

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen

1. Einleitung	1
2. Stand der Technik	2
2.1 Grundlagen der Innenhochdruckumformung	2
2.1.1 Umformprinzip	2
2.1.2 IHU-Verfahren	3
2.1.3 Verfahrensgrenzen und Prozeßführung beim partiellen Aufweiten	6
3. Aufgabenstellung und Zielsetzung	9
4. Theoretische Untersuchungen	11
4.1 Prozeßführung	11
4.1.1 Berechnung der Umformkraft	11
4.1.2 Berechnung des Innendruckes	16
4.1.3 Berechnung der Gegenhalterkraft	18
5. Experimentelle Untersuchungen	20
5.1 Die Innenhochdruckumformmaschine	20
5.2 Versuchswerkzeug	23
5.3 Versuchsprogramm	24
5.3.1 Prozeßführung	24
5.3.2 Probenmaterial	27
5.3.3 Schmierstoffe	29
5.4 Versuchsergebnisse zur Abbildegenauigkeit der Außenform	30
5.5 Versuchsergebnisse zur erreichbaren Abzweiglänge	32
5.5.1 Einfluß der Axialkraftkennlinie	32
5.5.2 Einfluß des Gegenhalters	41
5.6 Versuchsergebnisse zur Wanddickenverteilung	47
5.6.1 Werkzeugtechnische Beeinflussung der Wanddickenverteilung	47
5.6.2 Einfluß der Prozeßparameter	49
5.7 Mechanisch technologische Eigenschaften	55
5.8 Prozeßsicherheit	58
5.9 Diskussion der Ergebnisse	59
6. Numerische Untersuchungen	62
6.1 Grundlagen der Methode der Finiten Elemente	62
6.2 Modellbildung	63
6.3 Versuchsergebnisse zur Abzweiglänge und Wanddickenverteilung	65

6.3.1 Einfluß der Rohteilgeometrie	65
6.3.2 Einfluß der Reibung	72
6.3.3 Einfluß des Übergangsradius	73
6.4 Formänderungsanalyse	76
6.4.1 Formänderungsverteilung	76
6.4.2 Einfluß der Rohteilgeometrie auf die Werkzeugbelastung	77
7. Herstellbarkeit von Verbindungselementen	79
8. Zusammenfassung und Ausblick	84
9. Literaturverzeichnis	87