

Entwicklung hybrider Prozessketten aus additiver und konventioneller Fertigungstechnologie für die Kernfusion

H. Neuberger^{1*}, Dr. L. Adler², R. Derntl², B. Schmalisch², O. Müller², K.-U. Volker³, U. Kunert³, Dr. L. Stratil⁴, S. Senns⁵, A. Weiß⁵

¹Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik, ²Hermle Maschinenbau GmbH Ottobrunn, ³PHA Werkstofftechnik GmbH Lüdinghausen, ⁴Institute of Physics of Materials ASCR Brno, ⁵TTI GmbH – Technologie-Transfer-Initiative an der Universität Stuttgart

*heiko.neuberger@kit.edu

Themenschwerpunkt: Prozesse und Anlagen für die Additive Fertigung
Beitragsart: Vortrag

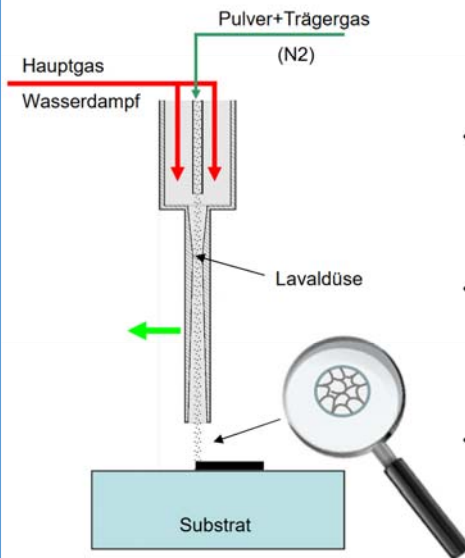
Am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) werden Optionen für zukünftige Herstellungsverfahren von Komponenten für die Kernfusion aus warmfesten Stählen entwickelt. Ziel ist die Realisierung komplexer 3D-Schalengeometrien die ein engmaschiges Netz an oberflächennahen und innenstrukturierten Kühlkanälen besitzen. Gleichzeitig soll die Anzahl der Schweißnähte im Produkt möglichst gering sein. Eine hierfür als Lösungsansatz entwickelte Prozesskette basierend auf einem additiven Fertigungsschritt (AM) und dem Fügen von Festkörpern durch Heiß-Isostatisches Pressen (HIP) bietet bereits heute schon interessante Optionen für industrielle Anwendungen.

Das hierbei zur Anwendung kommende AM-Verfahren des Metall-Pulver-Auftrags (MPA) der Firma Hermle vereint als hybriden Maschinenansatz einen auf Kaltgasspritzen basierenden additiven Materialauftrag direkt mit einem subtraktiven Materialabtrag durch die Kombination mit einem Hermle 5-Achs-CNC-Bearbeitungszentrum. Beim Kaltgasspritzen werden metallische Pulver deutlich unterhalb ihrer Schmelztemperatur verarbeitet. Somit kommt es zu keinem Aufschmelzen des verwendeten Ausgangspulvers. Die Erzeugung eines Materialverbunds entsteht durch eine hohe kinetische Energie beschleunigter Pulverpartikel, welche ausreicht bei Aufschlag eine metallische Bindung zu erzeugen (**Bild 1**). Somit können auch rissanfällige hochwarmfeste Stähle, wie der im Kraftwerksbau verwendete P92-Stahl, additiv verarbeitet werden. Das weiterhin von Hermle entwickelte wasserlösliche Füllmaterial erlaubt das Erzeugen von Hohlstrukturen, wie etwa Kühlkanälen (**Bild 2, Prozessschritt 2**). Somit können auf bis zu 700x400 mm² großen Substratflächen, welche eben als auch freigeformt sein können, konturnahe Kühlungen erzeugt werden.

Die neuartige Verfahrenskombination (**Bild 2, Prozessschritte 1 - 9**) besitzt im Vergleich zu den etablierten Fertigungstechnologien zur Herstellung von Komponenten mit innenliegenden druckbeaufschlagten Kanalstrukturen zwei Vorteile: einerseits können die AM gefertigten Bereiche im Produkt deutlich im Volumen reduziert werden (z.B. < 10 %), was Herstellungskosten verringert. Andererseits beinhaltet das fertige Produkt keinerlei Schmelzschweißnähte denn die drucktragende Strukturnaht wird rein durch Diffusionsschweißen zwischen konventionell erzeugten Festkörpern gebildet. Die additiv aufgetragene Schicht dient in der beschriebenen Konfiguration lediglich als Membran zum Abdichten der Fügefläche sowie Druckübertragung beim HIP Prozess.

