

明 細 書

発明の名称： 金属粉末製造装置及びそのガス噴射器

技術分野

[0001] 本発明は溶湯ノズルから流下する熔融金属に高圧ガス流体を衝突させることで微粒子状の金属（金属粉末）を製造する金属粉末製造装置及びそのガス噴射器に関する。

背景技術

[0002] 熔融金属から微粒子状の金属（金属粉末）を製造する方法にガスアトマイズ法や水アトマイズ法を含むアトマイズ法がある。ガスアトマイズ法は、熔融金属を貯留する溶解槽の下部の溶湯ノズルから溶湯を流下させ、溶湯ノズルの周囲に配置された複数のガス噴射ノズルから不活性ガスを溶湯に吹きつける。溶湯ノズルからの熔融金属の流れは、ガス噴射ノズルからの不活性ガス流によって分断され微細な多数の金属液滴となって噴霧槽内を落下し、表面張力によって球状化しながら凝固する。これにより噴霧槽底部の採集ホッパで球状の金属粉末が回収される。

[0003] 例えば特開 2 0 1 6 - 2 1 1 0 2 7 号公報には、噴霧チャンバ（噴霧槽）上部に設けられ金属溶湯を保持するるつぼと、前記るつぼの底部に接続して前記不活性ガスを吹きつけながら前記金属溶湯を前記噴霧チャンバ内に落下させるアトマイズノズル（溶湯ノズル）と、アトマイズノズルの周囲に備えられ、アトマイズノズルを流下する金属溶湯に高圧の不活性ガスを吹き付けて微細な多数の金属液滴とする複数の不活性ガスノズル（ガス噴射ノズル）と、前記噴霧チャンバ内をガス置換させるガス導入口及びガス排出口と、前記噴霧チャンバ内を酸化雰囲気及び／又は窒化雰囲気とするためのガスを与える第 2 のガス導入口とを有する金属粉末の製造装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2 0 1 6 - 2 1 1 0 2 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] 大量の金属粒子を積層して所望の形状の金属を造形する金属3次元プリンターの材料等をはじめとして、アトマイズ法に従前求められていた金属粉末よりも粒径の小さいもののニーズが近年高まっている。粉末冶金や溶接等に用いられる従前からの金属粉末の粒径は例えば70-100 μ m程度であったが、3次元プリンターに用いられる金属粉末の粒径は例えば20-50 μ m程度と非常に細かい。
- [0006] ここで、溶湯ノズルと、その溶湯ノズルの周囲に設けられた複数の噴射孔からなり、当該複数の噴射孔からガスを噴射することで当該溶湯ノズルから流下する溶湯を粉碎するガス噴射ノズルとを「噴霧ノズル」と総称する。従前からの噴霧槽の体型を変えずに微細な金属粉末を効率良く製造する方策としては、1つの噴霧槽に対して通常は1つだけ設けられる噴霧ノズルを、複数設けることが考えられる。
- [0007] しかし、このように複数の噴霧ノズルを設けると、各噴霧ノズルで粉碎された金属粒子同士が凝固前に接触して金属粒子の粒径が拡大し得るため、所望の粒径を有する金属粉末の収率の低下が懸念される。また、複数の噴霧ノズルを設けると、各噴霧ノズル（溶湯ノズル）から噴霧槽の内壁までの距離は従前より短くなるため、凝固前の金属粒子が噴霧槽の内壁に接触したり固着したりして収率が低下し易い。さらに、噴霧槽の内壁に金属粒子が固着・堆積することで噴霧槽の放熱性能が低下した場合には、金属粉末が噴霧槽内で十分に冷却されずにホoppaに固着・堆積して収率が低下する可能性もある。
- [0008] 本発明の目的は、噴霧槽の体型を変えずに微細な金属粉末を効率良く製造できる金属粉末製造装置及びそのガス噴射器を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0009] 本願は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、噴霧槽と、るつぽに蓄えられた熔融金属を前記噴霧槽内に流下させる

複数の溶湯ノズルと、前記複数の溶湯ノズルがそれぞれ挿入される複数の溶湯ノズル挿入孔が設けられたガス噴射器と、前記複数の溶湯ノズル挿入孔のそれぞれの周囲に第１の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記溶湯ノズルから流下する熔融金属に対してガスを噴射して粉碎する第１ガス噴射ノズルと、前記第１の環のそれぞれの外側に第２の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記第１ガス噴射ノズルで粉碎された金属粒の飛散を防止するためにガスを噴射する第２ガス噴射ノズルと、前記第２ガス噴射ノズルの外側に第３の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記噴霧槽の内壁面に対してガスを噴射する第３ガス噴射ノズルとを金属粉末製造装置に備えることとする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば噴霧槽の体型を変えずに微細な金属粉末を効率良く製造できる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]金属粉末製造装置であるガスアトマイズ装置の全体構成図。

