

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen iii

1. Einleitung..... 1

2. Stand der Technik..... 3

2.1 Prozesskette zur Herstellung von Blechbauteilen..... 3

2.2 Clinchen 6

2.3 Numerische Simulation in der Blechbauteilfertigung 9

2.3.1 Numerische Simulation des Clinchprozesses 12

2.3.2 Untersuchungen zur Prozesskettensimulation 14

2.4 Berücksichtigung der Fertigungshistorie bei Blechbauteilen 17

2.5 Statistische Versuchsplanung und Sensitivitätsanalyse 18

2.6 Einflussgrößen der Prozesskette Umformen, Spannen und Fügen 24

2.7 Zusammenfassende Bewertung 29

3. Zielsetzung und methodisches Vorgehen..... 31

4. Versuchsrandbedingungen 33

4.1 Verwendete Werkstoffe..... 33

4.1.1 Dualphasenstahl CR330Y590T 33

4.1.2 Mikrolegierter Stahl CR300LA 33

4.2 Probengeometrien und Demonstratorbauteile 34

4.3 Verwendete Füge- und Prüfeinrichtungen 37

4.3.1 Spannvorrichtung für S-Railbauteil..... 37

4.3.2 Clinchanlage und Clinchwerkzeuge 38

4.3.3 Universalprüfanlage Zwick Z1484 39

4.4 Verwendete Software..... 40

5. Konzept zur durchgängigen Prozesskettensimulation 43

5.1 Numerisches Modell des Tiefziehprozesses..... 43

5.2	Numerisches Modell zum Spannen	46
5.3	Numerisches Modell zum Fügen	48
6.	Sensitivitätsanalyse der Prozesskette	53
6.1	Numerische Sensitivitätsanalyse Umformen	54
6.1.1	Variation der Blechdicke	55
6.1.2	Variation der Blechhalterkraft	56
6.1.3	Variation der Blechhalterkraft und der Ziehstärke	58
6.2	Numerische Sensitivitätsanalyse Spannen	63
6.2.1	Variation der Spannkraft	64
6.2.2	Variation der Spannreihenfolge	66
6.3	Numerische Sensitivitätsanalyse Fügen	67
6.3.1	Variation der Bodendicke	68
6.3.2	Variation der Blechdicke	70
6.3.3	Variation der Blechhalterkraft	74
6.3.4	Variation der Blechhalterkraft und der Ziehstärke	75
6.3.5	Variation der Spannkraft	81
6.3.6	Variation der Spannreihenfolge	81
6.3.7	Variation der Fügepunktposition	83
6.4	Validierung der Prozesskettensimulation	84
7.	Sensitivitätsanalyse der Clinchwerkzeuge	87
7.1	Werkzeugoptimierung	91
7.2	Tragfähigkeitsanalyse	97
8.	Zusammenfassung	101
9.	Literaturverzeichnis	103