

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 eines externen Modells für die Berücksichtigung des Einflusses realer Partikelmorphologien und -geometrien auf die Partikelerwärmung.
- Kopplung des externen Partikelmodells mit dem bestehenden Freistrahlmmodell.

Vorgehensweise

Bisher wurde zur Verfolgung der Partikel im Freistrahlm der Lagrangian-Ansatz benutzt. Dabei wurden die Partikel als diskrete Punkte betrachtet. Die Koeffizienten für die Gas-Partikel Interaktion wurden anhand empirischer Gleichungen berechnet. Im neuentwickelten Ansatz wird die Gas-Partikel Interaktion anhand physikalischer Modelle extern berechnet. Im externen Partikelmodell wird die dreidimensionale Partikelgeometrie aufgelöst. Somit wird der Einfluss der, sowohl um den Partikel strömenden als auch in den Partikel penetrierenden, Gasströmung auf die Partikelerwärmung berücksichtigt. Die Partikelbeschleunigung wird ebenfalls, basierend auf physikalischen Modellen, im externen Modell berechnet. Als Randbedingungen für das externe Partikelmodell dienen die Gaskenngrößen entlang der Partikelflugbahn. Die schematische Darstellung des externen Partikelmodells, dessen Randbedingungen und die Kopplung mit dem Freistrahlmmodell ist in Abbildung 1 dargestellt.

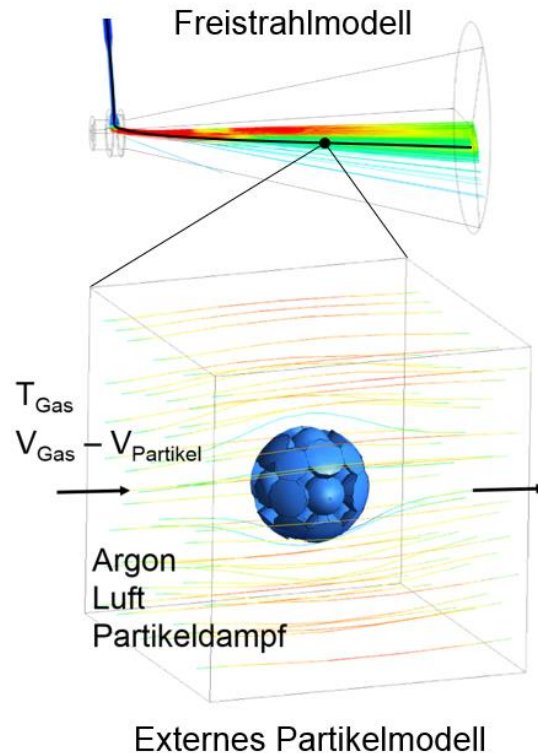


Abbildung 1: Schematische Darstellung des externen Partikelmodells zur Partikelerwärmung und dessen Kopplung mit dem Freistrahlmmodell.

Ergebnisse

Drei agglomerierte Partikel wurden im vorgestellten Modell analysiert. Alle drei Partikel haben denselben Durchmesser von $D = 46 \mu\text{m}$ und bestehen aus 27 sphärischen Primärpartikeln mit dem Durchmesser von $D^* = 17 \mu\text{m}$. Die Agglomerate haben unterschiedliche Packungsdichten, die auf der Packungsdistanz der Primärpartikel beruhen. Die Packungsdistanz d wurde als das Verhältnis der Distanz zwischen den Primärpartikeln und deren Durchmesser definiert. Die untersuchten Packungsdistanzen sind $d = 0,9$, $0,85$ und $0,8$. Abbildung 2 stellt die isometrische Ansicht vom Agglomerat mit der Packungsdistanz von $d = 0,9$ und die Querschliffe von allen drei Agglomeraten dar. Wie auf der Abbildung zu sehen ist, entspricht eine höhere Packungsdistanz einer loseren Partikelstruktur.

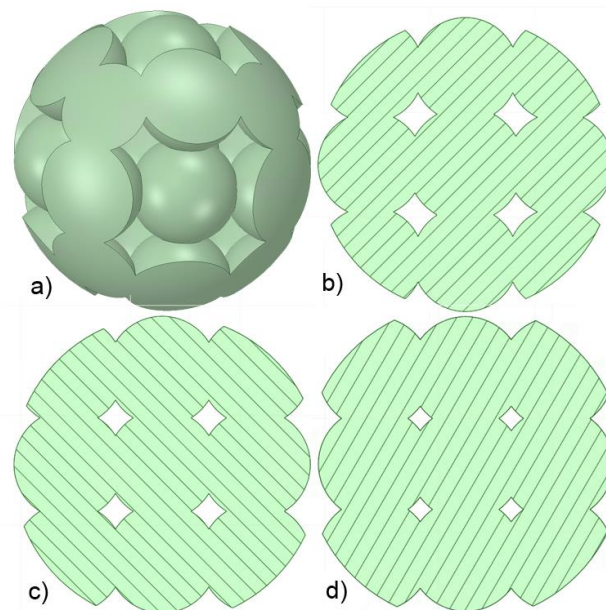


Abbildung 2: a) Geometrie eines agglomerierten Partikels, Querschnitt eines Partikels mit Packungsdistanz von b) 0,90, c) 0,85, d) 0,80.