[図2]ガス噴射器２００の周辺の断面図。

[図3]ガス噴射器２００の底面図。

[図4]ガス噴射器２００の斜視図。

[図5]ガス噴射ノズル７１Ａを構成する複数の噴射孔９１のガス噴射方向と第１溶湯ノズル１１Ａの溶湯の流下領域２７の関係図。

[図6]ガス噴射ノズル７２Ａを構成する複数の噴射孔９２のガス噴射方向とガス噴射ノズル７１Ａの焦点（第１焦点）２６１の関係図。

[図7]噴霧槽４の図１におけるVII－VII矢視断面図。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

[0013] 図１は本発明に係る金属粉末製造装置であるガスアトマイズ装置の全体構成図である。図１のガスアトマイズ装置は、液体状の金属である熔融金属（

溶湯)が蓄えられる容器であるるつぼ(タンディッシュ)100(図2参照)が収納される溶解槽1と、溶解槽1から溶湯ノズル(後述)11を介して細粒となって流下する溶湯に対して高圧ガス(ガス流体)を吹き付けて多数の微粒子に粉碎して溶融金属を液体噴霧するガス噴射器200と、ガス噴射器200に高圧ガスを供給するための噴射ガス供給管(噴射流体供給管)3と、不活性ガス雰囲気保持された容器であってガス噴射器200から噴霧された微粒子状の液体金属が落下中に急凝固される噴霧槽4と、噴霧槽4の底部に設けられ噴霧槽4での落下中に凝固した粉末状の固体金属を回収する採集ホッパ(ホッパ)5とを備えている。ガスアトマイズ装置は、溶湯ノズル11から流下する溶湯に対して、ガス噴射器200でガスを噴射して金属粉末を製造する。

[0014] 溶解槽1内は不活性ガス雰囲気保持することが好ましい。噴霧槽4は、上部及び中部では同一の径を有する円筒状の容器であるが、採集ホッパ5による金属粉末の回収し易さの観点から、下部では採集ホッパ5に近づくほど径が小さくなるテーパ形状になっている。採集ホッパ5からは不活性ガスが適宜排気6として排出されている。

[0015] 図2は本実施形態に係るガスアトマイズ装置のガス噴射器200周辺の断面図であり、図3は本実施形態のガス噴射器200の底面図であり、図4は本実施形態のガス噴射器200の斜視図である。なお、図4では図3中に示した第2ガス噴射ノズル72及び第3ガス噴射ノズル73を構成する複数の噴射孔(貫通孔)92、93は省略している。

[0016] ー溶湯ノズル11A、11Bー

図2に示すように、溶解槽1内のるつぼ100の底部には、るつぼ100内の溶融金属を噴霧槽4内にそれぞれ流下させる複数の溶湯ノズルである溶湯ノズル11A、11Bが溶解槽1の底面から鉛直下方に向かって突出して設けられている。2本の溶湯ノズル11A、11Bは、同一の形状とすることができ、それぞれの内部に溶湯が流下する鉛直方向に延びた縦長の孔を有している。この縦長の孔は、るつぼ100の底部から鉛直下方に向かって溶

融金属が流下する溶湯流路となる。

[0017] 溶湯ノズル 1 1 A と溶湯ノズル 1 1 B の下端に位置する開口端 2 1 A, 2 1 B は、ガス噴射器 2 0 0 の底面から突出して噴霧槽 4 内の空洞に臨むようにそれぞれ配置されている。るつぼ 1 0 0 内の熔融金属は溶湯ノズル 1 1 A, 1 1 B の内部の孔を溶湯流 8 となって流下し開口端 2 1 A, 2 1 B を介して噴霧槽 4 内に放出（流下）される。噴霧槽 4 内に導入される溶湯の径の大きさに寄与する第 1 溶湯ノズル 1 1 A と第 2 溶湯ノズル 1 1 B の最小内径としては、例えば従前より小さい 5 mm 以下の値が選択できる。

