

(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2009-192530
(P2009-192530A)

(43) 公開日 平成21年8月27日(2009.8.27)

(51) Int.Cl.
GO1N 7/00 (2006.01)

F I
GO1N 7/00 C

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2009-6854 (P2009-6854)
(22) 出願日 平成21年1月15日 (2009.1.15)
(31) 優先権主張番号 特願2008-6205 (P2008-6205)
(32) 優先日 平成20年1月15日 (2008.1.15)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 505374783
独立行政法人 日本原子力研究開発機構
茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(71) 出願人 591058792
日本金属化学株式会社
東京都練馬区旭町3-12-19
(74) 代理人 100058479
弁理士 鈴江 武彦
(74) 代理人 100108855
弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人 100091351
弁理士 河野 哲
(74) 代理人 100088683
弁理士 中村 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス量測定装置及び介在物の測定装置

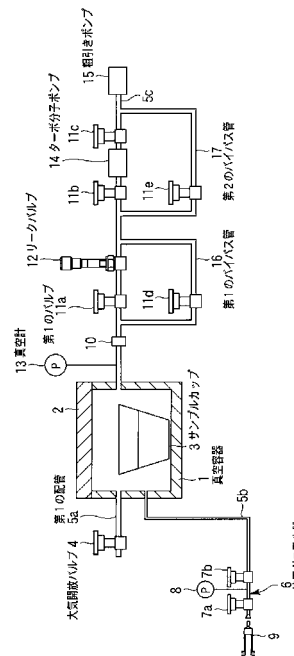
(57) 【要約】

【課題】本発明は、溶融金属中に含まれる特定の種類のガス量又は介在物に付随する特定の種類のガス量の絶対量あるいは介在物の粒子数を測定することを課題とする。

【解決手段】溶融金属を收容する真空容器1と、真空容器に接続する、大気開放バルブが介装された第1の配管5aと、真空容器に接続する、校正ガス発生器が介装された第2の配管5bと、真空容器に接続する、真空計、第1のバルブ、リークバルブ、第2のバルブ、ターボ分子ポンプ、第3のバルブ及び粗引きポンプが介装された第3の配管5cと、真空容器、第1のバルブ間の第3配管とリークバルブ、第2のバルブ間の第3配管とを接続する、第4のバルブが介装された第1のバイパス配管16と、リークバルブ、第2のバルブ間の第3配管と第3のバルブ、粗引きポンプの間の第3配管とを接続する、第5のバルブが介装された第2のバイパス配管17を具備することを特徴とするガス量測定装置。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶融金属中に含まれるガス量又は介在物に付随するガス量を測定するガス量測定装置であり、

溶融金属を収容する真空容器と、

この真空容器に接続する、大気開放バルブが介装された第 1 の配管と、

前記真空容器に接続する、校正ガス発生器が介装された第 2 の配管と、

前記真空容器に接続する、真空容器側から順に真空計、第 1 のバルブ、リークバルブ、第 2 のバルブ、ターボ分子ポンプ、第 3 のバルブ及び粗引きポンプが介装された第 3 の配管と、

前記真空容器、第 1 のバルブ間の第 3 配管と前記リークバルブ、第 2 のバルブ間の第 3 配管とを接続する、第 4 のバルブが介装された第 1 のバイパス配管と、

前記リークバルブ、第 2 のバルブ間の第 3 配管と前記第 3 のバルブ、粗引きポンプ間の第 3 配管とを接続する、第 5 のバルブが介装された第 2 のバイパス配管を具備することを特徴とするガス量測定装置。

10

【請求項 2】

前記校正ガス発生器は、第 2 の配管に互に離間して配置された 2 つの校正用バルブと、これらの校正用バルブ間の配管部に収容される標準ガスの圧力を測定する真空計とから構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のガス量測定装置。

20

【請求項 3】

前記真空容器内に、溶融金属を加熱するためのヒーターを設けたことを特徴とする請求項 1 若しくは請求項 2 記載のガス量測定装置。

【請求項 4】

真空容器に溶融金属が存在しない場合の真空容器内の圧力と時間との関係から圧力が一定になる特性図を求めた後、真空容器内に溶融金属を収納し、この状態での真空容器からの不純物ガス量 S_s を前記特性図に基づいて検出し、更に前記校正ガス発生器から測定すべき標準ガスを真空容器内に流してこの状態での標準ガス量 S_r を、前記特性図及び不純物ガス量 S_s に基づいて検出し、標準ガスの絶対量を求めることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 いずれか記載のガス量測定装置。

