

半熔融加工に関する実験的研究—第6報—

—クラッド材の押出し加工に関する検討・2—

Experimental Study on Metal Forming in Mashy State • 6th Report

— Investigation into Extrusion of Clad Materials • 2 —

木内 学*・杉山 澄雄*

Manabu KIUCHI and Sumio SUGIYAMA

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、特に半熔融押し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、前報¹⁾にひきつづき、半熔融押し出し加工法を実用アルミニウム合金のクラッド材(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。材料の組合せについては、前報と同じく、A-1050を被覆材、A-2011、およびA-5056を芯材とし、特に被覆率(被覆材面積/全断面積)の小さい範囲に重点をおき、単一材(被覆率=0)と比較しながら、押し出し時の芯材の半熔融域における固相分率が、押し出し加圧力や、製品の機械的特性および、二次加工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

半熔融押し出し加工には前報¹⁾と同様100 tonの横型押し出し試験機を使用した。ピレットは図1の寸法形状のものを用いた。複合材のピレットは、A-1050(被覆材)の溶湯に芯材をドブ付けし、これを旋盤加工して仕上げたものである。ダイスの温度条件は、“予加熱なし方式”を採用し、ピレット加熱中はダイスを室温に保持しておき、押し出し直前にダイスを所定の位置にセットして押し出しを行った。

次に半熔融押し出し製品の二次加工性とそれによる特性の変化を検討するために冷間引抜き加工を行ったが、その装置の概略図および引抜き条件を図2に示す。この装置全体を島津IS-10Tオートグラフに組入れて、引抜き荷重と変位を検出した。さらに、半熔融押し出し製品、および引抜き後の製品の引張り試験も行った。他に、製品断面のマイクロ観察を走査型電子顕微鏡を用いて行った。押し出し実験条件の詳細を表1にとりまとめて示す。

3. 実験結果および考察

3・1 押し出し加圧力 p —芯材の固相分率 ϕ_c の関係
図3は、押し出し荷重 P —変位 S 曲線の代表例である。複合材と単一材では押し出し時のピレット芯材の固相

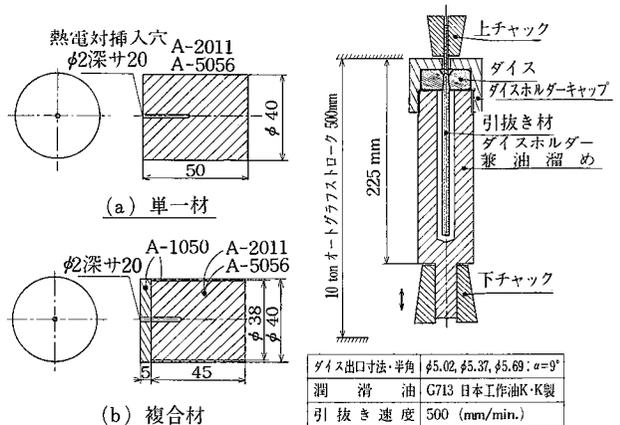


図1 ピレットの寸法・形状 図2 引抜き装置概略図

表1 押し出し実験条件

| | |
|--|---|
| ピレット材質 | 単一材 A-2011, A-5056 複合材 A-1050(被覆材) A-2011, A-5056 (芯材) |
| ピレット寸法(mm) (外径×長さ×芯材径) (ピレット被覆率) | $\phi 40 \times 50$; (0) $\phi 40 \times 50 \times \phi 38$; (0.1) |
| ピレット芯材の固相分率 ϕ_c (%) | 9~90 |
| ダイス寸法(mm) (ダイス径×ベアリング) 長さ, ダイス角; (押し出し比) | $\phi 10 \times 100, 180^\circ$; (16) $\phi 8 \times 8, 180^\circ$; (25) $\phi 6 \times 12, 180^\circ$; (44) |
| ダイス温度条件 | 予加熱なし方式 |
| ラムスピード V_R (mm/min.) | 38(平均) |

分率(以下 ϕ_c で示す)が高い範囲で、押し出し荷重のピークのかたに相違がある。これは、複合材ピレット先端に被覆と同質のキャップを付けたためと考えられる。図4(a), (b)に、押し出し加圧力 p (定常押し出し時の P の値をピレット断面積で割った値)の、 ϕ_c に対する変化を押し出し比 λ をパラメータにして示す。図に示すと

