

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
0	<u>Abkürzungen und Formelzeichen</u>	12
1	<u>Einleitung</u>	17
1.1	Problemstellung	17
1.2	Zielsetzung	18
1.3	Vorgehensweise	18
2	<u>Ausgangssituation</u>	19
2.1	Stand der Forschung	19
2.2	Stand der Technik	19
2.2.1	Fügetechniken	19
2.2.2	Werkzeuge und Anlagen	22
2.2.2.1	Schweißpressen	23
2.2.2.2	Handgeräte	23
2.2.2.3	Sondermaschinen und Mehrkopfsysteme	24
2.2.3	Merkmale von Fügetechniken und Anlagen	24
3	<u>Analyse der Montagesituation</u>	26
3.1	Verfahren und Anwendungen	26
3.2	Analyse des Produktspektrums	28
3.3	Automatisierungshemmnisse	30
3.4	Ableitung von Forschungsaktivitäten und Entwicklungsschwerpunkten	31
3.5	Anforderungen an eine flexibel automatisierte Ultraschallbahnschweißzelle	31
3.5.1	Festlegung der Teilfunktionen	31
3.5.2	Anforderungen an das Gesamtsystem	32
3.5.3	Anforderungen an das Ultraschallbahnschweißwerkzeug	32
3.5.4	Anforderungen an die Bahnschweißsonotrode	33
3.5.5	Anforderungen an die Prozeßüberwachung	34

4	<u>Konzeption und Entwicklung eines Versuchswerkzeugs zum Ultraschallbahnschweißen</u>	35
4.1	Randbedingungen des Fügeprozesses	35
4.2	Verfahrensprinzipien zum Ultraschallbahnschweißen	36
4.3	Mechanischer Aufbau des Versuchswerkzeugs	38
4.4	Kühlung der Sonotrode	40
4.5	Prozeßüberwachung	42
4.6	Integration der Teilsysteme in ein Versuchswerkzeug	43
5	<u>Entwicklung und Untersuchung der Sonotroden zum Bahnschweißen</u>	45
5.1	Funktion und Aufgabe der Sonotrode	45
5.2	Konzeption und Klassifizierung des energieübertragenden Bereichs	46
5.3	Konzeption und Bewertung des nahtformenden Bereichs	48
5.4	Experimentelle Untersuchungen mit Sonotroden spitzen unterschiedlicher Geometrie	50
5.4.1	Versuchsaufbau zum Ultraschallbahnschweißen	50
5.4.2	Untersuchung verschiedener Klassen von Sonotroden spitzen zum Bahnschweißen	52
5.4.2.1	Bewertung der Klassen anhand der Nahtgüte	53
5.4.2.2	Untersuchung der Nahttemperatur und der Fügekräfte	55
5.4.3	Gesamtbewertung der Versuchsergebnisse	56
6	<u>Theoretische und experimentelle Untersuchung ausgewählter Parameter beim Bahnschweißen</u>	57
6.1	Analytische Berechnung	57
6.1.1	Fügekräfte beim Ultraschallbahnschweißen	58
6.1.2	Energieeinbringung	59
6.1.2.1	Innere Reibung	60
6.1.2.2	Grenzflächenreibung	61
6.1.2.3	Kontaktflächenreibung	61

6.1.3	Vereinfachte Berechnung der Fügekraft unter Berücksichtigung der Energieeinbringung	62
6.2	Numerische Berechnung des Temperatur- und Strömungsfeldes und der Fügekräfte	63
6.2.1	Beschreibung des Modells und Festlegung der Randbedingungen	63
6.2.2	Berechnung des Temperaturfeldes	65
6.2.3	Berechnung der Geschwindigkeitsverteilung	67
6.2.4	Berechnung der Fügekräfte	69
6.3	Experimentelle Untersuchung ausgewählter Parameter	70
6.3.1	Untersuchung der Temperaturverteilung	70
6.3.2	Untersuchung der Fügekräfte	73
6.4	Diskussion der Ergebnisse	75
7	<u>Realisierung und Erprobung einer hochflexiblen Ultraschallbahnschweißzelle</u>	77
7.1	Festlegung des Automatisierungsbereichs	77
7.2	Aufbau der Pilotanlage	77
7.2.1	Gesamtaufbau	77
7.2.2	Aufbau der Teilsysteme	79
7.2.2.1	Fügewerkzeug zum Nieten und Punktschweißen	79
7.2.2.2	Fügewerkzeug zum Bahnschweißen	80
7.2.2.3	Steuerung	81
7.3	Erprobung der Pilotanlage	82
7.3.1	Montagezeiten	82
7.3.2	Versuchsergebnisse	84
7.3.3	Fehlerbetrachtung	85
7.3.4	Folgerungen aus den Versuchen	86
8	<u>Zusammenfassung und Ausblick</u>	87
9	Literaturverzeichnis	89