

バルク金属と粒子・繊維との半溶融接合

(半溶融接合に関する研究・3)

Mashy Joining of Ceramics Particles or Short Cut Metal Fibers with Bulk Metal

木 内 学*・柳 本 潤*・杉 山 澄 雄*

Manabu KIUCHI, Jun YANAGIMOTO, Sumio SUGIYAMA

1. はじめに

これまで、半溶融状態にあるバルク金属にピン・フィン材を押し込み接合させる問題を取り上げ、(a) ピン材・フィン材のバルク材への多数本(枚)接合の可能性、(b) ピン材・フィン材とバルク材が異なる材質での接合の可能性、(c) ピン材・フィン材とバルク材との接合強度等について検討した結果を報告した¹⁻⁴⁾。

本稿では、金属材料の表層強化(改質)技術の開発を目的とし、半溶融状態にあるバルク金属に、セラミック粒子、セラミック球、金属球、金属ファイバーなどを比較的低压(パンチの面圧で20MPa以下)で押し込み接合(積層)させる問題について検討した結果を述べる。

2. 実験条件および方法

接合材の一方にアルミニウム A 2011 合金バルク材を、他方に # 80, # 100 のアルミナ球、直径 0.6 mm の鋼球、# 20 のセラミックス粒子 (A-20, AZ-20)、中空(バルーン)状のセラミックス球 (# 16)、鋼短繊維 (0.1~0.4-約 10 mm) など各種寸法・形状の強化粒子・強化繊維を用いた。

実験手順は、片面接合(積層)の場合、①あらかじめ粒子・繊維等をコンテナの下金型に敷き詰め、その上に A 2011 バルク材を置き、②バルク材と強化材とをコンテナごと加熱する、③ A 2011 バルク材が半溶融状態に達した後にパンチを降下させ、パンチ面圧が 20 MPa 以下の低圧力付加のもとに粒子・繊維をバルク材に押し込み、④放冷凝固させる、である。両面接合(積層)の場合は、バルク材の上面にも粒子等を同様に敷き詰め、その後は片面接合の場合と同じ手順で行う。図 1 に接合実験の概略図を、表 1 に接合実験条件をまとめて示す。

3. 実験結果および考察

図 2 (a) は、約 630°C の A 2011 バルク材に、# 80 のアルミナ球を接合させた製品の横断面、図 2 (b) は表面(平面)を示し、図 2 (c) は横断面の拡大図をそれぞれ示

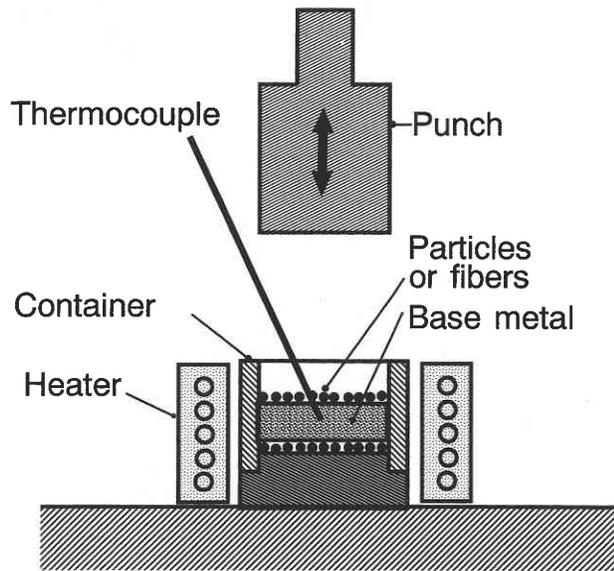


図 1 接合実験の概略図

表 1 実験条件一覧表

Bonding Material Combination	A2011/ceramic particles (A-20, AZ-20) A2011/spherical ceramic particles (Al ₂ O ₃ , #80, #100) A2011/hollow ceramic particles A2011/steel balls (d:0.6mm) A2011/short cut steel fibers (0.1~0.4-10mm)
Dimension /mm	A2011: φ 32-10
Bonding Temp. /°C	A2011: 610-640
Bonding Pressure /MPa	max. 20

