

Energieeffizienz bei der Kreamikherstellung

106446

Abschlussbericht ENITEC

VDMA 2013

104 Seiten

Preis: Euro 50,00

ISBN: 978-3-8163-0644-3

Das Verbundprojekt „ENITEC – Effiziente Niederenergie Entbinderungs- und Sintertechnik in der Keramikherstellung“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert und vom Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA) betreut. Herausgeber des Abschlussberichtes ist das Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL

Inhalt

1 Zusammenfassung (Executive Summary)	8
2 Einleitung	10
3 Projektüberblick	13
3.1 Ziele des Projekts	13
3.2 Struktur, Aufgaben, Vernetzung	13
3.3 Projektpartner	15
4 Ergebnisse	20
4.1 Zirkonoxid für die Medizintechnik: Endformgerechte Fertigung .. 20	
4.1.1 Methodik Grünbearbeitung	20
4.1.2 Bewertung Grünkörperhomogenität	22
4.1.3 Umsetzungsstrategien für höchste Präzision	27
4.1.4 Optimierte Sintertechnologie	30
4.1.5 Energieeinsparpotenziale	31
4.2 Verschleißkeramik aus Siliziumcarbid: Kombinierte Entbinderung und Sinterung	34
4.2.1 Technologie und Werkstoffeigenschaften SSC	34
4.2.2 Verfahrens- und Anlagenkonzept für den Kombiprozess Entbindern / Sintern	36
4.2.3 Prozessevaluation und Qualitätssicherung im Up-scaling	36
4.2.4 Energieeinsparpotenziale	44
4.3 Isolatoren aus Hochleistungsporzellan: Ganzheitliche Design- und Prozessoptimierung	45
4.3.1 Massekonzepte	45
4.3.2 Trocknung	47
4.3.3 Brennprozesse	52
4.3.4 Designoptimierung	55
4.3.5 Energieeinsparpotenziale	57
4.4 Anlagentechnik und Prozesse für die Wärmebehandlung – Batchverfahren	58
4.4.1 Analyse des Ist-Zustandes	58
4.4.2 Machbarkeitsstudie und praktisch erprobte Anwendungsbeispiele	59
4.4.3 Verwertungskonzepte	60
4.5 Anlagentechnik und Prozesse für die Wärmebehandlung – Kontinuierliche Verfahren	63
4.5.1 Analyse des Ist-Zustandes an typischen Industrieöfen	63
4.5.2 Möglichkeiten der Energieeinsparung über die Prozessführung beim Entbindern und Sintern	66
4.5.3 Möglichkeiten der Energieeinsparung über die Energienutzung innerhalb des Aggregats	69
4.5.4 Erste Umsetzungsbeispiele und Potenziale an kontinuierlichen Anlagen	74
4.6 Modellierung und Simulation	77
4.6.1 In-Situ-Messmethoden für die Optimierung von Entbinderungs- und Sinterprozessen	77
4.6.2 Messmethoden Entbinderungsparameter	83
4.6.3 Simulation von Formgebungs-, Entbinderungs- und Sinterprozessen	86
5 Öffentlichkeitsarbeit, Präsentation und Nutzung der Projektergebnisse ...	100
6 Schlussfolgerungen, Handlungsempfehlungen	104



Zusammenfassung (Executive Summary)

Bei der Herstellung Technischer Keramik werden ca. 50 % der Energie für die Wärmebehandlung verwendet. Die Wärmebehandlung wird benötigt, um den während des vorangehenden Formungsprozesses verwendeten organischen Binder zu entfernen und um die Keramik zu sintern. Bei Keramikbauteilen, die über Nassformgebung hergestellt werden, ist außerdem noch ein Trocknungsschritt erforderlich. Auch für die Endbearbeitung Technischer Keramiken kann ein erheblicher Energieeinsatz notwendig sein. Im Projekt ENITEC wurden die bisher unvollständigen Kenntnisse über den Energieverbrauch bei der Herstellung Technischer Keramiken ergänzt. Über die Analyse der physikalisch-chemischen Hintergründe sowie die Entwicklung neuer innovativer Ofentechnologien wurden realisierbare Einsparpotenziale aufgezeigt und verifiziert. Dieser Ansatz wurde dadurch unterstützt, dass insgesamt drei Keramikhersteller mit unterschiedlichen chemischen Hintergründen für die Technische Keramik repräsentativem Produktportfolio sowie zwei Ofenbauer und zwei Forschungsinstitute mit komplementärem Know-How zusammenarbeiteten. Sowohl durch die gezielte Auswahl der Demonstratoren als auch durch die unterschiedlichen Ofenkonzepte wird somit sichergestellt, dass eine breitflächige Übertragung in die keramische Industrie möglich ist und eine große Wirkung bei der Umsetzung der Projektergebnisse erzielt werden kann.

