

溶湯からの直接加工に関する研究・第1報

Study on Direct Extrusion of Molten Metals・1st Report

木内 学*・川 桐 純**

Manabu KIUCHI and Jun KAWAGIRI

1. はじめに

近年、金属加工プロセスの直接化、および連続化が省エネルギー、省資源の視点から強力に進められている。いわゆる連続鋳造加工をはじめとして、液相から固相域にわたる連続加工技術の確立は、塑性加工分野においても非常に重要なものと考えられる。筆者らは、一連の半溶融加工に関する研究の過程において、固相分率=0の近傍でも健全な製品の押出しが可能であることを示唆した。本報では前述の可能性について、実用アルミニウム合金の溶湯を用いて固相分率=0、すなわち溶湯から直接に安定した押出しが行える条件の検討、および得られた製品について一部、マイクロ組織、機械的性質などの調査を行ったもので、その結果を熱間押出しと比較しながら報告する。

2. 実験方法および実験装置

本実験の供試材として、2017合金、5056合金、7075合金の実用アルミニウム合金を用いた。これらの合金の組成を表1に示す。

押出しにあたってはまず、コンテナ、ポンチ、ダイス等を高周波加熱炉にて目的とする温度に加熱保持し、あらかじめ黒鉛ルツボを用いて、電気炉で溶解したアルミニウム合金の溶湯をコンテナ内に注湯し、直ちに50トンの油圧プレスを用いて押出しを行った。このときの

表1 供試材の化学組成

wt%	Cu	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Si
供試材								
2017	4.01	0.28	0.71	0.46	0.05	0.13	0.03	0.60
5056	0.03	0.20	0.20	4.54	0.08	0.04	—	0.11
7075	1.60	0.09	—	2.70	0.22	5.60	0.09	0.05

* 東京大学生産技術研究所 第2部

** 三井アルミ(株)

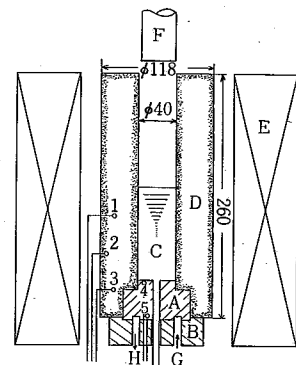
溶湯温度は、いずれのアルミニウム合金においても710°C一定とし、ダイスは目的とする温度に圧縮空気を用いて強制冷却した。押出しには $\phi 12$ (押し比11)および $\phi 9$ (押し比20)の2種類のダイスを用いた。コンテナ等の寸法については図1を参照されたい。

押出し時におけるラムの降下速度は無負荷の状態で約 $10\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ である。また押出し時における荷重-変位関係の測定も行った。写真1に実験装置の外観を、図1には装置の概略をそれぞれ示す。

3. 実験結果および考察

3-1 コンテナ温度とダイス入口温度との関係

安定な押出しを可能とするコンテナ温度とダイス入口温度との関係を図2に示す。一般的にみて、本押出し法(以下溶湯押出し法と称す)においては、コンテナ温度とダイス入口温度との関係により押出し可、不可の限界が決定される。図2の結果よりこの関係は、いずれの合金においてもほとんど同様の傾向を示していることがわかる。この場合いずれの合金系においても、コンテナ温度が440°Cより低くなるとダイス温度を順次高め



A: ダイス G: 冷却空気入口
B: ダイスホルダー H: 空気出口
C: 溶湯 1~3: コンテナ温度測定
D: コンテナ 4~5: ダイス温度測定
E: 高周波炉 F: ポンチ

