

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公 開 特 許 公 報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2025-148048
(P2025-148048A)

(43)公開日
令和7年10月7日(2025. 10. 7)

(51)Int.Cl.
C 2 5 C 3/06 (2006. 01)
C 2 5 C 7/02 (2006. 01)

F I
C 2 5 C 3/06 A
C 2 5 C 7/02 3 0 8 Z

テーマコード (参考)
4 K 0 5 8

		審査請求	未請求	請求項の数	3	OL	(全 15 頁)
(21)出願番号	特願2024-48624(P2024-48624)	(71)出願人					595009109
(22)出願日	令和6年3月25日(2024. 3. 25)						S E Cカーボン株式会社 兵庫県尼崎市潮江一丁目2番6号 J R E 尼崎フロントビル6階
		(74)代理人					100104444 弁理士 上羽 秀敏
		(74)代理人					100174285 弁理士 小宮山 聡
		(72)発明者					秋田 涼 京都府福知山市長田野町3丁目2番地 S E Cカーボン株式会社 京都工場内
		(72)発明者					小山 泰弘 京都府福知山市長田野町3丁目2番地 S E Cカーボン株式会社 京都工場内
							最終頁に続く

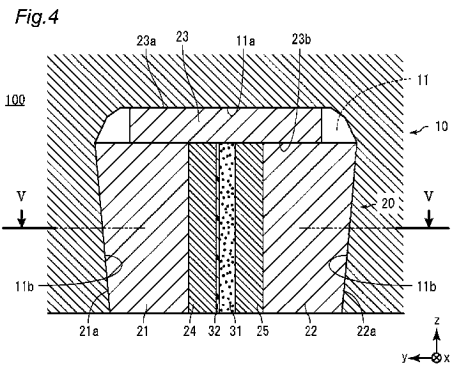
(54)【発明の名称】カソードアセンブリ

(57)【要約】

【課題】C V Dを抑制して、電解炉を安定的に操業することができるカソードアセンブリを提供する。

【解決手段】カソードアセンブリ100は、溝11が設けられた炭素製のカソードブロック10と、溝11に挿入されたコレクターバーユニット20と、充填材31と、を備える。コレクターバーユニット20は、コレクターバー21及び22と、上部プレート23と、導電部材24及び25を含む。コレクターバー21及び22並びに上部プレート23の各々は、鉄又は鉄合金で構成され、導電部材24及び25は銅又は銅合金で構成される。コレクターバー21及び22は、溝11の対応する側面11bと接しており、上部プレート23は、溝11の底面11a並びにコレクターバー21及び22と接している。充填材31は、コレクターバー21及び22並びに上部プレート23によって囲まれた空間に配置されている。

【選択図】図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アルミニウム製錬用の電解炉で使用されるカソードアセンブリであって、
溝が設けられた炭素製のカソードブロックと、
前記溝に挿入されたコレクターバーユニットと、
充填材と、を備え、
前記コレクターバーユニットは、
各々が前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記溝の幅方向に並んで配置された、二つのコレクターバーと、
前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記二つのコレクターバーの上部に配置された上部プレートと、
前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記二つのコレクターバー及び上部プレートの少なくとも一つに接触するように配置された導電部材と、を含み、
前記二つのコレクターバー及び前記上部プレートの各々は、鉄又は鉄合金で構成され、
前記導電部材は、銅又は銅合金で構成され、
前記二つのコレクターバーは、前記溝の対応する側面と接しており、
前記上部プレートは、前記溝の底面、及び前記二つのコレクターバーと接しており、
前記充填材は、前記二つのコレクターバー及び前記上部プレートによって囲まれた空間に配置されている、カソードアセンブリ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のカソードアセンブリであって、
前記コレクターバーユニットは、前記二つのコレクターバーの間隔を調整する間隔調整部材をさらに含む、カソードアセンブリ。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のカソードアセンブリであって、
前記充填材と前記導電部材との間、又は前記充填材と前記コレクターバーとの間に配置されたスペーサーをさらに備える、カソードアセンブリ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、カソードアセンブリに関する。

30

【背景技術】**【0002】**

アルミニウム製錬用の電解炉の陰極（カソード）には、炭素製のカソードブロックが使用される。カソードブロックは、シェルと呼ばれる鉄製の箱に設置され、電解炉の炉底を構成する。カソードブロックはまた、電解浴に電子を供給する役割を担っている。

【0003】

カソードブロックには、金属製のコレクターバーを介して電子が供給される。以下、本明細書では、カソードブロックにコレクターバーを接続した組立体を「カソードアセンブリ」と呼ぶ。

40

【0004】

国際公開第 2018/134754 号には、炭素質材料からなるカソード本体と、金属材料からなる少なくとも一つのカソードコレクターバーとを備えるカソードアセンブリが開示されている。このカソードコレクターバーは、二つのバーエレメントを備えている。二つのバーエレメントの各々は、カソード本体のスロットの側面と接触する主側面と、テーパ面とを備えている。二つのテーパ面は、二つのバーエレメント間で接触ラインを形成する。

【0005】

特表 2017-534770 号公報には、炭素カソード内に組み立てられたカソード集電体アセンブリが開示されている。このカソード集電体アセンブリは、炭素カソードの下

50

に配置される高導電性金属の集電バーを備える。この集電バーは、炭素カソードとの界面に、導電性のフレキシブルなフォイル又はシートを有する。

【 0 0 0 6 】

国際公開第 2 0 2 1 / 2 4 0 3 5 3 号には、少なくとも一つのスロットを備える炭素質の材料からなるカソード本体と、このスロットに部分的に収納されるコレクターバーシステムとを備えるカソードアセンブリが開示されている。コレクターバーシステムは、二つの個別バーと、個別バーに取り付けられ、コレクターバーシステムの外側面がスロットの内側壁と強固に接触するようにする維持手段とを備える。

