

明 細 書

発明の名称： 金属粉末製造装置、そのるつぼ器及び溶湯ノズル

技術分野

[0001] 本発明は溶湯ノズルの噴霧槽側の端部に流体を噴射して溶湯ノズルから流下する熔融金属に高圧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、そのるつぼ器及び溶湯ノズルに関する。

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（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 μm 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 μm 程度と非常に細かい。
- [0006] ところで、アトマイズ法による金属粉末製造装置の溶湯ノズルは、溶湯の流量を制御する部分であって、内径が最も細い（狭い）部分であるオリフィス部を備えている。そして、溶湯ノズルは一般に単一の素材で製造される。例えば、窒化ホウ素（ボロンナイトライド（BN））等の比較的柔らかい材質の素材は、注湯時の急激な温度変化に起因する衝撃的な熱応力（熱衝撃）に強いため湯漏れの心配は少ないが、溶湯との接触により摩耗し易いため、継続利用するとオリフィス部の径が拡大して溶湯流量が初期値から増加し、それにより金属粉末の粒径が拡大することが懸念される。他方、セラミック等の比較的硬い材質の素材は、耐摩耗性に優れるため、溶湯と繰り返し接触してもオリフィス部の径を保持できるという特長を有する一方で、注湯時の熱衝撃により損傷し易いため、湯漏れの懸念を払拭し難い。
- [0007] また、アトマイズ法による金属粉末製造装置の噴霧ノズルのタイプには、量産性に優れるが微粒子生成に劣るフリーフォール型と、微粒子生成に優れるが量産性に劣るコンファインド型があるが、上記のように非常に細かい金属粉末を製造する場合には後者のコンファインド型を利用することが好ましい。コンファインド型の噴霧ノズルは、溶湯ノズルの先端に高圧ガスを噴射して熔融金属を粉砕するガス噴射ノズルを備えるが、このガス噴射ノズルから噴射されるガスは溶湯ノズルの先端を冷却する。そのため、コンファインド型の噴霧ノズルでは、溶湯ノズルにおける熱応力の分布がフリーフォール型に比して不均一になり易く、熱衝撃への対策が従前に増して重要となる。

[0008] 本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、熱衝撃に強く耐摩耗性に優れたコンファインド型の噴霧ノズルを備える金属粉末製造装置、そのるつぼ器及び溶湯ノズルを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するため、本発明は、噴霧槽と、熔融金属が蓄えられるるつぼと、前記るつぼに蓄えられた前記熔融金属を前記噴霧槽内に流下させる溶湯ノズルと、前記溶湯ノズルにおける前記噴霧槽側の端部に流体を噴射して前記溶湯ノズルから流下する熔融金属を粉砕する複数の噴射孔からなる流体噴射ノズルとを備えた金属粉末製造装置であって、前記溶湯ノズルは、溶湯ノズル本体と、前記溶湯ノズル本体の内径以下の内径を有するオリフィス部とを備え、前記オリフィス部の材質は、前記溶湯ノズル本体の材質よりも硬いものとする。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、熱衝撃に強く耐摩耗性に優れたコンファインド型の噴霧ノズルを備える金属粉末製造装置、そのるつぼ器及び溶湯ノズルを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明に係る溶解槽を断面として示した第1実施形態に係る金属粉末製造装置の全体構成図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る金属粉末製造装置に備わるガス噴射器とるつぼ器の断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態に係る金属粉末製造装置に備わるガス噴射器の斜視図である。

[図4]本発明の第1実施形態に係る金属粉末製造装置に備わるるつぼ器の断面図である。

[図5]熱衝撃に弱い材質（硬い材質）により形成された溶湯ノズルを用いたるつぼ器の断面図である。

[図6]耐摩耗性に劣る材質（柔らかい材質）により形成された溶湯ノズルを用

いたるつぼ器の断面図である。

[図7]本発明の第1実施形態に係る金属粉末製造装置に備わるるつぼ器の溶湯ノズル本体とオリフィス部の材質の組合せを示す表である。

[図8]本発明の第2実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器とストッパの断面図である。

[図9]本発明の第3実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器の断面図である。

[図10]第4実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器の断面図である。

[図11]本発明の第4実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器とストッパの断面図である。

[図12]他の実施形態に係る金属粉末製造装置に備わるるつぼ器の断面図である。

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] ー金属粉末製造装置の全体構成ー

図1は本発明の実施形態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り、図2は図1のガスアトマイズ装置に係るるつぼ器とガス噴射器の断面図であり、図3はガス噴射器の斜視図である。図1において、ガスアトマイズ装置は、溶解槽1と、ガス噴射器2と、噴射ガス供給管（噴射流体供給管）3と、噴霧槽4と、採集ホッパ5と、排気管6とを備えている。

