

# オスプレイ法により製造されたアルミ合金素形材の熱間・半溶融押し

Mechanical Properties of Hot/Mashy-State Extruded AL-18%Si-4%Cu Alloy Preformed by Ospray Method

星野 倫彦\*・木内 学\*・小原 嗣朗\*\*

Michihiko HOSHINO, Manabu KIUCHI and Shiro KOHARA

## 1. 緒 言

オスプレイ法は、凝固制御技術を応用した素形材の製造プロセスの一種であり、溶融金属から微細粒で偏析の少ない素形材（プリフォーム）を直接製造できることを主たる特徴としている（図1参照）<sup>1)</sup>、しかしながら、オスプレイ法で製造された素形材の内部には空隙が残留しており、製品の強度確保の面から問題となるため、その後の加工工程でその空隙を除去することが重要な課題となる。また加工プロセス上の制約から小径長尺材等の直接製造は難しく、このような面からも、オスプレイ素形材の二次加工技術の検討が求められている。

本研究では、オスプレイ法によって製造されたアルミニウム合金（Al-18%Si-4%Cu）の素形材（プリフォーム）を熱間あるいは半溶融温度域で押し出し、その組織および機械的特性の変化を調査し、押し出し法による二次加工が実用上可能であるか否かを検討した結果を報告する。

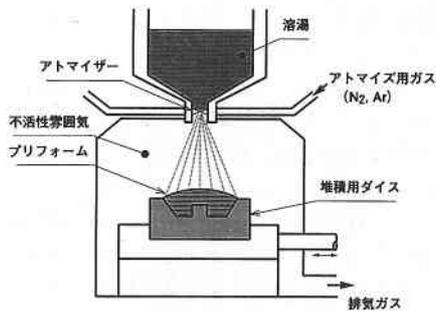


図1 オスプレイ法の概略図

## 2. オスプレイ素形材の特性

オスプレイ法によって製造された素形材（以下素材）の特性を知るために、まず、熱間から半溶融域にかけて

\*東京大学生産技術研究所 第2部

\*\*東京理科大学

の変形抵抗の測定と内部組織の観察を行った。

### 2.1 変形抵抗

変形抵抗の測定は、素材を直径12mm×高さ18mmの内柱状試片に削り出し、電気炉で金型ごと所定の温度に加熱、10分間保持した後に、速やかに圧縮試験機（カムプラストメータ）に移して圧縮する方法により行った。試験速度は、対数ひずみ速度で $0.5\text{sec}^{-1}$ 一定とし、対数ひずみで約0.7まで圧縮した。図2に、測定した圧縮変形抵抗を示す。温度の上昇とともに徐々に変形抵抗が減少して、500℃付近で一度減少傾向が止まった後、変形抵抗が急減することが分かる。

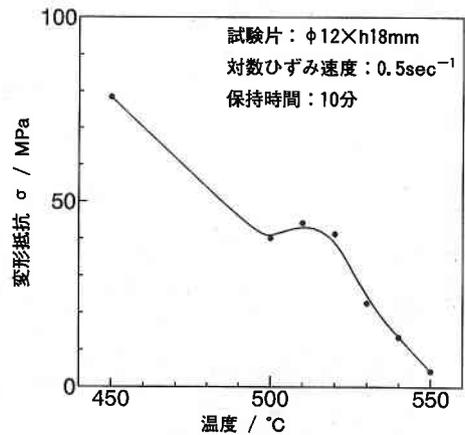


図2 圧縮変形抵抗

### 2.2 加熱冷却特性および内部組織

電気炉を使用して、素材の加熱冷却曲線の測定を行った結果、500℃、524℃、565℃に変曲点があり、図2の変形抵抗を表す曲線の変曲点と対応していることが判明した。

