

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungen und Formelzeichen	V
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Punktschweißen von Aluminium-Werkstoffen	3
2.2 Punktschweißkleben	4
2.2.1 Punktschweißkleben von Stahl-Werkstoffen	5
2.2.2 Punktschweißkleben von Aluminium-Werkstoffen.....	6
2.3 Anlagentechnik.....	7
2.3.1 Schweißzangen	7
2.3.2 Schweißstromquellen	10
2.4 Elektrodenstandmengen	10
2.4.1 Einfluss der Stromform	10
2.4.2 Einfluss des Blechwerkstoffes und -oberflächenzustandes.....	11
2.4.3 Einfluss der Elektrodenkappen.....	13
2.4.4 Einfluss der Elektrodenkühlung.....	15
2.4.5 Einfluss der Schweißparameter.....	16
2.4.6 Verschleißmechanismus	16
2.4.7 Elektrodenkappennachbearbeitung.....	20
2.5 Prozesssicherheit beim Punktschweißen von Al-Werkstoffen.....	22
2.5.1 Prozesssteuerung.....	22
2.5.2 Prozessregelung.....	23
2.5.3 Qualitätssicherung.....	25
2.6 Tragverhalten von Aluminium-Widerstandspunktschweiß- und Aluminium-Halbhohlstanzniet-Verbindungen	27
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	29
4 Versuchsaufbau	30
4.1 Versuchswerkstoffe	30
4.1.1 Aluminiumwerkstoffe	30
4.1.2 Klebstoff.....	31
4.2 Schweißanlage.....	31

4.2.1	Punktschweißanlage	32
4.2.2	Punktschweißelektroden	34
4.2.3	Elektrodennachbearbeitungssystem	35
4.3	Messtechnik	36
4.3.1	Messen während des Schweißens	36
4.3.2	Leitfähigkeitsmessung	37
4.4	Prüftechnik	37
4.4.1	Prüfeinrichtungen	38
4.4.2	Prüfmethoden	41
5	Versuchsdurchführung	44
5.1	Versuchsplan	44
5.2	Probengeometrie	44
5.3	2-Blechverbindungen	46
5.4	3-Blechverbindungen	47
5.5	Ermittlung von Schweißstrombereichen	47
5.6	Punktschweißkleben	48
5.7	Elektrodenstandmengen	49
5.7.1	Einfluss verschiedener Aluminiumkarosseriewerkstoffe	49
5.7.2	Einfluss unterschiedlicher Blechoberflächenzustände	50
5.7.3	Einfluss von Elektrodengeometrie und -werkstoff	51
5.8	Schweißen mit Störeinflüssen	51
5.8.1	Nebenschluss	51
5.8.2	Randabstand	52
5.8.3	Spaltmaß	52
5.8.4	Zangenschrägstellung	53
5.8.5	Elektrodenversatz	53
5.8.6	Kombinierte Störgrößen	54
6	Schweißparameter und -zangenausgleich beim Punktschweißen und Punktschweißkleben	55
6.1	Strom-Kraft-Programme	55
6.2	Ausgleichsvarianten der Schweißzange	57

7	Tragverhalten von Punktschweiß- und Punktschweißklebverbindungen	68
7.1	Quasistatische Beanspruchung	68
7.1.1	Scherzug ein- und zweischnittiger Verbindungen	68
7.1.2	Schälzug einschnittiger Verbindungen	79
7.1.3	Kopfzug einschnittiger Verbindungen	81
7.2	Schwingende Beanspruchung	83
7.2.1	Scherzug einschnittiger Verbindungen	84
7.2.2	Schälzug einschnittiger Verbindungen	88
7.3	Tragverhalten bei erhöhter Prüfgeschwindigkeit	89
7.3.1	Hochgeschwindigkeitszugversuch einschnittiger Verbindungen	89
7.3.2	Verhalten bauteilähnlicher Prüfkörper bei Crashbeanspruchung einschnittiger Verbindungen	92
8	Elektrodenstandmenge	97
8.1	Einfluss verschiedener Aluminiumkarosseriewerkstoffe auf die Elektrodenstandmenge	97
8.1.1	Quantifizierung der Blechoberflächenzustände durch GDOES	97
8.1.2	Übergangswiderstände verwendeter Al-Werkstoffe	98
8.1.3	Quasistatische Scherzugfestigkeit in Abhängigkeit der Elektrodenstandmenge	99
8.1.4	Phasenbestimmung mittels XRD-Untersuchung	104
8.1.5	Elementverteilung und Beurteilung der Elektroden- und Schweißpunktoberfläche durch REM/EDX-Untersuchungen	106
8.1.6	Flächenanteile erodierter Elektroden und deren Rauheit	108
8.1.7	Elektrische Leitfähigkeit erodierter Elektroden	110
8.1.8	Härte erodierter Elektroden	111
8.2	Einfluss von Elektrodengeometrie und -werkstoff auf die Elektrodenstandmenge	112
8.2.1	Einfluss unterschiedlicher Elektrodenwerkstoffe auf die Elektrodenstandmenge	112
8.2.2	Standardelektrodenform	114
8.2.3	Variierung des Elektrodenarbeitsflächendurchmessers	117
8.2.4	Rillenprofilierung der Elektrodenoberfläche	120

8.3	Einfluss der Blechoberflächenvorbereitung auf die Elektrodenstandmenge	126
8.4	Systeme zur Erkennung des Elektrodenverschleißes	130
8.4.1	Detektierung des Elektrodenverschleißes mittels Körperschall.....	130
8.4.2	Detektierung des Elektrodenverschleißes durch Kurzschlusschweißungen	138
9	Qualitätssicherung beim Punktschweißen und Punktschweißkleben.....	142
9.1	Einfluss von Störeinflüssen auf Schweißstrombereich und Tragverhalten.....	142
9.1.1	Punktabstand.....	142
9.1.2	Randabstand	143
9.1.3	Fügespalt.....	145
9.1.4	Zangenschrägstellung	150
9.1.5	Elektrodenversatz	154
9.1.6	Kombination von Störgrößen.....	155
9.2	Mindestpunktdurchmesser	157
9.3	Einfluss von Imperfektionen auf das Tragverhalten von Punktschweiß- und Punktschweißklebverbindungen.....	158
9.4	Aussagefähigkeit verschiedener Prüfmethode zur Beurteilung der Punktschweißqualität	160
9.4.1	Zerstörende Prüfung.....	160
9.4.2	Zerstörungsfreie Prüfung.....	160
10	Tragverhalten von Punktschweiß(kleb)verbindungen im Vergleich zu Stanzniet(kleb)verbindungen.....	162
10.1	Quasistatische Beanspruchung.....	162
10.2	Dynamisch-zyklische Beanspruchung.....	165
10.3	Dynamisch-schlagartige Beanspruchung.....	166
11	Zusammenfassung	170
12	Literaturverzeichnis	176