



WERKSTOFFENTWICKLUNG FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

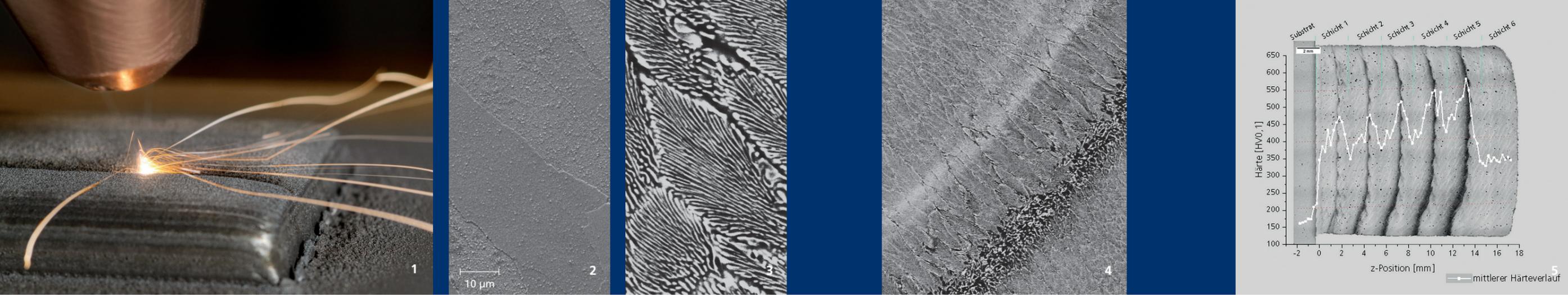
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





WERKSTOFFENTWICKLUNG FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt neuartige Werkstoffe für die laserbasierte additive Fertigung. Kommerziell verfügbare Legierungen wurden nicht für diese Verfahren entwickelt und können deshalb das Potenzial der additiven Herstellungsprozesse nicht ausschöpfen oder sind dafür gänzlich ungeeignet. Unsere neu entwickelten Werkstoffe bieten durch die Einstellung verbesserter mechanischer oder korrosiver Materialeigenschaften einen Mehrwert und somit einen Wettbewerbsvorteil für unsere Projektpartner.

Laserbasierte additive Fertigung

Bei der laserbasierten additiven Fertigung wird der Werkstoff mit dem Laserstrahl lokal aufgeschmolzen. Nach der Belichtung erfolgt unmittelbar die Erstarrung. Durch die mäanderförmige Bewegung des Laserstrahls wird eine Schicht erzeugt und durch Übereinanderlegen dieser Schichten entsteht schließlich das Bauteil. Der Fertigungsprozess zeichnet sich dabei im Wesentlichen durch drei Charakteristika aus: 1. die lokal stattfindenden Prozesse im Metall aufgrund des kleinen Schmelzbades, 2. die rasche Erstarrung des Materials und 3. die zyklische Wiedererwärmung des bereits aufgebauten Volumens. Diese Charakteristika lassen sich gezielt nutzen um Materialgefüge und -eigenschaften einzustellen, die mit anderen Fertigungsverfahren nicht oder nur bedingt erzeugt werden können.

Das Fraunhofer ILT entwickelt neuartige Werkstoffe, die speziell auf die laserbasierte additive Fertigung zugeschnitten sind.

ODS-Werkstoffe

Oxid-dispersionsverfestigte (ODS)-Werkstoffe zeichnen sich durch hohe Warmfestigkeit und gute Korrosionsbeständigkeit aus. Diese Eigenschaften beruhen auf homogen in der Matrix verteilten, oxidischen Dispersoiden, die typischerweise nur einige Nanometer groß sind.

Im klassischen Herstellungsverfahren wird hier auf die Pulvermetallurgie zurückgegriffen, die oft eine Vielzahl von Prozessschritten beinhaltet (Mischen, mechanisches Legieren, Konsolidieren, Nacharbeiten) und nur eine eingeschränkte Geometrie der Bauteile ermöglicht. Gießen scheidet als Herstellverfahren für ODS-Werkstoffe aus, da die Erstarrungsrate für eine homogene Verteilung der extrem feinen Dispersoide in der Matrix oft nicht ausreicht. Außerdem können die Dispersoide dabei agglomerieren oder auf der Oberfläche der Schmelze aufschwimmen.