次に、組織凍結法による内部組織の観察を行った。すなわち、素材から採取した試片を所要の温度に昇温した後、炉内で10分間保持し、水冷した。得られた試料の組

研 究 速 報

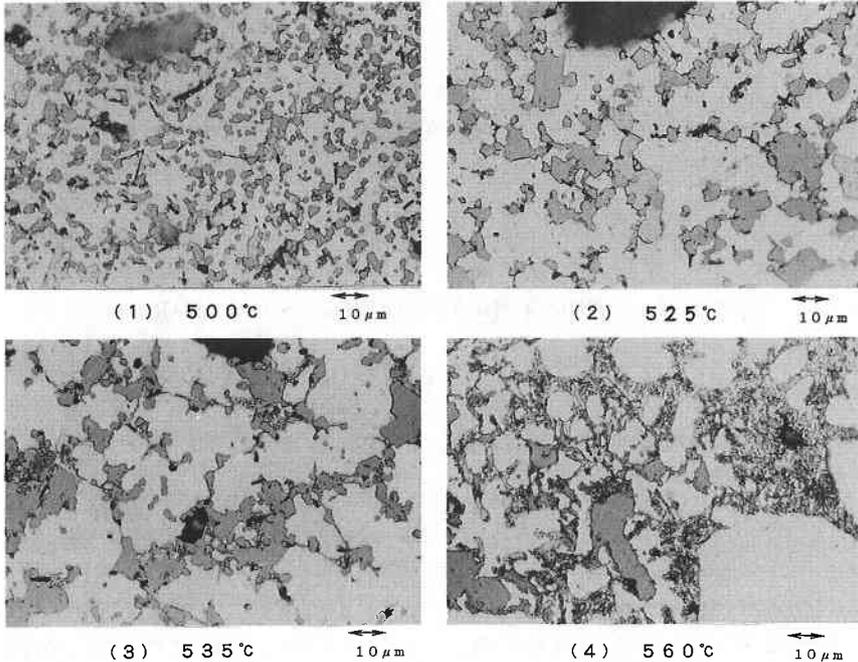


図3 組織凍結法により得られた内部組織 (エッチング: 3規定NaOH水溶液30秒)

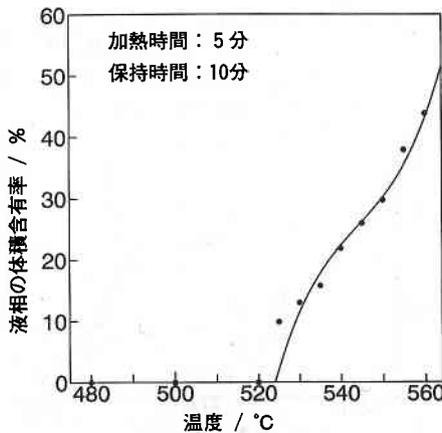


図4 液相成分の体積含有率の測定結果

織写真を図3に示す。この写真から温度の上昇とともに組織が粗大化していることがわかるが、この組織写真を元に点算法によって半溶融状態下での液相成分の体積含有率を算出した結果を図4に示す、液相は、Al-Si-Cuの3元共晶温度である524°Cで発生し、温度の増加とともにその体積含有率が急増していることがわかる。

以上より、(1)変形抵抗は、液相が発生する525°C以上で急激に減少する。(2)500°Cで変形抵抗が極小値を取る

のは、この温度で固相同士の反応もしくは固相内部の変化があったため、と考えられる。参考文献<sup>2)</sup>によると、500°CでAl<sub>2</sub>CuがAl(α相)に固溶するとあり、これが変形抵抗の落ち込みに何らかの影響を与えている可能性がある。

### 3. 押出し材の特性

#### 3.1 押出し加圧力

オスプレイ法により製造された素材より、下記寸法のピレットを削り出し、押出し実験を行った。押出し前のピレット温度は、変形抵抗および液相成分の体積含有率の測定結果を考慮して、480°C、500°C、535°Cとした。加熱は、ピレットを装填したコンテナごとに行い、ピレット先端に取り付けた熱電対の出力が所定の温度になって10分間保持した後、押出した、ピレット寸法は、直径40mm、高さ50mmであり、ダイス半角15°、押出し比11(製品直径12mm)のコンカルダイスを使用した。

