

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5596537号
(P5596537)

(45) 発行日 平成26年9月24日 (2014. 9. 24)

(24) 登録日 平成26年8月15日 (2014. 8. 15)

(51) Int. Cl.

F I

F 2 7 B 14/14 (2006. 01)

F 2 7 B 14/14

F 2 7 B 14/08 (2006. 01)

F 2 7 B 14/08

F 2 7 D 11/12 (2006. 01)

F 2 7 D 11/12

H 0 5 B 6/74 (2006. 01)

H 0 5 B 6/74

A

H 0 5 B 6/80 (2006. 01)

H 0 5 B 6/80

A

請求項の数 19 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-506523 (P2010-506523)
 (86) (22) 出願日 平成20年4月25日 (2008. 4. 25)
 (65) 公表番号 特表2010-525296 (P2010-525296A)
 (43) 公表日 平成22年7月22日 (2010. 7. 22)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2008/061590
 (87) 国際公開番号 W02008/134521
 (87) 国際公開日 平成20年11月6日 (2008. 11. 6)
 審査請求日 平成23年3月24日 (2011. 3. 24)
 (31) 優先権主張番号 60/926, 299
 (32) 優先日 平成19年4月26日 (2007. 4. 26)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 61/032, 177
 (32) 優先日 平成20年2月28日 (2008. 2. 28)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 593097764
 サウスワイヤー・カンパニー・リミテッド
 ・ライアビリティ・カンパニー
 SOUTHWIRE COMPANY, L
 LC
 アメリカ合衆国 30119 ジョージア
 州 キャロルトン ワン サウスワイヤー
 ドライブ (番地なし)
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (72) 発明者 ランドクィスト、ピクター、エフ.
 アメリカ合衆国、ジョージア州 3011
 7、キャロルトン、コルト ドライブ 1
 O 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロ波熔解炉

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物質を熔解するシステムであって、
 マイクロ波発生器と、

前記マイクロ波発生器と少なくとも一つのエネルギー移送エレメントとを連結させて、前記マイクロ波発生器からのマイクロ波エネルギーを耐火物組立部に移送する、少なくとも一つの導波管と、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントから受け取った前記マイクロ波エネルギーを熱エネルギーに変換する前記耐火物組立部であって、熔解される物質が内部に置かれる少なくとも一つの吸収エレメントを内部に有する前記耐火物組立部と、前記耐火物組立部と連結されている前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントとを含む熔解炉組立部と、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントと前記少なくとも一つの吸収エレメントとの間に設置された少なくとも一つの熱絶縁部であって、前記マイクロ波を前記少なくとも一つの吸収エレメントまで進入させさらに前記耐火物組立部の内部から熱エネルギーが漏洩するのを防止する前記少なくとも一つの熱絶縁部とを含み、

前記少なくとも一つの吸収エレメントは、
 少なくとも一つの側面が少なくとも一つの楔状の表面を有し、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントは、前記少なくとも一つの吸収エレメントに前記マイクロ波エネルギーを集中させる
 ことを特徴とするシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載するシステムであって、前記少なくとも一つの熱絶縁部は、少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードと、前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボード間に形成された空隙とを有することを特徴とするシステム。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードはシリカ繊維とアルミナ繊維とからなる繊維板であることを特徴とするシステム。

【請求項 4】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードは前記耐火物組立部内の最も電磁気エネルギー密度が高い領域の外側に配置されていることを特徴とするシステム。

10

【請求項 5】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードは第一の熱絶縁ボードと第二の熱絶縁ボードとを含み、前記第一の熱絶縁ボードは前記エネルギー移送エレメントに隣接しており、前記第二の熱絶縁ボードは前記少なくとも一つの吸収エレメントに隣接していることを特徴とするシステム。

【請求項 6】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記空隙は空気が封入された空隙であることを特徴とするシステム。

20

【請求項 7】

請求項 2 に記載のシステムであって、前記空隙は前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードから熱エネルギーを放散させることを特徴とするシステム。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記少なくとも一つの吸収エレメントはシリコンカーバイドからなることを特徴とするシステム。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記少なくとも一つの吸収エレメントは、成型された 1 個のシリコンカーバイド製の部材からなることを特徴とするシステム。

【請求項 10】

30

請求項 1 に記載のシステムであって、前記耐火物組立部は前記少なくとも一つの吸収エレメントから熱エネルギーを受け取る前記少なくとも一つの吸収エレメント内に設置されるつばをさらに有することを特徴とするシステム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のシステムであって、熔解していない金属を前記つばに送入する金属添加窓を前記耐火物組立部の頂部にさらに有することを特徴とするシステム。

【請求項 12】

請求項 11 に記載のシステムであって、前記金属添加窓は前記耐火物組立部からマイクロ波が漏洩するのを防ぐことを特徴とするシステム。

【請求項 13】

40

請求項 10 に記載のシステムであって、熔解金属を前記つばから排出する噴出孔を前記耐火物組立部の前面にさらに有することを特徴とするシステム。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のシステムであって、前記噴出孔は前記耐火物組立部からマイクロ波が漏洩するのを防ぐことを特徴とするシステム。

【請求項 15】

請求項 10 に記載のシステムであって、前記耐火物組立部は前記つば内の熱を絶縁する少なくとも一つの絶縁エレメントをさらに有し、

前記少なくとも一つの絶縁エレメントは前記耐火物組立部が熱せられるのを防ぐために前記耐火物組立部の壁の一つの面を構成することを特徴とするシステム。

50

【請求項 16】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記少なくとも一つの絶縁エレメントは溶融シリカからなることを特徴とするシステム。

