

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Formelzeichen und Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
2 Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse	3
2.1 Prozessketten im Werkzeugbau	4
2.2 Grundlagen der Tribologie	5
2.3 Randbedingungen in unterschiedlichen Umformverfahren	7
2.3.1 Blechumformung.....	7
2.3.2 Scherschneiden	8
2.3.3 Kaltmassivumformung	8
2.4 Werkstoffe im Werkzeugbau für umformtechnische Prozesse	9
2.4.1 Werkzeugwerkstoffe in der Blechumformung	9
2.4.2 Werkzeugwerkstoffe beim Scherschneiden.....	10
2.4.3 Werkzeugwerkstoffe in der Kaltmassivumformung.....	11
2.5 Funktionsorientierte Oberflächeneigenschaften	12
2.5.1 Formabweichungen	14
2.5.2 Welligkeit.....	14
2.5.3 Rauheit.....	15
2.5.4 Funktionskennwerte.....	19
2.6 Verfahren der mechanischen Oberflächenbehandlung	20
2.6.1 Manuelles Polieren	21
2.6.2 Maschinelles Polieren.....	22
2.6.3 (Kugel-)Strahlen.....	22
2.6.4 Laserstrahlglätten	23
2.6.5 Feinfräsen	24
2.6.6 Glattwalzen / Festwalzen	25

2.6.7	Laser Shock Peening.....	25
2.7	Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften mittels maschinellem Oberflächenhämmern	26
2.7.1	Verfahrensbeschreibung.....	27
2.7.2	Parameter des maschinellen Oberflächenhämmerns	27
2.7.3	Verfahrensausprägungen und Anwendungsgebiete	31
2.8	Simulation des maschinellen Oberflächenhämmerns	37
2.9	Hämmersysteme zur maschinellen Oberflächenbearbeitung	40
2.9.1	Elektromagnetisches Hämmersystem	40
2.9.2	Pneumatisches Hämmersystem.....	41
2.9.3	Piezoelektrisches Hämmersystem.....	42
2.9.4	Mechanisches Hämmersystem.....	44
2.9.5	Reluktanzgetriebenes Hämmersystem.....	45
2.10	Prozessmodell zum maschinellen Oberflächenhämmern	45
2.11	Neuartige Prozessketten im Werkzeugbau mit Einsatz des maschinellen Oberflächenhämmerns	46
2.12	Kapitelzusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	48
3	Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit	49
3.1	Zielsetzung der Arbeit.....	49
3.2	Vorgehensweise	51
4	Versuchs- und Auswertevorrichtungen	53
4.1	Randschichtcharakterisierung	53
4.1.1	Konfokales Weißlichtmikroskop μ Surf	53
4.1.2	Härtemessung	53
4.2	Charakterisierung der Bearbeitungsenergie	54
4.2.1	Fallprüfstand	55
4.2.2	Numerische Simulation.....	56
4.3	Umformversuch	56

5	Prozessauslegung zur Gestaltung technischer Oberflächen.....	58
5.1	Erfahrungsisierte Prozessführung beim maschinellen Oberflächenhämmern	58
5.2	Einsatzgrenzen der Technologie	60
6	Analytisches Modell zur Schwellenenergie der Einglättung bei mechanischer Oberflächenbehandlung	70
6.1	Modell zur Betrachtung gefräster Oberflächen	70
6.2	Weiterentwicklung des analytischen Modells zur Betrachtung periodischer Oberflächenprofile	76
6.3	Modell zur Betrachtung aperiodischer Oberflächenprofile.....	79
7	Transformation von Oberflächenkennwerten in numerisch abbildbare Oberflächengeometrien	91
7.1	Grafische Darstellung von Oberflächeneigenschaften	91
7.2	Auswahl charakteristischer Kennwerte zur Abbildung von Oberflächen.....	95
7.3	Berücksichtigung der Herstellungsprozesse zur Generierung technischer Oberflächen	96
7.4	Abbildung technischer Oberflächen in der numerischen Simulation ...	98
8	Simulation des Hämmersprozesses bei Werkstoffen mit unterschiedlichen Ausgangsoberflächen	101
8.1	Eingangsgrößen und deren Einheiten in der numerischen Simulation	101
8.2	Prozesssimulation zum maschinellen Oberflächenhämmern	102
8.3	Auswertung numerisch durchgeföhrter Fallversuche	107
8.4	Auswertung der verbleibenden Rauheit gefräster Proben.....	109
8.5	Auswertung der verbleibenden Rauheiten geschliffener Proben	111
9	Ableitung von Handlungsempfehlungen für das maschinelle Oberflächenhämmern.....	114
9.1	Geometriebasierte maschinelle Oberflächenbehandlung.....	114

9.2	Schwellenenergiebasierte maschinelle Oberflächenbehandlung	117
10	Charakterisierung von Hämmersystemen zur maschinellen Oberflächenbehandlung	121
10.1	Charakterisierung des elektromagnetischen Hämmersystems	122
10.2	Charakterisierung des pneumatischen Hämmersystems	127
11	Deterministische Herstellung maschinell gehämmter Oberflächen	135
11.1	Vergleich verfügbarer Modellvarianten	135
11.2	Modellbasiertes maschinelles Oberflächenhämmern	140
11.3	Rauheitsbewertung der resultierenden Oberflächen	142
11.4	Interpretation und Schlussfolgerungen	145
12	Anwendungsbeispiel zur Prozesskette des Werkzeugbaus mit maschineller Oberflächeneinglättung mittels MOH	149
12.1	Herstellung von Vergleichswerkzeugen	149
12.2	Deterministische Oberflächenbehandlung der Referenzwerkzeuge ..	151
12.3	Umformversuch und Prozessbewertung	153
13	Zusammenfassung	156
14	Abbildungsverzeichnis	159
15	Tabellenverzeichnis	163
16	Literaturverzeichnis	164
16.1	Eigene Veröffentlichungen und Vorarbeiten	164
16.2	Vom Verfasser betreute studentische Arbeiten	167
16.3	Weitere Literaturangaben	169
17	Anhang	186