。

【0019】

あるいは、第二の解決法が供するのは、バイメタルの鉄 - 銅のアノードであって、アノードの銅部の中に冷却システムが備わり、該冷却システムは二相の冷却液 (液体 - ガス) を用いるが、それは、液体の微粒化と、液体粒子が冷却される表面に接した際に連続して沸騰することによるものである。相転移 (いわゆる「沸騰」) は、効果的に熱を取り去るが、不都合なことに、臨界温度までに過ぎない。この臨界温度を超えると、熱交換特性の迅速な減衰が生じ、したがってそれは、システム信頼性の乏しさに導く。仮に、アノードの底部に完全な穿孔が生じるならば、冷却システムの筐体に溶解した液体が漏れることを防ぐための一連のバリアが設けられるが、そのためには、構造の複雑さが増加する。

【0020】

それ故、前記欠点を克服することの出来る底部電極を開発する必要が標榜されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

10

20

30

40

50

本発明の主目的は、直流連続アーク炉のための底部電極又はアノードをもたらすことであり、該底部電極又はアノードには、ピレットの長軸延長方向に固体部を確保することが可能な冷却システムが備わり、該固体部は、高い電気負荷の状況下でも可能な限り高いが、それは、アノードの固体 - 液体の界面と冷却水との間の適切な距離を確保し、それによって、完全な安全性を確保するためである。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の目的は、底部電極の冷却作用の効率性を得ることであって、該底部電極は、バイメタル・ピレットの形状で作られており、時代遅れの底部電極よりはるかに優れているが、それは、冷却流路の特別な配置によって熱交換を最適化することによるものである。

10

【 0 0 2 3 】

本発明の更なる目的は、ピレットの冷却される部分と冷却されない部分との間の接合部において、最善の熱的及び電気的な伝導の状態を保つことを、同時に保証することであって、それによって、生産効率の面で炉の動作が高まり、電極の持続期間が増え、信頼性と安全性が高まる。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 4 】

このように、本発明は上記で議論した目的を達成することを提案するが、それは、金属を溶解するための直流連続アーク炉のための電極を開発することによるものであり、該電極は、前記炉の底部に收容されていて、請求項 1 に従えば、

20

- バイメタルの棒であって、長軸 X を規定し、その長軸延長方向に沿って、第一鉄部であって、その第一端が炉内の金属槽に接触する鉄部と、第二銅部であって、前記第一鉄部の第二端に溶接された銅部とを備える棒；

- 前記バイメタルの棒を冷却する複数の冷却手段；

- 前記第二銅部に得られる空洞部であって、前記複数の冷却手段が少なくとも部分的に收容される空洞部；

- 前記空洞部と前記複数の冷却手段との間の間隙；

とを備え、前記複数の冷却手段は、

- 該複数の冷却手段の第一端に設置された収集部であって、前記収集部を、前記第一鉄部に隣接する前記間隙の第一部に通じさせる複数の通路の備わる端部壁を有する収集部；

30

- 冷却液を前記収集部に運ぶ第一管；

とを備え、前記収集部は、前記長軸 X に対し、前記長軸に対する前記第一管の断面領域の少なくとも 1 . 5 倍の断面領域を有し、

前記複数の通路の各々は長軸を有し、該長軸は実質的に、各排出部に接する平面に対して垂直であって、複数の冷却液のジェットは、前記第一鉄部に隣接する前記空洞部の第一表面に対して実質的に垂直であって、前記間隙の前記第一部において発生している。

【 0 0 2 5 】

本発明の第二の態様をもたらすのは、上記の電極の冷却プロセスであって、請求項 1 3 に従えば、以下のステップを備える：

- 前記空洞部と前記複数の冷却手段との間に備わる前記間隙を冷却液で満たすステップ；

40

- 前記第一パイプに冷却液を連続的に更に導くステップであって、それによって前記冷却液が前記収集部に届くステップ；

- 複数の冷却液ジェットの連続的な漏出による前記電極への一次冷却ステップであって、前記複数の冷却液ジェットは前記複数の通路を通り、前記電極の鉄部に隣接する前記間隙の前記第一部の第一表面の対応部に実質的に垂直に当たるステップ；