30

【請求項 5】

試料としての溶融金属中に含まれる酸化物、金属間化合物等の介在物を観察する介在物の測定装置であり、

溶融金属がセットされるフィルターと、このフィルターを加熱する加熱手段と、加熱加圧によりフィルターを通過した溶融金属の切断面を観察して溶融金属中の介在物、酸化物若しくは金属間化合物の色と形状を選別する、カメラを備えた金属顕微鏡と、この金属顕微鏡を稼動する電動ステージとを具備し、介在物の粒子数を測定することを特徴とする介在物の測定装置。

【請求項 6】

介在物の粒子数からガス量を測定することを特徴とする請求項 5 記載の介在物の測定装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はガス量測定装置及び介在物の測定装置に関し、特に溶融金属中に含まれる全ガス量又は介在物に付随するガス量を測定する為のガス量測定装置、及び介在物の測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自動車のエンジン等の部品には特定の金属や合金が使用されているが、部品の精製後の単位重量当たりの不純物ガスの量は精製前のそれよりも少なくなることが一般に知

50

られている。これは、精製中に部品となる試料中の不純物ガスが揮散するためである。このような場合、精製後の部品を再度溶融して部品中の不純物ガス量を少しでも少なくすることが行われているが、このように精製後の部品を再度溶融するのはコスト高を招くので好ましくない。

【0003】

また、最近、資源の有効利用の観点から一度使用した金属製品を再利用するリサイクル化の傾向が進んでいる。しかし、例えばアルミ製品を溶融した場合、水素ガス、二酸化炭素ガス、酸素、窒素など多種のガスが発生する。従って、一度使用したアルミ製品を金型に送って鑄込むと、得られた製品中に気泡が残留し、ピンホール等が発生することがあるので、好ましくない。

10

【0004】

上述した問題を回避するために、溶融金属中にどの程度のガス量が含まれているかを測定することが試みられている。例えば特許文献1には、溶融金属を収納するチャンバと、該チャンバ内を所定圧力にするためのポンプと、チャンバ内の圧力を測定する測定手段とを備え、溶融金属から発生するガスによる圧力上昇から、ガス量を測定することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2003-83865号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1によれば、各種のガスを総計したガス量を測定することはできるが、個々のガス種のガス量を測定することはできなかった。

【0007】

本発明は、こうした事情を考慮してなされたもので、溶融金属中に含まれる、又は介在物に付随する特定の種類のガス量の絶対量あるいは介在物の粒子数を測定して、得られる製品の特性をより正確に把握しえるガス量測定装置及び介在物の測定装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係るガス量測定装置は、溶融金属中に含まれるガス量又は介在物に付随するガス量を測定するガス量測定装置であり、溶融金属を収容する真空容器と、この真空容器に接続する、大気開放バルブが介装された第1の配管と、前記真空容器に接続する、校正ガス発生器が介装された第2の配管と、前記真空容器に接続する、真空容器側から順に真空計、第1のバルブ、リークバルブ、第2のバルブ、ターボ分子ポンプ、第3のバルブ及び粗引きポンプが介装された第3の配管と、前記真空容器、第1のバルブ間の第3配管と前記リークバルブ、第2のバルブ間の第3配管とを接続する、第4のバルブが介装された第1のバイパス配管と、前記リークバルブ、第2のバルブ間の第3配管と前記第3のバルブ、粗引きポンプ間の第3配管とを接続する、第5のバルブが介装された第2のバイパス配管を具備することを特徴とする。

40

【0009】

また、本発明に係る介在物の測定装置は、試料としての溶融金属中に含まれる介在物、酸化物若しくは金属間化合物を観察する測定装置であり、溶融金属がセットされるフィルターと、このフィルターを加熱する加熱手段と、加熱加圧によりフィルターを通過した溶融金属の切断面を観察して溶融金属中の介在物、酸化物若しくは金属間化合物の色と形状を選別する、カメラを備えた金属顕微鏡と、この金属顕微鏡を稼動する電動ステージとを具備し、介在物の粒子数を測定することを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 0 】

