

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen</b>	<b>12</b>
<b>0        Einleitung</b>	<b>15</b>
<b>1        Stand der Erkenntnisse</b>	<b>17</b>
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
<b>2        Zielsetzung und Aufgabenstellung</b>	<b>25</b>
2.1    Experimentelle Untersuchungen	25
2.2    Theoretische Untersuchungen	26
<b>3        Verfahrensanalyse</b>	<b>27</b>
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
4	Kraftbedarf
4.1	Experimentelle Untersuchungen
4.1.1	Versuchsdurchführung und Versuchseinrichtungen
4.1.1.1	Versuchswerkzeug
4.1.1.2	Versuchswerkstoffe und Oberflächenbehandlung
4.1.1.3	Versuchsprogramm
4.1.2	Versuchsergebnisse
4.1.2.1	Kraft-Weg-Verlauf
4.1.2.2	Einfluß des Werkstoffs
4.1.2.3	Einfluß der Rohteilhöhe
4.1.2.4	Einfluß des Hohlkörperaußendurchmessers
4.1.2.5	Einfluß der Spalthöhe
4.1.2.6	Einfluß der Ringspaltbreite
4.1.2.7	Einfluß der Spaltgeometrie
4.1.2.8	Einfluß der Gegenstempelform
4.1.2.9	Kraftbedarf für das Anwendungsbeispiel Klaumenteil
4.2	Theoretische Untersuchungen
4.2.1	Gesamtumformgrad
4.2.2	Berechnung des Kraftbedarfs mit Hilfe der Methode der oberen Schranke
4.2.3	Berechnung des Kraftbedarfs mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente
4.2.4	Empirische Berechnung des Kraftbedarfs
5	Versagensfälle und Verfahrensgrenzen
5.1	Versagensfälle
5.1.1	Hohlkörper mit Zapfen
5.1.2	Klaumenteil
5.2	Verfahrensgrenzen
5.2.1	Verfahrensgrenzen beim Querfließpressen
5.2.2	Verfahrensgrenzen beim Kombinierten Quer-Napf-Vorwärts-Fließpressen
6	Werkstückeigenschaften
6.1	Härteverteilung im Werkstück
6.2	Geometrische Eigenschaften

	Seite
6.2.1	Außere Abmessungen
6.2.2	Arbeitsgenauigkeit des Verfahrens
6.2.2.1	Genauigkeit des Hohlkörperbodens
6.2.2.2	Genauigkeit der Hohlkörperdurchmesser
6.2.2.3	Mittenversatz des Hohlkörpers
6.2.2.4	Unrundheit des Hohlkörpers
6.2.3	Oberflächenbeschaffenheit
7	Diskussion möglicher industrieller Anwendung
8	Zusammenfassung
<b>Anhang</b>	<b>135</b>
<b>Schrifttum</b>	<b>149</b>