

DIN 3996:2012-09 (D)

Tragfähigkeitsberechnung von Zylinder-Schneckengetrieben mit sich rechtwinklig kreuzenden Achsen

Inhalt	Seite
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich	7
1.1 Allgemeines	7
1.2 Schneckenwerkstoffe.....	7
1.3 Schneckenradwerkstoffe	7
1.4 Schmierstoffe.....	8
1.5 Flankenformen.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Formelzeichen, Benennungen und Einheiten	9
4 Allgemeines	14
4.1 Grundlagen, Wechselwirkungen.....	14
4.1.1 Verschleiß	14
4.1.2 Grübchenschäden	15
4.1.3 Fressen	15
4.1.4 Wechselwirkung zwischen Fressen und Verschleiß	15
4.1.5 Wechselwirkung zwischen Verschleiß und Grübchen	15
4.1.6 Wechselwirkung zwischen Verschleiß und Zahnbruch	15
4.1.7 Riefenbildung.....	15
4.2 Absolutrechnung bzw. Relativrechnung.....	15
4.2.1 Absolutrechnung.....	15
4.2.2 Relativrechnung	16
4.3 Standard-Referenzgetriebe	16
4.4 Berechnungsansätze, Methoden A, B, C	17
4.4.1 Methode A	17
4.4.2 Methode B	17
4.4.3 Methode C	18
4.5 Sicherheitsfaktoren	18
4.6 Hinweis auf Zahlenwertgleichungen	18
4.7 Sonstige Hinweise	18
4.8 Hinweis auf Zahlenwertgleichungen	18
4.9 Hinweis auf Zahlenwertgleichungen	18
4.10 Sonstige Hinweise	18
5 Notwendige Eingangsgrößen.....	19
6 Kräfte, Geschwindigkeiten sowie Kennwerte für die Berechnung der Beanspruchung	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Zahnkräfte	20
6.2.1 Anwendungsfaktor K_A	20
6.2.2 Zahnkraftkomponenten.....	20
6.3 Gleitgeschwindigkeit am Mittenkreis	21
6.4 Physikalische Kennwerte	21
6.4.1 Allgemeines	21
6.4.2 Mittlere Hertzsche Pressung	22
6.4.3 Mittlere Schmierpaltdicke	23
6.4.4 Mittlerer Gleitweg	24
6.5 Berechnung der mittleren Flankenpressung.....	25
6.6 Berechnung der minimalen mittleren Schmierpaltdicke.....	25
6.7 Berechnung des Verschleißweges	26

6.8	Berechnung der kinematischen Viskosität	26
7	Wirkungsgrad und Verlustleistung	27
7.1	Allgemeines	27
7.2	Gesamtwirkungsgrad	27
7.2.1	Methode A	27
7.2.2	Methoden B und C	27
7.3	Gesamtverlustleistung	27
7.3.1	Methode A	27
7.3.2	Methode B	27
7.3.3	Methode C	28
7.3.4	Leerlaufverlustleistung	28
7.3.5	Lagerverlustleistung infolge der Lagerbelastung	28
7.3.6	Dichtungsverlustleistung	29
7.3.7	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuche	29
7.4	Verzahnungswirkungsgrad	29
7.4.1	Methode A	29
7.4.2	Methode B	29
7.4.3	Methode C	29
7.4.4	Grundreibungszahl μ_{0T} des Standard-Referenzgetriebes	30
7.4.5	Baugrößenfaktor	31
7.4.6	Geometriefaktor	31
7.4.7	Werkstofffaktor	32
7.4.8	Rauheitsfaktor	32
7.4.9	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuchsergebnisse	32
7.5	Verzahnungsverlustleistung	32
7.5.1	Methode A	32
7.5.2	Methode B	32
7.5.3	Methode C	33
8	Verschleißtragfähigkeit	33
8.1	Allgemeines	33
8.2	Verschleißsicherheit	33
8.3	Zu erwartender Verschleißabtrag	33
8.3.1	Methode A	33
8.3.2	Methoden B und C	33
8.4	Zulässiger Verschleißabtrag	39
8.5	Anpassung des Rechenverfahrens an eigene Versuche	40
9	Grübchentragfähigkeit	40
9.1	Allgemeines	40
9.2	Grübchensicherheit	40
9.3	Auftretende Flankenpressung	41
9.3.1	Methode A	41
9.3.2	Methoden B und C	41
9.4	Grenzwert der Flankenpressung	41
9.5	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuche	42
10	Durchbiegung	43
10.1	Allgemeines	43
10.2	Durchbiegesicherheit	43
10.3	Auftretende Durchbiegung	43
10.3.1	Methode A	43
10.3.2	Methode B	43
10.3.3	Methode C	43
10.4	Grenzwert der Durchbiegung	44
11	Zahnfußtragfähigkeit	44
11.1	Allgemeines	44
11.2	Zahnbruchsicherheit	44
11.3	Auftretende Zahnfußspannung	44
11.3.1	Methode A	44
11.3.2	Methode B	45
11.3.3	Methode C	45

