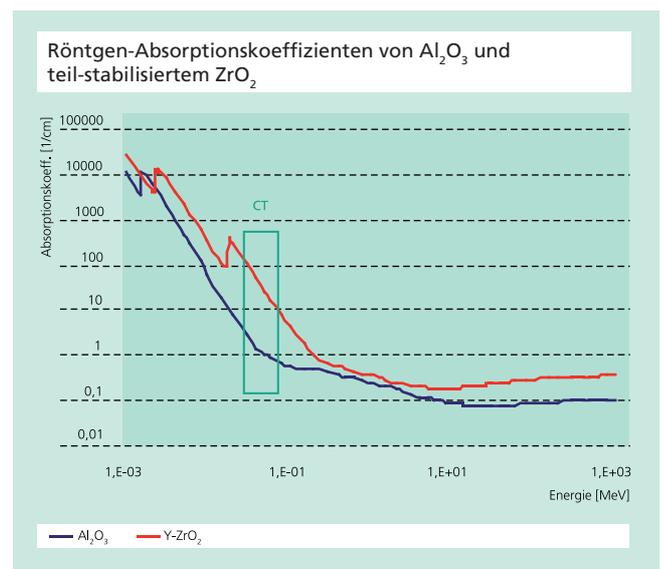


FORMFÜLLSIMULATION UND ZERSTÖRUNGS-FREIE PRÜFUNG IM KERAMIKSPRITZGUSS

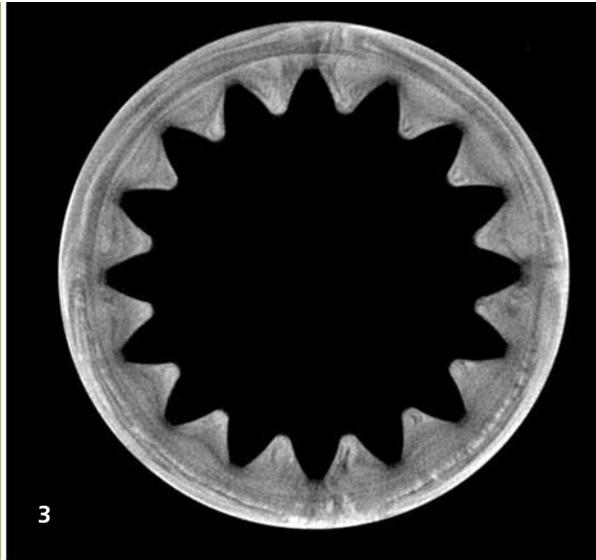
Dipl.-Ing. Anne Mannschatz, Dipl.-Chem. Matthias Ahlhelm, Dr. Tassilo Moritz, Dr. Reinhard Lenk

Gemeinsam mit dem Expertenkreis Keramikspritzguss (CIM) in der Deutschen Keramischen Gesellschaft e. V. wurde ein Testwerkzeug gebaut, mit dem es möglich ist, eine Vielzahl von Formfüllungsproblemen, die in der Praxis auftreten können, abzubilden. Mit diesem Werkzeug soll zum einen der Einfluss von konstruktiven Merkmalen, wie beispielsweise Temperierungskanalführung, Angussgestaltung oder die Möglichkeit der Evakuierung auf das Formfüllverhalten untersucht werden. Zum anderen können mit Hilfe dieses Werkzeugs die Ergebnisse von Formfüllsimulationen verifiziert werden. Dazu wurden die Resultate, die mit Hilfe von Formfüllungstudien mit verschiedenen Spritzgießmassen bei definierten Einspritzbedingungen erhalten wurden, mit Simulationsergebnissen (Moldex3D®, Fa. Simpatec) verglichen. Weiterhin wurden der Einfluss variierender Spritzgießparameter, der Angussgeometrie sowie eines Vakuums auf die Formfüllung der Werkzeugkavität untersucht. Durch die Verwendung eines so genannten Markierungsfeedstocks ist es gelungen, mit Hilfe der Röntgen-Computertomographie Fließlinien und Bindenähte in der Rekonstruktionsansicht sichtbar zu machen, die mit den Darstellungen der Geschwindigkeitsvektoren aus der Formfüllsimulation verglichen werden konnten. Der speziell für diesen Zweck entwickelte Markierungsfeedstock besteht aus einer gewollt inhomogenen Mischung zweier Versätze mit jeweils einem Feststoff mit niedrigem Schwächungskoeffizienten und einem Feststoff mit deutlich höherem Schwächungskoeffizienten für Röntgenstrahlung (Al_2O_3 und ZrO_2).

