

半溶融加工に関する実験的研究 —第5報— —クラッド材の押出し加工に関する検討 (1)—

Experimental Study on Metal Forming in Mashy State · 5th Report

—Investigation into Extrusion of Clad Materials 1—

木内 学*・杉山 澄雄*

Manabu KIUCHI and Sumio SUGIYAMA

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、特に半溶融押出し加工法の可能性について一連の研究を行っている。

本報においては、この半溶融押出し加工法を、実用アルミ合金のクラッド材(棒材)製造に応用する問題について検討した結果について報告する。特に、A-1050を被覆材とし、A-7075、A-5056およびA-2011を芯材とし、芯材の半溶融域における固相分率 ϕ や、芯材と被覆材の寸法比が、押出し加圧力や押出し後の製品の特性に与える影響などについて述べる。

2. 実験方法および条件

実験方法は既報と同じであり、100 ton 横型押出し試験機を用い、ビレットの加熱には上記試験機にとりつけられた高周波誘導加熱炉を用いた(図1参照)。加熱はビレットを挿入したコンテナごとに行い、押出し開始直前にポンチ・ダイスを所定の位置にセットし、製品を室温中に押出した。ビレットの形状・寸法を図2に示す。芯材の固相分率 ϕ が低い場合、被覆材には底付きのビレットを用いた。芯材は被覆材に単純にはめ込んであり、その境界面の脱脂を十分行った。実験条件はとりまとめて表1に示してある。

押出し後の製品の機械的特性を検討するために、一軸引張り試験、断面の硬度分布の測定、組織の顕微鏡観察などを行った。

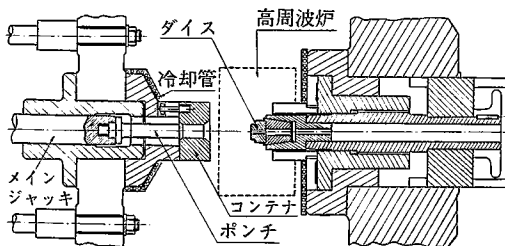


図1 押出し装置概略図

3. 実験結果および考察

3.1 実験結果および考察

図3には、各芯材料およびビレット被覆率 C_B (ビレットの被覆材断面積/全断面積)について、芯材の固相分率 ϕ に対する定常時の押出し加圧力 p の変化を示す。図から明らかなように ϕ が低下すると p は急激に減少する傾向を示し、既に報告した単一材の半溶融押出しの際のビレットの固相分率 ϕ と押出し加圧力 p の関係と同様の結果が得られている。 C_B が増大するとともに p が低下するが、これは図4に示すように、被覆材A-1050の変形抵抗

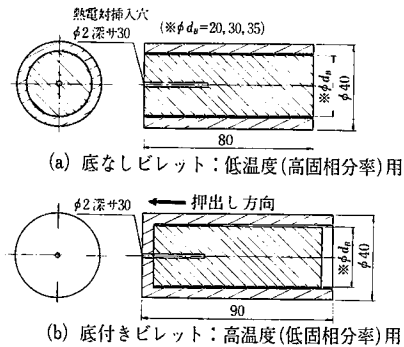


図2 ビレットの寸法・形状

表1 押出し実験条件一覧

ビレット材質	被覆材: A-1050 芯材: A-7075, A-5056, A-2011
ビレット寸法 (mm) (外径 ϕD_B) × (長さ L) × (芯材径 ϕd_B)	$\phi 40 \times 80 \times 20$, $\phi 40 \times 80 \times 30$, $\phi 40 \times 80 \times 35$
ビレット被覆率 C_B	0.75, 0.44, 0.23
ビレットの芯材固相分率 ϕ (%)	8~20, 48~58, 87~90
ダイス寸法 (mm) および 温度条件	$\phi 10 \times B.L.100$: 180° (ダイス角), 予加熱なし
押出し比 λ	16
ラムスピード (mm/min.)	41.7~48.8 平均 45.6

* 東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報
抗値が、各芯材の半溶融域での変形抵抗値に比しても、小さいためである。

C_B が小なる場合に、 ϕ が50%以下で p の低下の度合が小くなる傾向がみられるが、これは既報において指摘したように、ダイス通過時に冷却が起り、芯材の ϕ が実質的に上昇する影響によるものと考えられる。

3.2 押し出し加工の安定性

一般にクラッド材の押し出し加工においては、被覆材と芯材の間にすべりがなく、両者の変形抵抗比、減面率、ダイス角、摩擦状態、などが適切であれば、ビレットの均一の押し出し加工が行われ、 $C_B=C_P$ (製品の被覆率)となるが、それ以外の条件下では芯材の破断その他の不安定あるいは非正常変形が発生することはよく知られている。

