

## Teilprojekt A10

### **Titel**

Entwicklung simulativer Ansätze zur gezielten Auslegung der Eigenschaften plasmagespritzter Beschichtungen

### **Projektleitung/-bearbeitung**

Projektleitung: Prof. Dr.–Ing. K. Bobzin

Projektbearbeitung: M.Sc. I. Alkhasli

Institut für Oberflächentechnik IOT

### **Aufgabenstellung**

Steigerung des Verständnisses über die Vorgänge beim atmosphärischen Plasmaspritzen durch numerische Simulation. Entwicklung von Modellierungsansätzen für den Wärmetransfer innerhalb keramischer Partikel im Plasmastrahl. Entwicklung von Modellen für den Partikelaufrall und Schichtaufbau. Kopplung aller Teilmodelle für den Aufbau einer durchgängigen Simulationskette. Einsatz plasmagespritzter Wärmedämmschichten in Gussverfahren.

### **Vorgehensweise**

- Sequentiell gekoppelte Simulationsansatz bestehend aus Plasmabrennermodell, Plasmastrahlmodell und Partikelaufrallmodell
- Numerische Modellierung und Simulation der Vorgänge im Plasmastrahl
- Euler-Lagrange-Methode für die Modellierung der Impuls- und Wärmeübertragung zwischen Plasmastrahl und Partikel
- Modellierung des Wärmetransfers innerhalb der Partikel im Plasmastrahl unter Berücksichtigung von Aggregatzustandsänderungen
- Modellierung des Partikelaufralls, dessen Deformation, Abkühlung und Erstarrung mit der Volume of Fluid Methode

### **Ergebnisse**

- Entwicklung eines Partikelmodells zur Berechnung der Temperaturgradienten und Schmelzgraden von Partikeln im Plasmastrahl
- Entwicklung eines Partikelaufrallmodells und Simulation des Schichtaufbauvorgangs
- Kopplung des Plasmastrahl- und Partikelaufrallmodells

- Realisierung einer durchgängig gekoppelten Simulationskette

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Im zweiten Jahr wurde, in Kooperation mit Teilprojekt A4 (ISF), die Signifikanz der Temperaturgradienten innerhalb keramischer Partikel exemplarisch für einzelne Partikeltrajektorien im Plasmastrahl untersucht. Im dritten Jahr wurde durch das IOT ein neues Partikelmodell entwickelt und mit dem Plasmastrahlmodell gekoppelt. Das Modell berechnet den Wärmetransfer innerhalb aller Partikel, die sich im Plasmastrahl befinden und bestimmt deren Schmelzgrad. Des Weiteren wurde ein Modell zur Abbildung des Aufpralls der Spritzpartikel auf die Substratoberfläche entwickelt. Das Modell berücksichtigt die Deformation der Partikel, den Wärmetransfer innerhalb der Partikel sowie zwischen den Partikeln bzw. zwischen den Partikeln und dem Substrat und deren Erstarrung. Ein zentraler Forschungsbedarf bestand dabei in der Entwicklung eines Modells mit beherrschbarem Berechnungsaufwand. Durch die Modellierung der Erstarrung anhand einer Impulssenke konnte ermöglicht werden, die Berechnungszeiten des vereinfachten Schichtaufbauverhaltens beim Aufprall von mehreren Partikeln von Monaten auf Tage reduziert werden. Im vierten Jahr soll der Einfluss der Prozessparameter auf das Schichtaufbauverhalten weiter untersucht werden.

Im dritten Jahr wurde zudem der Einsatz plasmagespritzter Beschichtungen im Spritzgießen, in Kooperation mit den Teilprojekten B1 und B3 (IKV), weiter verfolgt. Das Einsatzpotential der Beschichtungen wurde dabei experimentell validiert, indem durch den Einsatz einer Wärmedämmschicht eine homogenere Temperaturverteilung auf der Kavitätsoberfläche erreicht wurde. Des Weiteren wurde die Einsatzmöglichkeit der Wärmedämmschichten in Kokillenguss, in Kooperation mit dem Teilprojekt B8 (GI), untersucht. Die ersten experimentellen Arbeiten haben eine höhere Beständigkeit der Wärmedämmschichten gegenüber Aluminiumschmelzen als der Stand der Technik gezeigt. Im vierten Jahr soll der Einsatz von Wärmedämmschichten im Spritz- und Kokillenguss weiter verfolgt und die Eigenschaften der Beschichtungen an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

