

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	III
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Fließpressen von Stirnrädern	3
2.1.1 Verzahnen in einer Umformstufe	3
2.1.2 Verzahnen in zwei Umformstufen	7
2.2 FEM Prozeßsimulation	9
3 Zielsetzung und Aufgabenstellung	13
4 Verfahrensauswahl und Fertigungskonzept	15
4.1 Stadienfolge	16
4.2 Genauigkeitskenngrößen	19
4.3 Werkzeugkonzeption	20
5 Numerische Untersuchungen	27
5.1 Auslegung der Vorformgeometrie mit Hilfe der FEM	27
5.1.1 Modellbildung	28
5.1.2 Zahngeometrie der Vorverzahnung	29
5.1.3 Übertragbarkeit der entwickelten Vorverzahnungsgeometrie	32
5.2 3D-FEM Simulation des Kalibriervorganges	36
5.2.1 Modellbildung und Verifikation	36
5.2.2 Parametervariation	44
6 Experimentelle Untersuchungen	55
6.1 Versuchseinrichtungen	57
6.1.1 Umformmaschine	57
6.1.2 Versuchswerkstoffe und Schmiersysteme	57

II

6.2	Untersuchungen zum Halbwarmfließpressen der Vorverzahnung	61
6.2.1	Napfpressen der Vorverzahnung	62
6.2.1.1	Preß- und Auswerferkräfte	62
6.2.1.2	Einflußgrößen auf die ausgefüllte Zahnbreite	64
6.2.1.3	Lagegenauigkeit	67
6.2.2	Napf-Form-Stauchen der Vorverzahnung	70
6.3	Untersuchungen zum Kalt-Kalibrieren der Verzahnung	76
6.3.1	Preßkräfte und Werkstückausformung	76
6.3.2	Verzahnungsgenauigkeit	79
6.3.3	Lagegenauigkeit	80
7	Fortpflanzung von Lagefehlern	83
8	Zusammenfassung und Ausblick	87
9	Schrifttum	91