

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	x
1. Einleitung.....	1
2. Stand der Forschung	3
2.1 Einordnung der Clinchverfahren	4
2.1.1 Einstufiges Clinchen duktiler Werkstoffe.....	6
2.1.2 Mehrstufiges Clinchen höchstfester Werkstoff	7
2.1.3 Evolution der Rundpunkt-Clinchverfahren	8
2.2 Verfahrensprinzip des Schneidclinchens	10
2.2.1 Trennen.....	12
2.2.2 Umformen	15
2.3 Numerische Untersuchungen	17
2.3.1 Lösungsalgorithmus spez. Finite-Elemente-Methode	17
2.3.2 Simulation mechanischer Fügeverfahren	18
2.3.3 Modellierung der Werkstofftrennung.....	19
2.3.4 Modellierung des Umformverhaltens	22
2.4 Charakterisierung der Clinchverbindung	23
2.4.1 Zerstörungsfreie Qualitätsüberprüfung	23
2.4.2 Zerstörende Qualitätsüberprüfung.....	25
3. Aufgabenstellung und Lösungsmethodik	27
4. Versuchswerkstoffe und -einrichtungen	30
4.1 Verwendete Fügeteilwerkstoffe.....	30
4.1.1 Warmumgeformter Bor-Mangan Stahl 22MnB5.....	30
4.1.2 Verzinkter Dualphasenstahl HCT780X	32
4.1.3 Aluminiumwerkstoff EN AW-6016.....	33
4.2 Umformtechnisches Fügen höchstfester Stahlwerkstoffe.....	34

4.2.1	Konfiguration der Clinchwerkzeuge	34
4.2.2	Fügeeinrichtung Eckold DFG 500/150 E	35
4.3	Prozesssimulation mittels Simufact.forming	36
4.4	Ermittlung der Verbindungseigenschaften	37
4.4.1	Quasistatische Zugprüfung	37
4.4.2	Zyklische Prüfung	38
4.4.3	Korrosionsuntersuchungen	40
4.4.4	Probengeometrien	41
4.4.5	Prüfeinrichtungen	41
5.	Clinchen höchstfester Werkstoffe	45
5.1	Fügeprozessablauf	46
5.2	Fügezonenmerkmale	47
5.3	Tragfähigkeit	50
6.	FEM-Modell zum Schneidclinchen.....	52
6.1	Vernetzung	53
6.2	Kontakt und Reibung	54
6.3	Fließkurven der Fügepartienwerkstoffe	55
6.4	Trennkriterium des matrizenseitigen Werkstücks	56
6.5	Reibwert- und Extrapolationsreferenzierung durch Vorlochgeometrie.....	58
6.6	Werkzeugkinematik	60
6.7	Validierung der Schneidclinch-Simulation	62
6.7.1	Fügeprozessablauf	62
6.7.2	Fügezonenmerkmale.....	65
6.7.3	Übertragbarkeit der Methode auf weitere Werkstoffkombinationen.....	67
7.	Analyse des Schneidclinchprozesses	69
7.1	Fügeprozessablauf	69
7.1.1	Werkzeugbedingte Einflussfaktoren	70
7.1.2	Fügepartienbedingte Einflussfaktoren.....	74

7.1.3 Einflussfaktoren im Prozessverlauf.....	76
7.2 Fügezonenmerkmale.....	77
7.2.1 Werkzeugbedingte Einflussfaktoren.....	78
7.2.2 Fügeteilbedingte Einflussfaktoren.....	83
7.3 Auftretende Fügefehler beim Schneidclinchen.....	85
8. Tragfähigkeit von Schneidclinchverbindungen.....	86
8.1 Randabstand des Fügepunktes.....	86
8.2 Einfluss des Hinterschnitts auf die Tragfähigkeit.....	88
8.3 Widerstand gegen Verdrehen der Verbindung.....	91
8.4 Einfluss medialer Belastung auf die Tragfähigkeit.....	93
8.5 Versagensarten beim Schneidclinchen.....	98
9. Zusammenfassung.....	99
10. Quellenangabe.....	102
10.1 Buch- und Journalbeiträge.....	102
10.2 Normen, Merkblätter und Richtlinien.....	111
10.3 Patente.....	113
Lebenslauf Dipl.-Ing. Réjane Hörhold.....	115