

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen	IV
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	4
2.1 Leichtbaustrategien im Automobilbau	4
2.2 Mechanisches Fügen im Automobilbau durch Stanznieten	6
2.3 Vergütung	8
2.4 Wasserstoffaufnahme in metallischen Werkstoffen	12
2.4.1 Wasserstoffquellen entlang der industriellen Prozesskette	12
2.4.2 Aufnahme von Wasserstoff aus wässrigen Elektrolyten	15
2.5 Wasserstofftransportverhalten und Löslichkeit	17
2.5.1 Wasserstoffdiffusion in Metallen	17
2.5.2 Bestimmung der Wasserstoffdiffusion durch Permeationsversuche	23
2.5.3 Löslichkeit von Wasserstoff in Metallen	24
2.6 Schädigungen infolge von Wasserstoff	28
2.6.1 Theorien zur Rissbildung	29
2.6.2 Wasserstoffunterstützte Kaltrissbildung in Stanznieten	30
2.6.3 Prüfverfahren für die Untersuchung einer Wasserstoffversprödung	31
2.7 Technische Formkerben	33
2.8 Flüssigmetallversprödung	36
2.8.1 Voraussetzung und Einflussgrößen auf LME	36
2.8.2 Theorien zur LME-Rissentstehung	39
2.8.3 LME – Prüfmethoden	40
3 Zusammenfassung des Kenntnisstandes	41
4 Ziele und Strukturierung der Arbeit	43
5 Versuchsaufbau und -durchführung	46
5.1 Charakterisierung der Versuchswerkstoffe	46
5.1.1 Chemische Zusammensetzung	46
5.1.2 Wärmebehandlung und mechanische Eigenschaften	47
5.2 Probenfertigung	50
5.3 Galvanische Verzinkung	52
5.4 Einfluss der Kerbwirkung auf die mechanischen Kennwerte	55
5.5 Elektrolytherstellung	56
5.6 Elektrolytisch-kathodische Wasserstoffbeladung	58

5.7	Wasserstoffmessung mittels thermischer Desorptionsanalyse	59
5.8	Diffusionsmessung.....	61
5.8.1	Permeationsmessungen.....	61
5.8.2	Thermische Desorptionsanalyse von elektrochemisch beladenen Proben	63
5.9	Empirische Prüfung der Diffusionsgeschwindigkeit	64
5.10	Kaltrissprüfung im Konstant-Last-Versuch.....	64
5.10.1	Konstant-Last-Zugvorrichtung	65
5.10.2	Versuchsbeschreibung der Kaltrissprüfung im Konstant-Last-Versuch.....	66
5.11	Schallemissionsanalyse während der Kaltrissprüfung	67
5.12	Flüssigmetallversprödung	69
5.12.1	LME-Prüfung mittels Heißzugversuch	69
5.12.2	Einfluss der Probenform	71
5.12.3	Einfluss der Zinkschichtdicke.....	72
5.12.4	Einfluss der Überzugskonzepte	72
6	Ergebnisse und Diskussion.....	73
6.1	Kerbwirkung auf die mechanischen Kennwerte.....	73
6.1.1	Kerbformen	73
6.1.2	Probengeometrie.....	74
6.1.3	Bestimmung der Kerbformzahlen	75
6.2	Elektrolytische Wasserstoffbeladung.....	76
6.2.1	Einfluss der Beladungsparameter.....	76
6.2.2	Abgleich zwischen den Zugproben und den Kontrollproben	79
6.3	Bestimmung des Wasserstofftransportverhaltens.....	80
6.3.1	Permeationsmessungen.....	80
6.3.2	Thermische Desorptionsanalyse	88
6.3.3	Empirische Prüfung der Diffusionsgeschwindigkeit.....	90
6.3.4	Fazit und Literaturvergleich	97
6.3.5	Berechnungen des Wasserstofftransportverhaltens	98
6.4	Kaltrissprüfung im Konstant-Last-Versuch.....	102
6.4.1	37MnB4 – Kaltrissprüfung	102
6.4.2	Vergleich mit 45B2 und 22MnB5	106
6.5	Schallemissionsanalyse während der Kaltrissprüfung	107
6.5.1	Vergleich zwischen wasserstofffreien und -angereicherten Proben	107
6.5.2	Untersuchung der nicht sichtbaren Schädigung durch Wasserstoff	109
6.6	Flüssigmetallversprödung	110

6.6.1	Beschreibung der Methode	110
6.6.2	Parametereinflüsse auf die LME-Bildung.....	116
6.6.3	Einfluss der Probenform auf den LME-Bereich und die Auswertbarkeit.....	119
6.6.4	Einfluss der Zinkschichtdicke.....	124
6.6.5	Übertragbarkeit auf alternative Überzugskonzepte	125
7	Zusammenfassung.....	128
8	Ausblick	132
9	Literaturverzeichnis	134
	Abbildungsverzeichnis	147
	Tabellenverzeichnis	153
	Lebenslauf	155
	Veröffentlichungen über die Teilgebiete der Dissertationen	156
	Übersicht über betreute studentische Arbeiten.....	158