

# 半溶融加工に関する実験的研究 一第2報一

## — アルミ合金の半溶融押出し材の特性に関する検討 —

Experimental Study on Metal Forming in Mashy State · 2nd Report

— Study on Mechanical Properties of Al-Alloys Extruded in Mashy State —

木内 学 · 新井 博 男 · 杉山 澄 雄

Manabu KIUCHI, Kureo ARAI and Sumio SUGIYAMA

### 1. ま え が き

半溶融加工について検討する場合、加工プロセス自体に関連する諸問題とあわせて、加工後の製品がどのような特性を示すかという点が重要な問題となる。特に機械的特性としての強度や変形能は、製品使用時の負荷能力や後加工性などの問題と関係するため注意を要するが、これらの問題を手掛かりとして本報では、前報<sup>1)</sup>で示した半溶融状態での押出し加工を受けた Al-5.7%Cu合金の一軸引張試験を行ない、応力-ひずみ特性や伸び・引張り強度などに与える押出し加工条件の影響について調べた結果を報告する。

### 2. 実験条件および方法

供試材は、Al-5.7%Cu合金の外径40mm長さ40mmのピレットを、固相分率φ(半溶融状態での固相成分の重量比) = 100, 90, 80, 70%の状態から大気中へ押出して得られた外径10mmの棒材から、削り出して作成したも

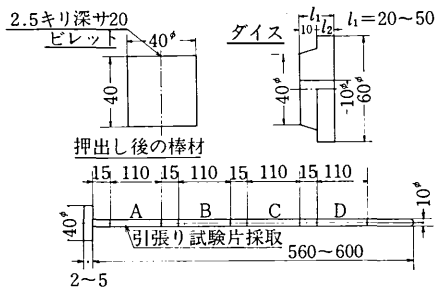


図1 ピレット・ダイス・押出し後の棒材の形状・寸法

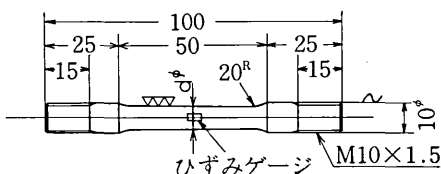


図2 引張り試験片の形状・寸法 (d = 8.6, 4)

表1 採取した試験片の押出し加工条件

φ B.O.比	1	2	3	5	押出比	16
100%	8				ダイス温度	約 520
90	8	8	8, 6, 4	8	°C	
80			8	8	ラムスピード	約 45
70				8	mm/min.	

\*表中の数字は試験片直径

のである。図1にはダイス・ピレットと押出し後の棒材の形状・寸法および試験片の採取位置、図2には引張り試験片の形状・寸法、さらに表1には試験片を採取した押出し加工条件をまとめて示す。使用した試験機は島津オートグラフIS2000であり、引張り速度は0.5mm/min.に固定してある。なお、試験片標点間中央部には軸方向にひずみゲージを貼付し、変形初期のひずみの測定をあわせて行ない、応力-ひずみ特性の測定精度の向上を期した。

### 3. 実験結果および考察

3-1 荷重-ストローク線図に関する検討 図3にはピレット中心部から採取した試験片の荷重-ストローク線図を示す。ただし、このピレットは溶解した素材を室温で内径43mmの金型に鋳込んで作成したものでありその意味では通常考えられている鋳物材とは冷却条件が異なるため、この引張り試験特性も多少異なる可能性がある。図4には押出し材に関する荷重-ストローク線図をまとめて示す。図中、途中で破断したものが数例ある

