Whitepaper

Additive Fertigung mit Silikon

Extrusionsbasierte additive Fertigungsverfahren und Prozesse

Additiv gefertigte Bauteile werden längst nicht mehr nur für den Prototypenbau verwendet. Auch im Vorserienbau und für Serienteile wird ihr großes Potential genutzt. Für technisch einsetzbare Bauteile sind die Materialeigenschaften von entscheidender Relevanz. In diesem Bereich können 3D-gedruckte Bauteile nur mit konventionell gefertigten konkurrieren, wenn sie auch die gleichen mechanischen und chemischen Eigenschaften besitzen. Biokompatibilität, thermische Beständigkeit und natürlich die sehr hohe Elastizität machen Silikon für sehr viele Anwendungen unverzichtbar. Es besteht deshalb ein großes Interesse, die Vorteile der Additiven Fertigung auch für den Werkstoff Silikon zu ermöglichen. Der Prozess zur additiven Verarbeitung von Silikon ist jedoch nicht trivial.

Von den unterschiedlichen Ansätzen werden in diesem White Paper die **extrusionsbasierten** Verfahren und Prozesse dargestellt. Insbesondere werden verschiedene Vernetzungsmechanismen näher betrachtet – mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen.

**3D Druck von Silikon: Extrusionsbasierte Verfahren**

Ein entscheidender Vorteil der extrusionsbasierten Verfahren ist die große Vielfalt an verarbeitbaren Flüssigkeiten und Pasten. Es sind damit nahezu alle Arten von Silikonen verwendbar: Von niedrig- bis hochviskos und von RTV (**R**aum-**T**emperatur-**V**ulkanisation) über Standard LSR (**L**iquid **S**ilicone **R**ubber) bis hin zu UV-vernetzenden und mit Partikeln gefüllten Silikonen.

Der extrusionsbasierte Fertigungsprozess ist dem des FLM-Druckens (**F**used **L**ayer **M**odelling) sehr ähnlich. Mit Hilfe eines Dosierkopfes wird dabei ein Strang abgelegt. Aus diesem Strang wird Schicht für Schicht ein Bauteil additiv gefertigt.

In diesem White Paper werden die 2-komponentigen LSRe und RTV-Silikone behandelt. LSR benötigen zur Vernetzung thermische Energie, RTV-Silikone sind für eine Reaktion bei Raumtemperatur ausgelegt.

**Vernetzung von LSRen**

Beim Drucken von Silikon handelt es sich immer um ein flüssiges Medium. Entscheidende Prozessparameter sind deshalb die Formstabilität und das Vernetzen des Silikons. Wichtig ist auch: Erst durch die chemische Reaktion des Materials, zum Beispiel durch Polyaddition oder Polykondensation, wird die Festigkeit des fertigen Silikons erreicht.

Grundsätzlich unterscheidet man für LSR Silikone zwischen zwei unterschiedlichen Zeitpunkten der Vernetzung: Vernetzung während der Fertigung und Vernetzung im Postprozess bzw. in der Nachbereitung.

**Vernetzung während der Fertigung**

* Beheizte Bauplattform:   
  Beheizbare Bauplattformen in additiven Fertigungsmaschinen sind weit verbreitet. Es ist also naheliegend, die thermische Vernetzungsenergie darüber bereitzustellen. Je nach Reaktionszeit des Silikons kann die Vernetzung auf einer beheizten Bauplattform innerhalb weniger Sekunden nach der Extrusion erfolgen.

Dieses Verfahren hat jedoch einen entscheidenden Nachteil: Die Temperaturverteilung verändert sich mit der Höhe des Bauteils. Denn je weiter die Schicht von der Bauplattform entfernt ist, umso weniger thermische Energie wird zugeführt. Das bedeutet, dass ein zuverlässiger und konstanter Prozess für ein Bauteil mit zahlreichen Schichten damit sehr schwierig zu realisieren ist. Erfahrungsgemäß ist es nicht mehr sinnvoll, Bauteile die größer als zwei bis drei Zentimeter sind, mit einer beheizten Bauplattform zu fertigen.

