

Polymerpulver für die additive Fertigung mittels Kryogenvermahlung

# In der Kälte für den 3D-Druck optimiert

**Additive Fertigungsmethoden** gewinnen in der Industrie zunehmend an Bedeutung. Damit steigt auch der Bedarf an **Polymerpulvern**, die als Ausgangsmaterialien in verschiedenen **3D-Druck-Verfahren** dienen. Die Pulver müssen dabei **spezielle rheologische Eigenschaften** aufweisen, die etwa durch eine enge Kornverteilung sowie die Fließfähigkeit begünstigende Kornformen erreicht werden. Mit der **Krygenmahltechnik** lassen sich Pulver mit dem gewünschten Eigenschaftsprofil **schonend und wirtschaftlich** herstellen.

Bildquelle: Media Whalstock – stock.adobe.com

Waren es vor einigen Jahren vor allem Designstudien und Prototypen, die aufgrund der vielen Freiheitsgrade der additiven Fertigungsmethoden so hergestellt wurden, sind es laut VDMA-Umfrage heute schon zu 50 % Teile, die als Werkzeuge, Serien- oder Ersatzteile eingesetzt werden. Im Gegensatz zum subtraktiven Fertigen (zum Beispiel spanabhebend), wird das Material Schicht für Schicht aufgetragen. Als Basis dazu dienen hochkomplexe, dreidimensionale Modelle, die in CAD Zeichenprogrammen erstellt worden sind. Zwei Vorteile ergeben sich daraus: Es entsteht kaum Materialverlust und es kann wesentlich gewichtspa-

render und festigkeitsorientierter konstruiert und gefertigt werden.

Bei pulverbasierten 3D-Druck-Verfahren – zum Beispiel SLM oder EBM – wird das Rohmaterial in Pulverform auf die aufzubauende Schicht des Bauteils gebracht. Durch einen Laser werden die aufgetragenen Pulver und die darunterliegende Schicht erhitzt und miteinander verschmolzen. Dieser Vorgang wiederholt sich Schicht für

Schicht, bis das Bauteil die endgültige Form angenommen hat.

Um Bauteile von hoher Stabilität so zu fertigen, sind hohe Packungsdichten erforderlich, die über alle Schichten des Fertigungsprozesses zu gewährleisten sind. Gerade bei Serienteilen ist eine Reproduzierbarkeit in puncto Geometrie und Festigkeit absolut notwendig. Die rheologischen Eigenschaften des Pulvers müssen so sein, dass stets eine gleichmäßige Verteilung im Pulverbett gewährleistet ist. Dies wird durch eine enge Kornverteilung der Polymerpulver erreicht. Je nach Material und Druckertyp können die Feinheiten variieren, allerdings ist eine



## Web-Tipp

► Short-URL:

[www.plastverarbeiter.de/74309](http://www.plastverarbeiter.de/74309)



◀ Flüssigstickstoff ist ein bevorzugtes Kältemittel – auch in der Kryogenmahltechnik.

Kornverteilung beeinflusst, sondern auch von der Kornform. Runde oder auch kartoffelförmige Partikel haben ein deutlich besseres Fließverhalten als eckige oder unregelmäßig geformte Körner. Die Kornform wird durch das Bruchverhalten des Materials und durch die Art der Beanspruchung bestimmt. Durch die Auswahl des Mahlverfahrens lässt sich die Kornform teilweise beeinflussen. Die Unterbindung von elektrostatischen Effekten ist ein wichtiger Aspekt, der durch gezielte Maßnahmen in der Anlagentechnik beherrscht wird.

Als Rohstoff für den 3D-Druck dienen in erster Linie Homopolymere, wie PP, PE und vor allem PA. Die technische Entwicklung ist rasant, und so sind bereits Copolymere oder additiv versetzte Polymermischungen als Druckmaterial in der Entwicklung. Dennoch ist nach wie vor PA 6 der mit Abstand am häufigsten eingesetzte 3D-Druckerrohstoff.

