

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	III
Abkürzungen	VII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Forschung	3
2.1 Vergütungsstähle	3
2.1.1 Anwendungseigenschaften	3
2.1.2 Einfluss des Schwefelgehalts	5
2.1.3 Wärmebehandlung und Gefügeumwandlung	6
2.2 Spanende Bearbeitung von Vergütungsstählen	8
2.2.1 Allgemeine zerspanungstechnische Grundlagen	8
2.3 Einlippentiefbohren	10
2.3.1 Thermomechanische Belastungen beim Einlippentiefbohren	17
2.3.2 Einfluss der spanenden Bearbeitung auf die Randzonintegrität	19
2.4 Randzoneneinflussung bei Zerspanprozessen	22
2.4.1 Erfassung der thermomechanischen Belastungen beim Bohren	25
2.4.2 Temperaturmessung beim Bohren	28
2.5 Ermüdungsfestigkeit	29
2.5.1 Randzonennachbehandlungsverfahren	30
2.5.2 Methoden zur Analyse Ermüdungsfestigkeit	32
2.6 Modellierung von Zerspanprozessen	33
2.6.1 Simulation zerspanungsbedingter Randzonveränderungen	33
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	36
4 Experimentelle Rahmenbedingungen	38
4.1 Einlippentiefbohrversuche	38
4.1.1 Versuchswerkstoffe und Werkzeuge	38
4.1.2 Versuchsmaschinen	41
4.1.3 Tiefbohr- und Zugproben	45
4.2 Mess- und Analysetechnik	46
Thermomechanische Werkzeug- und Randzoneneinflussung	47
4.2.1 Randzoneneigenschaften und Schwingfestigkeit	50
4.2.2 Bohrungsqualität	51
4.2.3 Randzonverfestigung und -aufhärtung	51
4.2.4 Eigenspannungen	53
4.2.5 Werkstoffprüfung	54

5	Technologische Untersuchungen zum Einfluss des Einlippentiefbohrens auf die Bohrungsrandzonenintegrität	57
5.1	Einfluss der Werkzeuggestalt	57
5.1.1	Mechanische Werkzeug- und Bohrungsrandzonenbelastung....	57
5.1.2	Spanbildung.....	60
5.1.3	Bohrungsqualität und Verfestigung des Randzonengefüges....	62
5.1.4	Auswahl eines Referenzwerkzeugs	68
5.2	Einfluss der Schnittwerte auf die mechanische Randzonen- belastung.....	69
5.2.1	Bohrungsqualität und Spanbruch	70
5.2.2	Mechanische Belastungen von Werkzeug und Bohrungsrandzone	72
5.2.3	Schnittwerteeinfluss bei Legierungsvarianten mit variiertem Schwefelgehalt	78
5.2.4	Randzoneneigenschaften bei variierenden Schnittwerten	79
5.2.5	Differenzierung des Einflusses der Werkzeuschneide und der Führungsleisten auf die Bohrungsrandzone	83
5.2.6	Untersuchung des resultierenden Eigenspannungszustands und der Ermüdungsfestigkeit.....	86
5.2.7	Zwischenfazit und Auswahl von Referenzschnittwerten	90
5.3	Analyse des Schnittwerteeinflusses mit Fokus auf der thermischen Randzonenbelastung.....	92
5.3.1	Auswertung der Temperaturen und Diskussion	97
5.4	Einfluss unterschiedlicher Kühlsmierkonzepte auf die thermomechanische Randzonenbelastung.....	99
5.4.1	Analyse der Randzonengefügestruktur.....	103
5.4.2	Messung der Eigenspannungszustände	107
5.5	Diskussion und Zusammenfassung zur Untersuchung der thermischen Randzonenbelastung	109
6	Modellierung des thermomechanischen Einflusses des Einlippentief- bohrens auf die Randzonenintegrität.....	112
6.1	Simulative Randbedingungen.....	112
6.1.1	Fließspannungsmodell	112
6.1.2	Aufbau der Spanbildungssimulation	114
6.1.3	Aufbau der Simulation zur Vorhersage der durch den Führungsleistenkontakt beim Einlippentiefbohren und die Autofrettage erzielter Eigenspannungen	119
6.1.4	Modellierung des Kontakts zwischen Führungsleisten und Bohrungsrandzone	120
6.2	Ergebnisse der 2D-Spanbildungssimulation.....	121
6.2.1	Vorhersage der thermischen Randzonenbeeinflussung.....	122

6.2.2	Auswertung und Validierung der Ergebnisse der 2D-Spanbildungssimulation	124
6.3	Ergebnisse der Modellierung der mechanischen Randzonenbeeinflussung	126
6.3.1	Eigenspannungszustand nach der Autofrettage	126
6.3.2	Eigenspannungszustand nach dem Führungsleistenkontakt beim Einlippentiefbohren.....	127
6.3.3	Vergleich der modellierten Eigenspannungstiefenverläufe	128
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	129
8	Literaturverzeichnis	133