

## MAGNETWERKSTOFFE

### KONTAKT

Dipl.-Ing. Jürgen Gassmann  
Abteilungsleitung Magnetwerkstoffe  
Telefon +49 6023 32039-814  
[juergen.gassmann@isc.fraunhofer.de](mailto:juergen.gassmann@isc.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und  
Ressourcenstrategie IWKS  
Rodenbacher Chaussee 4  
63457 Hanau

[www.iwks.fraunhofer.de](http://www.iwks.fraunhofer.de)





# MAGNETWERKSTOFFE

Magnetwerkstoffe sind essentiell für viele industrielle Anwendungen. Im Zuge der angestrebten Erhöhung von Energie- und Ressourceneffizienz wachsen die Anforderungen an magnetische Materialien hinsichtlich ihrer magnetischen Eigenschaften und insbesondere ihrer Energiedichte. Für hochtechnologische Anwendungen (Smartphones, Computer, etc.) und für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energien (Windkraftanlagen) sowie der Elektromobilität (Elektromotoren) sind Nd-Fe-B-Magnete wegen ihrer exzellenten magnetischen Eigenschaften nicht wegzudenken. Aufgrund ihrer sehr hohen Energiedichte sind sie zurzeit auch nicht durch alternative Magnetwerkstoffe ersetzbar. Die in Nd-Fe-B-Magneten enthaltenen Seltenen Erden sind dadurch von strategisch wichtiger Bedeutung.

Zur Sicherung einer nachhaltigen Versorgung der Industrie mit Magnetwerkstoffen und den dafür erforderlichen Rohstoffen widmen wir uns folgenden thematischen Schwerpunkten:

- Recyclingtechnologien für End of Life-Magnete sowie für Produktionsabfälle
- Substitution kritischer Elemente (insbesondere der Seltenen Erden)
- Ressourcenstrategien im Bereich Magnetwerkstoffe

## Recycling und Wertstoffkreisläufe

Aufgrund der Vielfältigkeit der sich im Umlauf befindlichen Magnetwerkstoffe auf Nd-Fe-B-Basis ist eine direkte Wiederverwendung (sog. Re-Use) von Magneten für die meisten Anwendungen unwirtschaftlich. Eine chemische Extraktion der Seltenen Erden ist energetisch aufwändig, erlaubt allerdings eine direkte Rückführung dieser in einen bereits existierenden Markt.

Die für Nd-Fe-B-Magnete verwendeten Seltenen Erden werden hauptsächlich für diese Anwendung benötigt und liegen in Magneten bereits in der richtigen Konzentration und Zusammensetzung vor. Ein weniger energetisch aufwändiges werkstoffliches Recycling bietet die Möglichkeit den Werkstoff als solchen einer Wiederverwendung zuzuführen. Hierbei bleibt die magnetische Legierung erhalten und kann nach einer Wiederaufbereitungsbehandlung zu recycelten Magneten verarbeitet werden.

Unsere Entwicklungsschwerpunkte liegen in folgenden Bereichen:

- Entwicklung von Recyclingkonzepten für Magnetwerkstoffe aus Altgeräten und Produktionsresten
- Weiterentwicklung werkstofflicher Recyclingverfahren basierend auf schmelz- und pulvermetallurgischen Verfahren
- Entwicklung biochemischer Verfahren zur Rückgewinnung von Wertstoffen (insbesondere Seltener Erden) aus Magnetwerkstoffen

## Ressourcenstrategie

Im Bereich Ressourcenstrategie bieten wir Beratung und Studien für Industrie und Politik über folgende Themen an:

- Erfassen und Bewerten des komplexen Stoffkreislaufs von Magnetwerkstoffen
- Kritikalität von Magnetwerkstoffen und den für ihre Herstellung benötigten Rohstoffen
- Life Cycle Assessment
- Schließen des Stoffkreislaufs durch Etablierung eines Netzwerkes aus Sekundärrohstofflieferanten, Herstellern und Anwendern recycelter Magnete

## Substitution

Um die Abhängigkeit von den als kritisch eingestuften Seltenen Erden zu verringern forschen wir an Möglichkeiten der Substitution dieser Elemente sowie der Substitution auf Material- und Systemebene. Bei der elementaren Substitution wird die Verwendung von anderen weniger kritischen Seltenen Erden für die Anwendung in Magnetwerkstoffen untersucht. Diese weniger kritischen Elemente fallen in großen Mengen als Nebenprodukt beim Abbau Seltener Erden an. Eine Verwendung in Magneten würde so für einen Ausgleich im Bedarf der Seltenen Erden sorgen („Rare Earth Balance“). Unsere Forschungsthemen auf diesem Gebiet sind:

- Synthese von Permanentmagneten auf Basis weniger kritischer Seltener Erden sowie Magnetwerkstoffen ohne Seltene Erden im Pilotmaßstab
- Entwicklung und Herstellung von Ausgangslegierungen durch Schmelzen im Vakuuminduktionsofen oder Lichtbogenofen, sowie Rascherstarren von Schmelzen mittels Strip-Cast- und Melt-Spinning-Verfahren
- Pulvermetallurgische Verfahren zur Herstellung von Sintermagneten, heißumgeformten Magneten und anisotropen kunststoffgebundenen Magneten
- Wasserstoffgestützte Verfahren (HD und HDDR)
- Unterstützung bei der Skalierung für die industrielle Produktion

## Analytik

Wir bieten eine umfassende Analytik von Magnetwerkstoffen, die neben der Untersuchung der magnetischen Eigenschaften und Domänenstrukturen auch die Analyse der chemischen Zusammensetzung, der thermischen Eigenschaften sowie der Nano- und Mikrostruktur abdeckt. Für die Analyse der chemischen Zusammensetzung stehen unterschiedliche Methoden zur Verfügung, die auch den Nachweis von Spurenelementen ermöglichen. Mittels einer thermooptischen Anlage kann das Sinterverhalten (Schwindung und Verformung) in situ beobachtet und aufgezeichnet werden.

- Strukturelle und mikrostrukturelle Charakterisierung (3D-Atomsonde, TEM, REM, EBSD, EDX, WDX, XRD, Kerr-Mikroskopie)
- Umfassende magnetische Charakterisierung in weiten Temperatur und Feldbereichen: 4-1200 K, Magnetfelder bis 14 T (VSM, PPMS, Permeameter)
- Chemische Analytik (ICP-OES, ICP-MS,  $\mu$ RFA, RFA, EDX, 3D-Atomsonde)
- Thermooptische Charakterisierung (TOM-AC)

Interesse an einer Zusammenarbeit?

Wir beraten Sie gerne und erarbeiten mit Ihnen Lösungsansätze für Ihre Fragestellungen. Weitere Informationen finden Sie auch auf unserer Website.