

## Numerisch effiziente, mehrskalige Materialmodelle für Prozesse mit thermischer und chemischer Hauptwirkung

Teilprojekt M05/Skalenübergänge – Dr.-Ing. Johanna Waimann, Prof. Dr.-Ing. Stefanie Reese

### Zielsetzung und Vorgehensweise

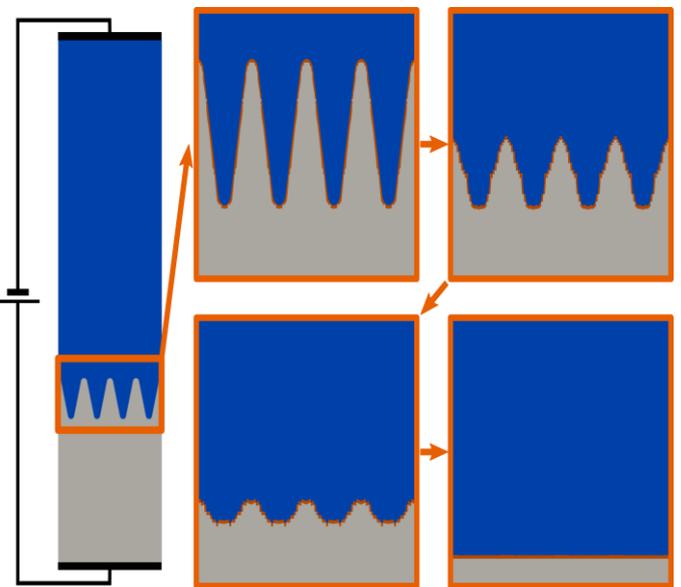
Im Teilprojekt (TP) M05 werden Methoden zur Aufstellung von Prozesssignaturen mit Anwendung auf Prozesse mit thermischer, chemischer und thermo-chemischer Hauptwirkung entwickelt. Das übergeordnete Ziel ist dabei, basierend auf einer effektiven Formulierung des Materialverhaltens, den Skalenübergang von der Gefügeebeene auf die Polykristallebene im Kontext von Prozesssignaturen zu erforschen, um eine mehrskalige Beschreibung der Werkstoffmodifikationen zu erreichen.

### Aktueller Kenntnisstand

TP M05 untersuchte zunächst den Homogenisierungsansatz nach Hashin und Shtrikman und wandte diesen auf die mechanische Problemstellung des Festwalzens in Kooperation mit den TPen M01 und M03 an [1,2,3].

Zur Modellierung thermischer Randwertprobleme, insbesondere der dissipations- und diffusionsgesteuerten Phasentransformationen, entwickelte TP M05 ein effizientes Materialmodell, das auf dem Prinzip des Minimums des Dissipationspotentials basiert [4,5]. Die Einbindung der thermo-mechanischen Kopplung gestattet es, die Spannungsentwicklung während der thermischen Werkstoffbeanspruchung (beispielsweise während des Induktionshärtens) zu berücksichtigen.

Für Prozesse mit chemischer Hauptwirkung entwickelte TP M05 in Kooperation mit den TPen M06 und F03 ein homogenisiertes Auflösungsmodell des ECM-Prozesses, welches auf effektiven Materialparametern basiert und keine rechenintensiven Neuvernetzungs-schritte erfordert [6]. Nach experimenteller Validierung durch TP F03 wurde das Modell erfolgreich zur Simulation eines PECM-Prozesses (s. Abb. 1) und zur Entwicklung von Prozesssignaturen eingesetzt.



**Abbildung 1:** Simulation der Evolution der Oberflächenrauheit in einem gepulsten ECM-Prozess [6].

### Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Für die Durchführung komplexer Prozesssimulationen benötigt der SFB/TRR 136 effiziente Homogenisierungsmethoden, welche ein hoch aufgelöstes Modell vereinfachen, dessen mehrskaligen Charakter jedoch erhalten. Dies ermöglicht eine hohe Recheneffizienz, sodass die Werkstoffmodifikationen in anspruchsvollen Simulationen von Prozessketten erfolgreich abgebildet werden können. Des Weiteren strebt TP M05 eine Erweiterung des Phasentransformationsmodells um zusätzliche physikalische Effekte wie der Kornaktivitäten an. Das elektrochemische Auflösungsmodell soll darüber hinaus in Zusammenarbeit mit den TPen M04, M06 und F03 um strömungsmechanische Effekte im Arbeitsspalt sowie mehrphasiges Materialverhalten ergänzt werden.

### Veröffentlichungen

- [1] Cavaliere, F.; Reese S.; Wulfinghoff, S., Computational Mechanics 65 (2020), 159-175, DOI: [10.1007/s00466-019-01758-4](https://doi.org/10.1007/s00466-019-01758-4).
- [2] Jaworek, D.; Gierden, C.; Kinner-Becker, T.; Waimann, J.; Reese, S., Procedia Manufacturing 47 (2020), 1442-1448, DOI: [10.1016/j.promfg.2020.04.314](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.314).
- [3] Jaworek, D.; Gierden, C.; Waimann, J.; Wulfinghoff, S.; Reese, S., Technische Mechanik – European Journal of Engineering Mechanics 40(1) (2020), 46-52, DOI: [10.24352/UB.OVGU-2020-012](https://doi.org/10.24352/UB.OVGU-2020-012).
- [4] Jaworek, D.; Waimann, J.; Reese, S., Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics 20(1) (2020), e202000319, DOI: [10.1002/pamm.202000319](https://doi.org/10.1002/pamm.202000319).
- [5] Waimann, J.; Reese, S.; Junker, P., Technische Mechanik – European Journal of Engineering Mechanics 40(1) (2020), 87-96, DOI: [10.24352/UB.OVGU-2020-017](https://doi.org/10.24352/UB.OVGU-2020-017).
- [6] van der Velden, T.; Rommes, B.; Klink, A.; Reese, S.; Waimann, J., [arXiv:2103.08426](https://arxiv.org/abs/2103.08426).