- それに続く前記冷却液の下降流による、前記電極への二次冷却ステップであって、前記電極の前記鉄部から遠方にある間隙の第二部における下降流による冷却ステップ。

【 0 0 2 6 】

有利なことに、本発明の解決法が用いるのは、単相の液体、好ましくは液体状の水を用いることによる伝導メカニズムによる熱交換である。冷却作用は、有利なことに、二重と

50

なっている。

【0027】

第一の冷却は、冷却される壁に対して実質的に垂直方向に冷却液を移動させることにより生じ、それによって、熱を取り去るジェット of 攻撃（「衝突」）を利用する。制限されたジェットの垂直性という特徴によって、冷却されるアノードの第一表面からの冷却システムの距離を自由にすることができ、熱交換が均等になる。それによって、前記第一表面と冷却液の注入穴の出口部との間に隙間又は大きな距離が設けられ、その結果、アノードの機械的変形は、高電流の影響下でも冷却効率に影響を与えないが、それは最先端技術の第一の解決法において生じていることではない。

【0028】

更に、ジェットを用いることで、ジェット部を単純に変化させることによって液体の速度を高めることができるが、そのため、流れの増加に対する干渉は伴わない。

【0029】

第二の冷却は、そうではなく、冷却される表面に実質的に平行な方向で、冷却液を移動することにより生じる。そのような第二の冷却は、既にプレートの又は穴の開いたキャップにおいて生じているが、それは、電極のジャケットの曲がった表面に当たった後、ジェットの液体が、電極のジャケットと冷却ランス（cooling lance）との間の路又は隙間の垂直壁に届くまで、それを包むからであり、そこで当該液体はアノードの対応する表面に対して平行な方向で垂直に落ち、それから放出領域に向かう。

【0030】

本発明の電極の冷却システムは、単相（水だけであって、システム内には空気は含まれない）で閉じたシステムとして機能する。前記システムは、高い又は低い出口圧力とは関係なく動作する。

【0031】

プレートの又は穴の開いたキャップの穴の数は、冷却される表面次第である。冷却液の注入ノズルが設けられてもよい。

【0032】

パイメタルの鉄 - 銅のピレットの使用によって、素晴らしい電気伝導性が保証され、溶鋼槽の方向に冷却効果を延長することができる。これにより、冷却された領域から、鉄の固体 - 液体の界面を出来るだけ遠くに保持することが可能となる。効果的な冷却システムによって、安全係数を大きく高めることにより、この態様を更に改良することが可能である。

【0033】

本発明の更なる特徴及び長所は、直流連続アーク炉の電極の、好適であるが排他的ではない態様の詳細な記述を考慮するとより明白になるが、それは非限定例によって示され、以下に付随する図面を用いる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】図1が示すのは、本発明による電極の第一の側面図である。

【図2】図2が示すのは、図1における電極の平面A - Aに沿った断面図である。

【図2a】図2aが示すのは、図1における電極の平面A - Aに沿った第一部の断面図である。

【図2b】図2bが示すのは、図1における電極の平面A - Aに沿った第二部の断面図である。

【図3】図3が示すのは、図1における電極の底面図である。

【図4】図4が示すのは、図3における電極の平面B - Bに沿った断面図である。

【図5】図5が示すのは、アーク炉の炉床に收容された本発明の電極の図である。

【図6a】図6aが示すのは、本発明の電極の冷却システムの構成要素の側断面図である。

【図6b】図6bが示すのは、図6aに示される構成要素の上面図である。

10

20

30

40

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0035】

図を参照すると、直流連続アーク炉のための電極の第一の態様が示されているが、全体的に参照番号1で示され、とりわけ、前記炉の耐火炉床内に收容されている底部の電極またはアノードである。

## 【0036】

電極1は、本発明による物であるが、以下を備える：

- 棒又はバイメタルのピレット2であって、好ましくは鉄でできた頂部と銅でできた底部とを有し、それらはお互いに適切に溶接されているピレット2；
- 冷却手段3であって、前記ピレット2の底部の銅部内に收容されている冷却手段3。

10

## 【0037】

とりわけ構造の点で、図1及び2を参照すると、ピレット2には、頂部から底部へ順に以下が備わる：

- 第一鉄部4；
- 第二鉄部5であって、前記第一鉄部4に溶接されている第二鉄部5；
- 第三銅部6であって、前記第二鉄部5に溶接されている第三銅部6；
- 第四銅部7であって、前記第三銅部6に溶接されている第四銅部7。

