



Temperaturleitfähigkeit von 3D-gedruckten PLA-Filamenten: Einfluss der Druckorientierung

Dr. Stefan Diez, Project Leader Technology & Product Management, und Dorothea Stobitzer, Applications Laboratory Selb

Einleitung

Additive Fertigung – insbesondere das Fused Deposition Modeling (FDM) – hat sich in den vergangenen Jahren zu einem weit verbreiteten Verfahren für die schnelle und flexible Herstellung polymerbasierter Bauteile entwickelt. Neben den mechanischen Eigenschaften rückt dabei zunehmend auch das thermische Verhalten der gedruckten Komponenten in den Fokus. Gerade bei Funktionsbauteilen, temperaturbeanspruchten Gehäusen, anwendungsnahen Prototypen oder Komponenten, die einer lokalen Wärmeentwicklung ausgesetzt sind, ist die Kenntnis der Temperaturleitfähigkeit entscheidend, um das Materialverhalten unter realen Einsatzbedingungen besser bewerten zu können.

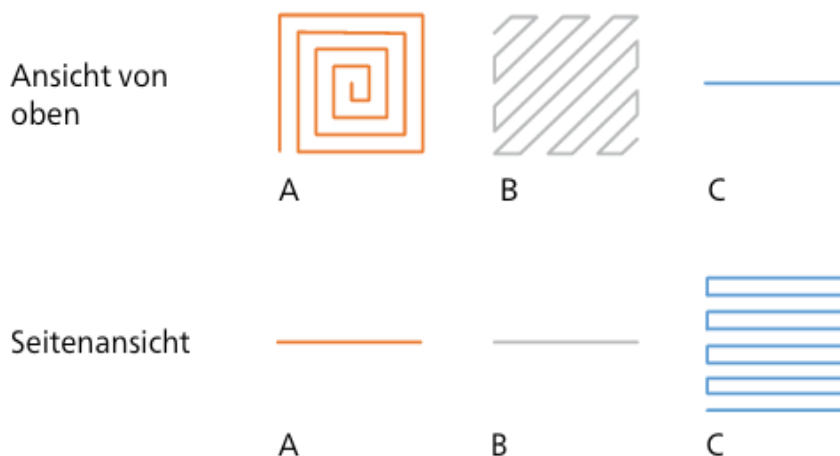
Polylactide (PLA) zählen zu den am häufigsten eingesetzten Materialien im FDM-3D-Druck (Abbildung 1). Aufgrund des schichtweisen Auftrags dieses Werkstoffs können sich jedoch richtungsabhängige thermophysikalische Eigenschaften für die Druckstruktur ergeben. Die Orientierung der Filamente, die Abkühlbedingungen

sowie die Filamentverschmelzung zwischen benachbarten Strängen beeinflussen, wie schnell Wärme durch das gedruckte Bauteil transportiert wird.

Messaufgabe

In dieser Untersuchung wurde die Temperaturleitfähigkeit der oben gezeigten gedruckten PLA-Proben analysiert, die jeweils mit identischer Druckgeschwindigkeit, jedoch in unterschiedlichen Orientierungen gefertigt wurden. Ziel war es, den Einfluss der Druckorientierung und der daraus resultierenden Filamentanordnung auf die Wärmeausbreitung im Material zu untersuchen.

Die Proben wurden mit einer Druckgeschwindigkeit von 60 mm/s hergestellt. Zwei Varianten repräsentieren einzelne Filamentschichten, die flach direkt auf das Druckbett aufgebracht wurden – einmal mit linearer und einmal mit spiralförmiger Filamentführung. Eine dritte Probe wurde senkrecht zum Druckbett aufgebaut und weist eine vertikale Filamentverschmelzung auf.



1 PLA-Druck in drei unterschiedlichen Orientierungen: A) flach auf dem Druckbett, spiralförmige Filamentführung; B) flach auf dem Druckbett, lineare Filamentführung; C) senkrecht zum Druckbett mit vertikaler Filamentverschmelzung.

APPLICATIONNOTE Temperaturleitfähigkeit von 3D-gedruckten PLA-Filamenten: Einfluss der Druckorientierung

Methode und Messbedingungen

Die Temperaturleitfähigkeit wurde mittels Light Flash Analyse (LFA) mit der NETZSCH LFA 717 *HyperFlash*® bestimmt. Bei der Flash-Methode wird die Vorderseite einer planparallelen Probe durch einen kurzen Energieimpuls erwärmt. Der daraus resultierende Temperaturanstieg auf der Probenrückseite wird berührungslos über einen Infrarotdetektor erfasst. Aus dem zeitlichen Verlauf dieses Signals wird die Temperaturleitfähigkeit der PLA-Probe berechnet.

Für die Auswertung wurde das Standardmodell* verwendet. Die wesentlichen Messbedingungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

*Das Standardmodell betrachtet den zweidimensionalen Wärmeverlust (entlang der z-Achse und in radialer Richtung) ähnlich wie das frühere Cape-Lehman-Modell [1].

