



Universität Stuttgart  
Institut für Strahlwerkzeuge



## LASER IN DER MATERIALBEARBEITUNG

Forschungsberichte des IFSW

Martin Sommer

### **Laserstrahlschweißen der Aluminiumlegierung AlMgSi mittels Strahloszillation**



utzverlag





Martin Sommer

**Laserstrahlschweißen der Aluminiumlegierung  
AlMgSi mittels Strahloszillation**

Laser in der Materialbearbeitung  
Band 102

Ebook (PDF)-Ausgabe:  
ISBN 978-3-8316-7657-6 Version: 1 vom 12.05.2021  
Copyright© utzverlag 2021

Alternative Ausgabe: Softcover  
ISBN 978-3-8316-4898-6  
Copyright© utzverlag 2020

Laser in der Materialbearbeitung  
Forschungsberichte des IFSW

M. Sommer  
Laserstrahlschweißen der  
Aluminiumlegierung AlMgSi  
mittels Strahloszillation

# **Laser in der Materialbearbeitung**

## **Forschungsberichte des IFSW**

Herausgegeben von  
Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf, Universität Stuttgart  
Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW)

Das Strahlwerkzeug Laser gewinnt zunehmende Bedeutung für die industrielle Fertigung. Einhergehend mit seiner Akzeptanz und Verbreitung wachsen die Anforderungen bezüglich Effizienz und Qualität an die Geräte selbst wie auch an die Bearbeitungsprozesse. Gleichzeitig werden immer neue Anwendungsfelder erschlossen. In diesem Zusammenhang auftretende wissenschaftliche und technische Problemstellungen können nur in partnerschaftlicher Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschungsinstituten bewältigt werden.

Das 1986 gegründete Institut für Strahlwerkzeuge der Universität Stuttgart (IFSW) beschäftigt sich unter verschiedenen Aspekten und in vielfältiger Form mit dem Laser als einem Werkzeug. Wesentliche Schwerpunkte bilden die Weiterentwicklung von Strahlquellen, optischen Elementen zur Strahlführung und Strahlformung, Komponenten zur Prozessdurchführung und die Optimierung der Bearbeitungsverfahren. Die Arbeiten umfassen den Bereich von physikalischen Grundlagen über anwendungsorientierte Aufgabenstellungen bis hin zu praxisnaher Auftragsforschung.

Die Buchreihe „Laser in der Materialbearbeitung – Forschungsberichte des IFSW“ soll einen in der Industrie wie in Forschungsinstituten tätigen Interessentenkreis über abgeschlossene Forschungsarbeiten, Themenschwerpunkte und Dissertationen informieren. Studenten soll die Möglichkeit der Wissensvertiefung gegeben werden.

# **Laserstrahlschweißen der Aluminiumlegierung AlMgSi mittels Strahloszillation**

von Dr.-Ing. Martin Sommer  
Universität Stuttgart



utzverlag München

Als Dissertation genehmigt  
von der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering  
der Universität Stuttgart

Hauptberichter: Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Manfred Berroth  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt

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

Zugleich: Dissertation, Stuttgart, Univ., 2020

D 93

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.

Copyright © utzverlag GmbH 2021

ISBN 978-3-8316-4898-6

Printed in Germany

utzverlag GmbH, München

Tel.: 089-277791-00 · [www.utzverlag.de](http://www.utzverlag.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Abkürzungen</b> .....	<b>7</b>
<b>Formelzeichen</b> .....	<b>9</b>
<b>Kurzfassung der Arbeit</b> .....	<b>13</b>
<b>Extended Abstract</b> .....	<b>17</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>21</b>
1.1 Motivation und Zielsetzung.....	21
1.2 Aufbau der Arbeit.....	23
<b>2 Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten des Laserstrahlschweißens</b> .....	<b>25</b>
2.1 Laserstrahlschweißen nahe der Tiefschweißschwelle .....	26
2.1.1 Die Tiefschweißschwelle beim geradlinigen Laserstrahlschweißen ...	28
2.1.2 Die Tiefschweißschwelle beim Schweißen mit Strahloszillation.....	30
2.2 Wirkungsgrad beim Laserstrahlschweißen .....	35
<b>3 Reduzierung von Nahtimperfectionen</b> .....	<b>39</b>
3.1 Entstehung und Vermeidung von Poren.....	40
3.1.1 Entstehung von Prozessporen beim Laserstrahlschweißen .....	40
3.1.2 Schweißnahtausprägung in Abhängigkeit der Prozessgestaltung.....	44
3.1.3 Einfluss der Strahloszillation auf die Kapillargeometrie.....	49
3.1.4 Auswirkungen von Strahloszillation auf entstandene Blasen.....	59
3.2 Reduzieren der Spritzer mittels Strahloszillation.....	65
3.2.1 Qualitative Beurteilung der entstandenen Spritzermenge beim Laserstrahlschweißen .....	65
3.2.2 Vergleich des Spritzeraufkommens beim Laserstrahlschweißen .....	68
3.2.3 Spritzerentstehung beim Laserstrahlschweißen.....	71

---

<b>4</b>	<b>Beeinflussung der Kornstruktur durch Strahloszillation.....</b>	<b>75</b>
4.1	Einflussfaktoren auf die Bildung der Kornstruktur .....	76
4.2	Resultierende Kornstrukturen in Schweißnähten .....	78
4.3	Bestimmung des Temperaturgradienten .....	81
4.4	Bestimmung der lokalen Erstarrungsrate .....	84
4.4.1	Methode zur Ermittlung von Erstarrungsraten.....	85
4.4.2	Analyse der berechneten Erstarrungsraten.....	87
4.5	Synopsis der Einflussfaktoren auf die Kornstruktur .....	90
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>91</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>93</b>
	<b>Danksagung .....</b>	<b>101</b>

# Abkürzungen

Al	Aluminium
avg.	durchschnittlich
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
DIN	Deutsches Institut für Normung
Kap.	Kapillare
konst.	konstant
lat.	lateral
lin.	geradlinig
longi.	longitudinal
max.	maximal
Mg	Magnesium
min.	minimal
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
O <sub>3</sub>	Ozon
osz.	oszilliert
o.E.	ohne Einheit
Si	Silizium
spez.	spezifisch

vgl.	vergleiche
y	Röntgenrichtung senkrecht zum Vorschub
z	Strahlachse der Laserstrahlung
zirk.	zirkular
Zyl.	Zylinder