【請求項 17】

請求項 1 に記載のシステムであって、前記少なくとも一つの熱絶縁部は、複数のボードまたは少なくとも一つの吸収エレメントと隣接する繊維製の覆いと少なくとも一つのエネルギー移送エレメントに隣接するボードの組み合わせのいずれかからなることを特徴とするシステム。

【請求項 18】

物質を熔解するシステムであって、

少なくとも一つのエネルギー移送エレメントから受け取ったマイクロ波エネルギーを熱エネルギーに変換する前記耐火物組立部であって、熔解される物質が少なくとも一つの吸収エレメント内に置かれる前記吸収エレメントを内部に有する前記耐火物組立部と、前記耐火物組立部と連結されている前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントと、を含む熔解炉組立部と、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントと前記少なくとも一つの吸収エレメントの間に設置された少なくとも一つの熱絶縁部であって、前記マイクロ波を前記少なくとも一つの吸収エレメントまで進入させさらに前記耐火物組立部の内部から熱エネルギーが漏洩するのを防止する少なくとも一つの熱絶縁部とを含み、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントは、前記少なくとも一つの吸収エレメントに前記マイクロ波エネルギーを集中させ、

前記少なくとも一つの吸収エレメントは、
少なくとも一つの側面が少なくとも一つの楔状の表面を有し、

前記熱絶縁部は、

前記耐火物組立部内の最も電磁気エネルギー密度が高い領域の外側に配置されている少なくとも 2 枚の熱絶縁ボードと、

前記少なくとも 2 枚の熱絶縁ボード間に形成されて空隙とを有することを特徴とするシステム。

【請求項 19】

物質を熔解するシステムであって、

マイクロ波発生器と、

前記マイクロ波発生器と少なくとも一つのエネルギー移送エレメントとを連結させて、前記マイクロ波発生器からのマイクロ波エネルギーを耐火物組立部に移送する、少なくとも一つの導波管と、

少なくとも一つのエネルギー移送エレメントから受け取ったマイクロ波エネルギーを熱エネルギーに変換する前記耐火物組立部であって、成型された一個のシリコンカーバイド製の部材からなる、少なくとも一つの吸収エレメントを内部に有する前記耐火物組立部と、前記耐火物組立部と連結されている前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントと、を含む熔解炉組立部と、

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントと前記少なくとも一つの吸収エレメントの間に設置された少なくとも一つの熱絶縁部であって、前記マイクロ波を前記少なくとも一つの吸収エレメントまで進入させさらに前記耐火物組立部の内側から熱エネルギーが漏洩するのを防止する前記少なくとも一つの熱絶縁部と、

前記少なくとも一つの吸収エレメント内に設置された前記少なくとも一つの吸収エレメントから熱エネルギーを受け取るつぼと、

前記つぼ内の熱を絶縁する少なくとも一つの絶縁エレメントであり、複数の溶融シリカ製の個別ブリックからなる少なくとも一つの絶縁エレメントと

前記少なくとも一つのエネルギー移送エレメントは、前記少なくとも一つの吸収エレメント内に前記マイクロ波エネルギーを集中させ、

前記少なくとも一つの吸収エレメントは、

10

20

30

40

50

少なくとも一つの側面が少なくとも一つの楔状の表面を有し、

前記熱絶縁部は、

前記耐火物組立部内の最も電磁気エネルギー密度が高い領域の外側に配置され、シリカ繊維とアルミナ繊維とからなる繊維板からなる、少なくとも2枚の熱絶縁ボードと、

前記少なくとも2枚の熱絶縁ボードは第一の熱絶縁ボードと第二の熱絶縁ボードとを含み、前記第一の熱絶縁ボードは前記エネルギー移送エレメントに隣接しており、前記第二の熱絶縁ボードは前記少なくとも一つの吸収エレメントに隣接しており、

前記るつぼは、

熔解していない金属を送入し、前記るつぼに入れる前記耐火物組立部の頂部に設けられた金属添加窓と、

熔解金属を前記るつぼから排出する前記耐火物組立部の前面に設けられた噴出孔とを有し、

前記金属添加窓と前記噴出孔は前記耐火物組立部からマイクロ波が漏洩するのを防ぎ

前記少なくとも一つの絶縁エレメントは、

耐火物組立部が過熱するのを防ぐために前記耐火物組立部の壁の少なくとも一つの面を構成する

ことを特徴とするシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本特許出願は2008年4月25日に出願されるPCT出願である。同PCT出願は米国以外のすべての指定国における出願人を米国法人サウスワイヤーカンパニーとし、指定国米国のみ出願人を米国人ランドキリスト、ビクター、エフ．、米国人グレゴリ、ウィリアム、ジェイ．、および米国人ギル、ケヴィン、エス．とするものであり、2007年4月26日に出願された米国仮特許出願第60／926,299号と2008年2月28日に出願された米国仮特許出願第61／032,177号との優先権を主張する。

【0002】

本明細書に含まれる資料の著作権を含むすべての権利は、出願人に与えられるものである。出願人は本明細書に含まれる資料のすべての権利を保持し、かつ保有し、特許の複製に関連してのみ、同資料の複製を認め、他の目的での複製を認めない。

