

DK 621.831

## Določanje osnovnih veličin pri poševnih zobnikih po vzorcu

H. MUREN

V praksi, zlasti v reparaturni, moramo zelo pogosto izdelovati zobnike, katerih dimenzije je treba določati po vzorcu. Če ima tak zobnik ravne zobe, je naloga dokaj preprosta. Razen v nekaj povsem izjemnih primerih lahko delitev določamo kar s primerjanim z razpoložljivimi orodji (najlaže z Maagovimi grebeni), če nimamo na uporabo posebnih šablon, druge dimenzije pa dobivamo z merjenjem temenskega (glavičnega) in korenskega (vznožnega) kroga. Pri tem avtomatično izhaja iz računa tudi velikost korekture, če je zobnik korigiran. Dobljene rezultate in vprijetni kot na delilnem krogu lahko naknadno kontroliramo še po znani metodi z merjenjem debeline preko več zob s posebnim mikrometrskim vijačnim merilom.

Na precej večje težave zadevamo pri zobnikih s poševnimi zobmi. Premer delilnega kroga bi tu lahko dobili po enačbi:

$$d_o = \frac{m_n \cdot z}{\cos \beta_o} \quad (1)$$

kjer pomeni:

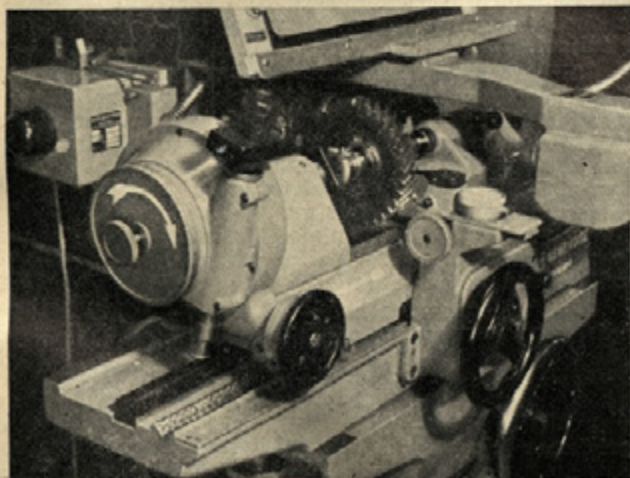
- $d_o$  ... premer delilnega kroga
- $m_n$  ... normalni modul
- $z$  ... število zob
- $\beta_o$  ... kot poševnosti na delilnem krogu.

Enačba ima dve veličini, ki ju ni mogoče meriti preprosto: premer delilnega kroga  $d_o$ , ki je pravzaprav samo računski veličina, in kot poševnosti na delilnem krogu  $\beta_o$ . Tega ne moremo meriti pač zato, ker ne poznamo premera delilnega kroga, pa tudi sicer bi bila meritev poševnosti na vijačni evolventni ploskvi lahko samo več ali manj približna.

Če zobnik ni korigiran in ima standardne dimenzije, lahko premer delilnega kroga določimo z merjenjem premera temenskega (glavičnega) kroga  $d_k$ :

$$d_o = d_k - 2 m_n \quad (2)$$

S tem ostane v enačbi (1) samo še ena neznanka  $\beta_o$ , ker normalni modul  $m_n$  lahko izmerimo podobno kakor pri zobnikih z ravnimi zobmi. Z merjenjem debeline preko več zob z mikrometrskim vijačnim merilom moremo primerjati tudi dobljene rezultate z razpoložljivim vzorcem.



Slika 1

Zal na splošno pri nekem zobniku s poševnimi zobmi ne moremo z gotovostjo trditi, da ni korigiran, saj se to na oko ne vidi. Zaradi tega opisani način določanja osnovnih veličin običajno ne bo upošteven, marveč se moramo zateči k drugi, natančnejši metodi.

Premer delilnega kroga pri korigiranih zobnikih lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$d_o = d_f + 2h - 2m_n(1 + x) \quad (3)$$

kjer pomeni:

- $d_f$  ... izmerjeni premer vznožnega kroga
- $h$  ... standardno višino zob oziroma globino rezanja po označbi na orodju, ki se prilaga ozobju
- $x$  ... faktor korekture.

Enačba (3) velja splošno za korigirane zobnike, tudi če imajo skrajšane zobe. Vendar za  $h$  ne smemo vanjo vstavljati dejanske višine zob, ampak standardno, to je globino rezanja orodja, s katerim je zobnik izdelan. Tudi ta enačba nam ne dá izračunati osnovnih veličin, ker ima dve neznanki, faktor korekture  $x$  in premer delilnega kroga  $D_f$ , ki ju obeh ni mogoče meriti. Za popolno določitev veličin zobnika je torej vsekakor treba določiti kot poševnosti na delilnem krogu  $\beta_o$ . Tega, kakor smo že ugotovili, ni mogoče natančno meriti, lahko ga pa določimo posredno z merjenjem dolžine vzpona ozobja.

