MEGJEGYZÉSEK AZ EGYENES, KÜLSŐ FOGAZÁSÚ HENGERES KEREKEK MÉRETEZÉSÉHEZ

DR. TERPLÁN ZÉNÓ
tszv. egyetemi tanár
a műszaki tudományok kandidátusa

Kézirat beérkezett 1960. február 28-án

A mai gyakorlat szerint egyenes, külső fogazású hengeres fogaskerekeket úgy méretezünk, hogy a P teljesítmény, az n_1 hajtó tengely fordulatszáma, az i módosítás vagy áttétel, és esetleg az a tengelytávolság ismeretében első lépésként az anyag megválasztása után kiszámítjuk az a tengelytávolságot (vagy adott tengelytávolsághoz anyagjellemzőt), amelyhez fel kell venni ε kerékkapcsolószöget. Ezután az m modult számítjuk ki, amelyhez viszont y fogalaktényezőt kell felvenni. A modul és a tengelytáv ismeretében z_1 és z_2 fogszámok is meghatározhatók. Második lépésként a geometriai méretezést végezhetjük el, vagyis a, m, α, z_1 és z_2 ismeretében kiszámítjuk ε pontosabb értékét és a h' elméleti fogmagasságot. h' ismeretében a kiegyenlített csúszás feltételezésével megszerkesztjük, kiszámítjuk vagy táblázatokból leolvassuk h' helyét a főpont körül, amellyel viszont R_1 és R_2 fejkörsugarak (1. táblázat) továbbá a $\varkappa$ kapcsolószám határozható meg. Harmadik lépésként célszerű ellenőrző szilárdsági számítást végezni felületi nyomásra, hajlításra és melegedésre.

A táblázat képleteit e dolgozatban nem vezetjük le, helyette a magyar szakirodalomra hivatkozunk [2]—[4].

A számítás a táblázat szerint eléggé nagy pontosságot kíván, helyenkint hét tizedes pontosságot. A fogaskerekekkel foglalkozó szakemberek mindennapi tapasztalatukból ismerik e kívánság fontosságát. Alábbiakban a hibaszámítás segítségével olvasható az előírás bizonyítása.

A táblázatban látható az

$$x = \frac{z_1 + z_2}{2} \, \frac{\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha}{\mathrm{tg}\,\alpha} \quad \text{összefüggés.}$$

Ha ezt a képletet az abszolút és relatív hibaszámítás módszerével vizsgáljuk [5], akkor a fajlagos szerszámelállítások összegének hibája a következő [4]:

$$\Delta x = \frac{z_1 + z_2}{2} \left(\frac{|\Delta\,\mathrm{inv}\,\varepsilon| + |\Delta\,\mathrm{inv}\,\alpha|}{\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha} + \frac{|\Delta\,\mathrm{tg}\,\alpha|}{\mathrm{tg}\,\alpha} \right) \frac{\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha}{\mathrm{tg}\,\alpha} =$$

$$= \frac{z_1 + z_2}{2} \, \frac{\mathrm{tg}\,\alpha \left(|\Delta\,\mathrm{inv}\,\varepsilon| + |\Delta\,\mathrm{inv}\,\alpha| \right) + |\Delta\,\mathrm{tg}\,\alpha| \left(\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha \right)}{\mathrm{tg}^2\,\alpha} =$$

$$= \frac{z_1 + z_2}{2} \, \frac{|\Delta\,\mathrm{inv}\,\varepsilon| + |\Delta\,\mathrm{inv}\,\alpha|}{\mathrm{tg}\,\alpha},$$

1. táblázat [4]

