

半熔融加工に関する実験的研究—第12報—
—積層型複合材料の半熔融圧延圧接に関する検討—
Experimental Study on Metal Forming in Mashy State • 12th Report
—Production of Multi-Layers Composite Metals by Mashy State Roll Process—

木 内 学*・杉 山 澄 雄*・遠 藤 昇**・欽 崎 尚 哉***
Manabu KIUCHI, Sumio SUGIYAMA, Noboru ENDO and Naoya KUWASAKI

1. はじめに

筆者らは、半熔融状態における金属(合金)材料の特性を利用した新しい加工プロセスの開発について一連の研究を行っている。第5・6報^{1,2)}において、半熔融押し出し法により、アルミ合金のクラッド材(棒材)の製造を試み、その特性について検討した。また、第10報³⁾においては、半熔融鍛造法により、ライナーに粒子強化複合材料(または強化粒子のみ)、裏金にアルミ合金を用いたクラッド材(板材)を製造し、その特性について検討した。これらは、半熔融状態下での金属材料の種々の特性のなかで、「接合性の良さ⁴⁾」を利用したものである。本報では、半熔融圧延圧接法による各種積層型複合材料の製造を試みたので、結果を報告する。

2. 実験方法および条件

実験は、ライナーの種類により、(1)アルミ合金どうしの半熔融接合、(2)強化粒子とアルミ合金材の直接半熔融接合、(3)粒子強化複合材料とアルミ合金材の半熔融接合、の3通りにわけて行った。実験に際しては、ロールによる素材温度の低下を防ぎ半熔融圧延圧接を実現するため、試料全体を金型に入れ、金型ごと加熱し圧延

表1 実験条件一覧表

裏金材質寸法	A-5052 5 ¹ ×40 ^w ×210 ^{mm} , 2×40×210
ライナー形状 材 質	1)アルミ合金 A-1050, A-2017 2×40×210 2)強化粒子(セラミック粉等) WA #320, WA #100, A-20, AZ-20, GC #180 3)複合粉 (A-5056 #55+WA #1500, V _f =30%)
圧 接 機	2段圧延機 φ200×205mm
圧 接 速 度	1.4r.p.m. (14.7mm/s)
圧接温度 T/°C	500~630
圧 下 率 r/%	0~40

* 東京大学生産技術研究所 第2部
** 松本精機(株)
*** 三井アルミ(株)

する方法を用いた(図1参照)。すなわち、(2),(3)の場合の実験方法は、図に示す金型の溝に強化粒子または粒子強化複合材料を一定厚さに敷きつめ、その上に裏金を乗せ、さらに上から4.2mm厚さの鋼板のカバーを置いて、加熱炉中に入れ、所定の温度に15分間以上保持したのち、金型・カバーごと圧延を行った。(1)の場合も同様であるが、合わせ面を#80の研磨紙で研磨後、アセトンでよく脱脂し、表面状態を一定にして実験を行った。金

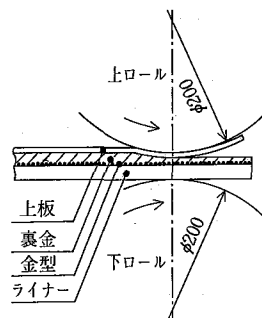
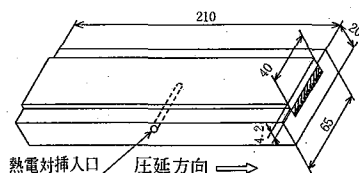


図1 実験装置概略図

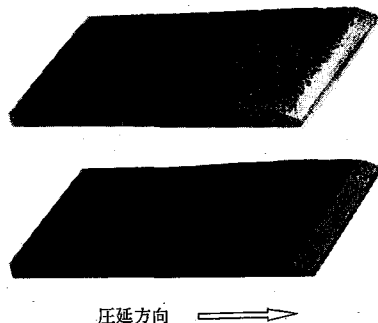


図2 半熔融圧延法による積層型複合材料例

半溶融加工に関する実験的研究—第12報—
——積層型複合材料の半溶融圧延圧接に関する検討——
Experimental Study on Metal Forming in Mashy State • 12 th Report
——Production of Multi-Layers Composite Metals by Mashy State Roll Process——