Als Ergebnis der Untersuchungen konnte herausgestellt werden, dass im Bereich der Spritzgießsimulation ein erheblicher Bedarf an der Weiterentwicklung existierender Simulations-



tools mit dem Ziel einer stärkeren Durchdringung und differenzierten Beschreibung des Formfüllprozesses besteht. Insbesondere die Versuche mit dem Testwerkzeug verdeutlichen die hohen Ansprüche an die Simulation, wobei die Wahl des zugrunde gelegten Berechnungsmodells einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis der Simulation hat. Besonders der in der Realität auftretende Freistrahleffekt am Anguss und die Ausbildung von Bindenähten hinter Hindernissen konnten in der Simulation nicht ausreichend wiedergegeben werden. Bei der Weiterentwicklung der Simulationstools kommt der Betrachtung des Feedstocks als Mehrkomponentensystem, bestehend aus einem Bindersystem und einer Pulverkomponente, ebenfalls eine große Bedeutung zu. Ferner muss hervorgehoben werden, dass ein Simulationstool nur so gut sein kann, wie die im Vorfeld zu bestimmenden Simulationseingangsda-



3

ten. Mit zunehmender Verfeinerung der Simulationsergebnisse werden ebenfalls die Anforderungen an die Ermittlung der rheologischen, mechanischen und thermischen Kenngrößen des Feedstocks unter Berücksichtigung der Form, der spezifischen Oberfläche und der Teilchengrößenverteilung des im Feedstock verarbeiteten Pulvers ansteigen.

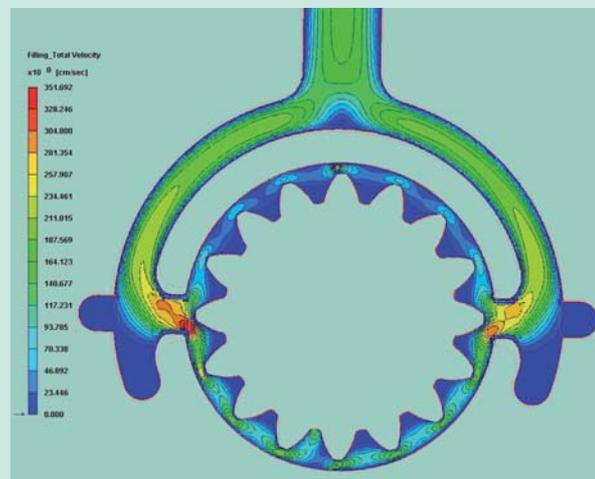
Die computertomographischen Untersuchungen an Bauteilen, die aus Markierungsfeedstocks gespritzt wurden, zeigen die Charakterisierungsmöglichkeiten, die diese zerstörungsfreie Prüfungsmethode im Keramikspritzguss zu leisten vermag. Zum einen können die Simulationsergebnisse in Hinblick auf die Lage von Bindenähten, so genannten Totwasserzonen oder Fließlinien, verifiziert werden. Zum anderen hat sich die Computertomographie als ein unverzichtbares Hilfsmittel zur Qualitätskontrolle beim Einkomponenten- und insbesondere beim Mehrkomponentenspritzguss etabliert. Es ist hervorzuheben, dass bei dieser Prüfmethode die Bauteile im grünen, im entbinderten und im gesinterten Zustand zerstörungsfrei charakterisiert werden können, was es ermöglicht, das Auftreten von Fehlern bestimmten Prozessstufen zuzuordnen bzw. unnötige Behandlungsschritte an defekten Bauteilen zu vermeiden und diese einem Recycling zuzuführen.

Das Testwerkzeug wurde vom Expertenkreis Keramikspritzguss (CIM) in der DKG e.V. (www.keramikspritzguss.eu) finanziert. Das Zahnradwerkzeug entstand im EU-geförderten Projekt CarCIM (TST5-CT-2006-031462).

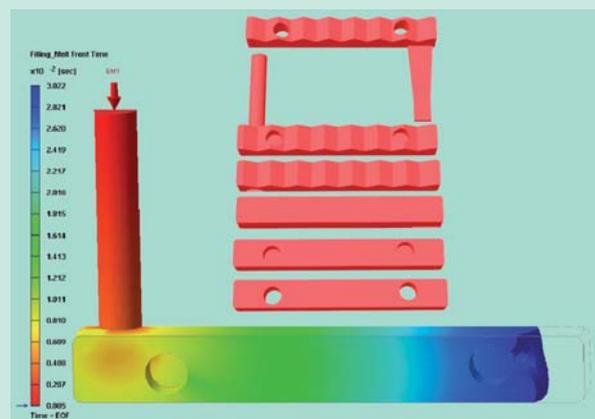
Leistungs- und Kooperationsangebot

- Feedstockentwicklung und -charakterisierung
- Formfüllsimulation
- Ein- und Mehrkomponenten-Keramikspritzguss
- Entbinderung und Sinterung von Bauteilen
- Bauteilcharakterisierung mittels Röntgen-CT

Simulation des Fließverhaltens



Formfüllsimulation eines prismatischen Stabs mit zwei Sacklöchern



- 1 Binde-nahtbildung im Prüf-körper.
- 2 Simulation der Binde-naht.
- 3 Fließlinien im CT-Rekonstruk-tionsbild eines Zahn-rades (Design: Robert Bosch GmbH).