

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006 年～2009 年

課題番号：18360365

研究課題名（和文） サブハライドを原料として利用するチタンの高速製造法

研究課題名（英文） High speed production process of titanium by utilizing subhalide feed

研究代表者 岡部 徹(OKABE TORU)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：00280884

研究分野：

科研費の分科・細目：

キーワード：チタン, サブハライド, 還元プロセス

1. 研究計画の概要

資源が豊富であるにも関わらず、チタンは他の量産金属に比して生産量が少なく普及が遅れている。その原因は、現在の工業的なチタン製造法には四塩化チタン(TiCl_4)のマグネシウム(Mg)熱還元法(クロール法)が採用されているが、還元プロセスにおける反応熱が大きく、また生成した固体チタンが鋼鉄製反応容器内部に固着するために、プロセスの高速化・連続化ができず生産性が非常に低いためである。したがって、チタンの量産化を図るためには、高速化と連続化を達成する新しいタイプの還元プロセスの開発が必要不可欠である。

本研究ではサブハライド(チタンの低級塩化物)を原料として用い、チタンを高速かつ低コストで(半)連続的に製造する独創的な新還元プロセスを確立することを目的とする。特に、チタン製容器を用いてサブハライドを還元する手法と、クロール法と同程度の純度のチタンを製造する手法の確立を行う。

2. 研究の進捗状況

前年度までに(1)電気炉や高周波加熱炉などの装置の設置、(2)マグネシウムを用いたサブハライド還元によるチタン生成反応の実証、(3)サブハライドの高速製造法および濃縮法、(4)生成チタンと反応副生成物との分離プロセス、(5)チタン製容器を用いた高純度チタンの製造法、(6)還元反応におけるチタン生成速度の評価、といった基礎的研究を通して、本研究で提案しているサブハライド還元法によるチタン製造プロセスの要素技術は確

立されつつある。

具体的な進捗状況としては、チタン製容器を用いてマグネシウムによる二塩化チタンのサブハライド還元を行い、還元反応の反応解析を行うことで、プロセスの有効性の評価を行った。反応条件と生成チタン純度の関係に関しては、 TiCl_2 を原料にしたサブハライド還元法では $\text{TiCl}_2 / \text{Ti}$ が平衡して存在するために、鉄鋼製容器に替わってチタン製容器を利用することができたので、不純物濃度が(特に鉄濃度)が低い高純度チタンを製造することができた。また、チタンの生成速度の評価では、クロール法とのチタン生成速度の比較を行った結果、本手法における単位面積あたりのチタン生成速度がクロール法と比べて極めて高く、本プロセスが高速還元プロセスとして適していることを実証した。

3. 現在までの達成度

区分

おおむね順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策

2. 研究の進捗状況で述べた要素技術を踏まえ、本年度は、低級塩化物の製造反応と低級チタン塩化物から金属チタンの還元反応を、それぞれ今までとは異なる条件下で行うことで、プロセスの最適化を図る。

まず、(1)低級塩化物の製造反応における溶解塩の種類の影響、を調べる。前年度までの研究では、低級塩化物の製造においては、生成した低級塩化物を反応界面から除去して反応の効率化を促進させるための反応媒体

として溶融 MgCl₂ を用いてきた。一方で、NaCl は TiCl₂ に対して広い濃度範囲にわたって均一な液相を形成し、比較的低い共有点を有するだけでなく、低温においては複合塩化物を形成するため、NaCl と TiCl₂ との親和性が高いことが予想される。そこで、今年度においては、NaCl と TiCl₂ との親和性の高さを利用し、溶融 MgCl₂-NaCl を用いることで、低級塩化物の製造反応の効率化を図る。

また、(2) TiCl₃ からの金属チタンの製造反応の研究を行う。前年度までの研究においては、低級塩化物として TiCl₂ を用いていたが、本年度においては TiCl₃ を用いたサブハライド還元を実施する。還元反応の原料に TiCl₂ を用いた場合と、TiCl₃ を用いた場合との結果を比較することにより、サブハライド還元法における原料種の有効性を比較する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

1. 'Fundamental Study on Synthesis and Enrichment of Titanium Subchloride',
O. Takeda and T. H. Okabe:
Journal of Alloys and Compounds,
vol.457 (2008) pp.376-383. (査読有)

2. 'チタンの製錬法の歴史と将来',
大井 泰史、岡部 徹:
金属, vol.78, no.2 (2008) pp.114-120.
(査読無)

3. 'チタンの低級塩化物の不均化反応を利用するチタン製造法に関する基礎的研究',
大井 泰史、岡部 徹:
チタン, vol.56, no.4 (2008) pp.268-275.
(査読無)

[学会発表](計 4 件)

1. 'Titanium Production Process Utilizing Disproportionation of Titanium Dichloride in Magnesium Chloride Molten Salt',
Taiji Oi and Toru H. Okabe:
COSM-UT2 2008 Graduate Student Workshop, [Tokyo, Japan] (2008.6.10-11).

2. 'Recent topics on titanium production processes' [Invited Lecture],
Toru H. Okabe:
NIMS WEEK 2008, Materials Science for Highly Efficient Use of Energy and Resources, [Tsukuba, Japan]

(2008.7.14-18).

3. 'Recent Topics on Titanium and Silicon Production Technologies' [Invited Lecture],
Toru H. Okabe, Koji Yasuda, and Taiji Oi:
2008 Joint Symposium on Molten Salts, [Nichi-i Gakkan Kobe Port-Island Center, Kobe] (2008.10.19-23).

4. 'Titanium Production/Coating Process by Disproportionation of Titanium Chloride in Molten Magnesium Chloride',
Taiji Oi and Toru H. Okabe:
The 138th TMS Annual Meeting, [San Francisco, U.S.A.] (2009.2.15-19).