木 内 学*・杉 山 澄 雄*・遠 藤 昇**・鍛 崎 尚 哉***
Manabu KIUCHI, Sumio SUGIYAMA, Noboru ENDO and Naoya KUWASAKI

1. は じ め に

筆者らは、半溶融状態における金属(合金)材料の特性を利用した新しい加工プロセスの開発について一連の研究を行っている。第5・6報^{1),2)}において、半溶融押し出し法により、アルミ合金のクラッド材(棒材)の製造を試み、その特性について検討した。また、第10報³⁾においては、半溶融鍛造法により、ライナーに粒子強化複合材料(または強化粒子のみ)、裏金にアルミ合金を用いたクラッド材(板材)を製造し、その特性について検討した。これらは、半溶融状態下での金属材料の種々の特性のなかで、「接合性の良さ⁴⁾」を利用したものである。本報では、半溶融圧延圧接法による各種積層型複合材料の製造を試みたので、結果を報告する。

2. 実験方法および条件

実験は、ライナーの種類により、(1)アルミ合金どうしの半溶融接合、(2)強化粒子とアルミ合金材の直接半溶融接合、(3)粒子強化複合材料とアルミ合金材の半溶融接合、の3通りにわけて行った。実験に際しては、ロールによる素材温度の低下を防ぎ半溶融圧延圧接を実現するため、試料全体を金型に入れ、金型ごと加熱し圧延

表1 実験条件一覧表

裏金材質寸法	A-5052 5×40×210 ⁴⁾ mm; 2×40×210
ライナー形状 材 質	1)アルミ合金 A-1050, A-2017 2×40×210 2)強化粒子(セラミック粉等) WA #320, WA #100, A-20, AZ-20, GC #180 3)複合粉 (A-5056 #55+WA #1500, V _p =30%)
圧 接 機	2段圧延機 φ200×205mm
圧 接 速 度	1.4r.p.m. (14.7mm/s)
圧接温度 T/°C	500~630
圧 下 率 r/%	0~40

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 松本精機(株)

*** 三井アルミ(株)

する方法を用いた(図1参照)。すなわち、(2),(3)の場合の実験方法は、図に示す金型の溝に強化粒子または粒子強化複合材料を一定厚さに敷きつめ、その上に裏金を乗せ、さらに上から4.2mm厚さの鋼板のカバーを置いて、加熱炉中に入れ、所定の温度に15分間以上保持したのち、金型・カバーごと圧延を行った。(1)の場合も同様であるが、合わせ面を#80の研磨紙で研磨後、アセトンでよく脱脂し、表面状態を一定にして実験を行った。金

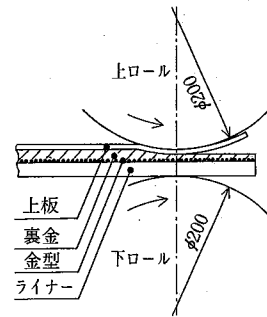
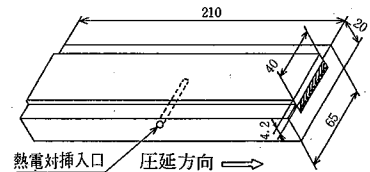


図1 実験装置概略図

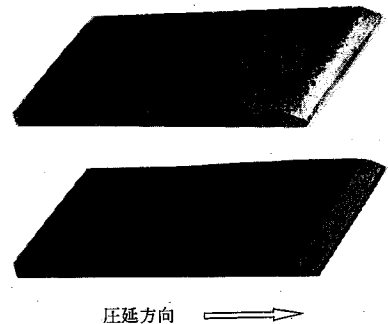


図2 半溶融圧延法による積層型複合材料例

研究速報

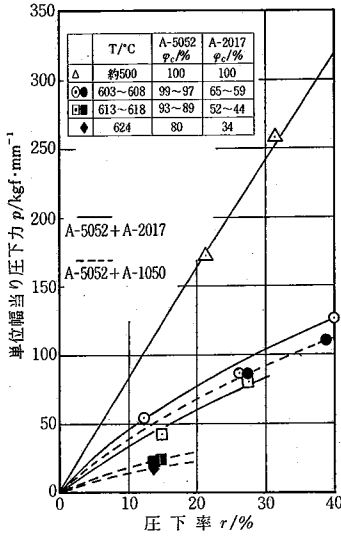


図3 単位幅当たり圧下力pと圧下率rの関係

型寸法・測温位置および実験装置の概略を図1に、その他実験条件をとりまとめて表1に示す。また、今回の半溶融圧延圧接法により製造した製品の例を図2に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 アルミ合金の半溶融圧延圧接合

