



**Berichte aus dem
Institut für Eisenhüttenkunde**

Christian Schruff

**Ressourceneffizienter Einsatz hochfester Stähle
durch schädigungsmechanische Bemessung
unbefeuerter Druckbehälter**

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. W. Bleck
Prof. Dr.rer.nat. Dr.-Ing.e.h. W. Dahl
Prof. Dr.-Ing. H.W. Gudenau
Prof. Dr.-Ing. D. Senk

Band 4/2013

Shaker Verlag

1. Problemstellung und Ziel der Untersuchungen	1
2. Theoretische Grundlagen	5
2.1 Bruchvorgänge.....	5
2.1.1 Mikroskopische Bruchmechanismen	6
2.1.2 Makroskopisches Bruchverhalten und Temperatureinfluss	10
2.2 Einführung in die Bruchmechanik	12
2.2.1 Linear elastische Bruchmechanik (LEBM).....	13
2.2.2 Elastisch plastische Bruchmechanik (EPBM).....	16
2.3 Einführung in die Schädigungsmechanik.....	18
2.3.1 Ungekoppelte empirische Kriterien für Gleitbruch	19
2.3.2 Gekoppelte empirische Kriterien für Gleitbruch	23
2.3.3 Mikromechanische Modelle	26
2.4 Werkstoffkonzepte für unbefeuerte Druckbehälter	28
2.5 Auslegungskonzepte für unbefeuerte Druckbehälter	31
2.5.1 Stabilitätsnachweis DBF	31
2.5.2 Stabilitätsnachweis DBA.....	33
2.5.3 Semi - probabilistische Konzepte in der Konstruktionsberechnung	34
3. Methodische Vorgehensweise	41
4. Werkstoffe und Werkstoffcharakterisierung.....	45
4.1 Auswahl Druckbehälterstähle	45
4.2 Metallografische Gefügecharakterisierung	45
4.3 Chemische Analyse	47
4.4 Bestimmung der Festigkeitseigenschaften	49
4.5 Bestimmung der Zähigkeitseigenschaften.....	52
4.6 Experimentelle Bestimmung von Schädigungskurven	56
4.7 Beschreibung der Kerbschlagzähigkeit durch das modifizierte Johnson-Cook-Modell.....	61
5. Entwicklung eines Verfahrens zur Ableitung der Nominalduktilität einer Werkstoffklasse am Beispiel Druckbehälterbau.....	65
5.1 Problemstellung	65
5.2 Sichtung der Nominalzähigkeiten	67
5.3 Bestimmung der Parameter des GTN – Modells	69
5.3.1 Primärhohlraumvolumen f_0	69
5.3.2 Sekundärhohlraumvolumen f_N	70
5.3.3 Iterative Anpassung der übrigen Parameter	71
5.4 Validierung der GTN - Parameter im Kerbschlagbiegeversuch.....	74
5.5 Mikromechanische Bestimmung von Schädigungskurven	79

5.6 Iterative Anpassung der Parameter der Mindestzähigkeit	83
5.7 Ableiten der Nominalduktilität durch Zellmodellrechnungen	85
5.8 Absicherung der Ergebnisse durch Überprüfung von Vergleichswerkstoffen	88
6. Quantifizierung von Sicherheitsreserven am Anwendungsbeispiel Slug Catcher	93
6.1 Modellgeometrie	93
6.2 Normgerechte Auslegung nach EN 13445-3	94
6.2.1 Auslegung nach Formeln	94
6.2.2 Auslegung nach dem Analyseverfahren	99
6.3 Auslegung mit Nominalzähigkeiten	102
6.3.1 Bestimmung des kritischen Drucks bei Rissinitiierung	103
7. Diskussion	115
7.1 Herausforderungen in der Werkstoffcharakterisierung	116
7.2 Herausforderungen in der Verfahrensentwicklung	117
8. Ausblick	125
9. Schlussfolgerungen	127
10. Literatur	129