



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt: Inovace oboru Mechatronik pro Zlínský kraj Registrační číslo:

CZ.1.07/1.1.08/03.0009

# Protokol měření

## Kontrola některých dílčích parametrů ozubených kol

### Přesnost ozubených čelních kol – základní terminologie:

Definice a mezní hodnoty odchylek vztažených na stejnohlé boky zubů jsou obsahem normy ISO1328-1.

Komplexní kontrola ozubení je již mimo rámec rozsahu tohoto protokolu, proto pouze připomenou, že je zaměřena především na:

- funkčnost ozubených kol - je podmíněna dodržáním požadovaných kinematických vlastností a potřebného dotyku funkčních ploch zubů
- plynulost chodu - dána změnami pohybu soukolí při malých pootočeních
- odchylka profilu – odchylka mezi skutečným a teoretickým profilem měřena v čelní rovině na kolmici k evolventě
- použitelná délka profilu

### Nepřesnosti ozubení vznikají jako projevy:

- nepřesnosti použitého nástroje a jeho ustavení
- nepřesnosti výrobního stroje
- upnutí obrobku na stroji
- způsobu výroby ozubení a jeho parametrech.

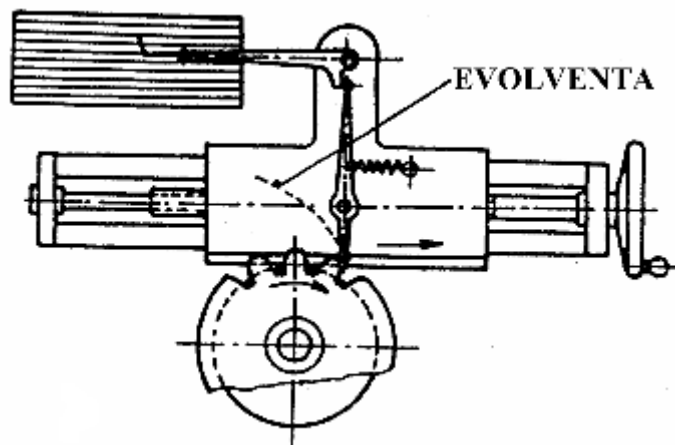
## Základní rozměry ozubeného kola:

průměr roztečné kružnice	$D = m \cdot z$
průměr hlavové kružnice	$D_a = D_1 + 2m$
průměr patní kružnice	$D_f = D_1 - 2,5m$

## Kontrola profilu zubu:

- přesnost tvaru profilové křivky je ovlivněna způsobem obrábění ozubení, seřízením stroje, parametry a nastavením nástroje
- lze měřit tvarovými měrkami pro daný typ OK (sériová výroba)
- odchylky profilu zubu se kontroluje na přístroji, který vytváří přesnou evolventu tím, že se odvaluje pravítko po kotouči, který má stejný průměr jako základní kružnice kontrolovaného kola, přístroj je opatřen dotykem, který se odvaluje po profilu zubu,

**výsledky** kontroly – odchylky se zobrazí na číselníku úchylkoměru nebo se zapisují odchylky kontrolovaného profilu ve zvětšení na milimetrový papír



- při správné evolventě je čára nakreslená pisátkem rovnoběžná s posuvem suportu
- je-li profil zubu odchýlen od evolventy teoretické, pisátko nakreslí čáru vlnitou,

## Kontrola tloušťky zubů:

- měřením zjišťujeme, zda bude při záběru zubu dodržena stanovená vůle na dané osové vzdálenosti

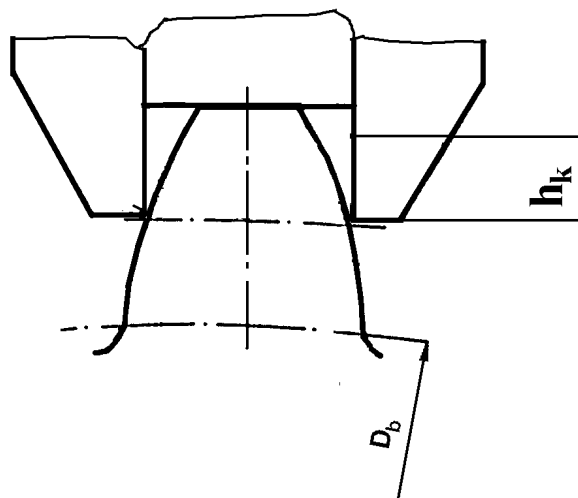
- nepoužívá se pro přesná měření, neboť je závislá na přesnosti hlavové kružnice

