

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.
- Berücksichtigung des Einflusses realer Partikelmorphologien und -geometrien auf die effektiven Koeffizienten der Partikel-Gas Wechselwirkung
- Kopplung des Einflusses realer Partikelmorphologien und -geometrien auf die Partikelerwärmung und -beschleunigung mit dem Freistrahlmmodell.

Vorgehensweise

Das Verständnis über die Vorgänge des Atmosphärischen Plasmaspritzens wird durch die Modellierung der einzelnen Teilprozesse und die Kopplung der einzelnen Modelle in einer Simulationskette erhöht. Um die realen Partikelmorphologien und -geometrien zu berücksichtigen, werden die 3-dimensionalen Partikelgeometrien in einem externen Partikelmodell simuliert. Im externen Partikelmodell werden die 3-dimensionale Partikelgeometrien makroskalig aufgelöst und zusammen mit dem umströmenden Umgebungsgas simuliert. Dadurch werden die Einflüsse der Gasströmung auf die Partikelbeschleunigung, den Wärmeaustausch zwischen dem Gas und dem Partikel sowie den Wärmetransfer innerhalb der Partikel unter Berücksichtigung ihrer komplexen Geometrie bestimmt. Die schematische Darstellung des externen Partikelmodells, dessen Randbedingungen und die Kopplung mit dem Freistrahlmmodell ist in Abbildung 1 dargestellt. Des Weiteren werden die

komplexen Partikelgeometrien in partikelgeladenen Freistrahlsimulationen berücksichtigt. Im Freistrahlmittel werden die Partikel als diskrete Punkte betrachtet und deren Wechselwirkungen mit dem Gas anhand empirischer Formeln bestimmt. Dadurch, dass die komplexen Partikelgeometrien im Freistrahlmittel nicht aufgelöst werden, sind die Simulationen von mehreren Partikeln im Freistrahlmittel deutlich schneller als beim externen Partikelmodell. Um die Vorteile von beiden Ansätzen zu kombinieren, werden die effektiven Koeffizienten des Strömungswiderstands im externen Partikelmodell unter Berücksichtigung von komplexer Partikelgeometrie berechnet und anschließend im Freistrahlmittel für mehrere Partikel eingesetzt.

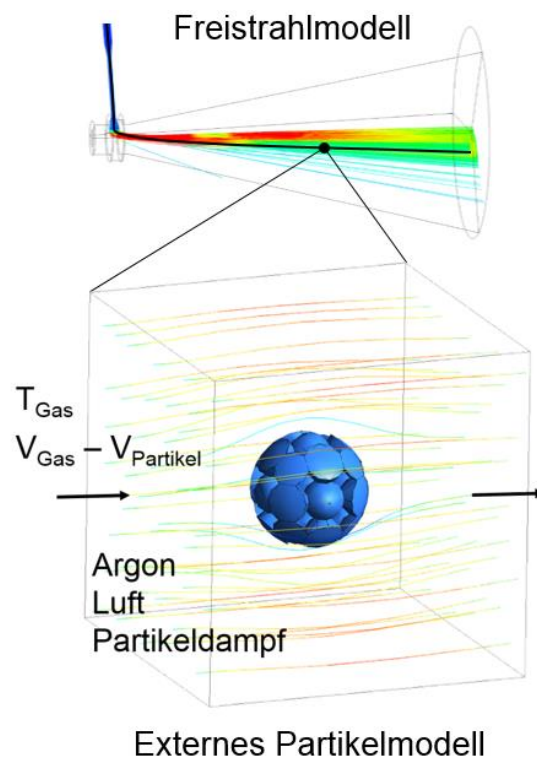


Abbildung 1: Schematische Darstellung des externen Partikelmodells zur Partikelerwärmung und dessen Kopplung mit dem Freistrahlmittel

Ergebnisse

Ein agglomeriertes Partikel wurde mit einem sphärischen Partikel im vorgestellten Modell verglichen. Beide Partikel haben gleichen Durchmesser von $\varnothing = 46 \mu\text{m}$, das agglomerierte Partikel besteht aus 27 sphärischen Primärpartikeln mit dem Durchmesser von $\varnothing^* = 17 \mu\text{m}$. Das Agglomerat hat eine Packungsdistanz von $PD = 0,9$. Die Packungs-

distanz PD wurde als das Verhältnis der Distanz zwischen den Primärpartikeln und deren Durchmesser definiert. Abbildung 2 zeigt eine isometrische Ansicht und einen Querschnitt des Agglomerats mit der Packungsdistanz von $PD = 0,90$.