図5に押出し加圧力の測定値を示す。これより、図2の圧縮変形抵抗曲線と同様に、温度の上昇とともに、特にピレットが半溶融状態に入ると、押出し加圧力(荷重)が下降し、押出し易くなることがわかる。逆に、押出し温度が480°C程度まで下がると、押出し加圧力が著しく増大し、押出し比を大きくすることが次第に困難になるものと考えられる。

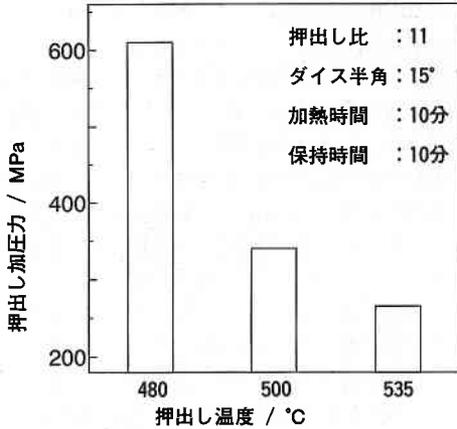


図 5 押出し加圧力

3.2 引張り強度

引張り試験片は、JIS 金属材料引張り試験片14A 号に対応しており、つかみ部直径 8 mm、平行部直径6.5mm、平行部長さ35.75mm である。試験速度は、4 mm/min である。

図 6 に測定した応用一ひずみ線図、表 1 に破断応力と破断ひずみの値を示す。図に示された応力一ひずみ線図より、押出し前の素材に比べて押出し材の方が破断応力、

表 1 引張り試験の結果

	押出し前の素材	押出し材 480°C	押出し材 500°C	押出し材 535°C
破断応力 (MPa)	209	293	310	267
破断ひずみ	0.08	0.10	0.11	0.12

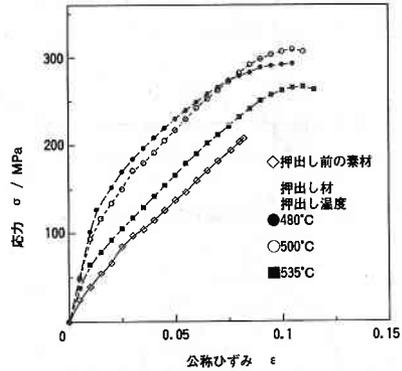
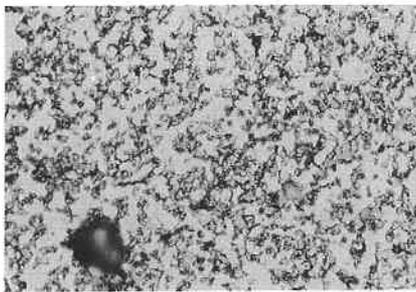
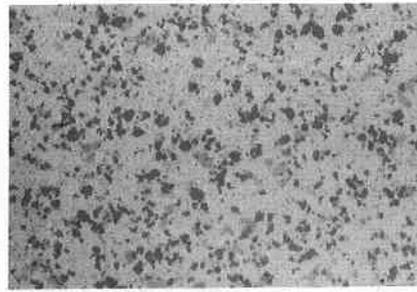


図 6 引張り試験の応力一ひずみ線図

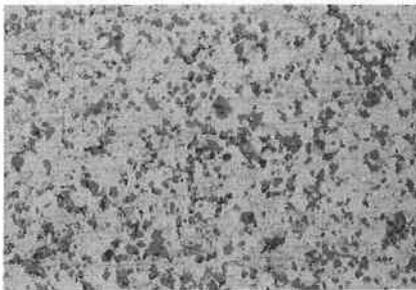
破断ひずみ、ともに増大していることがわかる。この理由としては、(1)素材の組織が押出しによって展伸されかつ微細化されたこと、(2)図 7 の組織写真が示すように、素材に内在した空孔欠陥が押出しにより閉鎖されたこと、



