

Kleinserie, hergestellt durch Additive Manufacturing.

› Schichtweise Verarbeitung von pulverförmigen Materialien

Werkstoffe für das selektive Lasersintern (SLS)

Im Jahr 1989 wurde mit einem Patent der Universität Austin (Texas, USA) der Grundstein für die Technologie des selektiven Lasersinterns (SLS) gelegt. Seit dieser Zeit hat sich das schichtweise Verarbeiten von pulverförmigen Materialien mit Lasern in unterschiedlichsten Industriebereichen etabliert. Sowohl Kunststoff- als auch Metallpulver sind generativen Technologien zugänglich. Bei Kunststoffen spricht man in der Regel von selektivem Lasersintern (SLS), bei Metallen von selektivem Laserschmelzen (SLM).

› Manfred Schmid, inspire AG

Wurden am Anfang hauptsächlich Einzelstücke und Prototypen hergestellt, so rücken die generativen Verfahren in jüngster Zeit auch als Produktionstechniken für grössere Bauteilserien immer mehr in den Fokus des Interesses. Aus Rapid Prototyping (RP) wird also Additive Manufacturing (AM), und ein rasantes Wachstum für AM wird prognostiziert.

Damit RP/AM ihr Potenzial zukünftig ausschöpfen können, ist neben der technologischen Weiterentwicklung der Anlagen und Prozesssteuerungen auch eine stetige Erweiterung des SLS-Materialspektrums erforderlich, um spezifische Kundenbedürfnisse zu befriedigen.

SLS-Materialien

Polyamid 12 (PA12) ist noch immer der zentrale polymere Werkstoff für das SLS-Verfahren und wird weltweit in unterschiedlichen SLS-Anlagen breit eingesetzt. Bis heute bestehen nach Schätzungen immer noch etwa 80 bis 90 Prozent der mit SLS hergestellten Kunststoffteile aus PA12. Die thermischen Eigenschaften, die Pulververteilung

und -fließfähigkeit sowie die Schmelzviskosität von PA12 ist für die SLS-Verarbeitung besonders gut geeignet und konnte von anderen Kunststoffpulvern bis anhin nicht übertroffen werden.

Es ist daher nicht verwunderlich, dass viele Weiterentwicklungen von SLS-Werkstoffen auch auf Basis PA12 erfolgen. Beispiele dafür sind Werkstoffe mit einer erhöhten Temperaturbelastbarkeit und die Optimierung der Teiledichtheit. Darüber hinaus treten auch neue vom Polyamid 12 unabhängige Materialien in den Focus der SLS-Technologie, welche weitere Anwendungsbereiche erschliessen sollen.

Temperaturbeständiges SLS-Material

Eine Optimierung der Wärmeformbeständigkeit (HDT) von PA12 SLS-Teilen ist unter anderem für deren Einsatz im Automobilbereich «under the hood» von wesentlicher Bedeutung. Zahlreiche Versuche PA12-Pulver durch Compoundieren mit klassischen Polymerfüllstoffen wie Glasfasern und Glaskugeln, Kohlefasern und Metallpulvern (Aluminium) zu optimieren wurden unternommen. Signifikante Verbesserungen im

Bereich der mechanischen Eigenschaften konnten dabei erzielt werden, aber die gesuchten Verbesserungen hinsichtlich erhöhter Wärmeformbeständigkeit HDT waren nicht so ausgeprägt wie gewünscht.



Bild 1: FX-3000-Hydrotester von Textest zur Bestimmung der Wasserdichtheit von gesinterten PA12-Probekörpern mit unterschiedlichen Beschichtungen.

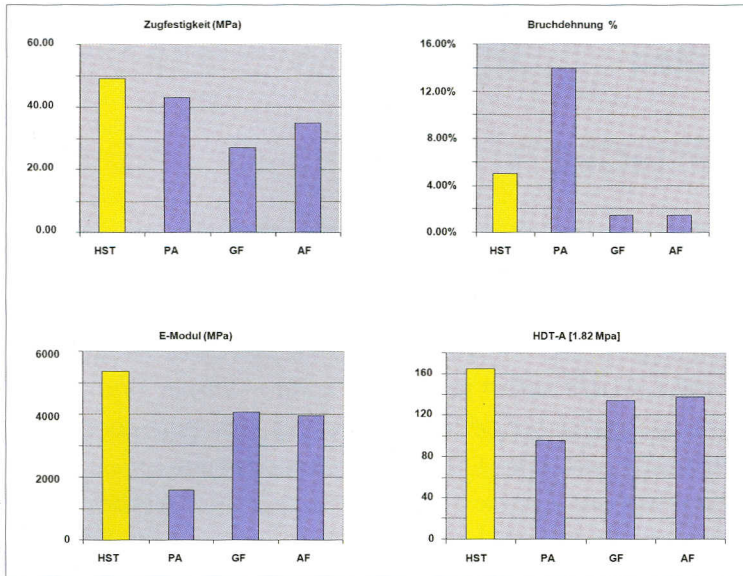


Bild 2: Mechanische und thermische Kenngrößen von Duraform HST im Vergleich zu anderen SLS-Werkstoffen (PA = PA12 unverstärkt; GF = glasgefüllter PA12-Compound; AF = aluminiumhaltiger PA12-Compound).



