

Technologische Kenngrößen für das kontinuierliche Wälzschleifen von Evolventenverzahnungen

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

genehmigte Dissertation
von

Dipl.-Ing. Frank Stimpel

geboren am 24. Mai 1974 in Leer/Ostfriesland

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Indices und Abkürzungen	VII
1 Einleitung	1
2 Stand des Wissens	3
2.1 Evolventenverzahnung	3
2.2 Prozessketten zur Verzahnungsherstellung	6
2.2.1 Weichbearbeitung und Wärmebehandlung	6
2.2.2 Hartfeinbearbeitung	7
2.2.3 Kontinuierliches Wälzschleifen	8
2.3 Bauteilbeeinflussung und -bewertung	10
2.3.1 Bewertungskriterien für die Verzahnungsgeometrie	10
2.3.2 Bewertungskriterien für die Verzahnungsoberfläche und -randzone	12
2.4 Kenngrößen für die Auslegung von Zerspanprozessen	14
2.4.1 Kenngrößen für Schleifprozesse	15
2.4.2 Kenngrößen für die Verzahnungsherstellung	19
2.4.3 Prozessauslegung beim kontinuierlichen Wälzschleifen	23
3 Zielsetzung und Vorgehensweise	25
4 Verwendete Werkstücke und technische Hilfsmittel	27
4.1 Untersuchte Werkstücke	27
4.2 Schleiftechnik	27
4.3 Analysetechnik	29
4.4 Rechentechnik	30
5 Aufbau der Simulationsumgebung	32
5.1 Werkstückgenerierung	33
5.2 Werkzeuggenerierung	35
5.3 Abbildung der Prozesskinematik	37
6 Programmierung der Kenngrößenberechnung	40
6.1 Werkstückbezogene Kenngrößen	40
6.1.1 Berechnung der Basisgrößen am Werkstück	41
6.1.2 Berechnung der Kenngrößen erster und zweiter Ordnung	43
6.2 Werkzeugbezogene Kenngrößen	45
6.2.1 Transformation der Werkstückdurchdringung auf das Werkzeug	46
6.2.2 Berechnung der Basisgrößen am Werkzeug	49
6.2.3 Berechnung der Kenngrößen erster und zweiter Ordnung	51

7	Simulation des Wälzschleifprozesses	52
7.1	Auswahl geeigneter Simulationsparameter	52
7.2	Lokale Durchdringungsverhältnisse beim kontinuierlichen Wälzschleifen	55
7.3	Simulierte werkstückbezogene Kenngrößen	59
7.3.1	Einfluss der Schnittgeschwindigkeit	59
7.3.2	Einfluss des Vorschubs	64
7.3.3	Einfluss des Aufmaßes	64
7.3.4	Einfluss der Gangzahl	67
7.3.5	Einfluss des Werkzeugdurchmessers	69
7.3.6	Einfluss des Normalmoduls	72
7.3.7	Einfluss der Zähnezahl	74
7.3.8	Einfluss der Profilverschiebung	77
7.3.9	Einfluss des Schrägungswinkels	79
7.4	Simulierte werkzeugbezogene Kenngrößen	82
7.4.1	Einfluss der Schnittgeschwindigkeit	82
7.4.2	Einfluss des Vorschubs	85
7.4.3	Einfluss des Aufmaßes	86
7.4.4	Einfluss der Gangzahl	88
7.4.5	Einfluss des Werkzeugdurchmessers	89
7.4.6	Einfluss des Normalmoduls	91
7.4.7	Einfluss der Zähnezahl	92
7.5	Fazit der werkstück- und werkzeugbezogenen Kenngrößen	94
8	Experimentelle Untersuchungen	97
8.1	Stellgrößeneinflüsse auf die Profilabweichung	97
8.2	Stellgrößeneinflüsse auf die Eigenspannungen	99
8.3	Fazit der experimentellen Untersuchungen	101
9	Aufstellung simulationsunabhängiger Kenngrößenmodelle	103
9.1	Auswahl geeigneter Kenngrößen zur Prozessbeschreibung	103
9.2	Stellgrößensignifikanzanalyse	106
9.3	Modellbildung	108
9.4	Verifikation	109
9.5	Fazit der Modellbildung	111
10	Folgerungen für die Praxis	112
11	Zusammenfassung und Ausblick	116
	Literaturverzeichnis	119