本実験では、いまだ限られた範囲でのデータを得ているにすぎないので、安定的な押し出し加工条件の範囲を正確に把握するに至っていない。そのため押し出し開始時と

終了前に非正常流動の発生がみられ、 $C_B=C_P$ の条件が必ずしも達成されていない。

図5には、180°ダイスを用いた際の、製品の芯材径 d_p の押し出し方向分布を C_P/C_B で整理した測定例を示す。図より、押し出し開始時には芯材の流出が先行し、全体的に被覆材の流出が遅れていることが判る。これは、半溶融状態にある芯材の流動が起り易いということに起因しているとも考えられるが、図2に示すようなビレット形状あるいはダイス形状にも問題があり、事実、ダイス角を180°から減少させた場合および被覆材の底付ビレットの底の厚さを増加させた場合には、上記の非正常流動の発生が抑制された結果を得ている。なお、本実験の場合、芯材と被覆材の変形抵抗比は、A-7075とA-1050の組合せの場合で約4以下の範囲にあり、通常クラッド材の押し出し加工の限界値といわれる6に比較して低い値である。図6には押し出し時の芯材・被覆材の流動状況を観察した

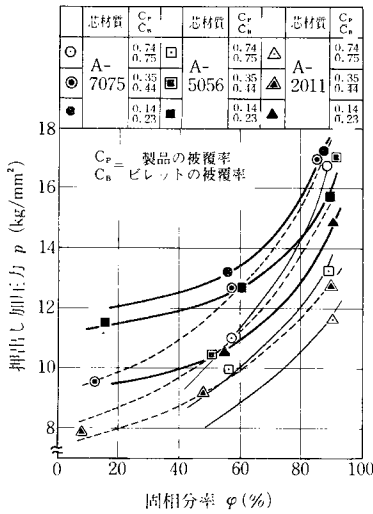


図3 押し出し加工力 p と固相分率 ϕ の関係

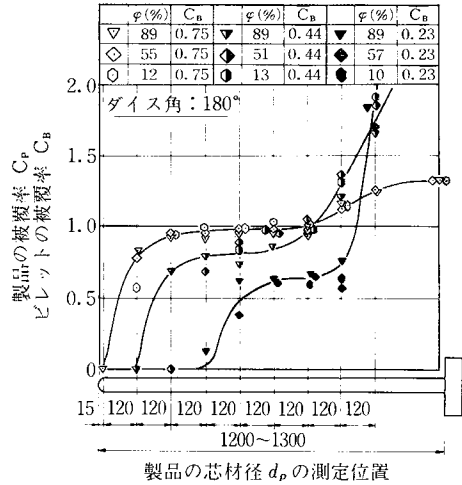


図5 製品の芯材径 d_p の押し出し方向分布 (各芯材質について平均した値)

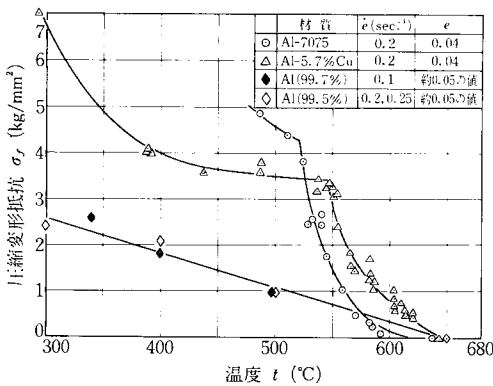


図4 圧縮変形抵抗 σ_f と温度 t の関係

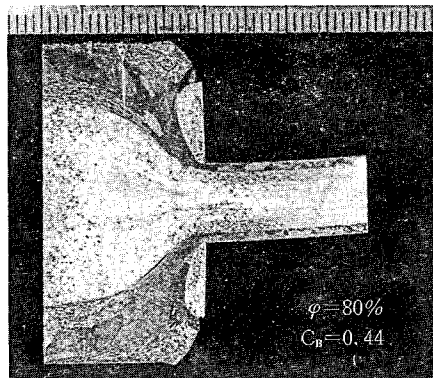


図6 押し出し時の芯材・被覆材の流動状況

一例を示す。

3.3 製品の機械的特性

図7には芯材A-2011の場合の製品断面の押し方向にみた硬度分布、図8には芯材A-7075の場合の製品横断面内の硬度分布の測定例を示す。各芯材材質の場合とも、押し方向ならびに半径方向にみた硬度分布はほぼ一様である。図から明らかなように、 ϕ が低下すると製品芯材の硬度が低下するが、これは既に単一材の半溶融押しの際に指摘したとおりであり、 ϕ の低下に対する芯材の硬度の低下は材質によらずほぼ同じ割合で起こる。ピレットの寸法比すなわち C_B の相違による硬度の相違はほとんどないと言える。

