



## Untersuchung zum Thin Film Low Pressure Plasma Spraying (LPPS-TF) Prozess

Andreas Hospach

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)  
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)

# Untersuchung zum Thin Film Low Pressure Plasma Spraying (LPPS-TF) Prozess

Andreas Hospach

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

Band / Volume 140

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-787-0

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Zielsetzung der Arbeit</b> .....	1
<b>2 Theoretische Grundlagen</b> .....	3
2.1 Plasmaspritzen .....	3
2.2 Niederdruck-Plasmaspritzen .....	5
2.3 Plasmaphysik.....	6
2.4 LPPS-TF.....	15
2.5 EB-PVD .....	18
2.6 Anwendungen.....	25
2.6.1 Wärmedämmschichten .....	25
2.6.2 Sauerstoffleitende Membranen .....	31
2.6.3 Isolationsschichten.....	31
<b>3 Experimentelles</b> .....	33
3.1 LPPS-TF Anlage .....	33
3.2 Prozess-Charakterisierung .....	34
3.3 Spritzpulver und Substrate .....	35
3.4 Pulver- und Schicht-Charakterisierung .....	38
<b>4 Grundlegende Eigenschaften von Plasma und Schichten</b> .....	41
4.1 Schichten .....	41
4.1.1 Vorversuche.....	41
4.1.2 Gasdichte Schichten .....	44
4.1.3 Kolumnare Schichten.....	49
4.2 Plasma .....	70
4.2.1 Qualitative Diagnostik.....	70
4.2.2 Quantitative Diagnostik .....	81
4.2.3 Zusammenfassung .....	90
<b>5 Phänomene beim Aufschmelzen und Verdampfen</b> .....	91
5.1 Entstehung von Partikeln .....	92
5.2 Entstehung von Clustern.....	95
5.3 Stöchiometrische Verhältnisse.....	98
5.4 Ergebnis und Ausblick auf neue Anwendungsgebiete .....	104
<b>6 Schichtabscheidung und -wachstum</b> .....	105
6.1 Identifikation von Einflussgrößen.....	105
6.2 Strukturzonen .....	120
<b>7 Wärmedämmschichten</b> .....	125
7.1 Zyklrierproben mit Splat-PVD-Mischstruktur .....	126
7.2 Zyklrierproben mit kolumnarer Struktur .....	128
7.2.1 Einfluss von Probenanordnung und Oberflächenrauheit .....	128
7.2.2 Einfluss der Substrat-Wärmebehandlung .....	132
7.2.3 Einfluss der Substrat-Voroxidation .....	135
7.2.4 Weitere Modifikationen .....	142
7.2.5 Reproduzierbarkeit .....	143
7.3 Zyklrierproben mit Splat-PVD-Doppellage .....	147
7.4 Ergebnis .....	148
<b>8 Zusammenfassung</b> .....	149
<b>Literatur</b> .....	155

Ar100 2900A

Ar100 H10 2200A

Ar35 He60 2600A

1.4 m