

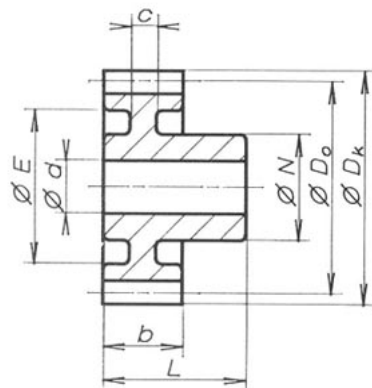
Stirnzahnrad Polyacetal Modul 1,0 Z 12-140

Stirnzahnrad, geradeverzahnt,
Modul 1,0

Werkstoff Polyacetal, gespritzt
Eingriffswinkel 20°
Farbe Weiß

b= 9mm
L= (von Z12 bis Z23) 17mm
(von Z24 bis Z140) 18mm

Z=Zähnezahl
Alle Maße in mm



Z	ø Dk	ø Do	ø d	ø N	E	c	Artikel-Nr.	Preis p. Stk.
12	14,0	12,0	4	9	-	-	SH 10 12	1,12
13	15,0	13,0	4	9	-	-	SH 10 13	1,15
14	16,0	14,0	4	9	-	-	SH 10 14	1,17
15	17,0	15,0	4	9	-	-	SH 10 15	1,17
16	18,0	16,0	4	9	-	-	SH 10 16	1,20
17	19,0	17,0	4	9	-	-	SH 10 17	1,22
18	20,0	18,0	4	9	13,5	6	SH 10 18	1,25
19	21,0	19,0	4	9	13,5	6	SH 10 19	1,33
20	22,0	20,0	4	9	13,5	6	SH 10 20	1,38
21	23,0	21,0	5	12	16,0	6	SH 10 21	1,40
22	24,0	22,0	5	12	16,0	6	SH 10 22	1,43
23	25,0	23,0	5	12	16,0	6	SH 10 23	1,43
24	26,0	24,0	6	15	19,0	6	SH 10 24	1,45
25	27,0	25,0	6	15	19,0	6	SH 10 25	1,50
26	28,0	26,0	6	15	19,0	6	SH 10 26	1,56
27	29,0	27,0	6	15	19,0	6	SH 10 27	1,58
28	30,0	28,0	6	15	22,0	6	SH 10 28	1,61
30	32,0	30,0	6	15	22,0	6	SH 10 30	1,63
32	34,0	32,0	6	18	24,5	4,6	SH 10 32	1,68
35	37,0	35,0	8	18	24,5	4,6	SH 10 35	1,79
36	38,0	36,0	8	18	28,0	4,6	SH 10 36	1,84
38	40,0	38,0	8	18	28,0	4,6	SH 10 38	1,86
40	42,0	40,0	8	18	28,0	4,6	SH 10 40	1,91
42	44,0	42,0	8	18	37,0	4,6	SH 10 42	2,04
45	47,0	45,0	8	18	37,0	4,6	SH 10 45	2,22
48	50,0	48,0	8	18	37,0	4,6	SH 10 48	2,30
50	52,0	50,0	8	18	37,0	4,6	SH 10 50	2,63
52	54,0	52,0	8	21	47,0	4,6	SH 10 52	2,70
54	56,0	54,0	8	21	47,0	4,6	SH 10 54	2,78
55	57,0	55,0	8	21	47,0	4,6	SH 10 55	2,86
56	58,0	56,0	8	21	47,0	4,6	SH 10 56	2,96
58	60,0	58,0	8	21	58,0	4,6	SH 10 58	3,03
60	62,0	60,0	8	21	47,0	4,6	SH 10 60	3,14
64	66,0	64,0	10	21	57,0	4,6	SH 10 64	3,19
65	67,0	65,0	10	21	57,0	4,6	SH 10 65	3,21
70	72,0	70,0	10	21	57,0	4,6	SH 10 70	3,24

