

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 チタンの革新的アップグレード・リサイクル技術の開発

東京大学・生産技術研究所・教授

おかべ とおる
岡部 徹

研究課題番号：19H05623 研究者番号：00280884

キーワード：チタン、リサイクル、脱酸、希土類元素、乾式プロセス

【研究の背景・目的】

チタン (Ti) は、資源としては無尽蔵の埋蔵量を有し、金属材料の中では抜群の比強度、耐食性を有する夢の未来材料である。しかし、低コストで鉱石から直接金属 Ti を製造する技術が存在しない。さらに、Ti は高温で活性であるため加工が難しく、製品製造に際しては切削等によって多量のスクラップが発生している (図 1)。これらの理由から Ti 製品は製造コストが高く、広く一般には普及していない。

Ti 製品の製造過程で発生する Ti スクラップは、バージン材 (スポンジ Ti) に比べて酸素を多く含有するが、価格は 10 分の 1 から 2 分の 1 程度である。本研究では、Ti スクラップ中の酸素を直接除去する新技術を開発し、安価な Ti スクラップを用いて高純度のインゴットに再生する“アップグレード・リサイクル”を可能にする革新的なリサイクルスキームの構築を目指す。これにより、低コストの Ti 製品の製造を実現する。

一次チタン原料 (スポンジチタン) (~500 ppmO)

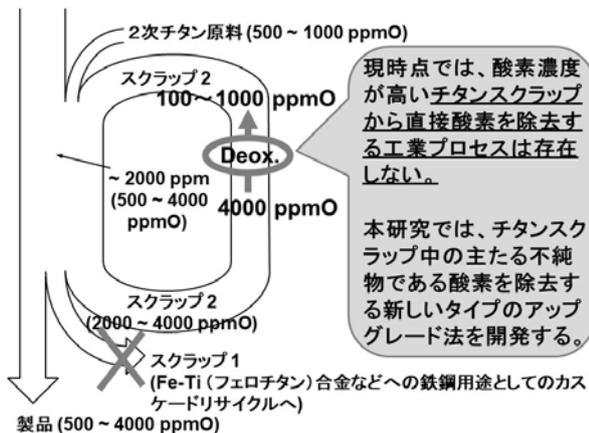


図 1 チタンスクラップのマテリアルフローとスクラップ中の不純物酸素濃度の関係。

【研究の方法】

マグネシウム (Mg) を脱酸剤として塩化マグネシウム (MgCl₂) 中で Ti を脱酸することができれば、現行の Ti 製造プロセス (クロール法) に利用されている Mg や MgCl₂ の真空除去法や、Mg の電解再生プロセスを利用できる。しかしながら、Ti は高い酸素親和性を有し、また Mg は脱酸能力が低いため、Mg 脱酸を利用し MgO を生成する反応 ($O_{in Ti} + Mg \rightarrow MgO$) によって Ti 中の固溶酸素を除去することは不可能であると考えられてきた。最近、我々は、各種熱力学的な考察により、例えば、マグネシウムハラ

イド (MgX_2 , X: F, Cl) 内に希土類ハライド (REX_3) が存在すると、希土類オキシハライド (REOX) 生成を伴って脱酸反応が進行し ($O_{in Ti} + Mg + REX_3 \rightarrow REOX + MgX_2$)、MgO の反応系内における見かけの活量が低下し、原理的には、チタン中の酸素濃度を 100 ppm O 以下まで低減可能であることを見出した (関連の深い論文参照)。

しかしながら、希土類化合物の熱力学データには誤差要因が多く、信頼性の高いデータが存在しないのが現状である。したがって、本研究では、実験的な実証を通じて、熱力学データの誤差評価を行うとともに、希土類オキシハライド生成が脱酸反応に与える影響について詳細に検証する。さらに、反応生成物であるオキシハライドの再生・循環利用技術を確立することで、希土類元素の消費のないプロセス開発に取り組む。また、鉄などの他の不純物濃度の低減技術の開発にも取り組む。

【期待される成果と意義】

安価な Ti スクラップを、低コストで脱酸しアップグレードするプロセスが開発できれば、莫大なエネルギーを投入して鉱石から金属を製造する従来法 (クロール法) によって製造される高価なスポンジ Ti との競争が生じ、Ti スクラップのマテリアルフローが大きく変わると期待される。また、海外から安価な Ti スクラップを輸入して、アップグレード後、高付加価値製品として輸出することが可能となれば、世界の金属チタン製造業界のパラダイムシフトに繋がると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- T. H. Okabe, C. Zheng, and Y. Taninouchi: 'Thermodynamic Considerations of Direct Oxygen Removal from Titanium by Utilizing the Deoxidation Capability of Rare-Earth Metals', Metall. Mater. Trans. B, vol. 49, no. 3, (2018) pp.1056-1066. (DOI: 10.1007/s11663-018-1172-4)
- T. H. Okabe, Y. Taninouchi, and C. Zheng: 'Thermodynamic Analysis of Deoxidation of Titanium Through the Formation of Rare-Earth Oxyfluorides', Metall. Mater. Trans. B, vol. 49, no. 6, (2018) pp. 3107-3117. (DOI: 10.1007/s11663-018-1386-5)

【研究期間と研究経費】

令和元年度～令和 5 年度
155,300 千円

【ホームページ等】

<https://www.okabe.iis.u-tokyo.ac.jp/>
okabe@iis.u-tokyo.ac.jp