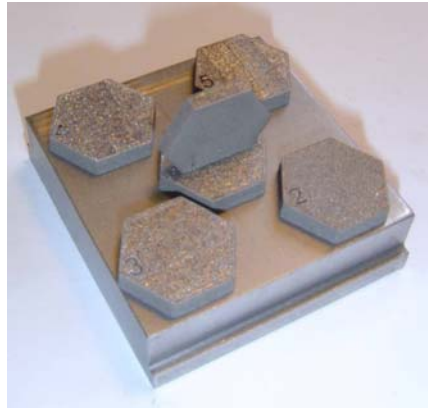


Optimierte Metallpulvermischungen für das Selektive Lasersintern von Entlüftungsstrukturen bei Spritzgusswerkzeugen

Siemann, E.

Im Rahmen eines EFRE-Forschungsprojektes konnte mit der Firma Wilhelm Eisenhuth GmbH KG gezeigt werden, dass das Fertigungsverfahren des Selektiven Lasersinterns (SLS), Möglichkeiten bietet geeignete Entlüftungsstrukturen für den Formenbau zu generieren. Durch Variation der beim Bauprozess benutzten Sinterparameter ist es möglich, Entlüftungsstrukturen mit definierter Porosität herzustellen. Die damit einhergehenden Festigkeitseinbußen sollen durch eine Optimierung der Metallpulvermischungen ausgeglichen werden.



In collaboration with Wilhelm Eisenhuth GmbH KG the Institute of Mechanical Engineering optimized some metal powder for the SLS technology.

1 Einleitung

Durch die Anwendung der SLS-Technologie kann eine direkte Einbindung oder ein Einsetzen eines Entlüftungsstopfens in ein Spritzgusswerkzeug erfolgen und so die Herstellung einer komplexen Werkzeugform erheblich vereinfachen. Dies führt dazu, dass mehrere Arbeitsschritte vereint werden und Zeit bis zum fertigen Spritzgussbauteil eingespart werden kann.

Die Vorteile einer Entlüftung des Werkzeuges durch SLS-Strukturen sind:

- direkte Integration in die Form
- hohe Oberflächenqualitäten
- preiswerte Fertigung durch Vereinfachung der Arbeitsschritte
- optimale Anpassung der Entlüftungen an kritische Stellen
- erhöhte Taktrate/ Stückzahl durch verbesserte Entlüftung

Im Verlauf des Projektes zeigten sich aber auch die Nachteile, die durch ein Generieren der Werkzeuge durch SLS entstehen. Die Bauweise in Schichten und die geringe Baumaterialauswahl führten zu geringeren Standzeiten der Form oder der Entlüftung, gegenüber konventionell hergestellten Bauteilen.

Um diesen Aspekt zu verbessern, wurden Versuche mit Pulvermischungen aus Metall- und Keramikpulvern durchgeführt.

2 Materialauswahl

Um eine Verbesserung der Materialeigenschaften zu bewirken, muss zuerst eine Materialauswahl getroffen werden. Hierbei bieten sich Strukturen aus Stahl und Keramik-Pulverkombinationen an. Diese haben den Vorteil, dass die Entlüftungselemente durch die unterschiedlichen Anteile über Säurebeständigkeit, eine höhere Härte und Verschleißbeständigkeit verfügen. Neben der Laserleistung spielt hierbei die Wellenlänge des CO₂-Lasers eine nicht unerhebliche Rolle, da diese in Abhängigkeit von den Absorptionsraten der Werkstoffe die eingetragene Energie bestimmt. Die Eignung des vorhandenen Lasers zum Sintern von Werkstoffen zeigt **Bild 1**, in dem die Absorptionsgrade von Metallen und Keramiken (Isolatoren) in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Laserlichts aufgetragen sind.

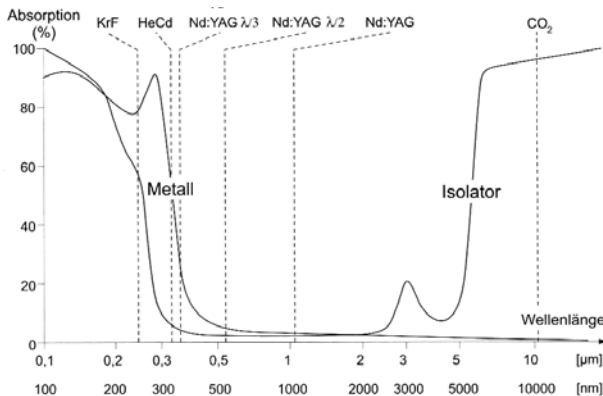


Bild 1: Absorptionsgrade in Abhängigkeit der Wellenlänge /1/

Für unseren CO₂-Laser mit einer Wellenlänge von 10,6 µm und einer Laserleistung von 200 Watt ergibt sich daraus, dass nichts gegen das Sintern von höher legierten Stahl oder Keramiken spricht. Es sollten

ausreichend hohe Schmelzbadtemperaturen erzeugbar sein, um eine große Palette an Werkstoffen verarbeiten zu können (vgl. /2/).