## 【0038】

第三銅部6は、部分的に変形しており、とりわけ、頂部から底部に向かって断面が拡大しており、それは、図2に準拠している。

20

## 【0039】

図1及び図2が示すのは、第一部4と第二部5との間の鉄-鉄の溶接コードン(welding cordon)8；第二部5と第三部6との間の鉄-銅のコードン又は溶接線9；第三部6と第四部7との間の銅-銅の溶接コードン10である。

## 【0040】

第四銅部7は、実質的に円筒状の管から成る。第三銅部6は、その底部に凹部13を含み、それは第三部6のより広い部分に作られる。第二鉄部5及び第三銅部6は、いわゆる「スペーサ」を規定し、該「スペーサ」は、電極の冷却領域をピレット2の鉄部から離し、該鉄部はアーク炉の運転中液体となる。固体のままとなっているピレット2の銅部と鉄部は、共に溶接され、電流の通過と熱の連続性を保証する。

30

## 【0041】

有利なことに、冷却手段3が、少なくとも部分的に、長手方向の空洞部50内に收容されるが、該空洞部は、円筒状の管7と第三銅部6の凹部13とによって規定される。スペーサ5、6、及び円筒状の管7は、いわゆる電極ジャケットを規定する。

## 【0042】

冷却手段3が備えるのは、好ましくは金属製の実質的に円筒の冷却ランス11であるが、該冷却ランス11は、以下の要素を備える：

- 円筒状の管12であって、外径が円筒状の管7の内径よりもわずかに小さい、円筒状の管12；
- 凸面又は実質的に平面の蓋14であって、前記管12の第一端を閉じるために設けられ、その外壁に、例えば単純な通過穴の形状をした複数の通路20が設けられている蓋14；
- 冷却液、例えば水の運搬管19であって、前記管12の中を通り、前記蓋14と連結しており、蓋それ自身の中に納まる収集部17に通じるために連結している、運搬管19。前記管12は、好ましくは、前記運搬管19と同心である。

40

## 【0043】

単純な通過穴の代わりに、通過穴の対応するネジにねじ込まれた、ネジ山の付いたノズルを設けることも可能である。

## 【0044】

好適変形例において、蓋14は環状要素16と連結してもよく、その中央穴18には運

50

搬管 19 が挿入される。

【0045】

有利なことに中央穴 18 は、収集部 17 に向かって広がる。有利なことに、電極の長軸 X に対して、収集部 17 は、管 19 の前記長軸 X に対する断面領域の少なくとも 1.5 倍の断面領域を有する。好適変形例において、収集部 17 の断面は、少なくとも管 19 の断面の 2 倍に等しい。

【0046】

仮に管 19 と収集部 17 が、円形の断面をもつのであれば、収集部 17 の直径は、好ましくは、管 19 の直径の 1.5 倍に等しい。円形以外の断面の場合は、好ましくは、それぞれと等価の直径の間に、同一の関係が生じる。

10

【0047】

環状要素 16 は、円筒状の管 12 に対して、例えば溶接によって一体的に固定されている。

【0048】

同一の蓋 14 が、前記環状要素 16 の上に、例えば溶接によって一体的に固定されていてもよく、それにより、その内部に収集部 17 が規定される。

【0049】

穴が、蓋 14 の厚み方向に作られるが、それは、内部の収集部 17 を、冷却手段の外部に通じさせることによるものである。

【0050】

蓋 14 は、多かれ少なかれ頂部が押しつぶされた半球状のキャップ又はドームの形状、又は、実質的に平面のプレートの形状を持ってよいが、冷却される電極の内部中央表面の形状に従うものである。そのようにして、凹部 13 の輪郭は、実質的に蓋 14 の外部輪郭に対応する。

20

【0051】

運搬管 19 は、円筒状の管 12 から、その第二端部において突き出ているが、それは蓋 14 に対して反対側からであって、冷却水の注入フランジ 21 と結合している。

【0052】

いったん電極が組み立てられると、ランス 11 が電極ジャケットに收容される。凹部 13 の形状は、ランス 11 の蓋 14 を受け入れる形状である。あらかじめ定められた隙間又は距離 H が、凹部 13 と蓋 14 との間、冷却される電極の内部中央又は第一の表面 23 に設けられるが、好ましくは、電極の内部側面又は第二表面 24 から減少する。

