

# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>I</b>
<b>VERWENDETE FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 STAND DER ERKENNTNISSE</b> .....	<b>2</b>
2.1 LEICHTBAUKONZEPTE IN DER PKW-ROHKAROSSERIEFERTIGUNG .....	2
2.1.1 Mischbauweise .....	2
2.1.2 Space Frame Technologie .....	3
2.1.3 Modulbauweise .....	5
2.1.4 Anforderungen an innovative Fügeverfahren .....	6
2.2 FÜGEN BEI EINSEITIGER ZUGÄNLICHKEIT .....	7
2.2.1 Blindnieten .....	8
2.2.2 Direktverschrauben .....	10
2.2.3 Indirektes Widerstandspunktschweißen .....	12
2.2.4 Hybridfügen .....	14
2.2.5 Nachteile der konventionellen Fügeverfahren .....	15
2.3 GRUNDLAGEN DES BOLZENSSETZENS .....	16
2.3.1 Bolzensetzen im Bausektor .....	16
2.3.2 Bolzensetzwerkzeuge und am Markt erhältliche Setzbolzen .....	18
2.3.3 Prozesse beim Bolzensetzen .....	20
2.3.4 Gesetzliche Verordnungen und Bestimmungen zum Bolzensetzen .....	22
<b>3 AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG</b> .....	<b>23</b>
<b>4 VERSUCHSWERKSTOFFE UND PROBENFORMEN</b> .....	<b>26</b>
4.1 VERSUCHSWERKSTOFFE .....	26
4.1.1 Blechwerkstoffe .....	26
4.1.2 Profilwerkstoffe .....	28
4.2 PROBENFORMEN .....	29
4.2.1 Einpunktproben .....	30
4.2.2 Mehrpunktproben .....	31
4.2.3 Bauteilähnliche Proben .....	32
<b>5 EINGESETZTE FÜGEVERFAHREN, VERSUCHS- UND PRÜFEINRICHTUNGEN ...</b>	<b>33</b>
5.1 WIDERSTANDSPUNKTSCHWEIßEN UND SCHWEIßANLAGE .....	33
5.2 BOLZENSETZEN UND BOLZENSSETZGERÄT .....	34
5.3 KLEBSTOFF FÜR HYBRIDVERBINDUNGEN .....	37
5.4 EINSpanNVORRICHTUNG FÜR PROFILE .....	38
5.5 PRÜFVERFAHREN UND EINRICHTUNGEN .....	39
5.5.1 Metallografische Untersuchungen .....	39
5.5.2 Prüfung unter quasistatischer Belastung .....	40
5.5.3 Prüfung unter schwingender Belastung .....	41
5.5.4 Korrosionsprüfungen nach DIN EN 9227 und VDA 621-415 .....	42

