

Prozessstufenminimierte Herstellung von Titan und Titanlegierungen

Einleitung

Im Januar 2011 wurde die DFG-Forschergruppe „Prozessstufenminimierte Herstellung von Titan und Titanlegierungen“ ins Leben gerufen. In ihr arbeiten insgesamt sechs Arbeitskreise an der TU Clausthal, der RWTH Aachen und der Bergakademie TU Freiberg zusammen an der Entwicklung eines neuen und innovativen Herstellungsverfahrens für Titanwerkstoffe. Am Institut für Anorganische und Analytische Chemie beschäftigen wir uns mit der Carboiodierung von Titandioxid und der Hydrierung von Titan-tetraiodid. Ziel ist es dabei, ein alternatives Verfahren mit wenigen einfachen und leicht zu skalierenden Reaktionsschritten zu entwickeln, das den herkömmlichen Herstellungsprozess entscheidend verkürzt.

Titan

Titan ist das zehnthäufigste Element in der Erdkruste und erscheint gebunden in Form von Oxiden wie Rutil, Anatas, Ilmenit oder Perowskit. Vorkommen finden sich weltweit und können zum Teil sogar im Tagebau gefördert werden. In Reinform ist Titan ein silberweißes Metall, das mit einer Dichte von $4,5 \text{ g/cm}^3$ genau zwischen Leichtmetallen wie Aluminium und Schwermetallen wie Eisen liegt. Als Werkstoff weist es vorteilhafte Eigenschaften wie gute Verarbeitbarkeit, hohe Stabilität, geringe Dichte und hohe Korrosionsbeständigkeit auf. Einer Verwendung von Titan für den Massenmarkt, zum Beispiel im Automobilbau, stehen aber hohe Herstellungskosten von über 10000 \$ pro Tonne entgegen. Unsere Idee für ein neues, kürzeres und weniger energieaufwändiges Verfahren könnte zu einer wesentlich günstigeren Herstellung von Titanmetall führen.



Abb. 1 Titanstab^[1], SR-71 mit Titanrumpf^[2], Titan-Rotor^[3], Kyushu National Museum mit Titandach^[4]

heutiges Herstellungsverfahren

Basierend auf den Forschungsarbeiten von FARUP und JEBSEN^[1], KROLL^[2] und HUNTER^[3], VAN ARKEL^[4] und DE BOER wird Titanmetall seit mehr als 60 Jahren in einem weltweit etablierten Gesamtprozess hergestellt. Dabei werden titanhaltige Rohstoffe wie Ilmenit oder titandioxidhaltige Erze im Sulfatverfahren gereinigt und aufkonzentriert. Das Produkt, eine Schlacke mit einem Titandioxid-Gehalt von weit über 80 %, wird anschließend mit Kohlenstoff und Chlor zu Titan-tetrachlorid umgesetzt (Carbochlorierung). Will man nun Roh-titan erhalten, muss man Titan-tetrachlorid mit Magnesium (KROLL-Prozess) reduzieren. Der so erhaltene Titanschwamm hat eine Reinheit von 97 % und kann im Aufwachsverfahren nach VAN ARKEL und DE BOER weiter gereinigt werden. In einer Transportreaktion wird Titanschwamm zu Titan-tetraiodid umgesetzt und anschließend bei 1600 °C thermisch zu reinem Titanmetall zersetzt. Genügt auch dieser Reinheitsgrad noch nicht, kann durch Elektromigration eine Reinheit über 99,99% erreicht werden.