Der Einfluss von der Packungsdichte auf die Partikelerwärmung ist in Abbildung 3 dargestellt. Das lose Agglomerat mit der Packungsdistanz von $d = 0,9$ hat die höchsten mittleren Partikeltemperaturen entlang seiner Partikeltrajektorie. Aufgrund seiner niedrigeren Masse, hat das Agglomerat eine niedrigere Wärmekapazität, was zur höheren Temperatur führen sollte. Andererseits hat das Agglomerat, aufgrund seiner höheren Geschwindigkeit, eine kürzere Verweilzeit im heißen Bereich des Plasmas, was i. A. zu niedrigeren Temperaturen führt. Da die beiden Phänomene einen entgegengesetzten Einfluss auf die Partikelerwärmung haben, können die höheren Temperaturen des Agglomerats nicht ausschließlich anhand seiner niedrigeren Wärmekapazität erklärt werden. Die größere Oberfläche des Agglomerats und breitere Abstände zwischen den Primärpartikeln können ebenfalls einen signifikanten Einfluss haben. Die breiteren Abstände zwischen den Primärpartikeln ermöglicht eine gesteigerte Gaspenetration in das Partikelvolumen.

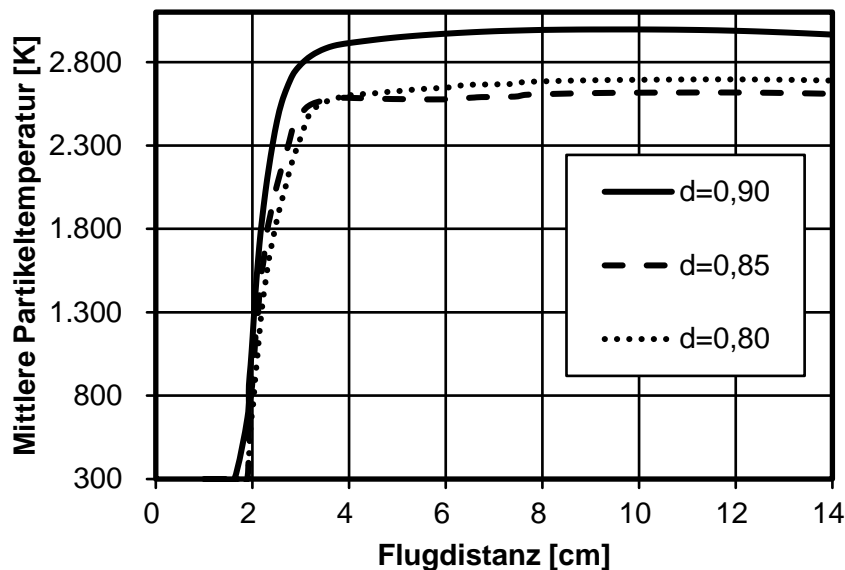


Abbildung 3: Mittlere Partikeltemperaturen der unterschiedlich dicht gepackten Agglomerate entlang deren Flugtrajektorien.

Zusammenfassung und Ausblick

Die obengenannten Effekte haben signifikante Einflüsse auf die Partikelerwärmung und könnten nicht, ohne die dreidimensionale Partikelgeometrie und die umströmende Gasströmung aufzulösen, berücksichtigt werden. Deren Beitrag auf die Partikelerwärmung ist komplex und von der Partikelmorphologie abhängig. In weiteren Arbeiten wird die Flugbahn des Partikels mit der extern berechneten Partikelgeschwindigkeiten gekoppelt.

Veröffentlichungen

K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli: Macroscopic particle modeling in air plasma spraying. In: Surface and Coating Technology, 18.07.2018. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2018.07.056

K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli, S. R. Dokhanchi:
Modelling of Particle Impact using Modified Momentum Source
Method in Thermal Spraying. In: IOP Conf. Series Material
Science and Engineering, 05.03.2019. DOI: 10.1088/1757-
899X/480/1/012003. Reprint von: K. Bobzin, M. Öte, M.A.
Knoch, I. Alkhasli, S. R. Dokhanchi: Modelling of Particle Impact
using Modified Momentum Source Method in Thermal Spraying.
In Tagungsband: Werkstofftechnisches Kolloquium 2019,
Chemnitz.

K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli: Temperature
Distribution on Thermally Sprayed Heating Conductor Coatings.
In: IOP Conf. Series Material Science and Engineering,
05.03.2019. DOI: 10.1088/1757-899X/480/1/012002. Reprint
von: K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli: Temperature
Distribution on Thermally Sprayed Heating Conductor Coatings.
In Tagungsband: Werkstofftechnisches Kolloquium 2019,
Chemnitz.