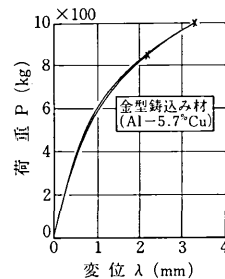


図3 金型鋳込み材 (Al-5.7%Cu) の荷重Pと変位λの関係

\* 東京大学生産技術研究所 第2部

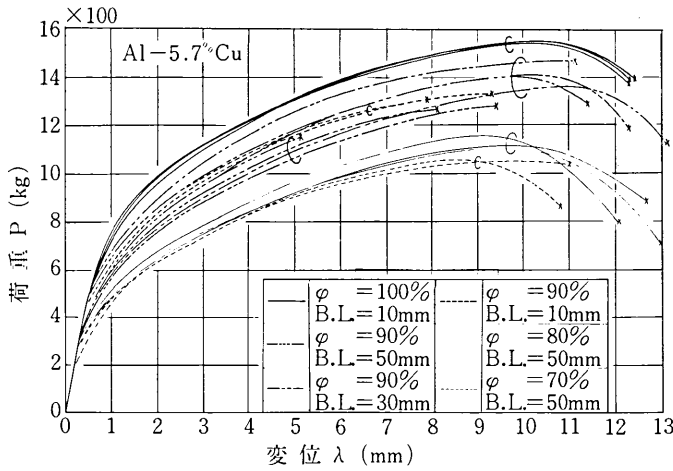


図4 固相分率φの影響による荷重Pと変位λの関係

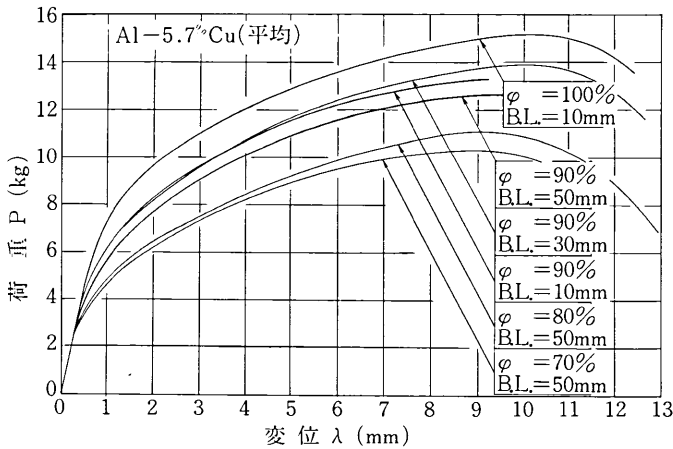


図5 固相分率φの影響による荷重Pと変位λの関係

が、これはいずれもチャック切れを発生したものである。押し出し加工条件が不適であると、場合によって押し出し材の表面に横割れが発生することがあるが、この横割れが表面に残留した場合、チャック切れの発生が顕著にみられた。図の結果より多少のバラツキはあるものの一般にこれらの押し出し材は押し出し条件によらず十分な伸び変形能を示し、通常の熱間加工材に比して、特に異なる点は見当たらないといえる。図5は図4を整理して示したものであるが、これより伸び変形能とは異なり、押し出し時の固相分率φが低下すると引張り荷重はしだいに低下することがわかる。

3-2 応力-ひずみ特性に関する検討 図6にはひ

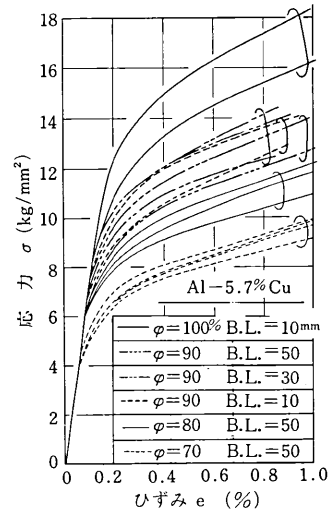


図6 固相分率φの影響による応力σとひずみeの関係

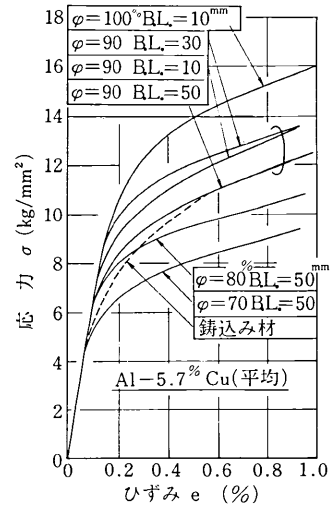


図7 固相分率φの影響による応力σとひずみeの関係

ずみ0~1.0%の範囲での応力-ひずみ特性をまとめて示す。この結果からも、押し出し時の固相分率φの相違による押し出し材の応力-ひずみ特性の相違は明瞭であり、φが低下するとともに押し出し材の降伏応力および変形抵抗が低下することがわかる。ただし各固相分率φに対して、試験片ごとに応力-ひずみ特性が異なり完全に一致していないが、これが、試験片の採取位置の影響あるいは特にφ=90%の場合にはダイスのベアリング部の長さの影響、などによる有意差であるかまたは単なるバラツキであるのか必ずしも明瞭でない。図7は試験片の採取位置の影響はないものとみて、図6の各φについての結果を平均化して示したものであり、図中の破線はピレック

