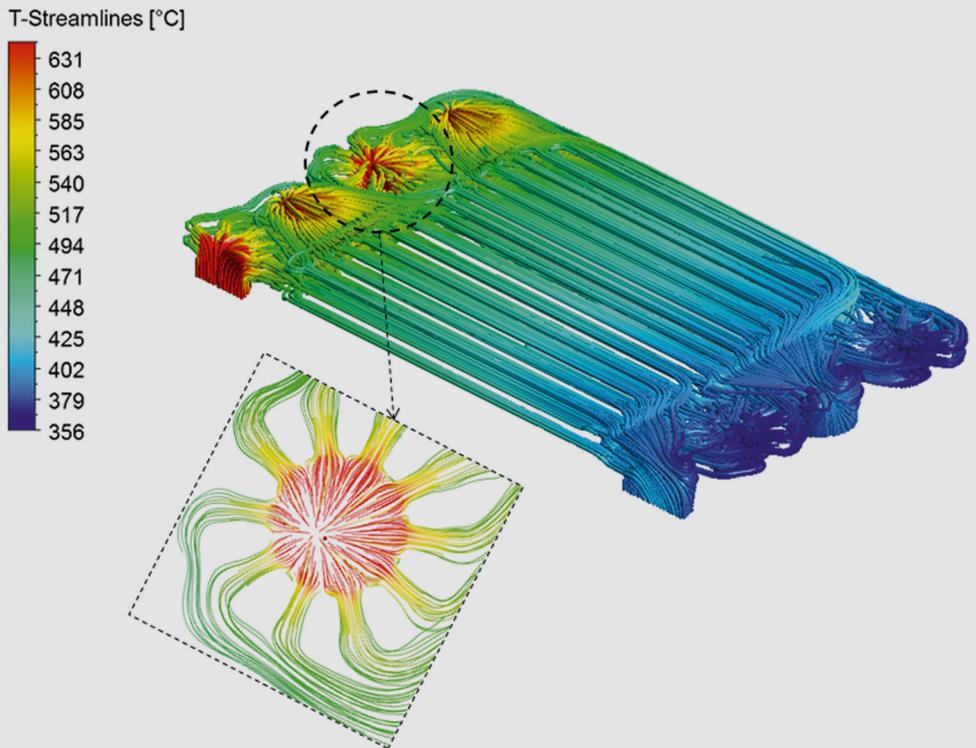


Numerische Modellierung der thermomechanischen Fluid-Struktur-Interaktion im SOFC-Stack

Ali Al-Masri



Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 33 1
ISBN 978-3-95806-161-3

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

Numerische Modellierung der thermomechanischen Fluid-Struktur-Interaktion im SOFC-Stack