Egyenes, külső fogazású hengeres kerékpár számítási lapja					Tízedes pontosság
$z_1 =$	$z_2 =$	$m =$	$a_0 =$	$a =$	
$\alpha = 20°$	$\cos\,\varepsilon = \frac{a_0}{a}\cos\alpha =$				7
$\cos\alpha = 0{,}9396926$	$\varepsilon =$	$\mathrm{inv}\,\varepsilon =$			8 ill. 0,00″
$\mathrm{tg}\,\alpha = 0{,}3639702$		$\mathrm{inv}\,\alpha = 0{,}01490438$			
$\sin\alpha = 0{,}3420201$		$\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha =$			
$x = \frac{z_1 + z_2}{2}\,\frac{\mathrm{inv}\,\varepsilon - \mathrm{inv}\,\alpha}{\mathrm{tg}\alpha} =$		$\delta = \frac{a - a_0}{m} =$			7
$c_0' = 0{,}2$	$h_v' = \left(2 - \frac{x - \delta}{1 + c_0'}\right) m =$	$h' = [2 - (x - \delta)]m =$			6
$h = 1{,}1\,h_v' =$ vagy $= h + c_v' m =$	$s =$	$h_v = h + \frac{s}{4\sin\alpha} =$			6/3/2
$f_{g1} =$		$f_{g2} = h' - f_{g1} =$ vagy $h_v' - f_{g1}$			6
$r_{g1} = \frac{a}{1 + i} =$		$r_{g2} = a - r_{g1} =$			6
$R_1 = r_{g1} + f_{g1} =$		$R_2 = r_{g2} + f_{g2} =$			6
$r_{l1} = R_1 - h =$		$r_{l2} = R_2 - h =$			6
$r_{l1}/m =$		$r_{l2}/m =$			7
$x_1 = \frac{r_{l1}}{m} + 1{,}2 - \frac{z_1}{2} =$		$x_2 = x - x_1$			7
$* M_a'(n) = \left[M_1 m - \frac{s}{2} - \frac{H_e}{3} + 0{,}684\, m x \right]^{0{,}000}_{-\mathrm{H}}$					2

* Többfogméret (M_1 táblázatból, H_e az excentricitás tűrése)

ahol a Δ-k hiba-jelek. Ha $(z_1 + z_2)/2 \approx 50 \ldots 100$ feltevést tesszük és $\mathrm{tg}\,20° = 0{,}364$-gyel számolunk, akkor a következők írhatók:

$$\Delta x \approx 150 \ldots 300\ (|\Delta\,\mathrm{inv}\,\varepsilon\,| + |\,\Delta\,\mathrm{inv}\,a\,|)\,.$$

Kedvezőtlen esetben tehát $\mathrm{inv}\,\varepsilon$ és $\mathrm{inv}\,a$ meghatározásakor elkövetett hibák összegének 300-szorosa érvényesül x számításában. Pedig x-nek fontos szerepe van a fogaskerék gyártásban. Ha ugyanis μm pontossággal kívánjuk a fogaskereket a gyártó gépen beállítani, akkor ehhez $\Delta x \leqq 10^{-4}$ mm biztonságú x-re van szükségünk, azaz

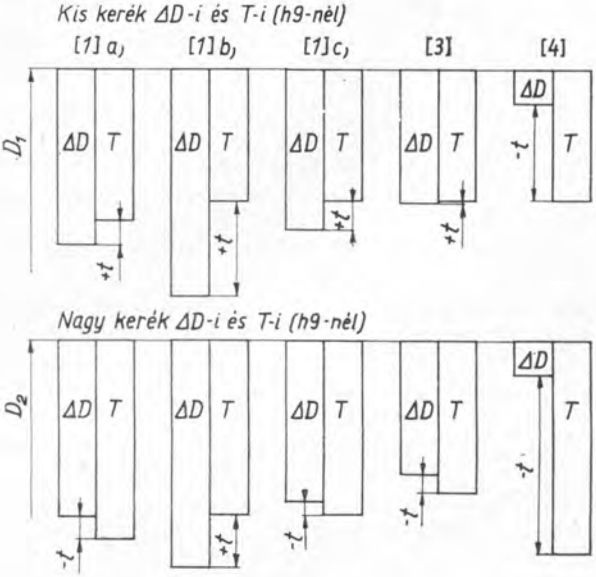
$$|\,\Delta\,\mathrm{inv}\,\varepsilon\,| + |\,\Delta\,\mathrm{inv}\,a\,| \leqq \frac{10^{-4}}{3 \cdot 10^2} = \frac{10^{-6}}{3} = 0{,}33 \cdot 10^{-7}\,,$$

amelyet a hetedik tizedesre pontos leolvasással biztosan elérünk.

