

キーワード：アルミニウム、複合材料、金属間化合物、 Al_3Ni 、溶湯攪拌法、鑄造

はじめに

地球環境保護を目的として自動車などに使用される構造材料には軽量化が求められています。この観点から、鉄系材料からアルミニウム材料への代替を目的として、例えば、アルミニウム中にセラミックス強化材を分散させることにより、鉄系材料に匹敵する強度や耐摩耗性を有する複合材料の開発が進められています。一般に、このような複合材料を作製するには、溶湯法と粉末冶金法が用いられています。溶湯法は粉末冶金法に比べて、製造工程の簡略化が可能ですが、セラミックスはアルミニウム溶湯との濡れ性が悪いために、アルミニウム中への複合化は困難です。また複合化できたとしても、セラミックスと母相との密着性が弱いために、使用中に母相とセラミックスが剥離するといった問題が生じることがあります。

ここでは比較的 low コストの溶湯攪拌法により、アルミニウム中にセラミックよりも母相との密着性に優れた硬質の金属間化合物を均一に分散させたアルミニウム基複合材料を開発した結果について説明します。

金属間化合物分散複合材料の作製方法

図1に溶湯攪拌法を用いて金属間化合物をアルミニウム中に複合化する手法を示します。

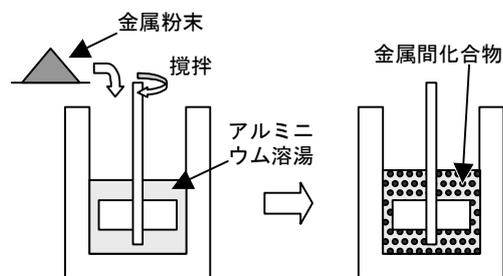


図1 溶湯攪拌法による金属間化合物分散複合材料の作製方法

溶湯攪拌法は、電磁的または機械的に溶湯を攪拌して、生じた渦にセラミックスなどの強化材を添加することによって材料中に強化材を分散させる方法です。ここでは添加する材料として、アルミニウムと硬質の金属間化合物を生成する純金属粉末を選びました。例えばニッケル粉末を添加しますと、(1)式により金属間化合物 Al_3Ni が生成し、攪拌により材料中に均一に分散します。



この方法の長所としては、金属間化合物が溶湯内で生成するために母相との密着性が良好である。さらに、粉末冶金法に比べて高密度、低コストであるなどが挙げられます。

Al-Ni 系への適用

純アルミニウムにニッケル粉末(図2)を添加した結果について説明します。電気炉内で純アルミニウムを 670 °C で溶解し、攪拌しながら、上部よりニッケル粉末を超音波式の粉末供給機を用いて徐々に添加しました。添加量はアルミニウム溶湯と Al_3Ni が熱力学的に平衡する 20 mass% としました。添加終了後、(1)式の反応を完全に進

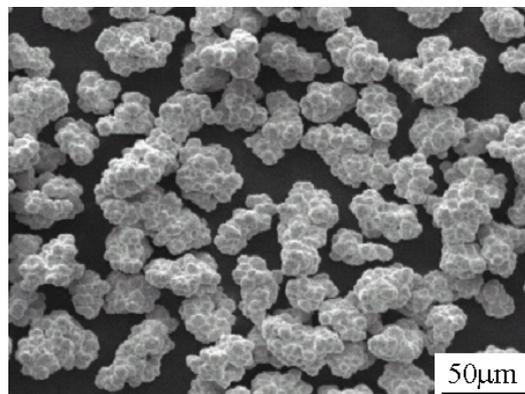


図2 ニッケル粉末 (粒径は 53 μm 以下)