Tabelle 1 zeigt einige ausgewählte Eigenschaften im Überblick. Die Schmelztemperatur ist für das 3D-Druck-Verfahren wichtig. Aufgrund der hohen Zugfestigkeit wird hauptsächlich PA 6 bei mechanisch hoch beanspruchten Bauteilen eingesetzt. PA 12 oder PA 11 werden verwendet, wenn das gefertigte Bauteil bei extrem niedrigen Temperaturen bis zu  $-50\text{ °C}$  eingesetzt werden soll.

hohe Steigung ein wichtiges Qualitätsmerkmal.

Zur Herstellung von engen Kornbändern – man spricht auch von „steilen Kornverteilungen“ – ist sowohl eine schonende Mahlung als auch eine gezielte Abtrennung von unerwünschten Fraktionen notwendig. Die Pulverrheologie wird nicht nur von der

### Wirtschaftlich zur optimalen Körnung mit Kaltvermahlung

Die Glasübergangstemperatur trennt den unterhalb liegenden spröden, energieelastischen vom oberhalb liegenden weichen, entropieelastischen Bereich ab. In Abbildung 1 ist der prinzipielle Verlauf des Elastizitätsmoduls eines beliebigen Polymers über die

Polymer	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Schmelzpunkt [°C]	Zugfestigkeit [MPa]	Glasübergangstemperatur [°C]	min. Einsatztemperatur [°C]
PA 12	1.010	178	40	37	- 50
PA 11	1.050	198	48	46	- 50
PA 6	1.140	220	80	50 - 60	- 40

▲ Tabelle 1: Technische Daten verschiedener Polyamide.

## PROZESSKÄLTE FÜR DIE KUNSTSTOFF- PRODUKTION



ENERGIEEFFIZIENTE  
KÄLTETECHNIK STEIGERT  
IHRE PRODUKTIVITÄT

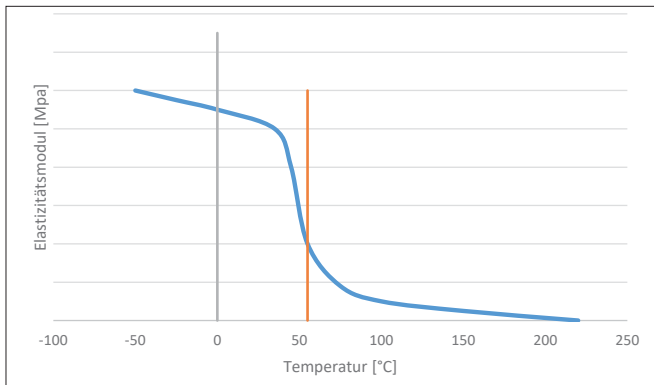
- Werkzeugkühlung
- Hydraulikkühlung

Einmal investieren, dauerhaft sparen!  
Auch mit förderfähigen  
natürlichen Kältemitteln!

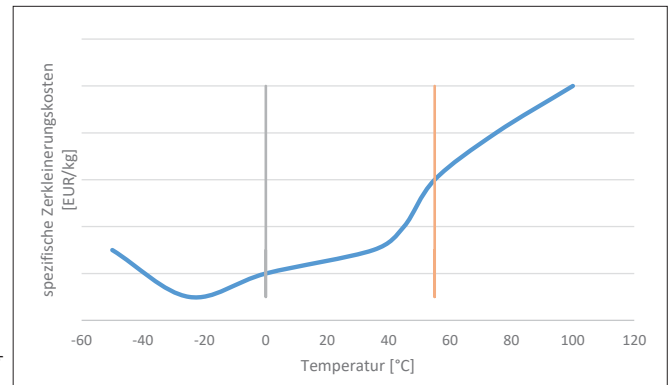


L&R Kältetechnik GmbH & Co.KG

Hachener Strasse 90a-c  
59846 Sundern-Hachen • Germany  
T +49 2935 9652 0  
info@lr-kaelte.de • www.lr-kaelte.de



▲ Abbildung 1: Prinzipieller Verlauf des Elastizitätsmoduls über die Temperatur.



