

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/320283188>

Process Innovations for Sustainable Production of Economically Strategical Materials

Article · April 2016

CITATIONS

0

READS

15

6 authors, including:



Bernd Friedrich

RWTH Aachen University

513 PUBLICATIONS 1,309 CITATIONS

SEE PROFILE



Srećko Stopić

RWTH Aachen University

115 PUBLICATIONS 555 CITATIONS

SEE PROFILE



Ksenija Milicevic

RWTH Aachen University

10 PUBLICATIONS 3 CITATIONS

SEE PROFILE



Janik Brenk

RWTH Aachen University

5 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Emissionsarme Synthese von Titanlegierungen, Low-emission synthesis of titanium alloys [View project](#)



Rare Earth Metals - Green extraction and separation [View project](#)

All content following this page was uploaded by [Ksenija Milicevic](#) on 09 October 2017.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

Prozessinnovationen zur nachhaltigen Herstellung wirtschaftsstrategischer Werkstoffe

Das „Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling“ (IME) der RWTH Aachen ist spezialisiert auf die Entwicklung effizienter und umweltverträglicher Prozesse zur Gewinnung, Reinigung und Konfektionierung metallischer Werkstoffe mit besonderem Schwerpunkt im Bereich des Recyclings. Dabei sind wir aufgrund unseres großen Ofen- und Maschinenrepertoires in der Lage, auf die verschiedensten metallurgischen Methoden bzw. Verfahren zurückzugreifen, die eine industrienahe und anwendungsorientierte Forschung ermöglichen. Die hierzu erforderlichen Arbeitsgruppen fokussieren hierzu auf die thermochemische Prozessmodellierung, die Elektro- und Vakuummetallurgie, chemische Verfahrenstechnik und angewandte Elektrochemie, sowie diverse Kristallisationsverfahren. Dieses Verständnis nutzend wird derzeit ein neuer Schwerpunkt zur Synthese von Nanopulvern aufgebaut.

Recycling von TiAl-Legierungen aus dem Luftfahrtsektor

Im Laufe der letzten zehn Jahre wurde am IME ein Verfahren zum Recycling von Produktionsschrotten aus der Herstellung von Titanaluminid-Turbinenschaufeln entwickelt. Die große Herausforderung besteht hierbei in der hohen Sauerstoffaffinität des Titans.

Zunächst werden die Produktionsschrotte im Vakuuminduktionsofen (Abb. 1) konsolidierend eingeschmolzen und einer Vordesoxidation unterzogen. Hierzu wird der Legierung Calcium zugegeben, welches mit dem in der Legierung enthaltenen Sauerstoff zu Kalk (CaO) reagiert. Um Restgehalte und vorhandene keramische Mikropartikel zu entfernen, wird das in Stangenform abgegossene Material anschließend mittels Druckelektroschlacke-Umschmelzen raffiniert. Der hohe Prozessdruck von etwa 20 bar hemmt hierbei die Verdampfung von erneut zugegebenem Calcium, sodass der Sauerstoffzielgehalt von 200-600 ppm sicher eingestellt werden kann.

Als finaler Raffinationsschritt erfolgt ein weiterer Umschmelzvorgang im Vakuumlichtbogenofen. Hauptzweck ist hierbei die Entfernung von nicht reagiertem Calcium. Begünstigt wird diese Raffination durch einen sehr niedrigen Prozessdruck (10^{-3} - 10^{-2} mbar) kombiniert mit Temperaturen von 2000 bis 3000 °C sowie einer, ebenfalls bedingt durch das tropfenweise Umschmelzen, sehr hohen Reaktionsoberfläche. Die entwickelte Prozesskette kann so Produktionsschrotte energieeffi-

zient zu neuem Einsatzmaterial umwandeln, welches sämtliche von Turbinenherstellern geforderte Spezifikationen hinsichtlich TiAl einhält.



Abb. 1: Arbeiten am VSG 100 Vakuuminduktionsofen des IME

Herstellung von Nanopartikeln

Nanoskalierte Pulver von Metallen, Oxiden und Verbundmaterialien werden am IME, mittels Ultraschallsprühpyrolyse synthetisiert. Hierbei handelt es sich um einen innovativen einstufigen Prozess, bei dem ein gelöstes Metallsalz mittels Ultraschall in ein Aerosol überführt wird. Die entstandenen μm -Tropfen werden mittels Trägergas einem indirekt beheizten Rohrreaktor zugeführt. Nach der Verdampfung der flüchtigen Komponenten werden die Partikel durch Pyrolyse thermochemisch gespalten und versintern je nach Schutzgas- oder Reaktionsgasatmosphäre zu Partikeln im kontrollierbaren Bereich von 20–800 nm. Mittlerweile gelang das Upscaling vom Labor- zum Demomaßstab. Abb. 2 zeigt exemplarisch Goldpartikel im Nanometermaßstab für den Einsatz in der Medizintechnik.

