

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 Untersuchungsräums | 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 |