[0018] ーガス噴射器 2 0 0ー

略円柱状の外形を有するガス噴射器 2 0 0 は、図 2 に示すように、複数の溶湯ノズル 1 1 A, 1 1 B がそれぞれ挿入される複数の溶湯ノズル挿入孔 1 2 A, 1 2 B と、各溶湯ノズル 1 1 A, 1 1 B から流下する熔融金属に対してガスを噴射して粉碎する第 1 ガス噴射ノズル 7 1 を備えている。ガス噴射器 2 0 0 は、不活性の高圧ガスで満たされる中空構造の円柱形状の外形を有しており、その内部は複数の溶湯ノズル挿入孔 1 2 A, 1 2 B のそれぞれの周囲にガス流を形成するガス流路 5 0 となっている。ガス流路 5 0 は、ガス噴射器 2 0 0 の円柱の側面に設けられたガス吸入孔（図示せず）に接続される噴射ガス供給管 3 から高圧ガスの供給を受ける。また、ガス噴射器 7 0 はるつぼ 1 0 0 を支持している。なお、図示は省略するが、溶解槽 1 とガス噴射器 7 0 の間には、溶解槽 1 からの熱伝導を防止する観点から断熱材を挿入することが好ましい。

[0019] ー溶湯ノズル挿入孔 1 2 A, 1 2 Bー

溶湯ノズル挿入孔 1 2 A と溶湯ノズル挿入孔 1 2 B は、図 4 に示すように、円柱状のガス噴射器 2 0 0 の中心軸 (C g 0) と平行の軸 (C m 1, C m 2) を有する 2 本の円柱状の貫通孔である。第 1 溶湯ノズル挿入孔 1 2 A と第 2 溶湯ノズル挿入孔 1 2 B には、第 1 溶湯ノズル 1 1 A と第 2 溶湯ノズル 1 1 B がそれぞれ挿入される。第 1 溶湯ノズル挿入孔 1 2 A と第 2 溶湯ノズル挿入孔 1 2 B の中心軸 C m 1, C m 2 は第 1 溶湯ノズル 1 1 A と第 2 溶湯

ノズル 1 1 B の孔の中心軸に一致させることができる。

[0020] ー 第 1 ガス噴射ノズル 7 1 (7 1 A, 7 1 B) ー

第 1 ガス噴射ノズル 7 1 は、複数の溶湯ノズル挿入孔 1 2 A, 1 2 B のそれぞれの周囲に第 1 の環 (図 3 参照) 6 1 を描くように配置された複数の噴射孔 (貫通孔) 9 1 からなる。ここでは第 1 ガス噴射ノズル 7 1 のうち、溶湯ノズル挿入孔 1 2 A の周囲に位置する複数の噴射孔 9 1 が形成するものをガス噴射ノズル 7 1 A と称し、溶湯ノズル挿入孔 1 2 B の周囲に位置する複数の噴射孔 9 1 が形成するものをガス噴射ノズル 7 1 B と称する。

[0021] 図 5 はガス噴射ノズル 7 1 A を構成する複数の噴射孔 9 1 のガス噴射方向と第 1 溶湯ノズル 1 1 A の溶湯の流下領域 2 7 の関係図である。

[0022] 図 5 にはガス噴射ノズル 7 1 A を構成する複数の噴射孔 9 1 のガス噴射方向を直線 2 5 1 で示しており、各噴射孔 9 1 は対応する直線 2 5 1 と一致する中心軸を有する貫通孔をガス噴射器 2 0 0 の底面に穿つことで形成されている。この複数の噴射孔 9 1 はガス噴射器 2 0 0 の底面において第 1 溶湯ノズル挿入孔 1 2 A の中心軸 C_{m1} と同心円である第 1 の環 6 1 の上に等間隔で配置されている。ガス噴射ノズル 7 1 A を構成する全ての噴射孔 9 1 のガス噴射方向 (直線 2 5 1) は共通の焦点 (第 1 焦点) 2 6 1 を通過している。すなわち全ての噴射孔 9 1 のガス噴射方向は一点 (焦点 2 6 1) に集中している。焦点 2 6 1 は第 1 溶湯ノズル 1 1 A (図 4 には図示せず) から流下する溶融金属の外径によって規定される略円柱状の流下領域 2 7 内に位置している。流下領域 2 7 の径は、第 1 溶湯ノズル 1 1 A を構成する孔の最小内径 (オリフィス径) に応じて適宜調整できる。流下領域 2 7 の径は例えば第 1 溶湯ノズル 1 1 A の開口端 2 1 A の径以下の値にすることもできる。なお、説明は省略するが、ガス噴射ノズル 7 1 B もガス噴射ノズル 7 1 A と同様に形成されている。

[0023] なお、本実施形態における第 1 の環 6 1 は、溶湯ノズル挿入孔 1 2 A, 1 2 B の中心軸とガス噴射器 2 0 0 の底面 (噴霧槽 4 内に臨む面) との交点を中心とする真円である。図 3 中では、ガス噴射ノズル 7 1 A を構成する噴射

