

Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

Nr. 1 Fraunhofer-Gesellschaft e.V., Fraunhofer IKTS

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16549 BR**

***Zerstörungsfreies Kontrollsystem für eine frühzeitige Fehlererkennung in keramischen
Spritzgussteilen***

(Bewilligungszeitraum: 01.01.2011 - 30.06.2013)

der AiF-Forschungsvereinigung

Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V.

Dresden, 23. 10. 2013

Ort, Datum

Dr. Tassilo Moritz

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

INHALT

1. Zusammenfassung	2
2. Projektergebnisse	3
2.1 Einleitung	3
2.2 AP1: Erstellung von Feedstockdatenblättern	5
2.3 AP2: Beurteilung des Spritzverhaltens keramischer Feedstocks	6
2.3.1 Rheologische Untersuchungen	6
2.3.2 Charakterisierung des Schmelzvorganges in der Spritzgießmaschine	8
2.3.3 Spritzversuche	11
2.3.4 Einfluss von Spritzparametern	17
2.3.5 Feuchteinfluss	19
2.3.6 Doppelkreisringtest	32
2.4 AP3: Ermittlung von Nachweisgrenzen zerstörungsfreier Prüfverfahren angespritzten Grünkörpern	40
2.4.1 Röntgenverfahren	41
2.4.2 Ultraschall-Mikroskopie	44
2.4.3 Akustische Prüfung	45
2.4.4 Versuchsplan zur Wägung und Maßtoleranzen	45
2.5 AP4: Erstellung eines Manuskripts für eine Richtlinie	49
2.5 Verwendung der Zuwendung	51
3. Wissenschaftlich-Technischer Nutzen	53
4. Veröffentlichungen und Ergebnistransfer	54
5. Schutzrechte	56
6. Realisierbarkeit des Transferkonzeptes	56
7. Förderhinweis	56
Anlage	57

1. Zusammenfassung

Die Herstellung keramischer Bauteile über den Pulverspritzguss (CIM) hat gegenüber anderen Formgebungsverfahren erhebliche Vorteile. Durch die Überführung des Pulvers in einen plastisch verformbaren Zustand, indem der Feststoff mit einem thermoplastischen Bindersystem gemischt wird, können komplizierte Geometrien endkonturnah umgesetzt werden. Seine besondere Stärke spielt das Verfahren bei hohen Stückzahlen aus, da es automatisierbar ist und sich die Werkzeugkosten schneller amortisieren.

Die Herausforderung liegt in der Beherrschung der kompletten Prozesskette, die aus vier Hauptschritten: Herstellung Spritzgießmasse, Formgebung, Entbinderung und Sinterung besteht. Treten Defekte in spritzgegossenen Bauteilen auf, ist ihre Ursache innerhalb der kompletten Prozesskette zu suchen, da sich Fehler in frühen Prozessstufen fortpflanzen. So lassen sich Fehlerquellen schwer lokalisieren. Seitens der CIM-Anwender bestehen starke Bestrebungen, die Bauteilqualität und Prozesssicherheit und –zuverlässigkeit zu verbessern. Eine frühzeitige Fehlererkennung ist auch aus dem Grund wünschenswert, weil Bauteile im Grünzustand rezykliert und dem Prozess wieder zugeführt werden können. Vor diesem Hintergrund hat sich der vollständige CIM-Expertenkreis mit derzeit 18 Mitgliedern als Projektbegleitender Ausschuss formiert und das Projekt über seine Laufzeit mit hohem Interesse verfolgt.

Innerhalb des Projektes wurden zahlreiche Experimente mit Feedstocks zweier unterschiedlicher Bindersystemen durchgeführt. Rheologische Untersuchungen ergaben, dass sich Kapillarrheometrie nur für Spritzgießmassen eignet, die keine Gleitfilme an der Kapillarwandung bilden. Spritzgießtests haben sich dagegen als aussagekräftig und industrierelevant für die Charakterisierung des Fließverhaltens erwiesen. Ebenso konnte der Einfluss von Spritzgießparametern auf die Bauteileigenschaften aber auch auf von der Spritzgießmaschine aufgenommen Messdaten nachgewiesen werden. Das zeigt, dass eine konsequente Protokollierung von Produktionsparametern genutzt werden kann, um firmeninterne Ursachen-Defektkataloge zu erstellen. Der Doppelkreisringtest ist eine alternative Methode zum 4-Punktbiegeversuch, wobei sich die Werkzeuggestaltung und insbesondere die Angussgestaltung als essentiell für zuverlässige Werte herausgestellt hat. In Hinblick auf die zerstörungsfreie Grünteilprüfung müssen einige Methoden wie die Ultraschallmikroskopie und akustische Messungen auf Grund der hohen Dämpfung in der Polymermatrix ausgeschlossen werden. Das Bauteilgewicht hängt im Wesentlichen von den Parametern Werkzeug-/Feedstocktemperatur und Nachdruck ab und ist so ein Maß für die erreichte Dichte. Für das Auffinden von lokalisierten Defekten ist die Nachweisgrenze zu hoch. Für derartige Defekte haben sich röntgenographische Methoden geeignet erwiesen, da sie dichtesensitiv sind und sowohl Hohlräume als auch Fremdpartikel abbilden können. In Abhängigkeit von der Vergrößerung können bereits einfache Durchstrahlungsmessungen genutzt werden, um Defekte zu erkennen. Hier ist zwar nicht, wie in der gerätetechnisch und zeitlich aufwändigeren Computertomographie, eine Lokalisierung im 3D-Volumen möglich, aber unter Kenntnis der kritischen Bereiche können hinreichende Aussagen über die Qualität der Bauteile getroffen werden.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen sind in die Erstellung einer Richtlinie zur Verbesserung der Qualität im Keramikspritzguss geflossen, die der Projektbegleitende Ausschuss als Projektergebnis verabschiedet hat. Sie soll den beteiligten Firmen als Grundlage dienen, die Prozesssicherheit zu erhöhen und damit die Qualität der Bauteile zu verbessern und langfristig sicherzustellen.