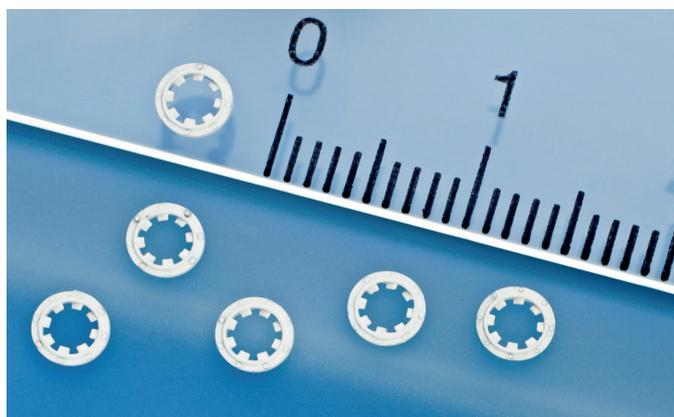


Herstellungskosten deutlich reduzieren

Miniaturisierung ist eine der wichtigsten Anforderungen in Branchen wie Elektronik, Medizin oder Automobil, aber wenn die Abmessungen eines Bauteils drastisch sinken, erhöht sich damit proportional die geometrische Komplexität und funktionale Integration wird zusätzlich nachgefragt. Die Herstellung solcher komplex geformten Mikroanwendungen ist für traditionelle Fertigungsverfahren sehr anspruchsvoll und somit eine perfekte Anwendung für die Powder Injection Molding (PIM)-Technologie.



Die Anwendung von SIGMASOFT® ermöglicht die Herstellung von makellosen PIM-Mikro-Bauteilen ab dem ersten Versuch.

Mikroformen von MIM- und CIM-Anwendungen ist nicht neu in der Branche. Allerdings werden industrielle Anwendungen nur selten ausserhalb des akademischen Umfelds gefunden. Ein Grund für dieses Zögern könnte auf Unsicherheiten und Herausforderungen in der Qualitätskontrolle für die extrem kleinen Abmessungen basieren.

Auch in makroskopischen PIM-Anwendungen wird die Qualitätskontrolle von grünen Teilen, mit kostspieligen Folgen, oft nur nach dem Sintern durchgeführt. Micro-PIM bringt dieses Thema auf eine höhere Ebene: Wie können spritzgegossenen Mängel, bei Teilen mit Kantenlängen von 1 bis 2 mm und funktionalen Dimensionen von nur einigen Zehntelmmillimeter,

mit akzeptablen Kosten und Zeitaufwand zuverlässig ermittelt werden? «Die Antwort liegt in einer gut strukturierten Teil- und Formenbauphase, mit genügend Zeit für auf Simulationsergebnissen basierende, grundlegende Design-Iterationen. Die am Anfang ausgegebene Zeit wird später multiplikativ eingespart», erklären Dr. Marco Thornagel, Sigma Engineering GmbH, sowie Jochen Heneka und Tobias Müller, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), in ihrem Paper «Micro-Molded CIM-Components: Simulation based Mold- and Process Development», zur EuroPM 2013 Konferenz, in Göteborg, Schweden.

Das Paper beschreibt das erfolgreiche Konstruktionsverfahren eines aus ZrO_2 gefertigten Turbinenleittrads. Erheblicher Aufwand wurde während der Werkzeugkonstruktion betrieben, um das thermo-rheologische Verhalten der kompletten Form zu simulieren und die erzeugten Eigenschaften des grünen Teils vorherzusagen. Basierend auf den abgeleiteten Empfehlungen von Simulationsergebnissen wurde die Auslegung der Angusskanäle optimiert, die Machbarkeit des Werkzeuges bewiesen und das Werkzeug gebaut. Dabei wurden erfolgreich Mikro-CIM-Teile hergestellt. Beindruckenderweise hat das Spritzgiesswerkzeug stabile und einwandfreie Teile mit mehr als 99 Prozent der theoretischen Dichte ab dem ersten Schuss und ohne Nacharbeitung des Werkzeuges geliefert.

Mikro- und Pulverspritzgiessen im Blick

Seit 2009 steht die Spritzgiesssimulationsoftware SIGMASOFT® auch speziell für CIM-Anwendungen zur Verfügung. Die Integration eines rheologischen Modells, dass für den Anstieg der

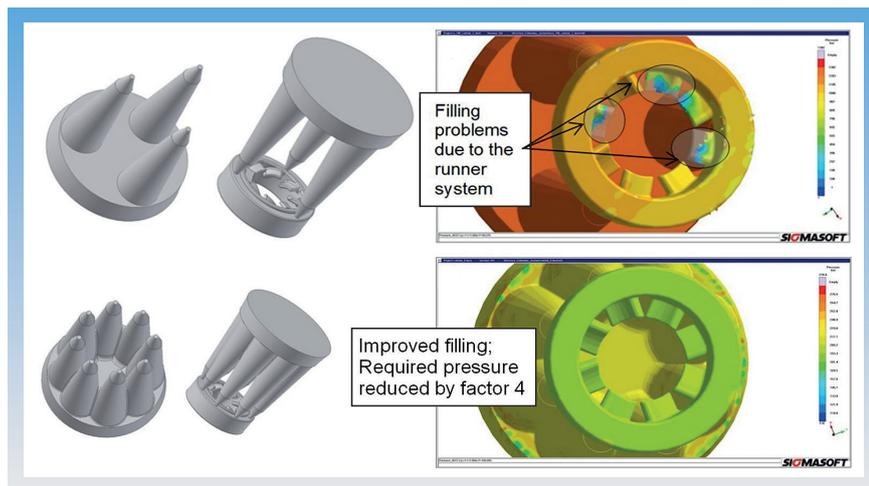
Viskosität bei niedrigen Scherraten verantwortlich ist, erhöht die Zuverlässigkeit der vorhergesagten Fließfront. Die Strömungslöser auf dem Stand der Technik sind in der Lage, kinetische Strömungseffekte wie die Freistrahlbildung genau vorherzusagen. Diese Technologie erlaubt auch die Ermittlung der treibenden Kräfte hinter solchen Phänomenen und macht es somit möglich, deren Entstehung und die damit verbundenen Produktqualitätsmängel zu steuern.

