

CleanReTurn

Automatisierte Reinigung von keramischen VPP-Bauteilen durch Zentrifugation und Evaluierung von recycelter Suspension

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Digitale Technologien, IraSME Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.10.2024	Projektende	31.03.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	30 Monate
Keywords	3D-Druck, Photopolymerisation, Keramik, Automatisierung		

Projektbeschreibung

Die lithographie-basierte keramische additive Fertigung gehört mit der CerAM VPP Technologie zu den am weitesten entwickelten Fertigungsverfahren für die Herstellung von hochkomplexen und hochaufgelösten keramischen Bauteilen. Dazu maßgeblich beigetragen hat die Firma Lithoz aus mit ihrer Gründung im Jahr 2012 und der Etablierung des sogenannten Lithography-based Ceramic Manufacturing – LCM. Seither wurden für dieses Verfahren eine Vielzahl von Materialien entwickelt, die genutzt werden, um keramische Bauteile mit völlig neuen Geometrien und Funktionen zu realisieren. Die Technologie ist mittlerweile so weit gereift, dass ein industrietaugliches Niveau erreicht wurde, Firmen die Technologie im Industriemaßstab verwenden und damit vorwiegend technisch komplexe Bauteile bereits in höheren Stückzahlen umsetzen.

Innerhalb der keramischen Prozesskette wird die additive Fertigung rein als Formgebungsverfahren genutzt. Der so generierte Grünkörper entspricht einem Komposit aus polymerer Matrix und eingelagerten keramischen Partikeln. Die Umwandlung in ein keramisches Bauteil erfolgt anschließend in einem zweistufigen Prozess. Zunächst werden während der Entbinderung alle nicht-keramischen Bestandteile entfernt, bevor während der Sinterung bei sehr hohen Temperaturen eine Verdichtung des Gefüges und die Ausbildung der typischen keramischen Eigenschaften erfolgt.

Die aktuelle Herausforderung besteht darin, dass die mit der LCM-Technologie gefertigten Grünkörper in aufwändiger Handarbeit von der am Bauteil anhaftenden Suspension gereinigt werden müssen. Erfolgt dies nicht vollständig, versintert auch dieses Material und es kommt zu Verblockung innerer Kanäle oder geometrischen Abweichungen in der äußeren Geometrie. Dieser Reinigungsvorgang kann je nach Bauteil und Stückzahl sehr zeit- und kostenintensiv sein, limitiert damit erheblich die Serientauglichkeit und bietet demnach ein großes Optimierungs- und Entwicklungspotential. Ein weiteres Manko der manuellen Reinigung besteht in der häufig noch hohen Streuung der resultierenden Eigenschaften. Erst durch eine Automatisierung der Reinigung und der Prozesskette lässt sich die Reproduzierbarkeit der finalen Bauteileigenschaften auch für große Stückzahlen signifikant verbessern.

Gemeinsam mit der Firma Lithoz hat das Fraunhofer IKTS hier erste Entwicklungen angestoßen, die ein völlig neues Reinigungskonzept beinhalten. Erste Versuche haben gezeigt, dass die Reinigung von Bauteilen unter Verwendung von

erhöhter Zentrifugalkraft wesentliche Vorteile mit sich bringen kann. Zu diesen Vorteilen zählen:

deutliche Reduzierung der Reinigungszeit (auf wenige Minuten)

wesentliche Erhöhung der Reinigungsqualität (Auflösung und Genauigkeit steigen)

deutliche Reduzierung der geometrischen Streuung bei hoher Bauteilanzahl

Rückgewinnung von Suspension und Recyclierung werden möglich

Um die bisherigen Ergebnisse in eine marktfähige Methodik zu überführen, sind generelle Weiterentwicklungen entlang der gesamten Prozesskette sowie im Speziellen im Bereich der Reinigung sowie einer gezielten Untersuchung des Einflusses auf die geometrischen und mechanischen Bauteileigenschaften und die erforderliche Prozesszeit notwendig. Außerdem bietet die Nutzung der Zentrifugenreinigung erstmals die Möglichkeit, die nicht vernetzte an der Oberfläche des Grünkörpers anhaftende Suspension zurückzugewinnen. Untersuchungen zur Qualität einer so zurückgewonnenen Suspension sowie der Eigenschaften der daraus hergestellten Komponenten existieren bisher nicht. Im Projekt werden sowohl die rückgewonnene Suspension als auch daraus generierte Bauteile charakterisiert und beurteilt.

Des Weiteren bietet die Verwendung einer maschinellen Reinigungsstrategie die Möglichkeit zur Automatisierung des gesamten Prozessschrittes von der Herstellung des Grünkörpers bis zum Beginn der thermischen Prozessierung. Eine wesentliche Erweiterung kann zukünftig darin bestehen, Bauteile mit Hinterschnitten oder verschlossenen Hohlräumen während der Fertigung „zwischenzureinigen“, was so bisher nicht möglich ist und mit dem neuen Ansatz überhaupt erst realisierbar wird. Dadurch können neue Funktionalitäten, wie z.B. verschlossene Hohlräume oder komplexe innere Kanalstrukturen mit reproduzierbaren Geometrien, in zukünftigen Bauteilen realisiert werden.

