



# Aluminiumoxiddispersionsverstärkte Haftvermittlermaterialien in Wärmedämmschichtsystemen

Christoph Vorkötter

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 488

ISBN 978-3-95806-457-7

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

# **Aluminiumoxiddispersionsverstärkte Haftvermittlermaterialien in Wärmedämmschichtsystemen**

Christoph Vorkötter

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

Band / Volume 488

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-457-7

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Gasturbinen . . . . .	3
2.1.1	Turbinenschaufelmaterial . . . . .	5
2.2	Wärmedämmschichtsysteme . . . . .	7
2.2.1	Wärmedämmschicht . . . . .	9
2.2.2	Haftvermittlerschicht . . . . .	11
2.3	ODS-Werkstoffe und mechanisches Legieren . . . . .	14
2.4	Oxiddispersionsverstärkte Haftvermittlerschicht . . . . .	16
2.5	Thermisches Spritzen . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Verfahren und Methoden</b>	<b>21</b>
3.1	Hochenergiemahlen . . . . .	21
3.2	Thermisches Spritzen . . . . .	22
3.2.1	Niederdruckplasmaspritzen . . . . .	22
3.2.2	Atmosphärisches Plasmaspritzen . . . . .	23
3.2.3	Suspensionsplasmaspritzen . . . . .	24
3.3	Probenpräparation . . . . .	24
3.3.1	Freistehende ODS-Materialschicht . . . . .	24
3.3.2	Thermozyklrierproben . . . . .	24
3.3.3	Querschleife . . . . .	25
3.4	Materialcharakterisierung . . . . .	25
3.4.1	Pulver . . . . .	25
	Laserdiffraktometrie . . . . .	25
	Chemische Analyse . . . . .	25
	Pyknometrie . . . . .	26
3.4.2	Plasmagespritztes Material . . . . .	26
	Konfokale Weißlichttopographie . . . . .	26
	Dilatometrie . . . . .	27
	Thermogravimetrie . . . . .	27
	Zug-Kriechversuch . . . . .	27
	Laser Flash Messung . . . . .	28
	3-Punkt-Biegeversuch . . . . .	28
	Indentationsversuche . . . . .	29
	Röntgendiffraktometrie . . . . .	29
	Verschleißbeständigkeit . . . . .	29
	Dynamische Differenzkalorimetrie . . . . .	29
	Porositätsmessung . . . . .	30
	Schichtdickenbestimmung . . . . .	30
3.5	Thermozyklrierverfahren . . . . .	31
3.5.1	Brennerzyklrierstand . . . . .	31

3.5.2	Ofenzyklisierung . . . . .	32
3.6	Mikroskopie . . . . .	32
<b>4</b>	<b>Pulver aus ODS-Haftvermittlermaterial mit erhöhtem Aluminiumoxid- gehalt</b>	<b>35</b>
4.1	Herstellung . . . . .	35
4.2	Pulvercharakterisierung . . . . .	35
4.2.1	Pulvergrößenverteilungen . . . . .	35
4.2.2	Mikrostruktur . . . . .	38
4.2.3	Pulverdichte . . . . .	40
4.2.4	Chemische Zusammensetzung . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Plasmagespritztes ODS-Haftvermittlermaterial mit erhöhtem Alumi- numoxidgehalt</b>	<b>43</b>
5.1	Schichtentwicklung . . . . .	43
5.1.1	Spritzeffizienz . . . . .	43
5.1.2	Rauheit . . . . .	44
5.1.3	Mikrostruktur . . . . .	45
Aluminiumoxideinbettung . . . . .	45	
Porosität . . . . .	47	
Einfluss von Pulver und Wärmebehandlung . . . . .	48	
5.2	Matereialeigenschaften . . . . .	50
5.2.1	Wärmeausdehnungskoeffizient . . . . .	50
5.2.2	Oxidation . . . . .	51
5.2.3	Kriechbeständigkeit . . . . .	57
5.2.4	Wärmekapazität . . . . .	58
5.2.5	Wärmeleitfähigkeit . . . . .	59
5.2.6	Temperaturabhängiges elastisch - plastisches Verhalten . . . . .	61
5.2.7	Härte . . . . .	63
5.2.8	Phasen der ODS-Oberfläche . . . . .	64
5.2.9	Verschleißverhalten . . . . .	65
<b>6</b>	<b>Zyklrierbeständigkeit von Wärmedämmschichtsystemen mit ODS-Haft- vermittlermaterial</b>	<b>69</b>
6.1	YSZ Wärmedämmschicht . . . . .	69
6.1.1	Einfluss von Substratmaterial und 2% ODS-Haftvermittlerschicht	69
6.1.2	Einfluss der erhöhten Aluminiumoxidkonzentration (10% und 30%) der ODS-Haftvermittlerschicht . . . . .	79
6.2	Doppellagige GZO/YSZ Wärmedämmschicht . . . . .	89
6.3	Kolumnare YSZ Wärmedämmschichten . . . . .	92
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>97</b>

Energie & Umwelt / Energy & Environment  
Band / Volume 488  
ISBN 978-3-95806-457-7