

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
 Randzonenintegrität 19

 2.4 Randzonenbeeinflussung 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 Randzonenverän-
 derungen..... 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 Randzonenbeeinflussung 47

 4.2.1 Randzoneneigenschaften und Schwingfestigkeit..... 50

 4.2.2 Bohrungsqualität 51

 4.2.3 Randzonenverfestigung 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 Randzonenbelastung.....	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 variierendem Schwefelgehalt	78
5.2.4	Randzoneigenschaften bei variierenden Schnittwerten	79
5.2.5	Differenzierung des Einflusses der Werkzeugschneide 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 Kühlschmierkonzepte 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 Einlippentiefbohrens 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