【0003】

本特許出願は物質を熔解するシステムに関する。

【背景技術】

【0004】

金属熔解は熔解炉内で行われる。バージン材、外部のスクラップ材、内部のスクラップ材および合金添加材を用いて熔解炉を充填する。バージン材とは、特定の合金作製に用いる市販の純粋な主金属のことである。合金添加材とは、電解ニッケルのような純粋な合金添加元素またはフェロ合金や母合金のような特定の組成を有する合金のことである。外部のスクラップ材とは、穿孔、鍛造または機械加工のような他の成形工程のスクラップ材のことである。内部のスクラップ材とは、鋳造品のゲート部、鋳造品の押し湯部分または不良鋳造品からなるものである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

熔解炉は耐火物材を内張りしてある容器であり、被熔解材料をこの容器内に投入し、エネルギーを付与してこの被熔解材料を熔解するのに用いられる。最新の熔解炉には、電気アーク熔解炉(EAF)、誘導加熱熔解炉、キューポラ、反射炉およびるつぼ炉等がある。熔解炉の選択は、熔解する合金系および生産する合金量に依存する。熔解炉の設計は、複雑なプロセスであり、様々な要因に基づき最適化することができる。

【課題を解決するための手段】

【0006】

課題を解決するための手段は、後記する発明を実施するための形態において記載する単純化された形態の本発明の概念の中から選んだものを紹介する。この課題を解決するための手段は特許請求する主題の重要な特徴または本質的な特徴を明らかにするものではないし、特許請求する主題を制限するために用いられることを意図しているわけでもない。

【0007】

物質を熔解するシステムが与えられる。本システムは、マイクロ波発生器と少なくとも一つの導波管と熔解炉組立部と少なくとも一つの熱絶縁部とを含む。前記した少なくとも一つの導波管は、前記マイクロ波発生器を前記した少なくとも一つのエネルギー移送エレメントに結合させるものである。前記した少なくとも一つの導波管は、マイクロ波エネルギーを前記マイクロ波発生器から耐火物組立部に移送するように構成されている。前記熔解炉組立部は、前記耐火物組立部と前記耐火物組立部に連結する前記した少なくとも一つのエネルギー移送エレメントとを含む。前記耐火物組立部は、前記した少なくとも一つのエネルギー移送エレメントから送入されるマイクロ波エネルギーを変換する少なくとも一つのエネルギー吸収エレメントを含む。前記した少なくとも一つの熱絶縁部は、マイクロ波を前記した少なくとも一つのエネルギー吸収エレメントまで送入させる。

10

【0008】

本発明についての前記した一般的な説明と後記する詳細な説明とは、ともに実施形態の例を与え、例示するだけである。したがって、本発明についての前記した一般的な説明と後記する詳細な説明とによって、実施形態が限定されるものと解釈してはならない。本明細書中に記載した以外にも本発明の特徴および変形例はある。例えば、発明を実施するための形態に記載した様々な発明の特徴を組み合わせた実施形態やこれらの組み合わせを組み合わせた実施形態も可能である。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施形態のマイクロ波炉を示す。

【図2】図2は、耐火物組立部を示す。

【図3】図3は、熔解炉組立部を示す。

【図4】図4は、エネルギー移送エレメントを示す。

【図5】図5は、熱吸収体の例を示す。

30

【図6】図6は、エネルギー吸収エレメントのエネルギー吸収シミュレーションを示す。

【図7】図7は、熔解炉組立部に入射するマイクロ波の焦点パターンを示す。

【図8】図8は、本発明のマイクロ波熔解炉を加熱したときの温度変化を示す。

【図9】図9は、耐火物組立部を示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下の詳細な説明では、前記した図を参照する。同一または類似した部材を示すときは、可能な限り、前記した図中および明細書中では、同じ参照番号を用いる。本発明の実施形態に記載しているが、変形例、適用例または他の実施態様も可能である。例えば、図中に記載された部材に対して代替、追加または変形を行うことが可能であるし、本明細書に記載した方法を、その方法を構成するステップに対して代替、順番の編成または追加を行うことによって変更させることができる。したがって、後記する発明を実施するための形態は本発明を限定するものではない。

40

【0011】

マイクロ波熔解炉を提供する。本発明の実施形態にしたがうマイクロ波熔解炉は従来の熔解炉よりも効率的に金属を熔解し、排出ガスも少なくすむ。本発明の実施形態にしたがえば、マイクロ波エネルギーは耐火物壁の内部で熱を発生させるのに用いられる。この発生した熱が物質（例えば、金属）に移送され、該物質が熔解する。前記物質はいかなる物質を含むものでもよく、金属に限定されない。このプロセスは連続的プロセスとしてもよく、危険となる量のマイクロ波を漏洩しない。

50

【0012】

さらに、本発明の実施形態によれば、ポリマを架橋させて一列に並んだ状態にすることができる。ポリマを架橋させるプロセスは、ポリマを加熱して架橋反応を開始させるステップを含む。マイクロ波を照射して、ポリマを加熱し、架橋反応をおこさせる。この熱入力は短時間におきる。

【0013】

所定の材料および形状を用いることにより、熔解炉の耐火物壁は最大に近いエネルギー量を吸収できる。熱絶縁材料を一方向熱移送材として用いてもよい。この熱絶縁材料を用いることにより、マイクロ波エネルギーは自由に流れるが、一方、同時に熱エネルギーが放散させることがない。例えば、マイクロ波エネルギーが流れる向きと逆向きには熱エネルギーは放散しない。

10

【0014】

本発明の実施形態は、電気エネルギーを用いて熔解する方法を提供する。このプロセスを用いることにより、従来の熔解に関連するいくつかのまたはすべての問題点を回避することができる。しかも、本発明の実施形態によるプロセスは、従来プロセスに比べて清浄であり、熔解プロセスにおいて溶湯の浮きかすやスラグの発生が少ない。また、被熔解物質の温度を、簡単に制御することができる。さらに、本発明の実施形態は、熔解した物質から始める必要がないので、従来の誘導加熱炉が抱える問題を回避できる。従来の誘導加熱炉の場合、大量の金属を溶かす前に、始めに金属溶湯を投入しなければならない。

