

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	IX
Inhaltsverzeichnis	XI
Symbole und Einheiten	XV
1 Einsatzgebiete von Kegelrädern.....	1
1.1 Geschichtliches	1
1.2 Fahrzeuggetriebe	1
1.3 Luftfahrtgetriebe	5
1.3.1 Flugzeugturbinen.....	5
1.3.2 Helikoptergetriebe	6
1.3.3 Klappenantriebe in Flugzeugtragflächen	7
1.4 Schiffsgetriebe	8
1.5 Industriegetriebe	11
1.6 Literatur	11
2 Grundlagen der Kegelradverzahnung.....	13
2.1 Klassifizierung von Kegelrädern	13
2.2 Verzahnungsgeometrie	23
2.2.1 Allgemein	23
2.2.2 Grundgeometrie.....	23
2.2.3 Verzahnungsabmessungen	25
2.2.4 Zahnform	28
2.2.5 Hypoidräder.....	36
2.3 Berechnung der Kegelradgeometrie.....	39
2.3.1 Struktur der Berechnungsmethode	39
2.3.2 Berechnung der Teilkegelparameter.....	39
2.3.3 Berechnung der Verzahnungsabmessungen	44
2.3.4 Prüfung auf Unterschnitt	56
2.4 Summen- und Gleitgeschwindigkeiten	59
2.4.1 Allgemein	59
2.4.2 Absolutgeschwindigkeiten	59
2.4.3 Gleitgeschwindigkeiten	60
2.4.4 Summengeschwindigkeiten	61
2.4.5 Spezifisches Gleiten	63
2.5 Zahnkräfte.....	64

2.5.1 Zahnkraftanalyse	64
2.5.2 Berechnung der Zahnkräfte	64
2.5.3 Lagerkräfte	66
2.6 Literatur	66
3 Auslegung.....	67
3.1 Startwerte für die Geometrie.....	67
3.2 Herstellkinematik.....	76
3.2.1 Zahnstange und Planrad (Erzeugungsrad).....	76
3.2.2 Modell einer virtuellen Verzahnmaschine.....	78
3.2.3 Berechnungsansatz	80
3.2.4 Berechnungsbeispiel einer Maschinenkinematik	82
3.3 Zahnkontakt-Analyse.....	85
3.3.1 Zahngeometrieberechnung	85
3.3.2 Balligkeiten	86
3.3.3 Ease-Off, Tragbild und Drehfehler	87
3.3.4 Zusatzbewegungen	92
3.4 Verlagerungsverhalten	95
3.4.1 Horizontal- und Vertikal-Verlagerungen	95
3.4.2 Zahnkraftbedingte Verlagerungen.....	95
3.4.3 Tragbildverlagerung	97
3.4.4 Einfluss des Werkzeugradius	100
3.4.5 Ease-Off-Gestaltung.....	102
3.5 Werkstoffauswahl	106
3.5.1 Einführung.....	106
3.5.2 Werkstoffe für Kegelräder.....	107
3.5.3 Einsatzstähle.....	108
3.6 Schmierstoffauswahl.....	112
3.6.1 Einführung.....	112
3.6.2 Wahl des Schmierstoffs.....	112
3.6.3 Wahl der Öllart.....	113
3.6.4 Wahl der Öleigenschaften	113
3.6.5 Ölzuführung	115
3.6.6 Ölüberwachung	116
3.7 Literatur	117
4. Tragfähigkeit und Wirkungsgrad.....	119
4.1 Zahnschäden	119
4.1.1 Einteilung der Schadensarten	119
4.1.2 Zahnfußbruch	121
4.1.3 Flankenbruch.....	122
4.1.4 Grübchen.....	123
4.1.5 Grauflecken	125
4.1.6 Verschleiß	126
4.1.7 Ridging und Rippling.....	127
4.1.8 Fressen	128
4.2 Tragfähigkeitsberechnung	130

