

微粒子ピーニング法を用いたメカニカルアロイングによる アルミニウム合金の表面組織制御

機械・材料技術部 材料物性チーム 中 村 紀 夫
高 木 眞 一

本研究では鉄鋼材料に比べ軟質で融点が高いアルミニウム合金に各種金属微粒子を投射する微粒子ピーニング (FPB: Fine Particle Bombarding) を施すことで微粒子衝突時の強加工によりメカニカルアロイングが起こり、表面に合金層あるいは微細な分散組織が形成することを明らかにした。

キーワード: アルミニウム合金, 微粒子ピーニング, メカニカルアロイング, 組織制御, 複合組織

1 はじめに

アルミニウム合金は鉄鋼材料に比べ耐熱性や機械的性質が劣ることから、様々な合金や熱処理技術等が開発されてきた。しかしながら、鉄鋼材料の代替材料としての性能を満足させるには不十分であることから、複合化や表面処理等を施すことにより必要な部位を高機能化する技術が開発され、各部品へ適用されている。セラミックスとの複合材料化 (MMC) ¹⁾ やレーザー照射による再熔融処理 ²⁾ などがこれに相当するが、強化相との界面での脆弱性、量産性、コストの問題などから実用化されたものはほとんどない。そこで本研究では、粒径が数十ミクロン程度の金属等の微粒子を速度約 200m/sec の高速で材料表面に衝突させる微粒子ピーニング法による高機能化手法を用いる。本技術は前述の MMC やレーザー照射よりも安価でかつ量産性の高い技術であり、展伸材、鋳造材など製造プロセスを問わず様々な合金に対して多彩な組織制御が可能である。これら利点を生かし、微粒子ピーニング法を用いてアルミニウム合金表面の組織を制御することを本研究の目的とする。

2 実験方法

2. 1 供試材および試験片

供試材は純アルミニウム A1070-O である。供試材の形状は $\phi 15 \times 5$ とし、表面を #2000 まで湿式研磨した。

2. 2 投射微粒子および微粒子ピーニング条件

投射微粒子は平均粒径 $53\mu\text{m}$ 以下の炭素鋼 (1.0% C)、平均粒径 $53\mu\text{m}$ 以下の純鉄、平均粒径 $53\mu\text{m}$ 以下の純 Ni および平均粒径 $45\mu\text{m}$ 以下の純 Cu である。微粒子ピーニング条件は投射材の装填方式は重力式とし、圧縮空気により投射圧力を 0.8MPa で 10s 行った。

3 結果および考察

3. 1 微粒子ピーニングによる表面組織の比較

Fig.1 (A) に炭素鋼粒子を投射した後の表面組織の反射電子像を示す。反射電子像では原子番号が大きいものほど白く像が観察されることから、白く観察される微細な粒子は炭素鋼であると判断できる。すなわち、炭素鋼粒子が母相中に分散した複合組織領域が形成されており、その厚さは最大で約 $30\mu\text{m}$ である。注目すべきは、投射した炭素鋼の平均粒径が $53\mu\text{m}$ 以下にも拘わらず、この複合組織領域中の粒子径は $1\mu\text{m}$ 未満と極めて微細な点である。また炭素鋼粒子周辺のアルミニウム母相と、より下層のアルミニウム母相との間にコントラスト差があることから、炭素鋼粒子のナノサイズでの分散あるいは Fe 原子との合金化も起きていると推測される。またアルミニウム母相の複合組織領域との界面近傍においては塑性流動による再結晶が起こり、結晶粒が $1\mu\text{m}$ 程度に微細化されている。

Fig.1 (B) に純鉄粒子を投射した後の表面組織の反射電子像を示す。炭素鋼の場合と比較して粗大で塑性変形を受けた純鉄粒子が母相との複合組織領域を形成し、その厚さは炭素鋼の場合と比べて $15\mu\text{m}$ 程度と浅い。また炭素鋼の場合と同様にアルミニウム母相の複合組織領域との界面近傍では結晶粒が微細化されている。炭素鋼と純鉄との比較から投射される粒子が硬いほど分散する粒子が微細でより厚い複合化組織が形成されると推測される。

Fig.1 (C) に純 Ni 粒子を投射した後の表面組織の反射電子像を示す。純鉄の場合と同様に塑性変形を受けた純 Ni 粒子が母相と複合組織領域を形成している。この領域の厚さは純鉄粒子に比べて $20 \sim 30\mu\text{m}$ と厚いが、内部には大きな割れが生じており、表面凹凸も大きい。

Fig.1 (D) に純 Cu 粒子の場合の表面組織の反射電子像を示す。Cu 粒子は、わずかに薄い複合組織領域を形成するのみである。この原因として投射材が非常に柔らかいことが