【 0 0 0 7 】

中国特許出願公開第 1 1 6 3 9 7 2 7 6 号明細書には、長手方向に溝が設けられた表面を有するカーソードカーボンブロックと、この溝に配置されるカソード導電ロッドとを備える、アルミニウム電解炉用の銅製カソード導電ロッドアセンブリが開示されている。同公報には、導電ロッドが（銅製の）ロッド本体を収容するための保護カバーを含んでおり、保護カバーの両端に封止ペーストを配置することで、銅製の導電ロッドの腐食を防止できることが記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 1 8 / 1 3 4 7 5 4 号

【 特許文献 2 】 特表 2 0 1 7 - 5 3 4 7 7 0 号公報

【 特許文献 3 】 国際公開第 2 0 2 1 / 2 4 0 3 5 3 号

【 特許文献 4 】 中国特許出願公開第 1 1 6 3 9 7 2 7 6 号明細書

【 特許文献 5 】 国際公開第 2 0 2 3 / 1 1 9 8 0 2 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

カソードブロックとコレクターバーとの接続は一般的に、鉄を鋳込むことで行われる。具体的には、カソードブロックの底面に溝を形成してコレクターバーをはめ込み、その隙間に約 1 2 5 0 に加熱して溶かした鉄を流し込むことで行われる。この方法は、作業負荷が大きいことに加え、鉄を溶かすための加熱や、カソードブロック及びコレクターバーの予熱にエネルギーコストがかかる。また、予熱温度が高すぎるとカソードブロックが酸化するため、予熱温度は 3 0 0 ~ 4 0 0 までにしか上げることができず、溶かした鉄を流し込む際にヒートショックによってカソードブロックが割れるリスクがある。

【 0 0 1 0 】

本発明者らは以前、この問題を解決するためのカソードアセンブリを開発し、PCT / JP 2 0 2 2 / 0 3 8 1 3 6 号として特許出願を行った（国際公開第 2 0 2 3 / 1 1 9 8 0 2 号）。このカソードアセンブリは、溝が設けられたカソードブロックと、溝に挿入されたコレクターバーユニットとを備える。コレクターバーユニットは、溝の幅方向に並んで配置された二つのコレクターバーと、二つのコレクターバーの間隔を調整する間隔調整部材とを含む。この構成によれば、間隔調整部材によって二つのコレクターバーの間隔を調整することによって、コレクターバーとカソードブロックとの接触圧力を調整することができる。これによって、コレクターバーとカソードブロックとの隙間に溶かした鉄を流し込まなくても、コレクターバーとカソードブロックとの接触抵抗のバラツキを低減することができる。国際公開第 2 0 2 3 / 1 1 9 8 0 2 号には、コレクターバーユニットがコレクターバーよりも導電性の高い金属からなる導電部材を含むことや、二つのコレクターバーの間にアルミナセメント等の充填材を配置すること等も開示されている。

【 0 0 1 1 】

近年、アルミニウム製錬用の電解炉では、電力原単位や電流効率の改善を目的に、コレクターバーに銅を部分的に使用することが主流となりつつある。上述した先行開発に係るカソードアセンブリでは、特にコレクターバーの一部に銅を使用した場合に、以下のような

10

20

30

40

50

な問題があることが新たに明らかになった。

【 0 0 1 2 】

第 1 の問題は、電解浴成分がカソードブロックを浸透してコレクターバー近傍まで到達し、二つのコレクターバーの間に配置された充填材と反応して、充填材の強度を低下させる場合があることである。充填材の強度が低下すると、コレクターバーとカソードブロックとの間の接触圧力を十分に維持することができず、接触抵抗が高くなる場合がある。接触抵抗の上昇は、カソード電圧降下 (CVD) を大きくする原因となる。

【 0 0 1 3 】

第 2 の問題は、電解炉の熱バランスの歪によってカソード中央部が上側に盛り上がるカソードヒーピングと呼ばれる現象により、コレクターバーが応力を受けて歪む場合があり、コレクターバーが剪断するリスクがあることである。カソードヒーピングによるコレクターバーの歪みは、カソードブロックの端部から 100 mm 程度外側の位置で発生することが分かっている。

【 0 0 1 4 】

上述のとおり、近年、コレクターバーに銅を部分的に使用することが主流となりつつある。一方、銅は約 300 ～ 約 800 の温度域において中間温度脆化と呼ばれる脆化現象を起こし、粒界割れを起こすことが知られている。電解炉の操業中の浴温度が 960 程度である場合、カソードブロックの端部の温度は 850 程度となり、電解炉のシェルの温度は 250 程度となる。カソードブロックの端部 (約 850) とシェル (約 250) との間は、銅の脆化が著しい温度区間であり、銅にクラックが発生しやすい。

【 0 0 1 5 】

そのため、銅を使用したコレクターバーは、カソードヒーピングに対して非常に弱い。また、コレクターバーの一部に銅を使用した場合、残りの部分 (鉄製の部分) も断面積が小さくなるため、鉄製の部分の強度も低下する。銅製の部分と鉄製の部分との両方が剪断した場合、電流パスが欠損し、操業が不安定化する。

【 0 0 1 6 】

本発明の課題は、コレクターバーの一部に銅又は銅合金を使用した場合においても、CVD を抑制して、電解炉を安定的に操業することができるカソードアセンブリを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

本発明の一実施形態によるカソードアセンブリは、アルミニウム製錬用の電解炉で使用されるカソードアセンブリであって、溝が設けられた炭素製のカソードブロックと、前記溝に挿入されたコレクターバーユニットと、充填材と、を備え、前記コレクターバーユニットは、各々が前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記溝の幅方向に並んで配置された、二つのコレクターバーと、前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記二つのコレクターバーの上部に配置された上部プレートと、前記溝と同じ方向に延びた形状を有し、前記二つのコレクターバー及び上部プレートの少なくとも一つに接触するように配置された導電部材と、を含み、前記二つのコレクターバー及び前記上部プレートの各々は、鉄又は鉄合金で構成され、前記導電部材は、銅又は銅合金で構成され、前記二つのコレクターバーは、前記溝の対応する側面と接しており、前記上部プレートは、前記溝の底面、及び前記二つのコレクターバーと接しており、前記充填材は、前記二つのコレクターバー及び前記上部プレートによって囲まれた空間に配置されている。