本発明によれば、熔融金属中に含まれる、又は介在物に付随する特定の種類のガス量の絶対量あるいは介在物の粒子数を測定して、得られる製品の特性をより正確に把握することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施例 1 に係るガス量測定装置の全体図を示す。

【 図 2 】 図 2 は、図 1 の測定装置において試料が有無の場合の真空容器内の圧力と時間との関係を示す特性図である。

【 図 3 】 図 3 は、図 2 の特性図に対応した圧力差と図 2 の同じピーク値の回数との関係を示す特性図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の実施例 2 に係るガス量測定装置の全体図を示す。

【 図 5 】 図 5 は、本発明の実施例 3 に係る介在物の測定装置の概略図を示す。

【 図 6 】 図 6 は、図 5 の測定装置による試料の破裂気泡体積と介在物表面積との関係を示す特性図を示す。

【 図 7 】 図 7 は、図 5 の測定装置による全ガス量と H_2 ガス量との関係を示す特性図を示す。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明について更に詳しく説明する。

本発明において、前記校正ガス発生器としては、第 2 の配管に互に離間して配置された 2 つの校正用バルブと、これらの校正用バルブ間の第 2 の配管（配管部）に收容される標準ガスの圧力を測定する真空計とを具備した構成が挙げられる。前記配管部には例えばポンベにより標準ガスが送られて、1 気圧に保持される。従って、配管部を一定の体積にして圧力 1 気圧に保持した状態で、配管部の温度が分かれば、後述する圧力と体積の一般式より配管部の標準ガスのモル数が分かる。

【 0 0 1 3 】

具体的には、前記モル数は次の式により求めることができる。

$$P V = n R T$$

但し、上記式で、P：圧力（気圧）、V：配管部の体積（校正用バルブ間の体積）（リットル）、T：気体の絶対温度（K）、R：気体定数（一定値）、n：標準用ガスのモル数である。

【 0 0 1 4 】

本発明において、真空容器内に熔融金属を加熱するためのヒーターを設けることが好ましい。具体的には、図 4 のようにヒーターをサンプルカップの外側に配置する。これにより、サンプルカップ内に收容する熔融金属の温度低下を抑制することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明において、熔融金属中に含まれる特定の種類のガス量の絶対量を求める場合は、次のような過程を経て行う。即ち、まず、真空容器に熔融金属が存在しない場合の真空容器内の圧力と時間との関係から圧力が一定になる特性図を求める。次に、真空容器内に熔融金属を収納し、この状態での真空容器からの不純物ガス量 S_s を前記特性図に基づいて検出する。つづいて、校正ガス発生器から測定すべき標準ガスを真空容器内に流してこの状態での標準ガス量 S_r を、前記特性図及び不純物ガス量 S_s に基づいて検出することにより、特定ガスの絶対量を求める。

【 0 0 1 6 】

次に、本発明に係るガス量測定装置について図面を参照して説明する。

（実施例 1）

図 1 を参照する。図中の符番 1 は、開閉自在な蓋 2 を備えた真空容器を示す。この真空容器 1 内には、試料としての熔融金属（図示せず）を收容するためのサンプルカップ 3 が配置されている。真空容器 1 の上流側には、大気開放バルブ 4 を介装した第 1 の配管 5 a

10

20

30

40

50

が接続されている。また、真空容器 1 の上流側には、校正ガス発生器 6 を介装した第 2 の配管 5 b が接続されている。ここで、校正ガス発生器 6 は、校正用バルブ 7 a , 7 b と、これらバルブ 7 a , 7 b 間の配管 5 b に接続された圧力計 8 と、ポンペ 9 とから構成されている。校正ガス発生器 6 のバルブ 7 a , 7 b 間の配管 5 b (配管部) 内の圧力は、校正用ガスを流す時に 1 気圧に調整される。

【 0 0 1 7 】

真空容器 1 の下流側には、第 3 の配管 5 c が接続されている。この第 3 の配管 5 c には、真空容器 1 内の圧力を測定する真空計 1 3 , フィルター 1 0 , 第 1 のバルブ 1 1 a , リークバルブ 1 2 , 第 2 のバルブ 1 1 b , ターボ分子ポンプ 1 4 , 第 3 のバルブ 1 1 c 及び粗引きポンプ 1 5 が、真空容器 1 側から順に配置されている。ここで、第 2 のバルブ 1 1 b 及び第 3 のバルブ 1 1 c は、サンプルの出入時にターボ分子ポンプ 1 4 が破壊するのを回避するために設けられている。また、ターボ分子ポンプ 1 4 は溶融金属からの放出ガス量が少ないときに利用するもので、常時作動される。この理由は、ON , OFF による作業時間の損失を防ぐためである。