孔 9 1 の数とガス噴射ノズル 7 1 B を構成する噴射孔 9 1 の数とは同数であるが、異ならせても良い。

[0024] ー噴霧ノズル 2 0 A, 2 0 Bー

ガス噴射ノズル 7 1 A と溶湯ノズル 1 1 A は、噴霧槽 4 内に熔融金属を液体噴霧する第 1 噴霧ノズル 2 0 A を構成し、ガス噴射ノズル 7 1 B と溶湯ノズル 1 1 B は、同様に、第 2 噴霧ノズル 2 0 B を構成する。すなわち本実施形態のガスアトマイズ装置は第 1 噴霧ノズル 2 0 A と第 2 噴霧ノズル 2 0 B の 2 つの噴霧ノズルを備えている。

[0025] 本実施形態のガス噴射器 2 0 0 は、上記の第 1 ガス噴射ノズル 7 1 に加えてさらに、ガス噴射器 2 0 0 の底面に設けられる第 2 ガス噴射ノズル 7 2 及び第 3 ガス噴射ノズル 7 3 と、噴霧槽 4 の内壁面に設けられる第 4 ガス噴射ノズル 7 4 (図 1 参照) とを備えている。

[0026] ー第 2 ガス噴射ノズル 7 2 (7 2 A, 7 2 B)ー

第 2 ガス噴射ノズル 7 2 は、2 つの第 1 の環 6 1 のそれぞれの外側に第 2 の環 6 2 を描くようにガス噴射器 2 0 0 の底面に配置された複数の噴射孔 (貫通孔) 9 2 からなり、第 1 ガス噴射ノズル 7 1 で粉碎された金属粒の飛散を防止するためにガスを噴射するガス噴射ノズルである。複数の噴射孔 9 2 は、ガス噴射器 2 0 0 の底面に穿たれている。ここでは第 2 ガス噴射ノズル 7 2 のうち、溶湯ノズル挿入孔 1 2 A の周囲に位置する複数の噴射孔 9 2 が形成するものをガス噴射ノズル 7 2 A と称し、溶湯ノズル挿入孔 1 2 B の周囲に位置する複数の噴射孔 9 2 が形成するものをガス噴射ノズル 7 2 B と称する。

[0027] 図 6 はガス噴射ノズル 7 2 A を構成する複数の噴射孔 9 2 のガス噴射方向とガス噴射ノズル 7 1 A の焦点 (第 1 焦点) 2 6 1 の関係図である。

[0028] 図 6 にはガス噴射ノズル 7 2 A を構成する複数の噴射孔 9 2 のガス噴射方向を直線 2 5 2 で示しており、各噴射孔 9 2 は対応する直線 2 5 2 と一致する中心軸を有する貫通孔をガス噴射器 2 0 0 の底面に穿つことで形成されている。この複数の噴射孔 9 2 はガス噴射器 2 0 0 の底面において第 1 溶湯ノ

ズル挿入孔 1 2 A の中心軸 C_{m1} と同心円である第 2 の環 6 2 の上に等間隔で配置されている。ガス噴射ノズル 7 2 A を構成する全ての噴射孔 9 2 のガス噴射方向（直線 2 5 2）は共通の焦点（第 2 焦点）2 6 2 を通過している。すなわち全ての噴射孔 9 2 のガス噴射方向は一点（焦点 2 6 2）に集中している。この焦点（第 2 焦点）2 6 2 はガス噴射ノズル 7 1 A の焦点（第 1 焦点）2 6 1 よりも下方に位置している。なお、説明は省略するが、ガス噴射ノズル 7 2 B もガス噴射ノズル 7 2 A と同様に形成されている。

[0029] なお、本実施形態における第 2 の環 6 2 は、溶湯ノズル挿入孔 1 2 A、1 2 B の中心軸とガス噴射器 2 0 0 の底面（噴霧槽 4 内に臨む面）との交点を中心とする真円であるが、楕円でも多角形でも良く、その中心は溶湯ノズル挿入孔 1 2 A、1 2 B の中心軸上からずれていても良い。ただし、第 2 の環 6 2 上に配置される複数の噴射孔 9 2 の焦点（第 2 焦点）2 6 2 が第 1 焦点 2 6 1 よりも下方に位置するように第 2 の環 6 2 及び各噴射孔 9 2 の噴射方向 2 5 2 を設定する必要がある。また、図 3 中では、ガス噴射ノズル 7 2 A を構成する噴射孔 9 2 の数とガス噴射ノズル 7 2 B を構成する噴射孔 9 2 の数は同数であるが、異ならせても良い。また、図 6 中では、ガス噴射ノズル 7 2 A を構成する噴射孔 9 2 の数とガス噴射ノズル 7 1 A を構成する噴射孔 9 1 の数は同数であるが、異ならせても良い。

