

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Stand der Wissenschaft und Technik | 3 |
| 2.1 | Laser Powder Bed Fusion | 3 |
| 2.1.1 | Prozessablauf | 3 |
| 2.1.2 | Verfahrensparameter | 4 |
| 2.1.3 | Pulverbeschichtungsprozess | 5 |
| 2.1.4 | Verdampfungsverhalten und Schweißregime | 6 |
| 2.2 | Hochmanganstahl | 7 |
| 2.2.1 | Allgemein | 7 |
| 2.2.2 | Legierungselemente | 8 |
| 2.2.3 | Anwendungen | 10 |
| 2.2.4 | Laser Powder Bed Fusion | 11 |
| 2.3 | Legierungsentwicklung im Laser Powder Bed Fusion | 12 |
| 2.3.1 | Konventionell | 12 |
| 2.3.2 | Rapid Alloy Development | 13 |
| 2.3.3 | Weitere Ansätze | 14 |
| 2.4 | Pulvermischungen im Laser Powder Bed Fusion | 15 |
| 2.4.1 | Mischmethoden | 15 |
| 2.4.2 | Bewertung der Pulvermischmethoden | 16 |
| 2.4.3 | Verwendung von Pulvermischungen im LPBF-Prozess | 17 |
| 3 | Problemstellung, Zielsetzung und Vorgehensweise | 21 |
| 3.1 | Problemstellung | 21 |
| 3.2 | Zielsetzung und Forschungsansatz | 23 |
| 3.3 | Vorgehensweise | 23 |
| 3.4 | Eingrenzung des Untersuchungsraums | 26 |
| 4 | Anlagen, Material und Methoden | 29 |
| 4.1 | Anlagentechnik und Prozessdurchführung | 29 |
| 4.1.1 | Anlagentechnik | 29 |
| 4.1.2 | Baujobvorbereitung | 29 |
| 4.1.3 | Baujobdurchführung | 29 |
| 4.1.4 | Verfahrensparameter, Probekörper und Belichtungsstrategien | 29 |
| 4.2 | Pulver und Pulvermischungen | 31 |
| 4.3 | Probenpräparation | 32 |
| 4.3.1 | Querschliffe für Dichtemessung | 32 |
| 4.3.2 | Vorbereitung für die Schmelzbadvermessung | 33 |
| 4.3.3 | Vorbereitung der Querschliffe für die EDX- und EBSD-Analyse | 33 |
| 4.3.4 | Vorbereitung der Zugproben | 33 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.4 | Analytik und Messmethoden | 34 |
| 4.4.1 | Pulveranalytik..... | 34 |
| 4.4.2 | Lichtoptische Mikroskopie | 35 |
| 4.4.3 | Rasterelektronenmikroskopie..... | 37 |
| 4.4.4 | Funkenspektroskopie | 37 |
| 4.4.5 | Röntgenfluoreszenzanalyse..... | 38 |
| 4.5 | Mechanische Charakterisierung..... | 38 |
| 5 | Untersuchung der Pulver und der Ausgangschemie vor und nach der Verarbeitung | 39 |
| 5.1 | Probenvorbereitung und Herstellung der Probekörper..... | 39 |
| 5.1.1 | Pulveranalyse..... | 39 |
| 5.1.2 | Bestimmung der Ausgangschemie..... | 40 |
| 5.1.3 | Verteilung der Elemente auf der Bauplattform | 41 |
| 5.2 | Versuchsergebnisse..... | 43 |
| 5.2.1 | Pulveranalyse..... | 43 |
| 5.2.2 | Bestimmung der Ausgangschemie..... | 46 |
| 5.2.3 | Verteilung der Elemente auf der Bauplattform | 47 |
| 5.3 | Diskussion..... | 49 |
| 5.3.1 | Pulveranalyse..... | 49 |
| 5.3.2 | Bestimmung der Ausgangschemie..... | 51 |
| 5.3.3 | Verteilung der Elemente auf der Bauplattform | 52 |
| 5.4 | Zwischenfazit | 59 |
| 6 | Untersuchung und Vergleich des Verhaltens während der Verarbeitung anhand einer Verfahrensparametervariation | 63 |
| 6.1 | Versuchsdurchführung und Herstellung der Probekörper | 63 |
| 6.1.1 | Untersuchung der rel. Dichte in Abhängigkeit der Verfahrensparameter | 63 |
| 6.1.2 | Untersuchung des Einflusses der Verfahrensparameter auf die chemische Zusammensetzung..... | 65 |
| 6.2 | Versuchsergebnisse..... | 68 |
| 6.2.1 | Untersuchung der rel. Dichte in Abhängigkeit der Verfahrensparameter | 68 |
| 6.2.2 | Untersuchung des Einflusses der Verfahrensparameter auf die chemische Zusammensetzung..... | 71 |
| 6.3 | Diskussion..... | 73 |
| 6.3.1 | Untersuchung der rel. Dichte in Abhängigkeit der Verfahrensparameter | 73 |
| 6.3.2 | Untersuchung des Einflusses der Verfahrensparameter auf die chemische Zusammensetzung..... | 75 |
| 6.4 | Zwischenfazit | 81 |
| 7 | Bestimmung und Vergleich der Mikrostruktur..... | 83 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 7.1 | Versuchsergebnisse..... | 83 |
| 7.1.1 | Verteilung der Elemente innerhalb einer Schmelzlinse | 83 |
| 7.1.2 | Untersuchung der Mikrostruktur..... | 84 |
| 7.2 | Diskussion..... | 87 |
| 7.2.1 | Verteilung der Elemente innerhalb der Schmelzlinse..... | 87 |
| 7.2.2 | Untersuchung der Mikrostruktur..... | 89 |
| 7.3 | Zwischenfazit | 91 |
| 8 | Analyse und Vergleich der mechanischen Eigenschaften | 93 |
| 8.1 | Anordnung und Herstellung der Probekörper..... | 93 |
| 8.2 | Versuchsergebnisse..... | 94 |
| 8.3 | Diskussion..... | 97 |
| 8.4 | Zwischenfazit | 100 |
| 9 | Kritische Betrachtung der Verwendung von trockengemischten Pulvern im LPBF | 103 |
| 10 | Anwendungserprobung an dünnwandigen Strukturen..... | 107 |
| 11 | Zusammenfassung und Ausblick..... | 113 |
| 11.1 | Zusammenfassung..... | 113 |
| 11.2 | Ausblick..... | 115 |
| 12 | Literaturverzeichnis..... | 113 |
| 13 | Abkürzungsverzeichnis | 131 |
| 14 | Formelzeichen..... | 133 |
| 15 | Abbildungsverzeichnis | 135 |
| 16 | Tabellenverzeichnis..... | 139 |
| 17 | Anhang | 141 |