

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	III
Kurzfassung	V
1 Einleitung	1
1.1 Gegenstand und Problemstellung der Arbeit	2
1.2 Abgrenzung und Zielsetzung der Arbeit	3
1.3 Methodik und Gliederung der Arbeit.....	4
2 Stand von Wissenschaft und Technik der bruchmechanischen Bewertung bei Vorliegen von Sekundärspannungen	7
2.1 Bruchmechanische Bewertungsparameter	7
2.1.1 Spannungssintensitätsfaktor.....	7
2.1.2 Elastisch-plastisches J-Integral	9
2.1.3 Risszähigkeit.....	9
2.2 Versagensbewertungsdiagramm FAD	11
2.2.1 Zustandspunkt im FAD	12
2.2.2 Grenzkurve des FAD	13
2.2.3 Berechnung des <i>J</i> -Integrals im FAD	14
2.3 Berücksichtigung der Spannungsmehrachsigkeit.....	15
2.3.1 Constraint-Parameter <i>TStress</i>	19
2.3.2 Constraint-Parameter <i>Q</i>	20
2.3.3 Spannungsmehrachsigkeitskoeffizient <i>h</i>	21
2.4 Sekundärspannungen in der bruchmechanischen Bewertung	22
2.4.1 Definition von Sekundärspannungen	22
2.4.1.1 Thermische Sekundärspannungen	23
2.4.1.2 Schweißeigenspannungen	24
2.4.2 Berücksichtigung von Sekundärspannungen im FAD	28
2.4.2.1 ρ -Methode	28
2.4.2.2 <i>V</i> -Methode.....	29
2.4.2.3 <i>Vg</i> -Methode	29
2.4.2.4 Bestimmung des plastisch korrigierten Spannungssintensitätsfaktors des Sekundärspannungsanteils.....	30
2.5 Probabilistische bruchmechanische Bewertung	33
3 Numerische Simulationen	35
3.1 Werkstoffcharakterisierung und -modellierung	35
3.2 Numerische Simulationen zur Ermittlung von Sekundärspannungen	38
3.2.1 Ermittlung von thermischen Sekundärspannungen.....	38
3.2.2 Ermittlung von Schweißeigenspannungen.....	39
3.2.2.1 FE-Modell der Schweißprozesssimulation	40
3.2.2.2 Thermische Simulation.....	41
3.2.2.3 Strukturmechanische Simulation	43
3.3 Bruchmechanische numerische Simulationen.....	44
3.3.1 Standardprobe vom Typ C(T)-25	44
3.3.2 Bruchmechanische Untersuchungen an thermisch beanspruchten Rohren	45
3.3.3 Bruchmechanische Untersuchungen an Rohrmodellen unter Schweißeigenspannungen	47
3.3.4 Boundary Layer Model.....	51
4 Untersuchung der analytischen Methoden zur Berücksichtigung von Sekundärspannungen im FAD	53

4.1	Thermische Sekundärspannungen	53
4.1.1	Moderate Temperaturtransienten	53
4.1.2	Thermoschock	59
4.2	Schweißeigenspannungen	67
4.3	Diskussion	70
4.3.1	Untersuchung der Methoden ρ , V und Vg allgemein	70
4.3.2	Problem der Abschätzung von KJs	72
4.3.3	Anwendbarkeit von $\rho < 0$ beziehungsweise $V < 1$	73
4.4	Zusammenfassung und Empfehlungen für die Anwendung	74
4.4.1	Untersuchung der Methoden ρ , V und Vg allgemein	74
4.4.2	Problem der Abschätzung von KJs	75
4.4.3	Anwendbarkeit von $\rho < 0$ beziehungsweise $V < 1$	76
5	Untersuchung der Einbeziehung von SES in der Constraint-Korrektur des FAD-Konzepts	77
5.1	Plausibilisierung der Vorgehensweise zur Weibull-Analyse	78
5.2	Anwendbarkeit der Constraint-Korrektur bei geschweißten Rohrverbindungen	79
5.2.1	Ermittlung von K , KJ und $TStress$ sowie Ableitung von Q aus $TStress$	80
5.2.2	Ermittlung von Q -Parameter und Spannungsmehrachsigkeitskoeffizient	81
5.2.3	Festlegung der Weibull-Parameter m , σ_u	86
5.2.4	Weibull-Analysen der rissbehafteten Rohrverbindung	87
5.2.5	FAD-Bewertung der geschweißten Rohrverbindung mit Constraint-Korrektur	91
5.3	Kombination der Constraint-Korrektur mit den Methoden ρ , V und Vg	96
5.4	Diskussion	98
5.4.1	Überschätzung der Risszähigkeit in der FAD-Bewertung	98
5.4.2	Vorschlag eines Lösungsansatzes zur Anpassung der Risszähigkeit an die erhöhte Dehnungsbehinderung	101
5.4.3	Lokale Risszähigkeit des Bauteils	103
5.4.4	Anwendbarkeit von $TStress$ und QT bei Sekundärspannungen	103
5.4.5	Rissfrontlängenkorrektur	104
5.5	Zusammenfassung	104
6	Zusammenfassung	107
6.1	Beanspruchungsseitige Berücksichtigung von SES im FAD	108
6.2	Beanspruchbarkeitsseitige Berücksichtigung von SES im Constraint-Ansatz des bruchmechanischen Festigkeitsnachweises	110
7	Abkürzungen und Symbole	113
8	Literaturverzeichnis	117