

**Komplexes masken-
gesintertes Bauteil:
Das additive Fertigungs-
verfahren ermöglicht eine
hohe geometrische Freiheit.**

Variantevielfalt in Serie

Selektives Maskensintern ist ein erst seit kurzem verfügbares additives Fertigungsverfahren. Die Energieeinbringung erfolgt bei diesem pulverbasierten Schichtbauverfahren flächig mittels eines IR-Strahlers. Diese neue Technologie bietet aufgrund der zweidimensionalen Energieeinbringung wesentliches Potential, zukünftig Funktionsbauteile hoher Variantevielfalt wirtschaftlich in Serie zu fertigen.

GANZ OHNE FORM UND WERKZEUG

MIT SELEKTIVEM MASKENSINTERN ZUR PULVERBASIRTE SERIENFERTIGUNG Additive Fertigungsverfahren ermöglichen die Herstellung dreidimensionaler, mechanisch beanspruchbarer Bauteile direkt aus CAD-Daten ohne die kostenintensive Fertigung zusätzlicher Werkzeuge oder Formen. Das Selektive Maskensintern (SMS) birgt hohes Potenzial, sich durch verkürzte Bauzeiten und einem erweiterten Werkstoffspektrum zu einem additiven Serienfertigungsverfahren zu entwickeln: Mit dem Verfahren lässt sich schichtweise aufgebracht Kunststoffpulver – im Gegensatz zum verbreiteten Selektiven Lasersintern (SLS) – nicht punktuell mit einem Laser, sondern flächig durch einen Infrarotstrahler aufschmelzen.

Globalisierung und Preiskampf fordern kürzere Amortisationszeiten von Produkten. Die Anforderungen an die Gestaltungsfreiheit hingegen steigen. Dies ist mit konventionellen Verfahren nur schwer realisierbar. Die hohen Investitions- und Verfahrenskosten sind dabei ebenso limitierend wie montagebedingte geometrische Auslegungs-

und Funktionalitätseinschränkungen. Eine anforderungsgerechte Realisierung von individuellen, serienfertigten Produkten, respektive eine hohe Variantevielfalt und Stückzahlflexibilität zu garantieren, ist mit herkömmlichen Verfahren kaum mehr erreichbar.

Additive Fertigungsverfahren stellen durch die werkzeuglose Formgebung ei-

nen Lösungsansatz dar, um mit nahezu unbegrenzter geometrischer Freiheit zu fertigen. Nachdem diese Verfahren zunächst für die Herstellung von Mustern und Prototypen genutzt wurden, finden sie heute zunehmend auch für Kleinserien Anwendung. Durch die werkzeuglose Fertigung können nicht nur die Investitionskosten gesenkt werden. Vielmehr wird die Zeitspanne von der Idee bis zur Markteinführung (Time to Market) verkürzt. Ein weiterer Vorteil ist die schnelle Integration von Funktionsanpassungen und Designmodifikationen im laufenden Produktionsbetrieb.

Ein seit kurzem verfügbares additives Verfahren ist das Selektive Maskensintern. Wie auch beim Selektiven Lasersintern wird beim SMS schichtweise Pulver aufgetragen und selektiv aufgeschmolzen. Der Unterschied liegt in der Verwendung eines flächig wirkenden IR-Strahlers anstelle einer punktförmigen Laserquelle und einer Maske, was ein lokales Aufschmelzen einer ganzen Bauebene in einem Schritt ermöglicht.

Autoren



Florian Kühnlein, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung Werkstoffe und Konstruktion, Lehrstuhl für Kunststofftechnik der Universität Erlangen-Nürnberg (LKT), kuehnlein@lkt.uni-erlangen.de



Dominik Rietzel, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Abteilung Werkstoffe und Konstruktion, LKT, rietzel@lkt.uni-erlangen.de



Bettina Wendel, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Abteilung Werkstoffe und Konstruktion, LKT, wendel@lkt.uni-erlangen.de



Robert Feulner, Leiter der Abteilung Werkstoffe und Konstruktion, LKT, feulner@lkt.uni-erlangen.de



Gerrit Hülder, Oberingenieur des Lehrstuhls für Kunststofftechnik der Universität Erlangen-Nürnberg, huelder@lkt.uni-erlangen.de



Prof. Dr. Ernst Schmachtenberg, ehemaliger Inhaber des Lehrstuhls für Kunststofftechnik der Universität Erlangen-Nürnberg, seit 1. August Rektor der RWTH-Aachen



PLASTVERARBEITER

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf plastverarbeiter.de!