30

【0053】

有利なことに、「湿潤表面」とも呼ばれる第一表面 23 と、蓋 14 の対応する表面との間の距離 H は、第一表面 23 と、穴又はノズルの排出部との間であるが、5 mm から 30 mm の間、好ましくは、6 mm から 12 mm の間の範囲内である。好適変形例において、距離 H は 8 mm に等しい。この距離 H は、空洞部 50 と冷却手段 3 又はランス 11 との間隙の第一部の幅に対応する。

【0054】

管 7 と管 12 の間の路 25 の幅は、好ましくは 2 mm から 12 mm の間であり、路 25 の前記幅は、空洞部 50 と冷却手段 3 又はランス 11 との間隙の第二部の幅に対応する。

40

【0055】

そのような路 25 は、冷却水の放出管 26 に連結し、排出フランジ 27 が備わる。

【0056】

穴又はノズルの直径 " $d_i$ " は、1 mm から 10 mm の間の領域内にあるのが有利であって、好ましくは 1 mm から 5 mm の間の領域である。好適変形例では、直径 " $d_i$ " は、3 mm に等しい。

【0057】

その代わりに、蓋 14 上の穴の分布に関しては、穴の間隔は、 $L_d$  によって示され

50

るが、穴の直径の関数であって、好ましくは、必須ではないが前記直径の倍数に等しい。当該分布は、蓋 14 の表面において、均一であっても均一でなくてもよい。間隔  $L_d$  は、穴の直径  $d_i$  の 3 倍から 15 倍の間の領域内にあり、好ましくは穴の直径の 6 倍から 11 倍の間の領域である。 好適変形例では、 $L_d$  は 31.5 mm に等しい。

【0058】

蓋 14 における穴の分散の基準は、個別のジェットの影響によって生じる高効率の全冷却領域の一部によって冷却される第一表面 23 の最適カバレッジに基づく。

【0059】

有利なことに、排出部に接する平面に対して実質的に垂直な長軸、すなわち、第一表面 23 の対応部に対して実質的に垂直な長軸を有する穴が、蓋 14 に開けられる。

10

【0060】

更に、第一表面 23 又は「湿潤表面」は、平面であっても湾曲していてもよく、等価の直径  $D_{e,q}$  に関するその延長は、ピレット 2 の直径次第であり、約 700 mm の最大値を有するが、好ましくは 250 mm から 600 mm の間である。好適変形例においては、 $D_{e,q}$  は、550 mm に等しい。

【0061】

図 6 に示されるように、底部電極 1 のバイメタル・ピレット 2 は、直流連続アーク炉の耐熱炉床 30 に包含されている。炉床 30 内では、ピレット 2 が少なくともある種の環状耐熱継ぎ手 31 によって囲まれている。ピレット 2 の上端部 32 は、炉内の液体金属槽（図示されていない）と接触している。液体金属との前記接触は、ピレット自身に沿った高電流の通過の影響が伴うが、界面領域 35 によって隔てられた、ピレット 2 に沿う頂部の液体部 33 と底部の固体部 34 の構成を決定する。

20

【0062】

電極の冷却液は、好ましくは、必須ではないが水であり、運搬管 19 によってあらかじめ定められた流れで連続的に導かれ、環状要素 16 の中央穴 18 に達するまで、運搬管 19 に沿って流れ、蓋 14 内部の収集部 17 に達する。

【0063】

水の代わりに、他の冷却液、例えば、ナトリウムや色々な構成の共晶のような液体金属の使用をもたらすことも可能である。

【0064】

有利なことに、第一環状要素 16 の中央穴 18 は、収集部 17 に向かって広がっているが、それは、負荷の損失を最小限にし、収集部 17 内の高い圧力を回復するためである。収集部 17 内の冷却液の圧力は、1 bar g から 15 bar g の間の範囲内にあり、好ましくは、約 12 bar g に等しい。

30

【0065】

収集部 17 は「底部収集部」とも呼ばれるが、収集部 17 から、液体が複数の穴を通過して第一銅表面 23 に垂直に注入される。複数の穴を出る液体ジェットの速度  $v_{jet}$  は、局所熱伝達に影響を及ぼすが、最大値が 50 m/s であり、好ましくは、25 m/s から 30 m/s の間の領域内にある。好適変形例のプロセスでは、その速度は約 27 m/s に等しい。液体ジェットは、継続的に複数の穴から出るが、その速度は電極の銅部の内部表面と接触する液体の蒸発のいかなる可能性も防ぐ速度である。

