

Von Muhammad Amir, M.Sc.
Im Zuge von neuen Forschungsanforderungen beschäftigt sich das Kunststoff-Institut seit dem vorigen Jahr mit neuen Simulationsmöglichkeiten für die Modellierung von multidisziplinären Technologien.

Mit den verschiedenen Modulen der COMSOL-Multiphysics® Modeling Software (wie AC/DC, Fluidstrom, Wärmetransport, Strukturmechanik etc.) können die entsprechenden Aspekte in den Forschungsvorhaben vorberitend oder begleitend in der Simulation betrachtet werden. Anhand dieser zusätzlichen Modellierung ist das Institut nun neben der Berechnung des Wärmeübergangs im Spritzgießwerkzeug für verschiedene Materialien zusätzlich in der Lage, die Strömungs- und Druckfelder von Flüssigkeiten und Gasen zu simulieren. Das ist vor allem für Gasphasenprozesse (wie die chemische Gasphasenabscheidung (CVD), welche eine ideale Methode zur Aufbringung dünner Schichten bietet) von Bedeutung. Dabei wird eine flüchtige chemische Verbindung (Vorstufe/Precursor) in einen Reaktor geleitet, in dem sich das Substrat befindet. Der Reaktor wird dabei aufgeheizt, sodass ausgehend vom Precursor eine thermisch induzierte Zersetzungreaktion zur Bildung des Schichtmaterials führt, das sich im Zuge dessen auf der Substratoberfläche abscheidet.

Neben Druck und Temperatur ist das Strömungsverhalten innerhalb des Reaktors, welches durch die Geschwindigkeit von Träger- und Reaktionsgas sowie die Dosierung der Vorstufe maßgeblich beeinflusst wird, entscheidend für den Prozess. Zusätzlich müssen Faktoren wie Vorstufenkonzentration und reaktivität, Substratmaterial- und Geometrie sowie die Reaktorauslegung beachtet werden.

Durch Simulation von Gasströmungen, Gasdichten, Temperaturverläufen und Vorstufenreaktivitäten lässt sich ein Prozess näherungsweise am Computer abbilden, wodurch Zeit, die zur

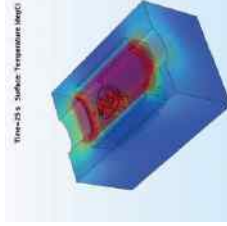


Bild 2: Thermische Eigenschaften von Keramik und Stahl in Spritzgießwerkzeug



Bild 3: Analyse von Spannungen in Spritzgießwerkzeugen

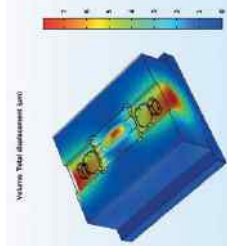


Bild 4: Analyse von Verformungen in Spritzgießwerkzeugen

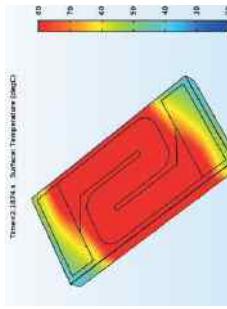


Bild 5: Elektrische Beheizung von Spritzgießwerkzeugeinsätzen

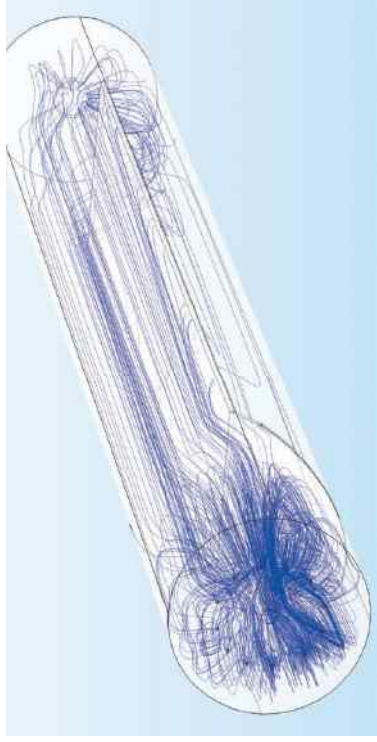


Bild 1: Simulation des Strömungsverhaltens innerhalb des CVD-Reaktors

Anwendungsbereiche deutlich erweitert

Multi-Physik-Simulation für multidisziplinäre Parameter

experimentellen Parametrierung notwendig wäre, eingespart und die Wirtschaftlichkeit der Methode gesteigert wird.

