(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3850547号

(P3850547)

(45)発行日　平成18年11月29日(2006.11.29)　(24)登録日　平成18年9月8日(2006.9.8)

(51)Int.Cl.		F I		
F27B 14/14	(2006.01)	F27B	14/14	
F27B 14/04	(2006.01)	F27B	14/04	
F27D 11/06	(2006.01)	F27D	11/06	A
H05B 6/02	(2006.01)	H05B	6/02	Z

請求項の数 4　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願平10-75031
(22)出願日　平成10年3月10日(1998.3.10)
(65)公開番号　特開平11-257867
(43)公開日　平成11年9月24日(1999.9.24)
審査請求日　平成14年4月26日(2002.4.26)

(73)特許権者　594208536
安彦　兼次
宮城県仙台市泉区高森６丁目２７番９号
(73)特許権者　596043379
アルバック・ファイ株式会社
神奈川県茅ヶ崎市円蔵３７０
(73)特許権者　000002059
神鋼電機株式会社
東京都港区芝大門一丁目１番３０号
(74)代理人　100075797
弁理士　斎藤　春弥
(74)代理人　100080506
弁理士　藤本　礒
(72)発明者　安彦　兼次
宮城県仙台市泉区高森６丁目２７番地の９
最終頁に続く

(54)【発明の名称】真空炉における給電方式

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

真空槽内のルツボ（３７）中に装入された被溶解金属または合金を加熱して溶解するため、前記ルツボ（３７）の外周に配置された誘導加熱コイル（２１）に外部電源からの高周波など交流電流を給電するための給電方式として、

半径方向内方から内管、中管、外管の順にそれぞれ所定の間隔の空隙（２５）と（２６）を有して同軸に配置され、銅または鋼管製で導体としての内管（２２）および中管（２３）と、外管（２４）とを有し、前記内管（２２）と中管（２３）とは両端側で絶縁キャップ（２７、２８）を介して電気的に絶縁され、前記内管（２２）と中管（２３）との間の空隙（２５）が封止されている水冷ケーブル（１９）と、

相互に絶縁された第１電極（２９）と第２電極（３０）と、これらの電極にそれぞれ接続された導電性部材内に形成された通水路（３１、３２）とを備えた電極組立体（２０）と、

を含んで成り、

前記水冷ケーブル（１９）は、外套の外周側に絶縁して取り付けたケーブルフランジ（３５）が真空槽のノズル（３３）のフランジ（３４）に気密手段を介して真空槽に固定され、

前記内管（２２）と中管（２３）とは、それぞれ通水路（３１、３２）に、前記第１電極（２９）と第２電極（３０）とは、それぞれ前記誘導加熱コイル（２１）の両端に接続され、外部電源からの交流電力が前記誘導加熱コイル（２１）に給電されることを特徴とす

