

MERIT インターンシップ (国内) 報告書

工学系研究科マテリアル工学専攻
岡部徹研究室 (D3)
MERIT 7 期生
飯塚 昭博

期間:

2021.9.21~2021.10.20

受け入れ機関:

物質・材料研究機構(NIMS),
松永 哲也 主幹研究員

研究トピック:

4 族元素ベースの新しい高エントロピー合金の開発と機械的性質の調査
(このタイトル情報は受け入れ機関の将来における原著論文・特許に関連する情報公開や著作権の問題を避けるため、抽象化されています。)

研究内容:

1, 研究背景

金属チタン (Ti) 材料は航空・宇宙分野用材料として広く用いられている。特に、耐熱 Ti 合金はジェットエンジンのコンプレッサー用材料として利用されてきた。一方、近年ではエンジンの熱効率向上のためにコンプレッサー内の温度を 550°C以上のより高温とする傾向にあり、このような温度では既存の Ti 材料は耐熱性が不十分であるため、ニッケル(Ni)基超合金への代替が進んでいる。しかし、Ni 基超合金は比重が大きいため軽量化には適しておらず、エネルギー効率向上や温室効果ガス削減の観点からも依然として Ti 合金を利用する魅力は大きい。

4 族 (Ti 族) 金属は室温で hcp 構造を取り、高温で bcc 構造に相転移する。他元素の添加も 4 族金属ベース合金の構造に影響する。組織論的・強度論的性質はこの相転移によって劇的に変化し、一般に α 相 (hcp) の方が高温での耐熱性が高い。そのため学術界でも産業界でも数えきれないほど多くの α 合金ないし Near- α 合金が開発されてきた。しかしながら、既

存の conventional な手法は限界を迎えつつあるように思われ、既存手法の単なる延長ではない、抜本的に新しい戦略が必要になってきている。

高エントロピー合金 (High Entropy Alloy, 以下 HEA) という概念はこのような材料開発の有力な候補である。この手法は比較的新しく、HEAs の一部はユニークで優れた性質を示すことが知られている。HEA 研究はこれまで bcc 構造を主に対象としてきたが、それに対して hcp-HEAs に関する情報は限られている。これは合金化に際して六方晶を得るのが非常に難しいためである。関連する多くの研究はほとんどがごく最近に公開されており、近い将来競争は激化していくと考えられる。

2, 研究目的

このような研究において、4 族元素に添加する金属種の候補選定は言うまでもなく重要である。また、ハフニウム (Hf) は hcp 構造をとるが比重が高いため本研究では候補から除外した。そこで本研究では、Ti-Zr ベースの新しい HEA 開発に着目し、そのような新しい HEA の構造を解析し、機械的強度を測定し、さらなる HEA 開発のために材料としての性能を評価・フィードバックした。このようなサイクルが将来 HEA 研究分野に貢献し、耐熱材料開発における breakthrough につながると期待できる。

(この内容は受け入れ機関の将来における原著論文・特許に関連する情報公開や著作権の問題を避けるため、抽象化されています。以下同様です。)

3, 熱力学的考察

まず、状態図に基づいて熱力学考察を議論した。多くの過去文献、二元系状態図、三元系状態図、擬二元系状態図を集め、我々が対象としている新しい HEA の組成の候補をリストアップした。その後、パラメータ法を用いて HEA の安定性を評価した。しかし、この手法は現時点では多くの誤差や不確かさを含み、また材料の機械的性質自体は析出物によって改善される場合もあるため、実験的検証が必要であった。

加えて、Thermo-Calc という熱力学解析ソフトを用いた考察を行った。しかしながら、これらの計算は Ti を母相とする合金の情報に基づいており、また我々は希少金属も選定したために、いくつかの計算に必要なデータが過去に測定されておらず入手できなかった。そのため Thermo-Calc の計算の信頼性は比較的低く、しかも平衡論に基づいているものの、実際の材料は速度論とも密接な関係にあるため、パラメータ法や Thermo-Calc 解析による熱力学的考察では、本研究で取り扱う系において決定的な議論を行うことはできなかった。

4, 実験手法

Figure 1 に本研究における実験手法のフローチャートを示す。得られたサンプルを、走査型電子顕微鏡によって観察し、エネルギー分散型 X 線法および電子線後方散乱回折法によって解析した。

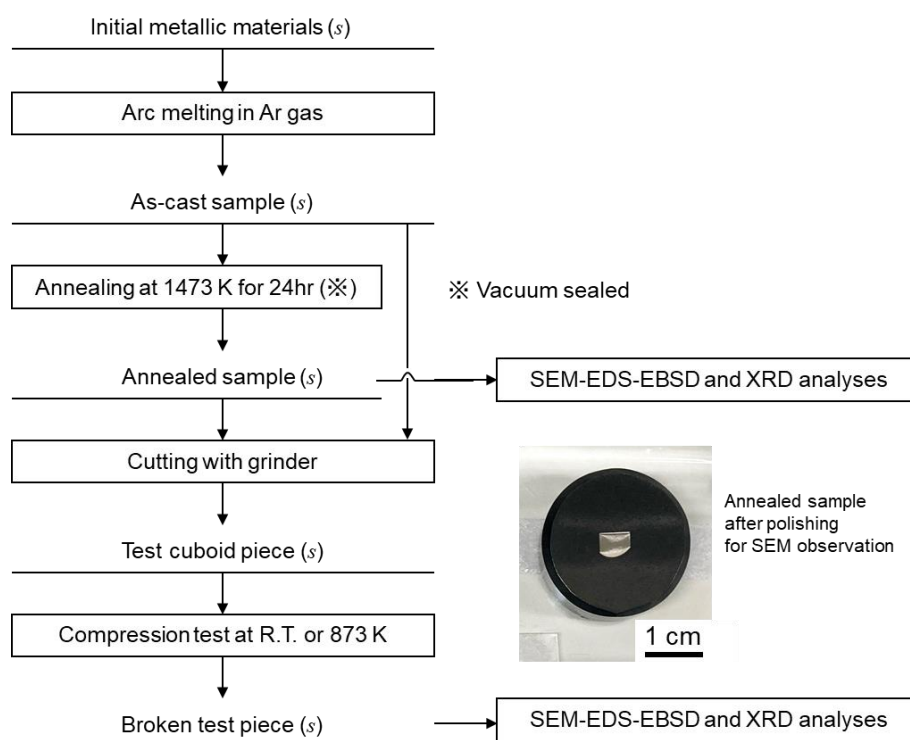


Figure 1 本研究における実験プロセスのフローチャート

5, 結果と考察

解析の結果、各合金における組成の同定を行うことができた。熱力学的考察と実験結果を比較した結果、実験プロセスの改善が必要であると同時に、組織構造が平衡論的考察と整合しない点があり、熱処理条件の変更などによる速度論的な検証が今後必要であると分かった。

これらの成果に加えて、今後さらにこの系における追加実験・解析を行うことで、強度と延性、耐熱性を兼ね備えた新材料開発につながると期待できる。

謝辞:

本研究は2021年9-10月の間、NIMS 松永哲也主幹研究員・御手洗容子チームリーダーのご指導の下行いました。お二人の温かいご指導・ご鞭撻に心よりお礼申し上げます。NIMS 技術職員・スタッフの皆様にも心よりお礼申し上げます。最後に、このインターンシップ活動をご支援いただきました東京大学岡部徹教授、大内隆成講師、MERIT 関係者の皆様にも心よりお礼申し上げます。