Zusätzlich zur Möglichkeit, die Prozessentwicklung im Bereich CVD durch Simulationen zu optimieren, bietet COMSOL-Multiphysics durch die AC/DC-Schnittstelle die Möglichkeit, resistive oder induktive Beheizung von Spritzgießwerkzeugen sowie elektrische und magnetische Felder in statischen und niederfrequenten Systemen elektrischer Schaltungen/ Stromleitungen zu berechnen. Für Spritzgießwerkzeuge wurde beispielsweise die Induktorauslegung zur induktiven Werkzeugbeheizung durchgeführt.

Die Vorteile keramischer Werkzeugeinsätze

Das Wärmetransport-Modul bietet Hilfestellung bei der Untersuchung von Erwärmungs- und Kühlvorgängen in Bauteilen, Prozessen und Werkzeugen für die kunststoffverarbeitende Industrie. In einem ZIM-Forschungsprojekt „KeraForm“ geht es um die Nutzung und die Vorteile keramischer Werkzeugeinsätze in Spritzgießwerkzeugen. Hierbei sind vor allem die thermischen und mechanischen Eigenschaften sowie das Zusammenspiel von Keramik und Stahl

beinhaltet.

Bei dem Heizelement handelt es sich um eine PVD-Beschichtung mit einer Dicke von 2µm. Die besondere Herausforderung hinsichtlich der Simulationstechnik liegt dabei in der Vernetzung dieser dünnen Beschichtungen sowie der geeigneten mathematischen Verknüpfung der unterschiedlichen physikalischen Effekte. Mit diesem Heizelement kann ein schneller Temperaturanstieg an der Werkzeugoberfläche realisiert werden. Die Simulationsergebnisse haben gezeigt, dass bei einer angelegten elektrischen Spannung von 10 V ein Temperaturanstieg von bis zu 20°C/s an der

von Interesse. Hierbei wird COMSOL-Multiphysics® zur Simulation der thermischen Auslegungen der Systemkomponenten und Spezifikationen genutzt. Bild 2 zeigt die unterschiedliche Temperaturverteilung in einem hybriden Werkzeugem. Der korntugebende Formensatz besteht aus Keramik, der Aufnahmekern aus Stahl. Dargestellt ist die Temperaturverteilung an der Werkzeugoberfläche zum Zeitpunkt des Einspritzens. Aufgrund der thermischen Eigenschaften der Keramik stellt sich eine Kontakttemperatur in Höhe von 130 Grad bei einer eingestellten Werkzeugwandtemperatur in Höhe von 90 Grad ein. Durch die wesentlich höhere Kontakttemperatur im Vergleich zu einer Ausführung der Kavität aus Stahl lässt sich die Oberflächenqualität (Vermeidung von Oberflächenfehlern wie z. B. Schlieren oder Bindenähten) an einem Bauteil signifikant verbessern, ohne aufwendige Vornormer Werkzeugtemperierungen zu installieren.

Neben den thermischen Fragestellungen spielt auch die mechanische Dimensionierung des Werkzeuges eine elementare Rolle in diesem Forschungsprojekt. Hierzu werden mittels FEM-Berechnungen die Verformungen, Spannungen und Deh-

Spritzgießwerkzeug-Oberfläche erreicht werden kann. Verwendet wurde dieses Heizelement zur Vermeidung sichtbarer Bindenähten auf dem Kunststoffformteil. Der Hauptvorteil dieser neuen Entwicklung im Vergleich zu den traditionellen Temperiertechnologien liegt darin, die Werkzeugoberfläche selektiv vor der Einspritzphase in kurzer Zeit und energiesparend zu erwärmen.

Simulation beschleunigt Technologietransfer

Abschließend lässt sich festhalten, dass die Simulation in Zukunft dazu beitragen wird, neue Technologien schneller und gezielter umzusetzen sowie Zeit und damit Kosten bei der Optimierung von Prozessen einzusparen. Dadurch wird der gesamte Entwicklungsprozess innerhalb eines Projektes optimiert und somit die Qualität der daraus resultierenden Forschungsergebnisse nachhaltig gesteigert.

Weitere Infos:

Muhammad Amir, M.Sc.
Gemeinnützige KIMW
Forschungs-GmbH
Mathildenstraße 22
58507 Lüdenscheid
+49 (0) 23 51.6 79 99-23
aamir@kunststoff-institut.de