<b>6</b>	<b>SETZBOLZENENTWICKLUNG</b> .....	<b>43</b>
6.1	BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN UND ERKENNTNISSE .....	43
6.2	LASTENHEFT FÜR DIE SETZBOLZENENTWICKLUNG .....	46
6.3	EINFLUSS DER SETZBOLZENPARAMETER AUF DIE VERBINDUNGS-AUSBILDUNG .....	48
6.3.1	Setzbolzenwerkstoff .....	50
6.3.2	Setzbolzenbeschichtung .....	50
6.3.3	Setzbolzenkopf .....	50
6.3.4	Setzbolzenschaft .....	53
6.3.5	Setzbolzenspitze .....	56
6.3.6	Setzbolzengesamtlänge .....	57
6.4	ABLEITUNG DER NEUEN SETZBOLZENGEOMETRIE .....	58
6.4.1	Setzbolzengeometrie und -eigenschaften .....	58
6.4.2	Setzbolzenbeschichtung .....	60
<b>7</b>	<b>FÜGEPROZESS BOLZENSETZEN</b> .....	<b>66</b>
7.1	VERFAHRENSPRINZIP UND WERKSTOFFFLUSS BEIM BOLZENSETZEN .....	66
7.1.1	Bolzensetzen .....	67
7.1.2	Bolzensetzkleben .....	68
7.2	BEZEICHNUNGEN AN EINER BOLZENSETZVERBINDUNG .....	70
7.3	BOLZENSETZEN BEI ALUMINIUM-ALUMINIUM-VERBINDUNGEN .....	72
7.3.1	Blech-Profil-Verbindung AlMg3 auf AlMgSi1 .....	72
7.3.2	Bolzensetzkleben .....	74
7.4	BOLZENSETZEN BEI STAHL-STAH-VERBINDUNGEN .....	75
7.4.1	Blech-Profil-Referenzverbindung HX220YD auf HCT600XD .....	75
7.4.2	Bolzensetzverbindungen .....	77
7.4.3	Bolzensetzklebverbindungen .....	78
7.5	BEWERTUNG DER VERBINDUNGS-AUSBILDUNG BEIM BOLZENSETZEN .....	80
<b>8</b>	<b>TRAGFÄHIGKEITSEIGENSCHAFTEN VON BOLZENSETZVERBINDUNGEN</b> .....	<b>81</b>
8.1	VERSAGENSARTEN BEI BOLZENSETZVERBINDUNGEN .....	81
8.2	TRAGFÄHIGKEITSUNTERSUCHUNGEN .....	83
8.2.1	Verhalten der Verbindungen bei quasistatischer Scherzugbelastung .....	83
8.2.2	Verhalten der Verbindungen bei quasistatischer Schälzugbelastung .....	85
8.2.3	Verhalten der Verbindungen bei schwingender Belastung .....	87
8.3	EINFLÜSSE AUF DIE QUASISTATISCHE SCHERZUGFESTIGKEIT .....	91
8.3.1	Variation der Überlappungslänge .....	91
8.3.2	Variation der Deckblechdicke und Basismaterialfestigkeit .....	92
8.4	QUASISTATISCHER FESTIGKEITSVERGLEICH DES BOLZENSETZENS ZUM BLINDNIETEN UND DIREKTVERSCHRAUBEN .....	94
8.5	BEWERTUNG DES TRAGFÄHIGKEITS- UND VERSAGENSVERHALTENS .....	96
<b>9</b>	<b>KORROSIONSPRÜFUNGEN</b> .....	<b>97</b>
9.1	SALZSPRÜHNebelprüfung nach DIN EN 9227 .....	97
9.2	VDA-Wechseltest nach VDA 621-415 .....	98
9.3	Verbindungsfestigkeit nach 10 Zyklen VDA-Wechseltest .....	99

<b>10</b>	<b>EINFLUSS AUSGEWÄHLTER PROZESSPARAMETER AUF DIE VERBINDUNGSEIGENSCHAFTEN .....</b>	<b>102</b>
10.1	EINFLUSSFAKTOREN .....	102
10.1.1	Fügeteilwerkstoffe und Fügeteilanordnung .....	103
10.1.2	Setzbolzen .....	103
10.1.3	Bolzensetzgerät .....	103
10.2	ARBEITSDRUCK .....	104
10.2.1	Austrittsgeschwindigkeit als Funktion vom Arbeitsdruck .....	104
10.2.2	Einfluss des Arbeitsdruckes auf die Verbindungsqualität .....	106
<b>11</b>	<b>QUALITÄTSPRÜFUNG VON BOLZENSETZVERBINDUNGEN .....</b>	<b>109</b>
11.1	BEWERTUNGSKRITERIEN .....	110
11.2	NACHARBEIT UND REPARATUR .....	112
11.2.1	Definition nach DIN EN ISO 8402 .....	112
11.2.2	Nacharbeit von Bolzensetzverbindungen .....	113
11.2.3	Reparatur von Bolzensetzverbindungen .....	115
<b>12</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>117</b>
<b>13</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>120</b>