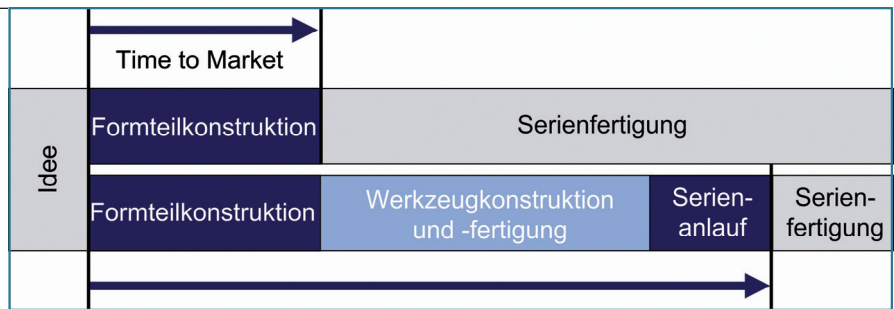
Hier klicken & informieren!



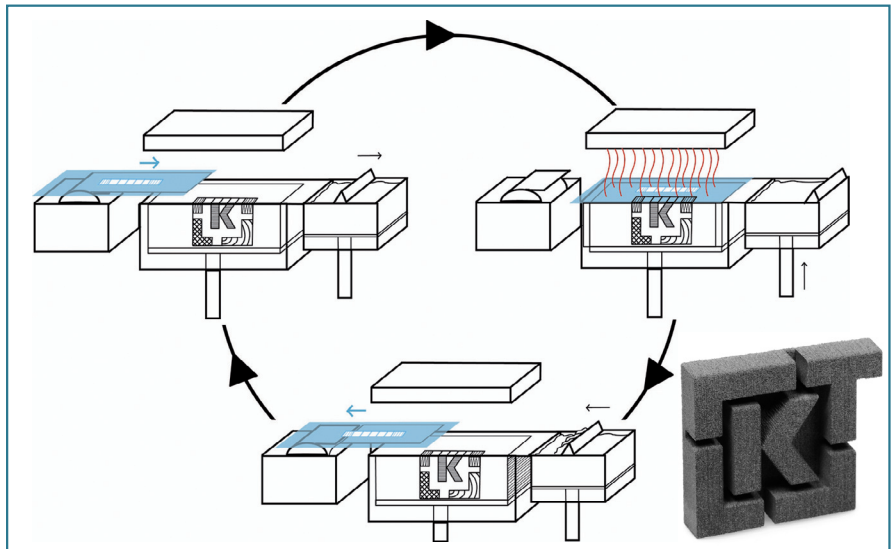
Dazu wird eine Maske aus IR-absorbierendem Material (Toner) auf eine Glasscheibe gedruckt, die dann über dem Pulverbett platziert wird. Anschließend werden mit einem Infrarot-Strahler alle nicht durch die Maske abgedeckten Bereiche in der Schnittebene belichtet und aufgeschmolzen. Übliche Belichtungsdauern liegen bei etwa einer Sekunde. Die Maske wird anschließend von der Glasplatte gelöscht und mit der neuen Kontur bedruckt. Die Bauplattform wird sequenziell um eine definierte Schichtdicke abgesenkt. Zeitgleich hebt sich der Vorratsbehälter, um den abgesenkten Bauraum über ein Raket mit Frischpulver aufzufüllen. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis der Bauprozess abgeschlossen ist.

Am Ende des Prozesses wird das gesinterte Bauteil vom so genannten Partcake, dem nicht aufgeschmolzenen Pulver getrennt. Wie beim SLS wird das Pulver während des Bauprozesses durch die erhöhte Bauraumtemperatur thermisch belastet. Daher kann es nicht ohne weiteres für einen erneuten Bauprozess genutzt werden. Um dennoch eine Nutzung von Altmaterial und somit die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu gewährleisten, ist eine Aufbereitung mit zirka 30 % Frischpulver erforderlich.