被覆材と芯材の界面近傍における局所的な硬度分布に関しては、測定精度が十分でなく、必ずしも明瞭ではな

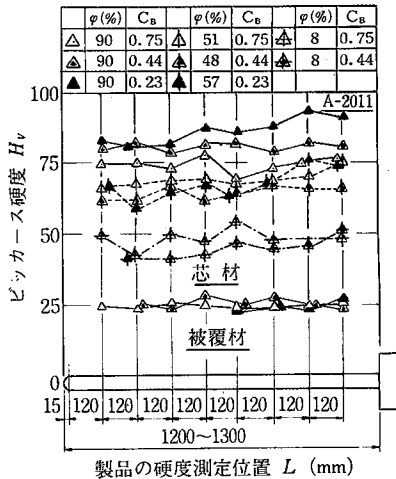


図7 製品の押し方向硬度分布

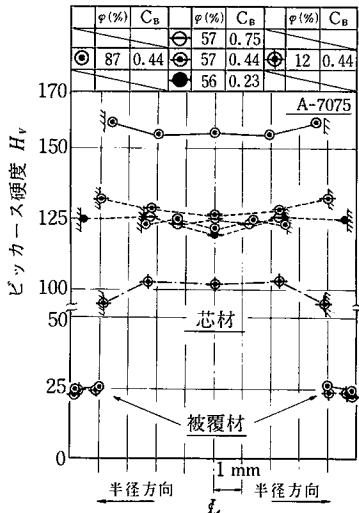


図8 製品の半径方向硬度分布

いが、被覆材に関しては界面に近づくにつれて若干硬度が上昇し、また、 ϕ が低い場合には芯材の硬度が界面近傍で低下する傾向がみられる。これは、界面で拡散が進行したことを意味しているものと考えられるが、半溶融押し加工においても界面における硬度の不連続性が十分緩和されるには至っていないことが判る。

図9～12には、芯材A-7075の場合の製品の軸引張り試験の結果を示す。引張り試験に際しては、製品の被覆材表面を削り、試片平行部の被覆率 C_t を種々変化させた場合の特性の変化をも調べた。図9は荷重-ストローク線図であり、図よりピレット芯材の固相分率 ϕ が低下すると製品の強度が低下することが判る。図10には、引張り強度 σ_B と試片の被覆率 C_t の関係を示す。図中☆印はA-7075-T6およびA-1050-Hのミルシートから採用した値であり、界面での ϕ が異なり複合則が成立する場合 σ_B と C_t の関係は直線で示される。図から明らかなように、各 ϕ の値に対し、 σ_B と C_t の関係は各々直線で表され、各場合とも複合則が成立していることが判るが、このこ

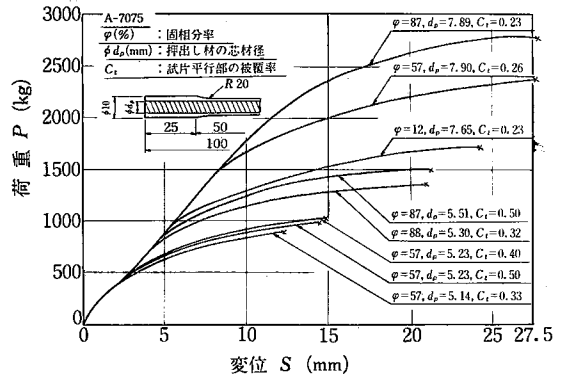


図9 荷重Pと変位Sの関係に与える ϕ 、 d_p 、 C_t の影響

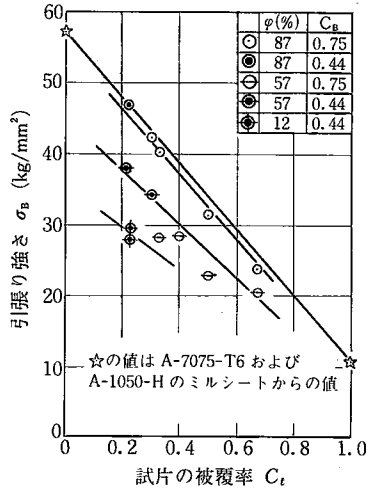


図10 引張り強度 σ_B と試片の被覆率 C_t の関係

研究速報

D_p (mm) : 押出し後の製品の外径, $\phi 10$
 λ : 押出し比, 16
 C_p : 押出し後の製品の被覆率
 C_t : 試片平行部の被覆率
 φ (%) : 固相分率

