
Strukturierte Zusammenfassung der Dissertation

Simulation des Grenztragverhaltens geschweißter Aluminiumstrukturen

vorgelegt von M. Sc. Hannes Panwitt

Für die Auslegung von Fahrzeugen ist es notwendig, das Verhalten der Struktur unter außergewöhnlichen Belastungen, wie Kollisionen, zu berücksichtigen. Um dabei gegensätzliche Anforderungen hinsichtlich des Materialeinsatzes, wie ein hohes Energieaufnahmevermögen bei gleichzeitig geringem Gewicht, erfüllen zu können, müssen die Verformungsreserven des Werkstoffes im Detail und der Struktur als Ganzes bekannt sein. Bei geschweißten Aluminiumlegierungen zeigen die Ergebnisse in der Literatur, dass das Versagensverhalten einer Struktur maßgeblich durch die Fügestelle beeinflusst wird. Durch den Festigkeitsverlust in der Schmelzzone (SZ) und in der Wärmeeinflusszone (WEZ) gegenüber dem Grundwerkstoff (GWS) in Folge des Schweißprozesses kommt es dort zum Versagen. In den Studien wurde dabei entweder nur das lokale Versagen der inhomogenen Schweißnahtumgebung im Detail untersucht oder starke Vereinfachungen für Simulationen an Großstrukturen vorgenommen.

Ziel dieser Arbeit war es daher, das Grenztragverhalten geschweißter Aluminiumstrukturen unter Berücksichtigung lokaler Vorgänge in der WEZ und SZ zu untersuchen und numerisch zu simulieren. Dafür wurden im Rahmen dieser Arbeit die mechanischen Eigenschaften des GWS, der WEZ und der SZ anhand von Kleinversuchen bei verschiedenen Spannungszuständen bestimmt und Axialdruckversuche an geschweißten X-Profilen durchgeführt.

Alle Experimente wurden begleitet von umfangreichen Finite-Elemente-Simulationen. Mit Hilfe der numerischen Simulationen konnten anhand der Kleinproben Fließeigenschaften und Schädigungsparameter für ein konventionelles 4-Zonen-Modell bestimmt werden. Bei diesem wurde die Schweißnahtumgebung in die Zonen GWS, SZ und in zwei homogene Zonen der WEZ eingeteilt. Mit diesem Modell konnten das globale Verhalten von geschweißten Proben sowohl in Zug- als auch in Schubversuchen unter Verwendung des *Bao–Wierzbicki* (BW) Schädigungskriteriums gut abgebildet werden. Insbesondere im Zugversuch zeigt sich jedoch, dass die grobe Einteilung der inhomogenen WEZ zu einer deutlichen Unterschätzung der lokalen Dehnungen in der WEZ führt.

Daher wurde in dieser Arbeit ein neues Materialmodell auf Basis von schweißprozessähnlichen Wärmebehandlungen entwickelt, welches eine detaillierte Auflösung der Fließkurven und Schädigungsparameter in der WEZ erlaubt. Die Übertragung der Ergebnisse aus Versuchen an wärmebehandelten Proben mit homogener Mikrostruktur auf die inhomogene WEZ einer geschweißten Probe erfolgte mit Hilfe von Härteprüfungen und anhand von mit Härteverläufen gewichteten örtlichen Interpolationen.

Beide Materialmodelle wurden für die Simulation von Axialdruckversuchen auf FE-Modelle von X-Profilen übertragen. Hierbei zeigt sich, dass beide Materialmodelle unter Verwendung des BW-Kriteriums geeignet sind, um das experimentell beobachtete globale Verhalten der X-Profile abzubilden. Sowohl in den Experimenten als auch in den Simulationen ist der erste deutliche Kraftabfall nach dem Ausbeulen durch die Rissbildung in der SZ verursacht. Der weitere Kraftabfall ist sowohl von Rissen in der SZ als auch in der WEZ gekennzeichnet. Allerdings zeigt sich, dass die lokal fein aufgelöste Abbildung der Eigenschaften in der WEZ durch das neu entwickelte Materialmodell notwendig ist, um die lokalen Dehnungen und die Rissinitiierung in der WEZ in besserer Übereinstimmung mit den Experimenten zu simulieren, als mit dem konventionellen 4-Zonen-Modell.