

## › Grosse Kunststoffteile additiv hergestellt

# Ultraschallschweissen macht's möglich

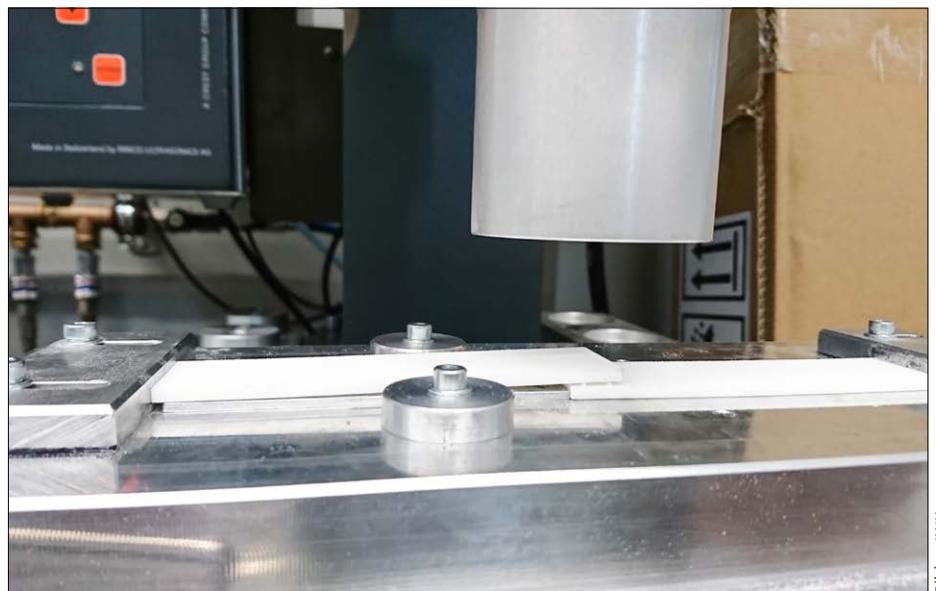
Um den Kundenanforderungen nach grösseren Bauteilen gerecht zu werden, werden heutzutage vermehrt Bauteile verklebt oder mittels Ultraschallschweissen gefügt. Dieses Verfahren bietet eine hohe Designfreiheit, da sich 3D-Fügenähte in kurzen Schweisszyklen ohne Nachbearbeitung realisieren lassen. In Zusammenarbeit mit der Firma prodartis AG hat das IWK eine Machbarkeitsstudie zum Ultraschallschweissen von mittels SLS und MJF gefertigten Bauteilen aus PA12 durchgeführt.

› **Prof. Dr. Pierre Jousset<sup>1</sup>,  
Pascal Schiesser<sup>1</sup>,  
Mauritius Mazenauer<sup>2</sup>**

Die additive Fertigung stellt aufgrund einer Vielzahl von Vorteilen ein attraktives Verfahren für viele industrielle Bereiche dar. Kurze Lieferzeiten, Geometriefreiheit und die Funktionsintegration haben in den letzten Jahren für einen stark wachsenden Markt gesorgt. Die prodartis AG mit Sitz in Appenzell CH produziert additiv gefertigte Kunststoffteile in Serie mittels Selective Laser Sintering (SLS) und Multi Jet Fusion (MJF). Der begrenzte Bauraum beim 3D-Druck stellt bei grossen Geometrien jedoch einen Nachteil dar. Neben Kleben von grossen Bauteilen stellt das Ultraschallschweissen von additiv gefertigten Bauteilen ein attraktives Verfahren dar.

Dabei werden die zu verbindenden Kunststoffe durch hochfrequente mechanische Schwingungen und die dadurch entstehende Molekular- und Grenzflächenreibung in der Fügezone plastifiziert. Nach dem Aufschmelzen wird durch kurze Abkühlzeiten unter Beibehaltung des Fügedrucks eine homogene Verfestigung in der Fügezone erreicht.

Die mechanischen Schwingungen werden erzeugt indem im Konverter mittels Piezo-Elemente die vom Generator zur Verfügung gestellte elektrische in mechanische Schwingung umgewandelt wird. Die dadurch erzeugten mechanischen Längenänderungen betragen wenige Mikrometer, was für das Ultraschallschweissen meist nicht ausreicht. Deshalb wird mit dem Endwerkzeug, der sogenannten Sonotro-



Zugscherprobe mit parallelen ERG vor dem Ultraschallschweissprozess.

de, und einem dazwischenliegenden Booster die Amplitude der mechanischen Schwingung verstärkt. Mit der Sonotrode werden die Schwingungen auf die zu verschweisenden Bauteile aufgebracht. Der nötige Anpressdruck wird mit einem pneumatischen Zylinder, der den Zusammenbau – bestehend aus Konverter, Booster und Sonotrode – auf die Werkstücke presst, sichergestellt.