40

【0066】

複数の穴の分散とそのプロセスのパラメータは、電極の銅部を通る最大熱流が約 20 MW/m<sup>2</sup> に等しくなるようなものである。

【0067】

有利なことに、一連の熱電対 40 が、アノードの銅スラグ (slug) の内部、とりわけ第三部分 6 に設置されているが（図 3 及び 4）、それは、電極の銅部を通過して発現する熱流をマッピングするためである。

【0068】

好適変形例において、熱電対 40 は、電極の長軸に対して約 60° 傾いた角度で收容さ

50

れており、その先端は前記軸に近い位置に配置されている。この熱電対40の構成は、最も熱機械的にストレスのかかる領域の一つの状態を継続的にモニタリングすることを可能にするという利点を有する。

【0069】

更に、管7及び電極の銅部6の内部には、複数の筐体が、複数の測温抵抗体(thermoreistance)41のために設けられているが、それは、温度と故障診断のための更なる制御機器である。

【0070】

このように、本発明による電極の冷却システムは、冷却される第一表面23によって頂部に範囲が定められた領域、又は、「頂部収集部」において、冷却液ジェットを発生させ放出することを可能にする。

10

【0071】

全てのジェットは、第一表面23の対応部に対して垂直な方向となるように制限され、「頂部収集部」と、管12と管7との間の側路25を既に満たしている同一の冷却液の中に全てが飛び込む。有利なことに、運転中、液体の通過領域のどこも空気を含まず、全てが液体自身によって占められている。従って、本発明の電極の冷却システムは、単相(水だけであって、システム内に空気を含まない)の閉じたシステムとして動作する。前記システムは、放出圧が高いか低いかに関係なく動作してもよい。

【0072】

キャップ又は穴の開いた平板の形状をした蓋14、及び、第一表面23と同キャップ又は穴の開いた平板との間の領域の構成は、第一表面23に対して液体ジェットが実質的に垂直に当たること、及び、ジェットの冷却効果が完全に乱流対流に変わった冷却システムの、放出に向かって降りてくる連続的な流れを促進するものである。

20

【0073】

液体ジェットは、アノードの冷却される頂部領域である「湿潤領域」23に当たる；電極の銅ジャケットの内部の残りの部分は、路25であるが、前記冷却される頂部領域からの液体の下降流によって冷却される(二次冷却)。

【0074】

実験的検査によって確認されたのは、制限された液体ジェットの攻撃が、直流連続アーク炉の底部電極の銅部の高い冷却効果を得るとも効果的な手段であるということである。

30

【0075】

平面に対して垂直に当たる乱流のジェットが、単相の伝達(空気は存在しない)の中に生じる最高の熱交換係数値の中にある、ジェットのよどみ点の近くの領域において発生した。

【0076】

このパフォーマンスは、ジェットの攻撃領域内の境界層が薄くなること、そして、冷却液を、そのような領域で、交換表面と直接接触させることを可能とすることを起因とする。更に、よどみ点圧力は、ジェットが表面に当たる減速領域で記録される圧力であるが、飽和温度を大いに高め、該飽和温度とは、所与の圧力で沸騰現象が生じる温度のことである。そして、この現象を起因として、高温の壁の温度ひいては高い熱流が、よどみ領域に存在するが、これには必ずしも沸騰状態は伴わない。

40

【0077】

圧力と熱交換は、ジェットのよどみ点からの距離が高まるに従って、減少する。従って、表面の大部分を冷却するために、平らな表面に垂直に攻撃する一連のジェットの態様が、想起された。様々なジェットの間流体力学は、個々のジェットの冷却状態とは大いに異なる。とりわけ、隣接するジェットからの流れのラインが一緒になる領域では、冷却される第二表面によどみ領域が生成され、そこでは、熱交換係数の局所的な増加が生じるであろう。

