

# Infiltrating Extrusion法による 短繊維強化アルミニウム複合材料 の製造とその特性開発に関する研究

武蔵工業大学工学部機械工学科

講師 湯浅 栄二

(昭和62年度研究開発助成 AF-87005)

## 1. 研究の目的

アルミニウム合金中にウイスカのような強化短繊維を分散させて合金強化を計る試みが広くなされている。その製造法には溶浸法や高圧鋳造法のように、熔融マトリックス金属を繊維間に浸透させる方法がある。しかし、この方法は繊維とマトリックス金属界面に脆性な反応物が形成して繊維強化効果を妨げる。マトリックスを金属粉末とし、これに強化短繊維を混合して熱間押しすれば、短繊維が押し出し方向に配列し、マトリックス金属は粒子間あるいは短繊維との間で固相接合し、短繊維強化合金を製造することができる。この場合、繊維と金属粉末の均一な混合が困難であること、加工時に繊維に損傷を与えることなどの問題がある。

素地粉末と強化短繊維の混合粉末を熱間押しして短繊維強化合金を製造する場合、熱間押し時に素地中に液相が存在すれば、加工力は軽減し、短繊維の損傷が少なく、短繊維の配向性も向上すると考えられる。

また、液相の一部が繊維間に浸透して繊維とマトリックス界面での接合が十分になると考えられる。

そこで本研究は、まず素地粉末中に SiCウイスカ及び黒鉛繊維の短繊維を均一に混合する方法を検討する。

素地粉末は純アルミニウム粉とし、これに液相の生成が容易な錫粉を Al-10%Sn となるように配合したものとする。

強化短繊維には SiC ウィスカと気相成長炭素繊維を用いる。素地粉末と短繊維の混合分散方法は、数個の直径 9.5mm の鋼球とともに偏心回転形攪拌機で行う乾式攪拌と、短繊維の開束のための分散助剤と攪拌のための粘性助剤を含む水溶液を入れ、レイキ形およびプロペラ形攪拌機で行う湿式攪拌とする。そして短繊維の均一な分散が得られる最適な混合条件を見いだす。さらに、混合粉末を熱間押し出し、押し出し過程で錫が熔融し、素地が固-液相共存状態となり、液相が短繊維間に浸透し、繊維と素地の結合を高め、効果的な短繊維強化となる合金の製造法を検討し、その合金の機械的強度特性を調べる。

## 2. 研究成果の概要

種々の分散方法によって混合粉末を作り、その熱間押し出し材の引張強度特性を検討した。

### 1. 乾式攪拌について

0.6N の素地粉末と 5vol% の SiC ウィスカを鋼球 20 個とともに偏心回転形攪拌機の容器に入れ、回転速度 70rpm で  $1.44 \times 10^4$  S 乾式攪拌した場合、SiC ウィスカは数 100  $\mu$ m の大きな繊維球となっていて、均一な分散となっていない。粉末量と鋼球個数の割合、回転速度、攪拌時間等種々変化させても、乾式攪拌では短繊維の分散は改善されない。

### 2. 粘性助剤を用いた湿式攪拌について

ポリビニルアルコールを主成分とする市販の液体糊を粘性助剤とし、種々の濃度の希釈液を作り、これに素地粉末と短繊維を混入して、レイキ式攪拌機で攪拌を試みた。粘性助剤濃度（糊/水の体積比）は  $V_v/V_a = 0.3$  以上（比粘度 = 約 1.8 倍以上）で、また粉末/粘性助剤溶液混合比（体積比）は  $V_p/V_a = 0.5$  以下とすると、粉末は沈殿することなく攪拌することができる。このような攪拌を得るためには  $V_p/V_a$  比が低くなるにしたがって、また回転速度が小さくなるにしたがって高い  $V_v/V_a$  比の分散助剤溶液が必要である。ただし  $V_v/V_a = 0.7$  以上（比粘度 = 約 25 倍以上）の粘性助剤溶液を用いると吸引濾過による脱水処理が困難となる。

炭素繊維の場合、湿式攪拌での適正な  $V_v/V_a$ 比、 $V_p/V_a$ 比の範囲は SiCウイスカの場合よりも狭く、また繊維球となる場合が多く、均一な分散を得ることが困難である。

適正な攪拌条件下で混合した粉末を熱間押出しし、その合金の引張強さと押出し条件の関係を調べた。押出し過程での加圧時間が増すにしたがって引張強さは増加し、押出し温度に達して直ちに押出しするよりも、液相存在下で加圧したのち押出した合金のほうが引張強さが高い。このような初期加圧は短繊維量にも影響し、高繊維量ほど未熔融粒子間あるいは繊維間への液相浸透を十分にすることがある。

### 3. 分散助剤を用いた湿式攪拌について

表面活性剤を分散助剤として用い、短繊維の開束を補助しつつ湿式攪拌した場合、SiCウイスカは繊維球になることなく開束して、素地粉末粒子表面に付着するように分散した。良好な分散を得るには SiCウイスカ量が増すにしたがって高濃度の分散助剤溶液を用い、長時間の攪拌が必要である。このような混合粉を熱間押出して作製した合金の引張強さは十分高い値を示した。その引張破面では SiCウイスカの周辺にボイドがほとんど見られない。したがって短繊維が開束し、素地粉末中に均一に分散すれば、短時間の初期加圧で素地粒子間、素地粒子-短繊維間の結合が十分なされ、繊維強化の効果が向上して引張強さが上昇する。

炭素繊維の場合、SiCウイスカより高濃度の分散助剤溶液が適する。また分散助剤溶液のみで攪拌すると、脱水処理時に素地粉末と炭素繊維の分離が生じた。そこで分散助剤溶液中に炭素繊維を分散させたのち、素地粉末を加える前に粘性助剤を用いて粘性を高め、湿式攪拌した方が良好な分散状態が得られる。

以上の結果、素地粉末と強化短繊維の混合粉末を熱間押出して短繊維強化合金を製造するためには、粘性助剤及び分散助剤を用いて湿式攪拌し、短繊維が均一な分散した混合粉末とする必要がある。熱間押出しは素地の一部が熔融し、固-液相共存状態で初期加圧し、液相が未熔融粒子間あるいは短繊維間に浸透した後、熱間押出しすることにより、短繊維の損傷を防ぎ、素地-短繊維界面の結合を良好にす

ることが可能となる。

### 3. おわりに

本研究の一部は、(財)天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成により行われた。関係各位に感謝の意を表す。

### 4. 発表論文

湯浅栄二・師岡利政：短繊維-粉末混合法と粉末押出しによる繊維強化金属の製造、第39回塑性加工連合講演会(1988-10), 241-24