

TK-26 型キャスク型式証明 ほう素添加アルミニウム合金の説明方針について

本申請で使用するほう素 (B) を添加した Al-Mn-Mg 合金 (以下、「本アルミ合金」という) は、国内で初めて金属キャスクのバスケット用構造部材として使用するものである。そのため、設計貯蔵期間 (60 年) における本アルミ合金の長期健全性及び機械的強度に関して、令和 2 年 12 月 24 日の審査会合において、2 点の指摘があった。これらの指摘に対する説明方針を以下に示す。

① 「60 年後のほう素添加アルミニウム合金の組織変化について」

- ・結晶粒組織については、偏光顕微鏡の観察結果及び結晶粒径の評価から、B 添加により結晶粒組織が微細かつ均一となりより安定した状態となっていることが確認された。これより、B 添加が本アルミ合金の結晶粒組織に及ぼす影響により強度が低下することはない。
- ・Mg については、その一部が B 化合物中に固溶しているため、後述の加速試験及び時効処理試験の前後において、B 化合物に対する電子線マイクロアナライザ (EPMA) による組織観察及び X 線回折分析 (XRD) による化合物同定分析を行った。その結果、B 化合物に組織変化及び相変化が認められないことから、当該化合物は、熱的に極めて安定しており、金属キャスクの使用条件で変化しないと判断した。これより、Mg による固溶強化の効果が低下することはない。また、Al-Mn-Mg 合金と同様に、本アルミ合金に過剰に Mg を添加した供試材について Mg 化合物の析出速度を評価した結果、Al-Mn-Mg 合金の場合と同等であると確認されたことから、B 添加により当該の析出速度が変化することはない。したがって、60 年後においても Mg の固溶強化は維持される。
- ・Mn については、透過型電子顕微鏡 (TEM) による組織観察の結果、析出した Mn 化合物の分散粒子のサイズ・分布状態が B 添加により変化しないことを確認した。これより、B 添加により Mn 化合物の粒子分散強化の効果が低下することはない。

また、析出した Mn 化合物の分散粒子による強化機構について、キャスクでの使用温度条件における時効処理試験 (125, 150, 175, 200°C × 10, 000h) 及び 60 年間の熱履歴を模擬した加速試験 (300°C × 1, 000h) を行った結果、本アルミ合金の Mn 化合物の分散粒子のサイズ・分布状態がこれらの試験前後で変化しないことから、60 年後においても当該強化機構は維持される。

② 「ほう素添加アルミニウム合金の機械的強度について」

- ・上記の加速試験を経た供試材の引張試験データを用いて、「日本機械学会 発電用原子力設備規格 材料規格の新規材料採用ガイドライン」に準拠して本アルミ合金の許容応力について評価を行った。また、当該供試材の機械的強度データの不確かさを、データ点数が限定されていることを適切に考慮した上で評価するため、標本毎に誤差範囲を求め、その下限値がいずれも当該許容応力を上回っていることを確認した。これより、本アルミ合金の機械的強度は 60 年後においても当該許容応力を下回ることはないため、バスケットに使用する構造部材として適切であると判断している。