[0030] ー第 3 ガス噴射ノズル 7 3 ー

第 3 ガス噴射ノズル 7 3 は、第 2 ガス噴射ノズル 7 2（2 つの第 2 の環 6 2）の外側に第 3 の環 6 3 を描くようにガス噴射器 2 0 0 の底面に配置された複数の噴射孔（貫通孔）9 3 からなり、噴霧槽 4 の内壁面に対してガスを噴射するガス噴射ノズルである。複数の噴射孔 9 3 は、ガス噴射器 2 0 0 の底面においてガス噴射器 2 0 0 の中心軸 C_{g0} が通過する点を中心とする第 3 の環 6 3 の上に等間隔で配置されている。

[0031] 図 2 及び図 3 にはガス噴射ノズル 7 3 を構成する噴射孔 9 3 のガス噴射方向を矢印 2 5 3 で示している。各噴射孔 9 3 のガス噴射方向（直線 2 5 3）は噴霧槽 4 における最寄りの内壁面に対して向かっている。本実施形態のガ

ス噴射方向 253 をガス噴射器 200 に投影したベクトルは、第 3 の環 63 の中心（ガス噴射器 200 の底面においてガス噴射器 200 の中心軸 Cg0 が通過する点）から外側に向かって放射状になっている。図 3 中に複数の噴射孔 93 のうちの 1 つのガス噴射方向 253 を示す。各噴射孔 93 は対応する直線 253 と一致する中心軸を有する貫通孔をガス噴射器 200 の底面に穿つことで形成されている。

[0032] なお、本実施形態における第 3 の環 63 は、ガス噴射器 200 の中心軸 Cg0 がガス噴射器 200 の底面を通過する点を中心とする真円であるが、楕円でも多角形でも良く、その中心はガス噴射器 200 の中心軸 Cg0 上からずれていても良い。ただし、各噴射孔 92 から噴射されるガスの噴射方向 253 が噴霧槽 4 の内壁面に向かうように第 3 の環 63 及び各噴射孔 93 の軸方向を設定する必要がある。なお、図 3 に示した噴射孔 93 の数は一例に過ぎず、噴霧槽 4 の冷却性能が損なわれない範囲で任意の数が選択できる。

[0033] ー第 4 ガス噴射ノズル 74（74A，74B）ー

第 4 ガス噴射ノズル 74 は、図 1 に示すように、噴霧槽 4 内の所定の高さに配置された複数の噴射孔 94 からなり、噴霧槽 4 の内壁面に沿ってガスを噴射することで噴霧槽 4 内に噴霧槽 4 の中心軸 Cg0 の周囲に旋回流 81 を発生するガス噴射ノズルである。本実施形態では図 1 に示すように噴霧槽 4 における設置高さの異なる 2 つのガス噴射ノズル 74A，74B が設けられている。ここでは第 4 ガス噴射ノズル 74 のうち、噴霧槽 4 の高さ方向において相対的に高い位置に設けられているものをガス噴射ノズル 74A と称し、相対的に低い位置に設けられているものをガス噴射ノズル 74B と称する。

[0034] 図 7 は噴霧槽 4 の図 1 における VII-VII 矢視断面図であり、ガス噴射ノズル 74A 及びそれを構成する複数の噴射孔 94 の構成図である。図 7 にはガス噴射ノズル 74A を構成する複数の噴射孔 94 から噴射されるガスの流れを矢印 254 で示しており、各噴射孔 94 は噴霧槽 4 の内壁面の軸方向断面における接線方向と一致する中心軸を有する管で形成されている。この複数

の噴射孔 9 4 は図 7 に示すように噴霧槽 4 の内周面の周方向において等間隔で配置されている。複数の噴射孔 9 4 のそれぞれは噴射ガス供給管（噴射流体供給管） 3 と接続されており、噴射ガス供給管 3 から高压ガスの供給を受ける。なお、図 7 の例では同一平面上に 4 つの噴射孔 9 4 が 90 度間隔で配置されているが、旋回流 8 1 が発生可能であれば噴射孔 9 4 の数はその他の値でも良い。また、説明は省略するが、ガス噴射ノズル 7 4 B もガス噴射ノズル 7 4 A と同様に形成されている。

[0035] －動作・効果－

（１）第 1 ガス噴射ノズル 7 1（噴霧ノズル 20 A, 20 B）

上記のように構成された金属粉末製造装置において、噴射ガス供給管 3 からガス噴射器 200 に高压ガスを供給すると、ガス噴射器 200 において第 1 ガス噴射ノズル 7 1 A, 7 1 B を構成する全ての噴射孔 9 1 から噴霧槽 4 の内部に向かって噴射孔 9 1 ごとに予め定められた噴射方向（直線 251（図 5 参照））に従って同じ圧力の高压ガスが噴射される。このとき、第 1 ガス噴射ノズル 7 1 A, 7 1 B では、それぞれの焦点（第 1 焦点）261 に対してガスが集中噴射され、図 5 に示すような焦点 261 を頂点とし複数の噴射孔 9 1 が配置された円（環）61 を底面とする逆円錐状（逆円錐形状）の流体膜 101 が形成される。この流体膜 101 を金属噴霧ガスジェット（第 1 ガスジェット）101 と称することがある。