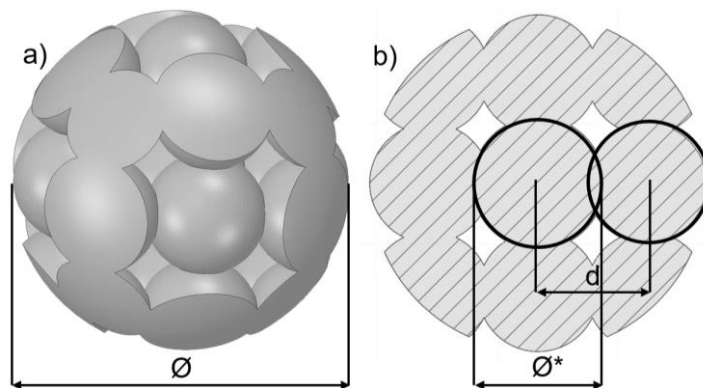


Abbildung 2: a) Geometrie eines agglomerierten Partikels, isometrische Ansicht, b) Querschnitt eines Partikels mit Packungsdistanz von $PD = 0,90$.

Die effektiven Strömungswiderstandskoeffizienten wurden im externen Partikelmodell für das sphärische und das agglomerierte Partikel berechnet. Anhand der erhaltenen Ausdrücke wurden im Freistrahlmmodell beide Partikel simuliert. Die unterschiedlichen Widerstandskoeffizienten führen dazu, dass die Partikel unterschiedliche Flugtrajektorien verfolgen und dabei unterschiedliche Geschwindigkeiten erreichen. Der Einfluss der Partikelgeometrie auf die Partikelgeschwindigkeit ist in Abbildung 3 dargestellt. Aufgrund seines höheren Strömungswiderstandskoeffizienten, was auf die vergrößerte Oberfläche zurückzuführen ist, sind die Geschwindigkeiten des Agglomerats höher als die Geschwindigkeiten der sphärischen Partikel.

Sowohl die unterschiedlichen Flugtrajektorien als auch die unterschiedlichen Partikelgeschwindigkeiten beeinflussen die Partikeltemperaturen während des Flugs eines Partikels durch den Plasmastrahl. Die Flugtrajektorie bestimmt, wie tief ein Partikel in die heißen Bereiche des Plasmas eindringt. Die Partikelgeschwindigkeiten bestimmen dabei die Verweildauer des Partikels in dem Bereich des Plasmastrahls.

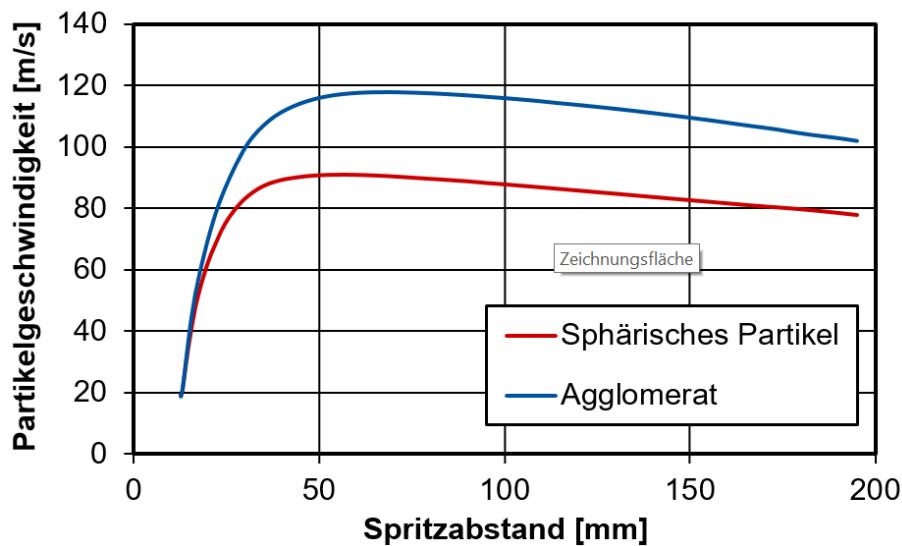


Abbildung 3: Vergleich der Partikelgeschwindigkeiten für die sphärische und agglomerierte Partikel entlang deren Spritzabständen

Der Gesamteinfluss von beiden Faktoren auf der Partikeltemperaturen ist in Abbildung 4 dargestellt. Das sphärische Partikel ist langsamer und hat daher eine längere Verweildauer in den heißen Bereichen des Plasmastrahls. Dies führt zu höheren Temperaturen des sphärischen Partikels in den heißen Bereichen und zu niedrigeren Temperaturen in den kälteren Bereichen des Plasmastrahls.

