

航空機エンジン用 耐熱ハイレントロピー合金の開発

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

地球温暖化対策への取り組みの一環として、航空機の低燃費化と高効率化が上げられる。そのためには、エンジン構造部材の軽量化や耐熱性の向上が重要な課題となっている。現在、燃焼器やタービン等のホットセクションには、ニッケル基超合金が使用されているが、1100℃付近で限界が見られ、さらなる耐熱温度の向上を実現するためには新しい合金の開発が必要となっている。その新しい候補材料としてハイレントロピー合金(HEA: High Entropy Alloy)が注目されている。ハイレントロピー合金は、一般的な合金とは異なり、5種類以上の様々な金属原子が混ざり合っていてできている多成分系合金で、そのマイクロ組織に由来したカクテル効果によって特異的な物性が発現するため、既存の合金の代替材料としての活用が期待されている。しかし、HEAはその構成元素の組成や種類によって材料物性が異なってくるため、組成の最適化が必要不可欠である。

本研究では、優れた耐熱性が期待される HEA について、様々な添加量で添加した合金の組織形成と力学特性の評価に取り組んでいる。

■ ハイレントロピー合金について

ハイレントロピー合金(HEA)とは、5種類以上の金属をそれぞれ高濃度で混ぜて合金化した固溶体金属と定義されている。それぞれの金属元素が結晶格子の中に配置されることで、元素レベルで混合されエントロピーが高い状態となる合金を示す。金属をランダムに分布させる際の配置エントロピーの変化は以下の式で与えられる。

$$\Delta S = -R \sum_i c_i \ln c_i$$

ここで、 ΔS は混合エントロピー、 c_i は成分 i のモル分率、 R は気体定数を表す。金属が完全に特定サイトに規

則化するとき、エントロピー変化はゼロとなり、複数の金属を同濃度で混合することによって、エントロピー変化は最大値を取る。1.5R 以上のエントロピー変化がある物質をハイレントロピー合金と呼ぶ。

■ 研究内容

ハイレントロピー合金の条件を満たす組成になるように配合し、アーク溶解によりボタンインゴットを作製した。作製した試料を垂直方向に切断した後研磨を行い、SEM/EDX/EBSD を用いて組成分析や結晶方位解析を行った後、FIB を用いての微小試験片を作製し、引張試験を行うとともに、高温硬さ測定を行った。

図には、開発した合金の引張試験結果を示す。図中には既存のVNBMoTaW合金とInconel718の結果も同様に示す。これらの結果から、開発した合金は、降伏強度が他の合金よりも高く、かつ延性もInconel718に近い。また、高温硬さ試験の結果からも、1200℃でも十分な硬さを有した結果を得ており、耐熱性、強度と延性を兼ね備えた合金の開発に成功している。

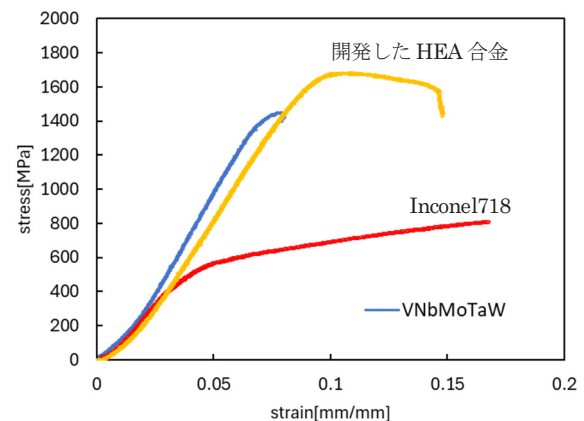


図 開発した合金の引張試験による応力-ひずみ曲線

代表発表者 原田 祥久¹(はらだ よしひさ)
佐藤 崇政^{1,2}(さとう たかまさ)

所 属 1: 国立研究開発法人産業技術総合研究所
製造技術研究部門
2: 筑波大学大学院システム情報工学研究群
構造エネルギー工学学位プログラム

問合せ先 〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1
TEL: 050-3522-6321
harada.y@aist.go.jp

■キーワード: (1) ハイレントロピー合金
(2) 航空機エンジン材料
(3) 微小力学試験

■共同研究者: 廣瀬伸吾
石井かおる
夏井裕史
松崎邦男
産業技術総合研究所