## Veröffentlichungen

### Referierte Veröffentlichungen:

- [1] Bobzin, K., C. Hopmann, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli, H. Dornebusch und M. Schmitz, 2017. Tailoring the heat transfer on the injection moulding cavity by plasma sprayed ceramic coatings [online]. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 181, 2017, 12013. ISSN 1757-8981 [Zugriff am: 16. August 2017]. doi:10.1088/1757-899X/181/1/012013
- [2] Bobzin, K. und M. Öte, 2017. Modeling Plasma–Particle Interaction in Multi-Arc Plasma Spraying [online]. In: Journal of Thermal Spray Technology. 26, 2017, 3, 279-291. ISSN 1059-9630. doi:10.1007/s11666-016-0514-5
- [3] Bobzin, K. und M. Öte, 2017. Numerical Coupling of the Particulate Phase to the Plasma Phase in Modeling of Multi-Arc Plasma Spraying [online]. In: Journal of Physics: Conference Series. 825, 2017, 12003. ISSN 1742-6588. doi:10.1088/1742-6596/825/1/012003
- [4] Bobzin, K., M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli, U. Reisgen, O. Mokrov und O. Lisnyi, 2017. Simulation of the Particle Melting Degree in Air Plasma Spraying [online]. In: Journal of Physics: Conference Series. 825, 2017, 12002. ISSN 1742-6588. doi:10.1088/1742-6596/825/1/012002
- [5] Bobzin, K., M. Öte, J. Schein und S. Zimmermann, 2017. Numerical Study on Plasma Jet and Particle Behavior in Multi-arc Plasma Spraying [online]. In: Journal of Thermal Spray Technology. 26, 2017, 5, 811-830. ISSN 1059-9630. doi:10.1007/s11666-017-0564-3
- [6] Reisgen, U., Sharma, R., Gach, S., Olschok, S., Francis, J., Bobzin, K., Öte, M., Wiesner, S., Knoch, M.A., Schmidt, A., 2017. Residual Stress Measurement in AISi-Alloys. Materials Science & Engineering Technology, 48(12), (accepted).

### Andere Veröffentlichungen:

- [7] Bobzin, K. und M. Öte, 2016. Influence of Powder Particles on the Plasma Characteristics in Multi-arc Plasma Spraying. In: Proceedings HTPP: 14th High-Tech

- Plasma Processes Conference. München, 3.-7. Juli, 2016, 89.
- [8] Bobzin, K., M. Öte, M.A. Knoch und I. Alkhasli, 2017. Numerical Investigation of the Melting Degree of Ceramic Powder Particles During Air Plasma Spraying. In: Proceedings ITSC: International Thermal Spray Conference. Düsseldorf, 7.-9. Juni 2017. DVS Media GmbH, DVS-Berichte 336, [ISBN 978-3-96144-000-9], 291-295.
- [9] Bobzin, K., M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli, U. Reisgen, O. Mokrov und O. Lisnyi, 2016. Modelling of the Temperature Distribution Inside a Sprayed Particle in Air Plasma Spraying. In: Proceedings HTPP: 14th High-Tech Plasma Processes Conference. München, 3.-7. Juli, 2016. In Kooperation mit TP A4, 25.
- [10] Bobzin, K., M. Öte, T.F. Linke, I. Alkhasli, C. Hopmann, P. Nikoleizig und M. Schmitz, 2015. Development of Simulative Approaches for Precisely Designing the Properties of Plasma Sprayed Coatings for Application in Injection Moulding [online]. In: Proceedings 3rd ECCOMAS Young Investigators Conference. Aachen, 20.-23. Juli 2015. In Kooperation mit TP B1, B3. Verfügbar unter: <https://publications.rwth-aachen.de/record/480970/files/ProceedingsYIC-GACM-ACCES.pdf>