図1 押出し装置の概略図

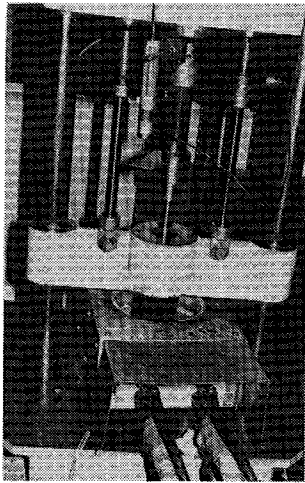


写真1 押し装置の外観

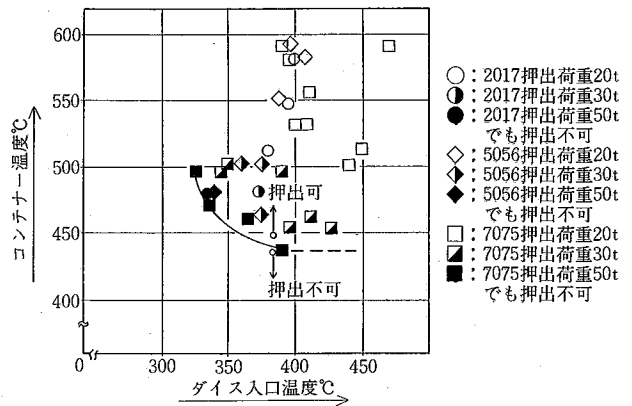


図2 コンテナ温度とダイス入口温度との関係

でも押しは非常に困難となる。この原因としてはつぎのことが考えられる。すなわち、コンテナに注湯された溶湯は、押し初期の段階では相当の液相成分を有しているものの、押しの進行に伴い液相成分が減少する。この場合、コンテナ内での溶湯の変形（流動）抵抗は液相成分の減少とともに増加し、液相成分から固相成分が主となった時点でさらに著しく増加する。このため押しは非常に困難となる。故にこれらの場合、コンテナ温度は少なくとも 450°C 以上として押し終了までコンテナ内での液相成分の維持をはかる必要がある。さらにコンテナ温度が 590°C と高温の場合においては、ダイス温度は 340°C 以上であれば押し可能である。ただし、このコンテナ温度においてはダイス温度が 400°C、450°C と高くなるに従い押し時に凝固が十分に進まず、液相成分が先行して流出するという非正常の状態が発生し易くなる傾向を示す。逆にダイス温度が 340°C より極端に低くなれば、注湯された溶湯の一部がダイス入口部で凝固し、ここでいう溶湯押しという意味での押しが不可能となる。以上のことより溶湯押し法においては適当なコンテナ温度、ダイス温度を設定することが安定した押しを実現するための基本的要因となる。

3-2 溶湯押し時の押し加圧力

それぞれの合金の溶湯押し時における押し加圧力の変化を図3～図5に示す。いずれの合金においても押し加圧力は熱間押しに比べて著しく低い値を示している。熱間押しにおいては、押し初期に最高の押し加圧力を示し、その後、押しが進行するに伴い加圧力は順次減少する傾向を示す。溶湯押しにおいては、

