

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>v</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Stand der Technik .....</b>	<b>3</b>
2.1 Leichtbauweise in der Karosseriefertigung .....	3
2.2 Vorlochfreie Fügeverfahren für Strukturen aus 22MnB5 und Aluminium .....	4
2.3 Klebtechnische Fügeverfahren für den Karosseriebau .....	6
2.4 Hybridfügeverfahren .....	9
2.5 Trennverfahren .....	10
2.6 Vollstanznieten und Vollstanznietsondervfahren .....	14
2.6.1 Verfahrensablauf des Vollstanznietprozesses .....	15
2.6.2 Fügeprozessbedingte Deformationen beim Vollstanznieten .....	16
2.7 Numerische Berechnung mechanischer Fügeprozesse .....	19
2.7.1 Modellierung des Materialverhaltens .....	19
2.7.2 Modellierung der Materialtrennung .....	21
<b>3. Aufgabenstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>23</b>
<b>4. Versuchsrandbedingungen .....</b>	<b>25</b>
4.1 Fügeteilwerkstoffe .....	25
4.1.1 Mikrolegierter Stahl HC340LA .....	25
4.1.2 Dualphasenstähle HCT600X und HCT980X .....	26
4.1.3 Presshärtpbarer Stahl 22MnB5+Z140 .....	26
4.1.4 Aluminiumlegierungen EN AW-6014 und EN AW-6016 .....	27
4.2 Probenformen .....	27
4.2.1 Bemusterungsproben .....	27
4.2.2 Einfach überlappte Scherzugprobe .....	28
4.2.3 Ausdrückprobe .....	28

4.2.4	LWF-KS2,5-Kopfzugprobe .....	29
4.2.5	Mehrelementprobe .....	30
4.2.6	Hutprofil-Probe .....	31
4.3	Versuchseinrichtungen und Methoden.....	32
4.3.1	Vollstanznietanlage .....	32
4.3.2	Deformationsmessung mittels GOM ATOS System .....	32
4.3.3	Universalprüfmaschinen für quasistatische Untersuchungen .....	33
4.3.4	Schenck Hydropuls PSA für zyklische Untersuchungen.....	33
4.4	Hilfsfügeteile, Klebstoffe und Applikation .....	34
4.4.1	Vollstanzniet .....	34
4.4.2	Klebstoffe und Applikation .....	34
<b>5.</b>	<b>Voruntersuchungen zum Selbstschließenden Stanznieten.....</b>	<b>36</b>
5.1	Verfahrensablauf .....	36
5.2	Entwicklungsrandbedingungen .....	38
5.2.1	Selbstschließender Stanzniet .....	38
5.2.2	Matrizen für das Selbstschließende Stanznieten.....	39
5.3	Kenngrößen für SSN-Verbindungen .....	40
5.4	Simulationsmodell.....	41
5.4.1	Vernetzung .....	42
5.4.2	Kontakt und Reibung .....	43
5.4.3	Fließkurven der Fügeteilwerkstoffe.....	43
5.4.4	Trennkriterien für die Fügeteilwerkstoffe .....	44
<b>6.</b>	<b>Analyse der Bruchflächen beim Prozessschritt Stanzen.....</b>	<b>46</b>
6.1	Einfluss der Materialdickenkombination sowie Matrize auf die Schnittfläche ..	47
6.2	Lochgeometrie und Schnittgratausbildung.....	50
6.3	Fazit zur Bruchflächenausbildung.....	51
<b>7.</b>	<b>Numerische Prozessanalyse und -verbesserung.....</b>	<b>53</b>
7.1	Validierung der Prozesssimulation.....	53

7.2	Analyse der Bruchflächengeometrie .....	55
7.3	Verbesserung der Ringnutgeometrie und -position.....	56
7.4	Einfluss der Prägeringgeometrie auf das Verbindungsergebnis .....	58
7.5	Numerische Materialflussanalyse in Abhängigkeit der Prägeringgeometrie ...	61
<b>8.</b>	<b>Experimentelle Verfahrensweiterentwicklung .....</b>	<b>63</b>
8.1	Einfluss der Materialdickenkombination.....	63
8.2	Analyse des verdrängten Volumens durch das Prägen .....	65
8.3	Prozessfenster für das Selbstschließende Stanznieten .....	68
8.4	Verbesserung der Flitterbildung und Entformbarkeit.....	72
8.5	Analyse der Probendeformationen.....	74
8.6	Prozessreaktionsgrößen und Prozessüberwachungsstrategien .....	76
<b>9.</b>	<b>Ermittlung der Eignung zum Hybridfügen .....</b>	<b>79</b>
9.1	Einfluss von Klebstoffen auf die Setzbildgeometrie .....	79
9.2	Verbesserung der Porenbildung beim Hybridfügen .....	80
9.3	Analyse der zeitabhängigen Probendeformation .....	82
9.4	Fügeprozessbedingte Deformationen bei Mehrelementproben .....	86
<b>10.</b>	<b>Verbindungsstragfähigkeitsanalyse .....</b>	<b>90</b>
10.1	Hybridgefügte Verbindungen mit nicht ausgehärtetem Klebstoff .....	90
10.1.1	Tragfähigkeit unter quasistatischer Scherzugbelastung .....	90
10.1.2	Tragfähigkeit unter quasistatischer Ausdrückbelastung .....	92
10.1.3	Tragfähigkeit unter quasistatischer Kopfzugbelastung .....	94
10.2	Elementar mechanisch gefügte Verbindungen .....	95
10.2.1	Tragfähigkeit unter quasistatischer Ausdrückbelastung .....	96
10.2.2	Tragfähigkeit unter quasistatischer Scherzugbelastung .....	97
10.2.3	Tragfähigkeit unter zyklischer Scherzugbelastung .....	99
10.3	Hybridgefügte Verbindungen .....	100
10.3.1	Tragfähigkeit unter quasistatischer Scherzugbelastung .....	100
10.3.2	Tragfähigkeit unter zyklischer Scherzugbelastung .....	102

---

<b>11. Konstruktions- und Anwendungshinweise.....</b>	<b>104</b>
11.1 Konstruktive Hinweise.....	104
11.1.1 Einzusetzende Werkstoff-Dicken-Kombinationen.....	104
11.1.2 Erforderliche Zugänglichkeit und Geometrie .....	105
11.2 Hinweise für die Anwendung .....	106
11.2.1 Qualitätsrelevante Kenngrößen und Prozessüberwachung.....	106
11.2.2 Niet- und Werkzeugeinfluss.....	107
11.2.3 Hybridfügen .....	108
<b>12. Zusammenfassung.....</b>	<b>109</b>
<b>13. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>111</b>