[0014] 溶解槽1は、真空雰囲気又は不活性ガス雰囲気に保持された密閉容器（密閉室）であり、その内部にるつぼ器10を収納している。るつぼ器10は、図2に示すように、固体状の金属（溶解素材）を加熱し熔融させた溶湯（熔融金属）8（図2参照）が蓄えられるるつぼ11と、るつぼ11に蓄えられた溶湯8を噴霧槽4内に流下させる複数の溶湯ノズル12（図示の例では2つ）とを有している。

[0015] ガス噴射器2は、複数の溶湯ノズル12の噴霧槽4側の端部（溶湯ノズル

12の先端部とも称する）に対して高圧流体（本実施形態では不活性ガス）を噴射し、溶湯ノズル12から流下する溶湯流（熔融金属）8aを多数の微粒子に粉砕することで噴霧槽4内に熔融金属を噴霧する器具である（図2参照）。ガス噴射器2は、複数の溶湯ノズル12の噴霧槽4側の端部12bにそれぞれ不活性ガス7を噴射する複数の噴射ノズル（流体噴射ノズルやガス噴射ノズルとも称する）22と、不活性ガス7を複数の噴射ノズル22に供給するガス流路23と、溶湯ノズル12が各挿入される溶湯ノズル挿入孔24とを備えている。複数の噴射ノズル22は、複数の溶湯ノズル12のそれぞれの周囲に環状に配置された複数の噴射孔21からなり、各溶湯ノズル12の噴霧槽4側の端部12bに不活性ガス7を噴射する。

[0016] 本稿では、溶湯ノズル12と、その溶湯ノズル12の周囲に設けられた複数の噴射孔21からなる噴射ノズル22とを、噴霧ノズル25と総称する。本実施形態の噴霧ノズル25は、溶湯ノズル12の先端部の周囲を取り囲むように複数の噴射孔21の開口端が配置されており、その複数の噴射孔21（噴射ノズル22）から溶湯ノズル12の先端部に対してガスを噴射して金属微粒子を生成するいわゆるコンファインド型のノズルである。コンファインド型のノズルは、噴射孔21から溶湯流までの距離が非常に近接しているため、溶湯流に衝突するまでのガス流速の減衰が小さく微粒子生成に優れている点が特長である。また、図2や図3に示すように、本実施形態に係る金属粉末製造装置は、2本の噴霧ノズル25を備えている。複数の噴霧ノズル25は、それぞれ、1本の溶湯ノズル12と、その溶湯ノズル12の周囲に設けられた複数の噴射孔21からなる噴射ノズル22とから構成されている。なお、図示は一例に過ぎず噴霧ノズル25は1つでも良く、3つ以上でも構わない。

[0017] 噴射ガス供給管3は、ガス噴射器2に不活性ガスを注入するための配管であり、ガス噴射器2内のガス流路23と接続されている。

[0018] 噴霧槽4は、不活性ガス雰囲気に保持された容器であって、ガス噴射器2で噴霧された微粒子状（金属粒子）8bの液体金属が落下中に急凝固され

る容器であるなお、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、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。

[0019] 採集ホッパ 5 は、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器具であり、噴霧槽 4 の底部に設けられている。

