

焼結ステンレス材料の接合技術に関する研究

古澤秀雄^{*1}、天野和男^{*2}

Study on Welding of Sintered Stainless Steel

Hideo FURUZAWA^{*1} and Kazuo AMANO^{*2}

Industrial Technology Division, AITEC^{*1*2}

ステンレス鋼 SUS304L 粉末を用い金属粉末射出成形法により焼結材料を作製し、脱脂条件、焼結条件などの各種製造条件と焼結体の特性について検討した。また、焼結材料について TIG 溶接を試みた。その結果、同一溶接条件でありながら、材料の組み合わせにより溶け込み量の違いが観察され、焼結体 / 焼結体の組み合わせにおいて、裏波が大きくなる現象が見られた。一方、X 線非破壊検査において、内部に割れやブローホールなどの欠陥は見られなかった。

1. はじめに

金属粉末射出成形法は、小型で複雑形状の金属部品の量産加工法として有用視されており、医療機器部品、民生用品など様々な分野で利用されている。また、最近では自動車部品へも展開され、その期待される市場の大きさから脚光を浴びている。

一方、金属粉末射出成形法を応用したインサート成形や接合成形などによる複合化や接合に関する研究¹⁾は行われているが、焼結材料の接合に関する事例は明らかにされていない。

本研究では、付加価値の高い製品開発を行うために、金属粉末射出成形法によりステンレス材料の焼結を行い、焼結材料の接合手法について検討し、接合体の組織観察と X 線非破壊検査を行った。

2. 実験方法

2.1 射出成形用コンパウンドの作製

原料粉末は、オーステナイト系ステンレス鋼の SUS304L 粉末（平均粒径 9.9 μ m）を用い、ポリプロピレン - ポリスチレン - アクリル樹脂系のバインダ²⁾³⁾を 44.9vol% 添加し、連続混練押出装置によりペレット状の射出成形用コンパウンドを作製した。実験に用いた原料粉末の SEM 像を図 1 に、バインダの配合組成を表 1 に示す。

2.2 焼結体の作製

射出成形条件は、ショートショット実験により、表 2 に示す最適な条件を見出し、45 $\times$ 45 $\times$ 3.5mm の板状の射出成形体を作製した。

射出成形体の脱脂は、窒素雰囲気脱脂炉を用いて行った。脱脂の昇温条件は、常温 $\rightarrow$ 100 $^{\circ}$ C /h:80、2時間保持 $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C /h:200 $\rightarrow$ 3 $^{\circ}$ C /h:300 $\rightarrow$ 5 $^{\circ}$ C /h:380 $\rightarrow$ 炉冷のプログラムにより行った。なお、窒素ガス流量は 3L/min とした。脱脂体の焼結は、真空高温雰囲気炉を用いて行った。焼結温度は、1200、1250、1300 $^{\circ}$ C の 3 種類とし、保持時間はそれぞれ 2h と 4h とした。なお、昇温速度は 100 $^{\circ}$ C /h とした。

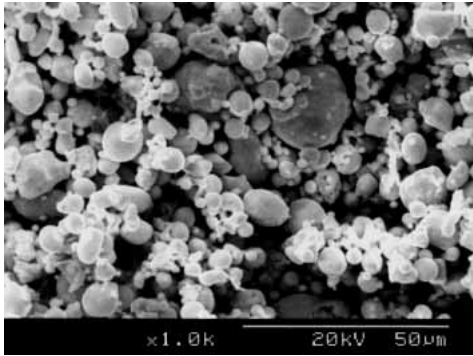


図 1 原料粉末の SEM 像

表 1 バインダの配合組成

成 分	分 類	比 重	vol(%)
低分子量ポリプロピレン	結合剤	0.89	11.4
ポリスチレン	結合剤	1.05	44.5
アクリル樹脂	結合剤	1.05	24.1
ステアリン酸	滑 剤	0.94	5.1
アミノ酸系機能粉末	分散剤	1.02	4.9
ジオクチルフタレート	可塑剤	0.99	10.0