【0078】

50

このように、単一ジェット構成に対して、液体が当たる全表面における熱交換係数の平均値の上昇が生じるが、それは、複数のジェット間の相互の距離に準じるものである。

【0079】

それから、前記平らな表面に実質的に垂直に当たる複数の液体ジェットを用いた解決法は、湾曲した表面、例えば、半球状の表面で有効に試験された。

【符号の説明】

【0080】

1	電極	
2	ビレット	
3	冷却手段	10
4	第一鉄部	
5	第二鉄部	
6	第三銅部	
7	第四銅部	
8	溶接コードン	
9	溶接線	
10	溶接コードン	
11	ランス	
12	管	
13	凹部	20
14	蓋	
16	環状要素	
17	収集部	
18	中央穴	
19	管	
20	穴	
21	注入フランジ	
23	第一表面	
24	第二側表面	
25	路	30
26	放出管	
27	排出フランジ	
30	炉床	
31	継ぎ手	
32	上端部	
33	液体部	
34	固体部	
35	界面領域	
40	熱電対	
41	測温抵抗体	40
50	空洞部	

【 図 1 】

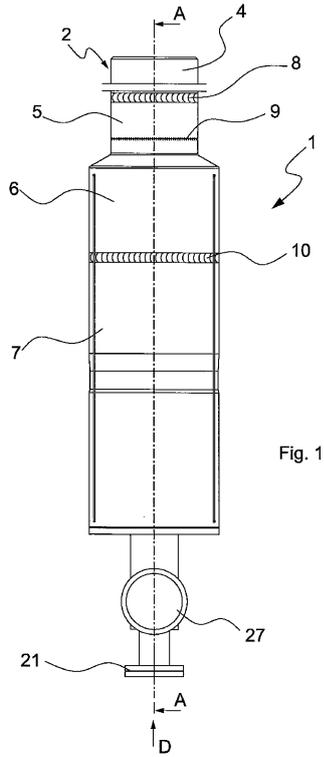


Fig. 1

【 図 2 】

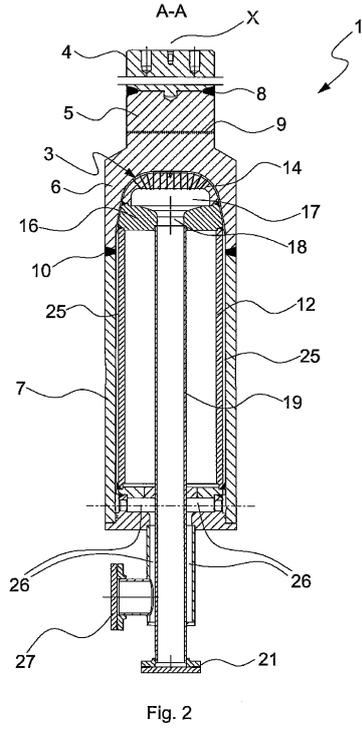


Fig. 2

【 図 2 a 】

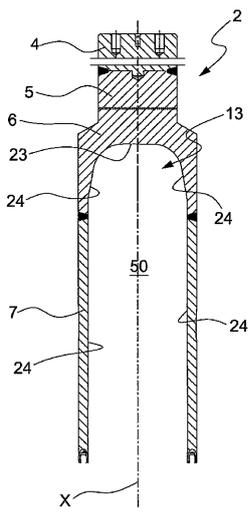


Fig. 2a

【 図 2 b 】

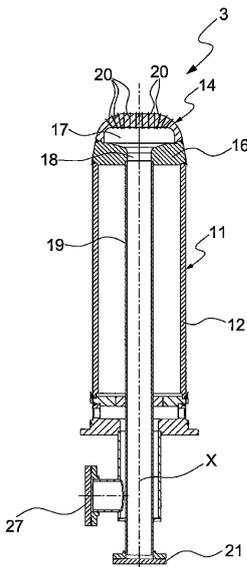


Fig. 2b

