

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	8
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	14
1 Einleitung	17
1.1 Motivation.....	17
1.2 Aufgabenstellung und Lösungsweg.....	18
2 Grundlagen	21
2.1 Energie- und ressourceneffiziente Gestaltung der Produktion.....	21
2.1.1 Technologische Ansätze zur energieeffizienten Prozessketten- und Prozessgestaltung.....	24
2.1.2 Energie- und Ressourceneffizienz beim Spanen.....	25
2.2 Kühlschmierstrategien bei der spanenden Bearbeitung.....	29
2.2.1 Anforderungen und Ziele der Kühlschmierung.....	29
2.2.2 Nassbearbeitung – Überflutungskühlschmierung.....	31
2.2.3 Minimalmengenschmierung.....	33
2.2.4 Trockenbearbeitung.....	36
2.2.5 Kryogene Kühlung.....	38
2.2.6 Übergeordneter technologischer und ressourcenspezifischer Vergleich der Kühlschmierstrategien.....	57
2.3 Bohren ins Volle mittels Spiralbohrer.....	60
2.3.1 Verfahrensbesonderheiten und Werkzeuggeometrien.....	61
2.3.2 Kräfte, Momente und Energieberechnung.....	63
3 Zielsetzung der Arbeit und Vorgehensweise	65
3.1 Ziele.....	65
3.2 Vorgehensweise.....	66
4 Experimentelle Analyse der Ressourcenverbräuche beim Bohren	67
4.1 Betrachtungsraum, -größen und Versuchsaufbau.....	67
4.2 Analyse – Einfluss der Bearbeitungsparameter bei Überflutungskühlschmierung.....	70
4.2.1 Parameterwahl und Versuchsaufbau.....	70
4.2.2 Ergebnisse.....	72
4.2.3 Diskussion.....	79
4.3 Analyse – Energetischer und ressourcenspezifischer Vergleich konventioneller Kühlschmierensysteme.....	83

4.3.1	Parameterwahl und Versuchsaufbau.....	83
4.3.2	Ergebnisse	86
4.3.3	Diskussion	93
4.4	Analyse – Kryogene Kühlung und angepasste Werkzeugkonzepte.....	96
4.4.1	Parameterwahl und Versuchsaufbau.....	97
4.4.2	Ergebnisse	98
4.4.3	Diskussion	101
4.5	Ökonomischer und ökologischer Vergleich der Bearbeitungsstrategien ..	106
5	Ressourceneffiziente Gestaltung der kryogenen Kühlung beim Bohren.	111
5.1	Temperaturverteilung am kryogen gekühlten Bohrer	112
5.1.1	Experimentelle Analyse der Temperaturverteilung	113
5.1.2	Modellierung der kryogenen Kühlung am Bohrwerkzeug	115
5.2	Kryogen gekühlter Bohrer und Werkstück	123
5.2.1	Temperaturverteilung am kryogen gekühlten Werkzeug und Werkstück.....	123
5.2.2	Vergleich des Abkühlverhaltens mit und ohne Werkstück	126
5.3	Modellierung des Bohrprozesses mit kryogener Kühlung sowie experimentelle Verifikation.....	128
5.3.1	Modellbildung Bohren.....	128
5.3.2	Temperaturen beim kryogen gekühlten Bohren	130
5.3.3	Verifikation der Simulationsergebnisse.....	133
5.4	Vergleich des gekühlten und ungekühlten Bohrprozesses mit verschiedenen Bohrwerkzeugen.....	134
5.5	Berechnung der Temperaturverteilung an der Schneide im anwendungsnahen Bohrzyklus	138
5.6	Methodik zur Bestimmung des minimalen Kühlmittelbedarfs.....	143
6	Ableitung von Strategien zur Prozessgestaltung beim Bohren.....	149
7	Zusammenfassung.....	153
8	Ausblick	157
9	Literaturangaben	159
10	Anhang.....	173