る真空炉における給電方式。
【請求項２】
前記内管（２２）の中空部（３６）と前記空隙（２６）とには軸方向に向流され前記誘導加熱コイル（２１）内を経由する冷却水が通水されて、前記空隙（２５）には空気が封入され、前記内管（２２）と中管（２３）とが絶縁されていることを特徴とする請求項１記載の真空炉における給電方式。
【請求項３】
前記外管（２４）がステンレス鋼製で、少なくともその外周面が電解研磨処理などの放出ガスを少なくする表面処理が施工されていることを特徴とする請求項１記載の真空炉における給電方式。
【請求項４】
前記真空槽内の圧力を10^{-7}Ｔｏｒｒ未満に保持可能であることを特徴とする請求項１記載の真空炉における給電方式。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、真空誘導溶解炉やコールドクルシブル溶解炉（コールドウォール溶解炉とも呼ぶ）など誘導加熱装置の交流電力給電方式に関し、さらに詳しくは真空槽または雰囲気槽中で電磁誘導加熱するための誘導加熱コイルに高周波、中周波などの交流電力を給電するための改良された給電方式の改良に関する。
【０００２】
【従来の技術】
交流電流による電磁誘導加熱により金属または合金などを溶解する装置の代表例として、真空誘導溶解炉について従来の技術を説明する。
真空誘導溶解炉では、外気に対して気密にされた真空槽内に、銅管などの金属導体を螺旋状に巻回した誘導加熱コイルと、この誘導加熱コイルの内側に被溶解金属を収容する底付円筒形などのルツボを配置し、誘導加熱コイル内の中空部には冷却水を通水している。
誘導加熱コイルに高周波電流などの交流電流を通電すると交番磁界が生じ、特に磁束密度が大きいルツボの内側に装入された被溶解金属は誘導電流（渦電流）により発熱して溶解される。
真空槽の外部に配置された電源から真空槽内の誘導加熱コイルに交流電力を供給する給電手段としては種々の方法が採用されているが、特に真空槽内では導体や絶縁（被覆）材自体も温度が上昇しやすいため、一般には冷却水通路を備えた水冷ケーブルが使用されている。
以下に給電手段としての各種方式を説明する。
【０００３】
（１）水冷ケーブル方式
図３は、ゴム管１を使用した水冷ケーブル３の真空槽（図示を省略）への引き込み構造を示すもので、同図（Ａ）は水冷ケーブル３の軸線に沿って切断した正面断面図であり、同図（Ｂ）は同図（Ａ）のＡ－Ａ矢視側断面図である。
これらの図で、１はゴム管、２は銅製などの導体棒、３は水冷ケーブル、４、５は外形が円板状で、それぞれ貫通穴４ａ、５ａを有する絶縁フランジ、６は開口部が円形である真空槽のフランジ、６ａはＯリング、６ｂ、６ｃはそれぞれ絶縁フランジ４、５を真空槽のフランジ６に固定するボルトとナットであり、７は略中空円錐台形で前記水冷ケーブル３を貫入したゴムフランジである。
水冷ケーブル３の導体棒２とゴム管１との間の空間には冷却水が通水され、図示しない真空槽内の誘導加熱コイルの両端に継手を介して電気的に且つ通水路を兼ねて接続されている。
この方式では、水冷ケーブル３の外周側にゴム管１を配して絶縁性を確保し、且つボルト６ｂとナット６ｃとにより締め付けてゴムフランジ７とＯリング６ａの弾性力により真空

槽内の気密を保持している。
【０００４】
（２）銅管平行配置方式
図４は、銅製の導体管８とした水冷ケーブル９の真空槽（図示を省略）内への引き込み構造を示す断面図である。
同図において、８は電力を供給する銅製の導体管、９は水冷ケーブル、１０、１１は絶縁フランジ、１２は銅フランジ、１２ａはＯリングで、６、６ａ、６ｂおよび６ｃは、図３と同様にそれぞれフランジ、Ｏリング、ボルトおよびナットである。
２本の導体管８の内側には冷却水が通水される水冷ケーブル９とされ、図示しない真空槽内の誘導加熱コイルの両端に継手を介して電気的に且つ通水路を兼ねて接続されている。
この方式では、絶縁フランジ１０、１１により２本の水冷ケーブル９間および真空槽と電気的に絶縁され、且つボルト６ｂとナット６ｃとを締め付けてＯリング６ａ、１２ａの弾性力により真空槽内の気密を保持している。
【０００５】
（３）同心２重管方式
図５は、２本の導体管１３、１４が同心に２重に配置された水冷ケーブル１５の要部を軸線に沿って切断した断面図である。
導体管１３、１４は、銅管製でそれぞれ直径が異なる管として形成され、同心に配置されている。外側の導体管１４の一方（図で右側）の端部は絶縁キャップ１６により封止され内側の導体管１３と絶縁されている。
導体管１４の一方（右側）の端部近くには、銅製の枝管１４ａがロウ付けなどの手段により分岐して接続されて導体管１４の一部として構成され、導体管１３、１４のそれぞれ内径側には軸方向に向流し誘導加熱コイルを経由して往復する冷却水が通水されている。
真空槽内に配置される水冷ケーブル１５の図示しない他方（左側）の端部も、上記と同様に構成され、導体管１３、１４は、それぞれ誘導加熱コイルの両端に電気的に且つ通水路を兼ねて接続されている。
この方式の水冷ケーブル１５の真空槽内への引き込み構造は、図示を省略するが、図３（Ａ）または図４と同じ方法を利用でき、同軸に構成されているため水冷ケーブルが１本である点だけが異なる。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】
ところが、上記の各方式による給電方式にはそれぞれ次に示すような欠点が生じている。
（１）水冷ケーブル方式
水冷ケーブルは外周側にゴム管を配置しているため、可とう性と絶縁性とを有しているが、真空槽内で高温および真空雰囲気に曝されるとゴムの内部からガスを放出する傾向が大きい。
このため、放出ガス量を10^{-3}Ｐａ・m^3／ｓ・m^2より低く保つことが困難である（「真空ハンドブック」による）。
また有機化合物である絶縁フランジを使用した場合、同様に放出ガス量は10^{-4}Ｐａ・m^3／ｓ・m^2（ほぼ10^{-7}Ｔｏｒｒ）程度までにしか低くできない（同書による）。
上記のそれぞれの部材が、ともにガスを放出するため、真空槽内の真空度はさらに低下し、被溶解材料または溶湯をガスが汚染して高純度の金属や合金の溶解ができなくなっている。
【０００７】
（２）銅管平行配置方式
一対の水冷ケーブル９（図４参照）が、それぞれの周囲に発生する漏れ磁束は水冷ケーブル中を流れる電流の方向が逆であるため、水冷ケーブルを近接すれば漏れ磁束の量を小さくできるが、近接寸法に限度がある上、原理的に漏れ磁束による電流損失を全くなくすことはできない。
例えば、銅管平行配置方式（図４）の場合、銅管外径φ３１．８、銅管中心軸間隔７０ｍ