10

【 0 0 1 8 】

フィルター 1 0 , 第 1 のバルブ 1 1 a 間の配管 5 c と、リークバルブ 1 2 , 第 2 のバルブ 1 1 b 間の配管 5 c は、第 1 のバイパス管 1 6 により接続されている。リークバルブ 1 2 , 第 2 のバルブ 1 1 b 間の配管 5 c と、第 3 のバルブ 1 1 c , 粗引きポンプ 1 5 間の配管 5 c は、第 2 のバイパス管 1 7 により接続されている。前記バイパス管 1 6 , 1 7 は、放出するガス量が多く、粗引きポンプ 1 5 を作動する場合に使用される。

20

【 0 0 1 9 】

こうした構成のガス量測定装置の動作は、次の通りである。

(1) サンプルカップに溶融金属を収容する前

まず、第 1 のバルブ 1 1 a , 第 2 のバルブ 1 1 b および第 4 のバルブ 1 1 d を全閉とし、第 3 のバルブ 1 1 c および第 5 のバルブ 1 1 e を全開として、粗引きポンプ 1 5 を立ち上げた後、ターボ分子ポンプ 1 4 を立ち上げる。この状態で、大気開放バルブ 4 を全開にして真空容器 1 の蓋 2 を開ける。次に、サンプルカップ 3 を真空容器 1 に入れ、蓋 2 を閉める。つづいて、大気開放バルブ 4 および第 3 のバルブ 1 1 c を全閉にし、第 4 のバルブ 1 1 d を全開にして、第 1 および第 2 のバイパス管 1 6 , 1 7 を経由して真空容器 1 内のガスを粗引きポンプ 1 5 で真空排気する。もし、真空容器 1 内のガス量が少ない場合、第 4 のバルブ 1 1 d は全開にしたまま、第 5 のバルブ 1 1 e を全閉にし、第 2 のバルブ 1 1 b および第 3 のバルブ 1 1 c を全開として第 1 のバイパス管 1 6 だけを經由してターボ分子ポンプ 1 4 と粗引きポンプ 1 5 で真空排気する。この状態で真空計 1 3 により真空容器 1 内の圧力を測定すると、図 2 の曲線 A のように徐々に圧力が低下するグラフが得られる。

30

【 0 0 2 0 】

(2) サンプルカップに溶融金属を収容した後

まず、粗引きポンプ 1 5 を止めた後 (ターボ分子ポンプ 1 4 を作動させている場合は、ターボ分子ポンプ 1 4 を先に止める) 、大気開放バルブ 4 を開放する (1 気圧に戻す) 。次に、真空容器 1 の蓋 2 を開け、サンプルカップ 3 にサンプルを入れた後、蓋 2 を閉じる。つづいて、上記 (1) と同様な操作を行ない、真空計 1 3 により真空容器 1 内の圧力を測定する。この結果、図 2 の曲線 B のように大小のピーク a , b , c をもつグラフが得られる。

40

【 0 0 2 1 】

(3) 校正用ガスの供給

まず、真空容器 1 のサンプルカップ 3 にサンプルを入れてから時間 T_1 (例えば、4 分 20 秒) 経過後、校正用バルブ 7 a , 7 b 間の配管 5 b (配管部) に、1 気圧の標準ガス例えば N_2 を入れる。つづいて、校正用バルブ 7 b を開けて、配管 5 b より真空容器 1 内に N_2 を所定時間 ($T_2 - T_1$) 流す。この結果、図 2 の曲線 C に示すように校正用ガスにより大きなピークをもつグラフ C が得られる。このグラフ C と前述したグラフ A より、

50

時間 $T_2 \sim T_1$ までの分子の個数 S_r を求める。ここで、 $S_r = PV$ 、 $PV = nRT$ である（但し、 P ：配管部の圧力、 V ：配管部の体積、 n ：モル数、 R ：定数、 T ：配管部の温度）ので、モル数 n を求めることができる。

