

Berichte aus der Materialwissenschaft

Gunter Bürkle

**Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften
tribologisch beanspruchter nanoskaliger
Eisen-Basis-Schichten**

Shaker Verlag
Aachen 2004

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Zugl.: Ulm, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2004

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2368-1

ISSN 1618-5722

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

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

Auf der Oberfläche von Eisenbahnschienen kann sich in Folge der tribologischen Beanspruchung eine Oberflächenumwandlungsschicht bilden, die wegen ihrer schlechten Anätzbarkeit als „weiße Schicht“ bezeichnet wird. Geringe Werkstoffkosten, eine gute chemische Beständigkeit und die hohe Verschleißfestigkeit machen diese Schichten für technische Anwendungen interessant. Ursache dieser besonderen Eigenschaften ist die homogene, nanokristalline Struktur dieser Schichten.

Der Entstehungsmechanismus dieser Schichten ist derzeit noch nicht vollständig geklärt. Er ist von grundlegender Bedeutung für die Verbesserung der Rad-Schiene-Technik und die Synthetisierung nanokristalliner Eisenbasis-Werkstoffe. Ein Material, das den Schichten bezüglich chemischer Zusammensetzung, Struktur und Eigenschaften entspricht, konnte durch starke plastische Verformung bei Raumtemperatur hergestellt werden.

Mit einem weiteren Prozeß, dem thermischen Spritzen konnten in komplexen Eisen-Basis-Legierungen Schichten hergestellt werden, die hinsichtlich ihrer Struktur und ihrer Eigenschaften den Umwandlungsschichten auf der Oberfläche tribologisch beanspruchter Schienenoberflächen ähnlich sind.

Ein besonderer Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Bestimmung der mechanischen Eigenschaften von Spritzschichten, die bisher üblicherweise aus Messungen im Schicht-Substrat-Verbund bestimmt wurden. Dies Nachteile dieser indirekten Meßmethoden, wie Beeinflussung der Meßwerte durch Eigenspannungen und Schwankungen der Substrateigenschaften werden bei dem in dieser Arbeit entwickelten DMA-Methode (dynamisch-mechanische Analyse) Verfahren vermieden. Mit dem entwickelten DMA-Meßverfahren ist eine umfassende mechanische Charakterisierung der Eigenschaften thermisch gespritzter Schichten möglich, die zur Optimierung des Herstellprozesses und zur Festigkeitsberechnung beschichteter Bauteile erforderlich sind.

Neben den statischen Kennwerten sind gerade bei spröden, stark fehlerbehafteten Materialien die dynamischen Werkstoffeigenschaften für das Schichtverhalten unter Betriebsbelastung von besonderem Interesse.

Die durch die Substratvorbehandlung und die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten verursachten Eigenspannungen beeinflussen die bisher üblicherweise ebenfalls am Schicht-Substrat-Verbund bestimmte Dauerfestigkeit erheblich. Bei der entwickelten DMA-Meßmethode wird dieser Einfluß weitgehend eliminiert und so eine Trennung der Effekte ermöglicht.

Trotz der hohen Härte und Verschleißbeständigkeit kann die Sprödigkeit thermisch gespritzter Schichten in vielen Anwendungen einen kritischen Auslegungsparameter darstellen weshalb deren Bestimmung eine hohe Bedeutung zukommt.

Als Kennwert der Sprödigkeit wurde im Edge-Chipping-Verfahren die Kantenzähigkeit bestimmt, die mittels einer Kalibrierfunktion in die Bruchzähigkeit K_{Ic} umgerechnet werden kann.

Eine wichtige Kenngröße zur Beurteilung des Bauteilverhaltens ist der Eigenspannungszustand des Schicht-Substrat-Verbundes, der den Lastspannungen überlagert ist und das mechanische Verhalten maßgeblich beeinflusst. Die im Bohrloch-Verfahren bestimmten Eigenspannungen der untersuchten Schicht-Substrat-Verbunde betragen bis zu 30% der statischen Festigkeit und können abhängig von der Probenvorgeschichte sowohl im Zug- als auch im Druck-Bereich liegen.

Reibung und Verschleiß der untersuchten Schichten sind mit den bisher als Verschleißschutz eingesetzten Hartchromschichten vergleichbar. Zu Beginn der Messungen traten sehr niedrige Reibkoeffizienten auf, so daß bei kurzzeitiger Mangelschmierung gegenüber konventionellen Verschleißschutzschichten deutlich verbesserte tribologische Eigenschaften zu erwarten sind.