*東京大学生産技術研究所 第 2 部

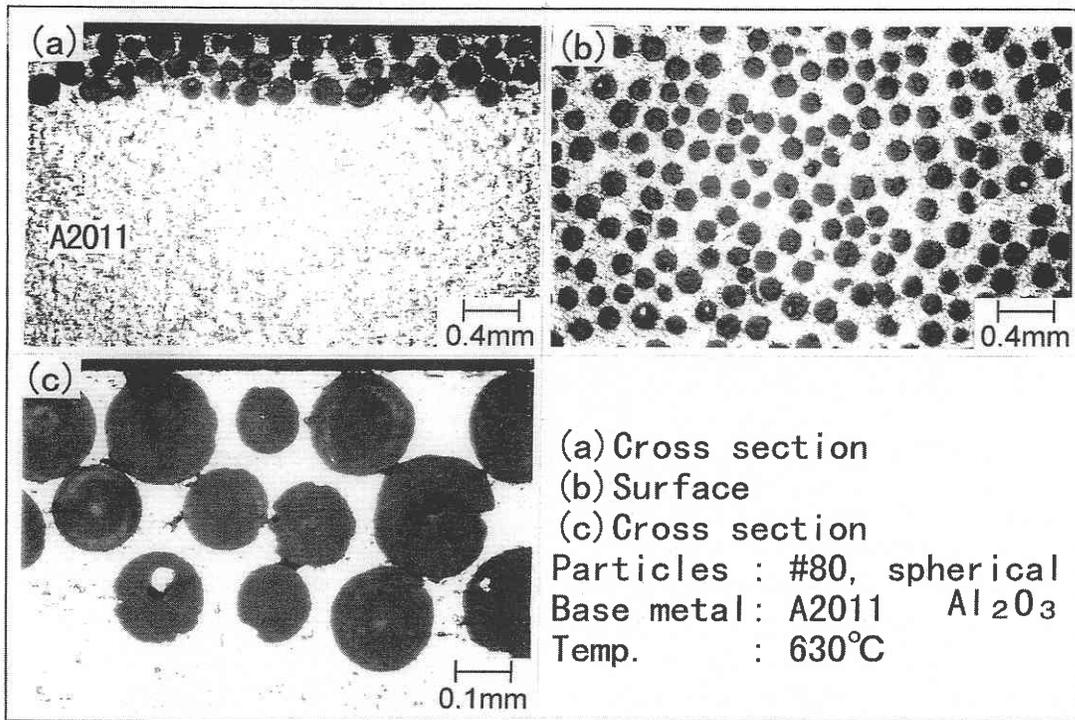


図2 A 2011 バルク材と球状アルミナ粒子の接合（積層）例

す。図から、アルミナ球はバルク材中に埋没し、かつ一粒一粒包み込まれるように接合（積層）されていることがわかる。また、拡大図から、アルミナ球と A 2011 バルク材の界面が明瞭に観察されることから、接合は、拡散接合でなく、単に機械的な接合であることが推察される。

図 3 は、図 2 の結果をもとに、模式的に示した図である。約 630°C の A 2011 バルク材は固相率が概略 60 % 前後であり、これは丁度水を含んだ砂のような状態である。こうした状態では、最大 20 MPa の低加圧力であっても、図中に矢印で示すように、バルク金属が粒子の裏側にまで隙間なく回り込み粒子を包みこむことがわかる。

図 4 (a) は、A 2011 バルク材の上下両面に # 80 の球状アルミナ粒子を接合させた際の横断面を示し、図 4 (b) (c) は、A 2011 バルク材の上下両面に # 20 の不定形セラミック粒子を接合させた際の表面（平面）ならびに横断面を示す。いずれの場合も、アルミナ粒子がバルク材の両面に幾重にも埋め込まれ、一粒一粒完全に包み込まれた状態で接合されていることがわかる。バルク材が完全な溶融状態にある場合に、強化粒子をバルク材の上下両面に同時に接合させることは、バルク材と強化粒子との比重差などの影響があり、必ずしも易しくはない。半溶融状態では、バルク材が適度の硬さと流動性を有するため、バルク材の両面に強化粒子等を接合させることは容易であった。

