

Doc No. 18-180-I-176 Rev. 0

2021年1月13日

トランスニュークリア株式会社

株式会社神戸製鋼所

バスケット用ほう素添加アルミニウム合金 (1B-A3J04-0)
に関する審査会合の説明方針

1. 審査会合にて示された論点と説明方針

第5回輸送容器及び使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器に関する審査会合（2020年12月24日）にて、原子力規制庁殿より示された2つの論点とこれらに対する説明方針を以下に示す。

1.1 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

【論点】

200℃×10,000h及び300℃×1,000hの加速試験において、ほう素添加が組織に及ぼす影響を説明すること。具体的には、各温度における結晶粒径の観察結果、析出物の成分、粒径及び分布状態に関する観察結果を、60年後に対する組織変化の推定評価と比較して説明すること。その上で、ほう素添加アルミニウム合金（以下、「本アルミ合金」という）が60年後の組織変化を模擬していることを定量的なデータを用いて説明すること。

【説明方針】

① ほう素添加が結晶粒組織に及ぼす影響について

300℃×1,000hの加速試験については、これまでほう素を添加したアルミニウム合金で説明している。一方、200℃×10,000hの加速試験に使用した試料については、ほう素を添加していないAl-Mn-Mg合金により説明してきた。よって、ここでは、後者の加速試験に使用した試料について説明する。この説明方針を以下に示す。

200℃×10,000hの加速試験に用いた本アルミ合金及びAl-Mn-Mg合金の初期材（熱処理前の状態）について、偏光顕微鏡による観察結果を比較し、ほう素添加による本アルミ合金の結晶粒微細化について説明する。定量的には、切片法¹⁾を用いて評価した結晶粒径を比較する。

② ほう素添加がMn系化合物の析出組織に及ぼす影響について

200℃×10,000hの加速試験に用いた本アルミ合金及びAl-Mn-Mg合金の初期材（熱処理前の状態）について、TEMによる観察結果を比較し、ほう素添加が本アルミ合金の析出組織に及ぼす影響について説明する。なお、TEM組織により定量的に説明することは難しい。このため本申請では、Mn系化合物の析出物を主な核生成サイトとするMg系化合物の析出挙動を反応速度論的に解析した結果（TTP線図）を用いて、Mn系化合物の析出組織がほう素添加により影響を及ぼされていないことを説明する。

③ ほう素化合物の組成及び分布状態について

200℃×10,000h及び300℃×1,000hの加速試験に用いた本アルミ合金の初期材及び熱処理材により調整した抽出残渣によるX線回折分析（以下、「XRD分析」という）の結果を用いて、これら加速試験の前後でほう素化合物の組成が変化していないことを示す。

ほう素化合物の分散状態について、 $300^{\circ}\text{C}\times 1,000\text{h}$ の加速試験に用いた本アルミ合金の初期材に関する電子線マイクロアナライザによる面分析結果により説明する。

④ ほう素化合物が 60 年後の組織変化に及ぼす影響の評価

本アルミ合金の規定範囲を超えて Mg を増した試料による加速試験（ $\{125, 150, 175, 200\}^{\circ}\text{C}\times 10,000\text{h}$ ）の結果について、S-L 平面を用いた解析を行い、ほう素添加が 60 年後の組織変化に係る推定評価に影響を及ぼさないと判断されることを示す。これにより、本アルミ合金が 60 年後の組織変化を模擬していることを説明する。

なお、 $300^{\circ}\text{C}\times 1,000\text{h}$ の加速試験については、本申請においてほう素を添加したアルミニウム合金により説明を行ってきた。当該加速試験は、Mn 系化合物の析出組織について 60 年後の熱影響を模擬するものであるが、上記③より Mn がほう素化合物と冶金的に反応しないと確認できる。このため、当該加速試験は、ほう素添加により影響を及ぼされないと判断される。

1.2 ほう素添加アルミニウム合金の機械的強度について

【論点】

$200^{\circ}\text{C}\times 10,000\text{h}$ 及び $300^{\circ}\text{C}\times 1,000\text{h}$ の加速試験に使用した本アルミ合金の機械的強度について統計的に解析した上で説明すること。統計処理については、試験誤差に乗じる包含係数についての考え方を試験 N 数と関連付けて説明すること。

【説明方針】

$200^{\circ}\text{C}\times 10,000\text{h}$ の加速試験に用いた試料については、初期材を含め保持時間 7 水準、引張試験を試験 N 数 3 で実施している。本アルミ合金相当の化学成分とした試料については、当該熱処理において機械的特性はほとんど変化していないと判断されることを踏まえて、保持時間 7 水準 \times 試験 N 数 3=21 点について統計処理を行う。この結果から当該データについて求めた 95%信頼区間を、機械的特性の変化に係る判断基準として取り扱い整理したグラフを説明する。

$300^{\circ}\text{C}\times 1,000\text{h}$ の加速試験に用いた試料については、溶解チャージ数 6 について引張試験を試験 N 数 4 で実施している。統計処理に用いるデータは、溶解チャージ数 6 \times 試験 N 数 4=24 点とする。この初期材に関して求めた 95%信頼区間を、機械的特性の変化に係る判断基準として取り扱い、当該熱処理後の引張試験結果と比較したグラフを説明する。

参考文献)

- 1) 高山善匡、“結晶粒度の評価法”、軽金属、44 巻、p48、(1994)