【0022】

このように、上記実施例 1 のガス量測定装置によれば、真空容器 1 の上流側に、校正用バルブ 7a、7b とこれらバルブ 7a、7b 間の配管部に接続された圧力計 8 とポンプ 9 とから構成される校正ガス発生器 6 を設けた構成になっているので、全ての種類のガス量を測定することができる。

なお、上記実施例 1 では、標準ガスとして N_2 を流した場合について述べたが、これに限らず、 H_2 、 He 等の任意のガス種でもよい。

【0023】

（実施例 2）

図 4 を参照する。但し、図 1 と同部材は同符番を付して説明を省略する。本実施例 2 は、図 1 と比べ、サンプリングカップ 3 の周囲にヒーター 21 を設けたことを特徴とする。

実施例 2 によれば、ヒーター 21 の存在によりサンプルカップ 3 内に收容する熔融金属の温度低下を抑制することができる。

【0024】

（実施例 3）

本実施例 3 に係る介在物の測定装置について図 5 を参照する。

図中の符番 31 は測定装置本体であり、その内部に熔融金属 32 を收容する筒状の容器 33 が配置されている。この容器 33 の下部側には上下動可能なフィルター 34 が配置されている。前記容器 33 の外周部には、フィルター 34 を加熱するヒーター 35 が配置されている。フィルター 34 の真下には、フィルター 34 を通過した熔融金属 32 を受ける受け皿 36 が配置されている。容器 33 の上部には、熔融金属を加圧する際に使用する加圧ハンドル 37 及び上蓋 38 が配置されている。また、図示しないが、受け皿 36 内の熔融金属の切断面を観察する CCD カメラを備えた金属顕微鏡、及びこの金属顕微鏡を移動させる電動ステージが配置されている。

【0025】

こうした構成の測定装置の動作は次のとおりである。

まず、フィルター 34 を測定装置本体 31 内にセットした後、図示しない押し上げハンドルでフィルター 34 を上昇させ、筒状の容器 33 の下部に固定する。次に、試料としての熔融金属 32 を容器 33 内に挿入する。この挿入の際、フィルター 34 単体をヒーター 35 で加熱し、フィルター 34 の温度が約 680 まで達してから熔融金属 32 をセットする。熔融金属 32 が設定温度に達したら、図示しないパッキンを置き、中央の加圧ハンドル 37 を回転させて容器 33 内の熔融金属 32 を加圧する。この後、熔融金属が含まれるフィルター 34 を取り出し、精密切断機により切断する。引き続き、切断したフィルター 34 を研磨し、金属顕微鏡によりその表面を観察し、フィルターの表面に介在する炭化物、酸化物、金属間酸化物等の介在物の色と形状を選別する。

【0026】

ここで、上述した図 2 のように、曲線 B のピーク a、b、c では介在物の周囲に付着したガスが破裂し、圧力上昇が起こる。従って、測定圧力の上昇と容器内容積から個別破壊気泡体積を算出し、体積の平均値を求める。この際、破壊した気泡を球と過程して破裂個数と各気泡の体積を算出し、破裂個数 × 各気泡体積 = 破裂気泡体積とする。同時に、上述のようにサンプリングしてろ過したフィルターを画像解析して各介在物を球と仮定し、表面積 × 個数 = 介在物表面積とする。破裂気泡体積 x と介在物表面積 y との関係は図 6 に示すとおりで、 $y = 0.45834 + 0.35438x$ となり、相関関係 R は、0.57974（約 0.6）となる。

このように、実施例 3 によれば、熔融金属中の総介在物量（異物量）を測定することができる。また、図 5 の測定装置を用いてアルミ合金（ADC12）での全ガス量と H_2 ガ

10

20

30

40

50

ス量 (cc / 100 g Al) との関係調べたところ、図7に示す特性図が得られた。図7において、全ガス量を x、H₂ ガス量を y としたとき両者の関係は、 $y = 0.034313 + 0.74752x$ であり、相関関係 R は 0.74365 (約 0.7) である。このように、介在物の粒子数からガス量を測定することも可能であり、ガス量の管理が可能となる。