4.2.1 Normen und Berechnungsvorschriften	130
4.2.2 Ersatz-Stirnradverzahnung für nicht achsversetzte Kegelräder	131
4.2.3 Ersatzverzahnungen für Hypoidverzahnungen	133
4.2.4 Berechnung der Zahnfußtragfähigkeit	138
4.2.5 Berechnung der Grübchentragfähigkeit	153
4.2.6 Berechnung der Fresstragfähigkeit	162
4.2.7 Tragfähigkeitsberechnung bei Lastkollektivbeanspruchung	180
4.3 Wirkungsgrad	182
4.3.1 Gesamtverlustleistung eines Getriebes	182
4.3.2 Einflüsse auf den Verzahnungswirkungsgrad	183
4.3.3 Berechnung des Verzahnungswirkungsgrads	185
4.4 Beanspruchungsanalyse	190
4.4.1 Vorbetrachtungen	190
4.4.2 Methoden zur Bestimmung der Beanspruchungen im Zahneingriff	191
4.4.3 Spezielle Methode zur Beanspruchungsanalyse	196
4.5 Literatur	220
5. Geräuschverhalten	227
5.1 Ursachen der Geräuschanregung	227
5.2 Geräuschanregung durch Verzahnungsauslegung	231
5.2.1 Optimierung der Makrogeometrie	231
5.2.2 Optimierung der Mikrogeometrie	242
5.2.3 Einfluss der Verzahnungsballigkeiten	243
5.3 Fertigungsbedingte Geräuschanregungen	246
5.3.1 Einfluss von Verzahnungsabweichungen auf den Drehfehler	246
5.3.2 Einfluss der Fertigungsverfahren auf den Drehfehler	252
5.4 Dynamische Geräuschanregung	258
5.4.1 Dynamik des Laufverhaltens von Kegelrädern	258
5.4.2 Berechnung des lastfreien und des lastabhängigen Laufverhaltens	260
5.4.3 Prüfstand für Hinterachsgetriebe	262
5.4.4 Versuchsergebnisse	263
5.5 Literatur	266
6. Herstellprozess	271
6.1 Einleitung	271
6.2 Fräsen von Spiralkegelrädern	274
6.2.1 Entwicklungsgeschichte	274
6.2.2 Entwicklungstendenzen	275
6.2.3 Werkzeuge	275
6.2.4 Werkstoffe für Messer	290
6.2.5 Fertigungstechnologie	291
6.3 Wärmebehandlung	297
6.3.1 Grundlagen des Härtens	297
6.3.2 Unterschiedliche Wärmebehandlungsverfahren	298
6.3.3 Thermische Verfahren	299
6.3.4 Thermochemische Verfahren	300
6.3.5 Temperaturprofile beim Einsatzhärten	305

6.3.6 Härteverzüge	306
6.3.7 Fixturhärten	309
6.4 Hartschälen	310
6.5 Schleifen von Spiralkegelrädern	311
6.5.1 Entwicklungsgeschichte	311
6.5.2 Entwicklungstendenzen	312
6.5.3 Werkzeuge	313
6.5.4 Schleifmittel	314
6.5.5 Schleiftechnologie	318
6.6 Läppen	329
6.6.1 Entwicklungsgeschichte	329
6.6.2 Verfahrensbeschreibung	330
6.6.3 Läppmittel	331
6.6.4 Prozessparameter	331
6.6.5 Änderungen der Laufeigenschaften durch das Läppen	334
6.7 Literatur	335
7. Qualitätssicherung	337
7.1 Messen und Korrigieren	337
7.1.1 Messaufgaben	337
7.1.2 Teilungsmessung	337
7.1.3 Flankenformmessung	340
7.1.4 Zusätzliche Messaufgaben	344
7.1.5 Fertigung im Closed Loop	346
7.2 Kegelradsatzprüfung	350
7.2.1 Grundlagen	350
7.2.2 Tragbildprüfung	351
7.2.3 Einflankenwälzprüfung	352
7.2.4 Zweiflankenwälzprüfung	354
7.2.5 Körperschallprüfung	355
7.2.6 Vergleich der Abroll-Prüfverfahren	357
7.3 Literatur	358
8. Dynamik von Werkzeugmaschinen	361
8.1 Einleitung	361
8.2 Statisches Maschinenverhalten	362
8.3 Dynamisches Maschinenverhalten	363
8.3.1 Simulationsmethoden	363
8.3.2 Modalanalyse	369
8.4 Literatur	371
Stichwortverzeichnis	373
Markenregister	381

Kegelräder

Grundlagen, Anwendungen

Klingelnberg, J. (Hrsg.)

2008, XXVI, 381 S. 206 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-540-71859-8