A táblázat feltünteti *az elméleti fogmagasság számítását*:

$$h'_v = \left(2 - \frac{x - \delta}{1 + c'_0}\right) m .$$

Ez a képlet annak feltételezésével adódott, hogy az általános fogazásban a c fejhézagot nem tartottuk állandónak, hanem $c = \frac{c'_0}{2} h'$-vel számoltunk, ahol c'_0 a fejhézagtényező (a magyar szabványok szerint jelenleg $c'_0 = 0{,}2$, régebben $^1/_6$, a jövőben pedig 0,25). A képletben δ a fajlagos tengelytávnövekmény.



1. ábra

Ha $c = c'_0\, m =$ const.-sal számolunk, akkor

$$h' = [2 - (x - \delta)]\, m.$$

(Mindkét képlet levezetését l. [2]—[4]-ben.)

A 2. táblázat azt mutatja, hogy a hazai fogaskerék szakirodalom [1], [3], [4] néhány számpéldájában mekkora az elméleti fogmagasságnövekmény, vagy annak kétszerese, mint fejkörátmérőnövekmény, ha változó fejhézaggal számolunk:

$$\Delta D = 2\, (h'_v - h').$$

Összehasonlításul feltüntettük a fogaskerekek külső átmérőjére szokásos **h9**, továbbá a **h11** illesztési jel tűréseit is.

A 2. táblázatból az a tapasztalat vonható le, hogy:

1. $(h'_v - h')$-vel alig növekszik h' (l. $\Delta D/2h'$ értékeket, amelyek egyszer sem haladják meg az 1,3%-kot). Ennél biztosan nagyobb hibát követünk el a kiegyenlített csúszás szerkesztésekor.

2. táblázat

Irodalmi hivatkozás	ΔD	$\frac{\Delta D}{2h'}$	Fejkörátmérők		**h** 9-nél		**h** 11-nél		Főbb adatok: $\alpha = 20°$			
			D_1	D_2	D_1-re	D_2-re	D_1-re	D_2-re	$z_1 + z_2$	i	m	c'_0
	μm	%	mm		μm		μm				mm	
[1] a)	116	1,29	140,604	308,698	—100	—130	—250	—320	172	2,24	2,5	1/6
b)	150	0,89	93,984	193,115	— 87	—115	—220	—290	58	2,24	4,5	1/6
c)	106	0,43	89,692	241,674	— 87	—115	—220	—290	50	3,167	6,0	1/6
[3]	88	0,46	108,70	166,80	—87	—100	—220	—250	50	1,632	5,0	0,2
[4]	23	0,30	89,40	342,48	— 87	—140	—220	—360	210	4,0	2,0	0,2

2. A ΔD növekmény a legkedvezőtlenebb esetben alig ad néhány μm fogmagasságtöbbletet (t). (1. ábra).

3. A h'_v számításának csak akkor van értelme, ha az együttjár az előírt tűrések vizsgálatával, s ekkor esetleg a szokásos **h**9, **h**10, **h**11 jelű előírásokat célszerű mind betűjelben, mind minőségi fokozatban megváltoztatni (pl. [4] esetében a tűrést mindenképpen szűkebben kellene előírni, mint **h**9, különben h'_v számításának nincs gyakorlati értelme).

Összefoglalásul tehát megállapítható, hogy a pontos geometriai fogaskerék méretezés során szükség van helyenként héttizedes pontosságú számításra, viszont az általános fogazás változó fejhézagú számításra az elért növekménynek a szokásos tűrésekkel közel azonos értéke miatt, nemsok értelme van.

IRODALOM

[1] *Botka Imre:* Profilkiválasztási táblázat és használati utasítás kétkerékkapcsolás szélső kontaktfelületein hőkiegyenlített fogazáshoz. (Kézirat) Budapest, 1954.

[2] *Botka Imre:* Egységes magyar homlokkerék fogazási rendszer. Budapest, 1953. Mérnöki Továbbképző Intézet.

[3] *Vörös Imre:* Gépelemek III. (Fogaskerekek). Budapest, 1956. Tankönyvkiadó.

