

PREDNAPETA KOTALNA VODILA ZA ORODJA, STROJE, APARATE IN PRIPRAVE

Marjan DOBOVŠEK, Stefan NOBS, Jure DOBOVŠEK
Vpenjalni sistemi d.o.o., AGATHON AG

POVZETEK

V prispevku so prikazane značilnosti prednapetih kotalnih vodil, ki jih uporabljamo pri orodjih, strojih, aparatih in različnih pripravah. Prikazan je vpliv prednapetosti vodil, razporeditve kotalnih elementov v kletki in vhodne geometrije vodilnih stebrov in puš na mestih, kjer prihajajo kotalni elementi v prednapeto stanje. Navedeni so tudi pogoji, ki jih mora izpolnjevati program vodil za orodja, stroje, aparate in pripravke ter pogoji, ki jih morajo ti produkti zagotoviti za uspešno uporabo.

1. UVOD

Kotalna vodila se uporabljajo za linearno vodenje ter linearno vodenje z rotacijo pri natančnem vodenju (brez zračnosti) in pri minimalnih silah potrebnih za premikanje gibljivih delov. Uporabnost teh vodil povečuje enostavna vgradnja vodil.

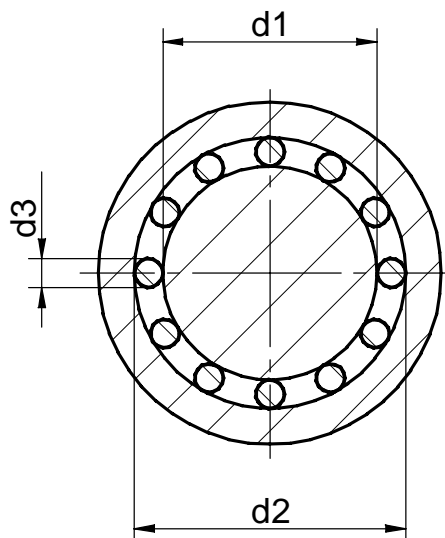
Vodila so prednapeta, zato med gibljivimi elementi ni zračnosti. Dolžina giba je omejena z dolžino vodilne puše. Vpliv prednapetosti je izrednega pomena za kvaliteto vodenja. Velikokrat je podcenjen, vendar je njegov vpliv odločujoč za optimalno funkcijo in življenjsko dobo vodil. Od prednapetosti je odvisna točnost vodenja, velikost obremenitve, ki jih vodila prenesejo in obnašanje vodil pri gibanju.

2. VPLIV PREDNAPETOSTI VODIL

Prednapetost je razlika med notranjim premerom puše (d_2), ki mu odštejemo 2x premer kotalnega elementa (d_3) in premer vodilnega stebra (d_1). Izračunana razlika je vrednost v področju μm in jo kompenzirajo deformacije posameznih komponent (Slika 1).

Pri večji prednapetosti so vodila bolj toga, z manjšim odmikom osi. Posledica pa je zmanjšanje radialne nosilnosti in manjša življenjska doba vodil. Da bi zagotovili optimalno prednapetost morajo biti izbrane tolerance pri izdelavi stebrov, puš in kotalnih elementov zelo ozke, vse naležne površine pa morajo biti obdelane z največjo možno kvaliteto.

Vpliv radialne sile je odvisen od premera stebra in izbranega kotalnega elementa. Večji premer stebra vodila omogoča boljše razporeditev obremenitve in s tem večjo nosilnost vodil. Povečano število kotalnih elementov zmanjša obremenitev posameznega kotalnega elementa, pri tem pa ni pomembno samo število, temveč tudi njihova razporeditev.



$$V = d_1 + 2d_3 - d_2 \text{ (mm)}$$

$$d_2 = d_1 + 2d_3 - V \text{ (mm)}$$

V = prednapetost

Slika 1: Definicija prednapetosti

Pomembna je tudi pravilna izbira materiala kletke v kateri so kotalni elementi. Pri velikih frekvencah, velikih hitrostih in velikih obremenitvah je zelo