*1 工業技術部 加工技術室 *2 工業技術部 加工技術室（現工業技術部 応用技術室）

表2 射出成形条件

射出1次圧	157(MPa)
射出2次圧	49(MPa)
射出速度1	25.7(cm ³ /sec)
射出速度2	24.3(cm ³ /sec)
シリンダ温度	
ホッパ側	165()
↓	170()
↓	170()
ノズル側	175()
金型温度	55()
冷却時間	60(sec)

2.3 焼結体の評価

各焼結条件の焼結体の評価は、収縮率と相対密度の測定と組織観察を行った。

2.4 焼結体の溶接

接合手法はTIG溶接を用い、焼結体/焼結体、焼結体/溶製試料の組み合わせで接合を試みた。また、試料の開先形状はV、I形とし、V形開先の溶接電流は50、80A、I形開先は110Aとした。溶接条件を表3に、開先形状を図2示す。

表3 TIG溶接条件

電 流	50A、80A、110A
電 圧	12V
層 数	2層
速 度	80mm/min
方 向	前進法、トーチ角度80°
極 性	直流、棒マイナス
電 極	φ3.2(JIS Z 3233)
Arガス量	トーチ 10L/min バックシールド 10L/min
溶 接 棒	Y308、φ1.6(JIS Z 3321)

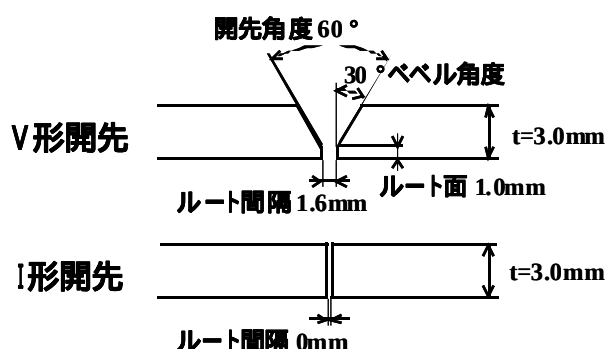


図2 開先形状

2.5 接合体の評価

各溶接条件の接合体は、X線非破壊検査装置により内部欠陥の観察を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 焼結体の特性

焼結温度と収縮率の関係を図3に、焼結温度と相対密度の関係を図4に示す。いずれの焼結条件においても、焼結温度の上昇と保持時間の延長に伴い、焼結体の収縮率及び相対密度ともに増大する傾向が見られ、1300℃、4h保持において、収縮率17.5%、相対密度97.2%と高い数値を示した。

そこで以後の実験では、焼結温度1300℃、4h保持で焼結した試料を用いた。図5に焼結体の組織を示す。また、溶製試料には図6に示す組織のSUS304を用い、焼結体との接合を試みた。

