

## **Inhaltsverzeichnis**

|                                    |  |            |
|------------------------------------|--|------------|
| <b>Verzeichnis der Abkürzungen</b> |  | <b>VII</b> |
| 1                                  | Einleitung   | 1          |
| 2                                  | Zielsetzung und Aufgabenstellung   | 2          |
| 3                                  | Stand der Technik  | 5          |
| 3.1                                | Flexibles Umformen mit formgebender Matrize  | 6          |
| 3.1.1                              | Kümpeln  | 6          |
| 3.1.2                              | Kugelstrahlen  | 7          |
| 3.1.3                              | Taumelschmieden  | 8          |
| 3.1.4                              | Drücken  | 9          |
| 3.1.5                              | Umformen mit Wirkmedien  | 9          |
| 3.2                                | Flexible Werkzeugbewegung  | 10         |
| 3.2.1                              | Umformen von Langgut   | 10         |
| 3.2.2                              | Biegen von Flachgut  | 11         |
| 3.2.3                              | Schneiden, Stanzen, Nibbeln  | 12         |
| 3.2.4                              | Freies Drücken   | 13         |
| 3.2.5                              | Handformen nach Eckold   | 13         |
| 3.3                                | Flexible Werkzeuge   | 14         |
| 3.3.1                              | Niedrigschmelzende Legierungen   | 14         |
| 3.3.2                              | Segmentierter Stempel  | 14         |
| 3.4                                | Streckziehen   | 15         |
| 4                                  | Experimentelle Untersuchungen des grundlegenden Umformverhaltens beim flexiblen Streckziehen | 18         |
| 4.1                                | Tiefung mit elementaren Stempeln   | 19         |
| 4.1.1                              | Einzel tiefung   | 21         |
| 4.1.2                              | Schrittfolge   | 22         |
| 4.1.3                              | Schrittweite in einer Ziehstufe  | 23         |
| 4.1.4                              | Stadienfolge   | 25         |
| 4.1.5                              | Verhalten der Platine in der ersten Ziehstufe  | 26         |
| 4.2                                | Tiefung mit elementarer Matrize  | 27         |
| 4.2.1                              | Werkstoffverhalten bei elementarer Tiefung   | 28         |
| 4.2.2                              | Werkzeugwahl bei der Annäherung an die Zarge   | 29         |

|              |   |    |
|--------------|---|----|
| 4.2.3        | Werkzeugwahl in der Bodenform                           | 31 |
| 4.2.4        | Werkzeugwahl zur Prozeßbeschleunigung                   | 32 |
| 4.2.5        | Optimierung zur Werkstoffbeanspruchung und Prozeßzeit   | 33 |
| 4.2.6        | Optimierung der Konturtreue                             | 33 |
| 4.2.7        | Optimierung der Werkstoffausnutzung und der Konturtreue | 34 |
| 4.2.8        | Einstellung der Ziehtiefe                               | 35 |
| 4.2.9        | Zusammenfassung der Ergebnisse                          | 35 |
| 5            | Entwicklung der flexiblen Streckformanlage              | 37 |
| 5.1          | Entwicklung des Lösungsansatzes                         | 37 |
| 5.2          | Konstruktive Realisierung                               | 40 |
| 5.2.1        | Kreuztisch und Blechklemmung                            | 40 |
| 5.2.2        | Tiefungseinheit   | 41 |
| 5.2.3        | Matrizeneinheit   | 41 |
| 5.2.4        | Werkzeuge   | 42 |
| 5.2.5        | Peripherie  | 43 |
| 5.3          | Steuerungskonzept und Meßkonzept                        | 43 |
| 5.3.1        | Steuerungstechnik                                       | 45 |
| 5.3.2        | Meß- und Überwachungstechnik                            | 46 |
| 5.3.3        | Programmierung, Eingabe und Auswertung                  | 48 |
| 6            | Umformungen mit der Streckformanlage                    | 51 |
| 6.1          | Quadratische Hauptform                                  | 52 |
| 6.2          | Rechteckige Hauptform                                   | 53 |
| 6.3          | Zylindrische Hauptform                                  | 53 |
| 6.4          | Tiefen mit Elastomer                                    | 54 |
| 6.5          | Zusammenfassung der Ergebnisse                          | 55 |
| 7            | Zusammenfassung   | 57 |
| Anhang       |   | 59 |
| - Bilder     |   |    |
| - Schrifttum |   |    |