▲ Abbildung 2: Beispielhafter Verlauf der Zerkleinerungskosten.

Temperaturskala aufgetragen. Die orangefarbene Linie markiert die Glasübergangstemperatur (TG). Diese ist nicht fest, sondern kann in einem Bereich von circa 10–15 °C liegen. Je tiefer die Umgebungstemperatur unter TG sinkt, umso mehr versprödet das Material. Der Effekt setzt sich im Bereich unterhalb von 0 °C noch weiter fort (siehe Abbildung 1).

Dieser Umstand wird bei der Kaltzerkleinerung oder Kryogenvermahlung ausgenutzt, um die Effizienz der Zerkleinerung zu erhöhen. Viele Kunststoffe lassen sich schon bei Raumtemperatur bis zu einer gewissen Korngröße sehr gut zerkleinern. Es ist letztlich eine Frage der zu erreichenden Korngrößen sowie der Wirtschaftlichkeit, bis zu welcher Temperatur abgekühlt werden soll.

In Abbildung 2 erkennt man, dass unterhalb der Glasübergangstemperatur, hier als orangefarbene Linie dargestellt, die spezifischen Kosten stark

sinken und bei einer bestimmten Temperatur, hier bei -20 °C, ein Minimum erreichen (die graue Linie ist der Gefrierpunkt des Wassers und ist als Referenzlinie zu Orientierung dargestellt). Dies ist so zu erklären, dass sich die Versprödung des zu mahelnden Materials bei Unterschreiten der optimalen Temperatur nicht mehr signifikant ändert. Die Verbrauchskosten des Kühlmediums steigen hingegen überproportional an.

### Flüssiger Stickstoff als Kühlmedium

Netzsch Lohnmahltechnik setzt flüssigen Stickstoff als Kühlmedium ein. Das in der Anlagentechnik genutzte Temperaturfenster liegt typischerweise von -50 °C bis zu -20 °C. Im Technikum des Unternehmens sind alle in der Produktion stehenden Maschinen im Kleinmaßstab verfügbar, sodass gezielt das jeweilige produktspezifische Optimum gefunden werden kann. Diese Erkennt-

nisse lassen sich danach problemlos auf die großen Produktionslinien übertragen. Das Technikum kann natürlich auch für R & D-Aufgaben zur Produktweiterentwicklung genutzt werden.

### Neue Kryogenanlage für die Lohnfertigung

Aktuell wird eine neue Kryogenmahlanlage mit einer Stiftmühle Condux 300 aufgebaut und zusätzlich die am Standort vorhandene Stickstoffkapazität verdoppelt. Diese steht demnächst allen Kunden für Produktionsaufträge zur Verfügung. Auch die Weiterverarbeitung der Materialien durch Siebung oder Sichtung bietet Netzsch in Bobingen als weiteren Prozessschritt kundenspezifisch an. Alle Operationen werden durch moderne Mess- und Steuerungstechnik überwacht. Die Qualitätssicherung wird durch Probenahmen und Analysen im eigenen Labor produktionsnah begleitet.

Netzsch Lohnmahltechnik und das technische Personal können auf jahrzehntelange Erfahrung im Umgang mit Kryogenmahlung zurückgreifen. Das verfahrenstechnische Wissen, speziell zur Rheologie, hilft bei der Optimierung der Pulvereigenschaften. ■

### Autor

#### Robert Rosen

ist Geschäftsführer von Netzsch Lohnmahltechnik in Bobingen.

### Kontakt

► Netzsch Lohnmahltechnik, Bobingen  
info.nlt@netzsch.com



◀ Kryogenmühlen vermahlen Kunststoffe schonend und anwendungsspezifisch zu Pulvern, die beispielsweise im 3D-Druck zum Einsatz kommen.