

# Anspruchsvoll qualifiziert Comeback des Kupfers im Werkzeugbau

Die Fertigung von komplexen Werkzeugen ist oft mit aufwendigen Schritten verbunden und eine große Herausforderung für die gesamte Prozesskette. Konventionelle Fertigungsverfahren stoßen vor allem beim Einbringen von Kühl- oder Temperierkanälen in ein Bauteil sehr schnell an ihre Grenzen. In den meisten Fällen können solche Kühlkanäle nur gebohrt werden. Dadurch wird die Design- und Konstruktionsfreiheit stark eingeschränkt. Das Selektive Laserstrahlschmelzen (SLM) als additive Technologie dagegen ermöglicht die Fertigung von Bauteilen und Werkzeugen mit nahezu unbegrenzter geometrischer Komplexität. Durch den Einsatz spezieller Funktionswerkstoffe können außerdem die Standzeiten der Werkzeuge erhöht und Taktzeiten sowie Bauteilausschuss reduziert werden. Wissenschaftler am IWF der TU Berlin arbeiten deshalb an der Qualifizierung von aushärtbaren Kupferlegierungen für das SLM-Verfahren.

## Additive Fertigung

Die Integralbauweise, also die Herstellung eines Bauteils statt mehrerer Einzelteile, ist ein weiterer Vorteil des SLM-Verfahrens. Der schichtweise Aufbau macht völlig neue Werkzeugkonstruktionen möglich und reduziert die Baugruppenkomplexität drastisch. Nachfolgende Montageschritte von Werkzeugkomponenten entfallen komplett. Bisher wurden jedoch nur wenige Werkstoffe für das SLM-Verfahren untersucht und qualifiziert. Wissenschaftler des IWF der TU Berlin arbeiten deshalb an der Erweiterung der Werkstoffpalette sowie an einem tieferen Prozessverständnis, um das Verfahren für den breiten industriellen Einsatz zu etablieren.

### ► Qualifizierung von Kupfer für das SLM-Verfahren

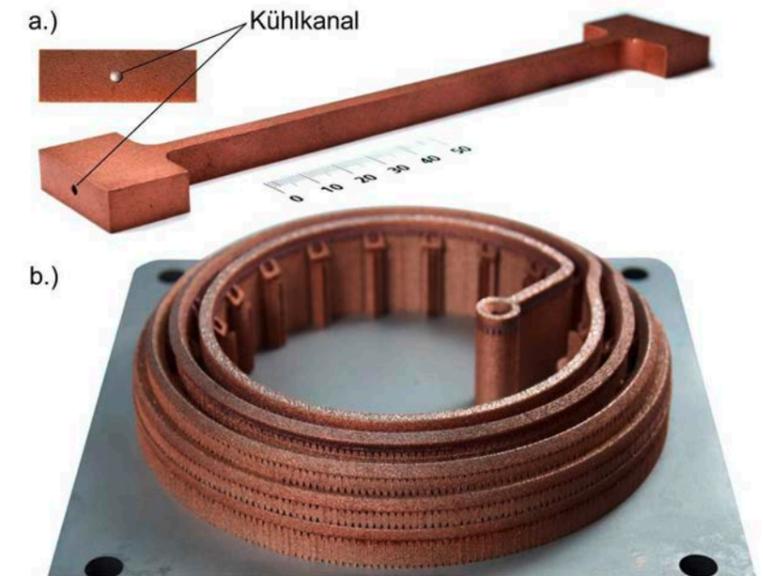
Die Qualifizierung neuer Werkstoffe für die additive Bearbeitung mit SLM ist ein zeit- und ressourcenaufwendiger Prozess. Zuerst muss das Pulver als Ausgangswerkstoff umfassend auf Qualitätsmerkmale wie chemische Zusammensetzung, Partikelgrößenverteilung, Feuchte, Fließfähigkeit und Schüttdichte untersucht werden. Da das Pulver einen großen Einfluss auf die Prozess- und Bauteilqualität hat, ist es wichtig jedes dieser Merkmale zu prüfen. Danach finden technologische Untersuchungen zur Bestimmung der Werkstoffeigenschaften statt. Qualitätskennwerte wie Gefügebildung, relative Dichte, Härte sowie statische und dynamische Festigkeiten sind hier von Interesse. Diese Kennwerte werden umfassend geprüft und im Vergleich Guss- und Knetlegierungen gegenübergestellt. Anschließend finden Untersuchungen zur Wärmenachbehandlung statt. Neben den genannten werkstofflichen Qualitätsmerkmalen werden dabei auch Bauteileigenschaften wie Oberflächengüte sowie Form- und Maßgenauigkeit vor und nach der Nachbearbeitung untersucht und je nach Bedarf optimiert.

