

Effizienter Materialeinsatz durch kreislauffähige Pulvermischungen

Auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft

Das Lasersintern hat sich im industriellen Umfeld als eines der bevorzugten additiven Verfahren für Funktionsprototypen und Endverbrauchsteile aus Kunststoff etabliert. Für eine effizientere Nutzung des kostenintensiven Ausgangsmaterials existieren allerdings bisher noch zahlreiche ungenutzte Potenziale.



Verbesserte mechanische Kennwerte von PA12-Bauteilen durch geschlossenen Materialkreislauf im LS-Verfahren © Oerlikon AM Europe GmbH

Noch immer wird von vielen Verfahrensanwendern eine nachhaltigere Ressourcennutzung und eine vollständige Abfallvermeidung beim Lasersintern (LS) nicht umgesetzt. Somit werden Chancen für Kosteneinsparungen und eine geschlossene Kreislaufwirtschaft vergeben. Das liegt vor allem daran, dass von Anlagen- und Materialherstellern suggeriert wird, dass der Prozess nur mit reichlich Neumaterial reproduzierbar funktioniert. Anfallendes und nicht weiter verwendbares Pulver-Altmaterial von bis zu 2 t pro LS-Anlage im Jahr wird dabei gerne ignoriert.

Es geht aber auch anders: Die GS-Pro GmbH bereitet Altmaterial auf und führt es dem LS-Prozess in einem geschlosse-

nen Materialkreislauf zurück. Es resultiert eine effizientere Materialnutzung, Abfallminimierung und Kosteneinsparungen, bei gleichbleibender optischer Qualität. Teilweise verbessern sich zudem die mechanischen Eigenschaften der additiv gefertigten Bauteile.

Steigende Nachfrage für LS-Serienteile

Dem LS-Verfahren erschließen sich stetig neue Anwendungsfelder für die verschiedensten Industriezweige. Neben dem ursprünglichen Anwendungsbereich, der Erstellung von Prototypen, bei denen vorrangig ein Bedarf niedriger Stückzahlen vorherrscht, werden mittlerweile zunehmend Kleinserien durch das

LS-Verfahren additiv gefertigt. Dabei treten Branchen wie der Maschinenbau und die Medizintechnik immer stärker in den Vordergrund. Diese fordern zunehmend individualisierbare sowie flexiblere Fertigungsmethoden und finden diese bevorzugt im Lasersintern.

Durch die steigende Nachfrage für Serienteile und die breiteren Anwendungsfelder, verbunden mit der Produktion höherer Stückzahlen und Losgrößen, erhöht sich zum einen die Auslastungsquote der Maschinen und zum anderen die Anzahl der sich im Einsatz befindlichen Anlagen. Dieser Trend hat allerdings einen stark ansteigenden Mehrverbrauch des Ausgangsmaterials zur Folge.

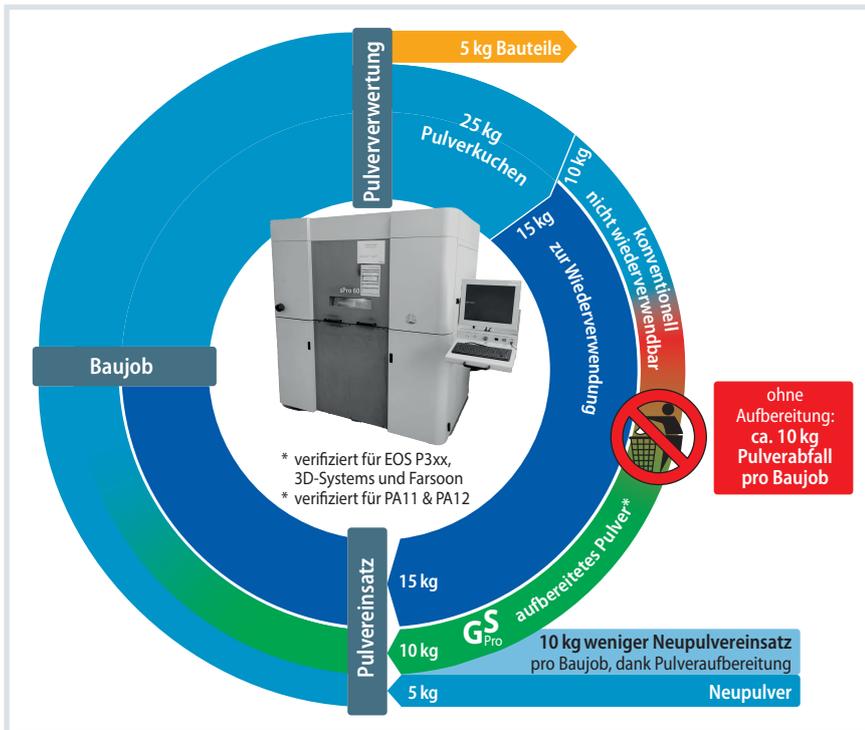


Bild 1. Pulverkreislauf für PA12: Ohne Aufbereitung gehen knapp 10 kg potenzielles Material pro Baujob verloren. Quelle: GS-Pro GmbH, Grafik: © Hanser