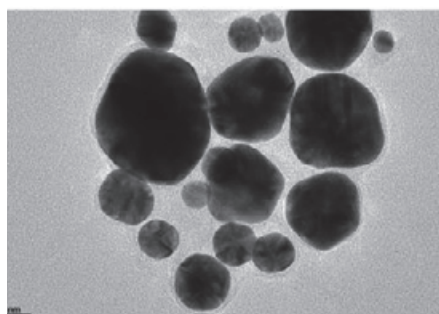


Abb. 2: TEM-Aufnahme von Nano-Gold-Synthese mittels US-Sprühpyrolyse

Am IME stehen verschiedene Anlagen (Abb. 3) für die Synthese von Nanopulver,

die größte Herausforderung ist hierbei in der Abscheidung nicht agglomerierter und stabiler Pulver zu sehen. Eine wesentliche Entwicklung stellt hierzu die elektrostatische Partikel-Abscheidung der Nanopartikel aus dem Gasstrom dar. Zur kontinuierlichen Erfassung der Größenverteilung der Nanopartikel am Reaktorausgang wird ein „Differential Mobility Analyser“ genutzt, der online Partikelgrößenverteilungen im Bereich zwischen 10 und 1000 nm erfasst. Neben einer Vielzahl an Metallsystemen ist die Synthese nanoskaliger Metalloxide, wie Titan-, Aluminium- und Zirkonoxid Ziel der Forschung in Aachen. In Bulk- oder Schichtmaterialien können deren Eigenschaften wie Verschleißbeständigkeit, Härte oder Bruchfestigkeit deutlich verbessert werden. Im Bereich der elektrischen Kontakte kann so die Lebensdauer erhöht werden. Hier zeigt sich die hohe Flexibilität des Verfahrens, denn durch Wahl der Ausgangslösungen wie auch der Ofenatmosphäre lassen sich bei den Metalloxiden sämtliche Oxidationsstufen einstellen.



Abb. 3: Nano-Anlage im Technikumsmaßstab

Die extrem große Oberfläche nanoskalierter Partikel qualifiziert diese Werkstoffgruppe besonders für katalytische Anwendungen. Verschiedene Projekte haben hierzu das System $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ untersucht, welches für die Katalyse der Oxidation von Salzsäure weltweit genutzt wird. Ausgehend hiervon entwickelt sich derzeit ein Schwerpunkt im Bereich Core-Shell-Strukturen durch Steuerung der Kristallisationsvorgänge über die jeweiligen Metallkonzentrationen im Precursor. So gelingt es auf einer sub- μm -Keramikugel oberflächlich metallische Nanozentren beispielsweise aus Au, Ag oder Ru zu erzeugen.

Seltene Erden

Die Elementgruppe der Metalle der Seltenen Erden (SEE) gehört aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften zu den begehrtesten Rohstoffgruppen weltweit. In vielen Technologiebereichen wie z.B. im Automobilsektor oder auch dem der erneuerbaren Energien besitzen die Metalle der Seltenen Erden herausragende Funktionen. So werden die Metalle der Seltenen Erden auch unter den Bezeichnungen „Hightech-Metalle“ oder „Strategische Metalle“ subsummiert. Aufgrund der extremen Importabhängigkeit Europas vor allem vom Monopolisten China, hat es sich die Europäische Union zum Ziel gesetzt, Versorgungssicherheit durch eigenständige Gewinnung und Herstellung dieser Rohstoffe aus europäischen Lagerstätten zu gewährleisten. Das EURARE-Projekt wurde 2013 ins Leben gerufen und setzt sich zum Ziel, das Potential europäischer Lagerstätten auszunutzen und die Basis für eine nachhaltige SEE-Industrie in Europa zu schaffen.

