

AiProMex

Datengetriebene Inline-Prozessüberwachung von hochgefüllten Polymersystemen in der filamentbasierten Materialextrusion

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Schlüsseltechnologien für nachhaltige Produktion Ausschreibung 2023	Status	laufend
Projektstart	01.02.2024	Projektende	31.01.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektaufzeit	36 Monate
Keywords	3D-Druck, Materialextrusion, machine learning, AI, Prozessüberwachung		

Projektbeschreibung

Die heutigen Marktanforderungen sind durch geringe Produktentwicklungszeiten in Kombination mit hoch komplexen technischen Anwendungsgebieten geprägt. Weiters stellt die Betrachtung des Produktes hinsichtlich dessen Nachhaltigkeitsaspekte und End of Life Verwendungsmöglichkeit wichtige Faktoren dar. Durch die Verarbeitung mittels konventionellen Fertigungsverfahren können die Anforderungen der kurzen Durchlaufzeiten in Kombination mit hoher Komplexität kaum wirtschaftlich ermöglicht werden. Dadurch gewinnt die Additive Fertigung, welche durch ein gezieltes Aufbauen von Material an der vom Bauteil benötigten Stelle und geringer Abhängigkeit der Bauteilkomplexität, an Zuwachs. Im Bereich der Additiven Fertigung stellt das Fused Filament Fabrication (FFF) Verfahren oder auch Materialextrusion (MEX) genannt, die kostengünstigste und flexibelste Fertigungsvariante zur Herstellung von Bauteilen dar. Es können kleine bis sehr große Bauteile flexibel gefertigt werden. Dabei können verschiedene Materialeigenschaften, Oberflächengüten und eine Recyclierbarkeit durch die Verwendung von Thermoplasten erreicht werden. Nachteilig ist, dass in der Extrusion des Materials im Prozess keine Berücksichtigung der Rheologischen Eigenschaften stattfindet. Dies führt bei veränderten Viskositäten des Materials durch dessen chemische Zusammensetzung zu unterschiedlichen Ablagemengen des Polymers, was wiederum zu Unterextrusion des Materials und dabei zu Porositäten im Bauteil führt. Diese Fehlstellen mindern die Leistungsfähigkeit des Materials und damit des Bauteils zunehmend.

Um die Rheologischen Eigenschaften des Materials In-line berücksichtigen zu können wird im Projekt „alProMex“ eine Systematik erarbeitet, um diese Sensorisch erfassen zu können durch „machine learning Algorithmik“ auszuwerten und die beeinflussenden Parameter in diesem Zuge In-line zu manipulieren. Das soll es uns ermöglichen, den Prozess besser auf Mesoebene zu verstehen und die Materialeigenschaften gezielt steuern zu können. Dadurch werden Materialausfälle durch Druckfehler minimiert und somit der Prozess optimiert. Weiters ermöglicht die kontrollierbare Steuerbarkeit der Parameter und in weiterer Folge der mechanischen Eigenschaften eine breitere Anwendung von Bauteilen in der Industrie durch deren höhere Leistungsfähigkeit.

Im Projekt werden unterschiedliche Materialien, aber vor allem keramisch gefüllte Werkstoffe verarbeitet und anschließend gesintert. Den Grund für die Verwendung von keramisch gefüllten Polymersystemen stellt die hohe Empfindlichkeit des Systems auf Porositäten und Lunker dar. Bei der Grünlingherstellung durch keramisch gefüllte Polymersysteme kommt es dabei zur erschwerten Extrusion durch den komplexen Schmelzefluss des Materials, was die Parametersetzung des Materials

schwierig gestaltet. Die entstandenen Porositäten im Grünlings führen zu hohem Schrumpfverhalten und daher zu Spannungskonzentrationen, welche den Bauteil stark schwächen. Mit der Prozessüberwachung und In-line Auswertung werden komplexe Materialverhalten durch die Manipulation der Extrusionsparameter berücksichtigt und durch eine Minimierung der Porosität definiert. Somit kann das Potential des FFF-Verfahrens für mögliche Anwendungen in der Industrie gesteigert werden und neue technisch hochentwickelte Anwendungen entstehen.

Abstract

Today's market requirements are characterised by short product development times in combination with highly complex technical application areas. Furthermore, the consideration of the product with regard to its sustainability aspects and end-of-life application possibilities are important factors. The requirements of short lead times in combination with high complexity can hardly be met economically by processing using conventional manufacturing methods. As a result, additive manufacturing, which is characterised by a targeted build-up of material at the point required by the component and low dependence on the component complexity, is gaining in importance.

In the field of additive manufacturing, the fused filament fabrication (FFF) process, also known as material extrusion (MEX), is the most cost-effective and flexible manufacturing method for producing components. Small to very big components can be manufactured flexibly. Different material properties, surface qualities and recyclability can be achieved by using thermoplastics. A disadvantage is that the rheological properties of the material are not taken into account in the extrusion process. This leads to different deposition quantities of the polymer when the viscosity of the material changes due to its chemical composition, which in turn leads to under-extrusion of the material and thus to porosities in the component. These imperfections increasingly reduce the performance of the material and thus of the component.

In order to be able to take the rheological properties of the material into account in-line, a system is being developed in the "alProMex" project in order to be able to record these sensorically using machine learning algorithms and to manipulate the influencing parameters in-line in this process. This should enable us to better understand the process at meso level and to be able to control the material properties in a targeted manner. This minimises material failures due to printing errors and thus optimises the process. Furthermore, the controllability of the parameters and subsequently the mechanical properties enables a broader application of components in industry through their higher performance.

In the project, different materials, but mainly ceramic-filled materials, are processed and subsequently sintered. The reason for using ceramic-filled polymer systems is the high sensitivity of the system to porosity and voids. When green parts are produced using ceramic-filled polymer systems, the complex melt flow of the material makes extrusion more difficult, which makes it difficult to set the parameters of the material perfectly. The resulting porosities in the green compact lead to high shrinkage behaviour and therefore to stress concentrations, which severely weaken the component. With process monitoring and in-line evaluation, complex material behaviour is taken into account by manipulating the extrusion parameters and defined by minimising the porosity. Thus, the potential of the FFF process for possible applications in industry can be increased and new technically advanced applications can be created.

Projektkoordinator

- Transfercenter für Kunststofftechnik GmbH

Projektpartner

- RHP-Technology GmbH
- HAGE3D GmbH

- Competence Center CHASE GmbH