

**Verschleißmechanismen  
oberflächen- und randschichtmodifizierter  
Gesenkschmiedewerkzeuge**

Von der Fakultät für Maschinenbau  
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur  
genehmigte Dissertation

von  
Dipl.-Ing. Timur Yilkiran  
geboren am 28.04.1981 in Hannover

2015

## Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen .....	IV
1 Einleitung .....	1
2 Stand der Wissenschaft und Technik .....	3
2.1 Einteilung der Fertigungsverfahren .....	3
2.1.1 Umformende Verfahren .....	3
2.1.2 Massivumformung .....	4
2.1.3 Herstellverfahren für Umformwerkzeuge .....	7
2.1.3.1 Erodieren.....	7
2.1.3.2 Hochgeschwindigkeitsfräsen.....	9
2.2 Verschleiß in der Warmmassivumformung.....	12
2.2.1 Definition von Verschleiß, Reibung und Tribologie.....	13
2.2.2 Reibfaktorermittlung in der Warmmassivumformung.....	15
2.2.3 Versagensmechanismen in der Warmmassivumformung .....	16
2.2.3.1 Verschleiß .....	16
2.2.3.2 Thermische Rissbildung.....	18
2.2.3.3 Mechanische Rissbildung .....	21
2.2.3.4 Plastische Deformation .....	22
2.3 Verschleißschutzmaßnahmen in der Warmmassivumformung.....	23
2.3.1 Verschleißschutz durch Nitrieren.....	23
2.3.2 Verschleißschutz durch Beschichten.....	28
2.3.3 Verschleißschutz durch Oberflächenstrukturieren .....	35
3 Problemstellung und Zielsetzung.....	38
4 Prozessbeschreibung und Messtechnik .....	40
4.1 Prozessbeschreibung.....	40
4.1.1 Reibfaktorermittlung.....	40
4.1.2 Verschleißbeurteilung .....	41
4.2 Analytik zur Verschleißbeurteilung .....	44
4.2.1 Hardware- und Softwarekomponenten.....	45
4.2.2 Softwareentwicklung zum Koordinatenvergleich .....	46
4.3 Verschleißbeurteilung durch taktile Oberflächenvermessung.....	49

---

4.3.1	Zweidimensionale Konturvermessung .....	50
4.3.2	Dreidimensionale Topographievermessung .....	52
5	Einfluss des Fertigungsverfahrens .....	56
5.1	Randschichteigenschaften .....	56
5.2	Werkzeugeinsatzverhalten .....	61
6	Modellschmiederversuche mit beschichteten Werkzeugen .....	70
6.1	Vorbehandlung der Werkzeuge .....	70
6.1.1	Oberflächenkonditionierung .....	70
6.1.2	Nitrierung .....	72
6.2	Beschichtung .....	76
6.3	Reibfaktorermittlung .....	78
6.4	Serienschmiederversuche .....	79
6.4.1	Optische Bewertung .....	80
6.4.2	Taktile Konturvermessung .....	86
6.4.3	Topographiemessung .....	93
6.4.4	Randschichtanalyse .....	97
7	Potenzialbewertung .....	106
7.1	Anwendungspotenzial .....	106
7.2	Forschungspotenzial .....	110
7.2.1	FE-basierte Werkzeugauslegung .....	110
7.2.2	Experimentelle Ergebnisse .....	112
8	Zusammenfassung und Ausblick .....	116
9	Literaturverzeichnis .....	120