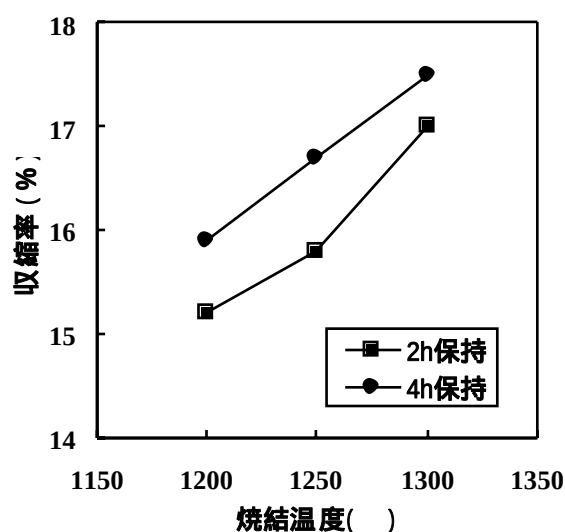


図3 焼結温度と収縮率の関係

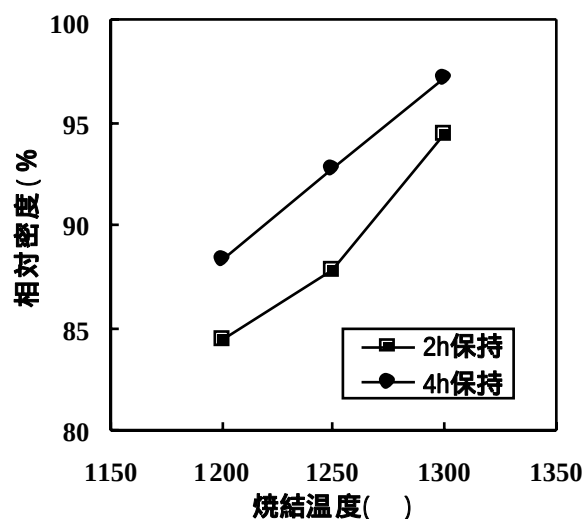


図4 焼結温度と相対密度の関係

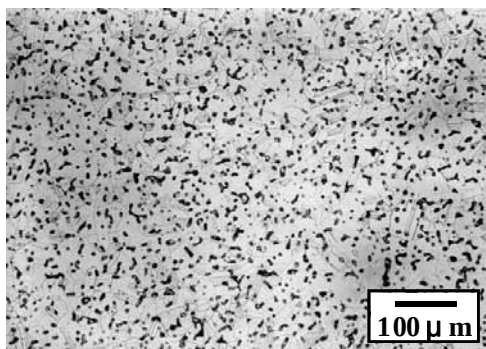


図 5 SUS304L 焼結体の組織

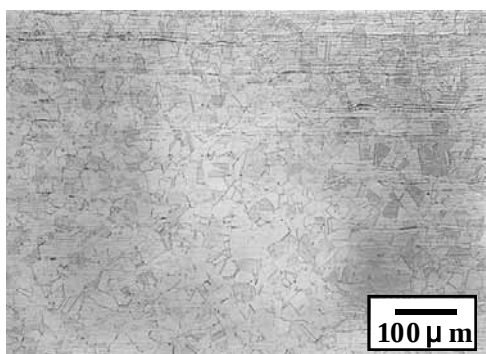
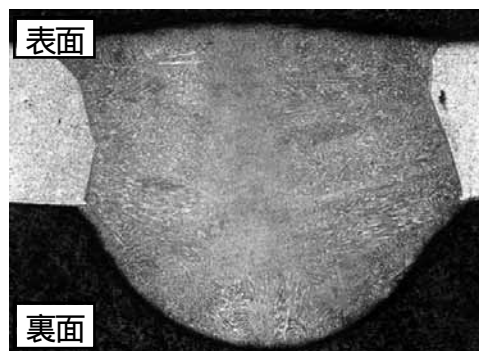
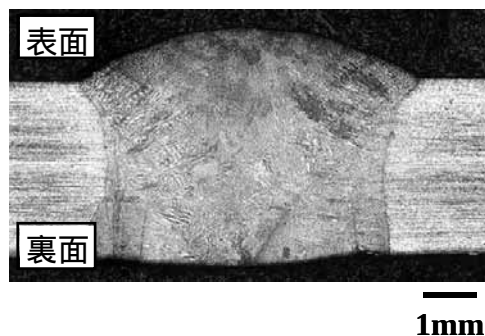