【発明の効果】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、CVD を抑制して、電解炉を安定的に操業することができるカソードアセンブリが得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

【図 1】図 1 は、アルミニウム製錬用の電解炉の一例の全体の構成を模式的に示す断面図

10

20

30

40

50

である。

【図２】図２は、本発明の一実施形態によるカソードアセンブリの構成を模式的に示す斜視図である。

【図３】図３は、図２のカソードアセンブリを図２のⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠ線を通る面で切断した断面図（ yz 断面図）である。

【図４】図４は、一つのコレクターバーユニットの近傍（図３の領域Ａ）を拡大して示す断面図である。

【図５】図５は、図２のカソードアセンブリを図４のⅤ-Ⅴ線を通る面で切断した断面図（ xy 断面図）である。

【図６】図６は、間隔調整部材の具体例の一つの構成を模式的に示す図である。

【図７】図７は、間隔調整部材の具体例の他の一つの構成を模式的に示す図である。

【図８】図８は、カソードヒーピングを説明するための模式図である。

【図９】図９は、コレクターバーユニットの変形例の一つの構成を示す断面図である。

【図１０】図１０は、コレクターバーユニットの変形例の他の一つの構成を示す断面図である。

【図１１】図１１は、コレクターバーユニットの変形例のさらに他の一つの構成を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

以下、図面を参照し、本発明の実施の形態を詳しく説明する。図中同一又は相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。各図に示された構成部材間の寸法比は、必ずしも実際の寸法比を示すものではない。

【００２１】

[全体の構成]

図１は、アルミニウム製錬用の電解炉の一例である電解炉１の全体の構成を模式的に示す断面図である。

【００２２】

電解炉１は、本発明の一実施形態によるカソードアセンブリ１００を備えている。カソードアセンブリ１００は、図１の奥行き方向（ y 方向）に複数並べて配置されている。カソードアセンブリ１００の各々は、炭素製のカソードブロック１０と、コレクターバーユニット２０とを備えている。カソードブロック１０は、電解炉１の炉底を構成している。コレクターバーユニット２０は、詳しい構成は後述するが、金属製のコレクターバーを備えており、このコレクターバーによってカソードブロック１０と電氣的に接続されている。コレクターバーユニット２０は、端部が電解炉１の外側に引き出されている。

【００２３】

電解炉１は、カソードアセンブリ１００に加えて、アノード９１、シェル９２、ライニング９３等を備えている。電解炉１の内部には、酸化アルミニウムを含む電解浴９４が収容されている。コレクターバーユニット２０及びアノード９１は、図示しない電源装置に電氣的に接続されている。電源装置によって、カソードブロック１０とアノード９１との間に電圧が印加される。これによって電解浴９４中の酸化アルミニウムが還元され、アルミニウム９５が生成する。

【００２４】

[カソードアセンブリ１００の構成]

図２～図５を参照して、カソードアセンブリ１００の構成を説明する。図２は、カソードアセンブリ１００の構成を模式的に示す斜視図である。図３は、カソードアセンブリ１００を図２のⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠ線を通る面で切断した断面図（ yz 断面図）である。図４は、一つのコレクターバーユニット２０の近傍（図３の領域Ａ）を拡大して示す断面図である。図５は、カソードアセンブリ１００を図４のⅤ-Ⅴ線を通る面で切断した断面図（ xy 断面図）である。

【００２５】

10

20

30

40

50

カソードアセンブリ 100 は、既述のとおり、カソードブロック 10 と、コレクターバーユニット 20 とを備えている。カソードアセンブリ 100 はさらに、充填材 31 と、スペーサー 32 (図 4 及び図 5) を備えている。コレクターバーユニット 20 は、カソードブロック 10 に設けられた溝 11 に配置されている。

【0026】

図 2 等では、カソードブロック 10 に二つの溝 11 が設けられ、二つの溝 11 の各々にコレクターバーユニット 20 が配置された、いわゆる「ダブルスロット型」のカソードアセンブリを図示しているが、カソードアセンブリ 100 は、「シングルスロット型」のカソードアセンブリであってもよい。カソードアセンブリ 100 は、カソードブロック 10 と、少なくとも一つのコレクターバーユニット 20 とを備えていればよい。

10

【0027】

カソードブロック 10 は、炭素製である。「炭素製のカソードブロック」には、TiB₂ や TiC 等と炭素との複合材からなるカソードブロックも含まれる。カソードブロック 10 は、好ましくは黒鉛製である。カソードブロック 10 は、直方体形状であり、底部に溝 11 が設けられている。溝 11 は、カソードブロック 10 の底部に加えて、カソードブロック 10 の側面 (x 方向に垂直な面) においても開口している。

【0028】

溝 11 は、底面 11a 及び二つの側面 11b を有している (図 4 を参照。)。底面 11a は、水平面とほぼ平行な平面である。一方、二つの側面 11b は、鉛直方向から傾斜している。二つの側面 11b は、より具体的には、カソードブロック 10 の底面 (z 方向下側) に近づくほど互いの間隔が小さくなるように傾斜している。傾斜角度は、例えば 1 ~ 20° である。これによって、溝 11 は yz 断面 (溝 11 が延びる方向と垂直な断面) において、台形に近い形状を有している。この断面形状は、コレクターバーユニット 20 が溝 11 から脱落するのを抑制できるため、好ましい形状である。もっとも、溝 11 の断面形状は任意である。溝 11 の断面形状は例えば、矩形であってもよい。すなわち、溝 11 の二つの側面 11b は、水平面と垂直な面であってもよい。

20

【0029】

コレクターバーユニット 20 は、x 方向の端部が溝 11 の外側に突き出るように溝 11 内に配置されている (図 2 及び図 5 を参照。)。本明細書において、ある部材が「溝 11 内に配置されている」という場合、当該部材の少なくとも一部が溝 11 内に配置されていることを意味し、当該部材の他の一部が溝 11 の外側にはみ出している場合を含むものとする。

30

【0030】

コレクターバーユニット 20 は、二つのコレクターバー (コレクターバー 21 及びコレクターバー 22) と、上部プレート 23 と、導電部材 24 及び導電部材 25 (図 3 ~ 図 5) と、間隔調整部材 26 (図 5) とを含んでいる。