[0020] 排気管 6 は、噴霧槽 4 と採集ホッパ 5 に充満した不活性ガスを採集ホッパ 5 から排出するための配管で、採集ホッパ 5 に接続されている。

[0021] ーガス噴射器 2 ー

ガス噴射器 2 には、2 本の円柱状の貫通孔である溶湯ノズル挿入孔 2 4 が設けられており、2 本の溶湯ノズル 1 2 は、この 2 本の溶湯ノズル挿入孔 2 4 のそれぞれに挿入されている。溶解槽 1 内の溶湯 8 は溶湯ノズル 1 2 の内部の孔 1 2 a を溶湯流 8 a となって流下し噴霧槽 4 内に放出される。ガス噴射器 2 に流下される溶湯 8 の径の大きさに寄与する溶湯ノズル 1 2 の最小内径（後述するオリフィス部 1 2 d の径）としては、例えば従前より小さい 3 mm 以下の値が選択できる。

[0022] ガス噴射器 2 は、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 から高圧の不活性ガス 7（以下、高圧ガス）を注入され、その高圧ガスを円柱底面に設けられた噴射ノズル 2 2（噴射孔 2 1）を介して指向性のある噴射ガスジェット（噴流ガス 7 a）として噴射する。噴流ガス 7 a は、溶湯ノズル 1 2 から流下される溶湯流 8 a に対して噴出される。溶湯流 8 a は、噴射ノズル 2 2 から噴射される噴流ガス 7 a の焦点の近傍で噴流ガス 7 a が形成する逆円錐状の流体膜と衝突して多数の微粒子 8 b に粉砕される。噴射ノズル 2 2 からの噴射ガス 7 a によって霧状の微粒子 8 b となった金属は、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。

[0023] <第 1 実施形態>

以下、本発明の第 1 実施形態に係る金属粉末製造装置におけるるつぼ器 10 の溶湯ノズル 1 2 の構成の詳細について図面を用いて説明する。

- [0024] 図4は第1実施形態に係るるつぼ器10の断面図である。なお、上記で図2及び図3を用いて行った金属粉末製造装置の全体構成の説明では、るつぼ器10に2つの溶湯ノズル12を備える場合について説明したが、以下では、説明を簡単にするために、るつぼ器10に1つの溶湯ノズル12を備える場合について説明する。また、先の図と同じ部分には同じ符号を付して説明を省略することがある（これより後の図についても同様とする）。
- [0025] 図4のるつぼ器10は、るつぼ11と溶湯ノズル12を備えている。るつぼ11は、固体状の金属（溶解素材）を加熱溶融し溶融金属（溶湯8）が蓄えられる器具であり、耐熱性に優れた素材、例えば、アルミナ（酸化アルミニウム）、マグネシア（酸化マグネシウム）、ジルコニア（二酸化ジルコニウム）により形成することが好ましい。るつぼ11の底面には、溶湯ノズル12を挿入して固定するための貫通孔であるノズル固定孔11aが形成されている。
- [0026] 溶湯ノズル12は、るつぼ11に蓄えられた溶湯（溶融金属）8を噴霧槽4内に流下させるための器具であり、その上端部（基端部）がノズル固定孔11a内に挿入された状態で接着剤等によりるつぼ11と固定されている。
- [0027] また、溶湯ノズル12は、溶湯ノズル本体12cと、溶湯ノズル本体12cの内径以下の内径を有するオリフィス部12dを備えている。オリフィス部12dと溶湯ノズル本体12cは異なる材質の素材からなり、オリフィス部12dの材質は溶湯ノズル本体12cの材質よりも硬くなっている。すなわち、オリフィス部12dは溶湯ノズル本体12cの素材よりも相対的に硬い材質の素材で形成されており、溶湯ノズル本体12cはオリフィス部12dの素材よりも相対的に柔らかい材質の素材で形成されている。
- [0028] 溶湯ノズル本体12cは、るつぼ11のノズル固定孔11aに上端部（基端部）が挿入され固定された円筒状のノズルであり、オリフィス部12dの素材よりも相対的に柔らかく熱衝撃に強い材質の素材、例えば、窒化ケイ素、窒化ホウ素、シリカ等により形成されている。図4に示した溶湯ノズル本体12cは先端部が逆円錐台状に尖った形状を有するが、溶湯ノズル本体1