### Schnelles Anschmelzen des Materials

Die Untersuchung der Schweissbarkeit von additiv gefertigten PA12 Bauteilen wurde anhand von Zugscherproben durchgeführt. Dabei wurden jeweils zwei 3D-gedruckte Platten mit unterschiedlichen Schweissparametern verschweisst und mithilfe einer Zugprüfmaschine auf ihre Festigkeit untersucht. Bei den einstellbaren Schweisspara-

metern handelt es sich um Anpressdruck, Oberflächenbeschaffenheit und Ausrichtung des Energierichtungsgebers (ERG). Der ERG ist ein erhöhtes, V-förmiges Profil auf einer der beiden PA-Platten. Diese Geometrie bewirkt eine linienförmige Berührung beim anfänglichen Kontakt der Platten. Die Folge ist ein sehr konzentriertes Einleiten der Ultraschallenergie und damit ein schnelles Erwärmen und Anschmelzen des Materials. Die Erwärmung im Erweichungs- oder Schmelzbereich bewirkt einen Anstieg des mechanischen Verlustfaktors, wodurch die Umsetzung von Energie in Wärme und damit die Plastifizierung beschleunigt wird. Unter Einwirkung der Pressenkraft wird die Schmelze über die gesamte Kontaktfläche verteilt und nach aussen gequetscht. Für die Machbarkeitsstudie wurden Ausrichtungen des ERG längs und quer zur Zugrichtung, sowie eine gekreuzte Form untersucht.

<sup>1</sup> IWK, HSR Rapperswil

<sup>2</sup> Prodartis AG

Die additiv gefertigten Bauteile konnten mit allen ERG-Ausrichtungen erfolgreich verschweisst werden. Mit der gekreuzten ERG-Anordnung hat die Schweissnaht gehalten, während ein Bruch in den Substraten stattgefunden hat. Dabei konnte die geringste Streuung der maximalen Festigkeit der Zugscherproben erreicht werden, wobei bei allen geprüften Proben, aufgrund der wesentlich kleineren Querschnittfläche des Substrats im Vergleich zur Schweissfläche (75 mm<sup>2</sup> vs. 312,5 mm<sup>2</sup>), Substratbrüche auftraten. Die Zugfestigkeit der Substrate bei verschweissten Probekörpern betrug ca. 6% der Zugfestigkeit der unverschwissten Substrate (31 MPa vs. 48 MPa). Die Zugfestigkeiten können nicht 1:1 verglichen werden, da nicht komplett identische Spannungszustände herrschen – nämlich Substratbruch bei der Zugscherprüfung im Vergleich zur Zugprüfung eines einzelnen Substrats – sie bieten aber einen Anhaltspunkt zur Beurteilung, ob die Substrate während dem Ultraschallschweissprozess geschädigt wurden. Bei einer Reduktion der Zugfestigkeit der Substrate um 35% ist von einer leichten Schädigung der Substrate durch das Ultraschallschweissen auszugehen.



Dreipunktbiegeversuch von einem mit Ultraschallschweissen verbundenen Bauteil.

Eine genaue Aussage über die Festigkeit der Schweissnaht ist aufgrund der Substratbrüche nicht möglich.

Die Zugscherproben mit quer und längs zur Zugrichtung ausgerichtetem ERG zeigten nicht nur Substratbrüche, sondern auch Brüche in der Schweissnaht, wobei jeweils nur ein Bruchteil der maximalen Kraft erreicht wurde. Dies ist auf eine ungenügende Schweissqualität zurückzuführen. Beim Einfluss der Oberflächenrauheit und des Anpressdrucks auf die erreichten Festigkeiten der Schweissnaht haben sich nur kleine, nicht signifikante Unterschiede herausgestellt.

### Ultraschallschweissen – eine valable Alternative

Abschliessend lassen sich die Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie zum Ultraschallschweissen von additiv gefertigten PA12 Bauteilen folgendermassen zusammenfassen. Es konnten mit verschiedenen ERG-Ausrichtungen und Schweissparametern gute Schweissverbindungen, auch bei unbehandelter Oberfläche der Bauteile, hergestellt werden. Allerdings ist die Eignung eines Bauteils zum Ultraschallschweissen an verschiedene Bedingungen geknüpft. So ist bei teilkristallinen Werkstoffen nur ein kleiner Abstand von max. 6mm zwischen Sonotrode und Schweissfläche möglich und es muss konstruktiver Mehraufwand betrieben werden um geeignete Fügeflächen inkl. ERG sicherzustellen. Trotzdem bietet das Ultraschallschweissen eine Alternative zum Kleben zur Ermöglichung von Bauteilen grösser als der Bauraum des 3D-Druckers.

#### Kontakte

IWK Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung  
 Fachbereich Verbindungstechnik  
 Prof. Dr. Pierre Jousset  
 Oberseestrasse 10  
 CH-8640 Rapperswil  
 +41 55 222 40 53  
 pierre.jousset@hsr.ch  
 www.iwk.hsr.ch

prodartis AG  
 Hoferbad 12  
 CH-9050 Appenzell  
 www.prodartis.ch

## Druckwassergerät



## TT-DW160

Kompakt, leistungsfähig bis 160°C Dauertemperatur

- Kompakte Bauform
  - Magnetgekoppelte Pumpe
  - Reaktionsschnelle Heizung
  - Mit Plattenwärmetauscher
- 
- Ab Lager lieferbar
  - Kundenspezifische Optionen