【0031】

コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の各々は、金属製であり、より具体的には鉄又は鉄合金で構成されている。コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の各々は、溝 11 と同じ方向 (x 方向) に延びた形状を有している。コレクターバー 21 とコレクターバー 22 とは、溝 11 内に、溝 11 の幅方向に並んで配置されている。溝 11 の幅方向とは、より具体的には、溝 11 が延びる方向 (x 方向) 及び鉛直方向 (z 方向) の両方に垂直な方向 (y 方向) である。

40

【0032】

コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の各々は、溝 11 の対応する側面 11b と接するように配置されている。すなわち、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 はそれぞれ、溝 11 の対応する側面 11b と接する面 21a 及び面 22a を有している。面 21a 及び面 22a は、対応する側面 11b にぴったりと沿った形状であることが好ましい。

【0033】

50

上部プレート 23 は、金属製であり、より具体的には鉄又は鉄合金で構成されている。上部プレート 23 は、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 と同様に、溝 11 と同じ方向（x 方向）に延びた形状を有している。

【0034】

上部プレート 23 は、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の上方に配置されている。上部プレート 23 は、より具体的には、溝 11 の底面 11a、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 に接するように配置されている。すなわち、上部プレート 23 は、溝 11 の底面 11a と接する面 23a、並びにコレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の上端面と接する面 23b を有している。面 23a は、溝 11 の底面 11a にぴったりと沿った形状であることが好ましく、面 23b は、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の上端面にぴったりと沿った形状であることが好ましい。

10

【0035】

コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 を構成する金属は、各々が鉄又は鉄合金であればよく、必ずしもすべて同じ種類の金属でなくてもよい。なお、「鉄合金」は、鉄の含有量が 50 質量%以上である金属を意味するものとする。コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 を構成する金属の鉄含有量は、好ましくは 70 質量%以上であり、より好ましくは 90 質量%以上である。

【0036】

導電部材 24 及び導電部材 25 の各々は、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 よりも導電性の高い金属で形成されており、より具体的には銅又は銅合金で形成されている。「銅合金」は、銅の含有量が 50 質量%以上である金属を意味するものとする。導電部材 24 及び導電部材 25 を構成する金属の銅含有量は、好ましくは 70 質量%以上であり、より好ましくは 90 質量%以上である。

20

【0037】

導電部材 24 及び導電部材 25 の各々は、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 と同様に、溝 11 と同じ方向（x 方向）に延びた形状を有している。

【0038】

本実施形態では、導電部材 24 及び導電部材 25 はそれぞれ、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 に接するように配置されている。より具体的には、導電部材 24 及び導電部材 25 はそれぞれ、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 の y 方向の内側に配置されている。導電部材 24 及び導電部材 25 はまた、上端面において、上部プレート 23 と接するように配置されている。なお後述するように、導電部材は、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の少なくとも一つと接するように配置されていればよい。

30

【0039】

コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の各々は、カソードブロック 10 の端部よりも外側に突き出ている（図 5 を参照。）。本実施形態では、導電部材 24 及び導電部材 25 もカソードブロック 10 の端部よりも外側に突き出ている。なお後述するように、導電部材の端部は、カソードブロック 10 の端部と同じ位置であってもよいし、カソードブロック 10 の端部よりも内側であってもよい。

40

【0040】

導電部材 24 及び導電部材 25 がカソードブロック 10 の端部よりも外側に突き出るようにした場合、コレクターバーユニット 20 全体の電気抵抗をより小さくすることができる。この場合の導電部材 24 及び導電部材 25 の端部とカソードブロック 10 の端部との間の距離 L（図 5）は、好ましくは 100 mm 以上であり、さらに好ましくは 300 mm 以上であり、さらに好ましくは 500 mm 以上である。コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の端部とカソードブロック 10 の端部との距離は、距離 L 以上である。すなわち、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の各々の端部は、導電部材 24 及び導電部材 25 の端部と同じ位置か、導電部材 24 及び導電部材 25 の端部よりもカソードブロック 10 の端部から遠い位置にある。

50

【 0 0 4 1 】

間隔調整部材 2 6 (図 5) は、カソードアセンブリ 1 0 0 を組み立てる際に、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔を調整するための部材である。コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔を調整することで、コレクターバー 2 1 の面 2 1 a と溝 1 1 の側面 1 1 b との接触圧力、及びコレクターバー 2 2 の面 2 2 a と溝 1 1 の側面 1 1 b との接触圧力を調整することができる。これによって、コレクターバー 2 1 及び 2 2 とカソードブロック 1 0 との接触抵抗を調整することができる。

【 0 0 4 2 】

間隔調整部材 2 6 は、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間に配置されている。間隔調整部材 2 6 は、溝 1 1 が延びる方向 (x 方向) に沿って、複数配置されていることが好ましい。

10

【 0 0 4 3 】

図 6 及び図 7 を参照して、間隔調整部材 2 6 のより具体的な構成の例を説明する。図 6 は、間隔調整部材 2 6 の具体例の一つである間隔調整部材 2 6 A の構成を模式的に示す図である。間隔調整部材 2 6 A は、一方の端部にねじ部 2 6 a を有し、他方の端部にねじ部 2 6 b を有している。導電部材 2 4 には、ねじ部 2 6 a と締結されるねじ穴 2 4 a が形成され、導電部材 2 5 には、ねじ部 2 6 b と締結されるねじ穴 2 5 a が形成されている。

【 0 0 4 4 】

この構成によれば、ねじ部 2 6 a とねじ穴 2 4 a との締結度合、及び、ねじ部 2 6 b とねじ穴 2 5 a との締結度合を変えることで、導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間隔を調整することができる。導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間隔を調整することで、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔を調整することができる。