2 c の先端部の形状はこの形状に限られない。

[0029] オリフィス部 1 2 d は、溶湯 8 の流量を制御するために溶湯ノズル本体 1 2 c の内径以下の内径を有しており、溶湯ノズル本体 1 2 c の内側に接着剤等により固定された環状の部材である。オリフィス部 1 2 d は、溶湯ノズル本体 1 2 c の素材よりも相対的に硬く耐摩耗性に優れた材質の素材、例えば、アルミナ、ジルコニア、炭化ケイ素等により形成されている。

[0030] 図 4 のオリフィス部 1 2 d は、溶湯ノズル本体 1 2 c の内径に略等しい外径を有する円筒部材（管状部材）であり、溶湯ノズル本体 1 2 c の内側に固定されている。オリフィス部 1 2 d の軸方向における噴霧槽 4 側の端部（下端部）は、溶湯ノズル本体 1 2 c の軸方向における噴霧槽 4 側の端部（先端部または下端部）よりも上方に位置しており、オリフィス部 1 2 d の軸方向におけるるつぼ 1 1 側の端部（上端部）は、溶湯ノズル本体 1 2 c の軸方向におけるるつぼ 1 1 側の端部（基端部または上端部）よりも下方に位置している。

[0031] 一般に、柔らかい材質のものは熱衝撃に強い傾向があり、硬い材質のものは耐摩耗性に優れる傾向がある。そのため、溶湯ノズル 1 2 c としてはオリフィス部 1 2 d よりも相対的に柔らかい材質のものを利用することが好ましく、オリフィス部 1 2 d としては溶湯ノズル 1 2 c よりも相対的に硬い材質のものを利用することが好ましい。より具体的には、溶湯ノズル本体 1 2 c の材質としては、水中落下による耐熱衝撃性（J I S R 1 6 4 8）が 5 0 0℃以上の材質を利用することが好ましく、オリフィス部 1 2 d の材質としては、ビッカース硬さ（J I S R 1 6 1 0）が 1 0 G P a 以上の材質を利用することが好ましい。図 7 にはこの条件を満たす溶湯ノズル本体 1 2 c とオリフィス部 1 2 d の材質の組み合わせの例が示されている。すなわち、溶湯ノズル本体 1 2 c とオリフィス部 1 2 d の材質の好ましい組み合わせとしては、窒化ケイ素とジルコニア（実施例 1）、窒化ケイ素とアルミナ（実施例 2）、窒化ケイ素と炭化ケイ素（実施例 3）、窒化ホウ素とジルコニア（実施例 4）、窒化ホウ素とアルミナ（実施例 5）、窒化ホウ素と炭化ケイ素

(実施例 6)、シリカとジルコニア (実施例 7)、シリカとアルミナ (実施例 8)、シリカと炭化ケイ素 (実施例 9) が挙げられる。

[0032] －従前の課題－

ここで従前の溶湯ノズルが抱える課題を確認した後に、本実施形態に係る金属粉末製造装置の効果について説明する。図 5 は硬く耐摩耗性に優れるが熱衝撃耐性に劣る単一の材質 (例えばセラミック) で溶湯ノズルを製造した場合の課題の説明図であり、図 6 は柔らかく熱衝撃耐性に優れるが耐摩耗性に劣る単一の材質 (例えば窒化ホウ素) で溶湯ノズルを製造した場合の課題の説明図である。

[0033] 一般に、アトマイズ法による金属粉末製造装置の溶湯ノズルは、単一の素材で製造される。例えば、窒化ホウ素 (ボロンナイトライド (BN)) 等の比較的柔らかい材質の素材は、注湯時の急激な温度変化に起因する衝撃的な熱応力 (熱衝撃) に強いいため湯漏れの心配は少ない。しかし、溶湯との接触により摩耗し易いため、継続利用すると図 6 に示すように、オリフィス部の径 (溶湯ノズル本体の内径 12a) が拡大して溶湯流量が初期値から増加し、それにより金属粉末の粒径が拡大することが懸念される。他方、セラミック等の比較的硬い材質の素材は、耐摩耗性に優れるため、溶湯と繰り返し接触してもオリフィス部の径を保持できるという特長を有する。しかし、注湯時の熱衝撃により損傷し易いため、図 5 に示すように溶湯ノズルが破損して湯漏れが生じる懸念を払拭し難い。また、アトマイズ法による金属粉末製造装置の噴霧ノズルとして、フリーフォール型ではなく、溶湯ノズルの先端に高圧ガスを噴射して熔融金属を粉碎するガス噴射ノズルを備えるコンファインド型を利用した場合には、そのガス噴射ノズルから噴射されるガスが溶湯ノズルの先端を冷却する。そのため、コンファインド型の噴霧ノズルでは、溶湯ノズルにおける熱応力の分布がフリーフォール型に比して不均一になり易く、熱衝撃への対策が従前に増して重要となる。

