

BERICHTE AUS DEM
INSTITUT FÜR
UMFORMTECHNIK UND
UMFORMMASCHINEN

IFUM

UNIVERSITÄT HANNOVER

PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Bernd-Arno Behrens, Harsum

Entwicklung eines automatisierten Präzisions Schmiedeprozesses mit integrierter Qualitätsprüfung

Fortschritt-Berichte VDI
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **445**

Inhalt

Formelzeichen und Abkürzungen	III
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Endkonturnahe Umformverfahren	3
2.2 Methoden zur prozeßintegrierten Qualitätsprüfung	5
3 Zielsetzung und Aufgabenstellung	9
4 Prozeß zum Präzisionsschmieden von Zylinderrädern	11
4.1 Werkzeugsystem	11
4.2 Anforderungen an den Präzisionsschmiedeprozess	13
5 Qualitätsmerkmale umformtechnisch hergestellter Zahnräder	16
5.1 Qualitätsmerkmale der Verzahnung nach DIN 3962	17
5.2 Schmiedespezifische Qualitätsmerkmale	20
6 Experimentelle Analyse des Präzisionsschmiedeprozesses	22
6.1 Einstellgrößen beim Präzisionsschmieden	22
6.2 Meßgrößen beim Präzisionsschmieden	24
6.3 Bildung von Kenngrößen	27
7 Versuchsmethodik	30
7.1 Vorgehensweise bei der Versuchsdurchführung	30
7.2 Effekte und Wechselwirkungen	32
7.3 Varianzanalyse und Signifikanztest bei 2^k -Versuchsplänen	32
8 Experimentelle Ermittlung der Zusammenhänge zwischen den Prozeßparametern und den Qualitätsmerkmalen durch vollfaktorielle Versuche	36
8.1 Versuchsdurchführung	36
8.2 Versuchsergebnisse	37
8.2.1 Qualitätsmerkmal Zahnradbreite	37
8.2.2 Qualitätsmerkmal relative ausgeformte Zahnradbreite	38
8.2.3 Qualitätsmerkmal Zweikugelmaß	39
8.2.4 Qualitätsmerkmal Profilwinkelabweichung	40
8.2.5 Qualitätsmerkmale Profilform-, Rundlauf- und Teilungsabweichung	41
8.2.6 Einfluß der Einstellgrößen auf die Meßgrößen	41
8.2.7 Fazit der Versuchsergebnisse	44

8.3	Bestimmung von Grenzen für die Prozeßkenngrößen	45
8.3.1	Grenzwerte für die Werkzeuggrundtemperatur.....	48
8.3.2	Experimentelle Bestimmung des Rohteilvolumens	48
8.3.3	Grenzwerte für die Schlagenergie	49
9	Anforderungen an einen automatisierten Präzisionsschmiedeprozess zur Herstellung hochgenauer Zahnräder	50
9.1	Erwärmung - Auswirkungen des Zunders auf den Werkzeugverschleiß und die Hartfeinbearbeitung	50
9.1.1	Reaktionen der Werkstückoberfläche mit dem Luftsauerstoff.....	51
9.1.2	Induktive Einzelteilschnellerwärmung.....	52
9.1.3	Anlagenaufbau zur induktiven Einzelteilschnellerwärmung	54
9.1.4	Simulation der Leistungseinprägung bei der induktiven Erwärmung.....	57
9.1.5	Vergleich der Zunderschichtdicken bei konventioneller Erwärmung und bei Einzelteilschnellerwärmung	63
9.2	Kühlschmierung.....	64
9.3	Handhabung	70
9.4	Ablaufplan	73
10	System zur Prozeß- und Qualitätsüberwachung	77
10.1	Integration des Überwachungssystems in den automatisierten Prozeß	77
10.2	Regelbasierte Prozeßdiagnose	81
10.3	Lernmodus zur Bildung von Referenzgrößen und Grenzwerten	85
10.4	Datenverwaltung	86
10.5	Statistik der Prozeßkenngrößen	88
11	Untersuchung des langfristigen Streuverhaltens des automatisierten Präzisionsschmiedeprozesses	90
11.1	Untersuchung der Fertigungsstreuungen	90
11.2	Einfluß zunehmenden Werkzeugverschleisses auf die Werkstückqualität.....	94
11.3	Berechnung von Kennwerten für die Prozeßfähigkeit.....	98
12	Zusammenfassung	103
13	Anhang	105
14	Literatur	106
15	Verwendete Normen	116