

# INHALTSVERZEICHNIS

Verzeichnis der verwendeten Symbole und Abkürzungen.....	XIII
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Laserstrahlschmelzen – ein modernes Additives Fertigungsverfahren .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Anlagenaufbau und Begriffsdefinition.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Strahlquelle und Optik.....	6
2.1.2 Bereitstellung und Transport des Ausgangswerkstoffs .....	6
2.1.3 Prozessatmosphäre und Gaszirkulation.....	8
2.1.4 Prozesstechnische Bauteilanbindung.....	8
<b>2.2 Bauteilherstellung mittels SLM.....</b>	<b>10</b>
2.2.1 3D-Informationen und Datenvorbereitung .....	10
2.2.2 Prozessbeschreibung .....	11
2.2.3 Metallpulver .....	12
2.2.4 Prozessparameter.....	14
2.2.5 Belichtungsabfolge und Verfahrensmethode.....	17
<b>2.3 Materialeigenschaften .....</b>	<b>18</b>
2.3.1 Materialporosität und relative Werkstoffdichte.....	19
2.3.2 Prozessbedingte Eigenspannungen.....	19
2.3.3 Verfahrensspezifische Mikrostruktur .....	19
2.3.4 Werkstoffverhalten bei statischer Belastung .....	19
2.3.5 Verhalten von Laserstrahlschmelzbauteilen bei Ermüdung .....	20
2.3.6 Bruchmechanisches Verhalten von Laserstrahlschmelzbauteilen.....	20
<b>2.4 Anforderungen an Laserstrahlschmelzbauteile .....</b>	<b>21</b>
<b>3 Bruchmechanische Charakterisierung von Materialien und Bauteilen.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Risse – Ursache, Wirkung, Folgen.....</b>	<b>23</b>
3.1.1 Rissentstehung.....	23
3.1.2 Rissbeanspruchungsarten .....	25
3.1.3 Charakterisierung der Beanspruchung an der Rissfront .....	26
3.1.4 K-Konzept .....	30
3.1.5 Rissausbreitung unter zyklischer Beanspruchung.....	31
<b>3.2 Experimentelle Ermittlung der Kennwerte und Kennfunktionen .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Verwendete Werkstoffe.....	35
3.2.2 Probentyp und Probenabmessungen.....	37
3.2.3 Definition der Aufbaurichtung .....	39
3.2.4 Probenfertigung.....	39

3.2.5	Risslängenmessung und Versuchsaufbau .....	42
3.2.6	Versuchsdurchführung zur Ermittlung der Rissgeschwindigkeitskurve.....	45
3.3	<b>Risswachstum in SLM-Bauteilen.....</b>	<b>47</b>
4	<b>Einfluss von Werkstoff, Prozessführung und Wärmebehandlung auf das Risswachstum .....</b>	<b>50</b>
4.1	<b>Auswirkungen des Werkstoffs .....</b>	<b>50</b>
4.2	<b>Auswirkung der Aufbaurichtung .....</b>	<b>52</b>
4.2.1	Titan-Aluminium-Legierung TiAl6V4 .....	52
4.2.2	Austenitischer Stahl X2CrNiMo17-12-2 .....	53
4.2.3	Vergleich der Materialkennwerte bei unterschiedlichen Werkstoffen und Aufbaurichtungen .....	54
4.3	<b>Auswirkung der Prozessführung .....</b>	<b>55</b>
4.3.1	Einfluss der Laserleistung / Pulverschichtdicke .....	55
4.3.2	Vergleich der Materialkennwerte bei unterschiedlichen Schichtdicken und Aufbaurichtungen .....	57
4.4	<b>Optimierungspotential durch Wärmebehandlung.....</b>	<b>58</b>
4.4.1	Titan-Aluminium-Legierung TiAl6V4 .....	58
4.4.2	Austenitischer Stahl X2CrNiMo17-12-2 .....	69
4.5	<b>Bedeutung der Einflüsse für den Laserstrahlschmelzprozess.....</b>	<b>77</b>
4.5.1	Verwendung von TiAl6V4 im Laserstrahlschmelzprozess .....	78
4.5.2	Verwendung von X2CrNiMo17-12-2 im Laserstrahlschmelzprozess.....	80
5	<b>Lebensdaueruntersuchungen an einer Hüftprothese .....</b>	<b>84</b>
5.1	<b>Anforderungen an eine Hüftgelenkprothese.....</b>	<b>84</b>
5.2	<b>Lasten und Annahmen.....</b>	<b>84</b>
5.3	<b>Lebensdauersimulation.....</b>	<b>86</b>
5.3.1	Das Rissausbreitungssimulationsprogramm „ADAPCRACK3D“ .....	86
5.3.2	Randbedingungen und FE-Modell.....	87
5.3.3	Ergebnisse der Lebensdauersimulation .....	89
6	<b>Anwendungsbeispiel „Fahrradtretkurbel“ .....</b>	<b>91</b>
6.1	<b>Anforderungen an eine Fahrradtretkurbel .....</b>	<b>91</b>
6.2	<b>Belastungsannahmen .....</b>	<b>92</b>
6.2.1	Statische Belastung.....	92
6.2.2	Zyklische Belastung.....	93
6.3	<b>Leichtbaukonzept.....</b>	<b>94</b>
6.4	<b>Werkstoffauswahl .....</b>	<b>94</b>

---

<b>6.5</b>	<b>Auslegung, Modellierung und Nachweisführung.....</b>	<b>95</b>
6.5.1	Auswahl optimaler Tretkurbelgeometrie.....	96
6.5.2	Detailoptimierung ausgewählter Strukturvarianten.....	98
<b>6.6</b>	<b>Herstellbarkeit .....</b>	<b>100</b>
<b>6.7</b>	<b>Herstellung .....</b>	<b>101</b>
<b>6.8</b>	<b>Zerstörungsfreie Prüfung.....</b>	<b>102</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>104</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>107</b>