[0034] －効果－

このような課題に対して、上記のように構成した本実施形態に係る金属粉

末製造装置では、溶湯ノズル12を、溶湯ノズル本体12cと、溶湯ノズル本体12cの内径以下の内径を有するオリフィス部12dとで形成し、オリフィス部12dの材質として溶湯ノズル本体12cの材質よりも硬いものを採用した。このように溶湯ノズル12を形成すると、金属粉末製造中に溶湯流8aとの摩擦環境に置かれるのは、主として、相対的に硬く耐摩耗性に優れたオリフィス部12dとなるため、継続使用してもオリフィス部12dの内径が拡大することを防止でき溶湯流8aの径の保持が容易となる。また、オリフィス部12dは、溶湯ノズル本体12cに覆われその内部に位置しているため、噴射ノズル22から噴射されたガスに直接触れることはなく、主として溶湯流8aのみによって加熱される環境に置かれるため、従前よりも熱応力分布が均一化されて損傷の可能性を低減できる。一方、溶湯ノズル本体12cは、相対的に柔らかい熱衝撃耐性に優れた素材で形成されているため、噴射ノズル22からのガスや噴霧槽4内の不活性ガスのように比較的低温のものと、るつぼ11内の溶湯や溶湯ノズル12内の溶湯流のように比較的高温のものの双方と熱交換し得る環境で利用しても容易に損傷することがない。したがって、本実施形態によれば、コンファインド型の噴霧ノズル（溶湯ノズル）の熱衝撃耐性と耐摩耗性を向上でき、それにより安定した粒径分布の金属粉末を継続的に製造できる。

[0035] 特に、本実施形態では、オリフィス部12dの軸方向における噴霧槽4側の端部（下端部）は、溶湯ノズル本体12cの軸方向における噴霧槽4側の端部（先端部または下端部）よりも上方に位置しているため、噴射ノズル22から噴射されるガスによってオリフィス部12dが冷却されることを防止でき、それにより熱衝撃によるオリフィス部12dの損傷の可能性を低減できる。また、オリフィス部12dの軸方向におけるるつぼ11側の端部（上端部）は、溶湯ノズル本体12cの軸方向におけるるつぼ11側の端部（基端部または上端部）よりも下方に位置しているため、るつぼ11内の最も高温の溶湯によってオリフィス部12dが加熱されることを防止でき、それにより熱衝撃によるオリフィス部12dの損傷の可能性を低減できる。

[0036] なお、オリフィス部 12 d の最小内径は、溶湯ノズル本体 12 c の最小内径と一致させても良い。このように溶湯ノズル 12 を構成すると、使用当初は溶湯ノズル本体 12 c が溶湯流 8 a と接触して摩耗する可能性があるが、ある程度摩耗が進行した時点で溶湯流 8 a との接触は発生しなくなり、結果的にオリフィス部 12 d の最小内径が溶湯ノズル本体 12 c の最小内径よりも小さくなり得るからである。

[0037] <第 2 実施形態>

次に、本発明の第 2 実施形態に係る金属粉末製造装置について図面を用いて説明する。

[0038] 図 8 は、第 2 実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器の断面図である。本実施形態が第 1 実施形態と異なる点は、金属粉末製造装置（るつぼ器 10）が、るつぼ 11 内で昇降可能に支持され、その下降位置で溶湯ノズル本体 12 c におけるるつぼ 11 側の端部 12 e と接触して、溶湯ノズル 12 におけるるつぼ 11 側の開口 12 f を塞ぐストッパ 13 をさらに備える点と、そのストッパ 13 の材質が、溶湯ノズル本体 12 c の材質よりも硬い（溶湯ノズル本体 12 c の材質が、ストッパ 13 の材質よりも柔らかい）点である。

