

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XII
Abkürzungs- und Formelzeichenverzeichnis.....	XIII
Kurzfassung	XVII
1 Einleitung und Motivation.....	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Zielstellung und Aufbau der Arbeit	3
2 Wissenschaftliche Hypothesen	5
3 Stand der Technik und Forschung.....	6
3.1 Lichtbogenbolzenschweißen mit Hubzündung	6
3.1.1 Verfahrenscharakterisierung	6
3.1.2 Qualifizierung und Qualitätssicherung	8
3.1.3 Verwendung und praxistechnischer Einsatz	15
3.2 Schweißen im Unterwasserbereich.....	16
3.2.1 Anwendungsspektrum schweißtechnischer Arbeiten unter Wasser	18
3.2.2 Unterwasserbolzenschweißen.....	19
3.3 Wasserstoffeintrag beim Lichtbogenschweißen von Stählen	22
3.3.1 Wasserstoffquellen und prozessbedingte Wasserstoffaufnahme	22
3.3.2 Diffusibler Wasserstoff in Stahlwerkstoffen	24
3.3.2.1 Theorien und Mechanismen zur Wasserstoffversprödung	26
3.3.2.2 Kaltrissphänomene in der schweißtechnischen Verarbeitung	28
3.3.3 Bestimmung der Wasserstoffkonzentration	31
3.4 Mikrostrukturelle Charakterisierung ferritischer Gefüge	34
3.4.1 Metallographische Präparationstechniken zur Kontrastierung.....	34
3.4.2 Qualitative und quantitative Beschreibung des Gefüges	36
3.4.3 Bilderfassung und Analyseverfahren	39
4 Untersuchungsmethoden.....	41
4.1 Verwendete Materialien	41
4.2 Experimentelle Durchführung der Schweißungen	43
4.3 Mechanisch-technologische Versuche zur Verbindungscharakterisierung.....	48
4.4 Evaluation des Bolzenschweißens mithilfe Auswertung hochfrequent erfasster transienter Prozessparameter	50
4.4.1 Prozessdatenakquise beim Hubzündungsbolzenschweißen	50
4.4.2 Datenverarbeitungsalgorithmus.....	51

4.5	Methode zur Ermittlung der diffusiblen Wasserstoffkonzentrationen.....	53
4.5.1	Analyse mittels Trägergasheißextraktionsverfahren und Wärmeleitfähigkeitsdetektoren	55
4.5.2	Thermodesorption im Infrarotofen	57
4.5.3	Nummerische Bestimmung spezifischer Schweißgutmassen auf Basis makroskopischer Aufnahmen	58
4.6	Gefügeanalysen im Schweißbereich.....	60
4.6.1	Metallographische Präparation und lichtmikroskopische Erfassung	60
4.6.2	Punktanalyse zur Matrixauswertung.....	61
4.6.3	Bildverarbeitungsalgorithmus zur MA-Auswertung	61
5	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	64
5.1	Hygroskopie der Keramikringe.....	65
5.2	Prozessmonitoring und Evaluierung der Schweißprozessqualität.....	67
5.3	Wasserstoffeintrag aufgrund von Feuchtigkeit und atmosphärischen Randbedingungen.....	79
5.4	Gefügeausprägung und Werkstoffeigenschaften im Schweißbereich	85
6	Anwendung der Methodik zur Qualifizierung des halbnassen Lichtbogenbolzenschweißens.....	107
6.1	Unterwasserschweißungen im lokalen Habitat mittels Abschirmvorrichtung.....	107
6.2	Prüfung des mechanisch-technologischen Verbindungsverhaltens	109
7	Diskussion	114
7.1	Prozessevaluation und Detektionsfähigkeit von Wasserkontamination.....	114
7.2	Validität und Verifizierung der Methode zur Bestimmung des diffusiblen Wasserstoffgehalts.....	117
7.2.1	Einfluss der numerischen Schweißgutmassenbestimmung.....	117
7.2.2	Messunsicherheitsbetrachtung des Messsystems und -verfahrens.....	119
7.3	HAC-Gefahr im Schweißbereich von HZBS.....	120
7.4	Gefügeanalysen und Deduktion des Werkstoffverhaltens.....	123
7.5	Stellungnahme zu den wissenschaftlichen Hypothesen.....	126
8	Zusammenfassung und Ausblick	128
	Quellenverzeichnis.....	131
	Anhang	A-I
A1	MATLAB-Routine zur inkrementellen Prozessparameterauswertung	A-II
A2	MATLAB-Routine zur Auswertung der Mikroschliffe	A-VII
A3	Referenztransienten und gebildete Toleranzbänder	A-XIII
A4	Auswertung der inkrementellen Prozessindizes.....	A-XVII
A5	Einfluss der Wasserkontamination auf die Schweißzonenausprägung	A-XXI