

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	iii
1 Einleitung und Motivation	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Kerbwirkung aufgrund von Fügestellen	3
2.2 Fügen von Mischverbindungen	5
2.2.1 Fügen durch Halbholstanznieten	5
2.2.2 Fügen durch Vollstanznieten	6
2.3 Experimentelle Untersuchung punktförmiger Fügestellen	7
2.4 Modellierung metallischer Werkstoffe für die Crashsimulation	10
2.4.1 Modellierung des Verformungsverhaltens	11
2.4.2 Modellierung des Versagensverhaltens	14
2.5 Numerische Simulation punktförmiger Fügestellen	17
2.5.1 Detailmodellierung von Fügestellen	18
2.5.2 Ersatzmodellierung von Fügestellen	21
2.5.3 Ersatzmodellierung mit dem *CONSTRAINED_SPR3 Element	24
3 Zielsetzung und Methodik	27
4 Metallographische Untersuchung der Kerben	29
4.1 Untersuchung des halbholstanzgenieteten Loches	30
4.2 Untersuchung des vollstanzgenieteten Loches	32
4.3 Untersuchung des wasserstrahlgeschnittenen Loches	33
4.4 Vergleichende Betrachtung der metallographischen Untersuchungen	34
5 Modellierung des Materialverhaltens der Grundwerkstoffe	37
5.1 Randbedingungen der experimentellen Untersuchungen	37
5.2 Modellierung des elastisch-plastischen Verhaltens der Blech- und Nietwerkstoffe	39
5.3 Modellierung des Versagensverhaltens für 22MnB5	42
5.3.1 Anpassung für Volumenelemente	43
5.3.2 Anpassung für Schalenelemente	46
5.4 Simulation der Materialversuche	50
5.4.1 Stahl 22MnB5	51
5.4.2 Weitere Blechwerkstoffe	53
5.4.3 Simulation der Stauchversuche an den Nieten	54
5.5 Diskussion der Ergebnisse	54

Inhaltsverzeichnis

6 Simulation des Fügeprozesses	57
6.1 Simulation des Fügeprozesses beim Halbhohlstanznieten	57
6.1.1 Modellaufbau	57
6.1.2 Ergebnisse der Fügeprozesssimulation	59
6.2 Simulation des Fügeprozesses beim Vollstanznieten	61
6.2.1 Modellaufbau	61
6.2.2 Ergebnisse der Fügeprozesssimulation	62
6.3 Diskussion der Ergebnisse	65
7 Numerische Untersuchung der Kerbeffekte	67
7.1 Modellierung des gestanzten Loches	68
7.2 Simulation der gekerbten Lochzug- und Durchstoßversuche	69
7.2.1 Simulation der halbhohlstanzgenieteten Lochzug- und Durchstoß- versuche	70
7.2.2 Simulation der vollstanzgenieteten Lochzug- und Durchstoßversuche	72
7.3 Simulation der Bauteilversuche	75
7.3.1 Simulation der Versuche am halbhohlstanzgenieteten Bauteil	77
7.3.2 Simulation der Versuche am vollstanzgenieteten Bauteil	78
7.4 Diskussion der Ergebnisse	79
8 Abbildung der Kerbeffekte im Ersatzmodell	83
8.1 Modellierung der Vorbeanspruchung der Lochkante durch den Fügeprozess	84
8.2 Simulation der gekerbten Lochzug- und Durchstoßversuche	86
8.3 Modellierung des Verbindungstragverhaltens	89
8.3.1 Simulation der halbhohlstanzgenieteten Verbindungsversuche	90
8.3.2 Simulation der vollstanzgenieteten Verbindungsversuche	91
8.4 Validierung der Modelle auf Bauteilebene	92
8.4.1 Simulation des halbhohlstanzgenieteten Bauteils	93
8.4.2 Simulation des vollstanzgenieteten Bauteils	95
8.5 Diskussion der Ergebnisse	96
9 Zusammenfassung	101
10 Literatur	103