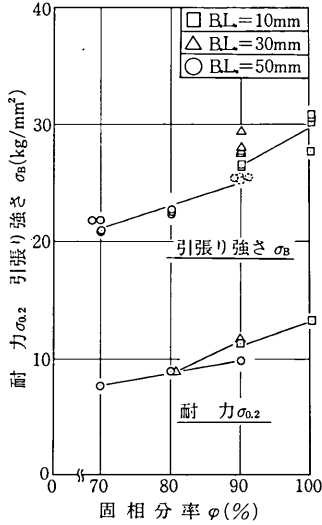


図8 耐力  $\sigma_{0.2}$ 、引張り強さ  $\sigma_B$  と固相分率  $\phi$  の関係

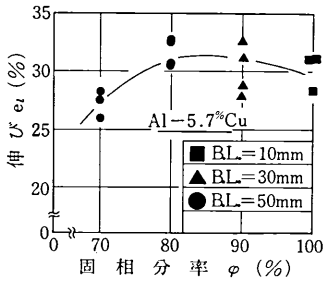


図9 伸び  $e_1$  と固相分率  $\phi$  の関係

ト中心部の応力-ひずみ特性を示す。この場合 鋳造材 (ピレット) の応力-ひずみ特性は  $\phi = 90\%$  の場合にはほぼ対応しており、 $\phi = 80\%$ ,  $70\%$  の変形抵抗は鋳造材のそれを下まわっている。

**3-3 引張り強さ  $\sigma_B$ ・0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$ ・伸び  $e_1$  に関する検討** 図8, 9には、固相分率  $\phi$  に対して、引張り強さ  $\sigma_B$ ・0.2%耐力  $\sigma_{0.2}$ ・伸び  $e_1$  をプロットした結果を示す。ただしこれらの図では、上記の試験片採取位置・ダイスのベアリング長さの影響による有意差はないものと考えてある。すでに指摘したように、 $\sigma_B$ ・ $\sigma_{0.2}$  いずれも  $\phi$  の低下とともに単調に低下する傾向を示す。浅枝<sup>2)</sup>からは別の Al 合金について固相分率とともに引張り強さに極大値・極小値が発生すると報告しているが、本実験の範囲ではそのような傾向は見出されていない。一方、伸び  $e_1$  については、 $\phi = 80\%$  前後で極大値が発生しているようにも見えるが、試験数その他の問題も考えあわせると、必ずしも断定できない。むしろ  $\phi = 70\%$  前後あるいはそれ以下になると、伸び  $e_1$  が急速に低下していく傾

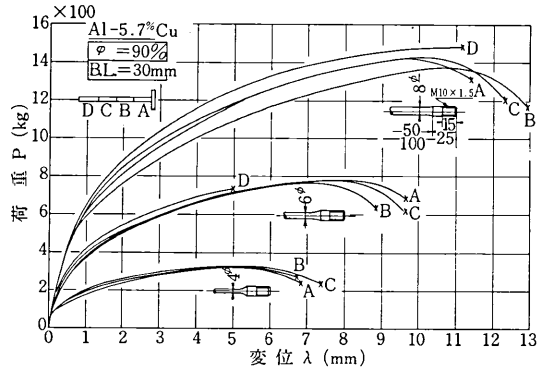


図10 試験片採取位置の影響による荷重 P と変位  $\lambda$  の関係

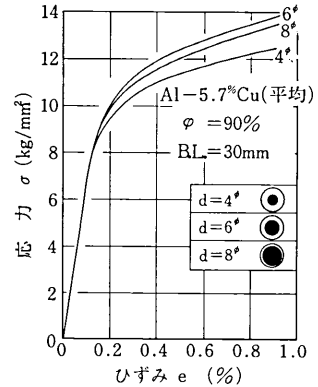


図11 試験片採取位置の影響による応力  $\sigma$  とひずみ  $e$  の関係

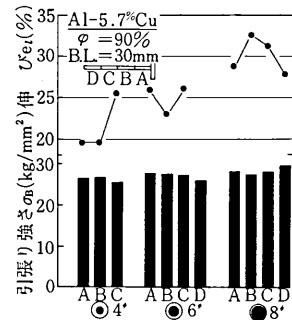


図12 引張り強さ  $\sigma_B$ ・伸び  $e_1$  に与える試験片採取位置の影響

向があると思うのが妥当であるように思われ、固相分率の低下とともに押し出し材の特性がしだいに鋳造材の特性に近づいていくと予想されることとあわせて、理解できる傾向であるといえる。

**3-4 押し出し材の半径方向にみた特性変化に関する検討** 押し出し加工を受けた外径 10 mm の棒材の、横断面内の半径方向にみた特性の変化をみるために、固相分率  $\phi = 90\%$  の場合の押し出し材から外径の異なる 3 種 (8・6・4 mm) の試験片を削り出し、上述の引張り試験を行った。図10~12は荷重-ストローク線図・応力-ひずみ

