

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen.....	VIII
Formelzeichen	XIV
1 Einleitung.....	1
2 Stand der Technik.....	3
2.1 Laser-Strahlschmelzen von Metallen (PBF-LB/M).....	3
2.1.1 Verfahrensprinzip	3
2.1.2 Restriktionen.....	7
2.1.3 Fazit - Potential der Löttechnik	9
2.2 Gefüge- und Werkstoffeigenschaften laserstrahlgeschmolzener austenitischer Chrom-Nickel-Stähle	11
2.2.1 Gefügemorphologie im As-Built-Zustand	11
2.2.2 Veränderung der Gefügemorphologie durch Wärmeeinwirkung	21
2.2.3 Mechanisch-technologisches Eigenschaftsprofil.....	26
2.2.4 Fazit - Schlussfolgerung für die löttechnische Verarbeitbarkeit	29
2.3 Löten laserstrahlgeschmolzener Werkstoffe.....	32
2.3.1 Benetzungs- und Ausbreitungsverhalten kommerzieller Lotlegierungen	35
2.3.2 Eigenschaften additiver und additiv-konventioneller Lötverbunde	38
2.3.3 Fazit - Aktueller Kenntnisstand in der Löttechnik	41
2.4 Vakuumofenlöten konventionell gegossener austenitischer Chrom-Nickel-Stähle mit Nickelbasisloten	45
2.4.1 Benetzungs- und Ausbreitungsverhalten	46
2.4.2 Fügeverbundeigenschaften	46
2.4.3 Fazit - Bedeutung für das Löten des laserstrahlgeschmolzenen Werkstoffs	48
3 Zielsetzung und Forschungshypothesen	50
4 Experimentelles.....	55
4.1 Grund- und Lotwerkstoffe	55
4.1.1 Grundwerkstoff - Chrom-Nickel-Stahl 1.4404.....	55
4.1.2 Lotwerkstoff - Nickelbasislot Ni 660	57

Inhaltsverzeichnis

4.2	Teilhypothesen A: Benetzbarkeit der laserstrahlgeschmolzenen 1.4404-Legierung..	58
4.2.1	Bestimmung der LÖteignung am Beispiel von Benetzungsversuchen.....	58
4.2.2	Bestimmung der Diffusionsmechanismen auf der Fügefläche	63
4.2.2.3	Diffusionsmechanismus „Grain Boundary Grooving“	70
4.3	Teilhypothesen B: Mikrostruktur in der Fügezone additiv-konventioneller Lötungen.....	79
4.3.1	Grundwerkstoffe und Probengeometrie der Halbzeuge	79
4.3.2	Lotwerkstoff.....	80
4.3.3	Lötversuche	80
4.4	Teilhypothesen C: Festigkeiten additiv-konventioneller Lötungen.....	88
4.4.1	Lötversuche	88
4.4.2	Probengeometrie	89
4.4.3	Lötsimulation des Grundwerkstoffs	89
4.4.4	Zugversuche	90
4.4.5	Bruchflächenanalyse	91
5	Ergebnisse und Diskussion	93
5.1	Materialzustand der Grundwerkstoffe vor dem Lötprozess.....	93
5.2	Teilhypothesen A: Benetzbarkeit der laserstrahlgeschmolzenen 1.4404-Legierung..	96
5.2.1	Ausbreitungsfläche und Benetzungswinkel	97
5.2.2	Einschätzung der Ergebnisse in Bezug zu den Forschungshypothesen	99
5.2.3	Oberflächenenergie der Fügeflächen	99
5.2.4	Erstarrungsstruktur des Lotes.....	102
5.2.5	Diffusionsphänomene auf der Fügefläche	128
5.2.6	Fazit.....	135
5.3	Teilhypothesen B: Mikrostruktur in der Fügezone additiv-konventioneller Lötungen.....	137
5.3.1	Mikrostruktureller Aufbau der konventionellen und additiv-konventionellen Lötverbunde	137
5.3.2	Fazit.....	162
5.4	Teilhypothesen C: Festigkeiten additiv-konventioneller Lötungen.....	165
5.4.1	Festigkeiten und Bruchverhalten der Lötverbunde bei 15 Minuten Haltezeit	165

5.4.2 Festigkeiten und Bruchverhalten der Lötverbunde bei 60 Minuten Haltezeit..... 172

5.4.3 Einordnung der Fügeverbundfestigkeiten zur Festigkeit des wärmebeeinflussten
Grundwerkstoffs 177

5.4.4 Fazit 179

6 Schlussfolgerung 182

7 Ausblick 188

Literaturverzeichnis 189