20

【0015】

また、本発明の実施形態はモジュール化できる。本発明の実施形態は一つの大きな熔解炉中のモジュールを含むものとすることができるが、サイズを大きくするには、複数のモジュールを積み重ねてもよい。例えば、一つのモジュールの上に別のモジュールを重ねたり、端から端まで積み重ねてもよい。使用される耐火物は、被熔解物質がモジュール間を流れるような設計にすることができる。さらに、本発明の実施形態によれば、ゾーン加熱も可能である。例えば、低い位置のモジュールを高い位置のモジュールよりも高温に保持することにより、対流により熔解した物質の攪拌が引き起こされる。

【0016】

また、本発明の実施形態によれば、熔解炉を液体冷却する必要がない。例えば、熔解炉近傍の部品はいずれも液体冷却する必要がない。この特徴のおかげで、水が熔解した物質に接触するとおきる爆発のおそれを軽減できる。さらに本発明の実施形態は従来の誘導加熱炉と比べて熔解の効率性は少なくとも同等である。加えて、本発明の実施形態ではアルミニウムの熔解の効率性は、例えば従来の誘導加熱炉よりも高い。アルミニウムの融点が低いためである。

30

【0017】

本発明の実施形態によれば、アルミニウムを溶かす場合、金属の融点と炉壁の融点の違いにより大きな違いをもたらすことができる。例えば、この特徴はエネルギーを金属に移送する炉の能力に重要である。本発明の実施形態によれば、熔解炉はマイクロ波を特有な材料（例えば、吸収材）に当てて加熱するように設計されている。マイクロ波を吸収するのに効果的な吸収材の形状は、例えば、入射するマイクロ波に細い端部を向けた楔形状を含む。この楔はマイクロ波をよく吸収する材料からなるものである。良好な吸収材はマイクロ波を最小のエネルギー損失で熱エネルギーに変換するものである。

40

【0018】

マイクロ波を吸収する前記吸収エレメントは、例えばシリコンカーバイドのような材料からなるものである。この材料は、マイクロ波の磁界成分と電界成分の両方からのエネルギーを吸収する。楔形状のシリコンカーバイド吸収エレメントはマイクロ波のエネルギーをこの吸収エレメント内部の特定の点に集中させることができる。材料の電気的特性と幾何学的形状とにより、効果的にマイクロ波を吸収できる。

【0019】

前記吸収エレメントは絶縁エレメントにより絶縁されている。この絶縁エレメントは、

50

マイクロ波を透過する熱絶縁材料である。この絶縁材料は、良好な熱絶縁材であるとともに良好な電気絶縁材でもあり、均質な材料である。例えば、溶融シリカは i) 良好な電気的特性を有しており、i i) 空気の損失係数に近い損失係数を有しているので、マイクロ波を透過させ、i i i) 良好な熱絶縁特性を有しているので、溶融シリカを用いて良好な絶縁エレメントを作製することができる。さらに、溶融シリカは金属を熔解させるのに必要な温度に対する耐熱性を有している。

【0020】

本発明の実施形態は電源とマイクロ波を発生させる高パワーマグネトロンを有するマイクロ波発生器を用いる。発生するマイクロ波を、導波管を含む様々な部材を用いて熔解炉に当てる。本発明の実施形態によれば、マイクロ波を溶融シリカの外部に反射することなく、またマイクロ波発生器に帰還させる、導波管から熔解炉へのマイクロ波移送部を有する。このマイクロ波移送部により、エネルギーを導波管から熔解炉へ移送し、マイクロ波エネルギーを吸収される前に所望の形状に集中させることを容易にするものである。

10

【0021】

図1は、本発明の実施形態にしたがうマイクロ波熔解炉100を示す。マイクロ波熔解炉100は耐火物組立部105と、マイクロ波発生器110と、導波管115と、エネルギー移送エレメント120とを含む。耐火物組立部105とエネルギー移送エレメント120とは、本発明の実施形態にしたがう熔解炉組立部を含む。

【0022】

図2は、耐火物組立部105をもっと詳細に示す。マイクロ波の漏洩を防ぐため、シリコンカーバイド部材（例えば、吸収エレメント）は、成型された一個の完成部材で作られている。溶融シリカの形状は図示されているように複数の個別ブリックからなる。耐火物組立部105は、図3に示すように熔解炉組立部中に配置される。図3に示すように、エネルギー移送エレメント120は、耐火物組立部105の両側に取り付けられている。エネルギー移送エレメント120により、導波管115から耐火物組立部105にエネルギーが移送される。耐火物組立部105は、頂部に低温金属添加窓を備え、前面部に高温金属噴出孔を備える。低温金属添加窓と高温金属噴出孔とは、金属を熔解炉100に送入し、熔解炉100から排出するとともに、同時にマイクロ波が漏洩するのを防ぐように設計されている。図4は、エネルギー移送エレメント120をさらに詳細に示す。図5は前記した吸収エレメント（例えば、楔形状シリコンカーバイド）の例を示す。

20

30

【0023】

図6は、前記した吸収エレメントのエネルギー吸収シミュレーションを示す。図6は、前記したシリコンカーバイド製楔形ブリックとエネルギー移送エレメントとによる集中効果を表している。この楔形状をシミュレートし、集中効果を確認した。図7は、熔解炉組立部に入射するマイクロ波の焦点パターンである。