20

【 0 0 4 5 】

間隔調整部材 2 6 A では、ねじ部 2 6 a 及びねじ部 2 6 b として、互いに逆方向のねじが形成されている。すなわち、ねじ部 2 6 a が右ねじの場合、ねじ部 2 6 b は左ねじである。ねじ部 2 6 a が左ねじの場合、ねじ部 2 6 b は右ねじである。この構成によれば、間隔調整部材 2 6 を一方向に回転させたとき、ねじ部 2 6 a 及びねじ部 2 6 b が共に締まる (あるいは共に緩む) 方向に移動させることができる。これによって、導電部材 2 4 と導電部材 2 5 とを均等に移動させることができ、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 とを均等に移動させることができる。

30

【 0 0 4 6 】

図 7 は、間隔調整部材 2 6 の別の具体例である間隔調整部材 2 6 B の構成を模式的に示す図である。間隔調整部材 2 6 B は、一方の端部にねじ部 2 6 a を有している。導電部材 2 4 には、ねじ部 2 6 a と締結されるねじ穴 2 4 a が形成されている。

【 0 0 4 7 】

間隔調整部材 2 6 A (図 6) では、両方の端部にねじ部が形成されているが、間隔調整部材 2 6 B (図 7) では、一方の端部にのみねじ部 2 6 a が形成されている。間隔調整部材 2 6 B では、ねじ部 2 6 a を導電部材 2 4 のねじ穴 2 4 a に締結し、ねじ部 2 6 a が形成されていない側の端部を導電部材 2 5 に当接させることによって、導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間隔を調整する。

40

【 0 0 4 8 】

上述した間隔調整部材 2 6 A や間隔調整部材 2 6 B の構成はあくまでも例示であり、間隔調整部材 2 6 の構成はこれらに限定されない。間隔調整部材 2 6 は、二つのコレクターバー (コレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2) の間隔を調整できるものであればよい。なお、上述した間隔調整部材 2 6 A や間隔調整部材 2 6 B が直接的に調整するのは導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間隔であるが、間接的にコレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2 との間隔も調整することができる。本明細書において、「二つのコレクターバーの間隔を調整する」という場合、上記のような、二つのコレクターバーの間隔を間接的に調整する態様を含むものとする。

【 0 0 4 9 】

50

間隔調整部材 2 6 は、間隔調整部材 2 6 A や間隔調整部材 2 6 B のように、ねじによって二つのコレクターバーの間隔を調整する機構を含むことが好ましい。ねじによる機構を含むことによって、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔をより精密に調整することができ、これによって、コレクターバー 2 1 の面 2 1 a と溝 1 1 の側面 1 1 b との接触圧力、及びコレクターバー 2 2 の面 2 2 a と溝 1 1 の側面 1 1 b との接触圧力をより精密に制御することができる。もっとも、間隔調整部材 2 6 は、ねじ以外の機構によってコレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔を調整するものであってもよい。間隔調整部材 2 6 は例えば、楔であってもよい。

【 0 0 5 0 】

再び図 2 ～図 5 を参照して、カソードアセンブリ 1 0 0 の構成の説明を続ける。充填材 3 1 は、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 で囲まれた空間に配置されている（図 3 及び図 4 を参照。）。充填材 3 1 は例えば、アルミナセメント等のセメント、ラミングペースト、セラミックス、スチールショット、コークス粒等である。充填材 3 1 は、導電性を有していても有していなくてもよい。

10

【 0 0 5 1 】

本実施形態では、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間に導電部材 2 4 及び導電部材 2 5 が配置されている。また後述するように、導電部材 2 4 と充填材 3 1 との間には、スペーサー 3 2 が配置されている。そのため、充填材 3 1 は直接的には、スペーサー 3 2、導電部材 2 5 及び上部プレート 2 3 で囲まれた空間に配置されている。本明細書において、「コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 で囲まれた空間に配置されている」という場合、上記のような、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 に間接的に囲まれた空間に配置されている態様を含むものとする。

20

【 0 0 5 2 】

充填材 3 1 は例えば、間隔調整部材 2 6 によって導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間隔を調整した後、導電部材 2 4 と導電部材 2 5 との間に充填材 3 1 を構成する材料（セメント、ラミングペースト、セラミックス、スチールショット、コークス粒等）を流し込むことによって形成することができる。

【 0 0 5 3 】

スペーサー 3 2（図 4 及び図 5）は、導電部材 2 4 と充填材 3 1 との間に配置されている。スペーサー 3 2 は、これに代えて、導電部材 2 5 と充填材 3 1 との間に配置されていてもよいし、導電部材 2 4 と充填材 3 1 との間及び導電部材 2 4 と充填材 3 1 との間の両方に配置されていてもよい。また、充填材 3 1 とコレクターバー（コレクターバー 2 1 又はコレクターバー 2 2）とが隣接している場合（例えば図 1 0 を参照。）には、スペーサー 3 2 は、充填材 3 1 とコレクターバーとの間に配置されていてもよい。

30

【 0 0 5 4 】

スペーサー 3 2 は、例えば、熱可塑性樹脂又は融点が 7 0 0 以下の金属若しくは合金である。融点が 7 0 0 以下の金属は例えば、アルミニウムである。スペーサー 3 2 は、好ましくはシート形状である。スペーサー 3 2 は、導電性を有していても有していなくてもよい。スペーサー 3 2 は、好ましくは熱可塑性樹脂である。

40

【 0 0 5 5 】

カソードアセンブリ 1 0 0 は、操業時に高温（例えば 9 6 0 ）に加熱される。コレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2 の熱膨張によって、間隔調整部材 2 6 が変形する場合がある。充填材 3 1 を配置しておくことで、コレクターバー 2 1 とコレクターバー 2 2 との間隔を維持して、高温時の接触圧力を維持することができる。また、スペーサー 3 2 を配置しておくことで、コレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2 の熱膨張による過剰な応力を緩和し、カソードブロック 1 0 の破損を抑制することができる。また、昇温時にスペーサー 3 2 が軟化することで、昇温中の接触圧力の変化を緩やかにすることができる。