* Vernetzung jeder Schicht:  
  Ein Wärmeeintrag auf das jeweilige Bauteil von oben – nach jeder Schicht – ermöglicht die gleichmäßige Vernetzung für eine beliebige Anzahl an Schichten. Der Wärmeeintrag erfolgt direkt während des Druckprozesses, das Bauteil ist also direkt nach dem Drucken fertig. Dafür wird eine zusätzliche Wärmequelle, wie beispielsweise eine Infrarotlampe, benötigt. Intensität und Belichtungszeit müssen auf die jeweilige Schicht angepasst sein, weshalb der ganze Fertigungsprozess aufwändiger und komplizierter wird.

**Vernetzung im Postprozess**

Ein weiterer Ansatz ist es, ein Silikon zu verwenden, das aufgrund seiner rheologischen Eigenschaften nach der Extrusion die Form behält. Das kann durch eine sehr hohe Viskosität oder eine hohe Thixotropie des Silikons oder auch durch eine Kombination aus beidem erreicht werden. Das fertige Bauteil aus LSR Silikon wird im Nachgang, dem sogenannten „postprocessing“, in einen Ofen gestellt und bei entsprechenden Temperaturen vernetzt. Durch den Wärmeeintrag darf keine Deformation im Bauteil erfolgen. In diesem Prozess werden keine zusätzlichen Geräte zur Wärmezufuhr während des Druckens benötigt.

**Stützmaterial**

Für steile Überhänge oder ein Bridging (das Schließen einer Kontur) muss eine Stützstruktur aufgebaut werden. Dieses Stützmaterial soll während des Fertigungsprozesses auf dem Silikon haften und den thermischen Bedingungen während der Vernetzung standhalten. Anschließend muss es im fertigen Bauteil leicht entfernbar sein. Es ist eine Herausforderung, das passende Stützmaterial für jedes Silikon zu finden. Und durch das Aufbauen der Stützstruktur werden zusätzliches Material und Zeit für den Fertigungsprozess benötigt.

**Fertigung im Hydrogel**

Doch es gibt ein Verfahren, mit dem Geometriefreiheit ohne das Aufbauen einer Stützstruktur möglich ist: Das Fertigen in einem anderen Medium. Dazu wird das Silikon mit einer langen Nadel in einen Behälter, der mit einem „Stützmedium“ gefüllt ist, dosiert. Dieses Stützmedium kann zum Beispiel ein Pulver oder Hydrogel sein. Der Prozess ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:



Abbildung 1: 3D Druck von Silikon: Fertigungsprozess Hydrogeldruck

Im ersten Schritt wird das Silikon (siehe Abbildung 1 in orange) in ein Stützmedium (siehe Abbildung 1 in blau) dosiert. Der extrudierte Strang wird von dem umgebenden Medium fixiert. Nach dem die gewünschte Struktur aufgebaut ist und das Silikon vernetzt ist, kann das Bauteil mit einer Pinzette aus dem Medium entfernt werden. Abschließend werden Reste des Stützmedium entfernt oder einfach abgewaschen.

Besonders geeignet für dieses Verfahren sind RTV Silikone, da diese bereits nach kurzer Zeit (30 bis 60 Minuten) vernetzt sind. Das Stützmedium kann nach dem Entfernen des Bauteils erneut verwendet werden.

Der größte Vorteil dieses Verfahrens: Die sehr große Gestaltungsfreiheit. Man ist weder durch zu steilen Überhang noch durch Bridging eingeschränkt. Zur Veranschaulichung ist in der Abbildung 2 ein Bauteil dargestellt, das beides aufweist.

