

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	V
1 Einleitung.....	1
2 Theoretische Grundlagen und Literaturübersicht	5
2.1 Eigenschaften höher- bis höchstfester Stähle.....	5
2.2 Produktentwicklungsprozess von Karosseriebauteilen.....	10
2.2.1 Absicherung der Herstellbarkeit.....	10
2.2.2 Einordnung der Fertigungsverfahren.....	11
2.2.3 Verfahrensgrenzen im Tiefziehprozess	13
2.2.4 Charakterisierung der Umformbarkeit von Blechwerkstoffen	15
2.2.5 Umformtechnische Besonderheiten hoch- bis höchstfester Stähle.....	21
2.3 Modellierung von Umformvorgängen in der industriellen Praxis.....	24
2.3.1 Plastizität	24
2.3.2 Versagen	28
2.4 Umformoperationen an Blechkanten	29
2.4.1 Charakterisierung der Kantenumformbarkeit.....	32
2.4.2 Einflussfaktoren auf die Kantenumformbarkeit	35
2.4.3 Modellierung der Kantenumformbarkeit.....	42
3 Eingesetzte Methoden und Versuchsmaterialien	47
3.1 Werkstoffcharakterisierung.....	47
3.1.1 Zugversuche.....	47
3.1.2 Hole Expansion Test.....	48
3.2 Versuchsmaterial.....	49
4 Einfluss des Werkstoffs auf die Kantenumformbarkeit.....	53
4.1 Experimentelle Untersuchungen – HET nach ISO 16630	53
4.2 Erweiterter Ansatz zur Beschreibung der Kantenumformbarkeit.....	62
4.2.1 Herleitung eines physikalisch deduzierten Ansatzes.....	62
4.2.2 Anwendung des vorgestellten Ansatzes auf den HET nach ISO 16630....	66

4.3 RVE-basierte mikromechanische Untersuchungen	69
4.3.1 Modellaufbau	70
4.3.2 Bestimmung der Phaseneigenschaften	78
4.3.3 Berechnung und Auswertung	83
4.4 Lokale vs. globale Umformbarkeit	91
4.5 Kurzzusammenfassung	97
5 Einfluss der Umformung auf die Kantenumformbarkeit	101
5.1 Hole Expansion Tests mit gestanzten Kanten	101
5.1.1 Werkstoffauswahl und Versuchsaufbau	101
5.1.2 Ergebnisse der unterschiedlichen HET	103
5.2 FE-gestützter Vergleich der durchgeführten HET	107
5.2.1 Modellaufbau	107
5.2.2 Differenzierung der Versuche	108
5.2.3 Parameter zur Klassifizierung der Umformbeanspruchung	110
5.3 Weiterführende Untersuchungen	114
5.3.1 Experimentelle Untersuchungen zur Variation des Stempeltyps	115
5.3.2 FE-Berechnungen zur Variation der Ausgangslochungs-durchmesser	116
5.3.3 Experimentelle Untersuchungen zur Variation der Ausgangslochungs-durchmesser	118
5.4 Diskussion und Ausblick	122
6 Zusammenfassung	137
A Anhang	143
A.1 Tabellen	143
A.2 Abbildungen	144
A.3 Danksagung	145
Literaturverzeichnis	147