

Berichte aus der Lasertechnik

Gesa Rolink

**Entwicklung der laserbasierten additiven Fertigung
für intermetallische Fe-Al-Legierungen**

Shaker Verlag
Aachen 2016

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2016)

Copyright Shaker Verlag 2016

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-4936-7

ISSN 0945-084X

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

In Zeiten von sinkenden Rohstoffvorkommen und einer von Ressourceneffizienz getriebenen Wirtschaft ist die Industrie auf der Suche nach neuen Materialien u.a. als Alternative für hochlegierte Cr-Stähle und Ni-Basislegierungen. Vielversprechend sind intermetallische Legierungen auf Basis von Eisen und Aluminium.

In der vorliegenden Arbeit werden erstmals grundlegende Erkenntnisse zur Verarbeitung von Fe-Al-Legierungen mittels Laser Metal Deposition (LMD) und Selective Laser Melting (SLM) erarbeitet. Hierfür wird zunächst die binäre Legierung Fe-28Al (At.-%) auf Basis der intermetallischen Fe₃Al-Phase verwendet. Hierbei wird vor allem der Einfluss der Verfahrensparameter und der Aufbaustrategien auf die Gefügestruktur untersucht und der Unterschied zwischen den beiden Verfahren LMD und SLM herausgearbeitet. In den erstellten Volumenkörpern liegt eine epitaktische Gefügestruktur vor. Das Kornwachstum findet gerichtet in Aufbaurichtung über mehrere Schichten hinweg statt. Mithilfe eines Finite Elemente Programms werden die Erstarrungsgeschwindigkeiten und Abkühlraten simuliert, sodass die Quantifizierung der Erstarrungsbedingungen ermöglicht wird.

Die Erkenntnisse der Verarbeitung der binären Legierung werden auf zwei ternäre Legierungskonzepte, Fe-30Al-10Ti und Fe-22Al-5Ti (At.-%), und auf die quaternäre Legierung Fe-30Al-5Ti-0,7B (At.-%) übertragen. Durch die Zugabe des Elements Titan werden die Korngrenzen fixiert und ein feinkörniges äquiaxiales Gefüge entsteht. In der quaternären Legierung wird Titanborid ausgeschieden, das zur weiteren Kornfeinung beiträgt und eine Vergröberung des Gefüges bei höheren Temperaturen im Vergleich zu den ternären Legierungskonzepten verhindern soll.

Aus allen in dieser Arbeit untersuchten Legierungen können rissfreie Prüfkörper mit einer Dichte von mehr als 99,5% hergestellt werden. Die mechanischen Eigenschaften hängen bei der binären Legierung aufgrund des gerichtet erstarrten Gefüges von der Belastungsrichtung der Prüfkörper ab. Bei parallel zur Aufbaurichtung (entspricht der Kornwachstumsrichtung) belasteten Prüfkörpern wird eine geringere Druckfestigkeit als bei einer Belastung senkrecht zur Aufbaurichtung erreicht. Bei den ternären Legierungen und der quaternären Legierung liegen aufgrund des äquiaxialen Gefüges keine Unterschiede in der Belastungsrichtung vor. Für die Legierung Fe-30Al-10Ti werden im Temperaturbereich über 700 °C höhere Druckfestigkeiten erreicht, während die Legierung Fe-22Al-5Ti für die Prüftemperaturen von 500 bis 700 °C höhere Fließspannungen aufweist. Die im 4-Punkt-Biegeversuch bestimmte Spröd-Duktil-Übergangstemperatur (BDTT) nimmt mit zunehmendem Ti-Gehalt der Prüfkörper zu. Die Fließspannung der quaternären Legierung kann im Vergleich zu den ternären Legierungen vor allem im Bereich bis 700 °C bei gleichzeitiger Reduzierung der BDTT gesteigert werden.

Abschließend wird die Herstellung von Bauteilen mit den Verfahren SLM und LMD anhand von drei ausgewählten Anwendungsbeispielen demonstriert. Modell-Turbinenschaufeln (LMD und SLM), ein Verdichterrad (SLM) und ein Planetengetriebe (SLM) werden konturnah und mit möglichst geringer Oberflächenrauheit aufgebaut.