[0036] 一方、溶解槽 1 に熔融金属を投入すると、溶解槽 1 の底面に設けられた複数の溶湯ノズル 11 A, 11 B を介して噴霧槽 4 の内部に対して 2 本の溶湯流 8 が流下される。そして、その溶湯流 8 は、第 1 ガス噴射ノズル 7 1 A, 7 1 B に係る 2 つの焦点 261 の近傍で高压ガスが形成する金属噴霧ガスジェット 101 と衝突して多数の微粒子 15 に粉碎される。

[0037] 本実施形態では 2 本の溶湯ノズル 11 A, 11 B を構成する孔の最小内径として従前（例えば 5 mm 程度）よりも小さな値（例えば 1 - 2 mm）を選択しているため、例えば第 1 ガス噴射ノズル 7 1 A, 7 1 B から従前と同じ圧力でガスを噴射しても従前よりも径の細かな金属粒子を容易に得られる。

また、従前と同じ圧力でガスを噴射した場合には噴霧槽 4 内での金属粒子の飛距離も抑えられるので、金属粒子の変形防止の観点から径の大きな噴霧槽 4 への取り替える必要や噴霧槽 4 の設置スペースを拡大する必要もない。一方、従前よりも最小内径を縮小しているため、溶湯ノズル 11 A, 11 B ごとでみれば時間あたりの溶湯流 8 の流量が従前より低下して収率が低下するものの、本実施形態では 1 つの噴霧槽 4 に対して 2 本の溶湯ノズル 11 A, 11 B (すなわち 2 つの噴霧ノズル 20 A, 20 B) を有するため、時間あたりの収率を 2 倍にすることができる。

[0038] (2) 第 2 ガス噴射ノズル 7 2

また、噴射ガス供給管 3 からガス噴射器 200 に高圧ガスを供給すると、上記の第 1 ガス噴射ノズル 7 1 の場合と同様に、ガス噴射器 200 において第 2 ガス噴射ノズル 7 2 A, 7 2 B を構成する全ての噴射孔 9 2 から噴霧槽 4 の内部に向かって噴射孔 9 2 ごとに予め定められた噴射方向 (直線 252 (図 6 参照)) に従って同じ圧力の高圧ガスが噴射される。このとき、第 2 ガス噴射ノズル 7 2 A, 7 2 B では、それぞれの焦点 (第 2 焦点) 262 に対してガスが集中噴射され、図 6 に示すような焦点 262 を頂点とし複数の噴射孔 9 2 が配置された円 (環) 62 を底面とする逆円錐状 (逆円錐形状) の流体膜 102 が形成される。この流体膜 102 を接触防止ガスジェット (第 2 ガスジェット) 102 と称することがある。

[0039] このように第 2 ガス噴射ノズル 7 2 A, 7 2 B が形成する接触防止ガスジェット 102 は、2 つの噴霧ノズル 20 A, 20 B のうち一方の噴霧ノズルから噴霧された微粒子 15 (例えば溶湯ノズル 11 A から流下される熔融金属) と他方の噴霧ノズルから噴霧された微粒子 15 (例えば溶湯ノズル 11 B から流下される熔融金属) が衝突することを防止するエアカーテンとして機能する。その結果、変形した金属粒子の発生が防止され、噴霧ノズル 20 A, 20 B のみを備える場合と比較して金属粉末の製造効率を向上できる。

[0040] また、本実施形態に係る金属粉末製造装置は、1 つの噴霧槽 4 内に 2 組の噴霧ノズル 20 A, 20 B を備えており、噴霧ノズル 20 が 1 組のみの従前

のものに比して各噴霧ノズル 20A, 20B から噴霧槽 4 の内壁面までの距離が短く、凝固前の金属粉末 15 が噴霧槽 4 の内壁面に衝突・付着しやすい構造となっている。この点に関し、本実施形態の第 2 ガス噴射ノズル 72 が形成する接触防止ガスジェット（第 2 ガスジェット）102 は、金属噴霧ガスジェット（第 1 ガスジェット）101 を外側から覆うような略円錐形状を有しており、微粒子 15 が噴霧槽 4 の内壁面に向かって飛散することを抑制できる。すなわち、本実施形態によれば、この観点からも金属粉末の製造効率を向上できる。また、例えば従前と同径の噴霧槽 4 を利用した場合であっても微粒子 15 の衝突を防止できるので、噴霧槽 4 の取り替えコストや設置スペースの増大を防止することもできる。