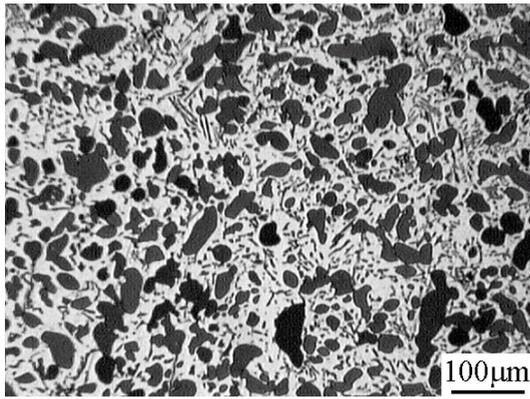


図3 アルミニウム中への Al₃Ni の分散

行させるために 10 分間攪拌を継続しました。このようにして得られた凝固組織を図3に示します。粒状の黒色部が溶湯中で生成した Al₃Ni で、均一に分散しています。また、Al₃Ni は添加したニッケル粉末よりも微細となっています。これは、ニッケル粉末とアルミニウム溶湯との反応がニッケル粉末の周囲から徐々に進行して、反応生成物が粗大になる前にニッケル粉末から剥離するというプロセスが生じているためです。このような粒状の Al₃Ni が分散した凝固組織は本プロセスに特徴的なもので、同じ組成の Al-Ni 合金溶湯を鋳造した場合には Al₃Ni は針状に成長し、たとえ溶湯を攪拌しても、それらは粒状になることはありません。したがって、このプロセスによる材料は破壊の起点となる場所が少なく強度などに加えて、延性的な性質も期待できます。

各種合金系への適用

本プロセスはニッケル系以外の合金にも適用できます。図4は純アルミニウム中に各種金属粉末を添加することにより、金属間化合物を生成、分散させた凝固組織を示します。いずれの金属間化合物もアルミニウム溶湯と平衡する組成となっていました。本プロセスにより、アルミニウム溶湯と平衡する金属間化合物が存在すれば、それらのアルミニウム中への分散は可能であると考えられます。

各種合金系への適用

工業材料への本プロセスの適用を考えた場合、母相としては純アルミニウムではなく合金とするこ

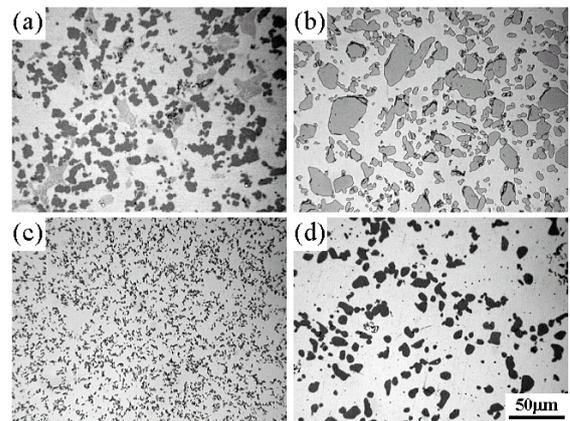


図4 アルミニウム中への各種金属間化合物の分散 ((a)Al₃Ti, (b)Al₇Cr, (c)Al₃Zr, (d)Al₁₂Mo)

とで、その合金の特性に金属間化合物を分散させることによる機能を付加することができます。図5にエンジンのピストンなどで使用されている JIS AC8A アルミニウム合金にニッケル粉末を添加した場合のビッカース硬さを示します。ニッケル粉末添加量の増加と共に硬さは上昇し、無添加の金型鋳造材の硬さ 110HV5 に対して 25 mass% 添加材ではおよそ倍の 218HV5 を示します。

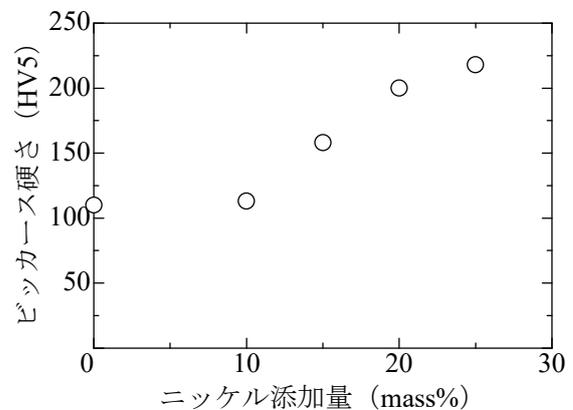


図5 AC8A 合金のビッカース硬さに及ぼすニッケル粉末添加量の影響

おわりに

アルミニウム中に金属間化合物を分散させる新たなプロセスを紹介しました。本プロセスでは通常の溶解・鋳造法では困難な微細・粒状の金属間化合物を母相中に得ることができます。溶湯、粉末の組合せにより、新たな材料創製への可能性があると考えています。

発行日 2004年11月26日

作成者 金属材料研究部 高機能素形材研究室 松室 光昭