ｍおよび銅管平行部の長さを０．８ｍ（真空側０．５６７ｍ、大気側０．２３３ｍ）とし、また導通電流を３０００Ａ、１０ｋＨｚとして抵抗損失を計算すると約４ｋＷとなる（抵抗０．４５ｍΩ）。
一方、平行配置の銅管のインダクタンスはＬ＝０．４７μＨで同じく導通電流を３０００Ａとすると、銅管周囲に生ずる磁束は１．４１ｍＷｂとなる。
後述する本発明のケーブルで使用すると考えられる大きさのステンレス製ノズルより真空槽内と大気側間を出入するものとして電力損失を算出する（ノズル内径φ２０３．３、長さ１７５ｍｍ）。
ケーブルより発生している磁束がノズル内表面におよぼす磁束密度は、最大８００ガウス（０．０８テスラ）、１０ｋＨｚの交番磁束となるため誘導加熱される電力損失はノズル全体で３７ｋＷにもなる。そこで銅管平行配置方式をこのまま適用すると合計４０ｋＷ以上もの損失となってしまう。
実用的には、前記ノズルを大口径のものとして使用せざるを得ないので大口径ノズルの製作コストの増大、および絶縁板の面積の増大に伴う放出ガス量の増大という欠点がある。
また、２本の銅管の外表面が真空槽内で露出しているため、後述するようにこれらの表面からのガス放出量が大きく真空槽内の真空度を低下（悪く）させる要因になり、高品質の製品が得られない。

【０００８】

（３）同心２重管方式

図５の構成で導体管１３、１４間に電圧を負荷すると、電流の方向が相互に逆であるため漏れ磁束は互いに相殺されて誘導電流損失はなくなるが、冷却水を介して電気的に接続されているため、冷却水の電気抵抗による電力損失が発生する。この電力損失量Ｐは、図６に示す単純化した同心２重管の模式図の構成により、理論的に次の式（１）～（３）により得られる。
なお、図６の１７と１８はそれぞれ管状の導体で、それらの間には冷却水が充填されている。

