Entwicklung einer induktiven Heizpatrone

Problematik:

Bei der Verarbeitung von Kunststoffen im isothermen Spritzgussprozess kann es je nach Bauteilgeomtrie aufgrund vorzeitig erstarrter Schmelzefronten im Werkzeug zu einer unvollständigen Formfüllung kommen. Eines der häufigsten Merkmale sind Bindenähte, welche sich durch das Zusammenfließen teilweise erstarrter Schmelzefronten hinter Kernen bilden können. Eine weitere Problematik ist das vorzeitige Erstarren dünner Bauteilbereiche, so dass in die nachgelagerten Kavitätsbereiche kein Nachdruck mehr eingebracht werden kann um die Schwindung auszugleichen.

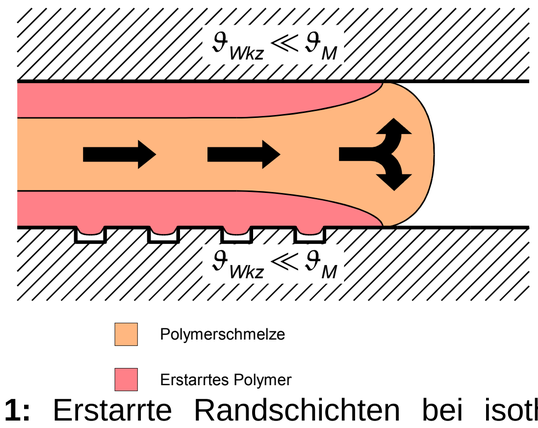

Abb. 1: Erstarrte Randschichten bei isothermer Werkzeugtemperierung

Lösungsansätze:

Um ein vorzeitiges Erstarren der Schmelze in der Kavität zu verhindern bietet sich die variotherme Werkzeugtemperierung als Mittel der Wahl an. Dabei wird die Kavitätswandtemperatur vor Beginn des Einspritzvorgangs bis auf Schmelzetemperatur aufgeheizt und anschließend wieder auf Entformungstemperatur heruntergekühlt.

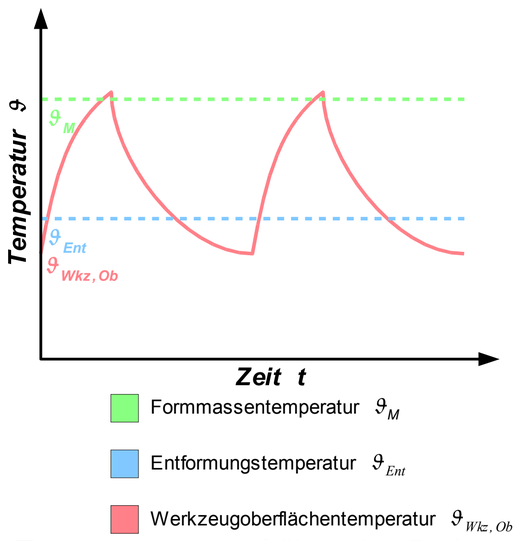

Abb. 2: Temperaturverlauf über der Spritzzyklus an der Kavitätsoberfläche bei variothermer Werkzeugtemperierung

Bei den gängigen variothermen oder dynamischen Temperierverfahren wird in der Regel die komplette Kavität beheizt und anschließend wieder heruntergekühlt.
Der größe Nachteil hierbei ist, dass ein viel zu großes Volumen temperiert wird. Dies hat einen unnötig hohen Energieeinsatz beim Erwärmen und Herunterkühlen und damit zu lange Heiz- bzw. Abkühlzeiten zur Folge. Hier bietet die lokal eng begrenzte, induktive Temperierung nur der oben beschriebenen, kritschen Kavitätsbereiche eine hochdynamische Alternative zu den etablierten variothermen Temperierverfahren.

Technische Umsetzung

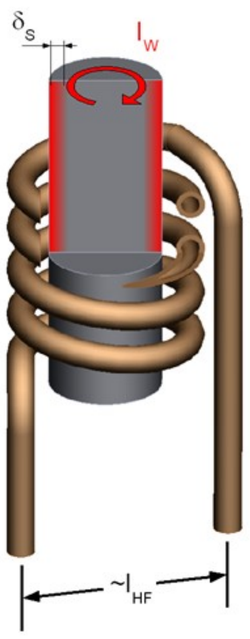

Abb. 3: Stromdichteverteilung aufgrund des Skineffektes bei hochfrequenter Innenfelderregung

Ausgehend von dieser Problematik wurde am IKFF die induktive Heizpatrone entwickelt. Zentrales Element ist ein Stahl-Kupfer Kernstift, welcher bereits im Kunststoffspritzguss zur schnellen Wärmeabfuhr aus dem Bauteil eingesetzt wird. Der Stahlmantel wird mittels Innenfelderregung induktiv erwärmt und die Wärme über den Kupferkern sehr schnell zur Stirnfläche geleitet.