Technische Kupferlegierungen finden aufgrund ihrer hohen thermischen und elektrischen Leitfähigkeit, ihrer ausgezeichneten Warm- und Verschleißfestigkeit sowie

den genannten Alleinstellungsmerkmalen von SLM-Verfahren wieder breite Anwendung im Bereich Werkzeug- und Formenbau. Allerdings ist die SLM-Verarbeitung von Kupferlegierungen mit einigen Herausforderungen verbunden. Die Gründe dafür sind vor allem die hohe Wärmeleitfähigkeit und hohe Reflektivität dieser Werkstoffe. Dadurch wird der Energieeintrag durch den Laser erschwert und die gesamte SLM-Prozessführung anspruchsvoller. In der Industrie sind derzeit SLM-Anlagen mit einer Laserleistung bis 400 Watt weit verbreitet. Die Verarbeitbarkeit von Kupferlegierungen wurde bisher allerdings vornehmlich auf Anlagen mit einer sehr hohen Laserleistung erfolgreich nachgewiesen. Ein Ziel der Wissenschaftler ist es deshalb, die Verarbeitbarkeit von neuen Werkstoffen auch an Anlagen mit geringerer Laserleistung sicherzustellen.

### ► Werkstoff im Praxistest

Am IWF der TU Berlin wurde die Kupferlegierung CuCr1Zr erfolgreich für das Selektive Laserstrahlschmelzen qualifiziert. Die

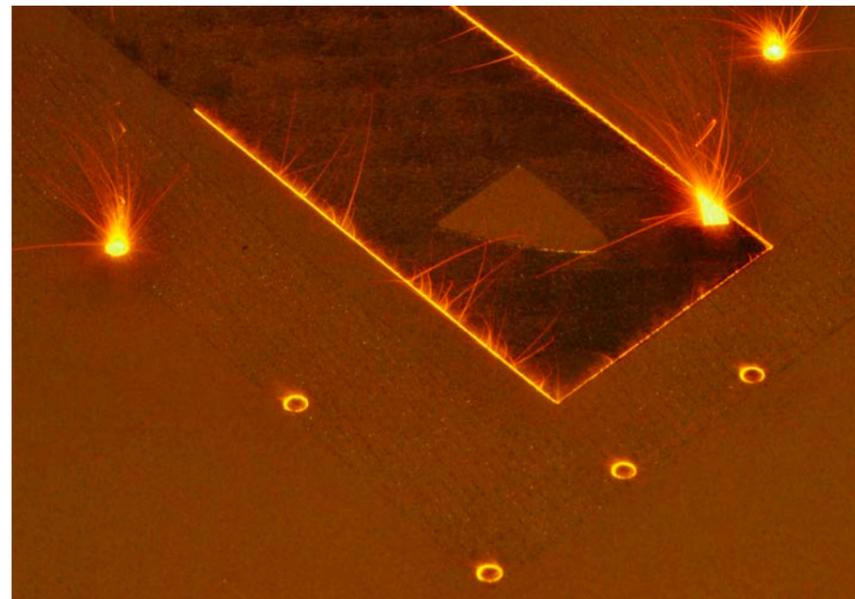


Additiv gefertigte Werkzeuge für das elektromagnetische Umformen: a.) Flachspule mit innenliegendem Kühlkanal; b.) komplexe 3D-Spule

erreichte Bauteildichte liegt im Bereich von 99,9 Prozent und übertrifft damit deutlich den aktuellen Stand der Technik. Die Zugfestigkeit und die Dehngrenze von additiv gefertigtem Kupfer entsprechen oder sind sogar höher als die Werte einer Knetlegierung. Die Oberflächengüte von additivem Kup-

fer erreicht typische Werte für eine additive Fertigung im Bereich von 100 bis 120 Mikrometern. Die erzielte elektrische Leitfähigkeit entspricht rund 94 Prozent der elektrischen Leitfähigkeit einer Knetlegierung.