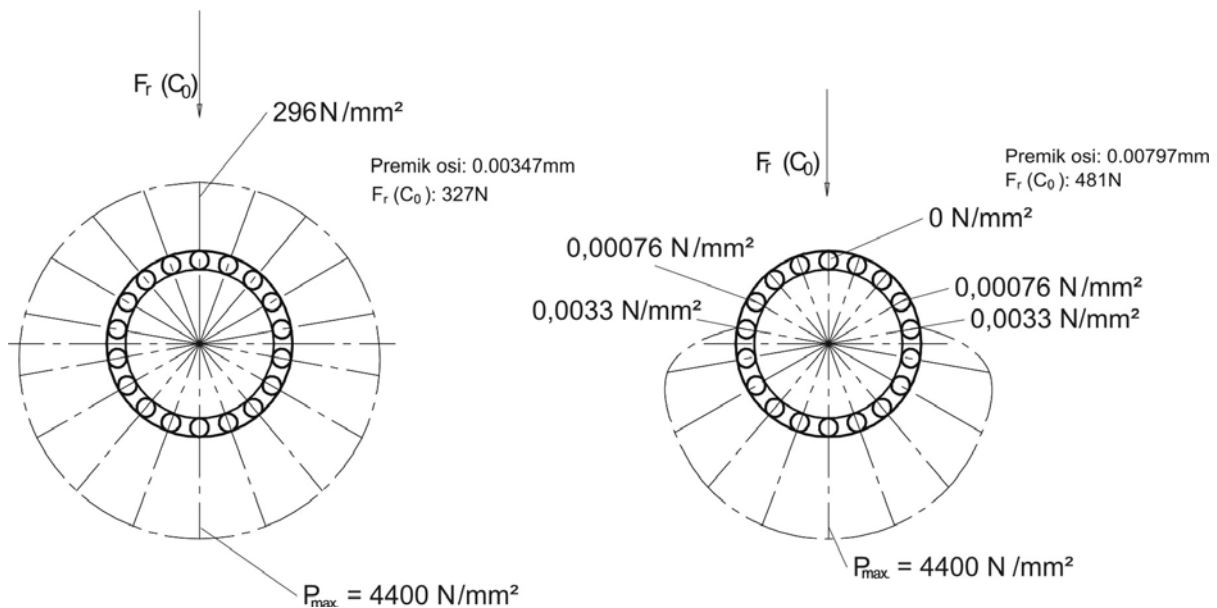
pomembno odvajanje toplote, da se kotalni elementi ne segrejejo preveč.

večja prednapetost:

manjši premik osi in manjša dovoljena radialna obremenitev pri krajši življenjski dobi

manjša prednapetost:

večji premik osi in večja dovoljena radialna obremenitev pri večji življenjski dobi



Slika 2: Vpliv prednapetosti vodil

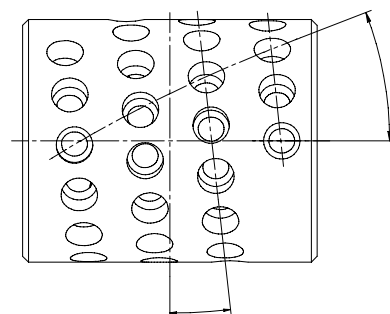
Primerjava vpliva različnih prednapetosti je narejena za vodilni steber s premerom 32 mm. Razlika v prednapetosti med levim in desnim prikazom je 9 μm (Slika 2) [1].

3. RAZPOREDITEV KOTALNIH ELEMENTOV V SPIRALI

Da bi zmanjšali obrabo vodilnega stebra in puše, so kotalni elementi v kletki premaknjeni za nekaj stopinj v aksialni smeri. Tako se vsako kotalno telo giblje po svoji poti in življenjska doba vodil se izboljša. Za primere, kjer mora biti vhod kotalnih elementov v področje prednapetosti čim bolj enakomeren in brez sunkovitih sil (n. pr. vodila za merilna tipala itd.), so izdelane posebne kletke. Pri teh kletkah so kotalni elementi zamaknjeni tudi v radialni smeri. To pomeni, da vsako kotalno telo posamično vstopa v področje prednapetosti. Na žalost takšna razporeditev kotalnih elementov v spirali ni več optimalna. Pri obremenitvah z momentu je gostota

kotalnih elementov na robovih zelo pomembna. Za take uporabe takšna razporeditev kotalnih teles ni optimalna. Pri določenih razporeditvah kroglic in dimenzijah kletk je potrebno obremenitev kotalnih elementov posebej izračunati.

