

半溶融接合に関する基本特性

Basic Propertis of Mashy-State Bonding

木 内 学*・柳 本 潤*・杉 山 澄 雄*

Manabu KIUCHI, Jun YANAGIMOTO and Sumio SUGIYAMA

1. は じ め に

金属材料を溶融し接合する方法には、溶接法・ろう接法・鑄ぐるみ法などがあり、すでに広く一般に利用されている。しかし、これらの接合法においても、(1) 薄物や細線どうしの接合、(2) 細線とバルク材の直接接合、(3) ステンレスとアルミニウム合金などの組合せにみられる異種材の直接接合、に関しては未だ多くの問題が残されている。

筆者らは、これまで、半溶融圧延法・半溶融押出し法・半溶融鍛造法により各種の複合材料の製造・加工を行ってきた。これらは、金属素材どうしあるいは金属素材と強化材との高加圧力下での半溶融接合と見ることできる。しかしながら、それらの結果は金属材料の半溶融状態での接合性そのものについての検討結果ではなかった。

本報では、アルミニウム合金とステンレス線の組み合わせについて、半溶融状態にあるアルミニウム合金のバルク材にステンレス線を挿入し互いを接合させることを試み、加工条件因子が接合特性におよぼす影響について調査した結果を述べる。

2. 実験条件および方法

供試材の一方にアルミニウム合金 A2011 のバルク材を、他方にステンレス鋼 SUS304 の線材を用いた。

接合は、A2011 バルク材を半溶融状態に加熱し、このバルク材に SUS304 の線材を挿入する方法で行った。A2011 バルク材の温度が約 620°C 以下の半溶融温度域では、バルク材表面に亀裂が生じるのを防ぐため、半割りの型を用いてバルク材の周方向を軽く拘束しながら線材を押し込む方法を採用した。

*東京大学生産技術研究所 第2部

接合条件としては A2011 バルク材の温度を熱間域から半溶融域にまで変化させて行った。また SUS304 線材については、バルク材の温度程度にまで予熱した場合と室温の場合、また、線材を回転 (550 rpm) させながらバルク材に挿入した場合と単に押し込む場合とについて検討した。その他、SUS304 線材の接合部の表面は 100 番の研磨紙であらかじめ磨き、常に表面性状を一定に保って試験を行った。図 1 に接合実験の概略図、表 1 に実験条件を示す。また、図 2 には用いた A2011 バルク材の冷却曲線を示すが、半溶融温度範囲は 541 ~ 645°C であることがわかる。

なお、接合された製品について、接合界面の観察ならびに接合強さ試験を行った。

3. 実験結果および考察

図 3 は、A2011 バルク材に SUS304 線材を半溶融接合し正常に接合できた例を示す。図 4 (a) は、バルク材温度

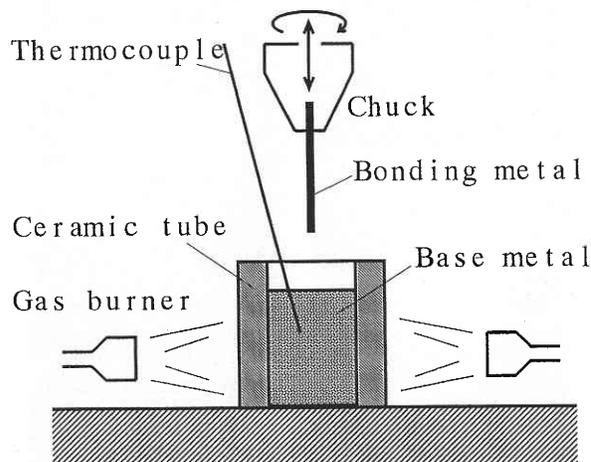


図 1 接合実験の概略図

表 1 実験条件一覧表

Bonding Material Combination	A2011/SUS304
Dimension /mm	A2011 : φ 20- 30 SUS304: φ 2-100
Treating the surface	SUS304: Polishing (#100 abrasive paper)
Bonding Temp. /°C	A2011 : 500-644 SUS304: Room Temp. and preheating
Flux	No use

