

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen und Begriffe	VIII
1. Einleitung und Problemstellung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Ziel der Untersuchung	2
2. Stand der Kenntnisse über das Widerstandspunktschweißen	4
2.1 Grundlagen des Widerstandspunktschweißens	4
2.2 Besonderheiten beim Schweißen verzinkter Stahlbleche	9
2.3 Einflußfaktoren beim Punktschweißen	10
2.3.1 Einfluß von elektrischen Störgrößen	11
2.3.2 Einfluß von Maschineneigenschaften	13
2.3.3 Einfluß der Elektrodenkraft	14
2.3.4 Einfluß der Elektrodenabnutzung	16
2.4 Prüfmöglichkeiten von Punktschweißverbindungen	17
2.4.1 Zerstörungsfreie Prüftechnologien	17
2.4.2 Zerstörende Prüfmethoden	18
2.5 Prozeßsteuerung und -überwachung	20
2.6 Ansätze und Folgerungen zur Prozeßregelung	22
2.6.1 Heutiger Stand von Prozeßregelgeräten	23
2.6.2 Folgerungen für die Verbesserung der Fertigungssicherheit	26
3. Untersuchungsprogramm	28
3.1 Aufgabenstellung	28
3.1.1 Beschreibung des Gesamtprojektes	28
3.1.2 Abgrenzung der Aufgabengebiete	29
3.2 Versuchsparameter und -varianten	30
3.2.1 Auswahl der Versuchseinrichtungen und -bedingungen	31
3.2.2 Versuchswerkstoff	32
3.2.3 Elektrodenform und -werkstoff	33
3.2.4 Versuchsdurchführung	34
3.3 Ergebnisse von Vorversuchen	35
3.3.1 Einfluß der Schweißzeit auf die Einstellbereiche der Schweißdaten	35
3.3.2 Auswirkungen von Einschaltstromstößen bei Schweißtransformatoren	37
3.3.3 Variation der Sekundärimpedanz des Schweißtransformators	39
3.4 Vergleich der Verfahren zur Qualitätsbeurteilung	41

4. Aufbau eines Versuchsstandes zur Prozeßdatenerfassung und -analyse	45
4.1 Beschreibung der Komponenten des Versuchstandes	46
4.1.1 Betrieb mit hoher Punktfolge	49
4.1.2 Betrieb mit hoher Meßdatendichte	49
4.2 Eingesetzte Meßtechnik zur Erfassung der Prozeßkenngößen	50
4.2.1 Erfassung der Primärspannung	52
4.2.2 Sekundärstrommessung mittels Toroiden	52
4.2.3 Sekundärspannung an der Elektrodenkappen	52
4.2.4 Berechnung des dynamischen Widerstandes	53
4.2.5 Ermittlung der Elektrodenkraft	54
4.2.6 Ermittlung des Elektrodenschließweges	56
4.2.7 Messung der Elektrodenbeschleunigung	58
4.3 Fehlerabschätzung	58
5. Prozeßanalysen beim Widerstandpunktschweißen	60
5.1 Analyse der einzelnen Meßsignale	60
5.1.1 Mechanische Meßgrößen	63
5.1.2 Elektrische Meßgrößen	67
5.1.3 Detektion von Schweißspritzern	70
5.1.4 Detektion von n.i.o.-Punkten	76
5.2 Einfluß des Elektrodenverschleißes	79
5.2.1 Veränderung der Elektrodenkontaktfläche	80
5.2.2 Auswirkungen auf die Schweißpunktqualität	83
5.2.3 Auswirkungen auf die Meßsignale	87
5.2.4 Automatisches Erfassen des Elektrodenverschleißes	91
5.3 Einfluß der Elektrodenkraft	94
5.3.1 Auswirkungen auf die Schweißpunktqualität	94
5.3.2 Einfluß der Elektrodenkraft auf die Einstellbereiche der Schweißdaten	97
5.3.3 Auswirkungen auf die Meßsignale	98
5.3.4 Beurteilung der Flächenpressung an der Fügestelle	102
5.4 Entwicklung und Anwendung einer Schweißzange mit Kniehebel	104
5.4.1 Charakteristik der entwickelten Schweißzange	105
5.4.2 Auswirkungen des Kniehebelprinzips auf die Fertigungssicherheit	108
5.4.3 Einfluß der Kniehebelmechanik auf die Meßsignale	110
5.5 Beurteilung des Aufsetzverhaltens der Elektroden	113
5.5.1 Dynamisches Verhalten der Schweißzange	113
5.5.2 Zeitabhängiger Elektrodenkraftverlauf unter verschiedenen pneumatischen Randbedingungen	118

5.6 Einfluß des Nebenschlußeffektes	120
5.6.1 Auswirkungen auf die Qualität der Punktschweißverbindung	120
5.6.2 Auswirkungen auf die Meßsignale	122
5.6.3 Maßnahmen zur Sicherung der Punktqualität bei Nebenschluß	125
5.7 Prozeßanalyse in der Serienfertigung	128
5.8 Diskussion der Ergebnisse aus den Prozeßanalysen	130
6. Möglichkeiten zur Erhöhung der Fertigungssicherheit	132
6.1 Einsatzgrenzen einer Prozeßregelung	132
6.1.1 Bewertung der möglichen Regelalgorithmen	132
6.1.2 Einfluß von Stellgliedänderungen auf Punktqualität und Meßsignale	136
6.2 Dynamische Stromerhöhung nach der Elektrodenabnutzung	140
6.2.1 Ermittlung der funktionalen Abhängigkeit zur Stromerhöhung	140
6.2.3 Einsatz der auf der Elektrodenabnutzung basierenden, selbsttätigen Stromerhöhung	142
6.3 Ergänzende Überwachungsmöglichkeiten	146
6.3.1 Anhaften der Elektroden am Werkstück	146
6.3.2 Überwachung von Schweißspritzern	148
6.3.3 Widerstands-Überwachung	149
6.3.4 Sekundärstrom-Überwachung	150
6.3.5 Elektrodenkraft-Überwachung	151
6.4 Schlußfolgerungen für den praktischen Einsatz in der Serienfertigung	151
7. Zusammenfassung	153
Literaturverzeichnis	155