*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報

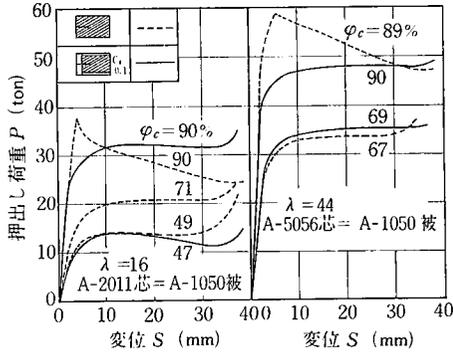
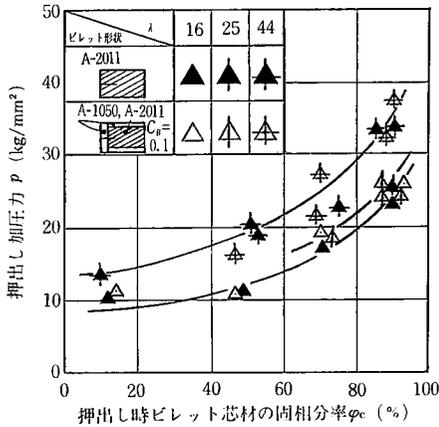
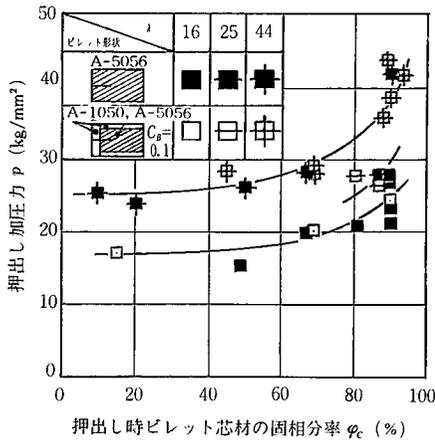


図3 荷重P-変位S線図



(a)



(b)

図4 押し加圧力pと固相分率φcの関係

おり、単一材と複合材ではほとんど差がない。全体的傾向としては、φcが100%から50%の範囲でpが急激に低下しており、50%以下においては、pはφcに対してそれほど変化していない。これはダイス通過時に

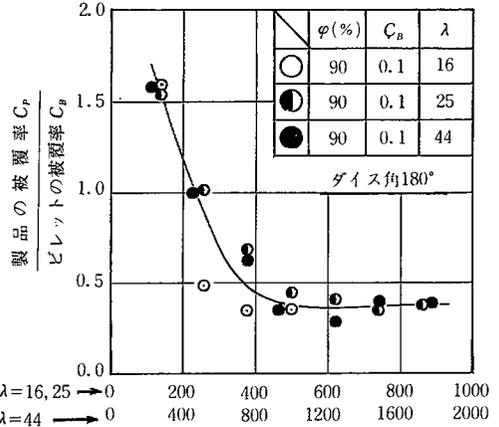


図5 (a) C_p/C_{p0} の押し方向分布
(各芯材質について平均した値)

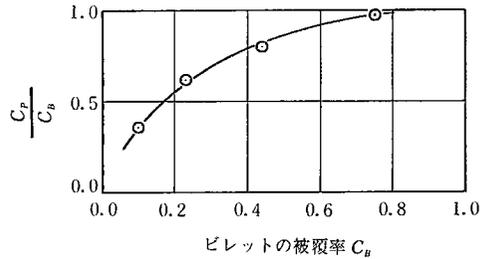


図5 (b) C_p/C_{p0} とビレットの被覆率φcの関係

冷却され、φcが実質的に上昇するためと考えられる。

3・2 押し加工の安定性 図5(a)は C_p/C_{p0} (製品の被覆率/ビレットの被覆率)の押し方向にみた変化を調べたものである。この図より今回用いたビレット形状およびダイス形状では、押し開始時に非定常の流れが起り、定常状態に達するまでかなりの押しが進行することが判る。図5(b)は定常状態になった時点での C_p/C_{p0} を C_B で整理した図である。この図より、 C_B が小さくなるにつれて、いわゆる均一変形 ($C_p/C_B=1$) が起こりにくくなることが判る。この原因としては、被覆材に純Al系の材料を用いているために、コンテナ壁面とビレット被覆材との間には、半溶融域にある芯材のせん断変形抵抗に比して相対的に大きな摩擦力が作用しており、そのため C_B が小さくなるとともに押し開始時に被覆材がダイス出口に向かって安定した流れ場を形成しにくくなることが考えられる。表2には、芯材A-2011とA-5056の場合の各押し条件において、ダイス内で被覆が安定的に形成される限界を示す。○は全長にわたり健全な製品、⊖は部分的に健全な製品がえられた場合を示す。この表より、φcが50%以下になると、また押し比λが高くなるほど、

被覆を安定的に形成することがむずかしくなる。写真1 (a)に被覆が安定的に形成された場合の押し出し過程の縦断面、および製品の横断面の写真を、(b)に被覆が安定的に形成されなかった場合の押し出し過程の縦断面、およびその製品の写真を示す。