図3は、アルミ合金(t2×w40×210)どうしの接合の場合の単位幅当たりの圧下力pと圧下率rの関係を示す。ただし以下の各場合とも金型ごとの圧延の際の圧下力pであることに注意されたい。また、各場合の素材の固相分率φcについては図を参照されたい。圧下率の増加に対し、pは単調に増加している。また、同一温度に対して、A-5052+A-1050(case 1)と、A-5052+A-2017(case 2)の場合のpを比較すると、case 1の方がpは低いが、これは、A-1050がA-2017より、低い変形抵抗を有するためである。

図4は、製品の接合強度を調べた結果を示す。図より圧下率が約25%以上、温度が約600°C以上の加工条件のもとで接合状態の良い製品ができることがわかる。

図5は、圧下率の変化に伴う接合面の相違を示す。これより、圧下率が増すにしたがい、合わせ面をつきぬけて両材料が互いに入りくみ、良好な接合面を構成していることがわかる。図6は、圧延温度の変化による、接合面の相違を示す。これより、T=500°Cの接合面は603°Cの場合に比べて単調であることがわかる。

図7(a)は金属顕微鏡、(b)はSEMによって、材料の組み合わせの違いによる接合面の相違を観察した結果を示す。これより純アルミを含むcase 1は、合わせ面がそのまま残留して接合面を構成しているのに対し、アルミ合金どうしのcase 2では、合わせ面の所々をつき破って両

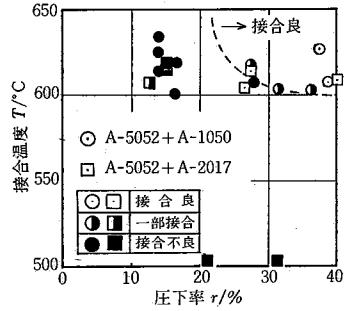


図4 接合温度Tと圧下率rの関係

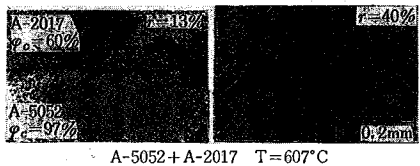
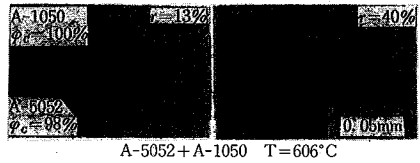


図5 圧下率の変化による接合面の相違

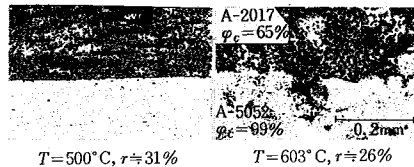


図6 圧延温度の変化による接合面の相違

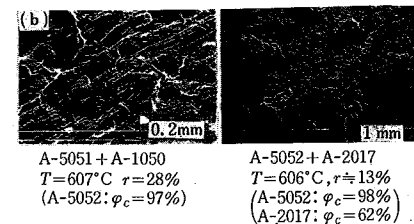
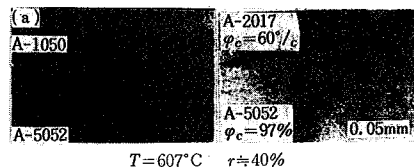