Tabelle 1 Messbedingungen

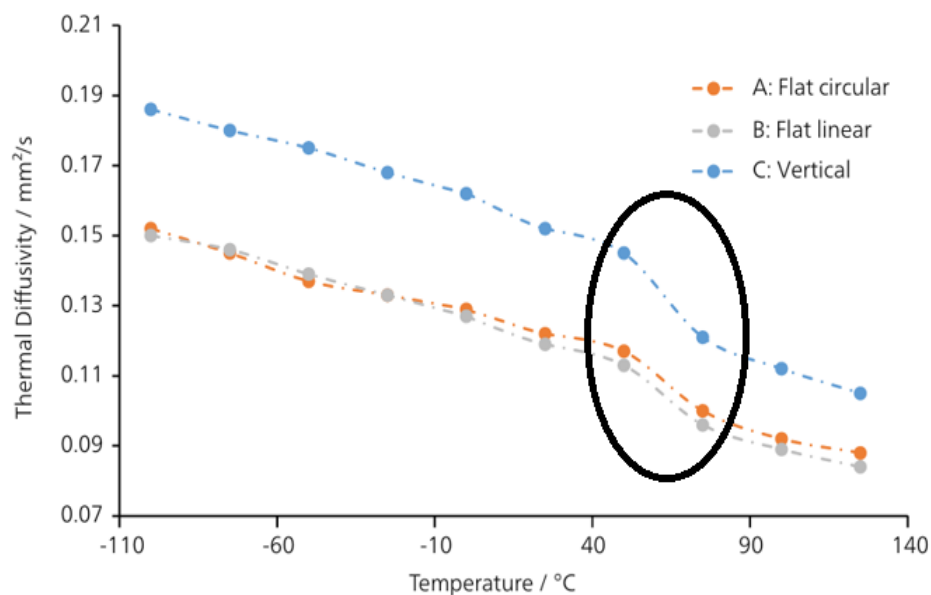
Probe	Polylactid
Gerät	LFA 717 <i>HyperFlash</i> ®
Detektor	MCT
Probenhalter	4 Proben, quadratisch
Heizrate	10 K/min
Temperaturbereich	-100 °C bis 125 °C
Probendimensionen	10 mm x 10 mm x 0,9 mm

Messergebnisse

Die Temperaturleitfähigkeitskurven der drei PLA-Proben (Abbildung 2) zeigen im direkten Vergleich einen deutlichen Einfluss der Druckorientierung. Die horizontal auf das nicht beheizte Druckbett gedruckten Proben mit linearer bzw. spiralförmigen Filamentführung weisen vergleichbare Temperaturleitfähigkeiten auf. Die senkrecht gedruckte Probe mit vertikaler Filamentverschmelzung zeigt hingegen über den untersuchten Temperaturbereich hinweg höhere Werte.

Diese höhere Temperaturleitfähigkeit deutet auf eine effizientere Wärmeausbreitung entlang der vertikal verbundenen Filamentstruktur hin. Eine mögliche Ursache ist ein höherer Grad der Intrafilament- bzw. Zwischenfilamentverschmelzung, die durch die vertikale Schichtung und die Wärmeübertragung auf bereits extrudiertes, abkühlendes PLA begünstigt wird.

In allen Datensätzen ist im Bereich um ca. 60 °C ein deutlicher Sprung der Temperaturleitfähigkeit zu erkennen. Dieser Effekt ist charakteristisch für den Glasübergang von PLA. Der Übergang markiert den Wechsel von einem glasartigen in einen zunehmend gummiartigen Materialzustand und beeinflusst entsprechend die molekulare Beweglichkeit des Polymers und damit dessen Wärmetransporteigenschaften.



2 Temperaturleitfähigkeit von PLA-Filamenten, die horizontal auf ein nicht beheiztes Druckbett bzw. vertikal auf frisch extrudiertes und abgekühltes PLA gedruckt wurden.

APPLICATIONNOTE Temperaturleitfähigkeit von 3D-gedruckten PLA-Filamenten: Einfluss der Druckorientierung

Zusammenfassung

Die Messergebnisse zeigen, dass die Druckorientierung einen signifikanten Einfluss auf die Temperaturleitfähigkeit von FDM-gedrucktem PLA besitzt. Insbesondere die senkrecht aufgebaute Probe mit vertikaler Filamentverschmelzung weist eine höhere Temperaturleitfähigkeit auf als die horizontal gedruckten Varianten.

Die Light Flash Analyse mit der LFA 717 *HyperFlash*® ermöglicht die zuverlässige Charakterisierung solcher orientierungsabhängigen thermophysikalischen Eigenschaften. Dadurch lassen sich prozessbedingte Unterschiede im thermischen Verhalten additiv gefertigter Werkstoffe quantifizieren und für die Optimierung von Druckparametern, Bauteilgeometrien und Fertigungsstrategien nutzen.

Referenzen

[1] Cape, Lehman (1963): "Temperature and finite pulse time effects in the flash method for measuring thermal diffusivity," J. Appl. Phys., 34(7), 1909–1913.