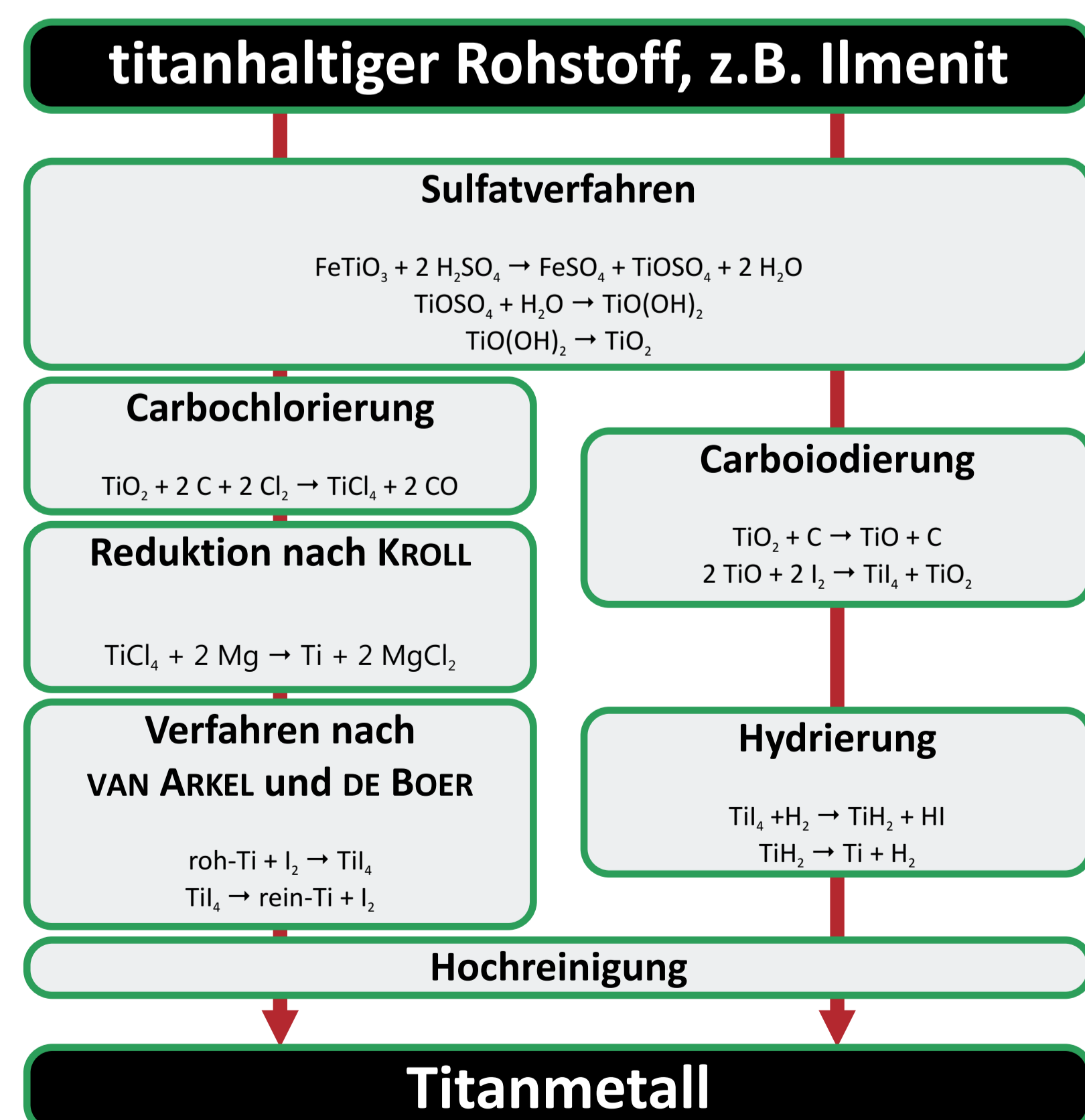


Abb. 2 Gegenüberstellung des herkömmlichen und angedachten Herstellungsprozesses

Dipl.-Chem. Philipp Schlender
 Dipl.-Chem. Henrike Rempel
 Professor Dr. Arnold Adam