[0041] なお、第 1 ガス噴射ノズル 71 からの噴射ガスによって微粒子 15 となり、第 2 ガス噴射ノズル 72 からの噴射ガスによって噴霧槽 4 の径方向への飛散を抑止された金属は、噴霧槽 4 内の落下中に急速冷却されて凝固して多数の金属粉として採集ホッパ 5 で回収される。

[0042] (3) 第 3 ガス噴射ノズル 73

また、噴射ガス供給管 3 からガス噴射器 200 に高圧ガスを供給すると、上記の第 1, 2 ガス噴射ノズル 71, 72 の場合と同様に、ガス噴射器 200 において第 3 ガス噴射ノズル 73 を構成する全ての噴射孔 93 から噴霧槽 4 の内壁に向かって噴射孔 93 ごとに予め定められた噴射方向（直線 253（図 3 参照））に従って同じ圧力の高圧ガスが噴射される。このとき、第 3 ガス噴射ノズル 73 では、各噴射孔 93 から噴霧槽 4 における最寄りの内壁面に対してガスが噴射され、図 2 に示すような略円錐台状の流体膜 103 が形成される。この流体膜 103 を噴霧槽冷却ガスジェット（第 3 ガスジェット）103 と称することがある。

[0043] このように第 3 ガス噴射ノズル 73 が形成する噴霧槽冷却ガスジェット 103 は、噴霧槽 4 の内壁面に放出されて噴霧槽 4 を冷却する。これにより噴霧ノズル 20A, 20B で噴霧された微粒子（金属粉末）15 が噴霧槽 4 内で十分に冷却され易くなるため、噴霧槽 4 内で凝固せずにホッパ 5 に固着・

堆積して収率が低下することが抑制できる。また、噴霧槽冷却ガスジェット 103 は、接触防止ガスジェット 102 と同様に微粒子 15 が噴霧槽 4 の内壁面と衝突することを防止する機能を発揮する。すなわち、本実施形態によれば、この観点からも金属粉末の製造効率を向上できる。

[0044] (4) 第4 ガス噴射ノズル 74

また、第4 ガス噴射ノズル 74 (74A, 74B) に高圧ガスを供給すると、第4 ガス噴射ノズル 74 を構成する全ての噴射孔 94 から噴霧槽 4 の内壁に沿って噴射孔 94 ごとに予め定められた噴射方向 (例えば図 7 における内周壁の接線方向) に従って同じ圧力の高圧ガスが噴射される。これにより図 7 に示す矢印 254 のようなガスの流れが噴霧槽 4 に発生し、その結果、噴霧槽 4 の中心軸の周りに噴霧槽 4 の内壁に沿った旋回流 81 が発生する。

[0045] この旋回流 81 は、第2 ガスジェット 102, 第3 ガスジェット 103 と同様に微粒子 15 が噴霧槽 4 の内壁面と衝突することを防止する機能を発揮する。また、旋回流 81 は、噴霧槽 4 の水平面内における熱分布を均一化する作用を発揮するため、第3 ガスジェット 103 との相乗効果により噴霧槽 4 の冷却性能を向上できる。すなわち、本実施形態によれば、この観点からも金属粉末の製造効率を向上できる。

[0046] 以上のように、第1 ガス噴射ノズル 71 に加えて、第2, 第3 及び第4 ガス噴射ノズル 72, 73, 74 を備える本実施形態の金属噴霧装置によれば、噴霧槽の体型を変えずに微細な金属粉末を効率良く製造できる。

[0047] <その他>

本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲内の様々な変形例が含まれる。例えば、本発明は、上記の実施の形態で説明した全ての構成を備えるものに限定されず、その構成の一部を削除したものも含まれる。また、ある実施の形態に係る構成の一部を、他の実施の形態に係る構成に追加又は置換することが可能である。

[0048] 例えば、ガス噴射器 200 内のガス流路 50 はガス噴射ノズル 71 - 73 ごとに分離しても良いし、ガス流路 50 を複数に分離した上で各ガス流路に

異なる圧力のガスを供給することで各ガス噴射ノズル71-73から噴射されるガス圧を変更・調整しても良い。また、各ガス噴射ノズル71-74の径を適宜異ならせても良い。

[0049] 上記の実施形態では、第1ガス噴射ノズル71に加えて、第2-第4ガス噴射ノズル72-74を備える場合を説明したが、第2-第4ガス噴射ノズル72-74のうち少なくとも1つのガス噴射ノズルを備える実施形態においても、金属粉末の製造効率の向上効果は発揮され得る。

