

# 粉末液相成形法 No.99002

キーワード：粉末液相成形、粉末冶金、溶湯法、複合加工技術、複合材料、強化材料

## 概要

金属加工技術の複合化が注目されています。粒子または短繊維分散型複合材料の製造では粉末冶金法と溶湯法が広く用いられていますが、両者ともそれぞれに長所と短所を有しています。粉末液相成形法は、粉末冶金法と溶湯法の特徴を合わせ持つ興味深い複合加工技術の一種ですが、これまで報告例は余り見られません。ここでは当研究所で行った粒子分散型アルミニウム基複合材料の研究例をもとに、粉末液相成形法の概略を紹介します。

## 解説

図1に粉末液相成形法の工程を示します。

圧粉体成形工程では、混合機にて基材の合金粉末と強化材料を混合し、金型内で混合粉末を加圧して圧粉体を成形します。次に液相成形工程でこの圧粉体を金型に挿入後、金型ごと基材の合金粉末の液相線温度以上に加熱し、加圧成形します。

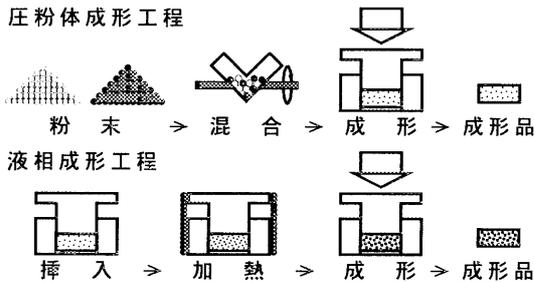


図1 粉末液相成形法の模式図

図2に模式図としてアルミニウムを基材とした場合の粉末液相成形法の基本的な考え方を示します。圧粉体成形状態は図1の液相成形工程の挿入に相当します。これをアルミニウム粉末の液相線温度以上に加熱すると、アルミニウム粉末の内部は熔融状態になっても粉末表面は強固な酸化膜に覆われている。そのため熔融金属は流出せず、水枕のような状態で存在します(加熱状態)。次に外部より酸化膜を破壊する力を加えることにより、熔融金属が強化材料を濡らして複合化します。またこれと同時にこの圧力により圧粉体の

気孔や熔融金属の凝固時に発生するボイド等の欠陥をなくすととも所定の形へ成形します。

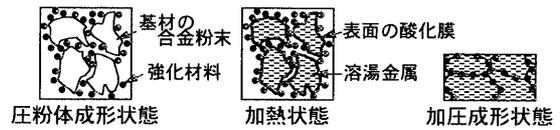


図2 粉末液相成形法の模式図

以下、当研究所で行った基材の純アルミニウム粉末に強化材として炭化珪素(SiC)粉末を添加した場合の実験結果を紹介します。なお、粉末粒度はメッシュナンバー(#xxx)で、添加量(mass%)は%で表示しています。

予備実験で、圧粉体の相対密度が添加粉末の量および粒度に関係なくほぼ0.8になる成形圧力を求め、混合粉末を圧粉体に成形して使用しました。

図3に成形温度、添加粉末粒度および添加量を変化させた場合の相対密度と成形圧力の関係を示します。アルミニウムの液相線温度以下の成形では、添加粉末粒度および添加量が同じ場合、成形圧力の増加にともなって相対密度は上昇しましたが、相対密度1.0に到達することは極めて困難でした。しかし液相線温度以上での成形では添加粉末の粒度および量に関係なく、低い成形圧力(57.8Mpa)で相対密度は1.0まで上昇しました。

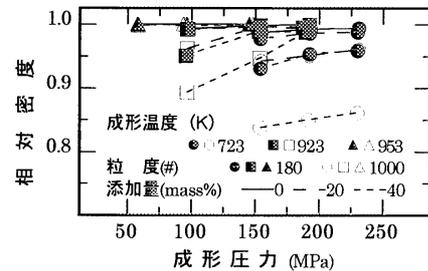


図3 相対密度と成形圧力の関係

図4に成形圧力154Mpaで成形した場合の相対密度と成形温度の関係を示します。通常のアルミニウムの加工温度723Kでは相対密度は低く、特に天量40%、添加粉末粒度#1000では相対密度は0.84程度でした。一般に、アルミニウムの液相線温度以下の成形では添加量の増加および添加粉末

