

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen	12
0 Einleitung	15
1 Stand der Erkenntnisse	17
1.1 Querfließpressen	17
1.2 Verfahrenskombinationen beim Fließpressen	20
1.3 Napf-Vorwärts-Fließpressen nach Kunogi	21
1.4 Das Raflo-Verfahren	21
1.5 Folgerungen für das Kombinierte Quer-Napf-Vorwärts-Fließpressen	23
2 Zielsetzung und Aufgabenstellung	25
2.1 Experimentelle Untersuchungen	25
2.2 Theoretische Untersuchungen	26
3 Verfahrensanalyse	27
3.1 Verfahrensbeschreibung	27
3.1.1 Verfahrensprinzip	27
3.1.2 Werkstückspektrum	27
3.2 Experimentelle Ermittlung des Werkstoffflusses	30
3.2.1 Modellversuche	30
3.2.1.1 Auswertung mit Hilfe der Methode der Visioplasticity	32
3.2.1.2 Ergebnisse	32
3.2.2 Ätzen von Schliffen	34
3.2.2.1 Ergebnisse	34
3.2.3 Zusammenhang zwischen Härte und örtlichen Vergleichsformänderungen beim Kombinierten Quer-Napf-Vorwärts-Fließpressen	36
3.2.3.1 Ergebnisse	39
3.3 Untersuchung mit der Methode der Finiten Elemente	41
3.3.1 Diskretisierung des Werkstücks	42
3.3.2 Netzneugenerierung des verzerrten Netzes	42
3.3.2.1 Vorgehensweise	44
3.3.2.2 Interpolation der Feldwerte	47
3.3.3 Werkstofffluß	48
3.3.4 Spannungsverteilung im Werkstück	51

	Seite
3.4	Diskussion der Ergebnisse 59
4	Kraftbedarf 60
4.1	Experimentelle Untersuchungen 60
4.1.1	Versuchsdurchführung und Versuchseinrichtungen 60
4.1.1.1	Versuchswerkzeug 60
4.1.1.2	Versuchswerkstoffe und Oberflächenbehandlung 65
4.1.1.3	Versuchsprogramm 68
4.1.2	Versuchsergebnisse 72
4.1.2.1	Kraft-Weg-Verlauf 72
4.1.2.2	Einfluß des Werkstoffs 74
4.1.2.3	Einfluß der Rohteilhöhe 76
4.1.2.4	Einfluß des Hohlkörperaußendurchmessers 77
4.1.2.5	Einfluß der Spalthöhe 81
4.1.2.6	Einfluß der Ringspaltbreite 83
4.1.2.7	Einfluß der Spaltgeometrie 85
4.1.2.8	Einfluß der Gegenstempelform 89
4.1.2.9	Kraftbedarf für das Anwendungsbeispiel Klauenteil 92
4.2	Theoretische Untersuchungen 92
4.2.1	Gesamtumformgrad 92
4.2.2	Berechnung des Kraftbedarfs mit Hilfe der Methode der oberen Schranke 95
4.2.3	Berechnung des Kraftbedarfs mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente 99
4.2.4	Empirische Berechnung des Kraftbedarfs 102
5	Versagensfälle und Verfahrensgrenzen 106
5.1	Versagensfälle 106
5.1.1	Hohlkörper mit Zapfen 106
5.1.2	Klauenteil 108
5.2	Verfahrensgrenzen 109
5.2.1	Verfahrensgrenzen beim Querfließpressen 109
5.2.2	Verfahrensgrenzen beim Kombinierten Quer-Napf- Vorwärts-Fließpressen 111
6	Werkstückeigenschaften 113
6.1	Härteverteilung im Werkstück 113
6.2	Geometrische Eigenschaften 116

	Seite
6.2.1      Äußere Abmessungen	116
6.2.2      Arbeitsgenauigkeit des Verfahrens	116
6.2.2.1    Genauigkeit des Hohlkörperbodens	118
6.2.2.2    Genauigkeit der Hohlkörperdurchmesser	118
6.2.2.3    Mittenversatz des Hohlkörpers	121
6.2.2.4    Unrundheit des Hohlkörpers	123
6.2.3      Oberflächenbeschaffenheit	124
7           Diskussion möglicher industrieller Anwendung	128
8           Zusammenfassung	132
Anhang	135
Schrifttum	149