【 0 0 5 6 】

50

〔カソードアセンブリ 100 の効果〕

アルミニウム製錬用の電解炉 1 (図 1) では、電解浴 94 がカソードブロック 10 を浸透し、コレクターバーユニット 20 の近傍まで到達する場合がある。このとき、充填材 31 (図 3 等) が露出していると、充填材 31 と電解浴 94 とが反応し、充填材 31 の強度が低下する場合がある。上述のとおり、充填材 31 は、コレクターバー 21 とコレクターバー 22 との間隔の維持に寄与している。充填材 31 の強度が低下すると、コレクターバー 21 とコレクターバー 22 との間隔を維持できなくなり、これによって、コレクターバー 21 及びコレクターバー 22 とカソードブロック 10 との接触圧力を十分に維持できなくなる場合がある。これによって、CVD が大きくなる場合がある。

【0057】

本実施形態によるカソードアセンブリ 100 の構成によれば、充填材 31 は、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 で囲まれた空間に配置されている。そのため、電解浴 94 がカソードブロック 10 を浸透した場合であっても、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 によって電解浴 94 が充填材 31 まで浸透することを阻むことができ、充填材 31 と電解浴 94 とが反応するのを抑制することができる。

【0058】

本実施形態では、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の各々は、鉄又は鉄合金で構成されている。近年、アルミニウム製錬用の電解炉では、電力原単位や電流効率の改善を目的に、コレクターバーに銅を部分的に使用することが主流となりつつある。一方、銅は約 300 ～ 約 800 の温度域において中間温度脆化と呼ばれる脆化現象を起こし、粒界割れを起こすことが知られている。アルミニウム製錬用の電解炉の操業温度は通常 960 程度であるが、炉の立ち上げ時 (960 までの昇温時) や停電時の一時的な温度低下によって、800 以下の温度域を通過する場合があり、中間温度脆化によって銅の部分にクラックが発生する可能性がある。

【0059】

そのため、充填材 31 とカソードブロック 10 との間に銅製の部材しか存在しない領域が存在すると、その部分に形成されたクラックから電解浴 94 が浸入し、充填材 31 と電解浴 94 とが反応する可能性がある。本実施形態では、充填材 31 は、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 で囲まれた空間に配置され、コレクターバー 21、コレクターバー 22 及び上部プレート 23 の各々は、鉄又は鉄合金で構成されている。換言すれば、充填材 31 とカソードブロック 10 との間に銅製の部材しか存在しない領域が存在しない。この構成によれば、充填材 31 と電解浴 94 とが反応するのをより確実に抑制することができる。

【0060】

また、アルミニウム製錬用の電解炉では、電解炉の熱バランスの歪によってカソード中央部が上側に盛り上がるカソードヒーピングと呼ばれる現象により、コレクターバーが応力を受けて歪む場合があり、コレクターバーが剪断するリスクがある (図 8 を参照。)。カソードヒーピングによるコレクターバーの歪みは、カソードブロックの端部から 100 mm 程度外側の位置 (図 8 の二点鎖線で囲った領域 B) で発生することが分かっている。

【0061】

電解炉の操業中の浴温度が 960 程度である場合、カソードブロックの端部の温度は 850 程度となり、電解炉のシェルの温度は 250 程度となる。カソードブロックの端部 (約 850) とシェル (約 250) との間は、銅の脆化が著しい温度区間であり、銅にクラックが発生しやすい。そのため、銅を使用したコレクターバーは、カソードヒーピングに対して非常に弱い。また、コレクターバーの一部に銅を使用した場合、残りの部分 (鉄製の部分) も断面積が小さくなるため、鉄製の部分の強度も低下する。銅製の部分と鉄製の部分との両方が剪断した場合、導電パスが欠損し、操業が不安定化する。

【0062】

本実施形態では、コレクターバーユニット 20 は、溝 11 の幅方向に並んで配置された

10

20

30

40

50

二つのコレクターバー（コレクターバー 2 1 及び 2 2）と、その上に配置された上部プレート 2 3 とを含んでいる。コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 の各々は、鉄又は鉄合金で構成されている。

【 0 0 6 3 】

この構成によれば、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 が断面凹型の構造（チャンネル構造）を形成することによって、断面二次モーメントが大きくなり、鉄又は鉄合金からなる部分の強度を大きくすることができる。これによって、銅又は銅合金からなる部分（導電部材 2 4 及び導電部材 2 5）が剪断した場合であっても、鉄又は鉄合金からなる部分（コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3）によって導電パスを維持できる可能性を高めることができる。

10

【 0 0 6 4 】

以上、本発明の一実施形態によるカソードアセンブリ 1 0 0 の構成を説明した。本実施形態によれば、C V D を抑制して、電解炉を安定的に操業することができる。

【 0 0 6 5 】

〔コレクターバーユニット 2 0 の変形例〕

上記の実施形態では、二つの導電部材（導電部材 2 4 及び導電部材 2 5）が、二つのコレクターバー（コレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2）の y 方向の内側に配置されている場合を説明した（図 4 等を参照。）。この構成は一例であり、導電部材を配置する箇所はこれに限定されない。導電部材は、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 の少なくとも一つと接するように配置されていればよい。

20

【 0 0 6 6 】

図 9 は、コレクターバーユニット 2 0 の変形例の一つであるコレクターバーユニット 2 0 A の構成を示す断面図である。コレクターバーユニット 2 0 A は、コレクターバーユニット 2 0（図 4）の導電部材 2 4 及び導電部材 2 5 に代えて、導電部材 2 4 A を備えている。コレクターバーユニット 2 0（図 4）では、二つのコレクターバーの y 方向の内側に導電部材が配置されているが、コレクターバーユニット 2 0 A では、二つのコレクターバーの一方側（コレクターバー 2 1 側）だけに導電部材（導電部材 2 4 A）が配置されている。

【 0 0 6 7 】

図 1 0 は、コレクターバーユニット 2 0 の変形例の他の一つであるコレクターバーユニット 2 0 B の構成を示す断面図である。コレクターバーユニット 2 0 B は、コレクターバーユニット 2 0（図 4）の導電部材 2 4 及び導電部材 2 5 に代えて、導電部材 2 4 B 及び導電部材 2 5 B を備えている。導電部材 2 4 B 及び導電部材 2 5 B はそれぞれ、コレクターバー 2 1 及びコレクターバー 2 2 の内部に埋め込まれている。