Ungenutzte Ressourcen

Ungefülltes Polyamid 12 (PA12) ist aufgrund seiner guten Verarbeitbarkeit im LS-Verfahren, das am häufigsten eingesetzte Material. Verfahrensbedingt können im Umfeld der industriellen Produktion aus dem eingesetzten Pulvermaterial eines Prozessdurchlaufes lediglich 5 - 15 % in Bauteile umgesetzt werden. Das nicht versinterte Altpulver ist thermisch belastet und eignet sich daher nur bedingt für die Weiterverwendung in nachfolgenden Baujobs.

Aus diesem Grund werden bei konventionellen LS-Anwendungen üblicherweise bis zu 45 % des entstandenen Altpulvers entsorgt oder geringwertigeren Verarbeitungsverfahren zugeführt. Bei den hohen Materialpreisen für PA12-Neupulver von 45 - 100 EUR/kg werden so nicht nur die wirtschaftlichen Potenziale durch eine fehlende Materialwiederaufbereitung unzureichend ausgeschöpft, sondern auch wichtige Ressourcen ineffizient genutzt. Um die Umweltbelastung sowie Abfallmengen zu reduzieren und gleichzeitig die existierenden Kosteneinsparpotenziale zu nutzen, ist eine effiziente Ressourcennutzung in dem auch weiterhin wachsenden additiven Markt unumgänglich. [1]

Kreislaufwirtschaft durch Pulveraufbereitung

In **Bild 1** ist der Pulverkreislauf für ungefülltes PA12 zur Verarbeitung auf Anlagen der EOS GmbH beispielhaft dargestellt. Dabei werden im konventionellen Lasersinterverfahren nach einem durchgeführten Bauprozess große Mengen Kunststoffpulver entsorgt. Mit Augenmerk auf die Nachhaltigkeit und die Ökonomie von Industrieprozessen sollte beim LS-Prozess das Ziel verfolgt werden, einen zyklischen, vollständig geschlossenen Materialkreislauf zu betreiben. Auf Grundlage der Aufbereitungstechnologie von gebrauchtem Altpulver von GS-Pro wird dieser geschlossene Materialkreislauf vollständig umgesetzt und Pulverabfälle massiv reduziert.

Ziel der Technologieanwender sollte ein geschlossener Materialkreislauf sein, um Abfall auf ein absolutes Minimum zu reduzieren und somit Materialkosten zu sparen. Dazu wird das überschüssige und thermisch belastete Altmaterial aus dem LS-Prozess nicht wie bisher der Entsorgung oder unökonomischen Industrieprozessen zugeführt, sondern aufbereitet und wiederverwendet. Vereinfacht gesagt: Es wird nur die Menge an Neumaterial für einen LS-Bauzyklus

eingesetzt, welche durchschnittlich in den vielen Produktionszyklen als Bauteil dem Prozess entnommen wird.

Überschüssiges Pulver im LS-Prozess

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde die Frage geklärt, warum das Pulvermaterial bisher nicht vollständig in einem geschlossenen Kreislaufprozess wiederverwendet werden kann und warum typische Oberflächenfehler bei Verwendung eines zu hohen Anteils an Altmaterial entstehen. Um diesen Sachverhalt zu klären, wurden Untersuchungen hinsichtlich der Charakterisierung des Pulvermaterials in Verbindung mit Verarbeitungsversuchen auf verschiedenen Anlagentypen durchgeführt.

Aus den Ergebnissen der thermoanalytischen Untersuchungen lässt sich ableiten, dass während der Verarbeitung im LS-Prozess das eingesetzte »

Info

Text

Dr.-Ing. Sören Griebbach ist Geschäftsführer der GS-Pro GmbH in Chemnitz; info@gspro-gmbh.com

Philipp Beck, M.Sc. ist Projektleiter PowdeR²eSint und Mitarbeiter der GS-Pro GmbH in Chemnitz; info@gspro-gmbh.com

Florian Kunze ist Prozessingenieur bei Oerlikon AM Europe GmbH in Barleben; florian.kunze@oerlikon.com

Dipl.-Chem. Nadine Buschner ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsbereich Polymer- und Grenzflächenchemie am Institut für Strukturleichtbau der Technischen Universität Chemnitz; nadine.buschner@mb.tu-chemnitz.de

Dr.-Ing. Martin Kausch ist Abteilungsleiter Systeme und Technologien für textile Strukturen am Fraunhofer IWU; martin.kausch@iwu.fraunhofer.de

Dank

Die Autoren bedanken sich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Verbundvorhabens „PowdeR²eSint“ (Förderkennzeichen: 033R221) im Rahmen der Fördermaßnahme r+Impuls.

