

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0	Bezeichnungen XIII
1	Einleitung 1
2	Aufgabenstellung 2
3	Stand der Kenntnisse 3
3.1	Integrale Berechnung von Walzkraft und Walzmoment 3
3.1.1	Walztheorien zur Lösung der elementaren Walzgleichung 3
3.1.2	Weitergehende Ansätze auf der Grundlage des Druckversuches zwischen planparallelen Platten 4
3.1.3	Einfluß der elastischen Walzenabplattung 5
3.1.3.1	Elastische Walzenabplattung nach Hitchcock 5
3.1.3.2	Gekoppelte Berechnung der Formänderungen von Walzgut und Walze 6
3.2	Lokale Berechnung von Walzdruck und Walzspaltkontur 6
3.2.1	Lokale Beschreibung der Walzenabplattung 6
3.2.2	Beschreibung der Walzdruckverteilung 7
3.2.2.1	Bestimmung des Walzdruckes bei starr-plastischem Verhalten des Bandes 7
3.2.2.2	Bestimmung des Walzdruckes bei elastisch-plastischem Verhalten des Bandes 8
3.2.3	Gekoppelte elastisch-plastische Berechnung von Walzdruck und Walzspaltkontur 9
3.2.4	Elastisches Walzen und Übergang zu plastischem Verhalten des Bandes 10
3.2.4.1	Elastisches Bandwalzen nach Bentall und Johnson 11
3.2.4.2	Übergang zu plastischem Fließen nach Bentall und Johnson 11
3.2.4.3	Elastisches Bandwalzen nach Kuhn und Weinstein 12
3.2.5	Folienwalzmodell von Fleck und Johnson 13
3.2.6	Weitere Ansätze zur Beschreibung des Folienwalzens 14
4	Diskussion verschiedener Lösungsverfahren 15
4.1	Elementare Theorie 15
4.2	Methode der finiten Elemente 16
4.3	Ähnlichkeitstheorie 17
5	Anwendung der Ähnlichkeitstheorie auf das Walzen dünner Bänder und Folien 18
5.1	Grundlagen der Ähnlichkeitstheorie 18
5.1.1	Definition von Größenmaßstäben 18

5.1.2	Herleitung von Ähnlichkeitskennzahlen mit Hilfe der Dimensionsanalyse	19
5.1.3	Wichtige Ähnlichkeitsbeziehungen in der Umformtechnik	22
5.1.3.1	Geometrische Ähnlichkeit	22
5.1.3.2	Physikalische Ähnlichkeit	23
5.1.3.2.1	Plastostatische Ähnlichkeit	23
5.1.3.2.2	Ähnlichkeit der Druckverteilung	24
5.1.3.2.3	Elastostatische Ähnlichkeit	24
5.1.3.2.4	Dynamische Ähnlichkeit	25
5.1.3.2.5	Thermische Ähnlichkeit (Wärmeleitung)	25
5.1.3.2.6	Tribologische Ähnlichkeit	26
5.1.3.3	Zusammenstellung der zu erfüllenden Modellgesetze	26
5.2	Modellbildung und Diskussion	27
5.2.1	Geometrische Auslegung des Modells und Diskussion der Bedingung geometrischer Ähnlichkeit	27
5.2.2	Diskussion des Kraftmaßstabes und seines Einflusses auf die Modellbildung	27
5.2.3	Diskussion des Zeit- und Geschwindigkeitsmaßstabes und seines Einflusses auf die Modellbildung	28
5.2.4	Diskussion des Temperaturmaßstabes und seines Einflusses auf die Modellbildung	30
5.2.5	Partielle Ähnlichkeit bei der Modellbildung	30
6	Rechnerische Simulation des elastischen Stauchens mit walzenähnlichen Werkzeugen	32
6.1	Simulationsmodell des elastischen Stauchens	32
6.1.1	Berechnung der Spannungsverteilung im gestauchten Band	32
6.1.1.1	Grundgleichungen	32
6.1.1.2	Berechnung der Spannungsverteilung beim Stauchen mit einem ideal starren Werkzeug und vollständigem Haften	36
6.1.1.3	Bestimmung des Übergangs von Haften zu Gleiten beim Stauchen mit einem ideal starren Werkzeug	37
6.1.1.4	Berechnung der Spannungsverteilung bei Gleiten der Oberflächen von Stauchwerkzeug und Band im Kontaktbereich	38
6.1.1.5	Berechnung der Spannungsverteilung beim Stauchen mit einem elastischen Werkzeug und vollständigem Haften	40
6.1.2	Berechnung der elastischen Deformation der Stauchwerkzeuge bei Belastung	44
6.1.3	Simulation des elastischen Eindringens der Stauchwerkzeuge in ein Band	44

6.2	Berechnungsergebnisse	45
7	Experimentelle Untersuchungen zur Verteilung der plastischen Formänderung gestauchter Proben	48
7.1	Stauchversuche an dünnem Band und Folie mit walzenähnlichen Werkzeugen	48
7.1.1	Versuchsaufbau	48
7.1.2	Planung und Durchführung	49
7.1.2.1	Probenmaterial	49
7.1.2.2	Versuchsbedingungen	50
7.1.3	Auswertung	51
7.1.3.1	Messung des Dickenprofils gestauchter Proben	52
7.1.3.2	Mathematische Beschreibung der Kontur der Umformzone durch einen Polynomansatz	54
7.1.3.3	Einfluß unterschiedlicher Prozeßbedingungen auf das Dickenprofil gestauchter Proben	55
7.2	Beschreibung der gedrückten Länge beim Stauchen durch den <i>modifizierten Ansatz nach Hitchcock</i>	55
7.3	Beschreibung des Stauchens mit walzenähnlichen Werkzeugen durch einen elementaren elastisch-plastischen Ansatz	57
7.4	Beschreibung der elastischen Walzenabplattung anhand gemessener Dickenänderungen beim Stauchen	59
7.4.1	Biquadratisch erweiterter Ansatz zur Beschreibung der elastischen Abplattung beim Walzen	60
7.4.2	Beschreibung der elastischen Verschiebung der Werkzeugoberfläche bei ähnlichen Umformfällen durch charakteristische Kennzahlen	63
7.4.3	Berechnung der Walzspaltkontur nach biquadratisch erweitertem Ansatz zur Beschreibung der elastischen Walzenabplattung	65
7.5	Beschreibung des Stauchens durch ähnlichkeitsmechanische Kennzahlen	67
7.5.1	Berechnungsverfahren	67
7.5.2	Auswertung charakteristischer Kennzahlen für das Stauchen durch einen Produktansatz	68
8	Analyse von Betriebsdaten zur Beschreibung des Walzens von dünnem Band und Folie	70
8.1	Kennzahlen zur Beschreibung des Kaltflachwalzens von dünnem Band und Folie	70
8.1.1	Definition von aus mehreren physikalischen Einflußgrößen zusammengesetzten Kennzahlen	72

8.1.2	Definition von aus einzelnen physikalischen Einflußgrößen zusammengesetzten Kennzahlen	76
8.2	Auswertung gemessener Betriebsdaten	77
8.3	Bewertung der Ergebnisse	78
9	Zusammenfassung und Ausblick	80
10	Literatur	82
	Bilder	88