

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Stand der Forschung</b>	<b>3</b>
2.1	Hochdruckturbinenschaufeln . . . . .	3
2.1.1	Aufbau von Flugzeugtriebwerken . . . . .	3
2.1.2	Nickelbasis-Superlegierungen . . . . .	4
2.1.3	Fertigung von Hochdruckturbinenschaufeln . . . . .	6
2.2	Schleifprozesse . . . . .	8
2.2.1	Systemgrößen als Randbedingung . . . . .	9
2.2.2	Stell- und Kenngrößen der Spannbildung . . . . .	12
2.2.3	Hocheffiziente Schleifverfahren . . . . .	16
2.3	Modellierung von Schleifprozessen . . . . .	18
2.3.1	Kraftmodellierung . . . . .	18
2.3.2	Temperaturmodellierung . . . . .	22
2.4	Simulation von Schleifprozessen . . . . .	29
2.4.1	Kinematisch-geometrische Schleifsimulation . . . . .	30
2.4.2	FEM-basierte Schleifsimulation . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>Experimentelle Rahmenbedingungen</b>	<b>39</b>
4.1	Werkstoffe, Werkzeuge und Prüflinge . . . . .	39
4.2	Maschinen . . . . .	41
4.3	Messtechnik . . . . .	43
<b>5</b>	<b>Modellierung der mechanischen und thermischen Belastungen</b>	<b>49</b>
5.1	Experimentelle Grundlagenuntersuchungen . . . . .	49
5.1.1	Versuchsplanung . . . . .	49
5.1.2	Versuchsaufbau und -durchführung . . . . .	52
5.1.3	Aufbereitung der Messsignale . . . . .	54
5.2	Ermittlung und Parametrisierung der Kraftmodelle . . . . .	58
5.2.1	Normalkraft . . . . .	58
5.2.2	Tangentialkraft . . . . .	64
5.2.3	Axialkraft . . . . .	70

5.3	Ermittlung und Parametrisierung eines Wärmeeintragsmodells . . .	72
5.3.1	FE-Modell für die Temperatur-Matching-Methode . . . . .	72
5.3.2	Verteilung der Wärmestromdichte . . . . .	77
5.3.3	Wärmeverteilungsfaktor . . . . .	83
5.4	Einflussgrößenanalyse . . . . .	87
5.4.1	Stellgrößen der Grundlagenstudie . . . . .	88
5.4.2	Abrichtparameter . . . . .	92
5.4.3	Systemgrößen . . . . .	94
5.4.4	Fazit der Einflussgrößenanalyse . . . . .	101
<b>6</b>	<b>Simulationsgestützte Schleifprozessvorauslegung</b>	<b>103</b>
6.1	Kenngrößenberechnung mittels Schleifprozesssimulation . . . . .	103
6.1.1	Makroskopische Zerspansimulation . . . . .	105
6.1.2	Implementierung der mechanischen Belastung . . . . .	109
6.1.3	Implementierung der thermischen Belastung . . . . .	114
6.2	Ermittlung limitierender Kenngrößen . . . . .	115
6.2.1	Mechanische Grenzen . . . . .	116
6.2.2	Thermische Grenzen . . . . .	117
6.3	Inverse Ermittlung der Stellgrößen . . . . .	121
6.3.1	Ermittlung basierend auf mechanischen Grenzen . . . . .	121
6.3.2	Ermittlung basierend auf thermischen Grenzen . . . . .	123
6.3.3	Darstellung der Grenzen . . . . .	126
<b>7</b>	<b>Validierung der Schleifprozesssimulation am Serienprozess</b>	<b>129</b>
7.1	Validierung in seriennaher Testumgebung . . . . .	129
7.1.1	Versuchsaufbau und -durchführung . . . . .	129
7.1.2	Vergleich von Messung und Simulation . . . . .	132
7.2	Übertragung der Modelle auf die Serienproduktion . . . . .	135
7.2.1	Indirekte Kraftmessung . . . . .	135
7.2.2	Anpassung der Kraftmodelle . . . . .	138
7.3	Validierung in der Serienproduktion . . . . .	139
7.3.1	Probenpräparation, Versuchsaufbau und -durchführung . .	139
7.3.2	Vergleich von Messung und Simulation . . . . .	142
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>187</b>
A.1	Versuchsplan Grundlagenstudie . . . . .	188