原因と考えられる。他の粒子と同様に母相の複合組織領域との界面近傍では結晶粒の微細化が起きている。そのため投射材の硬さが必ずしも結晶粒の微細化には寄与していないと考えられる。

4 結 言

アルミニウム合金に各種微粒子ピーニングを施すことにより形成される組織を観察した結果以下のことが明らかとなった。

- 1) 投射材に炭素鋼を用いてアルミニウム合金に微粒子ピーニングを施すと $1\mu\text{m}$ 以下の微粒子が粒状に分散し、最大 $30\mu\text{m}$ 程度の複合分散領域を形成する。

- 2) 投射材の硬さが大きいほどアルミニウム合金に入り込む粒子の侵入深さが深くなる。
- 3) 投射材の硬さに拘わらず塑性流動により母相の複合組織領域および母相との界面近傍では結晶粒の微細化が起こる。

文 献

- 1) M.Fujine M.Yamashita : *keikinzo*, Vol.11 564 (1999).
- 2) S.Shibata S.Tomita K.Nakata : *keikinzo*, Vol.11 609 (2000).

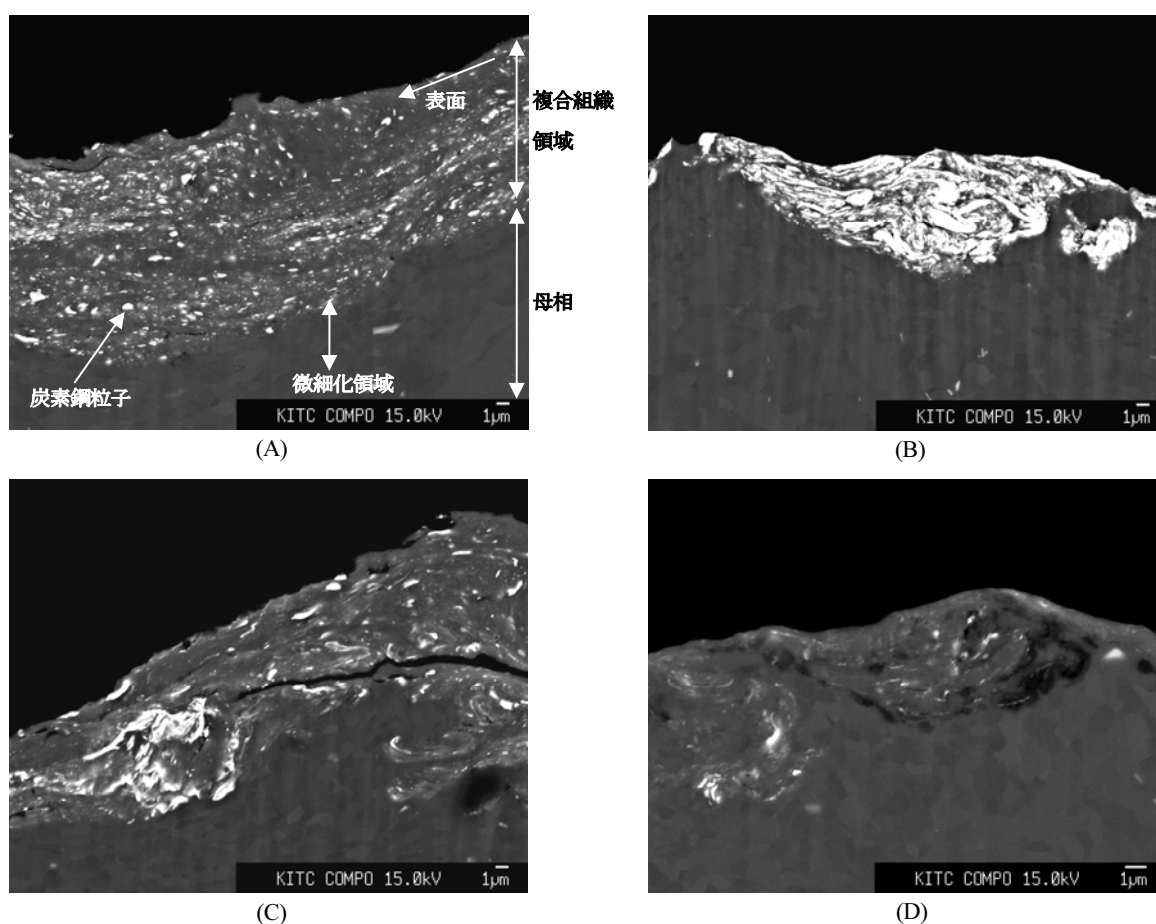


Fig.1 Cross sectional backscattered electron micrographs of FPB'ed pure aluminum.

(A) carbon steel (B) pure iron (C) pure nickel (D) pure copper