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

Mechanische Eigenschaften	Einheit	Norm	Ausrichtung	Angabe Werkstoffdatenblatt (EOS PA2201)	LS-Standardprozess (EOS PA2201 auf EOSP3XX mit 50 % Neupulvereinsatz)	LS-Prozess mit Pulverrecycling (EOS PA2201 auf EOSP3XX mit ≤ 25 % Neupulvereinsatz)
E-Modul	MPa	DIN EN ISO 527	X	1700	1720	1840
			Y		1710	1780
			Z		1770	1750
Zugfestigkeit	MPa	DIN EN ISO 527	X	48	48,7	50,7
			Y		48,9	49,6
			Z		46,7	48,1
Charpy-Kerbschlagzähigkeit	kJ/m ²	ISO 179-1/1eA	X	4,8	3,96	4,01
			Y	k.A.	3,87	3,93
			Z	k.A.	2,38	3,96
Bruchdehnung	%	DIN EN ISO 527	X	15	19	22
			Y	k.A.	20	21
			Z	k.A.	6	15

Tabelle. Ergebnisse der mechanischen Untersuchungen der hergestellten Probekörper Quelle: GS-Pro GmbH

PA12-Pulver nicht nachweisbar geschädigt wird. Nur bei rheologischen Messungen konnte eine Zunahme der Schmelzviskosität beim Altmaterial im



Bild 2. Demonstratorbauteile: ohne Oberflächendefekte (oben) und bedingt durch einen zu hohen Anteil Altpulver mit Oberflächendefekten (unten) © GS-Pro GmbH

Vergleich zum Neumaterial nachgewiesen werden. Die durch den LS-Prozess verursachte Viskositätszunahme der Kunststoffschmelze wird im wissenschaftlichen Kontext mit einer Verlängerung der Polymerketten begründet, welche aufgrund der prozessbedingt langen thermischen Belastung des Pulvermaterials entstehen. Die erhaltenen Messergebnisse geben somit Aufschluss über die Verarbeitungs- sowie Ge-

brauchseigenschaften der untersuchten Kunststoffpulverproben.

Als Folge der Veränderungen beim Altpulver zeigt sich, dass unter den konventionell vorherrschenden Bedingungen während des LS-Prozesses – bei Verwendung von zu großen Mengenanteilen Altpulver – in der eingesetzten Pulvermischung Oberflächendefekte auftreten. Diese sind als sogenannte „Orangenhaut“ bekannt (**Bild 2**).

Materialkosten und Energieverbrauch senken

Die Prozessimplementierung und Verarbeitung des von GS-Pro aufbereiteten Pulvers erfolgte bei der Oerlikon AM Europe GmbH. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass durch die angewandte Pulveraufbereitung und durch vorgenommene Prozessparameteranpassungen, Bauteile in einer guten Qualität und ohne Oberflächendefekte reproduzierbar herstellbar sind. Zusätzlich werden verbesserte mechanische Kennwerte der hergestellten Bauteile in Bezug auf Bruchdehnung und Schlagzähigkeit, besonders in Aufbaurichtung, erreicht. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle** dargestellt.

Eine Kostenkalkulation zeigt, dass sich durch den zyklischen und geschlossenen Pulvereinsatz etwa 30 % der Materialkosten im Lasersinterprozess einsparen lassen. Weiterhin wird, aufgrund der effizienteren Materialnutzung, ein knapp

45 % geringerer Energieverbrauch über die gesamte Wertschöpfungskette im LS-Prozess erreicht.

Aufgrund der erlangten Erkenntnisse aus dem gemeinsamen Vorhaben hat sich Oerlikon AM dazu entschieden, die Materialaufbereitung in Verbindung mit einem geschlossenen Kreislauf zu nutzen, um effizienter zu produzieren und ihren Kunden verbesserte Bauteileigenschaften bei gleichbleibender optischer Bauteilqualität anbieten zu können.

Fazit und Ausblick

Die Pulveraufbereitung von GS-Pro stellt seit Jahren eine industriell anwendbare und erprobte Entwicklung im LS-Prozess dar und das aufbereitete PA12-Material ist bereits auf verschiedensten industrierelevanten Produktionssystemen einsetzbar. Neben PA12 ist die Aufbereitung ebenfalls für PA11 und PA12/12 umgesetzt und vermeidet somit auch bei diesen Kunststoffen Pulverabfälle.

Die Pulveraufbereitung ermöglicht zudem eine effizientere Ressourcennutzung, teilweise verbesserte mechanische Eigenschaften der Bauteile, Produktionskosteneinsparungen sowie stabilere Lasersinter-Prozesse durch einen geringeren Einfluss der Chargenvarianzen aus der Neupulverproduktion. Somit ist eine höhere Produktions- und Kosteneffizienz bei gleichbleibendem Qualitätsanspruch und einer verbesserten Nachhaltigkeit realisierbar. ■