Die Fertigungskosten sowie die fehlende Reproduzierbarkeit bei den (geometrischen) Bauteileigenschaften stellen aktuell signifikante Markteintrittsbarrieren dar. Durch die Automatisierung der Reinigung unter Verwendung von Zentrifugalkräften sowie der Kopplung des Reinigungsprozesses mit der Formgebung können der Aufwand reduziert und die Reproduzierbarkeit gesteigert werden. Gelingt die Rückgewinnung der Suspension, sinken die Fertigungskosten gerade für filigrane und geometrisch hochkomplexe Bauteile signifikant, wodurch die Akzeptanz am Markt weiter gesteigert werden kann. Davon profitiert der Partner LITHOZ direkt in Form von gesteigertem Verkauf von AM-Anlagen und dazugehörigen Suspensionen und die Partner SIGMA durch die Erschließung eines neuen Geschäftsfeldes (Zentrifugen für die Reinigung von AM-Bauteilen) sowie AUMO als Zulieferer für die Automatisierung bzw. Handlingstechnologie. Die Forschungspartner MUL, TUD und IKTS profitieren durch den Knowhow-Aufbau und Reputationsgewinn, wodurch die Basis für weitere Forschungsaktivitäten gelegt wird.

Abstract

With CerAM VPP technology, lithography-based ceramic additive manufacturing is one of the most advanced manufacturing processes for the production of highly complex and high-resolution ceramic components. Lithoz made a significant contribution to this with its foundation in 2012 and the establishment of lithography-based ceramic manufacturing (LCM). Since then, a large number of materials have been developed for this process, which are used to create ceramic components

with completely new geometries and functions. The technology has now matured to such an extent that a level suitable for industrial use has been reached, companies are using the technology on an industrial scale and are therefore able to produce technically complex components in large quantities.

Within the ceramic process chain, additive manufacturing is used purely as a shaping process. The green body generated in this way corresponds to a composite of polymer matrix and embedded ceramic particles. The transformation into a ceramic component then takes place in a two-stage process. First, all non-ceramic components are removed during debinding, before the microstructure is densified and the typical ceramic properties are formed during sintering at very high temperatures.

The current challenge is that the green bodies produced using LCM technology have to be painstakingly cleaned by hand to remove the suspension adhering to the component. If this is not done completely, this material also sinters and internal channels become blocked or there are geometric deviations in the external geometry. Depending on the component and quantity, this cleaning process can be very time-consuming and cost-intensive, thus considerably limiting the suitability for series production and therefore offering great potential for optimization and development. Another shortcoming of manual cleaning is the often high scattering of the resulting properties. Only by automating cleaning and the process chain can the reproducibility of the final component properties be significantly improved, even for large quantities.

Together with the company Lithoz, Fraunhofer IKTS has initiated initial developments in this area, which include a completely new cleaning concept. Initial tests have shown that the cleaning of components using increased centrifugal force can bring significant advantages. These advantages include

significant reduction in cleaning time (to a few minutes)

Significant increase in cleaning quality (resolution and accuracy increase)

Significant reduction in geometric scattering with a high number of components

Suspension recovery and recycling become possible

In order to transfer the previous results into a marketable methodology, general further developments along the entire process chain and in particular in the area of cleaning as well as a targeted investigation of the influence on the geometric and mechanical component properties and the required process time are necessary. In addition, the use of centrifuge cleaning makes it possible for the first time to recover the non-crosslinked suspension adhering to the surface of the green body. Investigations into the quality of a suspension recovered in this way and the properties of the components produced from it have not yet been carried out. In the project, both the recovered suspension and the components generated from it are characterized and evaluated.

Furthermore, the use of a mechanical cleaning strategy offers the possibility of automating the entire process step from the production of the green body to the start of thermal processing. In the future, a significant extension may be to "temporarily clean" components with undercuts or closed cavities during production, which has not been possible up to now and can only

be realized with the new approach. As a result, new functionalities, such as closed cavities or complex internal channel structures with reproducible geometries, can be realized in future components.

Production costs and the lack of reproducibility of (geometric) component properties currently represent significant barriers to market entry. By automating the cleaning process using centrifugal forces and coupling the cleaning process with the shaping process, costs can be reduced and reproducibility increased. If the recovery of the suspension, is successful, the production costs for filigree and geometrically highly complex components in particular will fall significantly, which can further increase market acceptance. The partner LITHOZ benefits directly from this in the form of increased sales of AM systems and associated suspensions and the partners SIGMA through the development of a new business area (centrifuges for cleaning AM components) and AUMO as a supplier for automation and handling technology. The research partners MUL, TUD and IKTS benefit from the build-up of expertise and reputation, which lays the foundation for further research activities.

Projektkoordinator

- Lithoz GmbH

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Struktur- und Funktionskeramik