【0024】

図8は、マイクロ波熔解炉を加熱したときの温度変化のグラフである。この試験結果は次のデータを含んでいる。

炉を加熱硬化させてその温度を融点まで上昇させるまでの時間

$(E_{Cu} / E_{GEN}) \times 100\%$ で定義される総合熔解効率。ここで

E_{Cu} = 所定量の銅を熔解するのに必要な理論エネルギー

E_{GEN} = マイクロ波熔解炉が消費するエネルギー量

$(E_{Cu} / E_{Wg}) \times 100\%$ で定義されるマイクロ波から銅熔解への効率。ここで

E_{Wg} = 炉に送入されたマイクロ波エネルギー。

40

【0025】

図8に示す試験において、熔解炉は耐火モルタルを硬化させるのに必要な温度に達している。熔解炉は銅の融点を超えている。

【0026】

事前分析により、次のデータがわかっている。

T_1 = 銅を投入した時刻

50

T_2 = 銅が熔解した時刻

(平均電力) $\times \Delta T = J_1$ = 使用したエネルギー (ジュール)

$J_c = x$ ポンドの銅を熔解するのに必要なエネルギー

$(J_c / J_1) \times 100\% =$ 銅熔解の効率

図8に示す試験においては45ポンドの銅を熔解し、前記した式を用いて熔解装置の効率を算出した。マイクロ波により銅を熔解する熔解装置の効率は、約60%であり、電気エネルギーにより銅を熔解する熔解装置の効率は約48%であった。

【0027】

図9は、耐火物組立部105の他の実施形態を示す。図9に示すように、耐火物組立部105は、るつぼ905と、絶縁エレメント910と、噴出孔915と、複数の吸収エレメント920と、複数のボード925と、複数の空隙930とを備えている。エネルギー移送エレメント120から移送されるマイクロ波エネルギーが図9に示すように加えられる。吸収エレメント920はシリコンカーバイドからなり、絶縁エレメント910は溶融シリカよりなり、空隙930は封入空気からなる。絶縁エレメント910はるつぼ905に伝達される熱を絶縁する。

【0028】

複数のボード925は、組立部105内のマイクロ波が伝搬する部分に配置される材料が最小量となるような、シリカ繊維とアルミナ繊維とからなる繊維板からなるものであるが、適切な熱絶縁の効果も有している。複数のボード925は、組立部105内で最も電磁気エネルギー密度が高い領域の外側に配置されている。複数のボード925間の空隙930があるので、ボード925からのエネルギー移動が容易になっている。マイクロ波に対して完全に透明な物質はないが、ボード925の材料内部で生じた損失はどこかに放散されなければならない。例えば、吸収エレメント920から最も離れているボード925は、内部に生じた損失をすべてエネルギー移送エレメント120と耐火物組立部105を含む熔解炉の殻に輻射する。るつぼ925に取り付けられているボード925は、そのエネルギーをるつぼ905に伝達する。ボード925は、ボードからなるものでもよいし、またボードと繊維の覆いの組み合わせからなるものでもよい。さらに、ボード925が熔解金属の凝固面を形成してもよい。

【0029】

シリコンカーバイド部材 (例えば、吸収エレメント920) は、成型された一個の完成部材により作られている。溶融シリカ部材 (例えば、絶縁エレメント910) は図示されているように複数の個別ブリック形状からなる。耐火物組立部105は、図3に関して記載したように熔解炉組立部中に配置される。図3に示すように、エネルギー移送エレメント120は、組立部105の両側に取り付けられている。エネルギー移送エレメント120により、導波管115から耐火物組立部105にエネルギーが移送される。耐火物組立部105は、頂部に低温金属添加窓を備え、前面部に高温金属噴出孔 (例えば、噴出孔915) を備える。低温金属添加窓と高温金属噴出孔とは、金属を熔解炉100に送入し、熔解炉100から排出するとともに、同時にマイクロ波が漏洩するのを防ぐように設計されている。

【0030】

本発明の実施形態によれば、マイクロ波熔解炉100を用いて熔解プロセスを連続的に行うことができる。例えば、マイクロ波発生器110で発生したマイクロ波は、導波管115を通してエネルギー移送エレメント120にまで移送される。前記したように、この移送されたマイクロ波は熱に変換され、るつぼ905中の金属がこの変換された熱により熔解する。耐火物組立部105は、頂部に低温金属添加窓を備え、前面部に高温金属噴出孔 (例えば、噴出孔915) を備える。その結果、連続熔解プロセスにより、金属を熔解炉100に送入し (例えば、低温金属添加窓を通して)、熔解炉100から排出する (例えば、噴出孔915を通して) とともに、同時にマイクロ波が漏洩するのを防いでいる。エネルギー移送エレメント120は、導波管115と耐火物組立部105のインピーダンスマッチングを行い、導波管115から耐火物組立部105へ移送されるエネルギーが最大にな

10

20

30

40

50

るようにする。この連続熔解プロセスは、コンピュータ上で動作するプログラムモジュールにより制御される。このプログラムモジュールは、とりわけ、マイクロ波発生器 110 が発生するマイクロ波と、マイクロ波熔解炉 100 に送入する金属の量と、マイクロ波熔解炉 100 から排出する金属の量とを監視し、さらに／または制御する。