$(S_1+S_2)/2=S$ （１）

$R=\rho(M/S)$ （２）

$P=V^2/R$ （３）

S_1：導体管１８に対向する導体１７の内表面積（mm^2）
S_2：導体管１７に対向する導体１８の外表面積（mm^2）
Ｒ ：導体管１７、１８間の電気抵抗値（Ω）
ρ ：冷却水の比（電気）抵抗（$\Omega mm^2/m$）
Ｍ ：導体管１７、１８の間隔（ｍ）
Ｐ ：電力損失量（ｋＷ）
Ｖ ：導体管１７、１８間の電圧（Ｖ）
このように、導体管１７、１８の形状と水の比抵抗値に依存する量の電力損失が生じ、溶解のために使用する電力量が低減されて溶解効率が低下する。
上記のような従来技術における真空度の低下要因および電力損失をなくし、高真空度雰囲気において高い電力効率で高純度の製品を溶解できる給電方式を提供することを本発明の課題とした。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明の真空炉における給電方式は、水冷ケーブルと電極組立体と絶縁キャップと固定部などから構成される。
水冷ケーブルは、共に銅管製で導体としての内管と中管と、ステンレス鋼管製の外管とを、半径方向内方から内管、中管、外管の順に同軸に且つ相互に半径方向に所定の間隔の空隙を有して同軸に配置したものである。
上記の内管と中管とは、両端側で絶縁キャップを介して電気的に絶縁され、内管の中空部および中管と外管との間の空隙には、軸方向に向流し往復する冷却水を通水し、絶縁キャ

ップで両端を封止された内管と中管との間の空隙には空気が封入されている。
電極組立体には誘導加熱コイルの両端に電気的に且つ通水路として接続される第１電極と第２電極とを相互に絶縁して備え、第１電極と第２電極にはそれぞれ外周側が導電性材料にされた通水路が接続されている。
前記の内管と中管とは、それぞれ誘導加熱コイルの両端に、通水路と第１電極または通水路と第２電極を介し、電気的に且つ通水路を兼ねて接続されている。
水冷ケーブルは、固定部としての真空槽のフランジとケーブルフランジを介して真空槽内を気密に保持し、且つ真空槽とは電気的に絶縁されて固定される。
さらに、真空槽内の雰囲気に曝される水冷ケーブルの外管として、少なくとも外周面が電解研磨処理など超高真空に対応する処理が施されたステンレス鋼管を使用することができる。
本発明の真空炉の給電方式は、上記の構成により従来の技術による給電方式で生じていた課題を解決することができる。

【００１０】

上記のように、２つの導体である内管と中管とを同軸に配置し、且つ相互間に空気を配置し、また、これらの外周側にステンレス鋼製の外管を配置したことにより次に示すような各種の改善が達成された。
１）２つの導体管からの漏れ磁束が相殺され誘導電流損失が生じない。
２）２つの導体管の間が空気により絶縁され冷却水の電気抵抗による電力損失が生じ　ない。
３）外周側のステンレス鋼は真空および高温雰囲気中での発生ガス量が少ないため、真空槽内の真空度を高くすることができる。
４）ステンレス鋼は銅より強度が大きいため水冷ケーブルの使用中の変形などが生じにくい。

【００１１】

【発明の実施の形態】

本発明の一実施の形態を図１と図２を参照して要部のみについて説明する。
図１は、本発明の真空炉における給電方式を示す部分断面正面図であり、図２は図１のＡ部の誘導加熱コイル２１内にルツボ３７を配置した側断面図である。
本発明の真空炉における給電方式は、３本の同軸管による水冷ケーブル１９の一方（図で右側）の端部が、電極組立体２０を介して誘導加熱コイル２１に、他方の端部が図示しない電源および給排水系に接続されたものである。
水冷ケーブル１９は、銅管製で導体としての内管２２と中管２３と、ステンレス鋼管製の外管２４とが、半径方向内方から内管２２、中管２３、外管２４の順にそれぞれ所定の間隔の空隙２５、２６を有して同軸に配置されているもので、内管２２と中管２３とは両端側で絶縁キャップ２７、２８を介して電気的に絶縁され、且つ内管２２と中管２３との間の空隙２５が封止されているものである。
電極組立体２０には、相互に絶縁された第１電極２９と第２電極３０と、これらの電極に接続された導電性材料内に形成された通水路３１、３２が備えられている。
水冷ケーブル１９を、真空槽の外部から内部に向かって気密に、且つ絶縁性を保って引き込むための固定構造は従来の技術による種々の手段を利用できるが、この例では、真空槽のノズル３３のフランジ３４に、水冷ケーブル１９の外周側の外套部材３８に必要により絶縁して取り付けたケーブルフランジ３５を、図示しないＯリング等を介して固定している。
なお、図２の３７はルツボである。