Für die Versuche wurden den Standard Sinterpulvern unter anderem Bestandteile von Chrom, Molybdän, Wolframcarbid, Chromcarbid, Zirconiumoxid, Titanoxid, Aluminium-Titanoxid, Siliziumoxid und Yttriumoxid beigemischt. Die Anteile reichen von wenigen Volumenprozenten bis zu reinen Fremdpulvern.

2.1 Ablauf der Versuche und Probenerstellung

Ziel der Versuche ist es, mit Hilfe der Variation von Anlagenparametern und Belichtungsstrategien, ein Versintern der Pulvermischungen zu erzielen und so eine automatische Generierung von Bauteilen mit angepassten Baumaterialien für den jeweiligen Anwendungszweck zu gewährleisten. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Energieeinträge in die Proben werden an Hand des folgenden Ablaufplanes (siehe **Bild 2**) dokumentiert und verglichen.

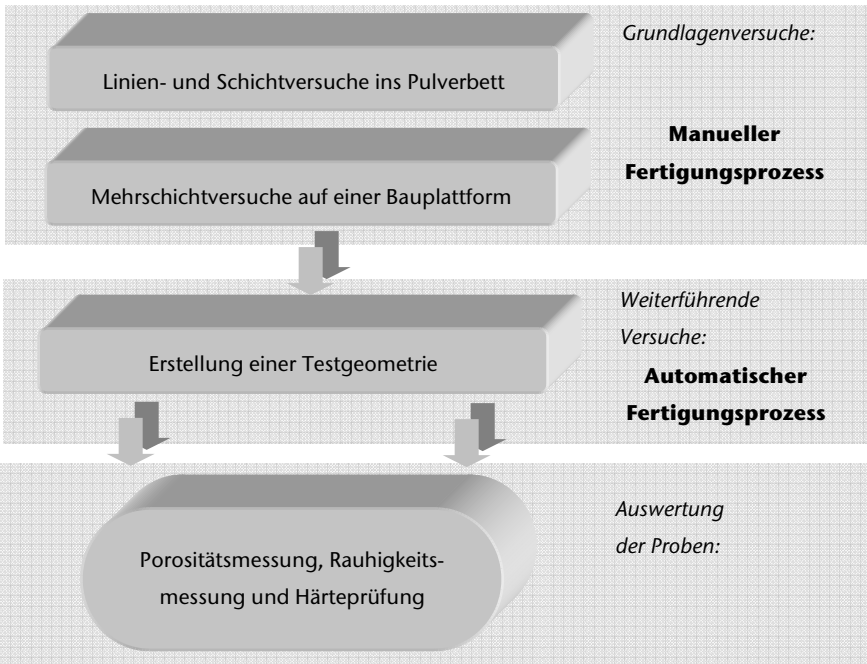


Bild 2: Systematischer Ablauf der Versuche

Im ersten Schritt der Versuchsreihen werden die grundlegenden Wechselmechanismen zwischen eingetragener Energie und Schmelzbadverhalten untersucht. Hierzu werden zunächst einzelne Linien und Schichten, mit verschiedener Lasergeschwindigkeit, in ein Pulverbett belichtet (siehe **Bild 3**) und ihre Schmelzbadausbildung beurteilt.



Bild 3: Linien- und Schichtversuche

Der zweite Schritt in den Grundlagenversuchen stellt die Erstellung von mehreren Schichten auf einer Bauplattform dar. Hierbei werden die aus den Linien- und Schichtversuchen erlangten Ergebnisse überprüft und um weitere Parameter ergänzt. Bei der Probengenerierung kann es hierbei zu Sinterfehlern, wie in **Bild 4** dargestellt, kommen. Einwandfreie Proben werden einer ersten Härteprüfung unterzogen und stellen so eine Referenz für spätere Versuchsergebnisse dar.

