



Julia Bierbaum (Autor)

Gegenseitige Beeinflussung von Rissen und Beulen in schubbelasteten Aluminiumpanels



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6624>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Übersicht | vii |
| Abstract | viii |
| Abbildungsverzeichnis | xiii |
| Tabellenverzeichnis | xvii |
| Symbolverzeichnis | xix |
| 1 Motivation | 1 |
| 1.1 Stand der Forschung | 3 |
| 1.1.1 Einfluss von Rissen auf das Stabilitätsverhalten | 4 |
| 1.1.2 Einfluss von Krümmungen auf Risse | 4 |
| 1.2 Darstellung der Vorgehensweise | 6 |
| 2 Grundlagen | 7 |
| 2.1 Bruchmechanik | 7 |
| 2.1.1 Rissbeanspruchungsarten | 8 |
| 2.1.2 Spannungs- und Verschiebungsfeld an einer Rissspitze | 8 |
| 2.1.3 Berechnung der Spannungsintensitätsfaktoren K | 10 |
| 2.1.4 Energiefreisetzungsrate G | 13 |
| 2.1.5 J -Integral | 14 |
| 2.1.6 Rissfortschritt bei zyklischer Belastung | 15 |
| 2.2 Stabilitätsverhalten von Schubpanels | 17 |
| 2.2.1 Berechnung des kritischen Beulwertes | 17 |
| 2.2.2 Zug- und Druckfelder unter Schubbelastung | 18 |
| 2.3 Finite Elemente Methoden | 19 |
| 2.3.1 Nichtlineare Finite Elemente Methode | 20 |
| 2.3.2 Bruchmechanik in der FEM | 20 |
| 2.3.3 Stabilitätsberechnung | 24 |
| 3 Versuche | 25 |
| 3.1 Versuchsaufbau | 25 |
| 3.1.1 Prüfeinrichtung PApS | 25 |
| 3.1.2 Messtechnik | 27 |
| 3.2 Versuchsvorbereitung | 32 |
| 3.3 Versuchsdurchführung | 33 |



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.4 | Darstellung und Vergleich der Versuchsergebnisse | 35 |
| 3.4.1 | Referenz-Panel T_2.0_40_o+Z1 | 35 |
| 3.4.2 | Veränderung der Rissorientierung α - Panels T_2.0_40_o+Z1-3 | 43 |
| 3.4.3 | Veränderung der Paneldicke t - Panels T_3.2_83_o+Z1-3 | 45 |
| 3.4.4 | Veränderung der Schubkraft $F_{S,max}$ - diverse Panels | 47 |
| 3.4.5 | Veränderung der Rissposition x, y - Panels T_2.0_40(50)_o+A1 | 49 |
| 3.4.6 | Variation der Belastungsart - Panels T_2.0_XX_o+-(++)Z1 | 51 |
| 3.4.7 | Vorerüdung der Panels - Panels T_X_m+Z | 56 |
| 3.4.8 | Zusammenfassung der Versuchsergebnisse | 60 |
| 3.5 | Diskussion von stochastischen Effekten und Umwelteinflüssen | 61 |
| 3.5.1 | Fehler im Material | 61 |
| 3.5.2 | Imperfektionen | 62 |
| 3.5.3 | Prüfemperatur | 62 |
| 3.5.4 | Einbau des Panels | 63 |
| 3.5.5 | Ermüdung der Prüfvorrichtung | 64 |
| 3.5.6 | Fazit | 64 |
| 4 | Finite Elemente Methode | 65 |
| 4.1 | Modellbeschreibung | 65 |
| 4.1.1 | Gerissene FE-Modelle | 68 |
| 4.1.2 | Ungerissene FE-Modelle | 69 |
| 4.2 | Berechnung, Auswertung und Validierung der FE Modelle | 70 |
| 4.2.1 | Auswertung der FE-Ergebnisse | 70 |
| 4.2.2 | Validierung der FE-Modelle an ungerissenen Panels | 71 |
| 4.3 | Darstellung und Vergleich der FE-Ergebnisse | 74 |
| 4.3.1 | Spannungsverteilung im ungerissenen Zustand | 75 |
| 4.3.2 | Referenzpanel p_2.0_40_o+Z1 | 76 |
| 4.3.3 | Veränderung der Paneldicke t | 78 |
| 4.3.4 | Veränderung der Schubkraft $F_{S,max}$ | 79 |
| 4.3.5 | Veränderung der Rissposition x, y | 79 |
| 4.3.6 | Wechselnde Belastung | 82 |
| 4.3.7 | Zusammenfassung der FE Ergebnisse | 83 |
| 4.4 | Auswertung der Spannungsintensitätsfaktoren | 84 |
| 4.4.1 | Schalenelemente | 84 |
| 4.4.2 | Solidelemente | 90 |
| 4.4.3 | Einfluss der out-of-plane Verformung auf K_I | 97 |
| 4.4.4 | Zusammenfassung | 99 |
| 5 | Ansätze zur Rissfortschrittsberechnung | 101 |
| 5.1 | Ansatz 1: Nichtbeachtung der Beulverformung (ungebeulter Zustand, konstante Schubspannung) | 101 |
| 5.1.1 | Zentrale Risse | 102 |
| 5.1.2 | Außermittige Risse | 102 |



| | | |
|----------|--|------------|
| 5.2 | Ansatz 2: Konstanter Einfluss der Beulverformung (gebeulter Zustand, Buecknersches Prinzip) | 105 |
| 5.2.1 | Zentrale Risse | 108 |
| 5.2.2 | Außermittige Risse | 110 |
| 5.2.3 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 110 |
| 5.3 | Ansatz 3: Berücksichtigung der wechselseitigen Beeinflussung von Rissfortschritt und Beulverformung (K_I -Faktor-Lösung) | 112 |
| 5.3.1 | Zentrale Risse | 112 |
| 5.3.2 | Außermittige Risse | 113 |
| 5.3.3 | Zusammenfassung der Ergebnisse | 115 |
| 5.4 | Fazit | 115 |
| 6 | Zusammenfassung | 119 |
| | Literaturverzeichnis | 123 |
| A | Abbildungen | 132 |
| B | Tabellen | 155 |
| C | Grundlagen und Versuchsauswertung | 172 |