図 6 SUS304 溶製試料の組織

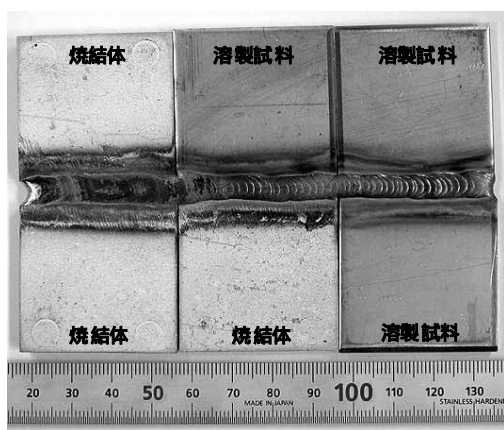


(a) 焼結体 / 焼結体

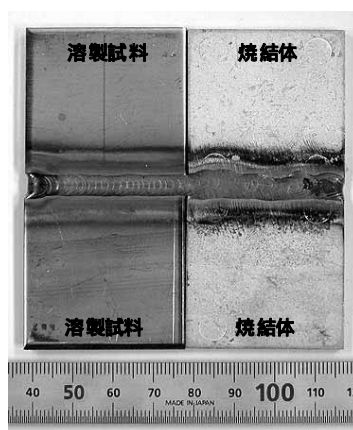


(b) 溶製試料 / 溶製試料

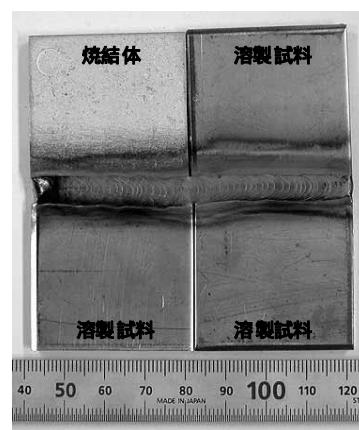
図 7 溶接部の断面組織



(a) V形開先 80A

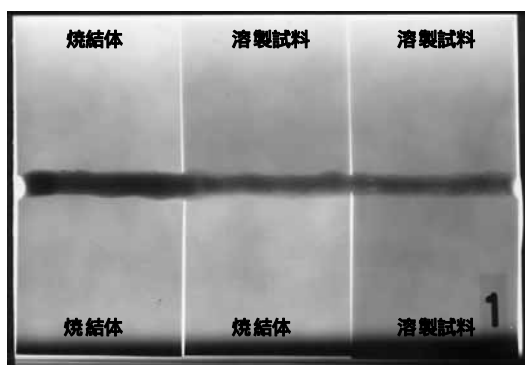


(b) V形開先 50A

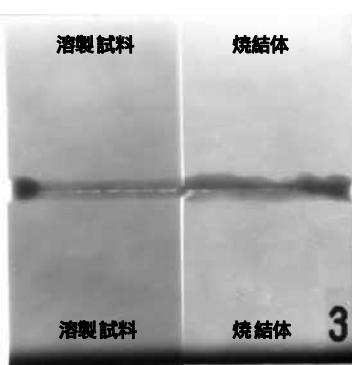


(c) I形開先 110A

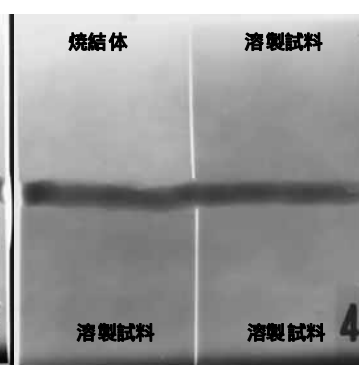
図 8 TIG 溶接後の状態



(a) V形開先 80A



(b) V形開先 50A



(c) I形開先 110A

図 9 X線非破壊検査の結果

3.2 焼結体の接合

図7に、V形開先、溶接電流80Aにおける溶接部の断面組織を示す。(a)の焼結体/焼結体の組み合わせは、(b)の溶製試料/溶製試料の場合に比べ、裏波が大きくなる現象が見られた。また、他の条件においても同様の現象が見られ、相対密度が影響したものと思われる。

図8に、それぞれ試料の組み合わせ、各開先形状及び溶接電流条件によるTIG溶接後の状態を示す。同一溶接条件でありながら、材料の組み合わせにより溶け込み量とビード幅の違いが観察された。

3.3 接合体の評価

図9に、図8で示した各接合体の接合部のX線非破壊検査の結果を示すが、いずれの場合も内部に割れやブローホールなどの欠陥は見られなかった。

4 結び

ステンレス鋼 SUS304L 粉末を用い、金属粉末射出成形法により作製した焼結材料について、TIG 溶接を試みた。その結果、焼結体の接合への可能性を見出すことができ、これまで限定されていた用途の拡大が期待され、製品形状の自由度が高く、構造部材への適応などが考えられとともに、付加価値の高い製品開発が可能になると推測される。

文献

- 1) 伊藤ほか：静岡県浜松工業技術センター研究報告 **13**, 79(2003)
- 2) 瀬野, 雲英, 成瀬：愛知県工業技術センター報告, **20**, 22(1984)
- 3) 瀬野, 不二門：愛知県工業技術センター報告, **24**, 31(1988)