

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Stand der Erkenntnisse</b>	<b>6</b>
	3.1 Meßverfahren zum Ermitteln von Eigenspannungen .....	8
	3.1.1 Mechanische Verfahren .....	9
	3.1.1.1 Ausbohren und Abdrehen .....	9
	3.1.1.2 Längsschlitzen .....	9
	3.1.1.3 Einseitiges Abtragen .....	10
	3.1.1.4 Querschlitzen .....	10
	3.1.2 Röntgenographische Spannungsmessung .....	11
	3.2 Einflußgrößen auf den Eigenspannungszustand .....	13
	3.3 Einsatz der Finite-Elemente-Methode zur Simulation des Durchziehens .....	21
<b>4</b>	<b>Erstellen des FE-Modells und Möglichkeiten zum Auswerten der Ergebnisse</b>	<b>25</b>
	4.1 Werkstückdiskretisierung und -bewegung .....	26
	4.2 Werkzeugdiskretisierung .....	27
	4.3 Berücksichtigen eines Gegenzuges .....	29
	4.4 Ermitteln der Eigenspannungen .....	30
	4.5 Kriterien zum Bewerten der Simulationsergebnisse .....	33
<b>5</b>	<b>Plan der Variationsrechnungen</b>	<b>38</b>
	5.1 Stoffwerte des Werkstücks .....	39
	5.2 Werkzeuggeometrie .....	42
	5.3 Prozeßparameter .....	45
<b>6</b>	<b>Simulationsergebnisse und Vergleich mit Literaturdaten</b>	<b>49</b>
	6.1 Bezugsrechnung; Einfluß der Werkstückdiskretisierung .....	49
	6.2 Einfluß der Stoffwerte des Werkstücks .....	56
	6.2.1 Elastizitätsmodul .....	56

6.2.2	Querkontraktionszahl .....	58
6.2.3	Festigkeit und Verfestigung des Ziehgutwerkstoffs .....	59
6.2.3.1	Anfangsfließspannung $k_0$ .....	59
6.2.3.2	Genauigkeit der Fließkurvenbeschreibung .....	60
6.2.3.3	Verfestigung .....	62
6.3	Einfluß der Werkzeuggeometrie .....	65
6.3.1	Ziehholneigungswinkel .....	65
6.3.2	Zylindrische Führung .....	69
6.3.2.1	Ziehspannung .....	69
6.3.2.2	Eigenspannungen .....	73
6.3.3	Übergangsradius Konus/zylindrische Führung .....	79
6.4	Einfluß der Prozeßparameter .....	90
6.4.1	Umformgrad .....	90
6.4.2	Reibungsverhältnisse .....	94
6.4.2.1	Konstante Reibungsverhältnisse im Ziehwerkzeug ....	94
6.4.2.2	Veränderliche Reibungsverhältnisse im Ziehwerkzeug	99
6.4.3	Gegenzug .....	100
<b>7</b>	<b>Simulationsergebnisse und Vergleich mit Daten aus Ziehversuchen</b>	<b>104</b>
7.1	Versuchsvorbereitung und -durchführung .....	104
7.2	Versuchsauswertung .....	106
7.3	Versuchsergebnisse .....	107
7.3.1	Ziehtrichter .....	107
7.3.2	Eigenspannungen .....	109
<b>8</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen</b>	<b>114</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>120</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>121</b>
<b>11</b>	<b>Verwendete Zeichen und Symbole</b>	<b>129</b>