【0027】

なお、この発明は、上記実施例そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施例に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。具体的には、配管にフィルターを設けたが、必ずしも必要なものではないとともに、サンプリングカップの周囲に配置したヒーターも必ずしも必要なものではない。更に、異なる実施例に亘る構成要素を適宜組み合わせてもよい。更には、上記実施例では、熔融金属中の純粋なガス量を測定する場合について述べたが、介在物に付随するガス量を測定しながら介在物を観察するような場合にも適用できる。

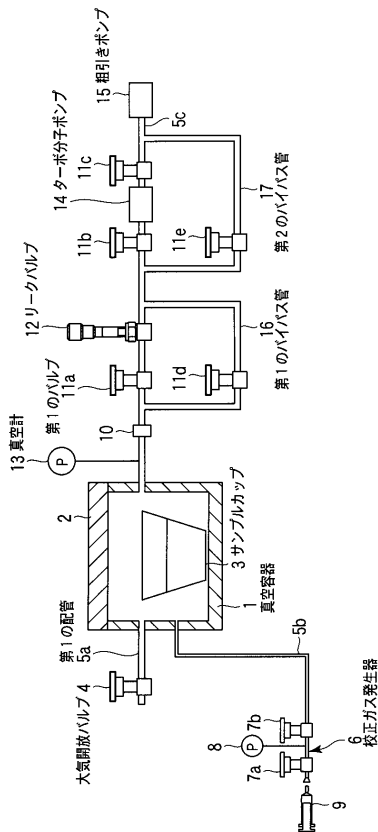
【符号の説明】

【0028】

1 ... 真空容器、3 ... サンプルカップ、4 ... 大気開放バルブ、5 a, 5 b, 5 c ... 配管、6 ... 校正ガス発生器、7 a, 7 b ... 校正バルブ、8 ... 圧力計、11 a, 11 b, 11 c, 11 d, 11 e ... バルブ、12 ... リークバルブ、13 ... 真空計、14 ... ターボ分子ポンプ、15 ... 粗引きポンプ、16, 17 ... バイパス配管、21, 35 ... ヒーター、31 ... 測定装置本体、32 ... 熔融金属、33 ... 容器、34 ... フィルター、36 ... 受け皿、37 ... 加圧ハンドル、38 ... 上蓋。