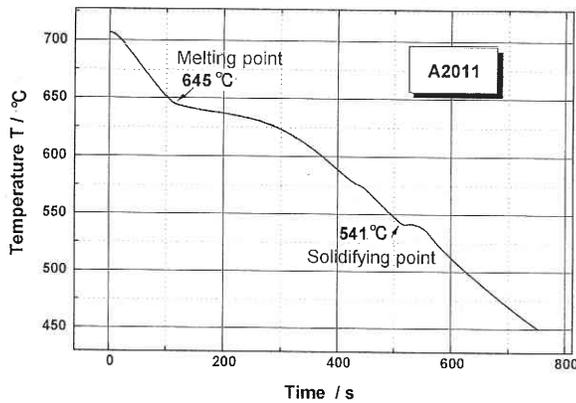


図 2 A2011 の冷却曲線

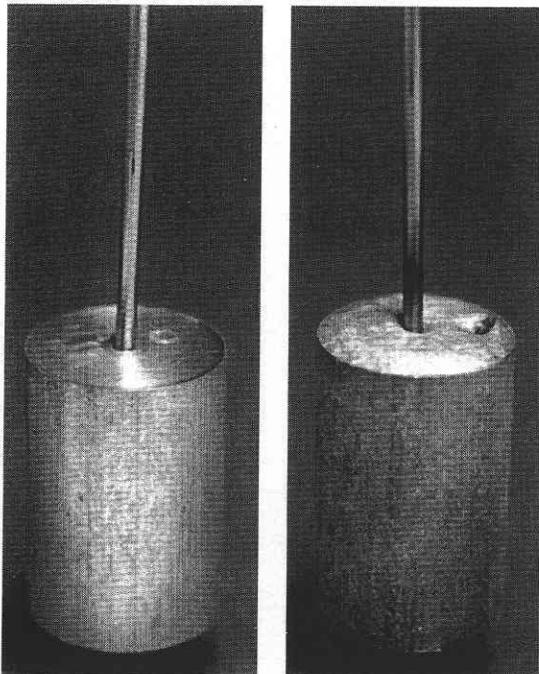


図 3 接合製品例

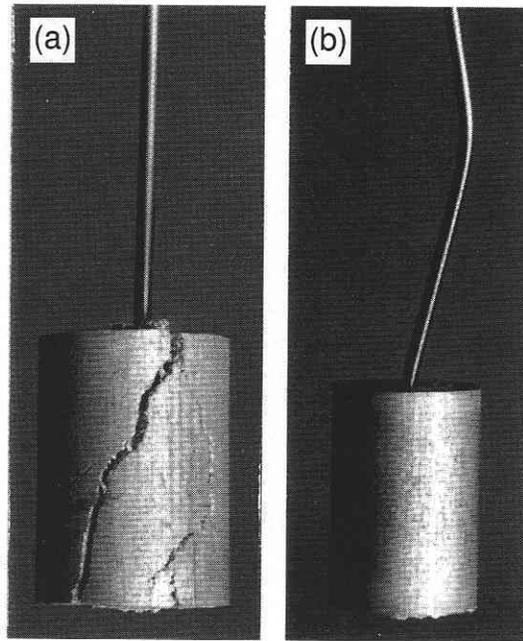


図 4 接合欠陥例

590°Cで、線材を単に押し込んだ例であり、この場合バルク材表面に亀裂が生じていることがわかる。一連の接合実験から、620°C以下の半溶融域で線材を挿入する場合には、母材を多少拘束しつつ挿入する必要があることが判明した。また、図 4 (b) には、母材温度が低すぎたために、挿入時に線材が座屈してしまった例を示す。

接合強度試験はアムスラー万能試験機を用い、A2011バルク材の長さを 15 mm、線材をバルク材から引き抜く速度を 15 mm/min.として行った。

図 5 は、接合強さ（最大引き抜き荷重を接触面積で割った値）と A2011バルク材の接合時の温度との関係を示す。半溶融域での接合強さは概略 10～20 MPa の範囲内にあり、A2011の温度の増加とともに単調に減少していることがわかる。図中の●印は線材を回転させながら挿入した場合の結果であり、回転させない場合より全般的に高い接合強さとなっている。線材を予熱した場合の接合強さを記号に H を付けて表す。線材を予熱しない場合と比較し大きな差はない。なお、バルク材温度が 500°C と 530°C の ↑ 印で示す 2 点は、引き抜き途中で線材が破断してしまった場合の値であり、最大の接合強さでない点に注意されたい。