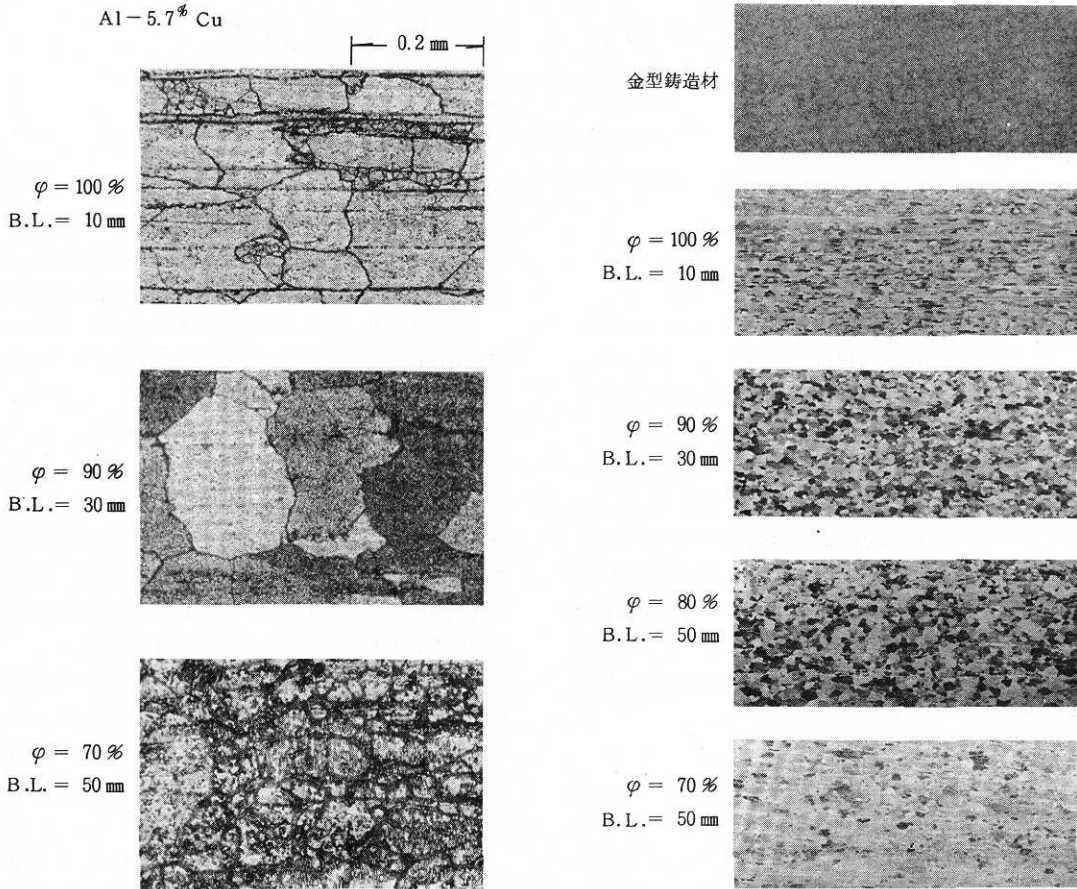
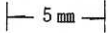


図13 内部組織の写真

特性および引張り強さ $\sigma_B$ ・伸び $e_l$ に与えるこの試験片の採取径の影響について示す。これらの結果より次のことがいえる。まず、引張強さ $\sigma_B$ は半径方向にはほとんど差異がないが、強いといえば、棒材の中心部でこれらの値がやや低下する傾向がある。他方 $e_l$ については明瞭の変化が認められ、中心部に向かって $e_l$ が低下する傾向がみられる。実験技術上の制約から半径方向に独立に試験片の採取をしてないため、上記の結果は実際の傾向よりも平均化されていると考えられ、その意味で実際に起こりうる半径方向の特性の変化はこの実測値よりもやや大であることも予想される。

**3-5 材料の内部組織に関する検討** 図13には供試材の内部組織の例を示す。铸造材(ピレット)の組織は不鮮明であるが金型による急冷のためか、いわゆる铸造組織の形成が不十分である。押し出し前の加熱により結晶粒は十分成長するが、押し出し材でみると、固相分率 $\phi$ の低下とともにやや粒の粗大化の傾向がみられる。また半径方向には組織の不均一性が認められ、表層部と中心部の

粒径が小となっている場合がある。さらに固相分率が70%前後またはそれ以下になると組織が大きく変化してくる傾向が認められ、前述の伸び $e_l$ の挙動と対応しているように思われる。いずれにしてもこれら組織と上述の諸特性の結びつきは十分判明しておらず今後の検討課題である。

#### 4. むすび

本報ではAl-Cu合金の半溶融押し出し材の一軸引張り試験を行ない、固相分率が、降伏応力・引張強さ・伸びなどの機械的に影響を与え、固相分率の低下とともにこれらの特性値がしだいに低下することを示した。

(1976年8月31日受理)

#### 参考文献

- (1) 木内ほか 第27回塑性加工連合講演会講演論文集第1報 ('76-11) p311
- (2) 浅枝ほか 日本機械学会講演論文集No.740-15('74-11) p243