72	74,0	72,0	10	21	67,0	4,6	SH 10 72	3,32
75	77,0	75,0	10	21	67,0	4,6	SH 10 75	3,42
80	82,0	80,0	10	21	67,0	4,6	SH 10 80	3,57
85	87,0	85,0	10	21	77,0	4,6	SH 10 85	3,72
90	92,0	90,0	10	21	77,0	4,6	SH 10 90	3,95
100	102,0	100,0	12	24	87,0	4,6	SH 10 100	4,41
110	112,0	110,0	12	24	97,0	4,6	SH 10 110	4,44
120	122,0	120,0	12	24	107,0	4,6	SH 10 120	5,02
130	132,0	130,0	12	24	115,0	4,6	SH 10 130	5,23
140	142,0	140,0	12	24	125,0	4,6	SH 10 140	5,46

Der **Modul** m ist ein wichtiges Verzahnungsmaß in der Getriebelehre und ist definiert als der Quotient aus Teilkreis-Durchmesser d (in mm) und Zähnezahl z , bzw. aus Teilung p und Kreiszahl π :

$$m = \frac{d}{z} = \frac{p}{\pi}$$

Bei runden Werten des Moduls ergeben sich auch runde Werte für die Teilkreisdurchmesser der Zahnräder und deren Achsabstand. Kopf- und Fußhöhe einer Verzahnung werden als Vielfache des Moduls angegeben.

Eigenschaften von Zahnrädern aus Kunststoff

Unsere Zahnräder werden im Spritzgießverfahren aus Hostaform C* (Polyacetal) hergestellt. Dieser Kunststoff vereint in sich bedeutende Eigenschaften, die für Zahnräder von Vorteil sind:

1. Abriebfestigkeit

Hohe Härte und niedriger Reibungskoeffizient tragen dazu bei, daß Zahnräder aus Hostaform C ein günstigeres Abriebverhalten zeigen als aus anderen Kunststoffen – und sogar aus manchen Metallen – gefertigte Zahnräder.

2. Biege-Wechselfestigkeit und Zugfestigkeit

Abb. 1

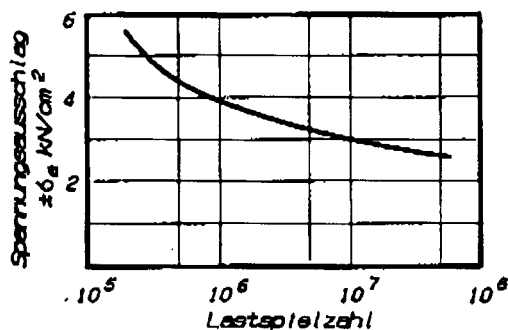
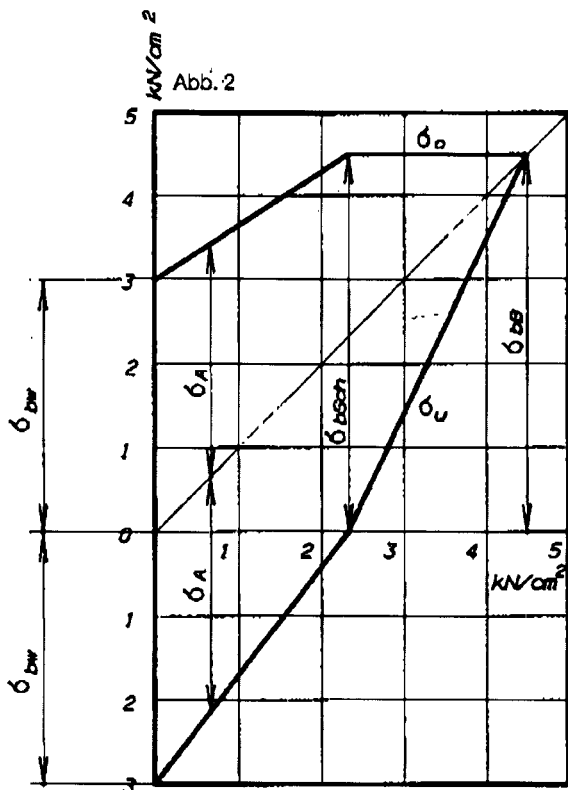


Abbildung 1 zeigt die Wöhlerkurve für Hostaform C 9020 im Biege-Wechselbereich.

