

# Inhaltsverzeichnis

- Zusammenfassung ..... 10
- Abbildungsverzeichnis ..... 11
- Tabellenverzeichnis ..... 14
- Abkürzungs- und Formelverzeichnis ..... 15
- 1 Einleitung ..... 17
- 2 Ausgangssituation und Motivation ..... 18
- 3 Stand der Technik ..... 19
  - 3.1 Blechmassivumformung ..... 19
  - 3.2 Tribologie in der Blechumformung ..... 21
    - 3.2.1 Grundlagen des Verschleißes ..... 22
  - 3.3 Modellversuche zur Charakterisierung des Verschleißverhaltens eines tribologischen Systems ..... 23
    - 3.3.1 Übertragbarkeit der Verschleißentwicklung von realem Prozess und Streifenziehversuch ..... 24
  - 3.4 Methoden der Verschleißdetektion ..... 25
    - 3.4.1 Herkömmliche Methode ..... 25
    - 3.4.2 Inline-Methode auf Basis thermoelektrischer Messung ..... 26
  - 3.5 Ansätze zur Standzeitabschätzung in der Umformtechnik ..... 29
    - 3.5.1 Einführung in die Verschleißfestigkeitskennlinien ..... 29
    - 3.5.2 Eigenschaften von Verschleißfestigkeitskennlinien ..... 30
  - 3.6 Fazit ..... 31
- 4 Motivation und Zielsetzung ..... 32
  - 4.1 Vorgehensweise ..... 32
  - 4.2 Aufbau des Abschlussberichts ..... 33
- 5 Analyse des Umformprozesses und Werkzeugdimensionierung ..... 34
  - 5.1 Einführung ..... 34
  - 5.2 Werkzeugdimensionierung für den Abstreckprozess der Fa. Hans Berg ..... 35
    - 5.2.1 Einführung in den Abstreckprozess ..... 35
    - 5.2.2 Prozesssimulation zur Bestimmung der tribologischen Lasten ..... 36
    - 5.2.3 Werkzeugdimensionierung für den Streifenziehversuch ..... 42
    - 5.2.4 Validierung des Modellversuchs ..... 46
    - 5.2.5 Auslegung der Werkzeuge für Versuche bei erhöhten Lastniveaus ..... 47
  - 5.3 Werkzeugauslegung für einen Verzahnungsprozess der Fa. ZF Friedrichshafen ... 50
    - 5.3.1 Blechmassivumformung von Verzahnungen ..... 50
    - 5.3.2 Prozesssimulation und Ableitung der tribologischen Lasten ..... 51
    - 5.3.3 Werkzeugauslegung für den Streifenziehversuch ..... 52

5.4	Fazit.....	57
6	Schätzverfahren von Verschleißfestigkeitskennlinien .....	58
6.1	Problematik und Zielsetzung .....	58
6.2	Methoden zur Abschätzung .....	58
6.3	Modellauswahl .....	59
6.3.1	Modelle zur Abschätzung von Wöhlerlinien .....	59
6.3.2	Auswahlverfahren .....	60
6.4	Verfahren der linearen Regression .....	61
6.5	Abschätzung des Medians.....	63
6.5.1	Abschätzung des VFK – Medians .....	64
6.6	Abschätzung der Unsicherheit.....	64
6.7	Validierung der Ergebnisse.....	66
6.8	Bewertung der Modelle für unterschiedliche Anwendungsfälle.....	69
6.9	Interpretation der Ergebnisse .....	69
6.10	Bewertung der minimal erforderlichen Daten.....	71
6.11	Verschleißfestigkeit unterschiedlicher Schmierstoffe.....	73
6.12	Fazit.....	75
7	Verschleißversuch und Standzeitabschätzung für beschichtete Werkzeuge.....	77
7.1	Einleitung .....	77
7.2	Inline-Messmethode .....	77
7.2.1	Mathematische Beschreibung der thermoelektrischen Messung .....	77
7.3	Konzeptionierung der Werkzeugtemperierung .....	79
7.3.1	Randbedingungen an das Konzept.....	79
7.3.2	Einfluss der Temperatur auf die thermoelektrische Messung .....	80
7.3.3	Konstruktion der Werkzeugaufnahme.....	81
7.3.4	Validierung der Werkzeugkonzepte .....	84
7.4	Versuchsmatrix Verschleißversuch.....	85
7.5	Verschleißversuch für den Abstreckprozess der Fa. Hans Berg .....	86
7.5.1	Verschleißverlauf des realen Prozesses (niedriges Lastniveau).....	86
7.5.2	Verschleißverlauf des Streifenziehversuchs (erhöhte Lastniveaus).....	87
7.5.3	Ableitung der VFK (Abstreckprozess).....	89
7.6	Verschleißversuch für den Verzahnungsprozess der Fa. ZF Friedrichshafen AG ..	90
7.6.1	Daten der Standzeiten des realen Umformprozesses.....	90
7.6.2	Verschleißverlauf des Streifenziehversuchs (erhöhte Lastniveaus).....	90
7.6.3	Ableitung der VFK für den Verzahnungsprozess .....	92
7.7	Praktische Anwendung der Verschleißfestigkeitsanalyse.....	94
7.8	Fazit.....	96

8    Ausblick .....98

    8.1    Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen  
            der Ergebnisse für KMU .....98

9    Literaturverzeichnis ..... 104