Ali Al-Masri

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 331

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-161-3

| | | | |
|----------|--|-------|-----------|
| 1 | Einleitung | ..... | 1 |
| 1.1 | Oxidkeramische Brennstoffzelle (SOFC) | ..... | 1 |
| 1.2 | Bordstromversorgung | ..... | 2 |
| 1.3 | Anforderungen der Bordstromversorgung | ..... | 3 |
| 1.4 | Aufgabenstellung und Zielsetzung | ..... | 4 |
| 2 | SOFC-Modellierung und –Simulation | ..... | 7 |
| 2.1 | Stand der Technik | ..... | 7 |
| 2.2 | Numerische Modellierungstechnik | ..... | 13 |
| 2.3 | Modellannahmen | ..... | 15 |
| 2.3.1 | Fluiddynamik und Thermomechanik | ..... | 15 |
| 2.3.2 | Elektrochemie | ..... | 17 |
| 2.3.3 | Wärmestrahlung | ..... | 17 |
| 3 | Fluiddynamische Analyse | ..... | 19 |
| 3.1 | Simulation des multiphysikalischen SOFC-Verhaltens | ..... | 19 |
| 3.2 | Aufstellung des 3-dimensionalen fluiddynamischen Modells | ..... | 22 |
| 3.3 | Überprüfung und Validierung des fluiddynamischen Modells | ..... | 25 |
| 3.4 | Überprüfung und Validierung des gekoppelten transienten Modellverhaltens | ..... | 26 |
| 4 | Thermomechanische Analyse | ..... | 32 |
| 4.1 | Einführung | ..... | 32 |
| 4.2 | Aufstellung des 3-dimensionalen thermomechanischen Modells | ..... | 34 |
| 4.3 | Überprüfung des thermomechanischen Modells | ..... | 41 |
| 4.3.1 | Definition der Randbedingungen | ..... | 41 |
| 4.3.2 | Materialmodelle | ..... | 43 |
| 4.3.3 | Kriechverhalten des ITM-Stahls | ..... | 46 |
| 4.3.4 | Feinheit des Rechnernetzes | ..... | 50 |
| 4.3.5 | Simulationsergebnisse | ..... | 52 |
| 4.3.5.1 | Thermische Dehnungen | ..... | 52 |
| 4.3.5.2 | Mechanische Verzerrungen | ..... | 56 |
| 4.3.5.3 | Spannungsverteilung | ..... | 58 |
| 4.3.5.4 | Verschiebungsfeld | ..... | 61 |
| 4.3.6 | Experimentelle Validierung des thermomechanischen Modells | ..... | 65 |
| 4.3.7 | Multistep-Submodeling-Technik | ..... | 68 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5 | Modelleinsatz für Parameterstudien | 74 |
| 5.1 | Variation der Lastbedingungen und Materialkombinationen | 74 |
| 5.2 | Materialoptimierung | 82 |
| 5.3 | Einfluss des Temperaturgradienten auf die Spannung | 87 |
| | | |
| 6 | Multiphysikalische Simulation eines Prozesszyklus | 91 |
| 6.1 | Einführung | 91 |
| 6.2 | Aufheizphase | 93 |
| 6.2.1 | Gekoppelte transiente fluiddynamische Analyse | 93 |
| 6.2.2 | Thermomechanische Analyse | 98 |
| 6.2.2.1 | Randbedingungen | 98 |
| 6.2.2.2 | Thermische Dehnungen | 99 |
| 6.2.2.3 | Mechanische Verzerrungen | 101 |
| 6.2.2.4 | Spannungsverteilung | 103 |
| 6.2.2.5 | Verschiebungsfeld | 107 |
| 6.3 | Betriebsphase | 114 |
| 6.3.1 | Gekoppelte stationäre fluiddynamische Analyse | 114 |
| 6.3.2 | Thermomechanische Analyse | 115 |
| 6.3.2.1 | Thermische Dehnungen | 115 |
| 6.3.2.2 | Mechanische Verzerrungen | 116 |
| 6.3.2.3 | Spannungsverteilung | 117 |
| 6.3.2.4 | Verschiebungsfeld | 118 |
| 6.4 | Abkühlphase | 121 |
| 6.4.1 | Gekoppelte transiente fluiddynamische Analyse | 121 |
| 6.4.2 | Thermomechanische Analyse | 126 |
| 6.4.2.1 | Thermische Dehnungen | 126 |
| 6.4.2.2 | Mechanische Verzerrungen | 128 |
| 6.4.2.3 | Spannungsverteilung | 128 |
| 6.4.2.4 | Verschiebungsfeld | 130 |
| 6.5 | Zusammenfassung der thermomechanischen Analyse | 132 |
| | | |
| 7 | Optimierungsanalyse | 136 |
| 7.1 | Prozessoptimierung | 136 |
| 7.1.1 | Definition der Randbedingungen | 136 |
| 7.1.2 | Fallstudie A | 138 |

Inhaltsverzeichnis

| | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|
| | 7.1.3 | Fallstudie B | ..... | ..... | ..... | ..... | 140 |
| | 7.1.4 | Fallstudie C | ..... | ..... | ..... | ..... | 142 |
| | 7.1.5 | Vergleich der Ergebnisse | ..... | ..... | ..... | ..... | 144 |
| | 7.2 | Design-Optimierung | ..... | ..... | ..... | ..... | 148 |
| 8 | | Zusammenfassung | ..... | ..... | ..... | ..... | 151 |
| 9 | | Literaturverzeichnis | ..... | ..... | ..... | ..... | 155 |
| 10 | | Anhang | ..... | ..... | ..... | ..... | 162 |
| | 10.1 | Nomenklatur | ..... | ..... | ..... | ..... | 162 |
| | 10.2 | Abkürzungen | ..... | ..... | ..... | ..... | 164 |
| | 10.3 | Index-Schreibweise | ..... | ..... | ..... | ..... | 165 |

**Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 331
ISBN 978-3-95806-161-3**

