

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Ziele der Arbeit	7
2	Stand der Forschung und Technik zur Mehrachsigkeit von Schweißverbindungen	10
2.1	Betriebsfestigkeit	10
2.2	Grundbegriffe der Ermüdungsfestigkeit	11
2.3	Beanspruchungsmehrachsigkeit, nichtproportionale Belastungen	13
2.4	Belastungen mit variablen Amplituden und Amplitudenkollektive	19
2.5	Methoden zur Bewertung der Beanspruchungsmehrachsigkeit	23
2.6	Bewertung der phasenverschobenen Beanspruchung	27
2.7	Auslegung ermüdungsbeanspruchter Schweißverbindungen	29
2.8	Bewertung der Mehrachsigkeit in ausgewählten Regelwerken	31
2.8.1	Übersicht über die in den Regelwerken verwendeten Ansätze	31
2.8.2	IIW-Richtlinie	33
2.8.3	FKM-Richtlinie	33
2.8.4	Eurocode 3	34
2.9	Experimentelle Untersuchungen an ermüdungsbeanspruchten Schweißverbindungen . . .	35
3	Experimentelle Untersuchungen	37
3.1	Versuchsprogramm	37
3.2	Grundwerkstoffe, Probengeometrie und Versuchsaufbau	38
3.3	Ergebnisse der Wöhlerversuche	41
3.4	Amplitudenkollektiv	46
3.5	Ergebnisse der GASSNER-Versuche	47
3.6	Berechnung tatsächlicher Schadenssummen	52
4	Ausgewählte Methoden zur Bewertung der mehrachsigen Ermüdungsbeanspruchungen	55
4.1	Kurzer Überblick über die meistverwendeten konventionellen Festigkeitshypothesen	55
4.2	Zwei klassische Mehrachsigkeitshypothesen	56
4.3	Hypothese der wirksamen Vergleichsspannung	59
4.4	Stress Space Curve-Hypothese	63
5	Multiax-Invariant: Eine neue Methode zur Bewertung von beliebigen mehrachsigen phasenverschobenen Schwingbeanspruchungen	68
5.1	Überblick über die Methode Multiax-Invariant	68
5.2	Charakterisierung des Beanspruchungszustandes und Berechnung der Teilschädigung $D_{\sigma_{e,a}}$	71
5.3	Bewertung der phasenverschobenen Beanspruchung, Nichtproportionalitätsfaktor F_{pV} . .	73
5.4	Berechnung der Teilschädigung D_{pV}	76

5.5	Modifiziertes Rainflow-Verfahren	77
5.6	Vorgehensweise bei der Lebensdauerberechnung mit der Methode Multiax-Invariant	81
5.7	Bewertung der Mittelspannungen mit der Methode Multiax-Invariant	83
6	Lebensdauerberechnung	84
6.1	Annahmen bei der Lebensdauerbewertung und Darstellung der Rechenergebnisse	84
6.2	Bestimmung der fiktiven örtlichen Beanspruchung nach dem Referenzradiuskonzept	86
6.2.1	FE-Modellierung der Schweißnaht	86
6.2.2	Übertragung der äußeren Belastung auf die lokale Beanspruchung	87
6.3	Anwendung der ausgewählten Methoden zur Lebensdauerberechnung	88
6.3.1	Lebensdauerberechnung mittels der Hypothese der wirksamen Vergleichsspannung (WVS)	88
6.3.1.1	Konstante Amplituden	88
6.3.1.2	Variable Amplituden	90
6.3.2	Lebensdauerberechnung mittels der Stress Space Curve-Hypothese (SSCH)	92
6.3.2.1	Konstante Amplituden	92
6.3.2.2	Variable Amplituden	95
6.3.3	Lebensdauerberechnung mittels des FINDLEY-Kriteriums und der Schubspannungsintensitätshypothese (SIH), zusammen mit dem korrelationsbasierten Nichtproportionalitätsfaktor	97
6.3.3.1	Konstante Amplituden	97
6.3.3.2	Variable Amplituden	101
6.3.4	Lebensdauerberechnung mit Hilfe der Interaktionsgleichungen aus den Regelwerken	105
6.3.4.1	Konstante Amplituden	105
6.3.4.2	Variable Amplituden	111
6.3.5	Lebensdauerberechnung mittels der neu entwickelten Methode Multiax-Invariant .	117
6.3.5.1	Konstante Amplituden	117
6.3.5.2	Variable Amplituden	122
6.4	Vergleich der untersuchten Methoden	126
6.4.1	Treffsicherheit der Hypothesen	126
6.4.2	Bewertung eines örtlichen Spannungsverlaufs mit unkorrelierten Beanspruchungskomponenten	128
6.4.3	Bemerkungen zum Rechen- und Implementierungsaufwand	128
7	Zusammenfassung und Ausblick	129
7.1	Zusammenfassung	129
7.2	Ausblick	132
	Literaturverzeichnis	134
	Anhang	142