30

【 0 0 6 8 】

これらの変形例においても、充填材 3 1 は、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 で囲まれた空間に配置され、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 の各々は、鉄又は鉄合金で構成されている。また、コレクターバー 2 1、コレクターバー 2 2 及び上部プレート 2 3 が断面凹型の構造（チャンネル構造）を形成している。そのため、これらの変形例においても、コレクターバーユニット 2 0 と同様の効果が得られる。

40

【 0 0 6 9 】

また上記の実施形態（コレクターバーユニット 2 0）では、導電部材 2 4 及び導電部材 2 5 がカソードブロック 1 0 の端部よりも外側に突き出ている場合を説明した（図 5 を参照。）。この構成は一例であり、導電部材の端部は、カソードブロック 1 0 の端部と同じ位置であってもよいし、カソードブロック 1 0 の端部よりも内側であってもよい。

【 0 0 7 0 】

図 1 1 は、コレクターバーユニット 2 0 の変形例のさらに他の一つであるコレクターバーユニット 2 0 C の構成を示す断面図である。コレクターバーユニット 2 0 C は、コレクターバーユニット 2 0（図 5）の導電部材 2 4 及び導電部材 2 5 に代えて、導電部材 2 4

50

C及び導電部材25Cを備えている。コレクターバーユニット20Cはさらに、鉄又は鉄合金で構成された部材27及び部材28を備えている。部材27及び部材28の各々は、溝11と同じ方向(x方向)に延びた形状を有している。部材27及び部材28はそれぞれ、導電部材24C及び導電部材25Cの端部に接して配置されている。コレクターバーユニット20Cは、換言すれば、コレクターバーユニット20(図5)の導電部材24及び導電部材25の一部を鉄又は鉄合金で置き換えた構成を有している。

【0071】

コレクターバーユニット20(図5)では、導電部材24及び導電部材25がカソードブロック10の端部よりも外側に突き出ているのに対し、コレクターバーユニット20Cでは、導電部材24C及び導電部材25Cの端部がカソードブロック10の端部よりもカ
10
ソードブロック10の内側にある。導電部材24C及び導電部材25Cの端部をカソードブロック10の端部よりもカソードブロック10の内側にした場合、導電部材24C及び導電部材25Cからの放熱を小さくできる、導電部材24C及び導電部材25Cが中間温度領域に置かれるのを避けることができる、といった効果が得られる。この場合の導電部材24C及び導電部材25Cの端部とカソードブロック10の端部との距離D(図11)の下限は、好ましくは0mmであり、さらに好ましくは200mmである。この場合の導電部材24C及び導電部材25Cの端部とカソードブロック10の端部との距離Dの上限は、好ましくは600mmであり、さらに好ましくは400mmである。

【0072】

以上、本発明についての実施形態を説明したが、本発明は上述の実施形態のみに限定さ
20
れず、発明の範囲内で種々の変更が可能である。

【符号の説明】

【0073】

- 1 電解炉
- 100 カソードアセンブリ
- 10 カソードブロック
- 11 溝
- 20、20A、20B、20C コレクターバーユニット
- 21、22 コレクターバー
- 23 上部プレート
- 24、25、24A、24B、25B、24C、25C 導電部材
- 26、26A、26B 間隔調整部材
- 27、28 部材
- 31 充填材
- 32 スペーサー
- 91 アノード
- 92 シェル
- 93 ライニング
- 94 電解浴
- 95 アルミニウム

