高エネルギー電子ビームを用いたアルミ軽合金の新規強化法

Hardening of Al Alloys by Using
Energetic Electron Beam Irradiation

岩瀬彰宏[1)]　　斉藤勇一[2)]
Akihiro IWASE　　Yuichi SAITOH

[1)]大阪府立大学　[2)]原子力機構

（概要）
金属合金に電子ビームやイオンビームを照射すると、通常よりも低温で添加元素の析出が起こることがある。これは、照射促進偏析と呼ばれる現象で、照射により生成した格子欠陥と添加元素の相互作用によるものである。これまでは、照射促進偏析は、原子力材料において照射下での材料脆化の研究の対象として注目されていたが、ここでは、この現象を積極的に利用して、材料の強度をコントロールする試みを行う。

キーワード：
照射促進偏析、電子ビーム、材料強化法、アルミ軽合金

１．目的

照射促進偏析の原理を利用して、アルミ軽合金の代表的材料の１つであるジュラルミン（JIS2017）合金を電子線で照射し、その強度を制御する。また、従来強度制御において用いられてきた時効析出法との比較を行う。

２．方法

ジュラルミン合金（JIS2017）インゴットを厚さ１mm程度に切断後、４５０℃において溶体化処理をして、０℃の水中に急冷する。この処理により、ジュラルミンの主成分であるアルミの中に添加された銅、マグネシウム、マンガン、シリコンが試料中に分散された状態になる。この試料を原子力機構高崎量子応用研究所TIARAの第５ターゲット室に設置された電子線照射装置を用いて、エネルギー２MeV の電子ビームで照射した。照射時の試料温度は６０℃、１００℃、１２５℃、１５０℃であった。また照射量は、$2x10^{17}$–$1.2x10^{18}/cm^2$ である。照射後、試料の硬度をマイクロビッカース硬度計により測定した。測定は２０−３０回同一条件で行いその平均をとった。また参考データとして、時効処理も行った。時効温度は１５０℃、１８０℃であった。時効試料に関しては、３次元アトムプローブ法による析出状態観察も行った。

３．研究成果

電子線照射による硬さ変化の結果は以下の通りである。照射時の試料温度が６０℃、１００℃の時は、照射による硬度変化はほとんどみられなかった。これは、イオン照射の時に、室温照射でも硬度が大きく増加したのとは大きく異なる。これに対して照射温度が１２５℃、１５０℃の時は、硬度が明らかに増加した。照射温度が１２５℃の時は、$1x10^{18}/cm^2$ で硬度増加は１５程度であったが、照射温度が１５０℃に上げた場合は、同じ照射量で、硬度上昇は４０に達し、その後さらに上昇した。一方、時効実験では、試料温度が１８０℃の時は、時効時間１日で硬度は３０にまで上昇したが、その後、過時効のため硬度は減少に転じた。時効温度が１５０℃のときは、２日間の時効で硬度上昇は４０程度であった。これを照射による硬度変化と比べると大変興味深い。１５０℃での時効では、硬度増加が４０に達するのに２日間を要したが、試料温度を１５０℃に保って電子線照射した場合、１２時間程度で同じ硬度上昇を得た。時効温度を上げると確かに硬度変化は速くなるが、得られる硬度上昇のピークは、時効温度を上げるほど小さくなる。

４．結論・考察

以上の結果から、電子線照射は、従来の時効処理と比べて、短時間でアルミ合金の硬度をできる方法であることがわかった。また、照射による硬度変化は、電子線ビームの当たったところだけで生ずるので、この方法を用いれば、アルミ合金材料の任意の場所の硬度を制御できる技術にもつながり、広い分野での応用が期待できると思われる。

５．引用(参照)文献等

本研究で参考にした文献(TIARA タンデム加速器を利用して行ったイオン照射によるアルミ合金の硬度制御の論文)。

Hardening of Al–Cu–Mg alloy by energetic ion irradiation

T. Mitsuda, I. Kobayashi, S. Kosugi, Nao. Fujita, Y. Saitoh, F. Hori, S. Semboshi, Y. Kaneno, K. Nishida, N. Soneda, A. Iwase

J. Nucl. Mater., 408, 201-204 (2011)

Hardness modification of aluminum-alloys by means of energetic ion irradiation and subsequent thermal aging

T. Mitsuda, I. Kobayashi, S. Kosugi, Nao. Fujita, Y. Saitoh, F. Hori, S. Semboshi, Y. Kaneno, K. Nishida, N. Soneda, S. Ishino, A. Iwase

Nuclear Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B　Available online 2 February(2011)