

## Entwicklung einer heißisostatischen Presse mit integrierter Wärmebehandlung

### Development of a hot isostatic press with integrated heat treatment

Mit pulvermetallurgischen Verfahren wie Metallpulverspritzguss (MIM) oder ‚Laser Powder Bed Fusion‘ (L-PBF) können komplexe Bauteile endkonturnah gefertigt werden. Diese Bauteile sind allerdings häufig nicht porenfrei dicht. Dadurch bleiben mechanische Eigenschaften wie Zähigkeit oder Festigkeit hinter denen von konventionell gefertigten Bauteilen zurück. Die Bauteile werden in einer heißisostatischen Presse (HIP) nachverdichtet, um diese Eigenschaften zu verbessern. In einer anschließenden Wärmebehandlung in einer separaten Anlage wird der Werkstoff gezielt eingestellt.

Im Rahmen eines öffentlich geförderten ZIM-Projektes wird eine HIP-Anlage mit integrierter Wärmebehandlung (HIP-IHT) entwickelt. Die Wärmebehandlung in der HIP-IHT ist zeit- und energieeffizienter. Außerdem bietet die Kombination prozesstechnische Vorteile. Aufgrund der hohen Drücke im Gas ist der Wärmeübergangskoeffizient am Bauteil höher und trägt zu einer schnelleren Abkühlung bei. Des Weiteren findet die Wärmebehandlung unter Schutzgas statt und das Bauteil muss nicht zwischen den Anlagen transportiert werden.

Die Entwicklung der HIP-IHT wird durch numerische Simulationen unterstützt. Ein Prozessmodell berechnet zeitabhängig die Energie- und Stoffströme. Diese Werte werden in ein numerisches Modell zur Gefügeentwicklung eingebunden. Unter Berücksichtigung spezifischer Werkstoffparameter wird berechnet, wie sich die Temperatur und die Phasen im Bauteil während der Abkühlung entwickeln. So wird der gesamte Abkühlvorgang numerisch abgebildet. Die Simulationen zielen auf eine präzise Anlagenregelung ab, mit der gezielte, reproduzierbare und gleichmäßige Wärmebehandlungen in der HIP-Anlage durchgeführt werden sollen.

With powder metallurgical processes such as Metal Injection Moulding (MIM) or Laser Powder Bed Fusion (L-PBF), complex near-net-shape components can be produced. However, these components are often not free of pores. As a result, mechanical properties such as toughness or strength are reduced compared to those of conventionally manufactured components. In order to improve the properties, the components are post-densified in a Hot Isostatic Press (HIP). In a subsequent heat treatment in a separate installation, the material is adjusted to specific requirements.

As part of a public funded ZIM-project a HIP system with integrated heat treatment (HIP-IHT) is developed. Heat treatment in the HIP-IHT is more time and energy efficient. The combination also offers process-engineering advantages. Due to the high pressures in the gas, the heat transfer coefficient on the component is higher and contributes to faster cooling. Furthermore, heat treatment takes place under protective gas and the component does not have to be transported between the systems.

Numerical simulations support the development of HIP-IHT. A process model calculates time-dependently the energy and mass flows. These values are incorporated into a numerical model for microstructure development. Taking into account specific material parameters, it is calculated how the temperature and the phases in the component develop during cooling. The entire cooling process is represented numerically. The simulations aim at a precise process control, which allows reproducible and homogeneous heat treatment within the HIP vessel.



**Vortragende / Speaker**

Stephanie Bohrt

Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik, RWTH Aachen University

Carola Birke, Christoph Broeckmann,  
Yuanbin Deng, Jacqueline Gruber, Wolfgang Lenz,  
Herbert Pfeifer, Ali Rajaei, Sebastian Riehm  
Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik,  
RWTH Aachen University  
Ingo Cremer, Marc Knauff  
Cremer Thermoprozessanlagen GmbH