3・3 冷間引抜き加工とそれによる特性の変化 図6, は芯材が A-2011 の場合の引抜き応力 σ_D と、 φ_c の関係を、減面率 r をパラメータとして示したものである。図中の破線は Wörber と Eichinger²⁾ の式に摩擦係数 $\mu = 0.1$, 変形低抗 Y としては、図7 (a) の σ_B の値を代入して計算したもので、実験値とよく対応している。枠外の \blacktriangle は市販材 A-2011 BDS-T8 のサフィックスが示す減面率における実験値、 \blacktriangledown は同様に $\mu = 0.1$ として求めた解析値を、半溶融押し出し製品の引抜き応力と

表2 押し出し製品の表面性状(複合材のみ)

| A-2011 (芯材) | | | |
|-------------------------------------|----|----|----|
| $\lambda \backslash \varphi_c (\%)$ | 90 | 70 | 50 |
| 16 | ○ | ○ | ⊖ |
| 25 | ○ | ⊖ | |
| 44 | ○ | ⊖ | ⊖ |

| A-5056 (芯材) | | | |
|-------------------------------------|----|----|----|
| $\lambda \backslash \varphi_c (\%)$ | 90 | 70 | 50 |
| 16 | ○ | ○ | ⊖ |
| 25 | ○ | ⊖ | |
| 44 | ⊖ | ⊖ | |

○ 健全材 ⊖ 一部健全材

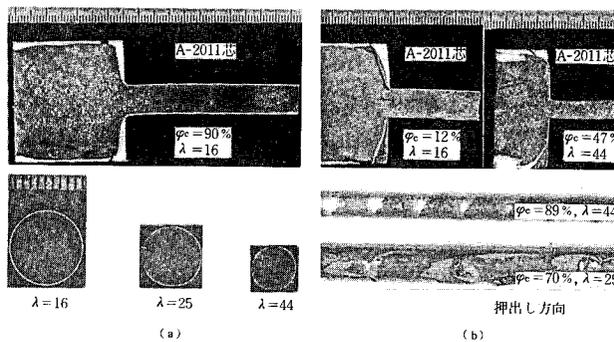


写真1

比較するために示す。図の結果より、被覆率のごく小さい複合材と単一材の σ_D の有意差は認められない。

3・4 押し出し材と押し出し後の引抜き材の変形能および内部組織 図7 (a), (b)に芯材が A-2011 および A-5056 の場合の引張り強さ σ_B , 伸び E_l と φ_c の関係を、半溶融押し出し製品と、それをさらに減面率約 35% で引き抜いた時とを比較して示す。枠外の \blacktriangle は市販材(単一材)の値である。引張り強さ σ_B に関しては、減面率約 35% で引き抜くことによって、30~40% 高くなり、逆に伸び E_l に関しては大きく低下し、その結果市販材(単一材)の伸びに近づく。本実験で行ったごくうすい被覆をつけた複合材 ($C_p = 0.03 \sim 0.04$) と単一材 ($C_p = 0$) では、各 φ_c における σ_B の違いが顕著でないのは、前報¹⁾で示した σ_B に関する複合則の結果から考えて、妥当なことといえる。その他、半溶融押し出し製品の σ_B , E_l の、押し出し時の φ_c に対する全体的傾向としては、既報²⁾の Al-5.7% Cu 合金(単一材)の結果と、ほぼ同じである。次に、冷間引抜き後の引張り試験における破断面を走査型電子顕微鏡によって調べたので、その観察例を写真2に示す。これらの写