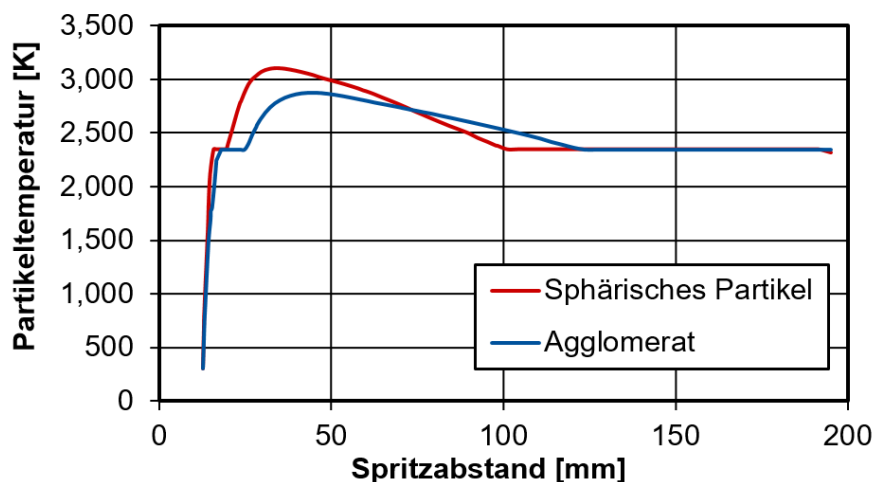


Abbildung 4: Vergleich der Partikeltemperaturen für die sphärische und agglomerierte Partikel entlang deren Spritzabständen

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einfluss der Partikelmorphologie und -geometrie auf die Partikeltemperatur im Freistrahler ist aufgrund der nichtlinearen Wechselwirkungen zwischen der Partikelgeschwindigkeit und der -erwärmung ein komplexer Vorgang. Um diesen Einfluss zu untersuchen, wurden die effektiven Koeffizienten der Wechselwirkungen zwischen Gas und Partikel im externen Partikelmodell bestimmt und mit dem partikelbeladenen Freistrahlermodell gekoppelt. Dadurch konnten die Flugtrajektorien und Geschwindigkeiten anhand der realen Partikelgeometrie angepasst werden, was eine präzisere Bestimmung der Partikeltemperatur erlaubt.

Veröffentlichungen

1. K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli
Macroscopic particle modeling in air plasma spraying
Surface and Coating Technology 364 (2019) 449-456
[10.1016/j.surfcoat.2018.07.056]
2. K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli, S. R. Dokhanchi
Modelling of particle impact using modified momentum source method in thermal spraying
IOP Conference Series - Material Science and Engineering
480 (2019) 012003 [10.1088/1757-899X/480/1/012003]
Proceedings WTK: 21st. Chemnitz Seminar on Materials Engineering; March 7th – 8th, 2019, Chemnitz, Germany
3. K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli
Temperature distribution on thermally sprayed heating conductor coatings
IOP Conference Series - Material Science and Engineering
480 (2019) 012002 [10.1088/1757-899X/480/1/012002]
Proceedings WTK: 21st. Chemnitz Seminar on Materials Engineering; March 7th – 8th, 2019, Chemnitz, Germany

4. K. Bobzin, M. Öte, M.A. Knoch, I. Alkhasli
Macroscopic modeling of an agglomerated and sintered particle
Journal of Thermal Spray Technology 29/1-2 (2020) 13-24
[10.1007/s11666-019-00964-z]
Reprint:
Proceedings ITSC: International Thermal Spray
Conference, 26. – 29. Mai, 2019, Yokohama, Japan, ASM
International 604-611 (2019) [ISBN 978-1-62708-242-6]