図7 材料の組み合わせの違いによる接合の相違

材料が入りくみ点溶接のような接合面を構成していることが観察された。これは、この温度でアルミ合金は互いに半溶融状態であるのに対し、A-1050は半溶融状態に

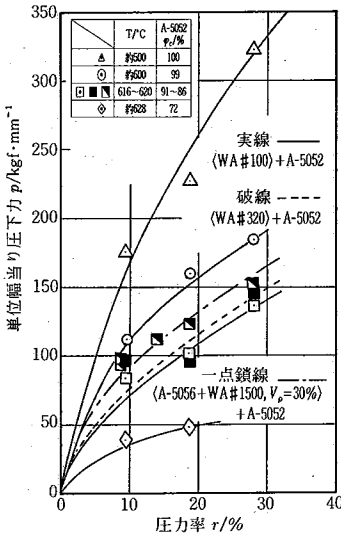


図8 単位幅当たり圧下力 p と圧下率 r の関係



図9 圧下率の変化による強化粒子の圧入状態の相違

なっていないためと考えられる。

3.2 強化粒子とアルミ合金の半溶融圧延接合

図8は、〈アルミナ粉(WA) #100〉+A-5052, 〈アルミナ粉(WA) #320〉+A-5052の場合の単位幅当たりの圧下力 p と圧下率 r の関係を示す。この場合の圧下率の算出は、用いた強化粒子の真密度での厚さを算出し、これと裏金の厚さとの和を元厚さとして行った。図より、圧下率の増加に対して、 p が単調に増加していることがわかる。

図9は、圧下率の変化に伴う強化粒子の圧入状態の相違を示す。これより、圧下率が高くなるにしたがって、圧入深さが増す。すなわち裏金材の液相成分がライナー部に浸透する深さが増し、強化粒子を完全に取り囲んでいる様子が観察される。

図10は、圧延温度の変化に伴う強化粒子の圧入状態の相違を示す。これを見ると、圧延温度500°Cにおいては、強化粒子は裏金の表面に突きささる形で1層埋め込まれているにすぎない。一方圧延温度が628°C ($\phi_c=73\%$)の場合には、均一に圧入されていないことがわかる。これらの結果より、強化粒子を均一に数層圧入するためには、強化粒子層への裏金材液相成分の浸透を容易にすると同

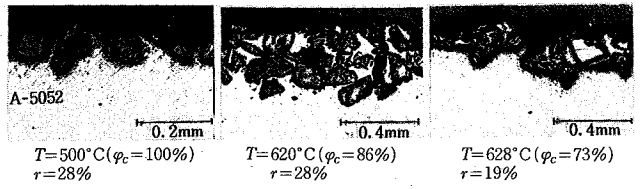


図10 圧延温度の変化による強化粒子の圧入状態の相違

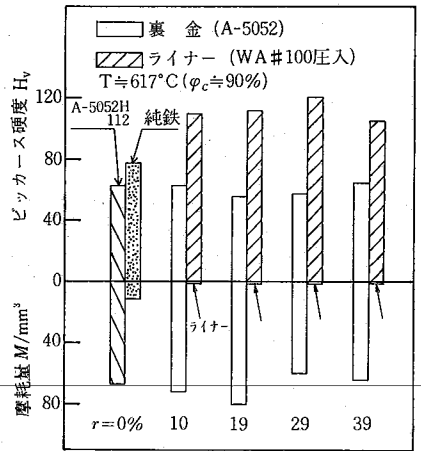


図11 裏金およびライナー部硬度 H_v 、摩耗量 M と圧下率 r の関係

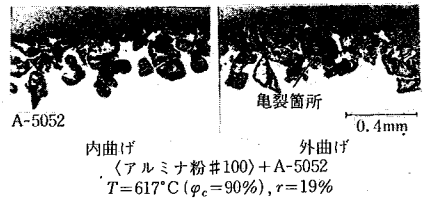


図12 内・外のU型曲げ成形性の観察

時に、裏金材面相成分の適度な変形抵抗が必要であることが予想される。今回の裏金材質 A-5052 の場合、 $T=610\sim 620^\circ\text{C}$ ($\phi_c=96\%\sim 86\%$) の範囲で均一な数層の強化粒子の圧入が達成された製品が得られた。

図11に、裏金とライナーのピッカース硬度および摩耗量の比較を示す。硬度はピッカース硬度計 10 kgf で行った。摩耗試験については既報⁵⁾と同じである。ライナーの摩耗量については、実際の摩耗は、強化粒子を取り囲んでいる裏金材質の摩耗と考えられることから、裏金材に換算した摩耗体積を求めた。その他参考のために図中に、純鉄、A-5052H112の値を示す。図より、裏金とライナーの硬度および摩耗量の差は顕著であり、とくにライナーの摩耗量は極端に少ないことがわかる。