[4] *Terplán Zénó—Lévai Imre:* Gépelemek IV. (Fogaskerekek). (Kézirat). Budapest, 1957. Felsőoktatási jegyzetellátó.

[5] *Terplán Zénó:* Műszaki mérések elemei. (Kézirat). Miskolc, 1950. Felsőoktatási jegyzetellátó.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАСЧЕТУ ПРЯМЫХ, ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС С НАРУЖНЫМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

ДР. З. ТЕРПЛАН

Резюме

В статье приводятся замечания к двум вопросам в связи с принятым в настоящее время методом расчета зубчатых колёс. С одной стороны обосновывается требование точности до 7-ми десятичных для некоторых данных расчета геометрии колёс, а с другой

стороны при вычислении так называемой теоретической высоты зуба общего зацепления, достаточно учитывать постоянное значение зазора головки зуба, так как увеличение высоты зуба или диаметра головной окружности (окружности выступов) вследствие изменяющегося зазора головки зуба, пренебрегаемо малое значение, обыкновенно меньшее обычно принимаемых допусков на диаметр выступов. Если конструктор всётаки проводит вычисление с учетом зазора головки зуба изменяющейся величины, то от должен согласовать результат своих вычислений с предписанным допуском.

BEMERKUNGEN ZUR DIMENSIONIERUNG VON ZYLINDERRÄDERN MIT GERADER AUSSENVERZAHNUNG

Von Dr. Z. TERPLÁN

Zusammenfassung

Die Abhandlung fügt Bemerkungen zu zwei Fragen der heute üblichen Zahnrad-Dimensionierung. Einerseits begründet sie, dass bei einigen Daten der genauen geometrischen Dimensionierung eine Genauigkeit von 7 Dezimalstellen erfordert wird, andererseits beweist sie durch Exempeln, dass zur Berechnung der sogenannten theoretischen Zahnhöhe der allgemeinen Verzahnung es genügend ist mit einer konstanten Kopf-Fuge zu rechnen, da die mit der veränderlichen Kopf-Fuge erzielte Zahnhöhen- bzw. Kopfkreisdurchmesserzunahme verschwindend gering, meistens kleiner als die übliche für Kopfkreisdurchmesser vorgeschriebene Toleranz, ist. Falls der Konstrukteur doch mit einem veränderlichen Kopfspiel rechnet, muss er das Resultat seiner Berechnung mit der Toleranzvorschriften in Einklang bringen.

REMARKS TO THE DIMENSIONING OF CYLINDRICAL WHEELS WITH STRAIGHT OUTER TOOTHING

Dr. Z. TERPLÁN

Summary

The study is containing remarks to two questions of the actually applied toothed wheel dimensioning. On one hand it gives the reasons for the exigency that some data of the accurate geometrical dimensioning should be reckoned with an accuracy of 7 decimal figures, on the other hand it proves with examples that for the reckoning of the so called working depth of teeth of the general toothing it is sufficient to reckon with a constant radial clearance since the increase of tooth depth resp. addendum circle diameter obtained with a variable radial clearance is quite insignificant, generally smaller than the tolerance prescribed usually for addendum circle diameters. Should the designer still reckon with a variable radial clearance, the result of his calculation has to be reconciled with the prescribed tolerance.

QUELQUES REMARQUES SE RAPPORTANTES AU DIMENSIONNEMENT DES ROUES CYLINDRIQUES À DENTURE DROITE, EXTÉRIEURE

par le Dr. Z. TERPLÁN

Résumé

Le traité contient des remarques concernant deux questions du dimensionnement des roues dentées, pratiqué de nos jours. Il motive pourquoi est il indispensable d'exiger une précision de 7 dixième, des certaines données du dimensionnement géométrique précis d'une part et il prouve avec exemples à main qu'il suffit de calculer avec une fente de tête constante pour le calcul de la hauteur de dent théorique de la denture générale, car l'augmentation de la hauteur de dent, resp. du diamètre du cercle de couronne est d'une valeur infime, en générale elle est plus petite que la tolérance habituelle, prescrite pour les diamètres du cercle de couronne. Si le constructeur calcule quand même avec une fente de tête variable, il doit établir l'harmonie entre le résultat de ses calculs et entre la prescription de tolérance.