生 産 研 究 205

37巻6号(1985.6)

> 半溶融圧延に関する研究 第3報 ----アルミ系積層型粒子強化複合材料の製造・加工----Study on Rolling of Metals in Mashy-State・3rd Report ---Investigation into Production and Working of Particle Reinforced Laminated Composite Metals----

木内 学*•杉山 澄 雄*•富 岡 美 好****•川 平 哲 也** Manabu KIUCHI, Sumio SUGIYAMA, Miyoshi TOMIOKA and Tetsuya KAWAHIRA

1. はじめに

半溶融状態にある合金材料には,他にみられない種々 の特性,たとえば,変形抵抗の大幅な低下,変形能の向 上,接合性・分離性・造型性・攪はん性・混合性の誘起, などが見られる。筆者らは,合金材料の半溶融状態にお けるこのような諸特性を有効に利用した加工プロセスの 開発について一連の研究を推進している。

これまで、半溶融圧延・圧接法による積層型粒子強化 複合材料(P.R.C.M)の製造・加工に関し、①金型を利 用する方法、②金属管を利用する方法、について報告し ている、今回は、アルミ系材料を金属素材とし、素板(金 属)に強化粒子を直接半溶融圧延・圧接する方法、なら びに、素板に強化粒子と金属粉の混合粉を直接半溶融圧 延・圧接する方法により P.R.C.Mの製造・加工を行っ た、本報では、その際の加工条件と内部組織等との関係 について検討したので、その結果について報告する。

実験方法および条件

実験条件を表1に示す.実験は,積層のしかたにより, ①強化粒子を素板に直接埋込み,積層させる方法,②強 化粒子とA5056粉との混合粉を素板に圧延・圧接し積層 させる方法,とに分けて行った.その他の条件因子とし て,素板材質,強化粒子粒度および体積含有率,圧延温 度,見かけ圧下率(1-製品厚さ/(素板厚さ+積層厚さ)) を取り上げ,それらが製品性状(内部組織、ライナー部 の結合性)におよぼす影響について調べた.実験方法は 以下のとおりである.まず,素板(厚さ:2.5 mm)の上 に強化粒子または混合紛を0.01 mm以上任意の厚さで 積層する.続いて,この被圧延材を,ロール入側直前に 設置した加熱炉で所定の半溶融状態になるまで加熱・保 持し,それから,ロール間に挿入する(図2参照).図1 は,半溶融圧延装置を示す.

実験結果および考察
3・1 強化粒子の直接埋込みによる積層化

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 三井アルミニウム工業(株)

*** 松本精機(株)

表1 実験条件一覧表

	直接埋め込み	混合粉の積層化			
	Case 1	Case 2 (a)	Case 2 (b)		
素板	A 5052	A 1050	A 5052 〈A 5056粉 + WA〉 30~70		
積層材 (ライナー) WA の粒度 体積含有率V _o /%	WA #100~#1500 /	〈A 5056粉+WA〉 <i>*</i> 30~70			
圧延温度T/C	580~640	580~650	580~640		
圧下率 r ₁ /%	25以上	11	"		
圧延速度:0.7~0.	.9m/s, ロール	寸法:d250×110mm	. 無潤滑		



図1 半溶融圧延装置



図2 半溶融圧延による積層型粒子強化複合材料の製造・加工 プロセス

3・2 混合粉の積層化

60

40

云 20 配

0

かけ圧下率 r1/%

図3は、圧延温度が製品の内部組織におよぼす影響を 示す、図より、圧延温度が600℃の製品では、素板はほぼ 固相(固相分率¢c=99%)の状態であるために,強化粒 子が表面に一層つきささる形で積層されているにすぎな い. それに対し、610℃の製品では液相成分の存在によ り、強化粒子がマトリックスに完全に取り囲まれ、数個 重なりあい積層されていることが分る。図4は、見かけ 圧下率 r₁ が製品の内部組織におよぼす影響について示 す。図より、r1が27%の製品では、強化粒子間への液相 成分の浸透が十分でなく、強化粒子の積層厚さが不均一 となっていることが分る。図5は、強化粒子の粒度が製 品の内部組織におよぼす影響について示す.図より、い ずれの粒度の場合も,粒子間に液相成分がよく浸透し, 数層にわたり積層されているようすが分る。ただし、粒 度が細かくなるにしたがい、積層厚さも多少減少してく ると思われる.



図4 製品の内部組織におよぼす見かけ圧下率の影響(Case 1)

640 #1500 400 -41% #100 圧延温度 T/C 620 WA #100 600 WA#400 O П WA #800 ◇ WA#1500 580 100 20 40 60 ライナー部強化粒子の体積含有率 V。/% 図 6 ライナー部結合具合の良否の判定(Case 2(a))

図6は素板にA1050を用いた場合、図7は素板に

素板:A1050, T=630℃

000 #1500





図5 製品の内部組織におよぼす強化粒子粒度の影響(Case 1)

37卷6号(1985.6)

