

Laserauftragschweißen hochlegierter Duplexstähle

Andreas Karl



Universitätsverlag Ilmenau
2014

Inhalt

Kurzfassung	7
Abstract	9
Abkürzungen und Formelzeichen	11
1 Einleitung	17
2 Stand der Technik	19
2.1 Laserbasierte Oberflächenbeschichtungsverfahren	19
2.1.1 Verfahrensmöglichkeiten Laserstrahlbeschichten	20
2.1.2 Prozesseinflüsse	25
2.1.3 Simulation und Berechnung des Beschichtungsprozesses	32
2.2 Korrosionsbeständige Stähle	41
2.2.1 Das ternäre System Fe-Cr-Ni	42
2.2.2 Schaeffler Diagramm	45
2.2.3 Erstarrungsvorgänge im Schweißbad	47
2.3 Duplexstahl	54
2.3.1 Arten korrosionsbeständiger Duplexstähle	55
2.3.2 Wirkung wichtiger Legierungselemente	59
2.3.3 Wirkung des Stickstoffes	61
2.3.4 Ausscheidungsverhalten	63
2.3.5 Korrosionsverhalten	69
2.3.6 Mechanische Eigenschaften	72
2.3.7 Schweißverhalten der Duplexstähle	73
3 Zielstellung	77
4 Experimentelle Vorgehensweise	79
4.1 Werkstoffe	79
4.1.1 Substratwerkstoff	79
4.1.2 Auftragswerkstoffe	79
4.2 Verwendete Laseranlagen	80
4.3 Werkstofftechnische Charakterisierung	84
4.3.1 Mikroskopie	84
4.3.2 Analytik	84

Inhalt

4.3.3	Mechanische Kennwerte	86
4.3.4	Korrosionsprüfung	86
4.3.5	Tribologische Systeme	88
5	Ergebnisse und Diskussion	89
5.1	Pulvermetallurgie	89
5.2	Thermische Analyse der Schweißpulver	93
5.3	Laserstrahlbeschichten	97
5.3.1	Prozessparameter	98
5.3.2	Mikrostruktur der Auftragsschichten	113
5.3.3	Einfluss der Legierungselemente	121
5.3.4	Einfluss der Abkühlgeschwindigkeit	127
5.3.5	Chemische Zusammensetzung der Mikrostruktur	135
5.3.6	Übergang Substrat-Schicht	140
5.4	Mechanische Kennwerte	143
5.4.1	Zugfestigkeit und Dehngrenze	143
5.4.2	Kerbschlagzähigkeit	149
5.5	Korrosionsuntersuchungen	153
5.5.1	Einfluss der chemischen Zusammensetzung	154
5.5.2	Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit	158
5.5.3	Einfluss der Wärmebehandlung	161
5.5.4	Spannungsrisskorrosion	163
5.6	Tribologisches Verhalten der Auftragsschichten	166
5.6.1	Reibkennwerte	166
5.6.2	Abrasionsverhalten	168
5.7	Möglichkeit zur Steigerung der Auftragsrate	170
6	Zusammenfassung mit Ausblick	179
7	Literaturverzeichnis	185
8	Abbildungsverzeichnis	203
9	Tabellenverzeichnis	212
10	Anhang	215