Ausgehend von einer Analyse der Energieaufwendungen im keramischen Herstellungsprozess wurde die Schwerpunktsetzung im Vorhaben begründet: Im Mittelpunkt der Untersuchungen stand mit der Wärmebehandlung der energieaufwändigste Herstellungsprozessschritt. Die Untersuchungen wurden anhand von ausgewählten Demonstratoranteilen aus der laufenden Serie durchgeführt, die in Bezug auf die Anforderungen bei der Wärmebehandlung und Nachbearbeitung die gesamte Bandbreite der Technischen Keramiken repräsentieren. Es wurden Methoden erarbeitet, mit deren Hilfe die energieaufwändigsten Schritte wie mehrfaches Aufheizen, Heißpressen, Nachbearbeitung entweder komplett eliminiert werden oder aber der notwendige Energieaufwand deutlich reduziert wird.

Schon bei der Formgebung und Trocknung der Keramiken können wesentliche Beiträge zur Energieeinsparung geleistet werden. So wurde bei den kalt-isostatisch gepressten Zirkonoxidkeramiken eine sehr hohe Homogenität der Grundstücke nachgewiesen. Diese führt dazu, dass nach dem Sintern die Dimensionstoleranzen unter 20 µm abgesenkt werden können und auf die energieaufwändige Endbearbeitung komplett verzichtet werden kann. Die Trocknung ist – besonders bei großen Bauteilen – ein zeit- und energieaufwändiger Herstellungsprozessschritt. Dieser wurde bei den Hochspannungsisolatoren durch Optimierung der Trocknungsparameter signifikant verbessert.

Bei den Siliziumcarbidkeramiken wurden bisher die beiden Wärmebehandlungsprozesse Entbindern und Sintern getrennt durchgeführt, weil die dafür benötigten Ofenanlagen inkompatibel waren. Durch ein neues energieeffizientes Ofenkonzept wurde gezeigt, dass beide Prozesse ohne zwischenzeitliches Abkühlen in einer Ofenanlage durchgeführt werden können.

Im Projekt ENITEC wurden weitere energiesparende Ofenkonzepte erstellt. Außerdem wurden Simulationsmethoden entwickelt, die eine Optimierung der Ofenkurve im Hinblick auf minimalen Energieverbrauch ermöglichen. Die Computersimulation beruht auf zahlreichen Hochtemperaturmessdaten, für deren Erfassung geeignete Messverfahren entwickelt wurden.

Im Ergebnis des Projektes ENITEC wurde somit gezeigt, dass bei der Herstellung von Technischen Keramiken Energieeinsparungen > 40 % durch Prozessentwicklung, neue Ofenkonzepte sowie mit Hilfe von Simulation und In-Situ-Messmethoden erreicht werden können. Entwicklungsergebnisse sind z. B. eine effizientere Nutzung des Ofenraumes (drastische Reduzierung der Brennhilfsmittel), die Reduzierung des Sinterverzuges durch optimierte Sinterprogramme (reduzierte Nachbearbeitungskosten), das Entbindern und Sintern in einem Schritt sowie die drastische Reduzierung der Sinterzeiten durch neue innovative Ofenkonzepte.

Autoren / Projektleiter

Axel Kammerer
Leiter F&E Keramik Europa
LAPP Insulators GmbH Bahnhofstraße 5
95632 Wunsiedel
www.lappinsulators.de

Dr. Torsten Kraft
Gruppenleiter Pulvertechnologie
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM
Wöhlerstraße 11
79108 Freiburg
www.iwm.fraunhofer.de

Dr. Reinhard Lenk Leiter Service Center Entwicklung
CeramTec GmbH CeramTec-Platz 1-9 73207 Plochingen
www.ceramtec.de

Josef Lichtscheindl
Leiter keramische Technologie
FCT Systeme GmbH Rauenstein Gewerbepark 16 96528 Frankenblick
www.fct-systeme.de

PD Dr. Friedrich Raether
Leiter Fraunhofer-Zentrum HTL
Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau
Gottlieb-Kelm-Straße 60
95448 Bayreuth
www.htl.fraunhofer.de

PD Dr. Ingo Schmidt
Pulvertechnologie
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM
Wohlerstraße 11
79108 Freiburg
www.iwm.fraunhofer.de

Matthias Steiner
Entwicklungsingenieur
CeramTec GmbH
Luitpoldstraße 15
91207 Lauf
www.ceramtec.de

Dr. Peter Stingl
Leiter Geschäftsstelle
Abteilung Ceramic Composites im CCeV
Gottlieb-Keim-Straße 60
95448 Bayreuth
www.ceramic-composites.eu

Axel Weiland
Leiter Business Segment Hochtemperatur
Eisenmann Anlagenbau GmbH & Co. KG
Tübinger Straße 81
71032 Böblingen
www.eisenmann.com

Dr. Torsten Weiß
Geschäftsführer
BCE Special Ceramics GmbH
Markircher Straße 8
68229 Mannheim
www.bce-special-ceramics.de

Preis: 50,00 EUR