Erste Qualifizierungsergebnisse der Prozesskombination auf Basis des MPA-Verfahrens zeigen eine hohe Materialqualität in der Diffusionsschweißnaht und beweisen damit die Eignung der MPA Schicht als druckübertragende Membran beim Schweißvorgang. Das Potential der Technologie kann durch Kombination mit Verfahren der Halbzeugherstellung wie Umformtechnik bzw. Stahlguss noch gesteigert werden, um die vorgestellte Prozesskette für verschiedenste Anwendungen (z.B. im Formen- oder Anlagenbau sowie Solarthermischen Receivern) wirtschaftlich interessant zu gestalten.

MPA - Technologie



- Beschleunigung des Hauptgases (Wasserdampf) in der Lavaldüse
- Injektion der Pulverpartikel kurz vor Lavalpunkt
- Beschleunigung der Pulverpartikel auf Überschallgeschwindigkeit
- Pulverpartikel werden nicht aufgeschmolzen → geringer Energieeintrag in Bauteil

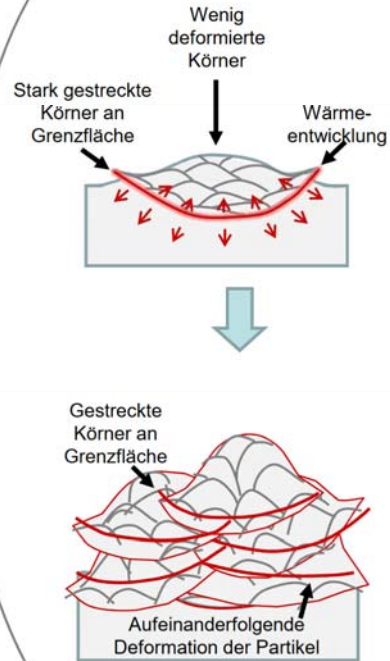


Bild 1. Funktionsweise des Kaltgasspritzens

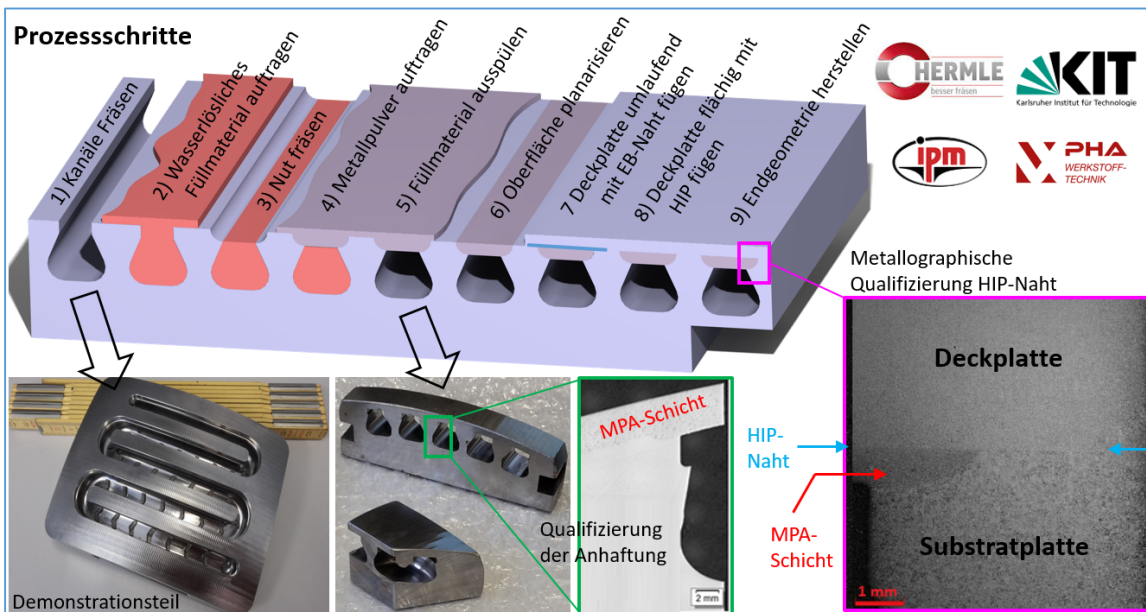


Bild 2. Prozessschritte und Qualifizierung

This work has been carried out within the framework of the EUROfusion Consortium, funded by the European Union via the Euratom Research and Training Programme (Grant Agreement No 101052200 — EUROfusion). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Commission. Neither the European Union nor the European Commission can be held responsible for them.