Abbildung 2 zeigt das Zeitfestigkeits-Schaubild für Biege-Wechselbeanspruchung.
($N = 10^7$, $f = 10$ Hz, Prüftemperatur 20°C)



Als Grenzbiegespannung von Hostaform C wurden am Normkleinstab von 4 mm $11,70\text{ kN/cm}^2$ ermittelt. Die Zugfestigkeit beträgt 7 kN/cm^2 .

3. Einfluß von Feuchtigkeit

Im Gegensatz zu anderen Thermoplasten werden die guten Eigenschaften durch Luftfeuchtigkeit oder Schmieröle nicht beeinträchtigt. Zahnräder aus Hostaform C arbeiten auch unter Wasser einwandfrei. Abbildung 3 zeigt die Reißfestigkeit von Hostaform C nach Lagerung in kochendem Wasser.

Abb. 4

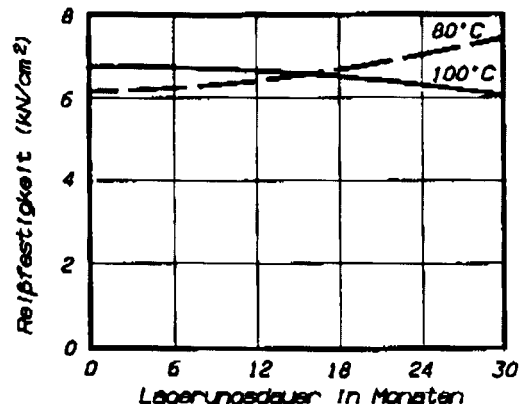
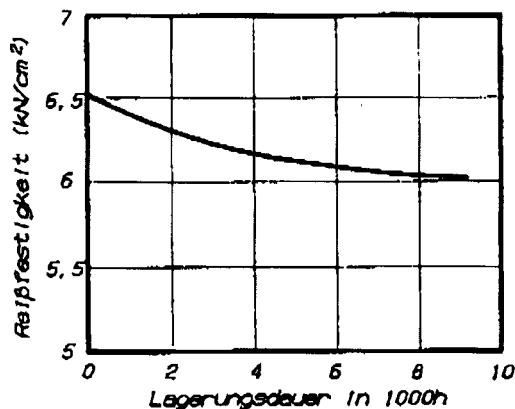


Abb. 3



4. Gebrauchstemperatur in Luft

Abbildung 4 zeigt die Reißfestigkeit von Hostaform C in Abhängigkeit von Lagerungsdauer und Temperatur.

Der Temperaturbereich, in dem Zahnräder aus Hostaform C eingesetzt werden können, beträgt unter Beachtung von Höhe und Dauer der Beanspruchung -40°C bis $+140^\circ\text{C}$.

Verhalten bei kurzzeitiger Beanspruchung

Das Verhalten von Werkstoffen bei zügiger und kurzzeitiger Beanspruchung wird im Zugversuch nach DIN 53 455 untersucht. Er liefert bei Hostaform die Meßgrößen Streckspannung, Reißfestigkeit und Reißdehnung.

Hostaform als technischer Thermoplast weist Festigkeiten auf, die deutlich über denen der Standardkunststoffe liegen. So zeigt Abb. 1 die für verschiedene Thermoplaste in Abhängigkeit von der Temperatur ermittelten Streckspannungen.

Eine Vorstellung von der Steifheit des Hostaform C nach einer Beanspruchungsdauer von 5 s bei verschiedenen Temperaturen vermittelt Abb. 3 am Beispiel der nach DIN 53 447 bestimmten Torsionssteifheit verschiedener Thermoplaste.

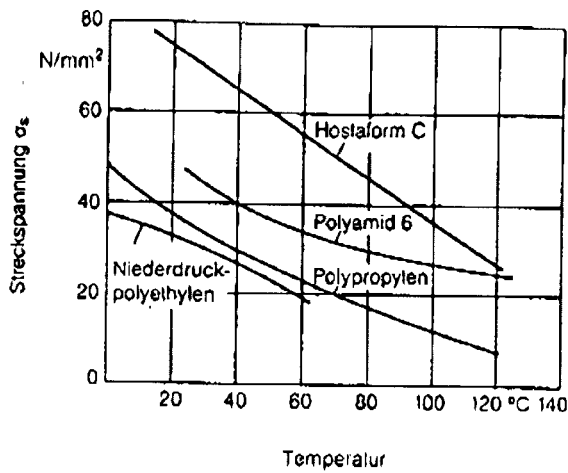


Abb. 1: Streckspannung verschiedener Thermoplaste in Abhängigkeit von der Temperatur (Verformungsgeschwindigkeit 12,5 mm/min., Probekörper 3 mit Abmessungen 1 : 4, hergestellt aus gepreßter Platte)