[0039] ストッパ 13 は略鉛直方向に延びる棒状の耐熱性の硬い材質（例えば、セラミック）の部材であり、ストッパ 13 にはストッパ 13 を上下動させる駆動機構（図示せず）が取り付けられている。この駆動機構によりストッパ 13 を下方に移動させ、ストッパ 13 の先端（下端）を、溶湯ノズル本体 12 c におけるるつぼ 11 側の端部 12 e（溶湯ノズル本体 12 c の基端部）に当接させると溶湯ノズル 12 におけるるつぼ 11 側の開口 12 f が閉塞され、るつぼ 11 内の溶湯 8 の流出が停止される。反対に、駆動機構によりストッパ 13 を上方に移動させ、ストッパ 13 の先端を溶湯ノズル 12 におけるるつぼ 11 側の開口 12 f から離間させると、溶湯ノズル 12 におけるるつぼ 11 側の開口 12 f がるつぼ 11 内に開放され、るつぼ 11 内の溶湯を溶湯ノズル 12 に流下できる。

[0040] 上記のように構成した本実施形態の金属粉末製造装置（るつぼ器１０）においては、溶湯ノズル本体１２ｃの材質はストッパ１３の材質よりも柔らかい材質（例えば、窒化ケイ素）であるため、溶湯ノズル本体１２ｃにおけるるつぼ１１側の端部１２ｅ（溶湯ノズル本体１２ｃの基端部）は、これに当接するストッパ１３の先端（下端）に容易に密着し得るので、るつぼ１１内の溶湯８が溶湯ノズル１２内に漏洩することを防止できる。

[0041] なお、本実施形態は、溶湯ノズル本体１２ｃの材質をストッパ１３の材質よりも柔らかくし、ストッパ１３を溶湯ノズル本体１２ｃにおけるるつぼ１１側の端部１２ｅと接触させ、溶湯ノズル１２におけるるつぼ１１側の開口１２ｆを塞いだが、これに代えて、ストッパ１３の材質をオリフィス部１２ｄの材質よりも柔らかくし、ストッパ１３をオリフィス部１２ｄにおけるるつぼ１１側の端部１２ｇと接触させ、溶湯ノズル１２におけるるつぼ１１側の開口１２ｆを塞いでもよい。また、図８に示したストッパ１３の下端の形状は矩形の断面を有するものとしたが、ストッパの下端の形状は曲線状の断面としても良いし、その他の断面を有する形状としても良い。

[0042] <第３実施形態>

次に、本発明の第３実施形態に係る金属粉末製造装置について図面を用いて説明する。

[0043] 図９は、第３実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器１４の断面図である。本実施形態が第１実施形態と異なる主な点は、オリフィス部１５ａが、溶湯ノズル本体１２ｃの内側面に環状に被覆された部材である点である。

[0044] このような膜状のオリフィス部１５ａを備える溶湯ノズル１５の製造方法としては、第１実施形態の溶湯ノズル本体１２ｃの内周面に対して、溶湯ノズル本体１２ｃの材質よりも相対的に硬く耐摩耗性に優れた材質の素材を塗布したり吹き付けたりする方法がある。その他の部分については第１実施形態と同じである。すなわち、本実施形態に係る溶湯ノズル１５は、第１実施形態と同様に、熱衝撃に強い材料により形成された溶湯ノズル本体１２ｃと、硬度が高く耐摩耗性に優れた材質により形成されたオリフィス部１５ａに

