

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Abkürzungen</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik</b>	<b>2</b>
2.1 Werkzeugstähle und martensitaushärtende Stähle	2
2.2 Metallische additive Fertigungsverfahren	5
2.3 Selektives Laserstrahlschmelzen (PBF-LB)	6
2.3.1 Verfahrensgrundlagen	7
2.3.2 Einflussgrößen beim selektiven Laserstrahlschmelzen	8
2.3.3 Genauigkeit, Oberflächenqualität und Verzug beim PBF-LB-Prozess	15
2.4 Fräsen	17
2.4.1 Frässarten	18
2.4.2 Einflussgrößen beim Fräsen	20
2.5 Nachbearbeitung additiv gefertigter Bauteile	21
2.6 Fazit	23
<b>3 Zielsetzung und Vorgehensweise</b>	<b>25</b>
3.1 Zielsetzung	25
3.2 Vorgehensweise	25
<b>4 Methodik und Versuchsaufbau</b>	<b>27</b>
4.1 Methodik	27
4.2 Untersuchte Stähle	29
4.2.1 Maraging 18Ni300 (1.2709)	29
4.2.2 Maraging 350 (Specialis® SLM-Alloy 2)	30
4.3 Selektives Laserstrahlschmelzen	31
4.3.1 Additive Fertigung	31
4.3.2 Wärmebehandlung	34
4.3.3 Oberflächenanalyse	35

4.3.4	Härte	35
4.3.5	Gefügestruktur	35
4.3.6	Relative Dichte	36
4.4	Fräsende Nachbearbeitung	37
4.4.1	Variation der Prozessstellgrößen beim Gleichlauffräsen	37
4.4.2	Verzugsuntersuchungen beim Gleichlauffräsen	45
4.4.3	Messmethoden	49
<b>5</b>	<b>Analyse des selektiven Laserstrahlschmelzens am Werkstoff 1.2709</b>	<b>52</b>
5.1	Volumenenergiedichte	52
5.2	Laserleistung	65
5.3	Scangeschwindigkeit	67
5.4	Spurabstand	68
5.5	Zusammenfassung der Wechselwirkungen der PBF-LB-Stellgrößen	70
<b>6</b>	<b>Analyse des Fräsvorprozesses am Werkstoff 1.2709</b>	<b>74</b>
6.1	Einfluss der Bauteilgeometrie	74
6.2	Variation der Stellgrößen in der Prozesskette PBF-LB-Fräsen	76
6.2.1	Stirnfräsen	76
6.2.2	Umfangsfräsen	95
6.2.3	Abgeleitete Wirkzusammenhänge	108
6.3	Fräsen dünnwandiger PBF-LB-Bauteile	110
6.3.1	Einfluss der Stellgrößen im Fräsvorprozess	110
6.3.2	Einfluss der PBF-LB-Stellgrößen	113
6.3.3	Abgeleitete Wirkzusammenhänge	116
<b>7</b>	<b>Validierung am Werkstoff Specialis® SLM Alloy 2</b>	<b>117</b>
7.1	Ergebnisse Fräsvorversuche	117
7.1.1	Vergleich treppenförmiger Proben	117
7.1.2	Untersuchung des Umfangsfrässens	119
7.1.3	Untersuchung Verzug dünnwandiger Bauteile	129
7.2	Vergleich mit abgeleiteten Zusammenhängen	132

---

<b>8 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>134</b>
8.1 Zusammenfassung	134
8.2 Ausblick	136
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>137</b>
<b>Liste der eigenen Publikationen</b>	<b>145</b>
<b>Werdegang</b>	<b>146</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>VIII</b>