

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 4

Bauingenieurwesen

Dipl.-Ing. Holger Huhn,
Reinfeld

Nr. 200

**Ermüdungsfestigkeit von
Schraubenverbindungen
aus feuerverzinkten
Stahlbauteilen
mit gestanzten Löchern**

VDI Verlag

HLuHB Darmstadt



15981768

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
1.1	Hintergrund	4
1.2	Zielsetzung und Lösungsweg der Arbeit	6
2	Stand der Wissenschaft	9
2.1	Rißbildung und Rißwachstum bei Ermüdungsbeanspruchung	9
2.2	Konzepte für Betriebsfestigkeitsnachweise	13
2.3	Nennspannungskonzept	17
2.4	Örtliches Konzept	19
2.5	Rißfortschrittskonzept	25
2.5.1	Grundlagen der Bruchmechanik	25
2.5.2	Linear-elastische Bruchmechanik bei zyklischer Beanspruchung	34
2.5.3	Spannungsintensitätsfaktoren für Lochstäbe mit Durchriß	37
2.5.4	Spannungsintensitätsfaktoren für Lochstäbe mit Anriß	44
2.5.5	Superpositionsansatz nach Grandt und Kullgren	50
2.5.6	Einfluß von Eigenspannungen auf den Rißfortschritt	52
2.6	Entwicklung und Einsatz von HV-Verbindungen	54
3	Experimentelle Untersuchungen	62
3.1	Versuchskörper und Werkstoffeigenschaften	62
3.1.1	Mechanische Eigenschaften und chemische Analyse	64
3.1.2	Ermittlung des Reibbeiwertes	68
3.1.3	Bruchmechanische Kenngrößen	73

3.2	Werkstoffeigenschaften am Lochrand des gestanzten Loches	79
3.2.1	Schliffbilder	83
3.2.2	Härtemessung	84
3.2.3	Zugversuche an Mikroflachzugproben	86
3.2.4	Eigenspannungsmessungen	90
3.3	Ermüdungsfestigkeitsuntersuchungen	95
3.3.1	Einfluß des Stanzens	101
3.3.2	Einfluß des Feuerverzinkens	103
3.3.3	Einfluß des Stanzens und Feuerverzinkens	105
3.3.4	Einfluß des Spannungsverhältnisses	108
3.3.5	Einfluß der Vorspannung	109
3.3.6	Zusammenstellung der Einflüsse	112
3.3.7	Bewertung der Untersuchungen	114
3.4	Bruchmechanische Untersuchungen	118
3.4.1	Rißinitiierung	118
3.4.2	Rißfortschrittspfade	120
4	Methode der Finiten Elemente	123
4.1	Grundlagen der bruchmechanischen Finiten-Element-Berechnung	124
4.2	Modellierung	127
4.3	Kalibrierung des Modells	135
5	FEM-Parameterstudie	142
5.1	Untersuchungen an ungerissenen Stäben	143
5.1.1	Einfluß der Vorspannung und der Stabbreite	143
5.1.2	Einfluß der Blechdicke	148
5.1.3	Einfluß der Reibung	150
5.2	Untersuchungen an gerissenen Stäben	152
5.2.1	Einfluß der Vorspannung	152
5.2.2	Einfluß der Blechdicke	158
5.2.3	Einfluß der Reibung	160

6	Anwendung von Rechenverfahren für die Lebensdaueranalyse	161
6.1	Rißinitiierung	161
6.1.1	Örtliches Konzept	162
6.2	Rißfortschritt	164
6.2.1	Berechnung des J-Integrals	164
6.2.2	Berechnung von Rißpfaden für Stäbe ohne und mit vorgespannten HV-Schrauben	165
7	Zusammenfassung und Ausblick	172
A	Anhang: Rechnerische und experimentelle Ergebnisse	177
	Literaturverzeichnis	263