より構成されている。

[0045] このように溶湯ノズル１５を形成すると、第１実施形態の効果に加えて、溶湯ノズル１５を容易に製造できるという効果を発揮できる。

[0046] ＜第４実施形態＞

次に、本発明の第４実施形態に係る金属粉末製造装置について図面を用いて説明する。

[0047] 図１０は、第４実施形態に係る金属粉末製造装置のるつぼ器１６の断面図である。本実施形態が第１実施形態と異なる主な点は、オリフィス部１７ｂが、溶湯ノズル本体１７ａよりも上方に位置し、溶湯ノズル本体１７ａの上端部（るつぼ１１側の端部（上端面））によって支持されている点である。すなわち、図１０に示すように、溶湯ノズル本体１７ａの上端部とオリフィス部１７ｂがるつぼ１１のノズル固定孔１１ａに挿入されており、溶湯ノズル本体１７ａの上端部が接着剤等によりるつぼ１１のノズル固定孔１１ａに固定されており、オリフィス部１７ｂの下端部が溶湯ノズル本体１７ａの上端部によって支持されている。なお、オリフィス部１７ｂが、溶湯ノズル本体１７ａの内径以下の内径を有し、溶湯ノズル本体１２ｃの材質よりも硬く耐摩耗性に優れた材質により形成されていることは第１実施形態のオリフィス部１２ｄと同様である。

[0048] 本実施形態によれば、オリフィス部１７ｂが溶湯ノズル本体１７ａの上端部によって支持されているため、溶湯ノズル１７からのオリフィス部１７ｂの脱落を防止することができる。なお、第１実施形態の溶湯ノズル１２が有する効果と同様の効果を本実施形態の溶湯ノズル１７が発揮し得ることはいうまでもない。

[0049] なお、オリフィス部１７ｂは、るつぼ１１のノズル固定孔１１ａや溶湯ノズル本体１７ａの上端部に接着剤等で固定しても良いし、接着剤等による固定を控えて、るつぼ１１のノズル固定孔１１ａや溶湯ノズル本体１７ａの上端部から着脱可能に構成しても良い。後者の場合、所望する金属粉末の粒径に応じて内径の異なるオリフィス部１７ｂに交換することが容易になるため

、異なる粒径の金属粉末の製造効率を向上できる。

[0050] また、本実施形態の金属粉末製造装置に対して、図11に示すような、オリフィス部17bの材質よりも柔らかい材質のストッパ18を追加設置しても良い。ストッパ18は、オリフィス部17bにおけるるつぼ11側の端部17cと接触可能であり、溶湯ノズル17におけるるつぼ11側の開口17dを閉塞できる。この場合、ストッパ18の材質はオリフィス部17bの材質よりも柔らかい材質（例えば、窒化ケイ素）であるため、ストッパ18の先端（下端）は、当接するオリフィス部17bにおけるるつぼ11側の端部17cに密着し、るつぼ11内の溶湯8が当接部分から漏れてしまうことを防止することができる。

[0051] <その他>

本発明は、上記の各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、上記の各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。

[0052] 上記の各実施形態ではるつぼ11の底面に1本の溶湯ノズル12が設けられた場合について説明したが、るつぼ11の底面に設ける溶湯ノズル12の数は1つに限られず、2つでも良いし、3つ以上でも良い。この場合、複数の噴射ノズル22は、溶湯ノズル12、15、17のそれぞれの周囲に設けられ、溶湯ノズル12のそれぞれから流下される溶湯流8aに対して噴流ガス7aを噴出することとなる。

[0053] また、溶湯ノズル12、15、17をるつぼ11のノズル固定孔11aに挿入して固定する例を示したが、図12に示すように、るつぼ19の底面に貫通孔19aと溶湯ノズル12、15の内側が連通するように溶湯ノズル12、15を接着剤等により固定するようにしてもよい。

[0054] また、上記では噴射ノズル22から気体（不活性ガス7）を噴射するいわゆるガスアトマイズ装置について説明したが、噴射ノズル22から水（液体

）を噴射する水アトマイズ装置を含め、流体を噴射するものであれば本発明は適用可能であり、さらには、ディスクアトマイズ装置にも適用可能である。

符号の説明

[0055] 1…溶解槽、2…ガス噴射器、3…噴射ガス供給管、4…噴霧槽、5…採集ホッパ、6…排気管、7…不活性ガス、7 a…噴流ガス、8…溶湯、8 a…溶湯流、8 b…微粒子、10…るつぼ器、11, 19…るつぼ、11 a…ノズル固定孔、12, 15, 17…溶湯ノズル、12 c, 17 b…溶湯ノズル本体、12 d, 15 a, 17 a…オリフィス部、13, 18…ストッパ、21…噴射孔、22…噴射ノズル、24…溶湯ノズル挿入孔、25…噴霧ノズル