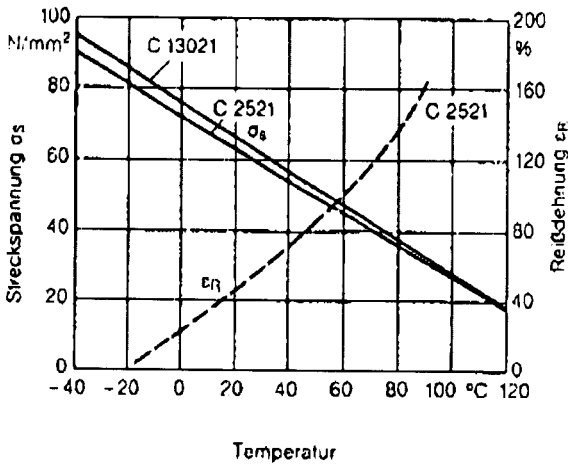


Abb. 2: Streckspannung σ_s von Hostaform C 2521 und C 13021 sowie Reißdehnung ε_R von Hostaform C 2521 in Abhängigkeit von der Temperatur (Verformungsgeschwindigkeit 50 mm/min. Probekörper 3).

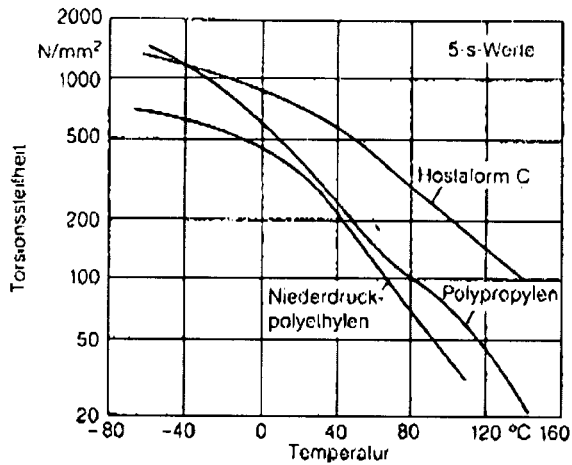


Abb. 3: Torsionssteifheit verschiedener Thermoplaste in Abhängigkeit von der Temperatur (gemessen nach DIN 53 447).

Verhalten bei langzeitiger Beanspruchung

Die im Kriechversuch bei Zugbeanspruchung ermittelten Dehnungen und Kriechmodulin können in guter Näherung auch für Biege- und Druckbeanspruchung verwendet werden. Damit eine ausreichende Sicherheit gegen Bruch gegeben ist, wird bei Konstruktionen üblicherweise mit Dehnungen von 0,5 bis 1% gerechnet.

Abb. 4. zeigt die an Zugstäben aus Hostaform C 9021 in Luft ermittelten Kriechkurven (Zeit-Dehnlinsen) für mehrere Spannungen bei der Prüftemperatur 20° C. Begrenzt werden diese Linien durch die Zeitstandfestigkeit (Bruchkurve). Man liest z.B. für eine Spannung von 10 N/mm² und eine Belastungsdauer von zehn Jahren eine Dehnung von 1,1% ab.