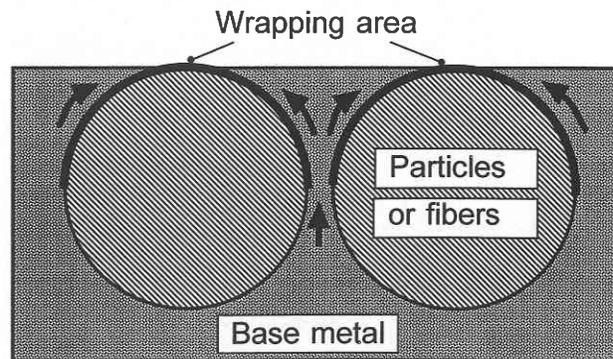


図3 半溶融状態におけるバルク金属の流動の様子

図 5 (a) は、A 2011 バルク材に直径 0.6 mm の鋼球を接合させた例、図 5 (b) は # 16 以下の中空（バルーン）状セラミックス球を接合させた例、図 5 (c) は、銅短繊維を接合させた例を示す。いずれの場合も良好な接合製品が得られた。図 5 (a)、図 5 (c) から、強化粒子・強化繊維とバルク材が金属どうしの半溶融接合では、粒子・繊維をバルク材料が包み込む機械的な接合と同時に、互いの金属どうしの拡散反応も接合界面近傍で見られ、したがってより強固な接合となり得ることがわかる。また、図 5 (b) に見られるように、バルーン状アルミナなど壊れ易い材料