【００１２】

上記の構成により、図示しない外部電源から内管２２、通水路３１の周壁３１ａ、第１電極２９、誘導加熱コイル２１、第２電極３０、通水路３２の周壁３２ａ、中管２３を経由して外部電源に戻る電路が接続され、交流電力が誘導加熱コイルに給電される。
また、内管２２の中空部３６と前記の空隙２６には軸方向に対向して流れる冷却水が通水

され、冷却水が中空部３６、通水路３１、誘導加熱コイル２１の中空部、通水路３２、空隙２６の順に流れ排水される。
内管２２と中管２３との間の空隙２５には空気が封入されて加熱用交流電力の導体である内管２２と中管２３とを絶縁している。
上記の構成による本発明の真空炉の給電方式は、次のような特徴を有する。
１）水冷ケーブルの２つの導体が同心に配置されているため漏れ磁束が相殺され誘導電流損失がほとんど生じない。例えば、同軸内管φ４０、中管φ１００、同軸ケーブルの長さ０．７５ｍ（真空側０．４ｍ、大気側０．３５ｍ）として導通電流３０００Ａ、１０ｋＨｚとして抵抗損失を計算すると約２ｋＷとなる。よって銅管平行配置方式に比べて、ほぼ半減する。
一方、同軸ケーブルのインダクタンスは０．１４μＨで同じく導通電流３０００Ａとすると、発生磁束は０．４２ｍＷｂとなる。しかし、この磁束はほとんど同軸ケーブルの内管と中管の間に存在し、同軸ケーブル外周囲にはない。よって外部金属、例えば前述の真空槽内外を出入りするためのステンレス製ノズルを誘導加熱するようなことがない。
そこで、本発明による水冷ケーブルの損失は約２ｋＷとなる。
２）水冷ケーブルの２つの導体管の間が空気により絶縁されるため従来のような冷却水の電気抵抗による電力損失が生じない。
３）水冷ケーブルの外周側にステンレス鋼が採用されているため真空および高温雰囲気中に曝しても発生ガス量が少なく、真空槽内の真空度を高くすることができる。
例えば、機械研磨した銅の場合は４．７×１０$^{-6}$Ｐａ・ｍ^{3}／ｓ・ｍ^{2}までの放出ガス量を達成できるが、機械研磨したステンレス鋼の場合は
２．８×１０$^{-6}$Ｐａ・ｍ^{3}／ｓ・ｍ^{2}にまで放出ガス量を低くできる。（いずれも、「真空ハンドブック」による）。
さらに、外管として電解研磨したステンレス鋼を使用すると、放出ガス量を、１０$^{-8}$Ｐａ・ｍ^{3}／ｓ・ｍ^{2}まで大幅に低くすることが可能である。
４）水冷ケーブルの外周側に、銅より強度が大きいステンレス鋼が支持部材として使用されているため、使用中の変形などが生じにくい。

【００１３】

【発明の効果】

上記の構成による本発明の真空炉の給電装置は、誘導加熱コイルに供給する電力の誘導電流損失や冷却水の電気抵抗による損失をなくし、また、真空槽内の真空度を低下させないため、高真空中での溶解を可能にすると共に、水冷ケーブルの剛性を大きくして構造的に安定させるという優れた効果を有する。

【図面の簡単な説明】

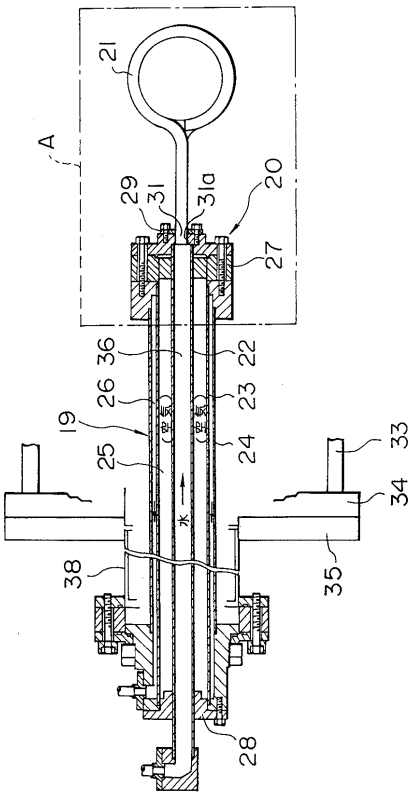
【図１】本発明の真空炉における給電方式の一実施の形態を示す部分断面正面図である。
【図２】図１中のＡ部の誘導加熱コイル内にルツボを配置した側断面図である。
【図３】従来技術によるゴム管を使用した水冷ケーブルとその真空槽内への引き込み構造を示すもので、同図（Ａ）は水冷ケーブルの軸線に沿って切断した断面正面図であり、同図（Ｂ）は同図（Ａ）のＡ－Ａ矢視断面図である。
【図４】別の従来技術による銅管を導体とした水冷ケーブルと、その真空槽内への引き込み構造を示す断面図である。
【図５】従来の技術による更に別の２本の導体管が同心に配置された水冷ケーブルの要部を軸に沿って切断した断面図である。
【図６】図５を単純化した２重同軸管の模式図である。