が細くなるにしたがって相対密度は低下する傾向が認められました。しかし液相線温度以上の成形では、添加粉末の粒度および量に関係なく相対密度は1.0まで上昇しました。この温度域では液相状態での成形となるため、模式図に示したようにアルミニウムとSiC粉末間の濡れ性の向上と変形抵抗の一段の低下により高密度化につながったものと考えられます。

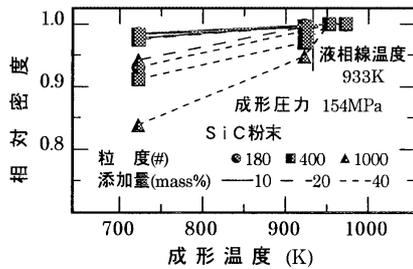


図4 相対密度と成形温度の関係

図5に粉末液相成形品の組織写真の一例を示します。組織写真に見られるように内部に気孔がなく、添加粉末はほぼ均一に分布しています。

粉末液相成形品を自由据え込みによって薄板状(約2mm)に加工し、機械的性質と板材としての二次加工性を調べました。

図6に機械的性質に及ぼす添加粉末粒度の影響を示します。添加粉末粒度が一定ならば添加量の増加にともない抗張力、硬さは増加し、伸びは

成形温度 953K  
 成形圧力 95MPa  
 相対密度 1.00  
 添加量 40mass%  
 添加粉末粒度 #1000  
 0.2mm



図5 粉末液相成形品の組織写真

低下しました。また添加量が一定ならば添加粉末が細くなるにともない抗張力、硬さ、伸びは増加する傾向を示しました。

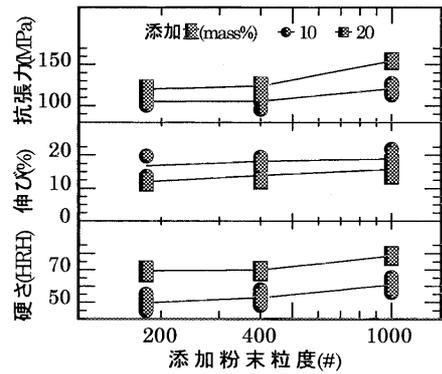


図6 機械的性質に及ぼす添加粉末粒度の影響

図7に深絞り性に及ぼす添加粉末粒度の影響、図8に深絞り試験後の外観(添加量10%)の一例を示します。ポンチ肩半径が8mmの場合は添加粉末の量および粒度に関係なく成形は可能でしたが、添加量20%ではポンチ肩部において破断しました。最大深絞り荷重は、添加量が多いほど、添加粉末が細かいほど、またポンチ肩半径が小さいほど大きい値を示しました。

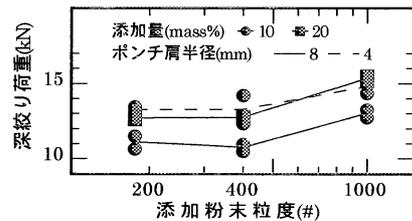


図7 深絞り性に及ぼす添加粉末粒度の影響

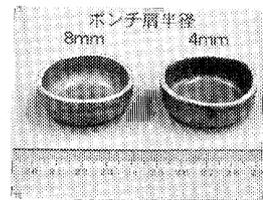


図8 深絞り試験後の外観写真

このように粉末液相成形法は、粒子分散複合材料を成形するために有効な複合加工技術の一手段であることがわかります。また、基材金属粉末および強化粉末材料の種類を変えることにより種々の複合材料を創成することができます。添加量の異なる圧粉体を積層し加工することで傾斜機能材料の創成も可能です。