

Berichte aus der Metallurgie

Claudio Penna

**Development of nitride strengthened
nickel-chromium alloys for high
temperature applications**

Shaker Verlag
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Penna, Claudio:

Development of nitride strengthened nickel-chromium alloys for high temperature applications / Claudio Penna.

Aachen : Shaker, 2002

(Berichte aus der Metallurgie)

Zugl.: Zürich, ETH, Diss., 2002

ISBN 3-8322-0516-0

Copyright Shaker Verlag 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0516-0

ISSN 0945-0904

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Durch Zulegieren von Stickstoff wurden zahlreiche kommerziell erfolgreiche Stähle entwickelt. Der Stickstoff als Legierungselement stabilisiert die Austenitphase und erlaubt die Nitridausscheidung. Interstitiell gelöst erhöht er durch eine ausserordentliche Mischkristallhärtung die Festigkeit erheblich und die dafür verantwortlichen Mechanismen werden ziemlich gut verstanden. Andererseits wurden die Eigenschaften von stickstoffhaltigen Nickelbasislegierungen viel weniger untersucht.

Diese Dissertation beschreibt die Entwicklung eines neuartigen Nickel-Chrom-Legierungskonzeptes, welches auf nitrids stabilisierte Korngrenzen- und Mischkristallhärtung beruht. Der Korngrenzenstabilisierungseffekt der Nitride wurde mit den Eigenschaften der Nickel-Chrom-Legierungen kombiniert um einen neuartigen Hochtemperaturwerkstoff zu erzielen.

Eine geeignete Legierungszusammensetzung wurde mittels experimenteller Untersuchungen, parallellaufender thermodynamischer Berechnungen sowie durch eingehende Literaturrecherchen bestimmt. Dabei wurde besonders darauf geachtet eine schmelzmetallurgische Herstellung zu ermöglichen; dazu war ein Hochdruckverfahren notwendig um einen genügend hohen Stickstoffgehalt zu erreichen.

Zunächst wurden die Eigenschaften aufgestickter Nickel-Chrom-Legierungen im Hinblick auf den Einfluß der Legierungselemente auf die Stickstofflöslichkeit in der festen und flüssigen Phase, auf den Mischkristallhärtungseffekt des Stickstoffs und auf das Ausscheidungsverhalten untersucht. Technisch und wissenschaftlich bedeutend sind dabei der ausserordentliche Mischkristallhärtungseffekt durch Stickstoff bei Raum- sowie hohen Temperaturen und die Erhöhung der Stickstofflöslichkeit durch Zugabe von Chrom und Wolfram.

Danach wurden nitridverstärkte, polykristalline Ni-25Cr-10W-Legierungen durch Aufsticken bei einem hohen Stickstoffpartialdruck hergestellt und das Ausscheidungsverhalten, die Warmumformbarkeit und die thermische Stabilität untersucht.

Schließlich wurde dieses Legierungskonzept für die Herstellung zweier industriell umgeschmolzener Grosschargen bei einem Industriepartner eingesetzt; dazu wurden zwei unterschiedliche Zusammensetzungen ausgewählt. Die thermische Stabilität sowie die mechanischen Eigenschaften bei Raum- und hoher Temperatur wurden mit besonderer Aufmerksamkeit auf das Kriechverhalten charakterisiert. Diese Legierungen weisen eine höhere Zugfestigkeit als vergleichbare kommerzielle karbidverstärkte Legierungen auf. Das Kriechverhalten ist stark vom Ausscheidungszustand an den Korngrenzen abhängig, welcher durch Wärmebehandlung gesteuert werden kann. Vielversprechende Ergebnisse wurden bei 800°C erreicht. Bei 1000°C reichte die thermische Stabilität der Nitride nicht mehr aus um das Korngrenzengleiten zu verhindern. Es wird jedoch bei dieser Temperatur eine höhere Kriechfestigkeit durch eine deutliche Erhöhung des Stickstoffgehaltes erwartet.