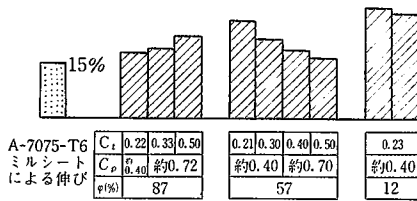


図11 A-7075-T6 ミルシートによる伸びと各 C_t , C_p , φ を変化させた場合の伸びの比較

D_p (mm) : 押出し後の製品の外径, $\phi 10$
 C_p : 押出し後の製品の被覆率
 C_t : 試片平行部の被覆率
 φ (%) : 固相分率

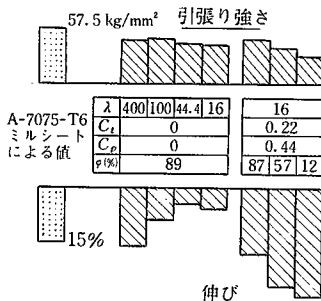


図12 A-7075-T6 ミルシートによる引張り強さ・伸びと各 λ , C_t , C_p , φ を変化させた場合の引張り強さ・伸びの比較

とは、別の見方をすれば界面での接合が十分よくなされていることを示していると考えられる。 φ の低下とともに、直線が下方へ移動してくるのは、芯材の強度の低下に起因している。

図11には、芯材の母材 A-7075-T6 のミルシートによる伸びと、各条件下での試片標点間の伸びを比較した結果である。全体的にみて、クラッド化することにより伸びが増加し、条件によっては2倍近い伸びの増加が得られることが判る。ただし、伸びに関しては、細部にいまだ不明の点が多いので今後の検討が必要である。

図12には、芯材 A-7075 の場合について、単一材として半溶融押出しをした製品と、クラッド化した製品の引張り強度と伸びを比較して示してある。クラッド化することにより引張り強度は全体的にやや低下し、複合則に従うが、伸びについては、芯材の固相分率の低下とともに顕著に増大することが判る。

3.4 製品の内部組織

図13には芯材の固相分率 φ を変化させた場合の製品断面の界面近傍の組織の観察例を示す。 φ の低下とともに界面が次第に不明瞭になり、同時に芯材の組織もやや粗

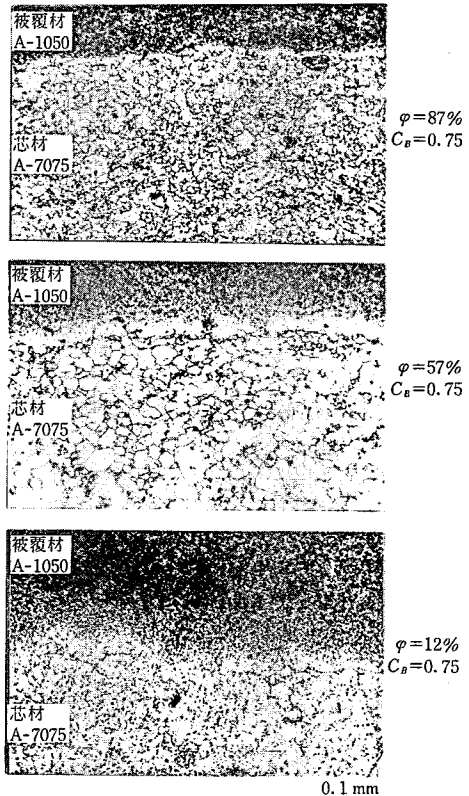


図13 製品内部(界面)の組織

大化してくる。界面が判然としなくなることは、界面における接合がより十分に行われることをも意味し、製品の伸びの増大をもたらすものと考えられ、また芯材の組織の粗大化が強度の低下をまねくものと考えられる。

4 まとめ

アルミ合金のクラッド材の製造に、半溶融押出し加工法を適用する問題について検討し、低加圧力での押出しが可能であること、芯材の固相分率を低下させることにより、界面の接合特性を向上させ製品の伸びの増大を達成できることなどを示した。芯材または被覆材を半溶融状態にして押出し加工を行うことより難加工材の複合化が比較的容易に達成できる可能性があり、今後加工条件の安定化の問題とあわせて検討を進める予定である。

(1979年9月5日受理)

参考文献

- 1) 木内・福岡・新井; 塑性と加工 11-199 (1977), 663
- 2) 木内・杉山・新井; 塑性と加工 20-234 (1979), 826
- 3) 木内・杉山・新井; 塑性と加工 20-233 (1979), 762
- 4) 鈴木・橋爪・矢吹・市原・中島・剣持; 東京大学生産技術研究所報告 18-3 (1968)
- 5) 松浦・高瀬; 塑性と加工 15-157 (1974), 156