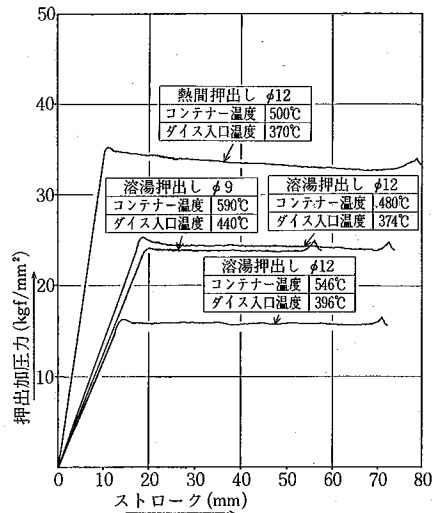


図3 2017 合金の p-S 曲線

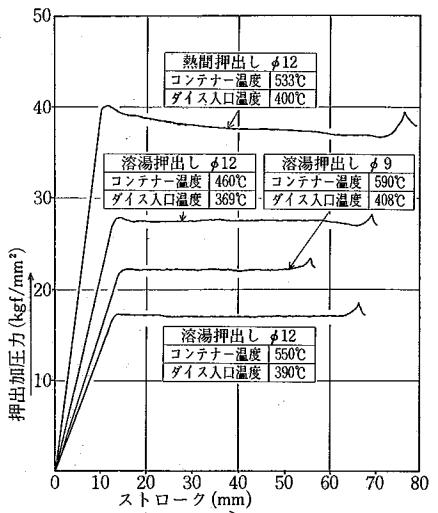


図4 5056 合金の p-S 曲線

研 究 速 報

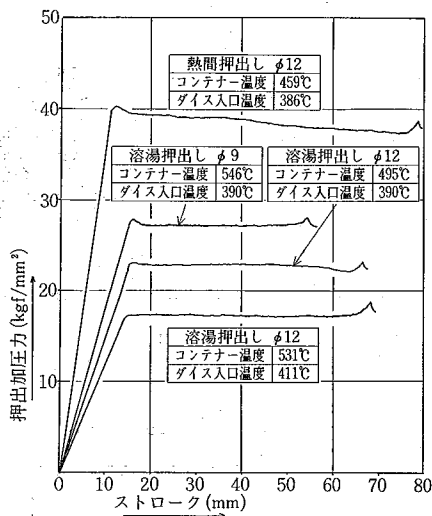


図 5 7075 合金の p-S 曲線

押し出し開始から終りまで押し出し加圧力はほとんど一定である。前者における押し出し加圧力の変化は、コンテナと材料の摩擦抵抗の変化によるものであるが、後者すなわち、溶湯押し出しにおいては、コンテナ内にある程度の液相成分が存在し、この潤滑作用によりコンテナとの摩擦がほとんど無視できるため、加圧力の変化が現れないものと考えられる。溶湯押し出しにおいては、図3～図5に示すようにコンテナ温度、およびダイス温度を変化させることにより同一押し出し比においても押し出し加圧力が変化する。この現象はコンテナ内、あるいはダイスを通過する際の材料中に含まれる液相成分の量により材料の変形（流動）抵抗が異なるためである。一般に溶湯押し出し時の押し出し加圧力は、熱間押し出しのような添加元素による影響はあまり認められず、存在する液相成分の量によりのみ主として影響を受けるといえる。

3-3 溶湯押し出し材の機械的性質

写真2に溶湯押し出しにより得られた製品の外観を示す。熱間押し出し材に比べて溶湯押し出し材の先端部の表面性状はあまり良くない。この部分は押し出し初期の段階で溶湯が先行する、非定常の状態では押し出されてくるためと思われる。しかしながら、溶湯押し出しの定常域での製品の表面性状は熱間押し出し材と遜色のないものが得られた。

図6にはそれぞれの合金のF材の引張り強さ、伸びを示す。いずれの合金においても押し出し方向における強度の変化は少なく、安定した製品が得られている。しかし

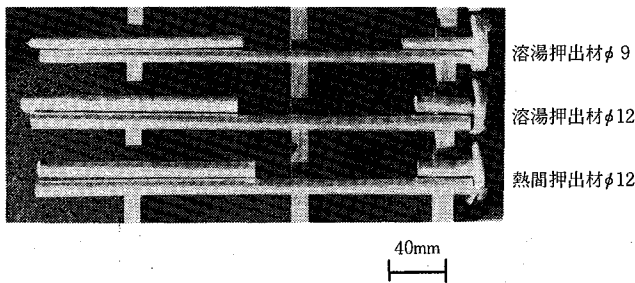


写真 2 製品の 外 観

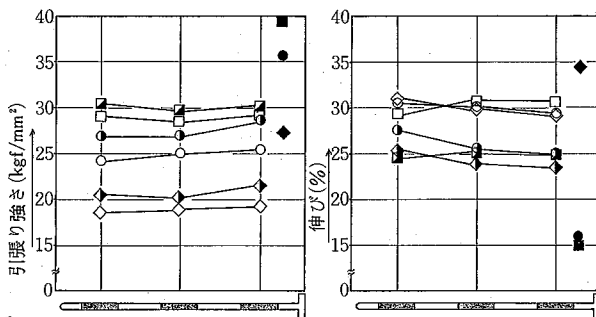


図 6 F 材の押し出し方向における機械的性質の変化

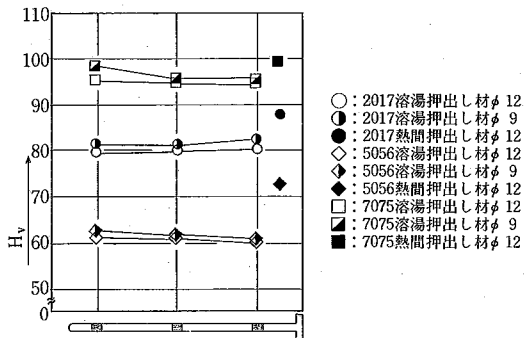


図 7 F 材の押し出し方向における硬度の変化

ながら溶湯押し出し材については、熱間押し出し材に比べて強度が、いずれの合金においても劣ることが注目される。他方、伸びは強度とは若干異なり、5056合金を除いて著しく増加している。さらに溶湯押し出し材の硬度は、図7に示すように熱間押し出し材に比べて、いずれの合金においても若干劣るが、押し出し方向における変化は、あまり認められない。