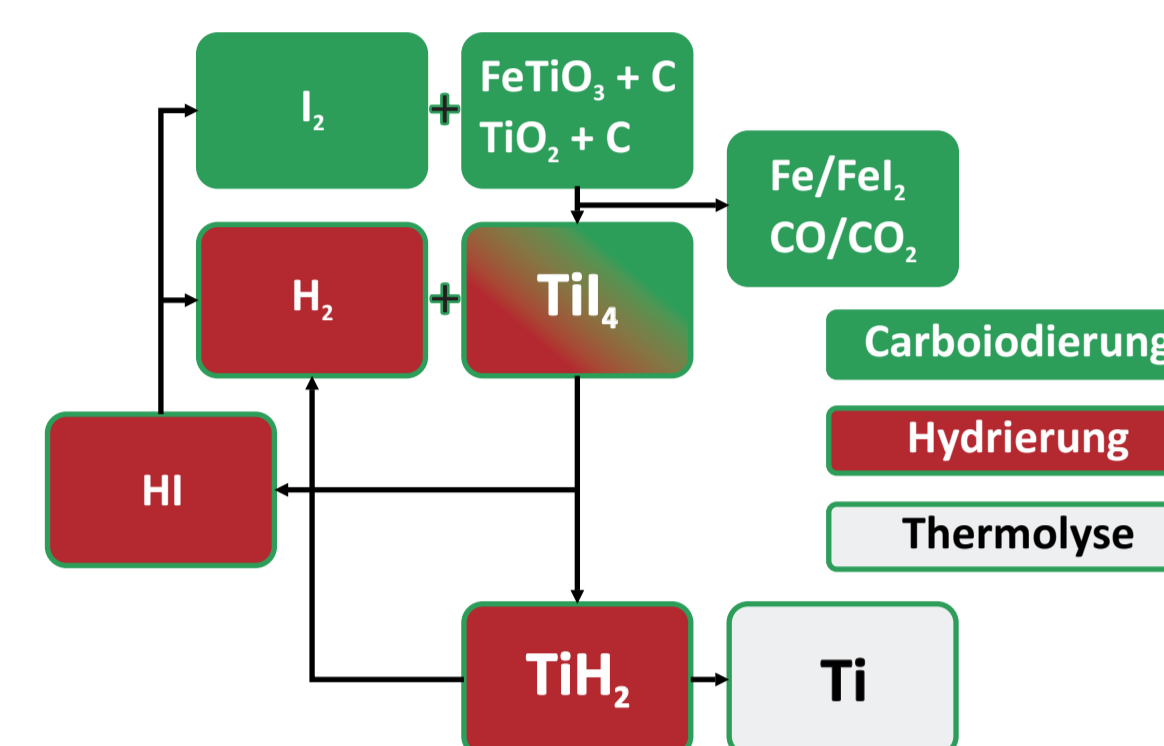


Abb. 3 Schema des angedachten Carboiodierungs-Hydrierungs-Prozesses

Carboiodierung

Eine Reaktion vergleichbar mit der Carbochlorierung oder Carbochlorierung von Titandioxid sollte chemisch möglich sein, ist aber in der wissenschaftlichen Literatur nicht bekannt. Thermodynamische Berechnungen zeigen, dass die Carboiodierung bei entsprechenden Temperaturen zu hohen Ausbeuten an Titan-tetraiodid führen könnte. Gelingt eine solche Reaktion könnte man sie im Herstellungsprozess anstelle der Carbochlorierung anwenden und die Reaktionsschritte Reduktion und Iodierung einsparen. Bisher gelang die Carboiodierung als 1-Schritt-Reaktion im Sinne einer Carbochlorierung nicht. In dem Titandioxid erst mit Kohlenstoff bei hohen Temperaturen zu Titan(II)oxid reduziert und anschließend iodiert wurde, konnte dennoch gezeigt werden, dass man Titan-tetraiodid in guten Ausbeuten erhält. In einem geeigneten Reaktionsaufbau lässt sich die Reaktion auch als 1-Schritt-Reaktion durchführen.

Reduktion und Hydrierung

Die Hydrierung von Titan-tetraiodid soll die Aufarbeitung nach VAN ARKEL und DE BOER im herkömmlichen Verfahren ersetzen. Als Endprodukt der Reaktion entsteht nicht kompaktes Titanmetall, sondern Titanhydrid. Letzteres lässt sich thermisch in ein hochreines Titanpulver zersetzen, das sich dann anschließend leicht in die gewünschten Titanwerkstoffe und Titanlegierungen verarbeiten lässt. In Experimenten konnte gezeigt werden, dass sich Titan-tetraiodid mit einem Metallhydrid reduzieren lässt. Es entstand ein vielversprechendes Zwischenprodukt, das sich bei entsprechenden Bedingungen leicht zum gewünschten Produkt Titanhydrid umsetzen lässt.

Zusammenfassung und Danksagung

Die bisher durchgeführten Experimente zur Carboiodierung und Hydrierung zeigen, dass der angedachte Prozess durchführbar ist. Die Thermodynamische Simulation des System Ti-O-C-I-Ar unterstützten diese Annahme. Es konnte gezeigt werden, dass mit Kohlenstoff reduzierte Titandioxide mit elementarem Iod zu Titan-tetraiodid reagieren. Die anschließende Reduktion mit Wasserstoff führte zu einem vielversprechenden Zwischenprodukt.

Unser Dank gilt der DFG für die Einrichtung der Forschergruppe und die finanzielle Unterstützung. Dr. Milan Hampl, der im Teilprojekt „Thermochemische Modellierung“ in der Forschergruppe mitarbeitet, gilt unser Dank für die Berechnungen der Phasenzusammensetzung unserer Modellsysteme.

Literatur

- [1] P. Farup, US1773727, 1930.
- [2] W. Kroll, Trans. Electrochem. Soc. 1940, 78, 35.
- [3] M. A. Hunter, Journal of the American Chemical Society 1910, 32, 330.
- [4] A. E. van Arkel, J. H. de Boer, Z. anorg. allg. Chem 1925, 148, 345–350.

Bildnachweis

- (1) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/db/Titan-crystal_bar.JPG
- (2) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Sr71_1.jpg
- (3) DLR
- (4) http://www.luigans.com/en/img/location/national_01.jpg

Technische Universität Clausthal
 Institut für Anorganische und Analytische Chemie
 Paul-Ernst-Straße 4 • 38678 Clausthal-Zellerfeld
 05323 72-2484 • www.iaac.tu-clausthal.de