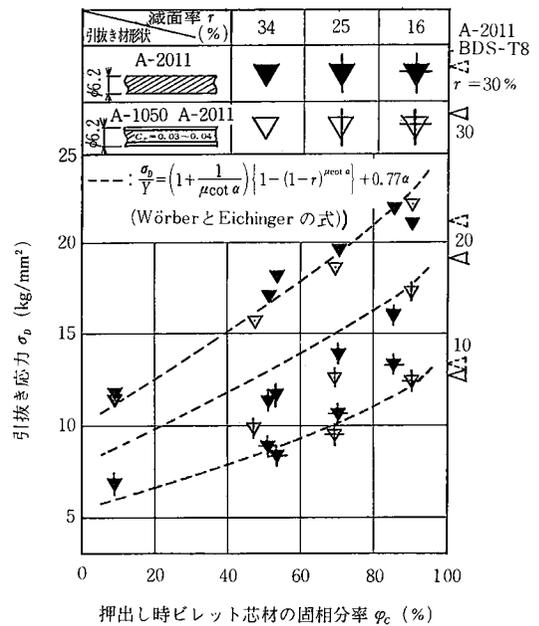


図6 引抜き応力 σ_D と固相分率 φ_c の関係

研究速報

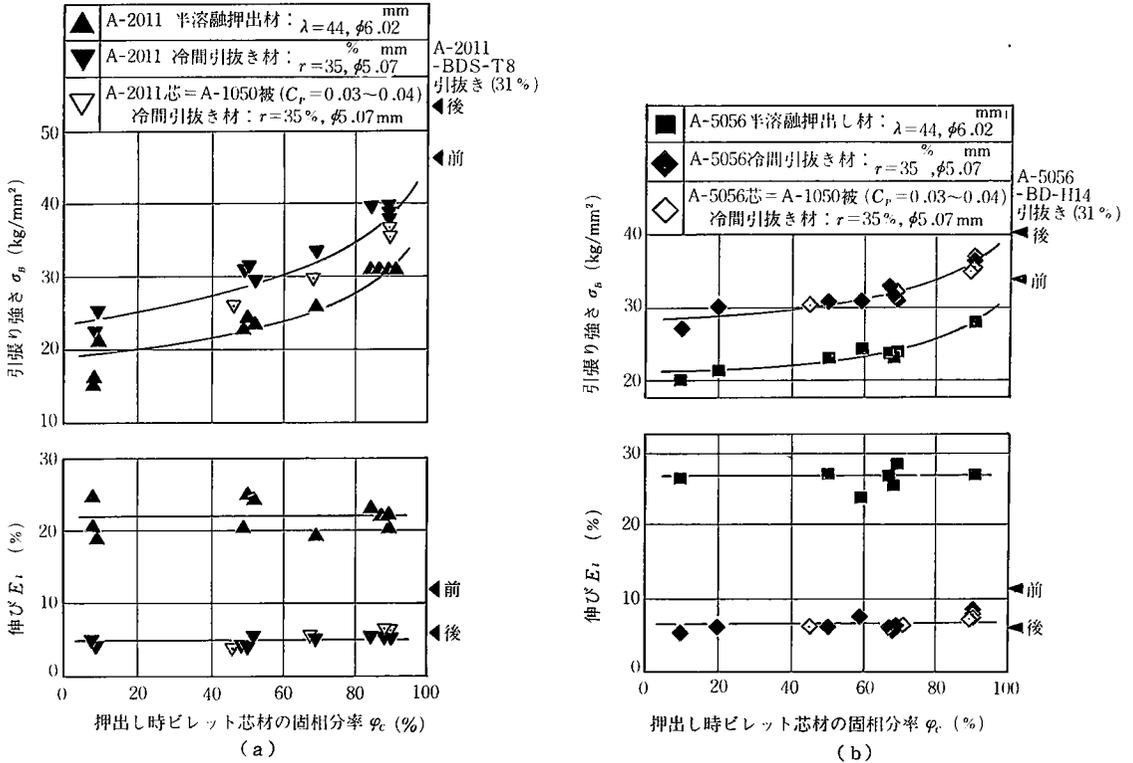


図7 引張り強さ σ_B 、伸び E_t と固相分率 ϕ_c の関係

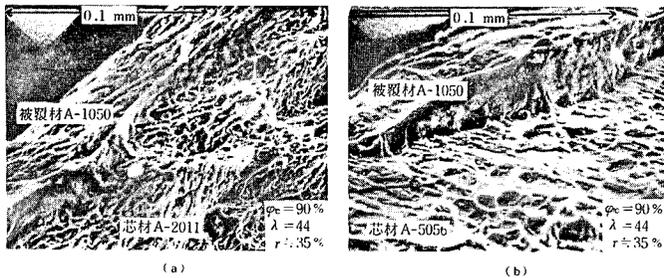


写真2

真より、ピレットの界面の接合度が十分に良好でなくとも、 $\phi_c = 90\%$ 程度で押し出すことにより、界面での接合度が良好な製品が得られることが観察できる。

4. ま と め

今回の実験により以下の結果を得た。

- 1) 被覆率の小さい ($C_p = 0.03 \sim 0.04$) 製品を半溶融押し加工法で製造することができた。
- 2) 熱間押しの場合の数分の1の加圧力で押し出しが可能である。
- 3) ピレットの界面における接合度が不十分であっても、半溶融押しにより界面状態が良好な製品が得られた。

4) 半溶融押し後の製品を引抜き加工することにより、引張り強さを向上させ、市販の単一材(芯材)の特性に近づけることができた。

5) 今後の検討課題としては、押し出し加工の安定化を達成する問題がある。(1980年3月31日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内・杉山：第26回塑性加工連合講演会前刷(1979-11) 232
- 2) 小坂田：塑性加工, 19-211 (1978) 655
- 3) 木内・杉山・新井：塑性加工, 20-244 (1979) 826