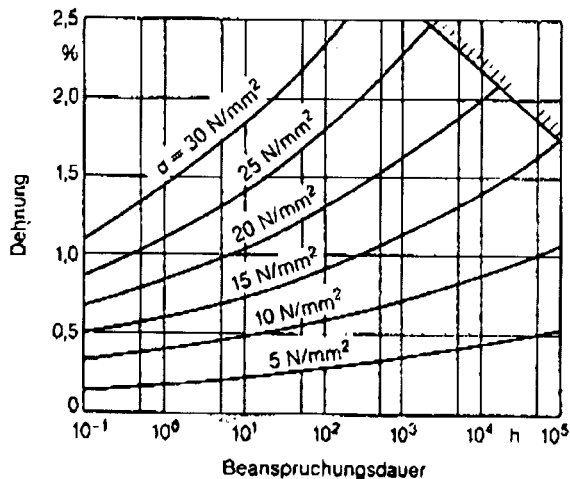
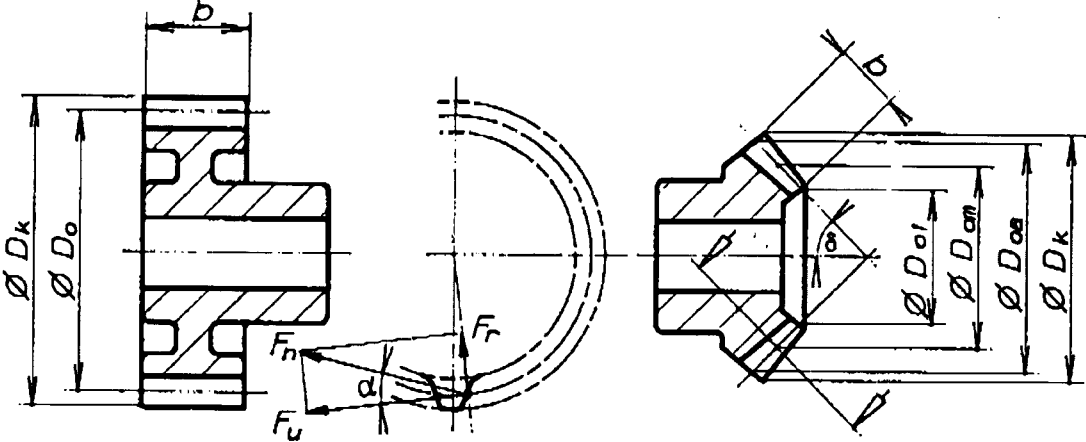


Abb. 4: Zeit-Dehnlinsen (Kriechkurven) von Hostaform C 9021 (Prüftemperatur 20° C, gemessen in Luft, ermittelt nach DIN 53444)

Berechnung von Zahnrädern aus Polyacetal



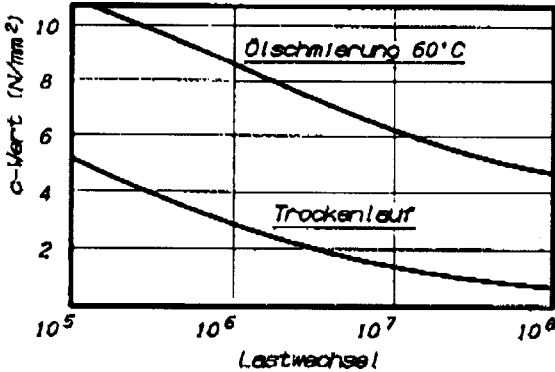
1. In den meisten Fällen genügt bei Kunststoffzahnradern eine Überschlagsrechnung mit dem sog. c-Wert:

$$D_{om} = D_{oa} - b \cdot \sin \delta$$
$$m_m = \frac{D_{om}}{z}$$
$$t_m = m_m \cdot \pi$$
$$F_u = c \cdot b \cdot t_m$$

$$P = \frac{F_u \cdot D_{om} \cdot n}{19,48 \cdot 10^6}$$

P übertragbare Leistung in kW
m_m mittlerer Modul
t_m Teilung bei Dom
F_u Umfangskraft

Abb. 5



2. Zahnfußfestigkeit

Kerbziffer q_r = 1.1 - 1.2

$$\sigma_v = \frac{F_u \cdot q_k \cdot q_r}{m_m \cdot b}$$

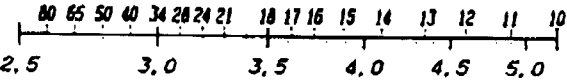
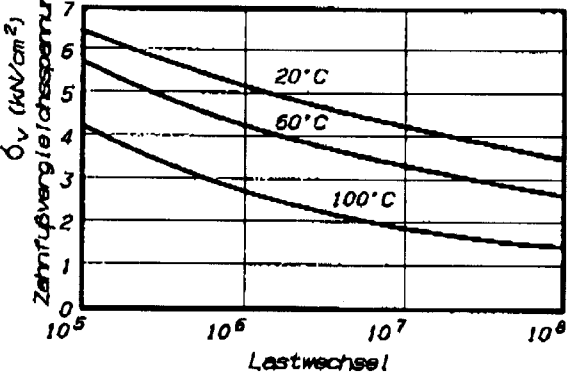