図 6 は、接合界面近傍の組織を観察した結果を示す。接合温度が 644°C（ほぼ凝固開始温度）では、接合温度が 550°C（A2011 母材の凝固終了温度より約 10°C 高い）の場合と比較して、(1) A2011 母材の組織が粗く、(2) 反応相の層の厚みも厚く、(3) 所々に著しく大きな反応相

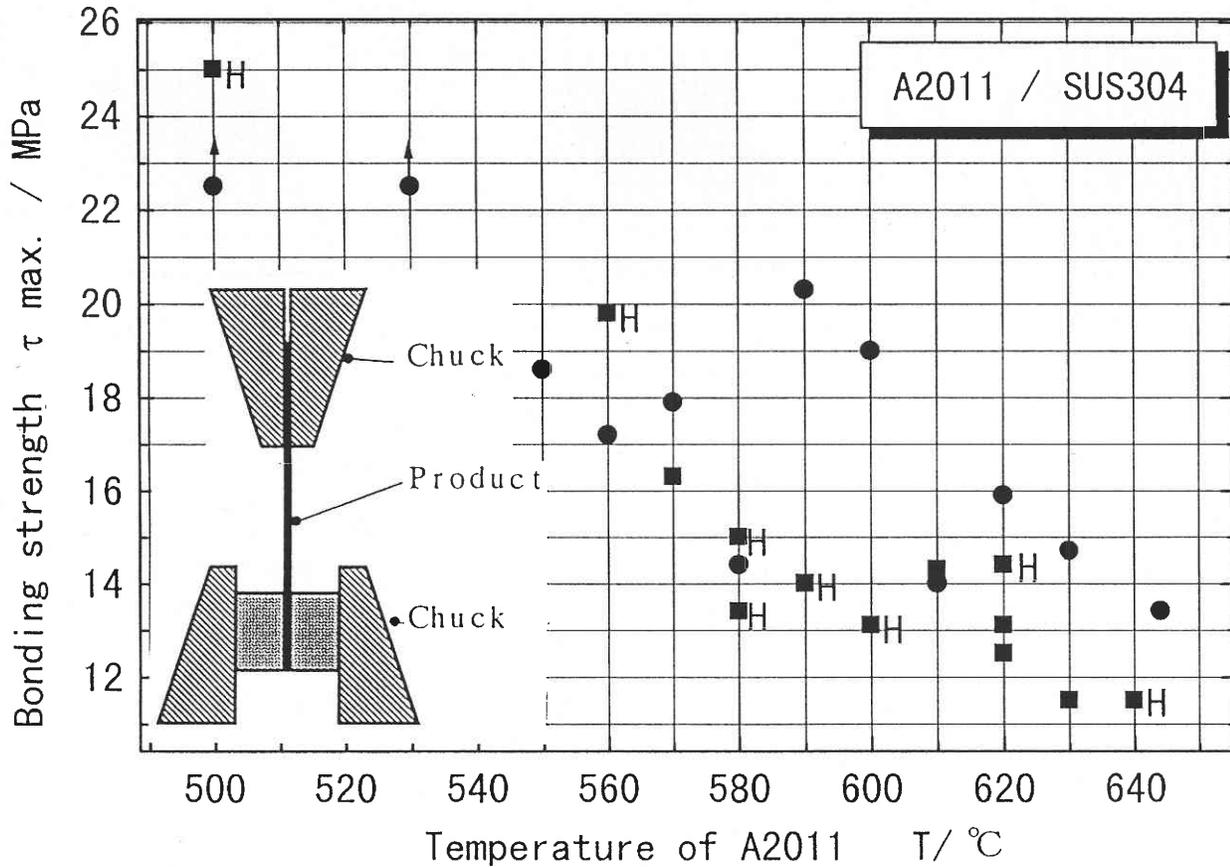


図5 接合強さと A2011 バルク材温度の関係

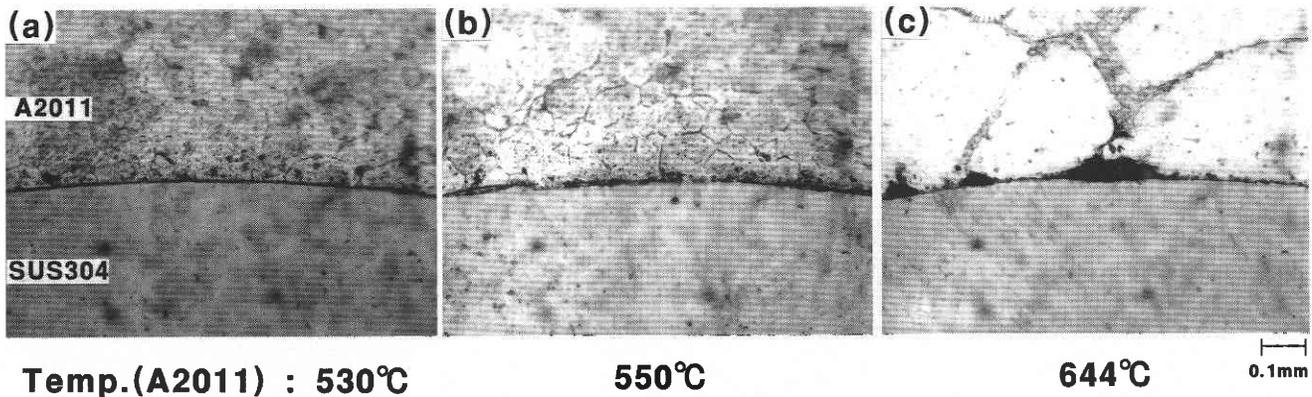


図6 接合界面近傍の内部組織

の生成が見られる，ことがわかる．これらが，図5の結果からわかるように，A2011の温度の増加とともに接合強さを低下させる原因であると思われる．

4. ま と め

半熔融状態にある A2011 バルク材に，SUS304 線材を押し込む方法により接合を行った結果，概略以下のことが分かった．(1) 接合強さは 10～20 MPa の範囲であること，(2) A2011 バルク材温度が高くなるほど接合強さが

