

| Inhaltsverzeichnis | Seite |
|---|-------|
| Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen | V |
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Stand der Technik | 2 |
| 2.1 Verfahren zur Formgebung von Stirnradverzahnungen | 2 |
| 2.1.1 Fließpreßverfahren | 3 |
| 2.1.2 Walzverfahren | 4 |
| 2.1.3 Verfahrenskombination Sintern - Umformen | 6 |
| 2.1.4 Zusammenfassende Wertung der Verfahren | 7 |
| 2.2 Nachbearbeitungsverfahren für Stirnradverzahnungen | 7 |
| 2.2.1 Spangebende Verfahren | 7 |
| 2.2.2 Umformende Verfahren | 8 |
| 2.2.2.1 Walzverfahren | 8 |
| 2.2.2.2 Ziehverfahren | 9 |
| 2.2.2.3 Preßverfahren | 12 |
| 2.3 Theoretische Arbeiten zur umformenden Herstellung verzahnter Werkstücke | 12 |
| 3. Aufgabenstellung | 15 |
| 4. Betrachtungen zur Genauigkeit fließgepreßter Verzahnungen | 16 |

| | Seite |
|---|-------|
| 4.1 Physikalisch - technische Ursachen von Verzahnungsfehlern | 17 |
| 4.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Verzahnungsgenauigkeit | 19 |
| 5. Untersuchungen zur Auslegung eines geeigneten Kalibrierverfahrens | 20 |
| 5.1 Pilotversuche | 20 |
| 5.2 Anwendung von Kalibrierhypothesen auf die Herstellung von Verzahnungen | 23 |
| 5.2.1 Graphisches Verfahren nach Preußler | 23 |
| 5.2.2 Elektrodynamische Analogie | 24 |
| 6. Untersuchungen des Fließpreßverfahrens zur Erzeugung einer Vorverzahnung | 26 |
| 6.1 Versuchsaufbau | 26 |
| 6.2 Ergebnisse zur Untersuchung der Vorverzahnung | 27 |
| 6.2.1 Maß- und Formfehler in Längsrichtung und im Querschnitt der Vorverzahnung | 27 |
| 6.2.2 Gemessene und berechnete Umformkräfte bei der Herstellung der Vorverzahnung | 29 |
| 7. Untersuchung des Kalibrierverfahrens | 32 |
| 7.1 Versuchsprogramm | 33 |
| 7.2 Kalibrierwerkzeug | 33 |
| 7.3 Methoden zur Stoffflußuntersuchung | 34 |
| 7.4 Stofffluß bei ausgewählten Werkzeugmaßen | 36 |

| | Seite |
|--|-------|
| 7.4.1 Anwendbarkeit der Kalibrierhypothesen | 36 |
| 7.4.2 Stofffluß im Querschnitt des Werkstückes | 40 |
| 7.4.3 Stofffluß im Längsschnitt des Werkstückes | 43 |
| 7.5 Ermittlung der optimalen Werkzeug- und Prozeßparameter | 47 |
| 7.5.1 Auswahl eines geeigneten Schmierstoffsystems | 47 |
| 7.5.2 Ermittlung einer optimalen Werkzeuggeometrie | 51 |
| 7.5.3 Umformkräfte bei unterschiedlichen Gefügezuständen | 52 |
| 7.6 Mechanisch - technologische Eigenschaften | 53 |
| 8. Berechnung der Umformkraft nach dem Verfahren der oberen Schranke | 55 |
| 8.1 Modellbildung | 55 |
| 8.2 Berechnung der Umformkraft | 58 |
| 9. Erreichte Genauigkeit der Verzahnung | 79 |
| 9.1 Messung der Verzahnungsfehler | 79 |
| 9.2 Einflußgrößen auf die Verzahnungsgenauigkeit | 79 |
| 9.2.1 Werkzeugparameter | 79 |
| 9.2.2 Prozeßparameter | 80 |
| 9.2.2.1 Schmierstoffsystem | 80 |
| 9.2.2.2 Gefügezustand | 82 |
| 9.3 Werkzeugauslegung | 83 |

| | |
|---|----|
| 9.3.1 Berechnung des elastischen Matrizenverhaltens mit Hilfe der Finite Elemente Methode | 83 |
| 9.3.2 Vorschläge zur Korrektur der elastischen Dehnungen der Matrize | 84 |
| 10. Zusammenfassung und Ausblick | 86 |
| 11. Schrifttum | 90 |
| 12. Tabelle, Bilder | 96 |