

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Formelzeichen und Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	5
2.1 Grundlagen der Kaltmassivumformung.....	5
2.2 Tribologie der Kaltmassivumformung	9
2.2.1 Tribologische Lasten in der Kaltmassivumformung	12
2.2.2 Schmierstoffsysteme in der Kaltmassivumformung	14
2.3 Temperaturbestimmung in Umformprozessen	19
2.3.1 Experimentelle Messmethoden.....	19
2.3.2 Simulative Temperaturbestimmung von Umformprozessen.....	22
2.4 Wärmeübertragung in der Massivumformung	24
2.4.1 Einflussgrößen auf den Wärmeübergangskoeffizienten	26
2.4.2 Ermittlung des Wärmeübergangskoeffizienten	28
2.5 Messung von Schmierstoffschichtdicken	33
3 Motivation, Zielsetzung und Vorgehensweise	41
3.1 Motivation	41
3.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	42
4 Versuchsanlagen und Messtechnik	45
4.1 Gleitstauchanlage.....	45
4.2 Versuchsstand Wärmeübergangskoeffizient.....	47
4.3 Servomotorpresse	52
4.4 Presse Colombo 500	53

1

4.5 Prüfstand Schichtdickenmessung von Schmierstoffen	53
4.6 Konfokales Weißlichtmikroskop	55
5 Fließpressprozesse und numerische Simulation	59
5.1 Fließpressprozesse	59
5.2 Numerische Simulation	62
5.3 Tribologische Lasten der Fließpressprozesse	65
5.4 Nachbildung der tribologischen Lasten im Gleitstauchversuch.....	67
6 Leistungsfähigkeit von Einschichtschmierstoffen	71
6.1 Schmierstoffsysteme und Beschichtungsapplikation	71
6.2 Versuchsplanung.....	73
6.3 Ergebnisdiskussion der Gleitstauchversuche	75
6.4 Verhalten der Einschichtschmierstoffe beim Fließpressen	83
6.5 Übertragbarkeit der Tribometerergebnisse auf die untersuchten Fließpressprozesse.....	87
6.6 Zwischenfazit.....	89
7 Einfluss der Prozessparameter auf den Wärmeübergangskoeffizienten	91
7.1 Versuchsplanung.....	91
7.2 Ergebnisdiskussion der Prüfstandsversuche	95
7.3 Prozesslastabhängige Wärmeübergangskoeffizienten in der numerischen Simulation.....	104
7.4 Zwischenfazit.....	105
8 Entwicklung einer Methodik zur Validierung von Fluoreszenzfarbstoffen für die Schmierstoffschichtdickenmessung ...	107
8.1 Integration von Fluoreszenzfarbstoffen in das Schmierstoffsystem..	107
8.2 Aufbau des Prüfstands zur Schichtdickenmessung	111
8.3 Evaluierung der Fluoreszenzeigenschaften	113

8.4	Kalibrierung des sensorischen Schmierstoffs	114
8.5	Schmierstoffschichtdicken beim Gleitstauchversuch	119
8.6	Zwischenfazit.....	123
9	Zusammenfassung und Ausblick	125
10	Literaturverzeichnis	129
11	Anhang	145