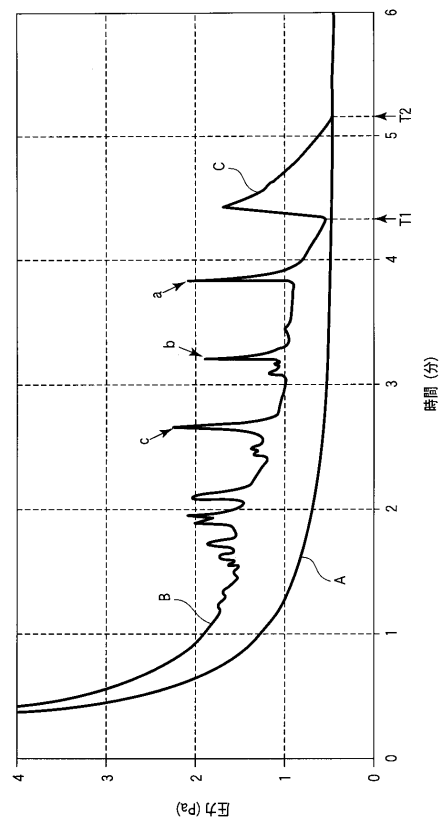
【図1】

図1



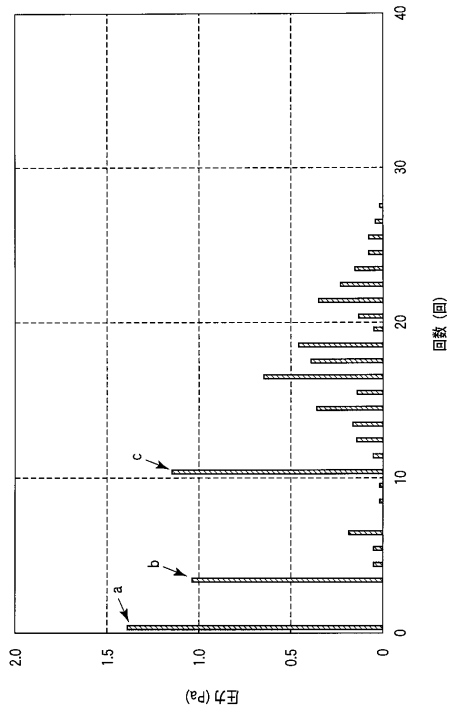
【図2】

図2



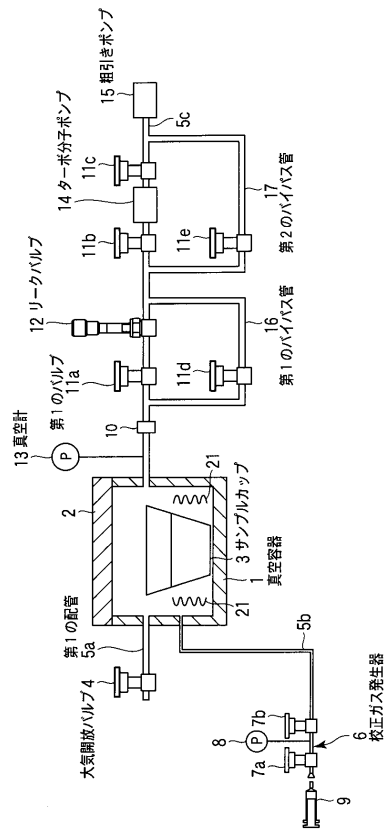
【 図 3 】

図 3



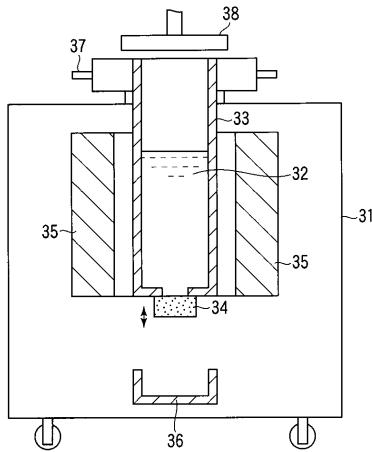
【 図 4 】

図 4



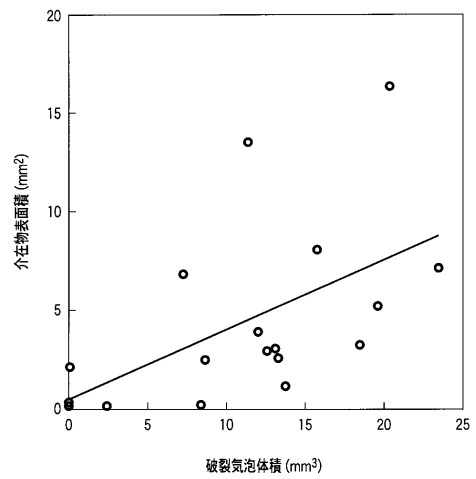
【 図 5 】

図 5



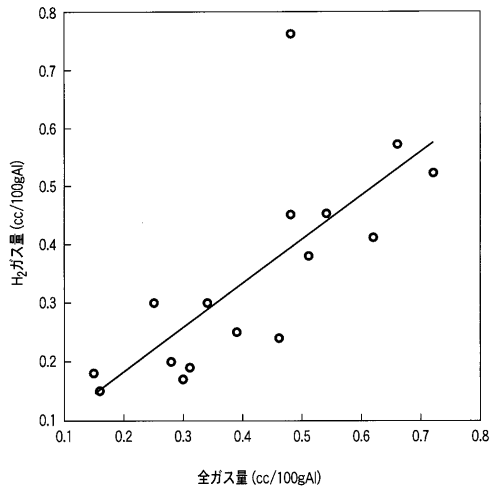
【 図 6 】

図 6



【 図 7 】

図 7



フロントページの続き

- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
- (74)代理人 100141933
弁理士 山下 元
- (72)発明者 阿部 哲也
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センタ
ー原子力科学研究所内
- (72)発明者 秦野 歳久
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センタ
ー原子力科学研究所内
- (72)発明者 平塚 一
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センタ
ー原子力科学研究所内
- (72)発明者 長谷川 浩一
茨城県那珂市向山 8 0 1 番地 1 独立行政法人日本原子力研究開発機構那珂核融合研究所内
- (72)発明者 田島 保英
茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 独立行政法人日本原子力研究開発機構東海研究開発センタ
ー原子力科学研究所内

(72)発明者 大間知 聡一郎
埼玉県ふじみ野市亀久保1 6 5 1 日本金属化学株式会社内