

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iii
Formelzeichen- und Abkürzungsverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
2 Stand der Forschung und Technik	5
2.1 Hochfeste Stahlwerkstoffe	5
2.1.1 Grundlegende Mechanismen zur Steigerung der Festigkeit von Stählen	6
2.1.2 Auswirkungen festigkeitssteigernder Mechanismen auf die Schweißeignung hochfester Stähle	8
2.2 Heißrissbildung beim Laserstrahlschweißen hochfester Stähle	9
2.2.1 Kategorien und Definition von Heißrissen	10
2.2.2 Thermomechanische Einflussfaktoren auf die Heißrissentstehung	11
2.2.3 Metallurgische Einflussfaktoren auf die Heißrissentstehung	15
2.2.4 Theorien zur Heißrissbildung	20
2.2.5 Methoden zur Vermeidung von Heißrissen	23
2.2.6 Heißrisstests	27
2.3 Laserstrahlschweißen mit Strahlloszillation	28
2.3.1 Systemtechnik zur Strahlloszillation	29
2.3.2 Auswirkungen der Strahlloszillation auf den Schweißprozess	30
3 Zielsetzung und methodische Vorgehensweise	33
4 Versuchsaufbau und Auswerteverfahren	37
4.1 Probengeometrie und verwendete hochfeste Stahlwerkstoffe	37
4.2 Versuchsaufbau für die Schweißexperimente	39
4.3 Oszillations- und Schweißparameter	41
4.4 Infrarotthermografie zur Prozessüberwachung	43
4.5 Metallografische Analyse	50

5	Experimentelle Analyse der Heißrissbildung in Abhängigkeit der Schmelzbadgeometrie.....	53
5.1	Qualitative Charakterisierung kritischer Schmelzbadformen ..	53
5.2	Quantitative Ermittlung kritischer Werte der Schmelzbadkenngrößen	59
6	Eignung der Strahlloszillation zur Manipulation der Schmelzbadgeometrie	65
6.1	Einfluss der Oszillationsparameter	65
6.1.1	Oszillationsfigur	66
6.1.2	Oszillationsamplitude	78
6.1.3	Oszillationsfrequenz	84
6.2	Einfluss der Prozessparameter.....	93
6.2.1	Streckenenergie	93
6.2.2	Fokussdurchmesser.....	98
6.2.3	Prozessgas	104
6.3	Einfluss des Versuchswerkstoffes	109
7	Analyse der Heißrissbildung beim Schweißen mit Strahlloszillation	117
8	Zusammenfassung und Ausblick	127
9	Summary and outlook	129
	Literaturverzeichnis	133
	Anhang	157