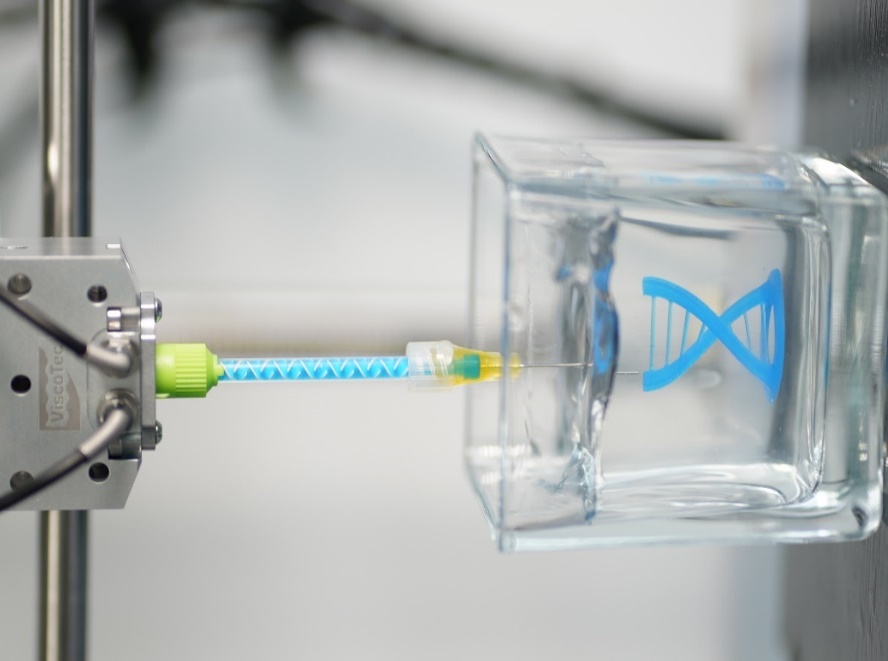


Abbildung 2: DNS-Struktur aus Silikon – gefertigt als 3D Druck Bauteil in Hydrogel

Dieses Bauteil wurde mit einer 0,3 mm Nadel gedruckt. Die dünnen Verbindungen zwischen der Helix sind mit anderen Verfahren bisher nur sehr schwierig fertigbar.

Nachteile dieser Technologie ist der große Einsatz an Stützmedium, das bei größeren Bauteilen notwendig ist. Und dass eine Verwendung von LSRen meist nicht sinvoll ist.

**Zusammenfassung – 3D Druck von Silikon**

Durch die große Vielfalt an unterschiedlichen extrusionsbasierten Fertigungsprozessen lassen sich nahezu alle Bauteile aus Silikon herstellen. Je nach gewünschter Geometrie und Silikontyp kann der passende Prozess definiert werden. Die Grundlage für einen erfolgreichen Fertigungsprozess ist dabei immer eine präzise und wiederholgenaue Dosierung des Silikons. Das Potential des Silikon-3D-Druckes ist bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Insbesondere mit neuen Verfahren, wie beispielsweise dem Verwenden von Stützmedium (wie Hydrogel), eröffnen sich völlig neue Gestaltungsmöglichkeiten.

Weitere Infos : <https://www.viscotec.de/3d-druck-von-standardmaterialien/>

7.538 Zeichen inkl. Leerzeichen. Abdruck honorarfrei. Beleg erbeten.

ViscoTec – Perfekt dosiert!

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH ist Hersteller von Systemen, die zur Förderung, Dosierung, Auftragung, Abfüllung und der Entnahme von mittelviskosen bis hochviskosen Medien benötigt werden. Der Hauptsitz des technologischen Marktführers ist in Töging a. Inn (Bayern, Nähe München). Darüber hinaus verfügt ViscoTec über Niederlassungen in den USA, in China, Singapur, Indien und Frankreich und beschäftigt weltweit rund 300 Mitarbeiter/innen. Zahlreiche Händler weltweit erweitern das internationale Vertriebsnetzwerk. Neben technisch ausgereiften Lösungen auch bei kompliziertesten Aufgaben, bietet ViscoTec alle Komponenten für die komplette Anwendung aus einer Hand: Von der Entnahme über die Produktaufbereitung bis hin zur Dosierung. Damit ist ein erfolgreiches Zusammenwirken aller Komponenten garantiert. Alle Medien, die im Einzelfall eine Viskosität von bis zu 7.000.000 mPas aufweisen, werden praktisch pulsationsfrei und extrem scherkraftarm gefördert und dosiert. Für jede Anwendung gibt es eine umfassende Beratung und bei Bedarf werden – in enger Zusammenarbeit mit den Kunden – umfangreiche Versuche & Tests durchgeführt. ViscoTec Dosierpumpen und Dosieranlagen sind auf den jeweiligen Anwendungsfall optimal abgestimmt: Bei Lebensmittelanwendungen, im Bereich E-Mobility, in der Luft- und Raumfahrt, der Medizintechnik, in der Pharmazie, der Elektronikfertigung und vielen weiteren Branchen.

Pressekontakt:

Lisa Kiesenbauer, Marketing

ViscoTec Pumpen- u. Dosiertechnik GmbH

Amperstraße 13 | 84513 Töging a. Inn | Germany

Tel.: +49 8631 9274-0

lisa.kiesenbauer@viscotec.de | www.viscotec.de