Aufgrund der ausgeprägten physikalischen und chemischen Ähnlichkeit der Metalle der Seltenen Erden gestaltet sich deren Gewinnung als äußerst komplex. Die Laugung von Erzen und Konzentraten stellt dabei im Rahmen der hydrometallurgischen Aufbereitung einen zentralen Prozessschritt dar und bestimmt die Qualität des Endproduktes bereits im frühen Stadium der Gewinnung maßgeblich. Am IME ist dazu eine vollkontinuierliche Demoanlage (Abb. 4) zur kontinuierlichen Laugung von vornehmlich europäischen Erzen und Konzentraten errichtet worden. Der Prozess sieht zunächst das Ansetzen einer Salzsäure-Suspension unter Vermeidung der Kieselgelbildung vor. Die eigentliche Laugung erfolgt in einer Rührkesselkaskade unter Zugabe von Kalk und Oxalsäure bei zur Abtrennung der Begleitelemente (Zr, Al, Mn). Anschließend findet die Separation von Feststoff und Lösung in einer Filterpresse statt. Nach der Solventextraktion und der thermischen Spaltung des SE-Oxalats werden schließlich die Oxide der Seltenen Erden hergestellt.

Die erhaltenen Oxide werden durch Schmelzflusselektrolyse in die metallische Form überführt. Im Fokus stehen speziell die Reduktion von Neodym und Dysprosium, die Emissionsminimierung der Treibhausgase sowie die Steigerung der Ressourceneffizienz (Energie und SE-Oxid). Eine Darstellung der Anlage ist in Abbildung 5 gegeben. Während des Prozesses kann eine in-situ FTIR-Gasanalyse durchgeführt, welche unerwünschte Treibhausgase detektieren kann. Ein Controller reagiert auf das Signal des Gasanalysators und zuvor definierten kritischen Strom- bzw. Potentialwerten und



Abb. 4: Vollkontinuierliche Laugung der Seltenen Erden am IME

steuert damit das automatisierte Feeder-System, wodurch die Treibhausgasentwicklung sicher unterbunden wird. Nach über 30 Jahren ist es so wieder möglich, den gesamten Prozess einer Neodym-Gewinnung in Deutschland abzubilden.

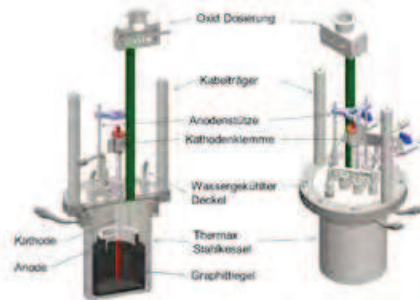


Abbildung 5: Durschnitt der Schmelzflusselektrolysezelle ca. 2 kg Volumen

Das SCALE Projekt (HORIZON 2020) synthetisiert Aluminium-Scandium-Legierungen dagegen calciothermisch ausgehend von reinen Salzen, die aus Reststoffen diverser Erzverarbeitungen entzogen wurden. Da die Einsatzgebiete von Scandium einzigartig sind (Bestandteile für Festoxidbrennstoffzellen, Legierungen für Luft- und Raumfahrtindustrie, 3D-Druck), ist die Gewährleistung einer garantierten Lieferkette von existenzieller Bedeutung für den High-Tech Standort Deutschland. Aufgrund der zentralen Ausrichtung des Instituts beschäftigen sich mehrere Forscher auch mit dem Recycling von SEE. So ist beispielsweise die Rückgewinnung von Yttrium Gegenstand des gegenwärtigen BMWi Projektes „LUFO“. Als Ausgangsstoff dienen Formschalen des Ti-Al-Feingusses, die sich im Vergleich zur Aufbereitung primärer Rohstoffe deutlich umweltfreundlicher darstellen.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. B. Friedrich,
Dr.-Ing. S. Stopic,
J. Brenk, G. Alkan,
K. Milicevic,
D. Michaelis
www.metallurgie.rwth-aachen.de

Kompendium 21 – jetzt bestellen!



Unser Kompendium besteht aus **2 Katalogen** mit dem Besten, das Wollschläger je zu bieten hatte.

Freuen Sie sich auf das umfangreichste Artikelspektrum der Branche mit:

- einfacher Navigation durch strukturierte Unterkapitel und umfangreiches Inhaltsverzeichnis
- 55.000 Artikeln von 420 Lieferanten
- integrierten HOMMEL CNC-Werkzeugmaschinen
- WIDIA mit separatem Kapitel
- besseren Abbildungen und Beschreibungen
- ausführlich beschriebenen Serviceleistungen
- neuer Preisgestaltung und über 10.000 Preissenkungen



Jetzt auch im neuen Onlineshop!