図12は、正常に強化粒子が埋め込まれた製品について、ライナーに対して、半径 20 mm の内曲げ・外曲げ成

研究 速 報

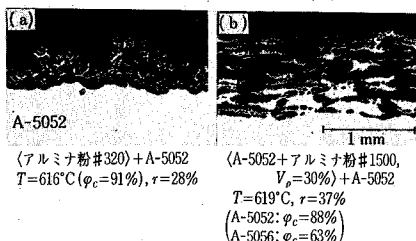


図13 微細な強化粒子の積層化の観察

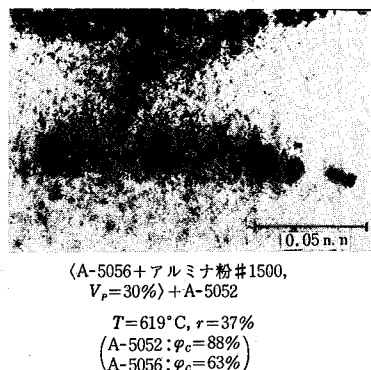


図14 強化粒子とマトリックス, 裏金の接合の様子

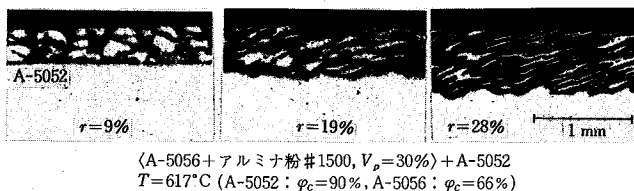


図15 圧下率の変化による積層化の相違

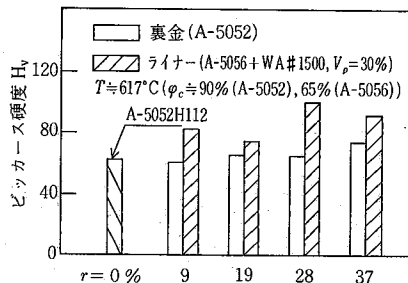


図16 裏金およびライナー部硬度 H_v と圧下率 r の関係

形を行い, その表面状態を観察した. 外曲げに対しては, 所々微細な亀裂が観察される. 内曲げに関しては, 亀裂は生じていない.

3.3 粒子強化複合材料とアルミ合金の半溶融圧延接合

3.2の方法では微細な強化粒子のみ裏金上に均一に, ある厚さ以上に積層させることは困難である. しかし, 強化粒子と, アルミ合金粉の複合粉を用いることによって, 任意の厚さのライナー部を均一に成形することができる.

図13は得られた製品の断面を示す. (a)は, <アルミナ粉 (WA) #320>+A-5052の場合で, 均一に積層されていないことがわかる. (b)は複合粉を用いた場合で, 均一に一定厚さに成形されている様子を示す.

また, 図14に強化粒子と裏金ならびにライナー部マトリックスとの接合状態を示す. 強化粒子が裏金ならびにライナー部マトリックス中に埋没し, かつライナー部マトリックスが裏金とよく接合している様子が観察できる.

図15は, 圧下率の変化による積層化された状態の相違を示す. 圧下率が増すにしたがい, ライナー・裏金の材料が相互に相手方に入り込んで, 良好な接合面を形成していることがわかる. またライナー部マトリックスがつぶされて扁平となっている様子もわかる.

図16は, 裏金およびライナー部表面硬度 H_v と圧下率 r の関係を示す. 圧下率の増加に対して, 硬度も多少高くなっていることがわかる.

4. ま と め

本報では, 半溶融圧延法による圧接加工法を積層型複合材料の製造に適用する問題について検討を行った. アルミ合金どうしの接合の場合, 両材料が互いに入り組み, 良好な接合面を形成することがわかった. 強化粒子 (セラミックス粉等) とアルミ合金の接合の場合, 強化粒子を裏金に均一に数層圧入し表層を硬化することが可能であることを明らかにした. また, 微細な強化粒子を任意の厚さにかつ均一に積層させ, 所要の積層型複合材料を製造できることを示した.

今後この半溶融加工法の応用による新材料の製造ならびに加工技術の開発は大きく発展することが予想され, さらに検討を進めてゆく予定である.

(1982年3月27日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内, 杉山: 第30回塑加連講論 (1979-11), 260
- 2) 木内, 杉山: 昭55春塑加講論 (1980-5), 481
- 3) 木内, 杉山, 遠藤: 第32回塑加連講論 (1981), 330
- 4) 木内: 綜合鑄物 (1981-12), p. 8
- 5) 木内, 杉山: 昭56春塑加講論 (1981), 575