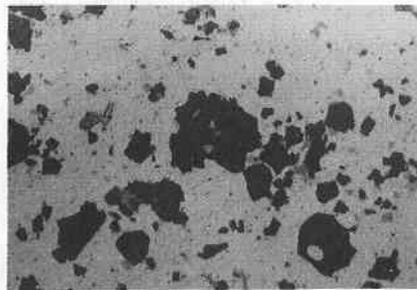
(1) 押出し前の素材 10 μm



(2) 押出し材 (押出し温度 480 °C) 10 μm



(3) 押出し材 (押出し温度 500 °C) 10 μm



(4) 押出し材 (押出し温度 535 °C) 10 μm

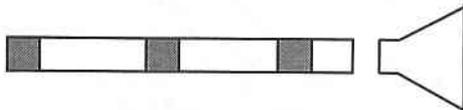
図 7 押出し材の組織写真 (エッチング : 3 規定 NaOH 水溶液30秒)

研究速報

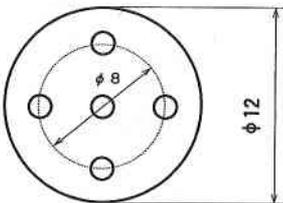
(3) 押し出し後の冷却が水冷であるため、急冷による硬化が発生したこと、などが考えられる。

3.3 硬さ

硬さ試験片としては、図8(a)に示すように、押し出し材の先端、中間、後端部から切り出し、測定面を研磨したものを用いた。平均的な値を得るためにロックウェル硬さを選び、Fスケールで測定した。測定位置は、図8(b)に示すように円形の試験片断面に対して、中心1点、外側4点とした。



(a) 硬さ試験の切り出し位置



(b) 硬さ試験の測定位置

図8 硬さ試験片

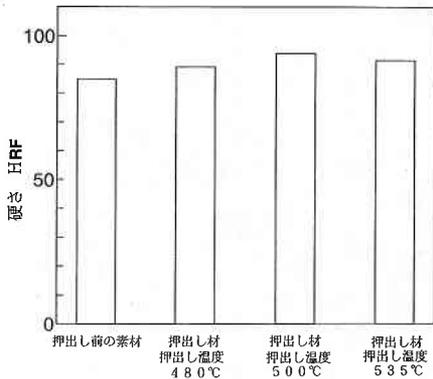


図9 硬さ試験結果

図9には、押し出し温度に対する押し出し材の硬さの変化を示す。図から、押し出しにより硬さが若干増していることがわかる。この硬さの変化は次のように説明される。480℃からの押し出し材については、押し出しによる繊維状組織が発達し、併せて組織が微細化された結果と考えられる。次に500℃からの押し出し材については、押し出す前の温度保持の段階で  $Al_2Cu$  が  $\alpha$  相中に固溶し、押し出し後の温度の低下とともに  $Al_2Cu$  が析出して起こる析出硬化、あるいは、冷却が水冷であるため冷却速度が速く、 $\alpha$  相中に  $Al_2Cu$  が残り、冷却後の時間の経過と共に析出して起こる時効硬化、などが考えられる。535℃の場合には、押し出す前の温度保持の段階で  $Al_2Cu$  が完全に  $\alpha$  相中に固溶した後、Al と Cu が液相として溶け出すために  $Al_2Cu$  の形成が遅れ、500℃の場合と比較して硬化の程度が少なくなったと考えられる。

4. 結論

- (1) オスプレイ法によって作られたアルミニウム合金素材からの押し出し材（押し出し温度：480℃、500℃、535℃）では、おのおの押し出す前より機械的特性が、著しく向上する。
- (2) 500℃から510℃以上での押し出しでは、加熱方法・時間等に配慮しないと、押し出し材の組織が粗大化する恐れがある。
- (3) 押し出し温度を500℃以上とすると、押し出し加圧力の低減が図られる。  
(1992年12月10日受理)

参考文献

- 1) 伊丹, 井川, 安藤, 熊谷: 住友重機技報, 36-107 (1988-8), 10.
- 2) 軽金属学会編: アルミニウムの組織と性質, 軽金属学会, (1991), 232.