

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis..... II

Abbildungsverzeichnis.....IV

Formelzeichen und Abkürzungen.....VIII

1 Ausgangssituation und Problemstellung 1

2 Stand der Kenntnisse..... 6

2.1. Linienförmiges umformtechnisches Fügen 6

2.1.1. Verfahrensprinzip und Grundlagenuntersuchungen..... 6

2.1.2. Bauformen und Einsatzbereiche für linienförmig umformtechnisch gefügte Profile 10

2.1.3. Prüfkonzept für linienförmig umformtechnisch gefügte Verbindungen unter quasistatischer Beanspruchung 13

2.1.4. Abbilden des linienförmigen umformtechnischen Fügens in der FEM 15

2.2. Fließformbiegen..... 15

2.2.1. Verfahrensprinzip..... 15

2.2.2. Einsatzbereiche für fließformgebogene Profile..... 17

2.3. Drei-Rollen-Biegen 18

2.3.1. Verfahrensprinzip..... 18

2.3.2. Rückfederung 19

3 Zielsetzung..... 22

4 Versuchsmethode..... 23

4.1. Versuchswerkstoffe 23

4.1.1. Stahlwerkstoffe..... 23

4.1.2. Aluminiumwerkstoffe 24

4.2. Versuchsanlagen..... 25

4.2.1. Anlagentechnik zur Herstellung metallhybrider Profile 25

4.2.2. Anlagentechnik zum Biegen metallhybrider Profile..... 27

4.3. Optische Messsysteme..... 31

4.3.1. System „AutoGrid®“ 31

4.3.2. System „ARAMIS®“ 32

5 Erweitertes Konzept zur Prüfung unter quasistatischer Belastung 34

5.1. Konstruktion der Prüfvorrichtung 34

5.2. Betrachtungen zum Fügezonenversagen und Anwendung im Prüfkonzept 36

5.3. Einspannungsmodi in Kopfzugrichtung 39

5.4. Optische Verformungsanalyse von gefügten Proben bei der Kopfzugprüfung..... 44

6 Geradlinige, metallhybride Profile 47

6.1. Herstellung geradliniger, metallhybrider Profile..... 47

6.2. Ergebnisse geradlinige Profile: Verbindungsfestigkeit und Bruchbilder 49

6.3. Ergebnisse geradlinige Profile: Formänderungsanalyse..... 53

6.4. Versuchsdurchführung: Thermische Versuche 58

6.4.1.	Klemmfestigkeitsuntersuchungen: Eigenschaften der Verbindung bei unterschiedlichen Temperaturen	60
6.4.2.	Trockner-Nachbildung: Eigenschaften der Verbindung nach thermischer Beanspruchung	61
6.5.	Ergebnisse thermische Versuche: Härtemessung	62
6.6.	Ergebnisse thermische Versuche: Verbindungsfestigkeit	64
7	Gekrümmte, metallhybride Profile.....	67
7.1.	Problemstellung beim Biegen von gefügten, metallhybriden Profilen.....	68
7.1.1.	Fügezone im Profilquerschnitt	68
7.1.2.	Rückfederungsproblematik	70
7.2.	Biegeoperation „Fließformbiegen“.....	71
7.2.1.	Werkzeugkonzept zum Fließformbiegen	71
7.2.2.	Zusammenhang zwischen Querschnittsänderungen und Profilkrümmung	75
7.2.3.	Zustellungs-Ausdünnungs-Verhältnisse der Stegwerkstoffe	76
7.2.4.	Kombiniertes Walzen auf Steg und Gurt	78
7.2.5.	Herstellung der fließformgebogenen Profile.....	84
7.3.	Biegeoperation „Drei-Rollen-Biegen“	84
7.3.1.	Werkzeugkonzept zum Drei-Rollen-Biegen	84
7.3.2.	Soll-Ist-Vergleich zur Rückfederungskompensation	86
7.3.3.	Biegen mit Rückfederungskompensation.....	90
7.4.	Ergebnisse gekrümmte Profile: Messung der Geometrie	90
7.4.1.	Messung der Profilradien	90
7.4.2.	Messung der Profilquerschnitte.....	92
7.4.3.	Betrachtung der Fügezonen.....	95
7.5.	Ergebnisse gekrümmte Profile: Formänderungsanalyse	96
8	Auslegung eines metallhybriden Profils am Beispiel eines Bodenquerträgers für den Fahrzeugbau	101
8.1.	Produktseitige, konstruktive Randbedingungen	102
8.2.	Prozessseitige, konstruktive Randbedingungen	104
8.3.	Neukonstruktion eines metallhybriden Profils	109
8.3.1.	Startkonfiguration und Fügetechnikkonzept zum Einbinden des metallhybriden Profils in die Baugruppe	109
8.3.2.	Funktionsauslegung des Verbindungsmoduls	113
8.3.3.	Bewertung der Simulationsergebnisse	119
9	Zusammenfassung	122
10	Literatur.....	125
11	Anhang	135