3-4 溶湯押し出し材のマイクロ組織

写真3にそれぞれの合金の溶湯押し出し材の(φ12)マイクロ組織を示す。いずれの合金においても押し出し開始時の非定常域では鑄造組織を呈している。定常域における組織も熱間押し出し材の組織とは若干異なる。すなわち、

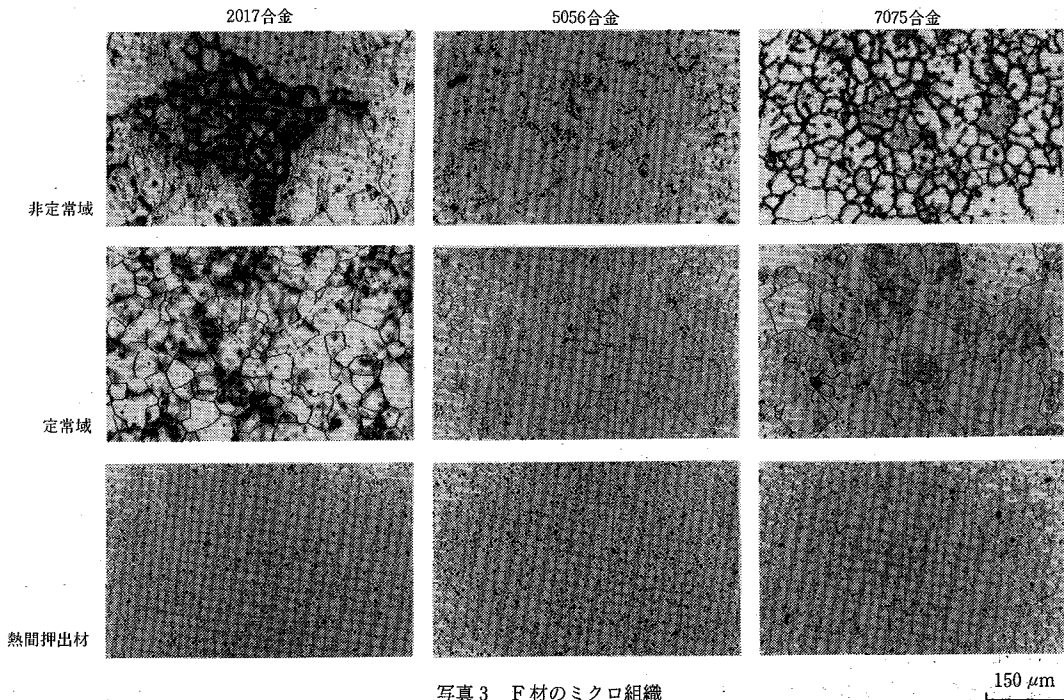


写真3 F材のマイクロ組織

熱間押し材の組織はそれぞれの添加元素に基づく析出物がマトリックス中に均一に析出しているが、溶湯押し材の定常域の部分には析出物、あるいは晶出物らしきものがあまり認められない。これは押し開始時に一部の溶湯が先行して流出する現象と関係があり、添加元素の濃度変化が起こっていることによるものと考えられるが詳細については今後検討する予定である。

4. ま と め

本研究の結果より以下の点が明らかになった。コンテナ、ダイス等の温度管理を十分に行うことにより、ア

ルミニウム合金溶湯からの直接押しが可能である。このときの押し加圧力は熱間押し加圧力の50~70%となる。得られた製品の機械的性質は、強度、硬度ともに熱間押し材に比べて若干劣るものの、伸びは5056合金を除き優れている。組織は熱間押し材の組織よりむしろ鋳造材に近い。押し初期の非正常現象を制御し製品品質の安定化を図ることが重要な課題である。

(1984年3月15日受理)

参 考 文 献

- 1) 木内, 杉山, 新井: 第29回鋳加連講論, p.184