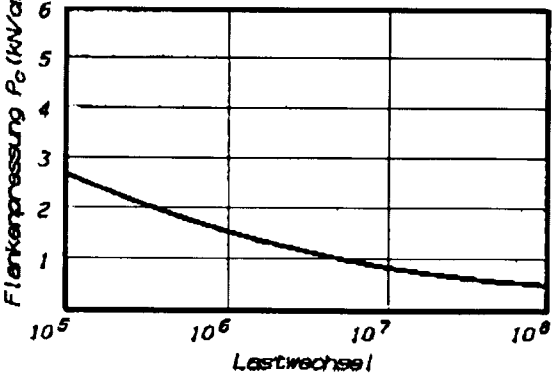
Abb. 6



3. Flankenpressung Pc

$$P_c = \sqrt{\frac{F_u \cdot (1+i)}{b \cdot D_o \cdot i}} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \cdot \sin \delta \cdot \cos \delta}}$$

Abb. 7



i = Übersetzungsverhältnis
E₁, E₂ Elastizitätsmodul der Zahnradwerkstoffe
E für Hobaform C = 140 kN/cm²
α Eingriffswinkel 20°

Berechnung von Zahnrädern aus Polyacetal

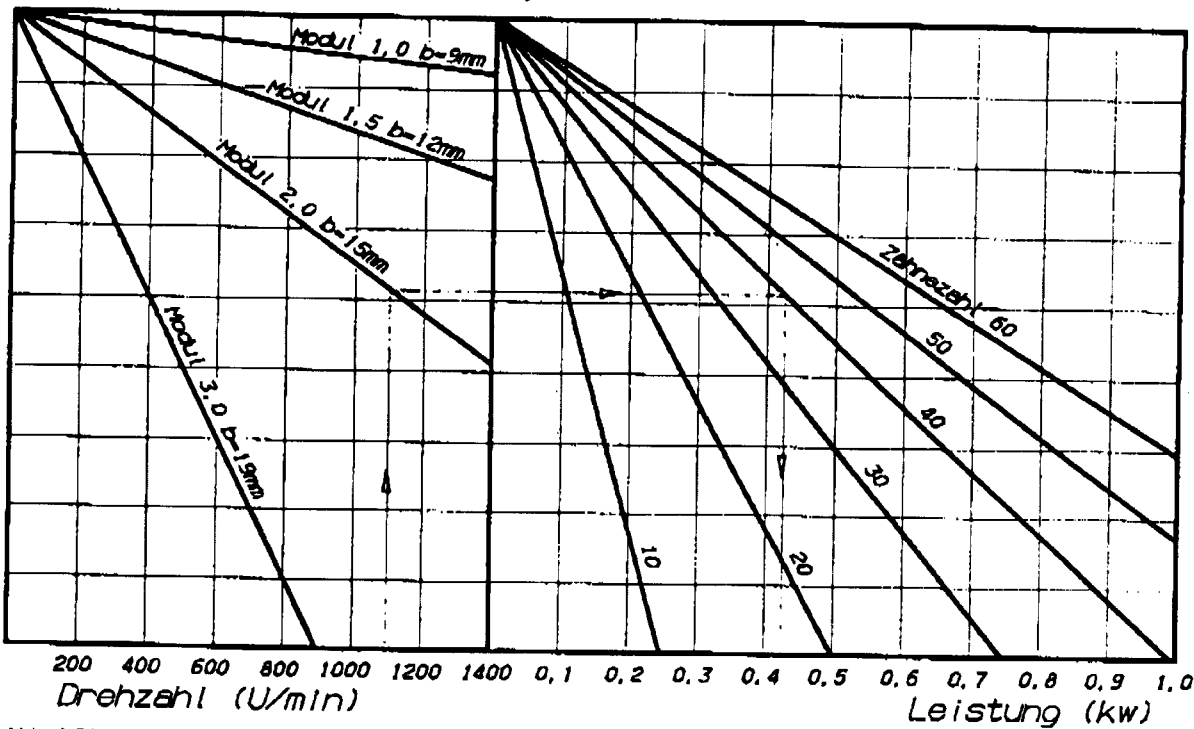


Abb. 8 Diagramm zur Ermittlung der Leistungsübertragung von Zahnrädern aus Polyacetal.