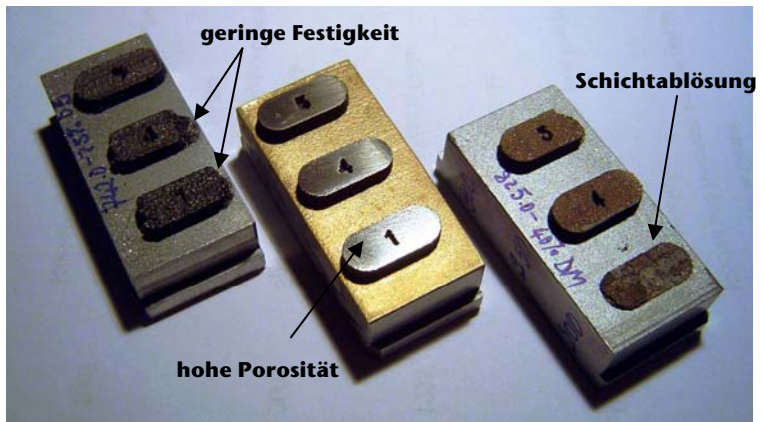


Bild 4: Mehrschichtversuche

Der letzte Schritt der Versuche ist die automatische Fertigung einer Testgeometrie für die anschließende Analyse der Eigenschaften.

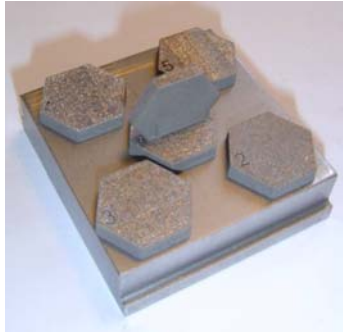


Bild 5: Testgeometrie für Rauigkeitsmessung und Härteprüfung

Mittels dieser Geometrie können Rauigkeitswerte, Mikrohärtigkeit und mit einer anschließenden Gefügeuntersuchung, Porositätswerte der Proben ermittelt werden.

3 Ergebnisse der Versuche

Der große Umfang der Versuchsreihen, angefangen bei den unterschiedlichen Metall- und Keramikgrundpulvern, den Beimischungsanteilen, bis hin zu der Vielzahl von Sinterparametern ergab eine Fülle an Messwerten.

Es zeigte sich, dass die Lasergeschwindigkeit, die bei der Belichtung der Bauteilgeometrie eingestellt wird, den größten Einfluss (neben anderen Parametern) auf das spätere Sinterergebnis hat. Bei den Pulvermischungen konnte ein Gemisch aus dem Standard EOS DirectSteel Baumaterial und Wolframcarbid, Molybdän und Chrom mit einer durchschnittlichen Partikelgröße von 21 μm die besten Bauteileigenschaften erzeugen. Die Porositätswerte und Rauigkeitswerte lagen bei den Proben zwar noch etwas über den Standardwerten, aber es konnte eine Steigerung der Härte von EOS DirectSteel ca. 200HV auf ca. 430HV bewirkt werden.

Die Untersuchungen der Keramikpulvermischungen zeigten, dass feste Strukturen herstellbar sind. Leider wiesen die Proben bis zum jetzigen Zeitpunkt vermehrt Sinterfehler auf. Dies zeigte sich in einer verringerten Festigkeit oder in Ablöseerscheinungen. Härtewerte konnten im Bereich von 370HV gemessen werden. Eine weitere

Anpassung der Sinterparameter und eine gezielte Scanstrategie sollte aber eine Verbesserung der Porosität und Rauigkeit bewirken. Alle benutzten Pulvermischungen konnten über die Sinterparameter in Ihren Eigenschaften variiert werden und ermöglichen so einen Einsatz im Werkzeugbau als Formbaumaterial oder als Entlüftungstopfen.

4 Zusammenfassung

Im Rahmen der Kooperation konnten unterschiedliche Metall- und Keramikpulvermischungen für die Generierung von Formen oder Entlüftungsstrukturen erstellt und deren Eigenschaften überprüft werden.

Hierbei war es möglich, unterschiedliche Materialkennwerte zu verändern und somit die Eigenschaften der SLS-Materialien dem jeweiligen Anwendungsfall optimal anzupassen.

Während des Forschungsprojektes sind unter anderem mehrere Fachartikel und ein Patent „DE 10 2006 013912 A1 2007.09.27“ veröffentlicht worden. Das vorgestellte Projekt wurde gefördert vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE).



5 Literatur- und Quellenverzeichnis

- /1/ Gebhardt, A.: Rapid Prototyping – Werkzeuge für die schnelle Produktentstehung, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2000
- /2/ Trenke, D.; Dissertation: Selektives Lasersintern von porösen Entlüftungsstrukturen am Beispiel des Formenbaus, Papierflieger Clausthal-Zellerfeld 2006