【符号の説明】

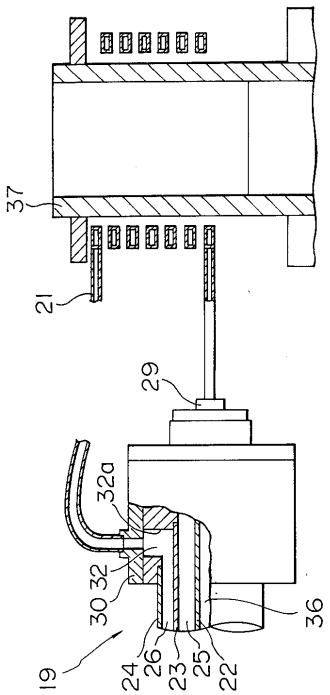
１９：水冷ケーブル
２０：電極組立体
２１：誘導加熱コイル
２２：内管
２３：中管

２４：外管
２５、２６：空隙
２７、２８：絶縁キャップ
２９：第１電極
３０：第２電極
３１、３２：通水路
３３：ノズル
３４：フランジ
３５：ケーブルフランジ
３６：中空部
３７：ルツボ

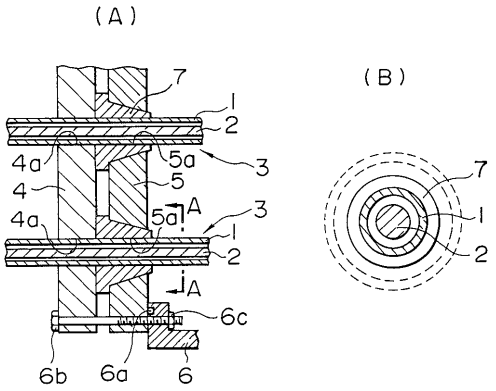
【図１】



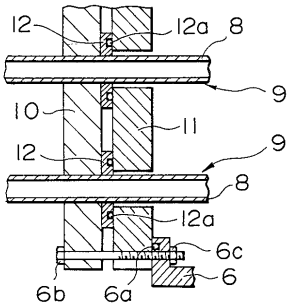
【図２】



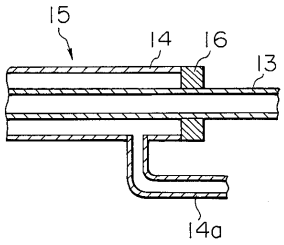
【図３】


(A)
(B)
7
1
2
3
4a
5a
5
4
A
6c
6b
6a
6

【図４】


12
12a
8
9
10
11
6c
6b
6a
6

【図５】


15
14
16
13
14a

【図６】


17
18

フロントページの続き

(72)発明者　芦野　圭宏
神奈川県茅ヶ崎市円蔵３７０番地　アルバック・ファイ株式会社内
(72)発明者　河野　等
愛知県伊勢市竹ケ鼻町１００番地　神鋼電機株式会社伊勢事業所内
(72)発明者　津田　正徳
愛知県伊勢市竹ケ鼻町１００番地　神鋼電機株式会社伊勢事業所内
(72)発明者　田所　昌宏
愛知県豊橋市三弥町字元屋敷１５０番地　神鋼電機株式会社豊橋事業所内

審査官　米田　健志

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
F27B 14/00～14/20