E DIN 3996:2018-09 (D)

Erscheinungsdatum: 2018-08-24

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	15
4.1 Grundlagen, Wechselwirkungen	15
4.1.1 Verschleiß.....	15
4.1.2 Grübchenschäden.....	15
4.1.3 Fressen.....	15
4.1.4 Wechselwirkung zwischen Fressen und Verschleiß.....	16
4.1.5 Wechselwirkung zwischen Verschleiß und Grübchen	16
4.1.6 Wechselwirkung zwischen Verschleiß und Zahnbruch.....	16
4.1.7 Riefenbildung	16
4.2 Absolutrechnung bzw. Relativrechnung.....	16
4.2.1 Absolutrechnung	16
4.2.2 Relativrechnung	16
4.3 Standard-Referenzgetriebe.....	17
4.4 Berechnungsansätze, Methoden A, B, C.....	18
4.4.1 Methode A	18
4.4.2 Methode B	18
4.4.3 Methode C	19
4.5 Sicherheitsfaktoren	19
4.6 Hinweis auf Zahlenwertgleichungen	19
4.7 Sonstige Hinweise	19
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	20
6.2.2 Zahnkraftkomponenten	21
6.3 Gleitgeschwindigkeit am Mittenkreis.....	22
6.4 Physikalische Kennwerte	22
6.4.1 Allgemeines	22
6.4.2 Mittlere Hertzsche Pressung	23
6.4.3 Mittlere Schmierpaltdicke.....	24
6.4.4 Mittlerer Gleitweg.....	25
6.5 Berechnung der mittleren Flankenpressung.....	25
6.6 Berechnung der mittleren minimalen Schmierpaltdicke	26
6.6.1 Berechnung der mittleren minimalen Schmierpaltdicke zur Bestimmung des Verschleißabtrages.....	26

6.6.2	Berechnung der mittleren minimalen Schmierpaltdicke zur Berechnung des Verzahnungswirkungsgrades	27
6.7	Berechnung der kinematischen Viskosität.....	28
6.8	Berechnung der dynamischen Viskosität beim Umgebungsdruck	29
6.9	Berechnung des Verschleißweges	29
7	Wirkungsgrad und Verlustleistung.....	29
7.1	Allgemeines.....	29
7.2	Gesamtwirkungsgrad.....	29
7.2.1	Methode A.....	29
7.2.2	Methoden B und C	30
7.3	Gesamtverlustleistung.....	30
7.3.1	Methode A.....	30
7.3.2	Methode B.....	30
7.4	Lastabhängiger Verzahnungswirkungsgrad	30
7.4.1	Methode A.....	30
7.4.2	Methode B.....	30
7.4.3	Methode C	31
	Der Winkel des $\arctan \mu_{zm}$ in den Gleichungen (40) und (41) ist in ° einzusetzen.....	31
7.4.4	Grenzreibungszahl.....	31
7.4.5	Festkörpertraganteil.....	31
7.4.6	Flüssigkeitsreibungszahl.....	32
7.4.7	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuchsergebnisse.....	34
7.5	Lastabhängige Verzahnungsverlustleistung	34
7.5.1	Methode A.....	34
7.5.2	Methode B.....	34
7.5.3	Methode C	34
8	Verschleißtragfähigkeit	34
8.1	Allgemeines.....	34
8.2	Verschleißsicherheit.....	35
8.3	Zu erwartender Verschleißabtrag.....	35
8.3.1	Methode A.....	35
8.3.2	Methoden B und C	35
8.4	Zulässiger Verschleißabtrag.....	40
8.5	Anpassung des Rechenverfahrens an eigene Versuche.....	41
9	Grübchentragfähigkeit	41
9.1	Allgemeines.....	41
9.2	Grübchensicherheit.....	42
9.3	Auftretende Flankenpressung	42
9.3.1	Methode A.....	42
9.3.2	Methoden B und C	42
9.4	Grenzwert der Flankenpressung.....	42
9.5	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuche.....	44
10	Durchbiegung	44
10.1	Allgemeines.....	44
10.2	Durchbiegesicherheit	44
10.3	Auftretende Durchbiegung	44
10.3.1	Methode A.....	44
10.3.2	Methode B.....	44
10.3.3	Methode C	44
10.4	Grenzwert der Durchbiegung.....	45
11	Zahnfußtragfähigkeit.....	45
11.1	Allgemeines.....	45
11.2	Zahnbruchsicherheit.....	45
11.3	Methode A.....	46
11.4	Methode B.....	46