Bild 3: Testbeschichtungen auf der Basis von Silikon, Polyurethan, Acrylat und Epoxid.

Erst mit dem unter Mitarbeit unseres Instituts entwickelten neuartigen SLS-Werkstoff Duraform HST, welcher eine spezifische mineralfaserartige Komponente enthält, konnte der HDT-Wert erheblich angehoben werden. Die Eigenschaftsoptimierung von HST basiert auf der ausgeprägten Einbindung der Mineralfasern in der Polyamidmatrix und deren günstigem Aspektverhältnis (Länge zu lateraler Ausdehnung). Die Matrixhaftung im Falle der Mineralfaser ist deutlich ausgeprägter als beim glas- oder metallgefüllten Material.

Die wesentlichen Ergebnisse zu den mechanischen Eigenschaften verschiedener SLS-Compounds auf PA12-Basis sind in Bild 2 zusammengestellt. Duraform HST (gelbe Balken) ist anderen P12-Compounds klar überlegen. Herauszuheben ist dabei die deutlich gesteigerte Wärmeformbeständigkeit (HDT-A) von HST-Material, welche die Anwendung von SLS-Bauteilen in höheren Temperaturbereichen gestattet.

Polyolefin-Werkstoffe für SLS

In jüngster Zeit werden von verschiedenen Kunststoffherstellern Versuche unternommen, neue, vom PA12 unabhängige Werkstoffe im SLS-Bereich zu etablieren. Zielrichtung ist vor allem eine höhere Zähigkeit und damit gesteigerte Bruchdehnung zu erreichen. Hier weist PA12 Optimierungspotenzial auf (siehe Bild 2 – Bruchdehnung). Ein neues von irpd kürzlich untersuchtes Material scheint besondere Eigenschaften zu besitzen. Das SLS-PP Material lässt sich

auf SLS-Anlagen ausgezeichnet verarbeiten und zeigt Bruchdehnungsgrenzen von 200 Prozent und mehr – ein bis anhin von SLS-Materialien unerreichter Wert. Dieses Material ist aktuell Gegenstand weiterer Untersuchungen und wird demnächst unter dem Namen i-COPP in den Markt eingeführt werden.

SLS-Material mit verbesserter Dichtigkeit

Die verbesserte Dichtigkeit gegen Wasser und andere flüssige Medien spielt speziell bei Teilen mit Medienkontakt unter Druck eine grosse Rolle (zum Beispiel Teile für den Sanitärbereich). Die intrinsisch bei PA12 vorhandenen Defizite in diesem Bereich können durch geeignete Beschichtungen ausgeglichen werden. Zum Nachweis dieser verbesserten Wasserdichtigkeit wurde bei irpd ein Messverfahren adaptiert, welches bis anhin für die Messung bei Textilien eingesetzt wurde. Bild 1 zeigt die Prüfeinrichtung. Die Untersuchungen mit verschiedenen Beschichtungskemikalien haben vielversprechende Ergebnisse geliefert. Diverse Beschichtungen auf Silikon-, Acrylat- und Polyurethanbasis wurden auf gesinterte Probekörper appliziert und mit dem Hydrotester mit 1 bar Überdruck analysiert.

Es konnte gezeigt werden, dass die Wasserdichtigkeit massiv gesteigert werden kann, was für bestimmte SLS-Anwendungen essenziell ist (zum Beispiel Bauteile mit innen liegenden Wasserkühlkanälen). Die getesteten und für gut befundenen Beschichtungen

werden für AM-Kundenbauteile, wo benötigt und sinnvoll, mittlerweile auch appliziert.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde der aktuelle Stand im Bereich der SLS-Lasersintermaterialien hinsichtlich thermischer und mechanischer Verbesserungen und Optimierung der Wasserdichtigkeit beleuchtet. Nach wie vor ist das im Wesentlichen im SLS-Bereich eingesetzte Grundmaterial Polyamid 12 und seine diversen Abmischungen. Durch Compoundierung mit Mineralfasern ist es gelungen, einen SLS-Werkstoff mit hoher Wärmeformbeständigkeit zu erhalten. Darüber hinaus gibt es Ansätze, andere Materialien für RM-Anwendungen für die tägliche Praxis zu etablieren. Kunststoffe mit verbesserten Zähigkeitswerten sind hier zu nennen. Hinsichtlich der Wasserdichtigkeit von gesinterten PA12-Teilen konnten durch die Applikation geeigneter Beschichtungen wesentliche Verbesserungen erreicht werden. Mit einem aus der Textiltechnologie adaptierten Testverfahren gelang der Nachweis einer signifikant erhöhten Wasserdichtigkeit, und verschiedene Beschichtungen konnten spezifisch klassifiziert werden.

Kontakt

inspire AG, irpd
 Lerchenfeldstrasse 5
 CH-9014 St. Gallen
 Telefon +41 (0)71 274 73 10
 irpd@inspire.ethz.ch
 www.inspire.ethz.ch/irpd