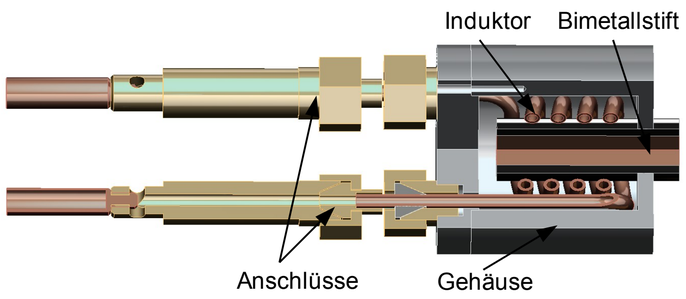

Abb. 4: CAD Modell einer induktiven Heinzpatrone inklusive wassergekühlten Anschlussleitungen

Der Stift endet unmittelbar hinter der Kavitätswand und erwärmt den kritschen Bereich lokal von hinten. Die Größe des „Hotspots“ wird dabei durch den Durchmesser des Kupferkerns bestimmt. Dieser hat je nach Größe einen Durchmesser von 6-8mm. Um eine unerwünschte Erwärmung der Mantelfläche zu verhindern sind der Induktor und der Bimetallstift in einem Gehäuse aus Aluminium gekapselt. Zur mechanischen Stabilisierung werden der Bimetallstift und der innengekühlte Induktor mit einer Keramikmasse vergossen. Aufgrund der guten thermischen Leitfähigkeit der Keramik ist es möglich die über den Bimetallstift in das Werkzeug eingebrachte Wärme über die Induktorkühlung wieder abzuführen. Die Erfahrungen am IKFF mit anderen induktiv temperierten Spritzgusswerkzeugen ermöglichen über in das Werkzeug eingebrachte Thermoelemente den Aufbau einer temperaturgesteuerten Temperierung.

Abgrenzung:

Im Gegensatz zu herkömmlichen, widerstandselektrischen Heizpatronen wird bei dem hier entwickelten auf Induktion basierenden Modell die Wärme nicht über die Matel- sondern über die viel kleinere Stirnffläche des Zylinders abgegeben. Zudem verfügen widerstandselektrische Heizpatronen nicht über eine integrierte Kühlung, so dass ein zyklisches Aufheizen und Herunterkühlen mit ihnen nur über zusätzlich in das Werkzeug eingebrachte Kühlkanäle realisiert werden kann. Herkömmliche Heizpatronen sind zudem auf eine kontinuierliche Grundtemperierung einzelner Bereiche des Spritzgusswerkzeugs ausgelegt, somit liegen die erreichbaren Heizraten weit unter denen des hier vorgestellten induktiven Systems.

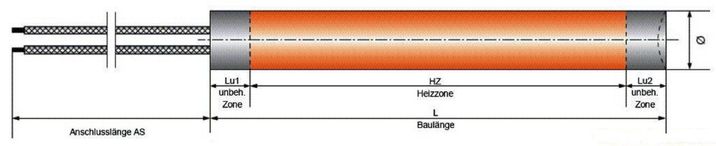

Abb. 5: Schematische Darstellung einer konventionellen Heizpatrone (Quelle: Conapp)

Ein anderes Konzept, welches in der grundsätzlichen Art der Erwärmung über die Stirnfläche eines Zylinders mit dem hier beschriebenen übereinstimmt, ist die von der Firma GWK auf Basis von Hochleistungskeramik entwickeltes Heizelement. Dieses baut allerdings mit einem Mindesdurchmesser von 20-25 mm wesentlich größer als der Bimetallstift.

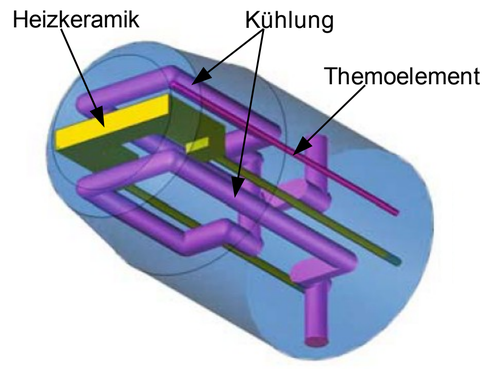

Abb. 6: Wassergekühlter Einsatz mit keramischem Heizelement (Quelle: GWK)

Kontakt:
IKFF Universität Stuttgart
Dipl.-Ing. T. Zimmermann
Tel.: 0711 / 685 66402
Fax: 0711 / 685 66356
E-Mail: spritzguss@ikff.uni-stuttgart.de