

摩擦攪拌プロセス(FSP)を応用したクロムジルコニウム銅合金の 機械的強化法開発

Application of Friction-Stir Process for Mechanically Strengthening CuCrZr-alloy

*濱口 大¹, 森貞 好昭², 藤井 英俊², 谷川 博康¹, 小沢 和巳¹

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 大阪大学

ITER 等の核融合炉におけるダイバータ等の冷却管材としての使用を想定し、銅合金の課題である耐照射性の向上を目的として、摩擦攪拌プロセスの純銅及びクロムジルコニウム銅合金への適用性評価を行った。

キーワード：ダイバータ，クロムジルコニウム銅，摩擦攪拌プロセス，耐照射性

1. 緒言

銅および銅合金は、ITER 等の核融合炉におけるダイバータや第一壁等プラズマ対向材のヒートシンク材や冷却管材として用いる事が想定されているが、純銅は強度や耐照射性に問題がある事より、強度と熱伝導性の観点より時効析出硬化型銅合金のクロムジルコニウム銅合金（ITER-Gr）を用いる事となっている。ところが、クロムジルコニウム銅は製造時熱履歴制御要求が非常に厳しく、またダイバータコンポーネントを製作する際の接合に伴う入熱によって強度特性が損なわれる可能性がある等の課題がある。また、中性子照射影響についても、これまでの原子炉照射実験により、150℃以下の照射温度では非常に低い照射量でも顕著な照射硬化がみられ、それに伴う加工硬化能の低下と一様伸びの喪失が問題となっている[1]。その為ダイバータ冷却管材としてのクロムジルコニウム銅の使用は、その組織安定化と耐照射性向上が鍵を握っている。そこで本研究は、結晶粒の微細化と組織改良による耐照射性向上と強化が期待される摩擦攪拌プロセス（FSP）に着目し、純銅による本プロセスの最適適用条件の検討とクロムジルコニウム銅合金の組織改良、及びダイバータ冷却管へ本プロセスを適用する為の手法開発を目的とする。

2. 実験および結果

前回は、最適な FSP 加工条件の策定を目的として、OFC 純銅に対し工具回転速度 50～500 RPM の間の 5 つの条件で検討した結果について報告した。そこで、OFC 銅では 100～300 RPM の回転速度で最大の硬化量が得られる事を確認したが、ピン長に対して攪拌部が比較的浅い事や、鬆などの欠陥の形成が見られる等の課題点が明らかとなった。FSP では一般的に、回転速度が低いと鬆などの欠陥形成頻度が大きくなる事や、回転速度が攪拌部の深さに影響する事が知られているが、銅は融点が比較的低いこともあり、あまり回転速度を上げる事が出来ない。その為これらの課題点の対処法として、今回はプロセス中に液体 CO₂ を用いて強制冷却を行う方法で同様の FSP 処理を OFC 銅に対して行った。その結果、前回と同様に 200 及び 300 RPM の回転速度で最大の硬化量を得た他、未冷却では硬化されなかった 500 RPM に於いても硬さ上昇を確認した。また、低い回転速度でも鬆などの欠陥の形成が無かった事より、液体 CO₂ 冷却法が一定の効果を発揮出来る事が確認された。この様な強制冷却手法の有用性検討と同時に、クロムジルコニウム銅合金への FSP 適用性、特にダイバータ冷却管への適用を目指した手法開発も同時に行った。詳細については本講演にて報告する。

参考文献

[1] M. Li et al. / Journal of Nuclear Materials 393 (2009) 36–46

*Dai Hamaguchi¹, Yoshiaki Morisada², Hidetoshi Fujii², Hiroyasu Tanigawa¹, Kazumi Ozawa¹

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Osaka University