Zobnik s poševnimi zobmi si lahko mislimo tudi kot vijak, ki ima z navojev z vzponom  $L$ . Kot poševnosti na delilnem krogu s premerom  $d_o$  lahko izračunamo po enačbi:

$$\operatorname{tg} \beta_o = \frac{d_o \cdot \pi}{L} \quad (4)$$

Če sedaj v to enačbo vstavimo za  $d_o$  vrednost iz enačbe (1) in krajšamo, izhaja

$$\sin \beta_o = \frac{m_n \cdot z \cdot \pi}{L} \quad (5)$$

Z znano dolžino vzpona  $L$  lahko torej določimo kot poševnosti na delilnem krogu  $\beta_o$ , ki je zelo važen za izdelavo zobnika, po enačbah (1), (3) in (4) pa potem še ostale važne veličine.

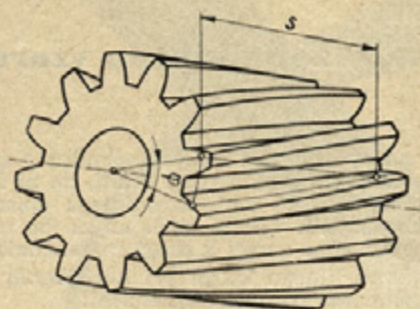
Dolžino vzpona  $L$  je mogoče izmeriti na različne načine. S precej veliko natančnostjo in brez kakršnih koli naprav jo n. pr. lahko izmerimo na projektorju profilov švicarske tovarne Société Gènevoise d'instruments de physique (SGIP). Zobnik vpnemo s pomočjo trna med konici preciznega delilnika in konjička (slika 1) in nastavimo konec vzvoda, zvezanega z merilno urico, na bok enega izmed zob. Če sedaj zasučemo delilnik in z njim vred zobnik za neki določen kot  $\varphi$  v smeri puščice, moramo sani, kakor je označeno, premakniti za dolžino  $s$  v smeri osi zobnika, da se odčitek na merilni urici ne bo spremenil.

Iz izmerjenega kota  $\varphi$  in vzdolžnega pomika  $s$  (slika 2) lahko izračunamo dolžino vzpona ozobja:

$$L = \frac{360^\circ \cdot s}{\varphi^\circ} \quad (6)$$

Na opisanem aparatu je mogoče odčitavati kot  $\varphi$  s točnostjo  $10''$ , vzdolžni pomik  $s$  pa optično s točnostjo  $0,001$  mm. Vzpon je torej mogoče izmeriti tako natančno, da povsem ustreza sodobnim obdelovalnim strojem za izdelavo zobnikov.

Kolikor ni pri roki opisanega projektorja profilov ali podobnega ustreznega stroja, je za meritev vzpona



Slika 2

razmeroma preprosto mogoče prirediti tudi frezalni stroj, ki ima med priborom dober univerzalni delilnik. Izdelati je treba samo primeren tipalnik, za kar lahko uporabimo merilno urico (komparator), če ji na konico dodamo manjši vzvod, na koncu izoblikovan v kroglico.

Poglavitna prednost opisane načina določanja kota poševnosti  $\beta_o$  s pomočjo meritve dolžine vzpona je v tem, da je meritev povsem neodvisna od premera, na katerem izvajamo meritev. Ni torej treba poznati premera delilnega kroga niti paziti, na katerem premeru merimo.

Poizkusni zobniki, določeni po opisani metodi in izdelani na Institutu za mehansko tehnologijo oddelka za strojništvo, so pokazali po vgraditvi, da nalegajo povsem natančno po celotni širini zob, kar je za trajnost zobnika izrednega pomena.

