



Title	ガスアトマイズ法によるNi基およびFe基高合金粉末の製造と粉末成形加工に関する研究
Author(s)	福田, 匡
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3178678">https://doi.org/10.11501/3178678</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	福田 ただし
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 15677 号
学位授与年月日	平成12年7月31日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	ガスアトマイズ法によるNi基およびFe基高合金粉末の製造と粉末成形加工に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 大中 逸雄
	(副査) 教授 斎藤 好弘 教授 永井 宏

### 論文内容の要旨

本論文は、Ni基およびFe基高合金粉末の製造方法とこれらの合金粉末を利用した粉末成形加工に関する研究をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章は緒論で、本研究の背景と目的、意義、従来の研究について述べている。

第2章では、ガスアトマイズ法の基礎となる噴霧条件、すなわち、ガス噴射角度、溶湯供給管の突き出し長さ、ガス噴射孔から溶湯供給管までの距離などと、溶湯供給管出口近傍での圧力および流速分布、噴霧状況などとの関係を、シュリーレン法や直接観察等で調べた結果について述べている。

第3章では、ガスアトマイズ粉末の粒度に影響する噴霧および操業条件（ガス圧力・流量および溶湯流量）について調べ、粉末の平均径を操業条件から予測できる実験式および粒度分布の推定方法を提案している。

第4章では、ArおよびN<sub>2</sub>ガスアトマイズ粉末の熱間押出し成形材に発生する気孔欠陥の原因について調べた結果について述べている。すなわち、粉末断面組織、表面生成物、粉末の処理条件等と気孔欠陥の関係を調べ、気孔欠陥の生成原因について考察している。

第5章では、高合金粉末熱間押出し成形材の特性ならびにクラッド鋼管の作製を試みた結果について述べており、冷間静水圧成形(CIP) - 熱間押出し法により得られた粉末成形材の強度、延性、耐食性と押出し比の関係を明らかにしている。またエネルギー解析により外面部の钢管と内面部の粉末層の同時押出しが可能な条件を求め、実生産設備を使って確認した結果について述べている。

第6章では、本研究により得られた成果を総括し、今後の問題点についても論じている。

### 論文審査の結果の要旨

油井プラントや化学工業用配管、エネルギープラントにおける熱交換器用パイプなどは、十分な耐食性と強度が要求されるため、高強度低合金鋼と高耐食性高合金のクラッド材が適しているが、高合金材料は難加工性の場合が多く、パイプ状への加工は容易ではない。本論文は、この問題を粉末冶金法と塑性加工法の組み合わせで解決することを試み、その成果をまとめたものである。すなわち、Ni基およびFe基高合金粉末のガスアトマイズ法による製造方法

これらの合金粉末を利用した粉末成形加工方法を提案し、その技術基盤を明らかにしたもので、得られた知見を要約すると以下の通りである。

- (1) ガスアトマイズ時の噴射ガスジェットは幾何焦点近傍で合流し、溶湯供給管の出口端面とガスジェット群で囲まれる逆円錐状領域の内側に渦流れを生成すること、また、この渦流れが強い場合には、溶湯の一部が溶湯供給管の外周面に付着・凝固・成長し、ノズル閉塞を引き起こすことを見出している。
- (2) 溶湯供給管の軸心とガス噴射孔の交差角度が約30°より大きくなると幾何焦点周りのガス流速が急激に低下すること、幾何焦点周りのガス流速は噴射ガス流量が同一ならば噴射圧力に依存しないこと、ガス噴射孔を溶湯供給管に近づけるとガス流速は増大し、より微細な粉末が得られるものの、安定な操業条件範囲が狭くなることを見出している。
- (3) 種々のガスアトマイズ条件で粉末粒度分布を調べ、粉末の平均径（メジアン径）は溶湯ガス流量比 $M_1/M_g$ （下添え字1は溶湯、gはガスを示す）の平方根に比例し、幾何焦点周りの平均ガス流速に反比例するが、噴射圧力が異なってもガス流量が同じならばほぼ同じであることを見い出し、メジアン径の新しい推定式を提案している。
- (4) Arアトマイズで得られるNi基高合金（Alloy625）の粉末断面に見られるボロシティー量と粉末のAr含有量はほぼ比例し、Arガスの噴霧中におけるトラップが原因であることを見出している。また、N<sub>2</sub>ガスアトマイズにおいてアトマイズタンク中で徐冷された場合には、粉末の表面に多量のNi(OH)<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が認められ、溶接時のプローホール発生要因であること、およびアトマイズタンク中で急冷することで防止できることを見出している。
- (5) 冷間静水圧成形（CIP）－熱間押出し法によりガスアトマイズ粉末は完全に緻密化し、延性が向上することを見出し、その原因是粉末表面を覆っている酸化物等が分断されることにより旧粉末粒界を越えて結晶粒の成長が促進されるためであることを明らかにしている。
- (6) 生産設備を用いて、N<sub>2</sub>ガスアトマイズ法で製造したNi基高合金（Alloy625）粉末の固化成形層を内面に密着した2Cr-1Mo低合金クラッド鋼管の製造に成功し、高温のサワーガス環境においても十分な耐食性を有することを確認している。

以上のように、本研究は、従来極めて製造困難であったサワーガス耐食性と強度を兼ね備えた高合金クラッド鋼管を、粉末冶金法と塑性加工法を併用して実現すると共に、ガスアトマイズ現象の理解と制御に関する貴重な知見を得たものであり、材料工学の進歩および関連する工業技術に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。