

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	IV
1 Definitionen	1
2 Einleitung.....	2
3 Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse	4
3.1 Formabweichungen durch Spann- und Prozesskräfte beim Drehen dünnwandiger Ringe	8
3.1.1 Formabweichungen beim Spannen dünnwandiger Ringe.....	9
3.1.2 Einfluss der Prozesskräfte auf die Spannkkräfte und die resultierenden Formabweichungen.....	14
3.1.3 Modelle zur Beschreibung der Werkstückverformung beim Spannen von Ringen.....	15
3.1.4 Modellvergleich und Fazit	23
3.2 Formabweichungen infolge Zerspaneigenspannungen.....	26
3.2.1 Energieumsetzung in der Zerspanung und thermische Einflüsse auf die Eigenspannungsentstehung und die Formabweichungen.....	27
3.2.2 Mechanische Einflüsse auf die Eigenspannungsentstehung und die resultierenden Formabweichungen	31
3.2.3 Überlagerung thermischer und mechanischer Einflüsse auf die Eigenspannungsentstehung und die resultierenden Formabweichungen	32
3.2.4 Eigenspannungen und Quellspannungen	33
3.2.5 Zusammenfassung und Fazit.....	35
4 Ziele und Vorgehensweise	37
4.1 Ziele	37
4.2 Vorgehensweise.....	40
5 Modellierung und Simulation der Einspannung dünnwandiger Ringe	41
5.1 Simulationssoftware und Messverfahren.....	41
5.1.1 Simulationssoftware	41
5.1.2 Messverfahren	41
5.2 Untersuchungsprogramm.....	42

Inhaltsverzeichnis

5.2.1	Modellierung und Simulation von elastischen Verformungen und Spannungen beim Einsatz unterschiedlicher Spanntechniken.....	42
5.2.2	Modellierung und Simulation von elastischen Verformungen und Spannungen bei der Anwendung von Spannfolgen	45
5.3	Ergebnisse und Diskussion	47
5.3.1	Bestimmung von Eingangsgrößen und Randbedingungen für die Einspannsimulationen	47
5.3.2	Ermittlung von elastischen radialen Verschiebungen und Spannungen aus FE-Simulationen.....	48
5.3.3	Simulation von elastischen Verformungen und Spannungen beim Einsatz unterschiedlicher Spanntechniken	49
5.3.4	Modellierung und Simulation von elastischen Verformungen und Spannungen bei der Anwendung von Spannfolgen	55
5.4	Vergleich mit Messungen	65
5.4.1	Radiale Verschiebungen	65
5.4.2	Spannungen.....	67
5.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	67
6	Formabweichungen durch das Einbringen von Eigenspannungsquellen... 71	
6.1	Versuchsumgebung, Auswerteeinrichtungen und Simulationssoftware	71
6.1.1	Werkzeugmaschinen und Werkzeuge.....	71
6.1.2	Versuchsproben	71
6.1.3	Auswerteeinrichtungen.....	72
6.1.4	Simulationssoftware	73
6.2	Untersuchungsprogramm	73
6.2.1	Ermittlung von Quellkräften an spanend bearbeiteten Planproben	73
6.2.2	Untersuchungen zum Stimplanfräsen	79
6.2.3	Untersuchungen zum Planschleifen.....	81
6.3	Ergebnisse und Diskussion	82
6.3.1	Charakterisierung des Ausgangszustands der Planproben	82
6.3.2	Untersuchungen zum Stimplanfräsen	83
6.3.3	Untersuchungen zum Planschleifen.....	95

Inhaltsverzeichnis

6.3.4	Simulation der Werkstückverformung durch Quellkräfte	109
6.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	112
7	Erklärungsmodelle zerspanbedingter Verzugspotenziale und Verzüge	115
7.1	Zusammenwirken inhomogenen Materialabtrags und Einbringung von Eigenspannungsquellen auf die Formabweichung von Ringen	115
7.2	Periodische Eigenspannungen und Radian gedrehter Ringe.....	116
7.3	Zusammenfassung.....	118
8	Simulation der Auslösung zerspanbedingter Verzugspotenziale	120
8.1	Vorgehensweise.....	120
8.2	Ergebnisse	121
8.3	Zusammenfassung.....	124
9	Zusammenfassung und Ausblick	125
9.1	Zusammenfassung.....	125
9.2	Ausblick.....	127
10	Literatur	130