

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