Im Anschluss an die Werkstoffqualifizierung wurden Werkzeuge für das elektromagnetische Umformen gebaut und ersten Anwendungstests unterzogen. In den praktischen Untersuchungen wurden die additiv gefertigten Werkzeuge den konventionellen gegenübergestellt. Die erzielten Umformergebnisse waren für beide Werkzeugarten vergleichbar – für die Wissenschaftler der Beleg, dass die Qualifizierung der Kupferlegierung für den SLM-Prozess sowie der anschließende Praxistest als Produkt erfolgreich waren. ■



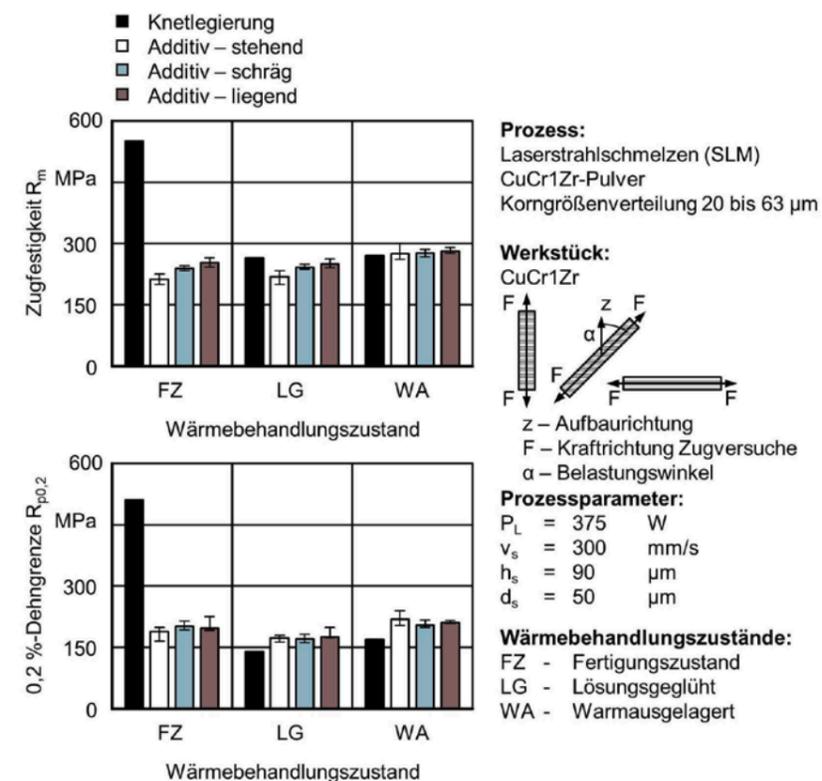
Selektives Aufschmelzen des Metallpulvers während eines SLM-Prozesses

### ► SLM-Verfahren im Werkzeug- und Formenbau

Die Anforderungen an Fertigungswerkzeuge steigen stetig. Zum einen werden die Geometrien, insbesondere die Innengeometrien, immer komplexer. Zum anderen werden die Werkzeuge überwiegend einzeln oder in Kleinserien hergestellt. Die Zulieferer sind dabei ständigem Kosten- und Zeitdruck ausgesetzt. Aus diesem Grund wird das Selektive Laserstrahlschmelzen immer wichtiger für den Werkzeug- und Formenbau. Mit SLM

gefertigte Bauteile erreichen eine relative Dichte von über 99 Prozent und weisen vergleichbare oder sogar bessere mechanisch-technologische Eigenschaften als Guss- oder Knetlegierungen, beispielsweise in Bezug auf die Zugfestigkeit, auf. Beliebige Geometrien wie konturnahe Kühlkanäle lassen sich mit SLM sehr gut in hochkomplexen Werkzeugen umsetzen. Durch die konturnahe Kühlung von Werkzeugen können verzugsarme Spritzgussteile hergestellt werden. Bauteilausschuss wird so deutlich reduziert.

Mechanisch-technologische Werkstoffkennwerte von CuCr1Zr



Ihr Ansprechpartner  
Vasyl Kashevko  
Telefon: +49 30 314-22413  
kashevko@iwf.tu-berlin.de