[0050] 上記の第4ガス噴射ノズル74は、図7中における反時計回りに旋回流81を発生するように構成したが、時計回りの旋回流81を発生するように噴射孔94の向きを変更しても良い。また、第4ガス噴射ノズル74は、噴霧槽4の高さ方向の2箇所設けたが、1箇所や3箇所以上設けても良い。

[0051] 上記の実施形態では1つ噴霧槽につき2つの噴霧ノズル20A, 20Bを備える場合について説明したが、噴霧ノズルの数は1つに減らしても構わないし、3つ以上に増加しても構わない。

[0052] また、上記ではガス噴射ノズル71-74から気体（ガス流体）を噴射する場合について説明したが水などの液体を噴射しても構わない。すなわち流体を噴射するノズルであれば本発明は適用できる可能性がある。

符号の説明

[0053] Cg0…金属噴霧装置200（噴霧槽4）の中心軸、Cm1, Cm2…溶湯ノズル挿入孔の中心軸、1…溶解槽、3…噴射ガス供給管、4…噴霧槽、5…採集ホッパ、6…排気、7…溶融金属（溶湯）、8…溶湯流、10…噴射ガスジェット、11（11A, 11B）…溶湯ノズル、12（12A, 12B）…溶湯ノズル挿入孔、15…微粒子、20（20A, 20B）…噴霧ノズル、21…溶湯ノズルの開口端、50…ガス流路、61…第1の環、62…第2の環、63…第3の環、71（71A, 71B）…第1ガス噴射ノズル、72（72A, 72B）…第2ガス噴射ノズル、73…第3ガス噴射ノズル、74（74A, 74B）…第4ガス噴射ノズル、91…噴射孔、93…噴射孔、94…噴射孔、100…るつぼ、101…金属噴霧ガスジェッ

ト、１０２…接触防止ガスジェット、２００…ガス噴射器、２５１…ガス噴射方向（噴射孔中心軸）、２５２…ガス噴射方向（噴射孔中心軸）、２５３…ガス噴射方向（噴射孔中心軸）、２５４…ガスの流れ方向、２６１…第１ガス噴射ノズルの焦点（第１焦点）、２６２…第２ガス噴射ノズルの焦点（第２焦点）

請求の範囲

- [請求項1] 噴霧槽と、
- るつぽに蓄えられた熔融金属を前記噴霧槽内に流下させる複数の溶湯ノズルと、
- 前記複数の溶湯ノズルがそれぞれ挿入される複数の溶湯ノズル挿入孔が設けられたガス噴射器と、
- 前記複数の溶湯ノズル挿入孔のそれぞれの周囲に第1の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記溶湯ノズルから流下する熔融金属に対してガスを噴射して粉砕する第1ガス噴射ノズルと、
- 前記第1の環のそれぞれの外側に第2の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記第1ガス噴射ノズルで粉砕された金属粒の飛散を防止するためにガスを噴射する第2ガス噴射ノズルと、
- 前記第2ガス噴射ノズルの外側に第3の環を描くように前記ガス噴射器の底面に配置された複数の噴射孔からなり、前記噴霧槽の内壁面に対してガスを噴射する第3ガス噴射ノズルとを備えることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項2] 請求項1の金属粉末製造装置において、
- 前記噴霧槽内の所定の高さに配置された複数の噴射孔からなり、前記噴霧槽の内壁面に沿ってガスを噴射することで前記噴霧槽内に前記噴霧槽の中心軸の周囲に旋回流を発生する第4ガス噴射ノズルを備えることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項3] 請求項2の金属粉末製造装置において、
- 前記第4ガス噴射ノズルは前記噴霧槽の高さ方向において複数設けられていることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項4] 溶湯にガスを噴射して金属粉末を製造する金属粉末製造装置のガス噴射器であって、

噴霧槽内に熔融金属を流下させる溶湯ノズルが挿入される複数の溶湯ノズル挿入孔と、

前記複数の溶湯ノズル挿入孔のそれぞれの周囲に第1の環を描くように配置された複数の噴射孔からなり、前記溶湯ノズルから流下する熔融金属に対してガスを噴射して粉碎する第1ガス噴射ノズルと、

前記第1の環のそれぞれの外側に第2の環を描くように配置された複数の噴射孔からなり、前記第1ガス噴射ノズルで粉碎された金属粒の飛散を防止するためにガスを噴射する第2ガス噴射ノズルと、

前記第2ガス噴射ノズルの外側に第3の環を描くように配置された複数の噴射孔からなり、前記噴霧槽の内壁面に対してガスを噴射する第3ガス噴射ノズルとを備えることを特徴とするガス噴射器。