【0031】

一般的に、本発明の実施形態にしたがうプログラムモジュールは、ルーチン、プログラム、コンポーネント、データ構造、および、特定のタスクを実行するまたは特定の抽象データ型を実装する他のタイプの構造を含むものでよい。さらに、本発明の実施形態は、ハンドヘルドコンピュータ、マイクロプロセッサシステム、マイクロプロセッサをベースにした、またはプログラム可能な家電製品、ミニコンピュータ等を用いて実施することができる。さらに、本発明の実施形態は、コミュニケーションネットワークで繋がっている複数の遠隔処理装置によりタスクが実行される分散コンピューティング環境においても実施できる。分散コンピューティング環境中では、プログラムモジュールはローカルおよびリモートの両方の記憶装置内にある。

10

【0032】

さらに本発明の実施形態は、個別電子素子、ロジックゲートを含むパッケージまたは集積された電子チップ、またはマイクロプロセッサを用いる回路を含む電気回路を用いて、または電子素子またはマイクロプロセッサを有する単一チップを用いて実施できる。さらに本発明の実施形態は、例えば、AND、ORおよびNOTのような論理演算を実行できる他の技術を用いて実施できる。このような技術には、機械技術、光学技術、流体技術および量子技術が含まれるが、これらに限定されるものではない。また本発明の実施形態は、多目的コンピュータまたは他のいかなるサーキット若しくはシステムを用いても実施できる。

20

【0033】

本発明の実施形態は、例えば、コンピュータプロセス（方法）、演算システム、またはコンピュータプログラム製品若しくはコンピュータ読み取り可能媒体のような製品として実施できる。前記コンピュータプログラム製品は、コンピュータシステムにより読み取り可能であって、コンピュータプロセスを実行する指令からなるコンピュータプログラムをエンコードするコンピュータ記憶媒体でもよい。また前記コンピュータプログラム製品は、コンピュータシステムにより読み取り可能であって、コンピュータプロセスを実行する指令からなるコンピュータプログラムをエンコードする、キャリア上で伝搬される信号であってもよい。したがって、本発明は、ハードウェアおよび／またはソフトウェア（ファームウェア、常駐ソフトウェア、マイクロコード等を含む）を用いて実施できる。言い換えれば、本発明の実施形態は、指令実行システムに関係して、または指令実行システムによって、使用する媒体中に具現化されるコンピュータ使用可能な、またはコンピュータが読み取り可能なコードを有するコンピュータ使用可能な、またはコンピュータが読み取り可能な記憶媒体上のコンピュータプログラム製品の形態としてもよい。コンピュータ使用可能な、またはコンピュータが読み取り可能な媒体は、指令実行システムに関係して、または指令実行システム、装置、またはデバイスによって、使用プログラムを取り込み、格納し、伝送し、伝搬し、または輸送することができる媒体であればいかなるものでもよい。

30

40

【0034】

前記コンピュータが使用可能な、またはコンピュータが読み取り可能な媒体は、限定するわけではないが例えば、電子、磁気、光、電磁、赤外線、または半導体のシステム、装置、デバイス、または伝搬媒体としてもよい。具体的なコンピュータが読み取り可能な記憶媒体の例（限定的なリストであるが）として、前記コンピュータが読み取り可能な記憶媒体には、次のものが含まれる。すなわち、一本以上の配線を有する電気接続、携帯コンピュータディスク、ランダムアクセスメモリー（RAM）、リードオンリーメモリー（ROM）、消去可能プログラマブルリードオンリーメモリー（EPROM）、光ファイバー、およびCD-ROMである。前記コンピュータ使用可能な、またはコンピュータが

50

読み取り可能な媒体は、プログラムを印刷された紙、または他の適当な媒体とすることもできることに留意すべきである。プログラムを電氣的に読み取ることができるからである。例えば、紙、または他の媒体を光走査し、さらに、コンパイルし、翻訳することにより、または必要ならば適当な方法により処理することにより読み取ることができ、コンピュータのメモリーに格納できるからである。

【0035】

本発明の実施形態は、例えば本発明の実施形態にしたがう方法、システムおよびコンピュータプログラム製品に関するブロックダイアグラムおよび工程図面を参照して記載されている。どのフローチャートにも示されているように、ブロック中の機能および動作は、順序がずれておこることもある。例えば、連続して示されている2つのブロックは、それらの機能および動作によっては、実際には同時におきることもあるし、逆の順序でおきることもある。

10

【0036】

本発明の特定の実施形態について記載したが、他の実施形態も可能である。さらに、メモリおよび他の記憶装置に格納されるデータに関連するものとして本発明の実施形態を記載したが、データはまたハードディスク、フロッピー（登録商標）ディスク、CD-ROM等の二次的な記憶デバイス、インターネットからの搬送波、または他の形態のRAMあるいはROMに格納して、読み出すことも可能である。さらに、本発明の技術的範囲から逸脱しない範囲で、開示した方法の段階はいかなる形にでも変更可能であり、順序を変更したり、段階を挿入したりまたは消去したりすることが可能である。

20

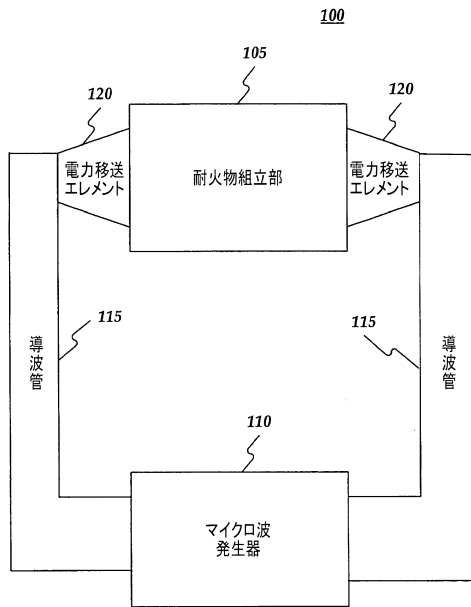
【0037】

本明細書に含まれる資料の著作権を含むすべての権利は、出願人に与えられるものである。出願人は本明細書に含まれる資料のすべての権利を保持し、かつ保有し、特許の複製に関連してのみ、同資料の複製を認め、他の目的での複製を認めない。