【 図 3 】

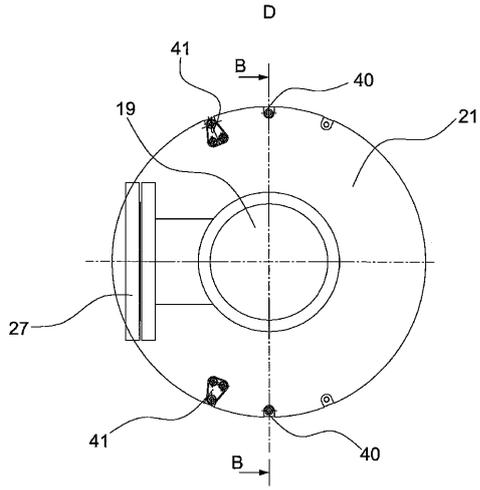


Fig. 3

【 図 4 】

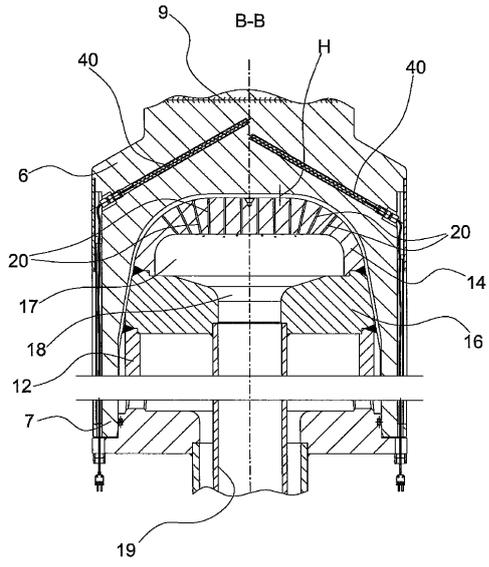


Fig. 4

【 図 5 】

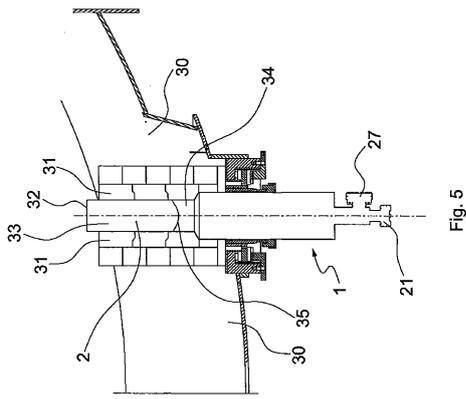


Fig. 5

【 図 6 a 】

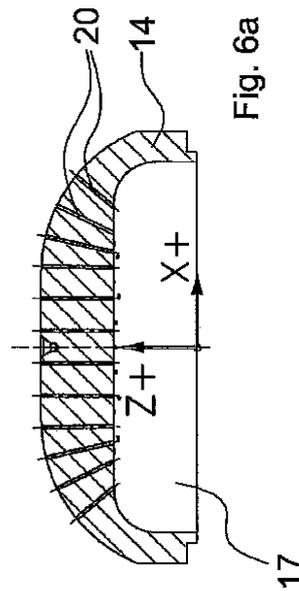


Fig. 6a

【 6 b 】

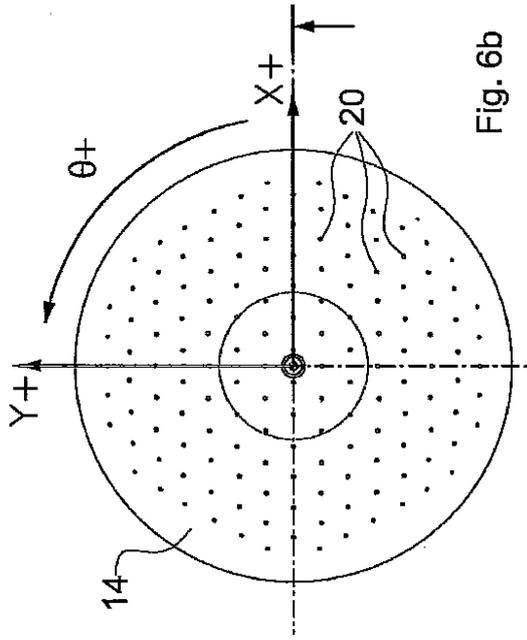


Fig. 6b

---

フロントページの続き

- (72)発明者 モルスト・ステファノ  
イタリア国、33057 パルマノヴァ、ヴィア ヴォロンタリ デッラ リベルタ、4 / 3 1
- (72)発明者 ポロニ・アルフレッド  
イタリア国、34070 フォグリアーノ レディプグリア、ヴィア ジー . パオリニ 29

審査官 土屋 正志

- (56)参考文献 特開平03 - 279779 (JP, A)  
実開平03 - 124198 (JP, U)  
特表平11 - 508082 (JP, A)  
米国特許第04101725 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |         |
|------|---------|
| H05B | 7 / 12  |
| F27B | 3 / 08  |
| F27D | 11 / 08 |