銦

空 凁

A 5052 を用いた場合の各条件因子(見かけ圧下率,圧延 温度, 強化粒子の体積含有率, 粒度) がライナー部の結 合性におよぼす影響について示す。各線の左側の条件の 範囲で結合性の良い製品を得ることができる。ただし、 ライナー部の結合の良否の判定は、図8に示すように、 形削りバイトを用い、切りこみ深さ 0.2 mm として切削 したときの切りくず状態により行った。図8(a)に示す ように、 固形状の切りくずが得られた場合を良とし、 △ ○□◇の記号で表わし,図8(b)に示すように,粉末状 の切りくずが得られた場合を否とし、▲●■◆で表わし、 両方の切りくずが混在している場合を、▲●□◆で表わ してある.また、素板および積層材マトリックスの圧延 温度と固相分率の関係を表2に示す。図6、図7の結果 を理解するために、圧延過程における素材(素板と積層 材)の変形過程について考察する、本圧延の場合、素板 は伸び変形を受けている、これに対し、積層材は、空隙 を有しているので,(a)液相成分の流動と空隙の閉鎖を 伴う変形,(b)素板の伸び変形に伴う変形,の2つを受 けていると思われる. この(a)は, 混合粉の粒子自体の 変形の他に、液相成分が空隙に流入しつつ積層材全体が 変形流動を起すことに対応している。したがって、空隙 のない(結合性のよい)製品を得るには、各条件因子に 基づく液相成分の挙動に注目する必要がある。 今, 圧延 温度は液相成分の量と対応し、見かけ圧下率は液相に加 えられる圧力と対応し、粒度は強化粒子全体の表面積(強 化粒子を包みこむために必要な液相成分の量)と対応し



形削りバイト 良 図8 ライナー部結合具合の良否の判定基準 ていると考えると、圧延温度が高いほど、見かけ圧下率 が大きいほど、そして、粒度が大きくなるほど、液相成 分は強化粒子間(空隙)へ流入しやすくなり、したがっ て,強化粒子の高濃度化が可能になる.

3・3 再圧延の効果

図9は、再圧延前の製品の内部組織を示す、これは、 図6で示した結合性の悪い製品の内部組織である.図よ り、強化粒子だけが凝集している部分があること、積層 材マトリックスの粉の形が一部そのまま残留しているよ うすなどが観察できる。図10は、図9に示す内部組織の 製品を再圧延したときの、圧延温度が内部組織におよぼ す影響を示す. T=500℃の熱間圧延では,図9に示す欠 陥がそのまま残っている. 一方, T=610℃, または, 630℃ の半溶融圧延では、上記の欠陥もなくなり、マトリック スが強化粒子を完全に取り囲んで、良好な製品となって いることが分る、図11は、同様に、再圧延における見か け圧下率 r2 が内部組織に与える影響を示す.r2=25%で

表2 アルミ系材料の圧延温度と固相分率の関係

匠延温度 T/℃					
固相分率øc/%	600	610	620	630	640
A 1050板 (素 板)	100	100	100	100	100
A 5052板 (素 板)	. 99	96	86	68	39
A 5056粉(積層材)	83	73	61	40	0



 $T_1 = 610^{\circ} C r_1 = 42\%$



SEM 観察写真 素板:A1050, ライナー:〈A5056+ WA#400, V_p=50%〉

図9 再圧延前の製品の内部組織(Case 2(a))



否

素板:A1050, ライナー: 〈A5056+WA #400, V_p=50%〉、r₁=32%

図10 再圧延における内部組織におよぼす圧延温度の影響(Case 2(a))

谏

研

究



素板:A1050, ライナー: 〈A5056+WA #400, V_p=50%〉, $T = 610^{\circ}$ C

図11 再圧延における内部組織におよぼす見かけ圧下率の影響(Case 2(a))



0.05 mm

 $T_2 = 600^{\circ}$ C, $r_2 = 31\%$ $T_1 = 600^{\circ}$ C, $r_1 = 44\%$ 素板:A 5052, ライナー: 〈A 5056+WA #1500, V_=30%〉 図 12 再圧延の効果(Case 2(b))





 $T_1 = 630^{\circ}$ C, $r_1 = 42\%$ $T_{2}=630^{\circ}$ C, $r_{2}=53\%$ 素板:A1050,ライナー: 〈A5056+WA#400, V_e=70%〉 図13 再圧延の効果 (Case 2(a))

は、図9に示す欠陥が残っているが、r2=39%,50%と圧 下率を大きくとるにしたがい、良好な製品が得られるこ とが分る. 図 12 は, # 1500 の微細な強化粒子を混入した ときの、1回圧延と2回圧延の製品の内部組織を比較して 示す.1回圧延の製品の内部組織からは,強化粒子が積層 材マトリックスの粒界に凝集して,空隙とともに,それら が黒い団塊となっているようすが観察できる.それに対し, 2回圧延後の内部組織からは、マトリックスが強化粒子 間(空隙)に浸透し、強化粒子を包みこんでいるようす が見られる.図13は、#400の強化粒子を、Vp=70%と 高含有したときの1回圧延と2回圧延の製品の内部組織 の違いを示す.図より、2回圧延することによって、平 滑性のすぐれた製品ができることが分る.

4. ま ک හ

半溶融圧延・圧接法により,アルミ系材料を用いた, 積層型粒子強化複合材料の製造・加工の実験を行った。 特に,各条件因子(圧延温度,圧下率,強化粒子粒度, 含有率)と製品性状(内部組織,ライナー部の結合性) の関係について検討を行い、良好な製品を得られる条件 範囲を明らかにした、また、再圧延の効果について調べ、 再圧延を行うことで, 強化粒子の高含有化, 微小粒子の 含有化が可能となることを示した. なお、本加工プロセ スが適用できる積層材材質の範囲は,本報告で示した A 5056 粉の範囲にとどまらず,各種アルミ合金粉,低融 点合金粉, 強化粒子としてはアルミナ粉のほか, 炭化珪 素粉,その他,各種のセラミック粉,セラミック繊維, ウイスカーなどを用いることもできる.

(1985年3月22日受理)

文 献

- 1) 木内, 杉山, 遠藤, 鍬崎:昭57春塑加講論, (1982-5), 427
- 2) 木内,杉山,川平,富岡:35回塑加連講論,(1984-10), 311.