Računski primer: Na nekem zobniku so bile z direktnim merjenjem dobljene naslednje vrednosti:

$$z = 16 \text{ zob}, d_k = 72,50 \text{ mm}, d_f = 57,42 \text{ mm}$$

S primerjanjem s pomočjo standardnega orodja sta bili ugotovljeni vrednosti:

$$m_n = 3,5, h = 7,70 \text{ mm}$$

Na aparatu za merjenje vzpona sta bili dobljeni vrednosti:

$$s = 36,870 \text{ mm in } \varphi = 36^\circ$$

Iz vstavljanja teh vrednosti v označene enačbe izhaja:

$$(6): L = \frac{360^\circ \cdot 36,870}{36^\circ} = 368,70 \text{ mm}$$

$$(5): \sin \beta_o = \frac{3,5 \cdot 16}{368,70}, \beta_o = 28^\circ 30'$$

$$(1): d_o = \frac{3,5 \cdot 16}{\cos 28^\circ 30'} = 63,72 \text{ mm}$$

$$(3): 63,72 = 57,42 + 2,7,70 - 2,3,5 \cdot (1 + x), x = 0,3$$

Dejanska globina rezanja je potem:

$$h' = \frac{d_k - d_f}{2} = \frac{72,50 - 57,42}{2} = 7,54 \text{ mm}$$

Zobje so torej skrajšani, skrajšanje pa znaša:

$$x \cdot m = h - h' = 7,70 - 7,54 = 0,16 \text{ mm.}$$

Avtor: ing. Hinko Muren, Oddelek za strojništvo Univerze v Ljubljani

DK 534.8-8:621.7

## Ultra zvok kot tehnološko sredstvo za obdelavo materialov

FRANC GOLOGRANC

(Nadaljevanje)

### II. PROIZVAJANJE ULTRA ZVOKA IN TEHNIČNA IZVEDBA ULTRAZVOČNIH ODDAJNIKOV

Za proizvodnjo ultrazvočnih valov služijo razne mehanske naprave (ultrazvočne piščali in sirene) ter elektroakustični vibratorji. Ultrazvočne piščali se uporabljajo v raznih izvedbah za proizvodnjo ultra zvoka v zraku ali plinih in dajejo frekvenco do 120 kHz, medtem ko se s pomočjo ultrazvočnih siren dajo dosežati intenzivna ultrazvočna valovanja v zraku s frekvencami največ do 50 kHz. Za praktično uporabo prihajajo pri obravnavanih postopkih v poštev le elektroakustični oddajniki, ki omogočajo pretvarjanje električne energije v mehansko ozir. zvočno energijo.

Trdna telesa lahko vzbujamo v nihanje s pomočjo magnetostriksijskega (ozir. piezomagnetičnega) ali elektrostriksijskega (ozir. piezoelektričnega) efekta, ki nastajata pri določenih materialih in povzročata pod vplivom magnetnega ali električnega polja elastične napetosti ozir. elastične deformacije predmeta, izdelanega iz takega materiala. Palice, plošče in druge oblike takih vibratorjev nihajo v magnetnem ali električnem polju s frekvenco nihanja polja. Amplitude tega nihanja dosegajo največjo vrednost v primeru resonance, ki nastane takrat, če je lastna frekvenca mehanskega nihanja vibratorja enaka frekvenci vsiljenega nihanja. Prenos ultrazvočnega nihanja na kako snov je možen le tedaj, če se oddajna ploskev vibratorja neposredno ali posredno po kakih drugih snovi dotika s to snovjo. Pri tem se širijo ultrazvočni valovi v smeri nihanja končnih ploskev vibratorja, t. j. v smeri nastajajočih deformacij.

#### 1. Magnetostriksijski oddajniki

Po magnetostriksijskem načelu se izrablja pojav, pri katerem feromagnetni materiali, n. pr. nikijeva palica, v magnetnem polju spreminjajo dolžino. Če postavimo tako palico v sredo tuljave, skozi katero teče visokofrekvenčni električni tok, se bo palica zaradi nihanja magnetnega polja periodično raztezala in krčila. To mehanično nihanje ozir. spreminjanje dolžine palice je izvor ultrazvočnih valov, ki izstopajo iz obeh koncev palice s frekvenco izmeničnega toka v tuljavi.

Slika 4 prikazuje longitudinalno nihanje take, na obeh koncih proste palice, in sicer v osnovni, drugi in tretji harmonični frekvenci. Pri tem je elongacija  $\Delta l$ , ki nastaja v smeri osi  $x$  (vzdolžni smeri) narisana kot funkcija koordinate  $x$  za dve različni fazi nihanja. S puščicama je označena smer premikanja posameznih elementarnih delcev v določenem trenutku. Ker v vozlišču delci mirujejo — elongacij torej ni — je možno na tem delu palice pritrditi, ne da bi to vplivalo na potek nihanja.

Lastna frekvenca longitudinalnega nihanja palice z dolžino  $l$  je podana z enačbo

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \frac{k}{l}$$

pri čemer je  $n = 1, 2, 3, \dots$  red harmoničnega nihanja,

$E$  = modul elastičnosti,  
 $\rho$  = gostota materiala.