Das Selektive Maskensintern erreicht bereits jetzt eine Baugeschwindigkeit von 35 mm Bauhöhe pro Stunde, was vergleichbar mit einer Lasersinteranlage ist. Ein limitierender Faktor für eine wirtschaftliche Serienfertigung mittels additiven Fertigungsverfahren sind die derzeit noch kleinen Bauräume der Anlagen. Durch die veränderte, flächige Energieeinbringung beim Maskensintern besteht hier kein Einfluss der Bauraumfläche auf die Baugeschwindigkeit, da die Kontur



Verkürzung der Produktentwicklungszeit durch Selektives Maskensintern (oben) im Vergleich zum Spritzguss (unten).



Schematischer Verfahrensablauf beim Selektiven Maskensintern. Hier entsteht ein dreidimensionales LKT-Logo.

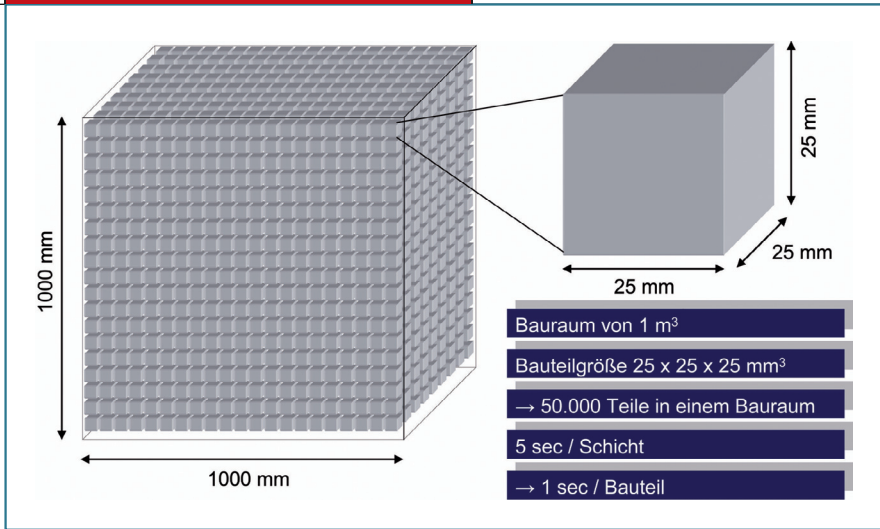
nicht linienförmig abgefahren, sondern innerhalb einer Sekunde vollständig belichtet und aufgeschmolzen wird. Durch eine Vergrößerung der Bauräume könnten folglich mehr Bauteile in einem Prozess generiert und somit die Bauzeit pro Bauteil verkürzt werden.

So wirtschaftlich wie Spritzgießen

Wird für eine Modellrechnung eine Vergrößerung des Bauraums auf einen Kubikmeter angenommen, können ungefähr 50 000 Bauteile mit einer maximalen Kantenlänge von 2,5 cm, inklusive

eines Pulverspalts zwischen den Teilen, in einem Prozess gefertigt werden. Hierbei wurden vereinfacht Würfel vorgegeben, die durch Bauteile beliebiger Geometrie ersetzt werden können. Bei einer optimierten Geschwindigkeit von fünf Sekunden pro Schicht entspricht dies einer Bauzeit des einzelnen Teils von etwa einer Sekunde, was in der Wirtschaftlichkeit an das Spritzgießen heranreicht.

Darüber hinaus ist das Potenzial einer Verkürzung der Bauzeit pro Schicht von derzeit zehn auf etwa fünf Sekunden durch eine Optimierung der Maskenbe-



Modellrechnung der Bauzeit pro Bauteil.

den. Beim Maskensintern wirkt sich die Zugabe von Carbon-Black als IR-Absorber positiv auf die Rieselfähigkeit des Pulvers aus, weshalb durchgängig homogene Teile erzeugt werden können. In den Randzonen der Dünnschnitte ist auch bei maskengesinterten Bauteilen ein für die additiven Fertigungsverfahren typischer Effekt wie der leichte Verzug („Curl“) in den unteren Schichten erkennbar.