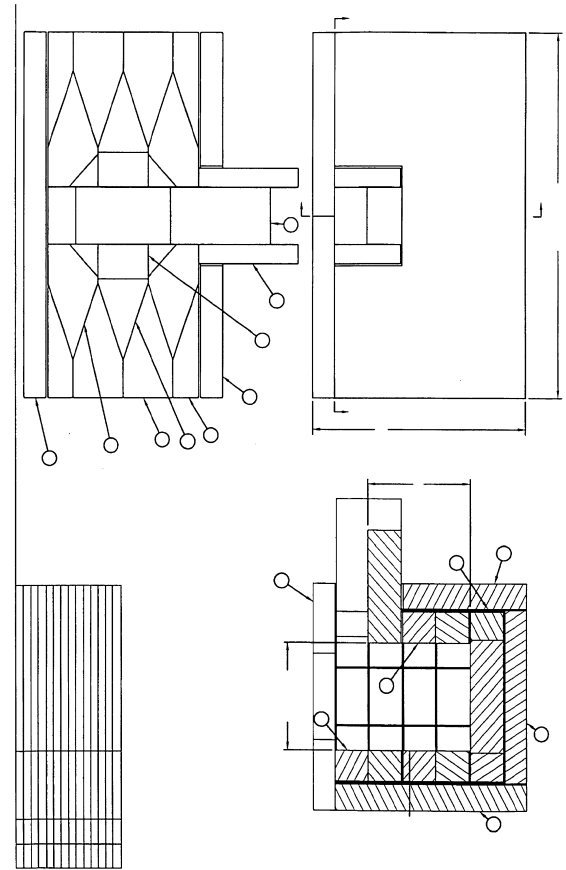
【0038】

本明細書は、複数の実施例を含んでいるが、本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によって示される。また、本明細書は構造的特徴と方法動作とに特有な用語を用いて記載されているが、特許請求の範囲はこのような特徴や動作によって限定されるものではない。むしろ、前記した特徴や動作は本発明の実施形態を表す例として開示されている。