請求の範囲

- [請求項1] 噴霧槽と、溶融金属が蓄えられるるつぼと、前記るつぼに蓄えられた前記溶融金属を前記噴霧槽内に流下させる溶湯ノズルと、前記溶湯ノズルにおける前記噴霧槽側の端部に流体を噴射して前記溶湯ノズルから流下する溶融金属を粉砕する複数の噴射孔からなる流体噴射ノズルとを備えた金属粉末製造装置であって、
- 前記溶湯ノズルは、溶湯ノズル本体と、前記溶湯ノズル本体の内径以下の内径を有するオリフィス部とを備え、
- 前記オリフィス部の材質は、前記溶湯ノズル本体の材質よりも硬い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、
- 前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側に固定された環状の部材であることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項3] 請求項1の金属粉末製造装置において、
- 前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側面に環状に被覆された部材であることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項4] 請求項2の金属粉末製造装置において、
- 前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体によって支持されていることを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項5] 請求項1の金属粉末製造装置において、
- 前記るつぼ内で昇降可能に支持され、その下降位置で前記溶湯ノズル本体と接触して前記溶湯ノズルにおける前記るつぼ側の開口を塞ぐストッパをさらに備え、
- 前記溶湯ノズル本体の材質は、前記ストッパの材質よりも柔らかいことを特徴とする金属粉末製造装置。
- [請求項6] 請求項1の金属粉末製造装置において、
- 前記溶湯ノズルは、前記るつぼに蓄えられた前記溶融金属を前記噴霧槽内に流下させる複数の溶湯ノズルであり、

前記流体噴射ノズルは、前記複数の溶湯ノズルのそれぞれの周囲に環状に配置された複数の噴射孔からなることを特徴とする金属粉末製造装置。

[請求項7] 溶融金属が蓄えられるるつぼと、前記るつぼに蓄えられた前記溶融金属を噴霧槽内に流下させる溶湯ノズルとを備えた金属粉末製造装置のるつぼ器であって、

前記溶湯ノズルにおける前記噴霧槽側の端部には、前記溶湯ノズルの周囲に設けられた複数の噴射孔からなる流体噴射ノズルから流体が噴射されており、

前記溶湯ノズルは、溶湯ノズル本体と、前記溶湯ノズル本体の内径以下の内径を有するオリフィス部とを備え、

前記オリフィス部の材質は、前記溶湯ノズル本体の材質よりも硬いことを特徴とするるつぼ器。

[請求項8] 請求項7のるつぼ器において、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側に固定された環状の部材であることを特徴とするるつぼ器。

[請求項9] 請求項7のるつぼ器において、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側面に環状に被覆された部材であることを特徴とするるつぼ器。

[請求項10] 請求項7のるつぼ器において、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体によって支持されていることを特徴とするるつぼ器。

[請求項11] 請求項7のるつぼ器において、

前記溶湯ノズルは、前記るつぼに蓄えられた前記溶融金属を前記噴霧槽内に流下させる複数の溶湯ノズルであることを特徴とするるつぼ器。

[請求項12] るつぼに蓄えられた溶融金属を噴霧槽内に流下させる金属粉末製造装置の溶湯ノズルであって、

前記溶湯ノズルにおける前記噴霧槽側の端部には、前記溶湯ノズルの周囲に設けられた複数の噴射孔からなる流体噴射ノズルから流体が噴射されており、

前記溶湯ノズルは、溶湯ノズル本体と、前記溶湯ノズル本体の内径以下の内径を有するオリフィス部とを備え、

前記オリフィス部の材質は、前記溶湯ノズル本体の材質よりも硬いことを特徴とする溶湯ノズル。

[請求項13]

請求項12の溶湯ノズルにおいて、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側に固定された環状の部材であることを特徴とする溶湯ノズル。

[請求項14]

請求項12の溶湯ノズルにおいて、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体の内側面に環状に被覆された部材であることを特徴とする溶湯ノズル。

[請求項15]

請求項12の溶湯ノズルにおいて、

前記オリフィス部は、前記溶湯ノズル本体によって支持されていることを特徴とする溶湯ノズル。