10

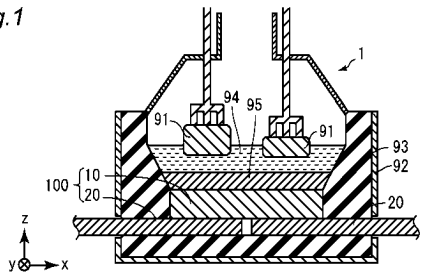
20

30

40

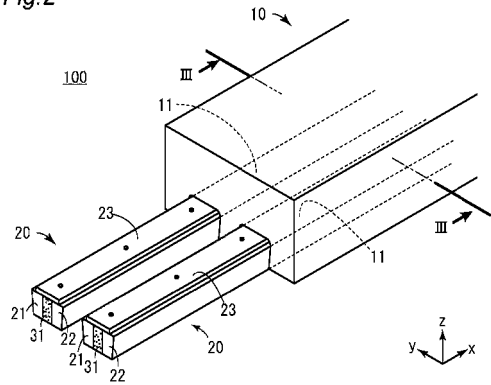
【図 1】

Fig.1



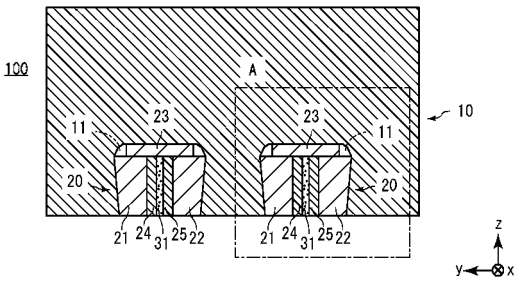
【図 2】

Fig.2



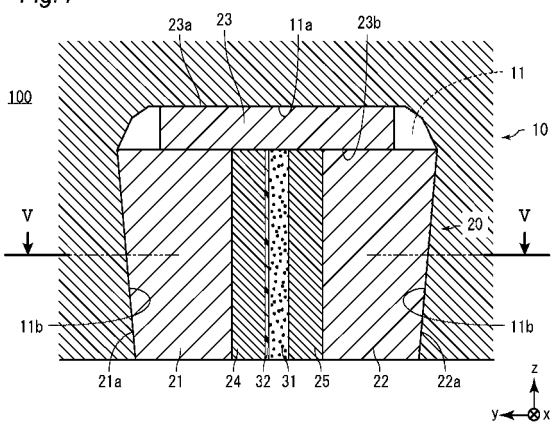
【図 3】

Fig.3



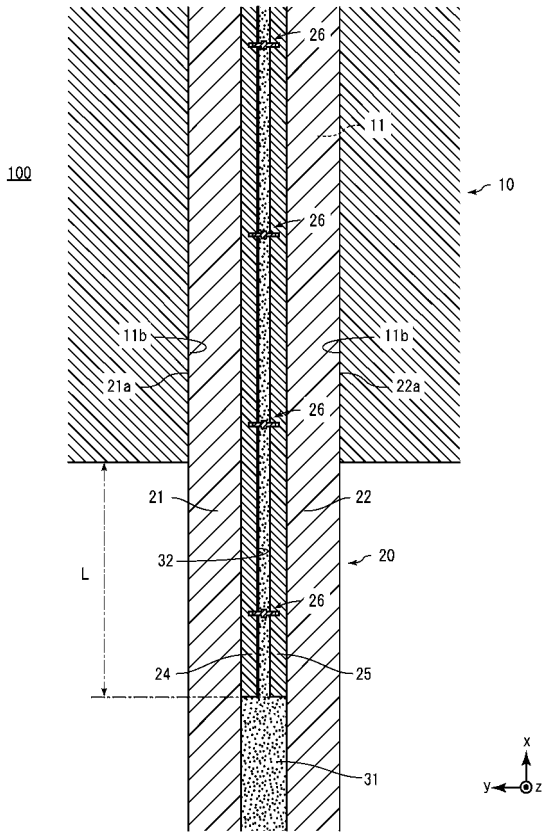
【図 4】

Fig.4



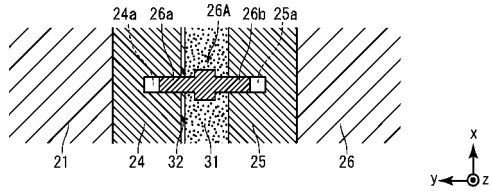
【図 5】

Fig.5



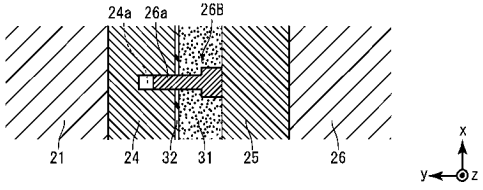
【図 6】

Fig.6



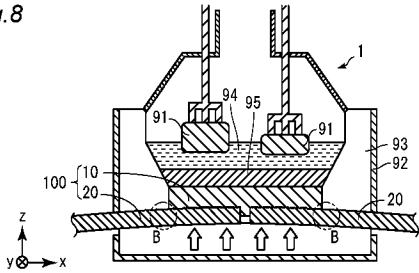
【図 7】

Fig.7



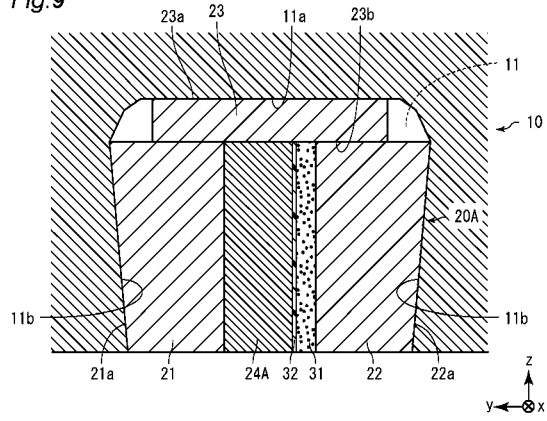
【図 8】

Fig.8



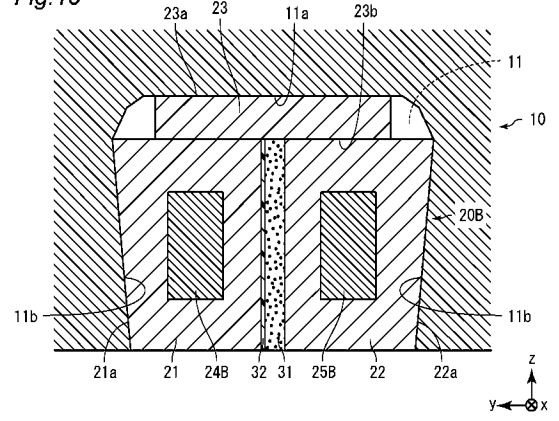
【図 9】

Fig.9



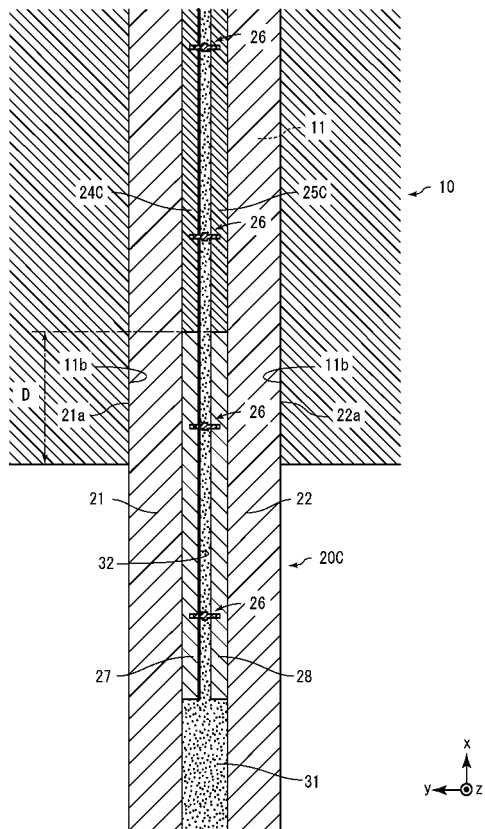
【図 10】

Fig.10



【図 11】

Fig.11



フロントページの続き

(72)発明者 津田 拓也

京都府福知山市長田野町3丁目2番地 S E Cカーボン株式会社 京都工場内

(72)発明者 折河 潤也

京都府福知山市長田野町3丁目2番地 S E Cカーボン株式会社 京都工場内

Fターム(参考) 4K058 BA08 BB09 EB01 GB11 GB37 GC07