Tloušťka zubu se měří:

- na oblouku roztečné kružnice
- v konstantní tloušťce a výšce zubu

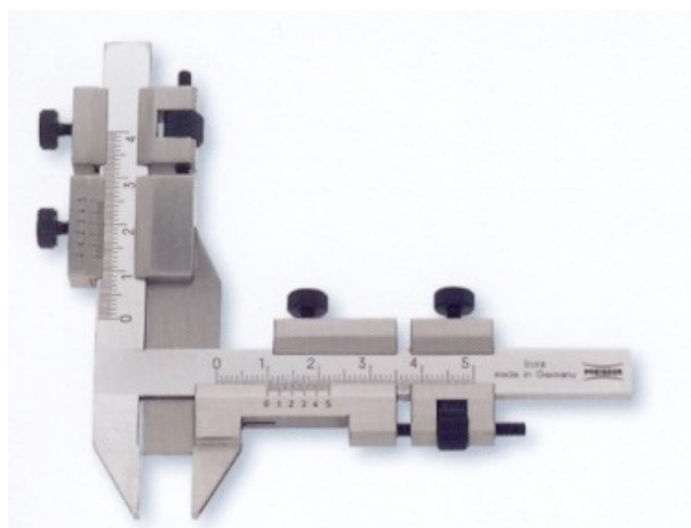
**Měření se provádí zuboměrem**

základní schéma měření



výhody měření:

- lze měřit přímo na stroji
- jednoduché měřidlo viz: kapitola posuvná měřidla



nevýhody měření:

- závislost měření na přesnosti průměru hlavové kružnice.

## Kontrola tloušťky zubu $s_k$ v konstantní výšce $h_k$

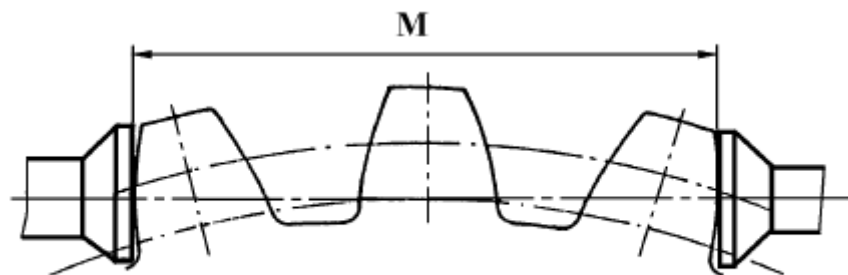
Hodnoty  $s_k$  a  $h_k$  jsou tabelizovány a lze je vypočítat ze vztahů

$$s_k = \frac{\pi m \cos^2 \alpha}{2} \qquad h_k = m \left( 1 - \frac{\pi \cos \alpha \sin \alpha}{4} \right)$$

a nebo najít v tabulkách.

## Kontrola rozměru přes zuby $M$ :

- nejrozšířenější způsob k přímému stanovení boční vůle, neboť součet odchylek rozměrů přes zuby obou spolu-zabírajících kol určuje přímo boční vůli při jmenovité osové vzdálenosti
- jmenovitý rozměr přes zuby  $M$  je vzdálenost mezi rovnoběžnými rovinami, které se v tečně dotýkají dvou protilehlých boků zubů, přičemž se předpokládá ozubení bez vůle
- měření se provádí přes tolik zubů  $z$ , aby dotyk měřících ploch měřidla byl přibližně na roztečné kružnici



### Kontrola rozměru přes zuby $M$ :

Pro normální ozubení  $\alpha = 20^\circ$  platí:

$$z' = \frac{z}{9} + 0,5$$

Hodnoty  $z'$  a  $z$  jsou tabelizovány:

Z	Z'	M <sub>1</sub>	Z	Z'	M <sub>1</sub>	Z	Z'	M <sub>1</sub>	Z	Z'	M <sub>1</sub>
14	2	4,6242	25	4	10,6825	36	5	13,7887	47	6	16,8949
15	2	4,6383	26	4	10,6965	37	5	13,8027	48	6	16,9089
16	3	7,6044	27	4	10,7105	38	5	13,8167	49	6	16,9229
17	3	7,6184	28	4	10,7245	39	5	13,8307	50	6	16,9369
18	3	7,6324	29	4	10,7385	40	5	13,8447	51	6	16,9510
19	3	7,6464	30	4	10,7526	41	5	13,8587	52	7	19,9171
20	3	7,6604	31	4	10,7666	42	5	13,8727	53	7	19,9311
21	3	7,6744	32	4	10,7806	43	6	16,8389	54	7	19,9451
22	3	7,6884	33	4	10,7946	44	6	16,8529	55	7	19,9591
23	3	7,7024	34	5	13,7606	45	6	16,8669	56	7	19,9731
24	3	7,7164	35	5	13,7747	46	6	16,8809	57	7	19,9871

kde  $Z$  je celkový počet zubů kola

$Z'$  je počet zubů, přes které se měří

$M_1$  je rozměr přes zuby pro kolo s modulem  $m = 1\text{mm}$

**Určení rozměru přes zuby  $M$  výpočtem:**

$$M = m \cos \alpha \left[ \pi (z' - 0,5) + z (\operatorname{tg} \alpha - \operatorname{arc} \alpha) \right],$$

Rozměr  $M$  u obecného kola souvisí s rozměrem  $M_1$  vztahem

$$M = M_1 \cdot m$$

kde  $m$  je modul ozubení v mm.

**Normalizovaná řada modulů (ČSN 01 4608):**

0,5 0,15 0,5 1,5 5 16 50

0,06 0,2 0,6 2 6 20 60

0,08 0,25 0,8 2,5 8 25 80

0,1 0,3 1 3 10 32 100

0,12 0,4 1,25 4 12 40

Podle uvedených závislostí je možno u kol se známým modulem kontrolovat správnost výroby (rozměru  $M$ ), nebo určit velikost modulu neznámého kola.

**Výhody měření:**

- jednoduché měřidlo - talířkový mikrometr
- lze měřit přímo na stroji ve výrobě
- ze změřeného rozměru je snadno zjistitelné posunutí základního profilu
- měření vychází od obrobených boků zubů – není závislé na přesnosti průměru hlavové kružnice
- kontrola rozměru přes zuby  $M$  u čelních ozubených kol se šikmými zuby se provádí kolmo na osu zubu

**Kontrola obvodové házivosti:**

Varianta a) je jednodušší, ale méně přesná, neboť měří nepřímou hlavovou kružnicí, která je obráběna zpravidla při jiném upnutí - (soustružením).



a)



b)

### Obvodová házivost:

- působí jako periodická změna velikosti a směru osové vzdálenosti ozubeného soukolí
- vzniká výstřednosti ozubení vůči ose kola

### Kontrola se provádí:

- číselníkovým úchylkoměrem (přesný trn, kulový dotek, kontrola mezery po mezeře)
- přístroje na kontrolu dvoubokého odvalu

### Úkol měření:

U daného ozubeného kola viz vzor: měřením přes zuby určete modul. Měření provedte na pěti různých skupinách zubů.

### Postup:

Zjistím počet zubů kola a zněj určím hodnotu  $z'$  a  $M_1$ :

Počet zubů 17 – z toho plyne  $M_1 = 7,6184$  přes tři zuby

Talířovým mikrometrem změřím skutečné  $M$  přes 3 zuby na pěti různých skupinách zubů:

měření č.	naměřená hodnota	
1.	38,08	mm
2	38,08	mm
3	38,09	mm
4	38,11	mm
5	38,10	mm
průměr	38,09	mm

Nyní vypočtu modul  $m$  dělením naměřené průměrné hodnoty a tabulkové hodnoty  $M1$ .

$$m = \frac{38,09}{7,6184}$$

$$m = 4,999 \text{ m} = 5 \text{ mm}$$

Zaokrouhlením určím normalizovaný modul kola. V našem případě  $m = 5 \text{ mm}$ .

Diference vzniká výrobními chybami, boční vůlí, opotřebením boku zubů ...

**Nyní mohu určit ostatní základní rozměry kola výpočtem:**

průměr kružnice	$D1 = m \cdot z$	$5 \times 17$	85 mm
průměr hlavové kružnice	$Da = D1 + 2m$	$85 + 2 \times 5$	95 mm
průměr patní kružnice	$Df = D1 - 2,5m$	$85 - 2,5 \times 5$	72,5 mm
rozteč zubů	$t = \pi \cdot m$	$3,14 \times 5$	15,7 mm

**Závěr:**

U měřeného ozubeného kola jsme určili základní parametry pro kontrolu.