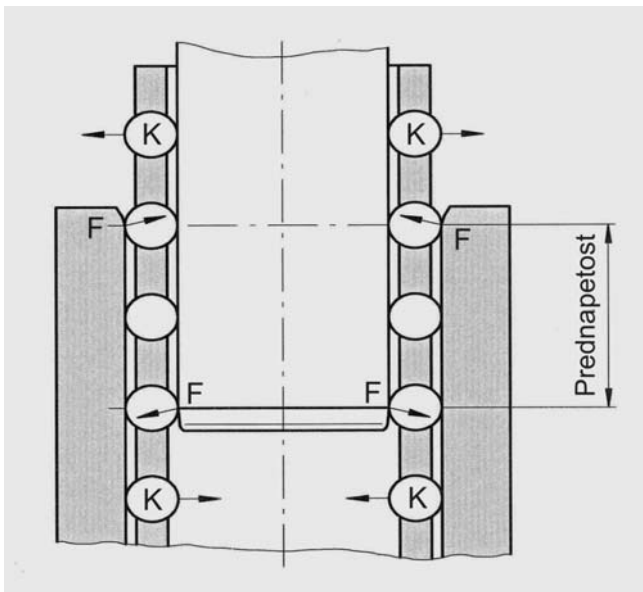
Za rotacijska gibanja je boljša izbira razporeditve kotalnih elementov v spirali. Tako ima pri rotaciji vsak kotalni element svojo pot (Slika 3). Pri tem se uporablja tudi manjšo prednapetost.



Slika 3: Razporeditev kotalnih elementov v spirali

4. VHODNA GEOMETRIJA VODILNEGA STEBRA IN PUŠE

Vhodna geometrija vodilnega stebra in puše v področju kjer prehajajo kotalni elementi v prednapeto stanje kakor tudi določena zračnost med kotalnimi elementi in kletko zagotavlja optimalen prehod kotalnih elementov v prednapeto stanje in poveča življenjsko dobo kletke (Slika 4).



Slika 4: Sila F pri prehodu kotalnih elementov K v prednapeto stanje.

5. ZAKLJUČEK

Visoko kvaliteto vodil za orodja, stroje, aparate in priprave lahko zagotovimo z uporabo kvalitetnega materiala, največjo možno kvaliteto obdelave kotalnih površin in ozkimi tolerancami.

Program vodil za stroje, aparate in priprave mora vsebovati:

- miniaturna kroglična vodila,
- vodilne stebre in puše po ISO in DIN normah,
- drsna vodila za velike obremenitve z minimalno zračnostjo,
- kletke s kroglicami za gibanja z minimalnimi silami brez zračnosti [2],
- kletke z valjčki za gibanje brez zračnosti za večje togosti pri radialnih silah [3],
- posebne izvedbe n.pr. vodila iz nerjavnih materialov, kletke za kroglice iz posebnih

plastičnih materialov (za delo pri visokih temperaturah) itd.

Ti produkti morajo zagotavljati:

- možnost menjave posameznih elementov vodil, ki jo zagotavljajo le ozke tolerance,
- enostavno montažo,
- veliko nosilnost, ki je odvisna od števila in razporeditve kotalnih elementov,
- dolgo življenjsko dobo, ki jo dosežemo z optimalno prednapetostjo in optimalno geometrijo pri vstopu kotalnih elementov v področje prednapetosti.

Program vodil za orodja, stroje, aparate in priprave, ki zagotavljajo zgoraj omenjene pogoje proizvaja podjetje AGATHON AG iz Švice.

Literatura

- [1] Nobs S.: Berechnungsmöglichkeiten, Vertretertagung 2005, Solothurn
- [2] AGATHON AG MASCHNHF (CH), Graber M.: BALL INSERTING AND FIXING METODD FOR BALL BEARING RETAINER FOR GUIDE IN VERTICAL DIRECTION AND ITS DEVICE, Patent JP11151626, EP0894992(A1), 1999-06-08
- [3] AGATHON AG MASCHNHF (CH), Graber M.: ROLER KAGE FOR A LONGITUDINAL GUIDING DEVICE, MOUNTED ON ROLING BEARING, Patent JP2000145770, EP1002963, US6478467, 2002-11-12

PREDNAPETA KOTALNA VODILA ZA ORODJA, STROJE, APARATE IN NAPRAVE

Marjan DOBOVŠEK¹, Stefan NOBS², Jure DOBOVŠEK¹

¹ Vpenjalni sistemi d.o.o., ² AGATHON AG