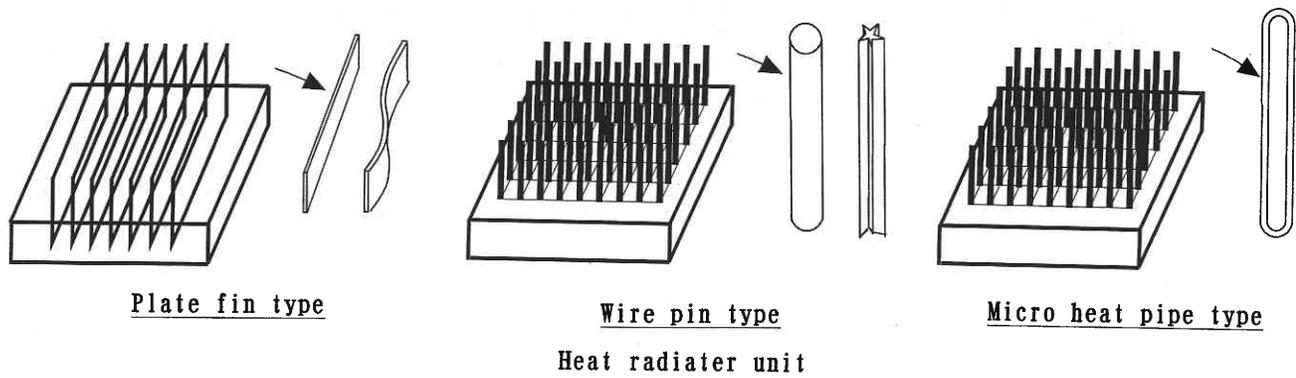


図7 半溶融接合の応用例

低下すること、(3) A2011バルク材温度が高くなるほどバルク材組織が粗く、かつ反応相の生成が促進されること、などの結果を得た。

今後は、より強固な半溶融接合をめざし、通常の溶接法や圧接法では達成が困難な接合金属どうしの組み合わせや形状について検討する予定である。

本報で示した半溶融接合法は、溶接・ろう付けなどと異なり、極めて単純化されたプロセスで複雑な組立品の接合が実現できる可能性を有している。具体的には基板

を半溶融状態に加熱し、これに種々の形状・寸法を持つ板状フィンや棒・線状ピン、あるいはマイクロヒートパイプを順次又は一括して所要の位置にさし込むことにより、図7に示す各種放熱ユニットの製造が可能であり、その応用が期待されている。(1997年6月23日受理)

参 考 文 献

- 1) 塑性加工技術シリーズ19“接合”(1990).