Die rasche Erstarrung bei der laserbasierten additiven Fertigung führt hingegen zu einer homogenen Inkorporation der Dispersoide in der metallischen Matrix. Mit diesem Verfahren kann die Fertigungskette so deutlich verkürzt werden. Die Herstellung erfolgt zudem endkonturnah und ermöglicht einen hohen Freiheitsgrad bei der Gestaltung der Bauteile.

1 Laserauftragschweißen.

2 Homogen verteilte, nanoskalige Dispersoide, Quelle: Access e.V..

3 Detailaufnahme einer eutektischen Erstarrungsmorphologie, Quelle: Access e.V..

Eutektische Legierungen

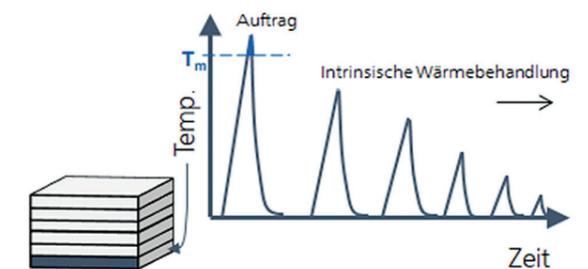
Eutektische Gusslegierungen sind ein Gemisch aus einer Mischkristallphase und einer sekundären, harten Phase. Die simultane Erstarrung der beiden Phasen führt zu einer charakteristischen, häufig lamellaren Erstarrungsmorphologie. Bei der additiven Fertigung ist der Lamellenabstand präzise einstellbar, da die eutektischen Körner um mehrere Größenordnungen bis hin zu nanoskaligen Dimensionen verfeinert werden können, was beim konventionellen Gießen nicht möglich ist. Aufgrund der schichtweisen Bauweise ist die Feinheit des Gefüges weitgehend unabhängig von der Geometrie des Bauteils. Durch die Gefügefeinung nimmt die Festigkeit zu, die Duktilität dabei aber nur mäßig ab. Bei nanoskaliger Erstarrung können sogar Festigkeit und Duktilität gesteigert werden.

Technische Verwendung finden heute fast ausschließlich die Eutektika Fe-C und Al-Si. Es existieren aber noch viele weitere Eutektika, die bisher wegen gießtechnischer Probleme nicht genutzt werden. Hierzu gehören u.a. Al- und Ti-basierte Eutektika, die als Leichtbauwerkstoffe interessant sind.

Intrinsische Wärmebehandlung von Maraging-Stählen

Klassische Werkstoffe, die mit der laserbasierten additiven Fertigung verarbeitet werden, müssen häufig noch zur Einstellung der gewünschten mechanischen Eigenschaften einer nachgeschalteten Wärmebehandlung durch Auslagern oder einer Kombination von Lösungsglügen, Abschrecken und Auslagern unterzogen werden.

Die zyklische Wiedererwärmung bereits aufgetragener Schichten kann dazu genutzt werden, eine Ausscheidungshärtung schon im Fertigungsprozess zu erreichen, die als intrinsische Wärmebehandlung bezeichnet wird. Um diese intrinsische Ausscheidung zu initiieren, muss das Legierungssystem sensitiv auf kurzzeitige Erwärmungs- und Abkühlungszyklen reagieren.



Prinzipische thermische Historie einer mittels Laserauftragschweißen (LA) gefertigten Lage.

Maraging-Stähle auf Eisen-Nickel-Basis (mit Zusätzen von Al oder Ti) sind eine geeignete Werkstoffklasse. Hierbei handelt es sich um kohlenstoffarme Stähle, die zwar eine martensitische Umwandlung bei der Abkühlung durchlaufen, aber ihre Festigkeit durch feine intermetallische Phasen erhalten, die bei einer Wärmebehandlung entstehen. Das Härte-niveau ist dabei durch die Prozessbedingungen steuerbar und kann auch lokal im Bauteil angepasst werden. Eine zeit- und kostenintensive, nachgeschaltete Wärmebehandlung wird dadurch überflüssig.

Ansprechpartner

Markus Benjamin Wilms M.Sc.
Telefon +49 241 8906-567
markus.benjamin.wilms@ilt.fraunhofer.de

Dr. Andreas Weisheit
Telefon +49 241 8906-403
andreas.weisheit@ilt.fraunhofer.de

4 Additiv gefertigte eutektische Legierung, Quelle: Access e.V..

5 Härteverlauf eines mittels LA gefertigten, intrinsisch wärmebehandelten Prüfkörpers.