

Inhaltsverzeichnis

- 1 Motivation 1
- 2 Stand der Technik..... 3
 - 2.1 Additive Fertigung..... 3
 - 2.1.1 Grundlagen der additiven Fertigung 3
 - 2.1.2 Metallbasierte additive Fertigung..... 4
 - 2.1.3 Prozessparameter beim PBF-LB/M-Verfahren 6
 - 2.1.4 Einfluss des Metallpulvers auf die Prozessstabilität und Produktqualität..... 8
 - 2.2 Pulverherstellung 12
 - 2.2.1 Inertgasverdüsen..... 12
 - 2.2.2 Wasserverdüsung 14
 - 2.2.3 Sonderverfahren 15
 - 2.2.4 Thermisches Spritzen zur Pulverherstellung..... 16
- 3 Ausgangssituation und Vorgehensweise 21
- 4 Materialien und Methoden 22
 - 4.1 Pulverherstellungsanlage 22
 - 4.1.1 Verdüsungseinheit 22
 - 4.1.2 Verdüsungsbhälter 24
 - 4.2 Strömungssimulation mit unterschiedlichen Düsengeometrien 27
 - 4.3 Durchgeführte Versuche zur Pulverherstellung 30
 - 4.4 Ausgangsmaterialien 33
 - 4.5 Additive Fertigungsveruche 33
 - 4.6 Werkstoffcharakterisierung 34
 - 4.6.1 Metallographische Präparation..... 34
 - 4.6.2 Lichtmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie 35
 - 4.6.3 Röntgenbeugung..... 35
 - 4.6.4 Rauheitsmessung..... 36
 - 4.6.5 Pulvercharakterisierung..... 36
 - 4.7 Mechanische Eigenschaften 38
 - 4.7.1 Härtemessung 38
 - 4.7.2 Zugversuch 38

5	Ergebnisse	39
5.1	Erzeugung von Metallpulvern	39
5.1.1	Einfluss des Prozessgases.....	39
5.1.2	Einfluss der Stromstärke	42
5.1.3	Einfluss des Gasdrucks und der Düsengeometrie	44
5.1.4	Einfluss der Spannung.....	55
5.2	Charakteristik der Pulverpartikel.....	56
5.2.1	Partikeloberfläche.....	57
5.2.2	Oberflächenstruktur.....	58
5.2.3	Oxidbildung.....	59
5.3	Vergleich der Pulvereigenschaften mit einem kommerziellen Pulver	59
5.3.1	Partikelform und -größenverteilung	60
5.3.2	Pulverfließfähigkeit.....	62
5.3.3	Chemische Zusammensetzung	64
5.3.4	Phasenzusammensetzung	65
5.4	Charakterisierung der mittels PBF-LB/M-Verfahren verarbeiteten Proben.....	66
5.4.1	Oberflächenrauheit	66
5.4.2	Porosität.....	67
5.4.3	Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur.....	69
5.4.4	Chemische Zusammensetzung	72
5.4.5	Mechanische Eigenschaften	72
5.5	Wirkungsgrad und Ausbeute des Pulverherstellungsprozesses.....	74
5.5.1	Wirkungsgrad des Prozesses	74
5.5.2	Ausbeute des Rohpulvers	75
5.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Pulverherstellungsprozesses	76
6	Diskussion	79
6.1	Einfluss der Prozessparameter auf die Pulvererzeugung.....	79
6.2	Morphologie und Mikrostruktur der hergestellten Pulverpartikel.....	82
6.2.1	Satellitenbildung.....	82
6.2.2	Oberflächenstruktur.....	83
6.2.3	Oxidbildung.....	85
6.3	Prozessrelevante Pulvereigenschaften	86

6.3.1	Pulverfließfähigkeit	86
6.3.2	Packungsdichte	87
6.3.3	Korrelation zwischen Fließfähigkeit und Schüttdichte	89
6.4	Einfluss der Pulvereigenschaften auf das PBF-LB/M-Verfahren	91
6.4.1	Rauheit und Porosität	91
6.4.2	Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur	93
6.4.3	Mechanische Eigenschaften	96
7	Zusammenfassung	99
8	Summary	101
9	Literaturverzeichnis	103
10	Abkürzungsverzeichnis	115
11	Lebenslauf	118
	Danksagung	119