Der Fokus derzeitiger Forschungsarbeiten am LKT liegt in der Analyse der komplexen Wechselwirkungen zwischen Energieeintrag und Werkstoff zur Erarbeitung eines umfassenden Prozessverständnisses und Ableitung eines Prozessmodells für das Selektive Maskensintern. Im Rahmen eines von der Bayerischen Forschungstiftung geförderten Projekts mit der Firma FIT in Parsberg werden neue Ansätze der Werkstoffzusammensetzung und des Energieeintrags hinsichtlich gezielter Werkstoffkombinationen und -modifikationen sowie einer angepassten Prozessführung verfolgt. Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Qualifizierung neuer Werkstoffe dar. Nur durch die Erweiterung der Werkstoffpalette können neue Anwendungsfelder erschlossen werden. Basierend auf den Ergebnissen derzeitiger Arbeiten und einer Anpassung der Anlagentechnik kann sich das Selektive Maskensintern zukünftig neben anderen pulverbasierten Verfahren etablieren. Das Verfahren stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um mittels additiver Fertigung wirtschaftlich in Serie zu produzieren. ■

druckung gegeben. Dies führt zu einer Reduzierung der Alterung des verwendeten Pulvers, wodurch eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des generierten Bauteils erreicht werden kann.

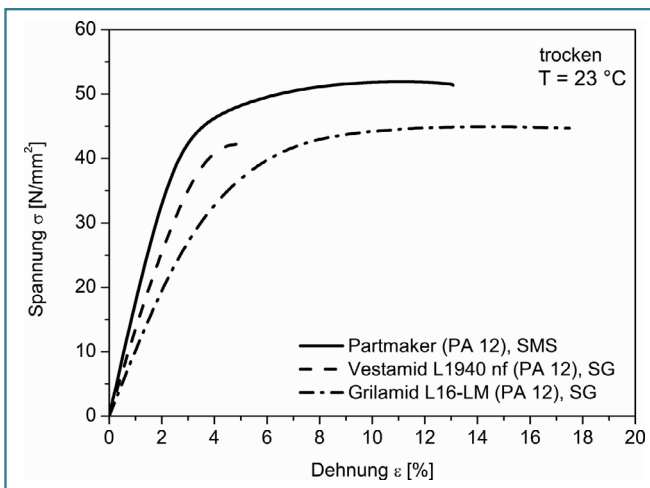
Eingesetzte Werkstoffe basieren auf PA12. Der Einfluss von prozessrelevanten Materialeigenschaften, wie Aufschmelz- und Absorptionsverhalten sowie Schüttgutdichte, wurden für dieses neue Verfahren bislang nicht umfangreich untersucht. Die für das Lasersintern verfügbare Materialpalette ist stark eingeschränkt, da CO₂-Laser monochromatisches Licht emittieren, wodurch nur Kunststoffe verarbeitet werden können, die gute Absorptionseigenschaften im entsprechenden Wellenlängenbereich aufweisen. Aufgrund der höheren Bandbreite der IR-Strahler bietet das Selektive Maskensintern die Möglichkeit, künftig auch andere Materialien zu verarbeiten.

Unmodifizierte Materialien im Test

In Zugversuchen wurden Probekörper senkrecht zur Baurichtung geprüft. Als Vergleichsmaterial zum kommerziell er-

hältlichen Maskensinterpulver Partmaker der Firma Sintermask wurde Vestamid L1940 von Evonik, und Grilamid L16-LM von EMS gewählt und im Spritzguss nach ISO 3167 verarbeitet. Bei beiden Spritzgusstypen handelt es sich um unmodifizierte Materialien. Es zeigte sich, dass mit maskengesinterten Bauteilen eine Bruchdehnung von 12,5 % und eine Bruchspannung von mehr als 50 N/mm² erreicht werden können. Prinzipiell ist nachzuweisen, dass sich vergleichbare mechanische Eigenschaften wie im Spritzgießen erreichen lassen. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bei maskengesinterten Bauteilen aufgrund des schichtweisen Aufbaus deutliche Anisotropien der mechanischen Eigenschaften auftreten. Ferner ist aufgrund des quasi-isothermen Bauprozesses beim Maskensintern ein hoher Kristallinitätsgrad erzielbar, was einen entscheidenden Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Bauteile hat. Die Lunkerbildung hingegen kann bei pulverbasierten Schichtbauverfahren noch nicht vollständig vermieden wer-

Spannungs-Dehnungs-Diagramm eines maskengesinterten PA12-Pulvers im Vergleich mit zwei im Spritzguss verarbeiteten PA12-Typen.



Anhand von Dünnschnitten im polarisierten Licht können die Dichte und Strukturausbildung maskengesinterner Bauteile sowie die Dispergierung von Carbon-Black beurteilt werden.