11.4	Grenzwert der Schub-Nennspannung am Zahnfuß	46
11.5	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuche	48
12	Temperatursicherheit.....	48
12.1	Allgemeines	48
12.2	Temperatursicherheit bei Tauchschmierung	48
12.3	Auftretende Ölumpftemperatur.....	49
12.3.1	Methode A	49
12.3.2	Methode B	49
12.3.3	Methode C	49
12.4	Grenzwert der Ölumpftemperatur.....	50
12.5	Temperatursicherheit bei Einspritzschmierung.....	50
12.6	Kühlleistung.....	51
12.6.1	Methode A	51
12.6.2	Methode B	51
12.6.3	Methode C	51
13	Bestimmung der Radmassentemperatur.....	51
13.1	Allgemeines	51
13.2	Radmassentemperatur bei Tauchschmierung	51
13.2.1	Methode A	51
13.2.2	Methode B	51
13.2.3	Methode C	51
13.3	Radmassentemperatur bei Einspritzschmierung	52
Anhang A (informativ) Hinweise zu den inneren Kräften und zur Kraftverteilung.....		53
Anhang B (informativ) Hinweise zu den physikalischen Kennwerten.....		54
Anhang C (informativ) Methoden zur Ermittlung der Kennwerte.....		55
Anhang D (informativ) Schmierpaltdicke nach der EHD-Theorie		57
Anhang E (informativ) Berechnung des Verschleißweges		58
Anhang F (informativ) Hinweise zur Berechnung des Verschleißabtrags		59
Anhang G (informativ) Hinweise zur Zahnfußtragfähigkeit		60
Anhang H (informativ) Lebensdauerabschätzung grübchengefährdeter Radsätze.....		61
Anhang I (informativ) Beispiele		63
Literaturhinweise.....		68

Bilder

Bild 1	— Betrachtung der Abweichungen am Beispiel der Einflussgröße „Achsabstand“	16
Bild 2	— Radzahn- und Radkranzbreiten	19
Bild 3	— Zahnkraftkomponenten	20
Bild 4	— Grundreibungszahlen μ_{0T} des Standard-Referenzgetriebes	31
Bild 5	— Bezugsverschleißintensitäten nach [9], [10], [15]	37
Bild 6	— Lagerabstände.....	44
Bild 7	— Kranzdickenfaktor Y_K	46
Bild 8	— Lebensdauerfaktor Y_{NL} nach Versuchen [8]	48
Bild C.1	— Berechnete Berührlinien für ein Beispiel (Projektion in die Radebene).....	55

Tabellen

Tabelle 1 — Übliche Schneckenradwerkstoffe	7
Tabelle 2 — Formelzeichen, Benennung und Einheit	9
Tabelle 3 — Hauptdaten des Standard-Referenzgetriebes.....	17
Tabelle 4 — E-Module und Querkontraktionszahlen.....	25
Tabelle 5 — Werkstofffaktor Y_W nach [9], [11] und [15].....	32
Tabelle 7 — Dichte für Schneckenradwerkstoffe nach [11]	40
Tabelle 8 — Grübchenfestigkeiten nach [11].....	41
Tabelle 9 — Schub-Dauerfestigkeitswerte τ_{FlimT} für verschiedene Radwerkstoffe	46
Tabelle 10 — Lebendauerfaktor Y_{NL} in Abhängigkeit von der Lastspielzahl N_L, dem Werkstoff und der zulässigen Qualität des Schneckenrades	47