11.5	Methode C	46
11.5.1	Auftretende Zahnfußspannung	46
11.5.2	Grenzwert der Schub-Nennspannung am Zahnfuß	47
11.5.3	Anpassung des Berechnungsverfahrens an eigene Versuche	50
12	Temperatursicherheit	50
12.1	Allgemeines	50
12.2	Temperatursicherheit bei Tauchschmierung	50
12.3	Auftretende Ölsumpftemperatur	51
12.3.1	Methode A	51
12.3.2	Methode B	51
12.3.3	Methode C	51
12.4	Grenzwert der Ölsumpftemperatur	52
12.5	Temperatursicherheit bei Einspritzschmierung	52
12.6	Kühlleistung	53
12.6.1	Methode A	53
12.6.2	Methode B	53
12.6.3	Methode C	53
13	Bestimmung der Radmassentemperatur	53
13.1	Allgemeines	53
13.2	Radmassentemperatur bei Tauchschmierung	53
13.2.1	Methode A	53
13.2.2	Methode B	53
13.2.3	Methode C	53
13.3	Radmassentemperatur bei Einspritzschmierung	54
13.3.1	Methode A	54
13.3.2	Methode B	54
13.3.3	Methode C	54
Anhang A (informativ) Hinweise zu den inneren Kräften und zur Kraftverteilung		56
Anhang B (informativ) Hinweise zu den physikalischen Kennwerten		57
Anhang C (informativ) Methoden zur Ermittlung der Kennwerte		58
Anhang D (informativ) Schmierpaltdicke nach der EHD-Theorie		60
Anhang E (informativ) Berechnung des Verschleißweges		61
Anhang F (informativ) Hinweise zur Berechnung des Verschleißabtrags		62
Anhang G (informativ) Hinweise zur Zahnfußtragfähigkeit		63
Anhang H (informativ) Lebensdauerabschätzung grübchengefährdeter Radsätze		64
Anhang I (informativ) Beispiele		66
Literaturhinweise		71

Bilder

Bild 1	— Betrachtung der Abweichungen am Beispiel der Einflussgröße „Achsabstand“ (lineares Fehlergesetz zugrunde gelegt)	17
Bild 2	— Zahnkraftkomponenten bei rechtssteigender Schnecke	21
Bild 3	— Veränderung des Druckviskositätskoeffizienten über der Temperatur	28
Bild 4	— Reibleistungskennzahl R	33
Bild 5	— Bezugsverschleißintensitäten nach [14], [15], [23]	37
Bild 5	— Bezugsverschleißintensitäten nach [14], [15], [23] (<i>fortgesetzt</i>)	38
Bild 6	— Lagerabstände	45

Bild 7 — Kranzdickenfaktor Y_K	47
Bild 8 — Lebensdauerfaktor Y_{NL} nach Versuchen [13]	50
Bild C.1 — Berechnete Berührlinien für ein Beispiel (Projektion in die Radebene).....	58

Tabellen

Tabelle 1 — Übliche Schneckenradwerkstoffe	7
Tabelle 2 — Formelzeichen, Benennung und Einheit	9
Tabelle 3 — Hauptdaten des Standard-Referenzgetriebes	18
Tabelle 4 — E-Module und Querkontraktionszahlen.....	26
Tabelle 5 — Werkstoff-Schmierstofffaktor W_{ML}	39
Tabelle 6 — Dichte für Schneckenradwerkstoffe nach [15]	41
Tabelle 7 — Grübchenfestigkeiten nach [15]	42
Tabelle 8 — Schub-Dauerfestigkeitswerte τ_{FlimT} für verschiedene Radwerkstoffe	48
Tabelle 9 — Lebensdauerfaktor Y_{NL} in Abhängigkeit von der Lastspielzahl N_L, dem Werkstoff und der zulässigen Qualität des Schneckenrades	49