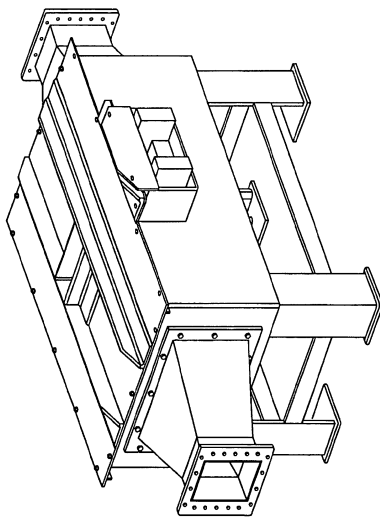
【図 1】



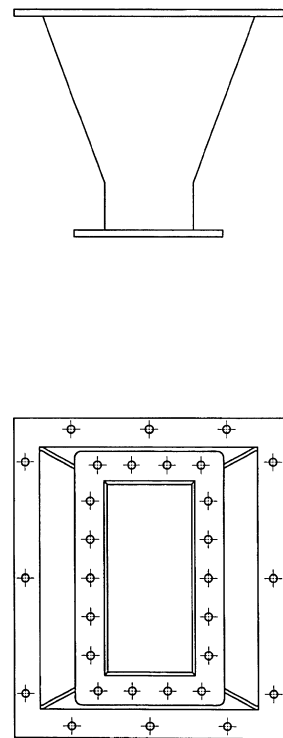
【図 2】



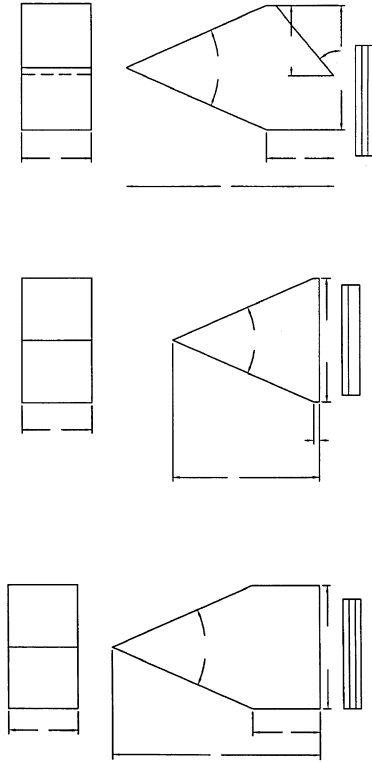
【図 3】



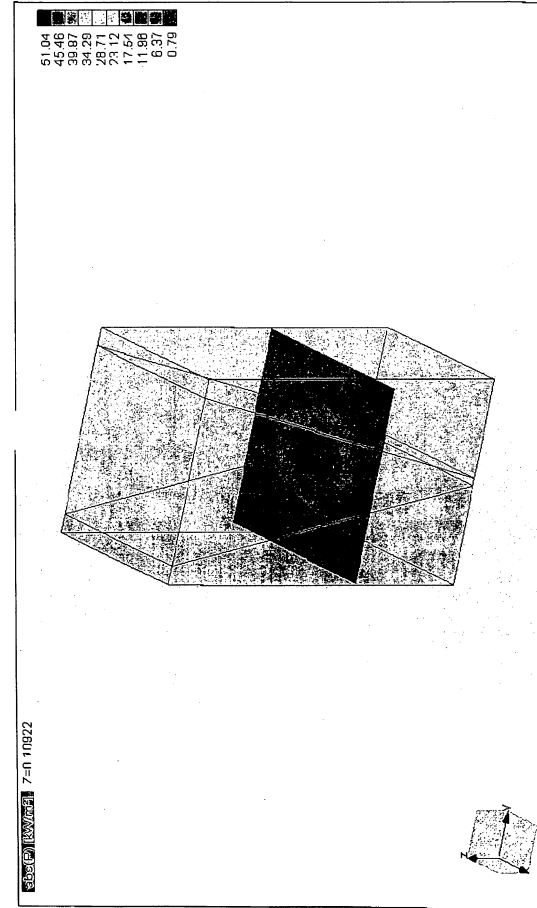
【図 4】



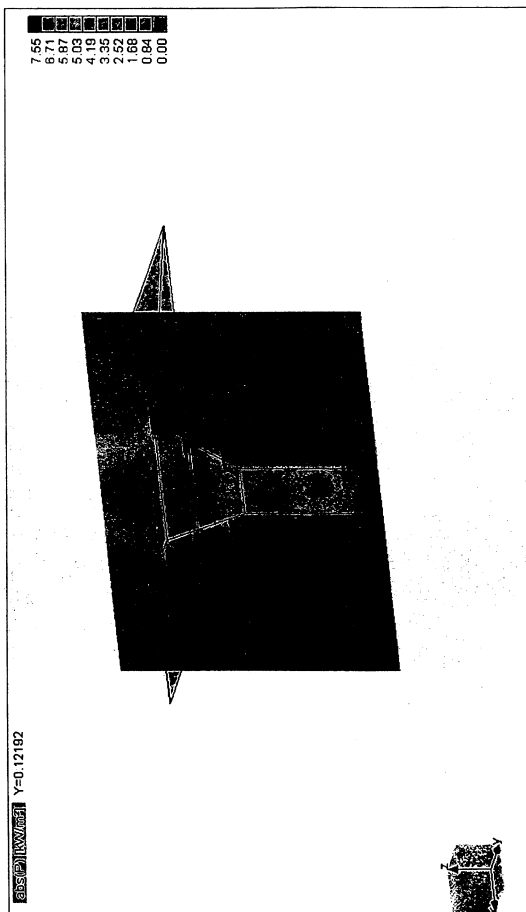
【図 5】



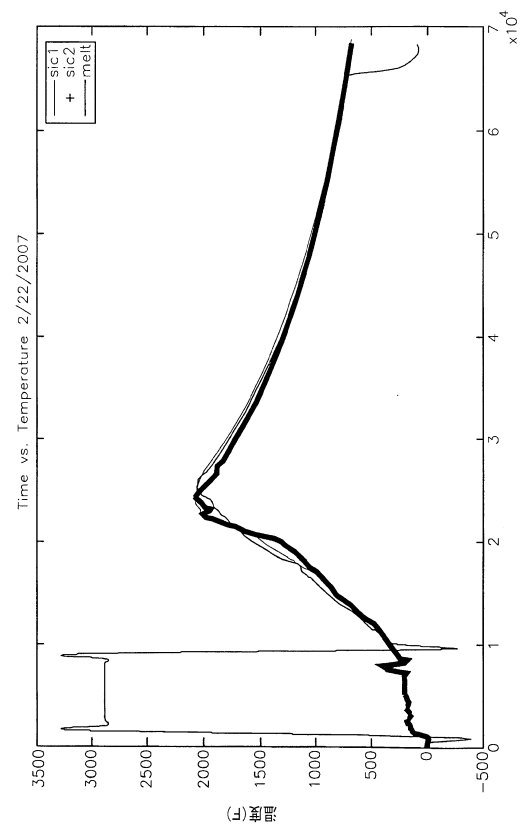
【図 6】



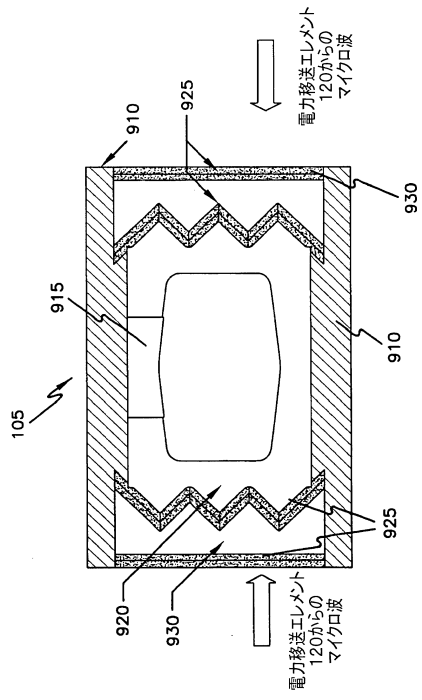
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 グレゴリ、ウィリアム、ジェイ、
アメリカ合衆国、ジョージア州 30116、キャロルトン、タートル ウォーク 106
- (72)発明者 ギル、ケヴィン、エス、
アメリカ合衆国、ジョージア州 30116、キャロルトン、ミューズ ブリッジ ロード 180

審査官 原 賢一

- (56)参考文献 特開2006-348367 (JP, A)
特表2005-509832 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------------|
| F27B | 14/00-14/20 |
| F27D | 11/00-11/12 |
| H05B | 6/74-6/80 |