Mikro-Dimensionen stellen besondere Herausforderungen dar, da sie Eigenschaften wie Oberflächenspannung, Wärmeübertragung oder Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnis beeinflussen. Diese Eigenschaften erfordern speziell entwickelte Werkstoffmodelle, die in die Simulation integriert werden müssen. SIGMASOFT® wurde durch Werkstoffmodelle, die im Laufe der Jahre in mehreren Forschungsprojekten validiert wurden, speziell für die Simulation von Mikro-Anwendungen angepasst. Die bei Mikrospritzgiessverfahren angewendeten Werkzeuge, insbesondere beim Mikro-Pulver-Spritzgiessen, müssen spezielle Anforderungen in Bezug auf Qualität und Präzision erfüllen. Um die beste Voraussetzungen für eine vollständige Formfüllung anbieten zu können und Mängel im Endprodukt, wie Einfallstellen oder Diesel-Effekt Spuren vollständig zu vermeiden, muss zum Beispiel eine variotherme Prozesskontrolle durchgeführt werden. Dabei muss auch ein Vakuum in den Kavitäten erzeugt werden. Vor allem entscheidend sind die Angusskanäle und die Formeinsätze: die Herstellung der Formeinsätze ist teuer und zeitaufwendig, vor allem wegen der geforderten Toleranzen, die oft an die Grenzen der herkömmlichen Fertigungsmethoden stossen. Daher lohnt es sich, die Konstruktion von Mikro-Anwendungen auch mit Spritzgiesssimulationswerkzeugen anzugehen.

Fallbeispiel: ein Turbinenrad ab dem ersten Schuss richtig geformt

Das Forschungsprojekt SFB 499, durchgeführt am Karlsruhe Ins-

■ Anzeige



Simulation kann Bauteildefekte und Prozessprobleme zuverlässig vorhersagen. Oben: die ursprüngliche Verteilerkonfiguration wies einen hohen Druckbedarf, ungefüllte Bereiche und Bindenähte in kritischen Abschnitten auf. Unten: eine verbesserte Auslegung des Verteilers konnte die Herstellungsfehler und den Druckbedarf minimieren.

titute of Technology (KIT) in Deutschland, hat sich mit der Prozesskette für die Entwicklung hochbelasteter Mikro-Teile aus Keramik und Metall-Legierungen beschäftigt. Der Kern des Mikroturbinen-Demonstrators war ein Turbinenleitrad aus ZrO_2 . In einer ersten Anordnung wurde das Verteilersystem des Leitrades mit drei Verteilerkanälen angelegt. Dies führte zu folgenden Problemen: die Formfüllung war unvollständig, der erforderliche Druckbedarf war hoch, in der Turbinenschaufeln traten Bindenähte auf. Eine schlechte Leistung ist die Folge. Die Erlangung dieser Kenntnisse in einer frühen Planungsphase erlaubte eine extrem schnelle Reaktion mit der Entwicklung eines neuen, optimierten Designs der Angusskanäle bei sehr niedrigen Kosten, ohne Fertigungskorrekturen auf teuren Maschinen.

Im nächsten Iterationsschritt wurde die Anzahl der Kanäle des Verteilersystems auf acht erhöht und alle Kanten gerundet um die Strömungsverhältnisse des geschmolzenen Werkstoffs zu verbessern. Um Bindenähte in Funktionsbereichen der Teile zu vermeiden, wurde jedes Angussystem mit dem Turbinenleitrad in der Mitte jeder Schaufel verbunden. Als Ergebnis wurde das Werkzeug mit einem viermal geringeren Druck gefüllt, ohne irgendwelche Defekte im Bauteil. Darüber hinaus wurden die Schweißnähte in nicht-funktionelle Regionen zwischen den Turbinenschaufeln verlegt.

Das geformte Mikro-Rad zeigte eine schön geformte Aussenkontur, ohne sichtbare Mängel. Das Spritzgiesswerkzeug mit den optimierten Formeinsätzen und Angussystem hat eine stabile Replikation des gezielten Teils gewährleistet, die für die Massenproduktion geeignet war, ohne zusätzliche Iteration. Die gesinterten Teile hatten über 99 Prozent der theoretischen Dichte, ohne irgendwelche Einfallstellen, Grate

oder Abplatzer. Darüber hinaus lag die lineare Schrumpfung des Teils bei etwa 21 Prozent. «Dieser «first-shot» Erfolg wurde durch den konsequenten Einsatz von Spritzgiesssimulation in der Werkzeugplanungsphase erreicht und basiert auf gut charakterisierten Werkstoffdaten», schliesen die Autoren in ihrem Paper. «Simulation des Spritzgiessverfahrens muss als ein wertvolles Instrument verstanden werden und muss in den Teil- und Werkzeugkonstruktionsprozess etabliert werden. Nur dann kann das beschriebene Erfolgspotenzial für Mikro-PIM tatsächlich erreicht werden», fügen sie hinzu.



INFOS | KONTAKT

SIGMA Engineering GmbH
Kackertstrasse 11
D-52072 Aachen

Telefon +49 (0)241 894 950
www.sigmasoft.de
info@sigmasoft.de