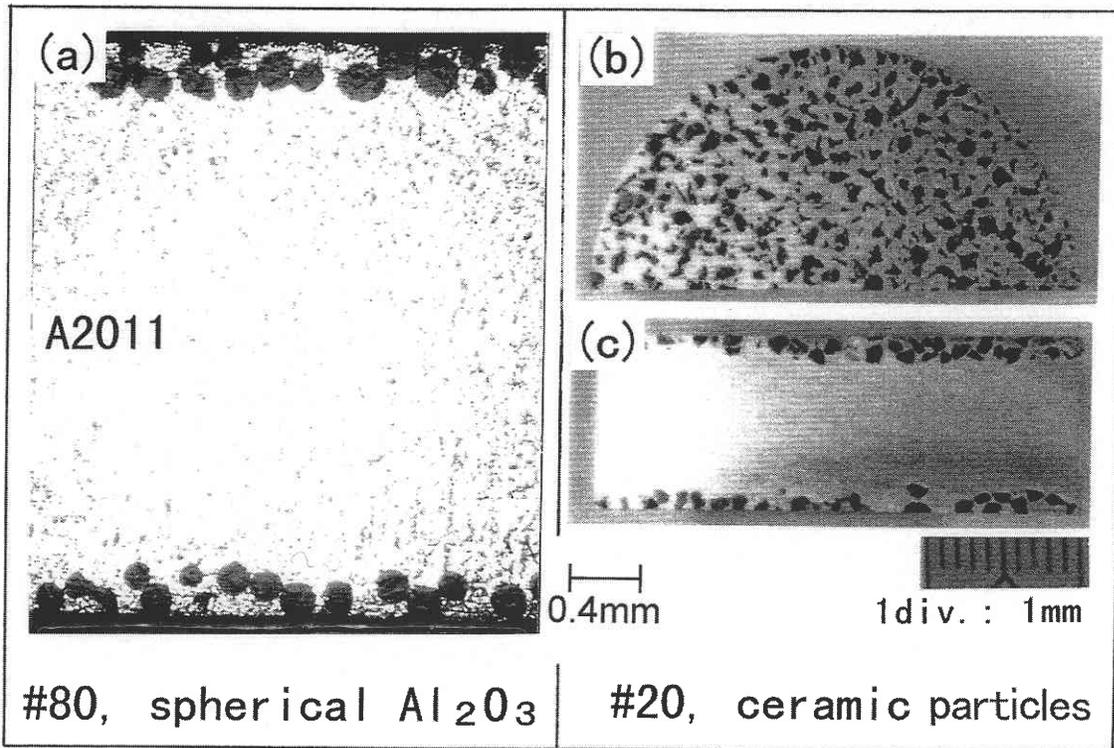


図4 A 2011 バルク材の上下両面への強化粒子の接合（積層）例

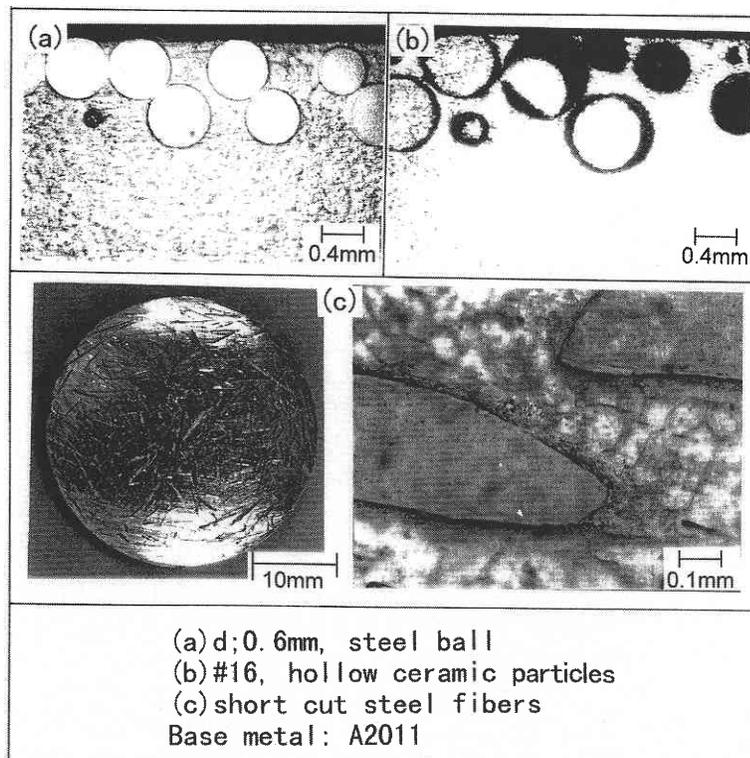


図5 A 2011 バルク材と鋼球，中空状セラミックス粒子，鋼短繊維の接合（積層）例

研 究 速 報

に対しても、破碎されることなく良好に接合されていることがわかった。

4. ま と め

半溶融状態にあるバルク金属に、セラミック粒子・金属球・金属ファイバーなどを比較的低圧力（パンチの面圧で 20 MPa 以下）で押し込み、接合（積層）させる問題について検討し、概略以下の結果を得た。（1）A 2011 バルク材の適当な半溶融状態のもとで、いずれの場合においても強化粒子・強化繊維を完全に包み込んだ表層強化接合品の製造が可能であった。（2）半溶融接合では、バルク金属の上下両面に強化粒子・強化繊維を容易に接合させることが可能であった。（3）強化粒子等に金属材料を用いた場合には、強化粒子を単に包み込む機械的接合に加え、バルク金属との拡散接合も起こり、より強固な接合が期待できる。

積層型粒子強化複合材料は、軽量化と表面の耐摩耗性、

耐熱強度などの特性が求められるピストン、シリンダー、ブレーキ等の部品としての用途がある。これまで、このような部品の製造は溶湯鍛造のように大がかりな複雑な工程によって行われてきたが、# 100 程度の比較的粗い粒子や繊維を有する積層型粒子複合材料の製造においては、単純な本半溶融接合法によっても製造可能なことが示された。

(1998 年 12 月 10 日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内ほか：平 9 塑性加工春季講演会講演論文集（1997），253-254.
- 2) 木内ほか：48 回塑性加工連合講演会講演論文集（1997），407-408.
- 3) 木内ほか：48 回塑性加工連合講演会講演論文集（1997），409-410.
- 4) 木内ほか：平 10 塑性加工春季講演会講演論文集（1998），81-82.