Berechnungsbeispiele:

1. Stirradberechnung

Abmessungen der Stirnräder:

Modul $m = 2 \text{ mm}$
 Zähnezahl $z = 30$
 Zahnbreite $b = 15$
 Drehzahl $n = 1500 \text{ U/min.}$
 Übersetzung $i = 1$
 c-Wert gewählt mit 1 N/mm^2
 nach Abb. 5

Teilung:

$$t = m \cdot \pi$$

$$= 2 \cdot 3,14$$

$$= 6,28 \text{ mm}$$

Umfangskraft:

$$F = c \cdot b \cdot t$$

$$= 1 \cdot 15 \cdot 6,28$$

$$= 94,2 \text{ N}$$

Teilkreisdurchmesser:

$$D = m \cdot z$$

$$= 2 \cdot 30$$

$$= 60 \text{ mm}$$

Übertragbare Leistung:

$$P = \frac{F_u \cdot D_{cm} \cdot n}{19,48 \cdot 10^6} = \frac{9,42 \cdot 60 \cdot 1500}{19,48 \cdot 10^6} = \underline{\underline{0,435 \text{ kw}}}$$

Zahnfußvergleichsspannung:

$$\sigma_v = \frac{F_u \cdot q_k \cdot q_r}{m_m \cdot b} = \frac{94,2 \cdot 3,1 \cdot 1,2}{2 \cdot 15} = \underline{\underline{11,7 \text{ N/mm}^2}}$$

Nach Abb. 6 beträgt die zulässige Zahnfußvergleichsspannung bei einer Betriebstemperatur von 60°C 28 N/mm^2

Flankenpressung:

$$P_C = \sqrt{\frac{F_u}{b \cdot D_o} \cdot \frac{1+i}{1}} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \sin \alpha \cdot \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{94,2}{15 \cdot 60} \cdot 2} \cdot \sqrt{\frac{0,8}{\frac{1}{1400} + \frac{1}{1400} \cdot 0,342 \cdot 0,939}} = \underline{\underline{19,1 \text{ N/mm}^2}}$$

Nach Abb. 7 ist der Grenzwert für den Verschleiß der Zahnräder ungefähr nach 5 Mill. Lastwechsel erreicht.

2. Kegelnradberechnung

Abmessungen der Kegelnrader:

Modul $m = 3 \text{ mm}$
 Zähnezahl $z = 16$
 Zahnbreite $b = 13,8$
 Drehzahl $n = 1000 \text{ U/min.}$
 Übersetzung $i = 1$
 c-Wert gewählt mit 1 N/mm^2
 nach Abb. 5

$$D_{os} = m \cdot z = 3 \cdot 16 = 48 \text{ mm}$$

$$D_{om} = D_{os} \cdot b \cdot \sin \delta = 48 \cdot 13,8 \cdot 0,7071 = 38,24 \text{ mm}$$

$$m_m = \frac{D_{om}}{z} = \frac{38,24}{16} = 2,4 \text{ mm}$$

$$t_m = m_m \cdot \pi = 2,4 \cdot 3,14 = 7,54 \text{ mm}$$

$$F_u = c \cdot b \cdot t_m = 1 \cdot 13,8 \cdot 7,54 = 104 \text{ N}$$

$$P = \frac{F_u \cdot D_{om} \cdot n}{19,48 \cdot 10^6} = \frac{104 \cdot 38,24 \cdot 1000}{19,48 \cdot 10^6} = \underline{\underline{0,20 \text{ kw}}}$$

Bei der Berechnung der Zahnfußvergleichsspannung und der Flankenpressung erfolgt der Rechengang wie bei der Stirradberechnung.