

UDK 621.822.6

Vpliv splošne premaknitve središča tečine na nosilnost aksialnih ležajev

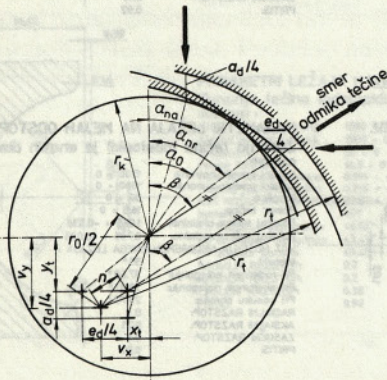
IVAN PREBIL - SAMO ZUPAN

1. UVOD

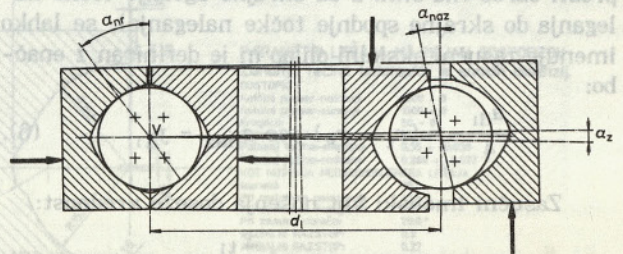
Nosilnost aksialnih ležajev velikih dimenzij je odvisna v veliki meri od dejanskega ohlapa v ležaju in premaknitve središča tečine, ki je posledica tega ohlapa. Od premaknitve središča tečine je odvisen dejanski kot nošenja α_0 oziroma naleganje tečine na kroglico. Dosedanje raziskave so pokazale, da se zmanjša kot nošenja α_0 pri aksialnem naleganju tečine, če je izvedena njena radialna premaknitev. Pri radialnem naleganju se kot nošenja α_0 povečuje, če je središče tečine premaknjeno v aksialni smeri. Treba je preveriti dejansko spremembo imenskega kota nošenja α_0 kakor tudi dejanskega aksialnega in zasučnega aksialnega ohlapa pri poljubni legi središča tečine glede na središče kotalnega elementa.

2. SPLOŠNA PREMAKNITEV TEČINE

Ležaji se uporabljajo kot vezni in nosilni elementi, zato se pojavi med obratovanjem zaradi njihove namembe, vgradnje in kombinacije obremenitev zasuk obrocev okoli točke, ki se ne ujema s središčem ležaja, ampak se pod obremenitvijo prosti obroč zasuč okoli središča kotalnega elementa za kot α_z (sl. 2). V splošnem se lahko središče tečine odmakne poljubno, kar je prikazano s kotom β (sl. 1). Če se premakne središče tečine po diagonali, je kot β enak imenskemu kotu nošenja α_0 . Središče tečine se hkrati premakne v radialni in aksialni smeri.



Sl. 1. Način naleganja tečine na kotalni element.



Sl. 2. Način naleganja tečine na kotalni element pri zasuku prostega obroča.

2.1 Radialno naleganje

Obroča se radialno premakneta eden proti drugemu za dejanski radialni ohlap $e_d/4$ (sl. 1). Pri radialnem naleganju tečine se zato poveča imenski kot nošenja iz α_0 na α_{nr} . Vrednosti za kot nošenja so definirane z izrazom:

$$\alpha_{nr} = \arcsin \left(\frac{e_d \cos \alpha_0}{4(r_t - r_k)} \right) + \alpha_0 \quad (1)$$

Dejanska lega središča tečine x_t , y_t je definirana z enačbama:

$$x_t = (r_t - r_k) \sin \alpha_{nr} - \frac{e_d}{4} \quad (2)$$

$$y_t = (r_t - r_k) \cos \alpha_{nr} \quad (3)$$

2.2 Aksialno naleganje

Obroča se aksialno premakneta eden proti drugemu za dejanski aksialni ohlap $a_d/4$, ki je definiran glede na dejanski radialni ohlap in že izračunani premik središča tečine x_t , y_t :

$$\frac{a_d}{4} = (r_t - r_k) \cos \alpha_{na} - y_t \quad (4)$$

Dejanski imenski kot nošenja se pri aksialnem naleganju tečine in znanem radialnem ohlapu zmanjšuje in doseže vrednost po enačbi:

$$\alpha_{na} = \arcsin \frac{x_t}{(r_t - r_k)} \quad (5)$$

2.3 Zasak obroča okoli središča kotalnega elementa

Zaradi relativno majhnega zasaka obroča, velikega kotalnega premera ležaja d_1 in malega premera kroglice d_k ($d_1 \gg d_k$), lahko upoštevamo, da se prosti obroč kar aksialno premakne. Premik, ki ga opravi prosti obroč (na sliki 2 od skrajne zgornje točke naleganja do skrajne spodnje točke naleganja), se lahko imenuje zasučni aksialni ohlap in je definiran z enačbo:

$$\frac{a_{d1}}{4} = (r_t - r_k) \cos \alpha_{naz} - y_{t1} \quad (6)$$

Zasučni imenski kot nošenja doseže vrednost:

$$\alpha_{naz} = \arcsin \frac{x_{t1}}{(r_t - r_k)} \quad (7)$$

Pri radialnem naleganju obročev na kroglice se pojavi na nasprotni strani ležaja celotni radialni ohlap v velikosti e_d . Zaradi tega se premakne središče tečine x_t, y_t na vrednost x_{t1}, y_{t1} :

$$x_{t1} = (r_t - r_k) \sin \alpha_{nr} - \frac{a_d}{2} \quad (8)$$

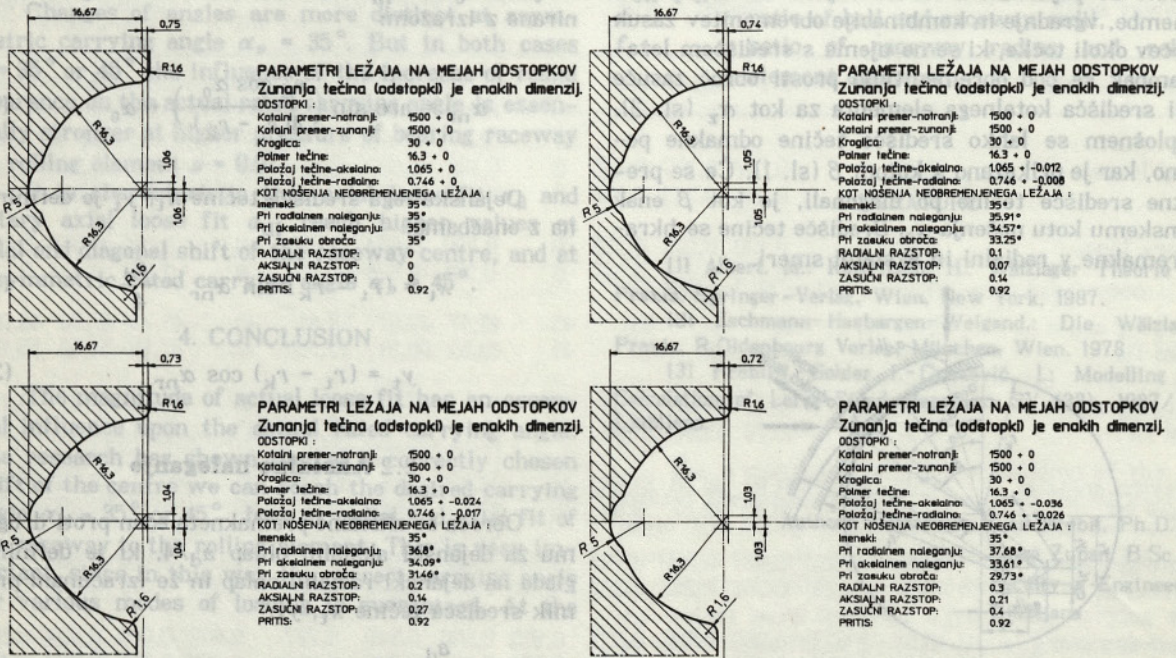
$$y_{t1} = (r_t - r_k) \cos \alpha_{nr} \quad (9)$$

3. DEJANSKA NOSILNOST LEŽAJA

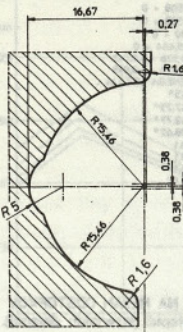
Pri izdelavi ležajev prihaja do določenih odstopkov, zaradi česar se premakne središče tečine. Premik po diagonali se pojavi pri povečani razdalji polmera tečine r_t . Sliki 3 in 4 prikazujeta tečine ležajev s splošnim premikom središča tečine za nesimetrično naleganje, pri različnih radialnih ohlapih $e_d = 0-0,3$ in različnih razmerjih ukrivljenosti tečine $S = 0,92$ ter 0,97. Kot nošenja pri neobremenjenem ležaju je $\alpha_0 = 35^\circ$. Tečine ležaja za simetrično naleganje $\alpha_0 = 45^\circ$ in enaki ukrivljenosti tečine S so prikazane na slikah 5 in 6.

Razvidno je, da se vrednosti kotov nošenja z večanjem radialnega ohlapa pri radialnem naleganju tečine povečujejo, da pa se pri aksialnem naleganju tečine na kotalni element zmanjšujejo. Podobno nagnjenje k spremembi kotov nošenja se kaže tudi pri zasuku prostega obroča.

Spremembe dejanskega kota nošenja so odvisne od razmerja ukrivljenosti tečine S in imenskega kota nošenja α_0 . Večji pritis tečine na kroglico $S = 0,97$ ima bolj neugoden vpliv na spremembo kota nošenja kakor pri $S = 0,92$. Do večjega odstopanja kotov nošenja prihaja pri imenskem kotu $\alpha_0 = 35^\circ$. Pri razmerju ukrivljenosti tečine $S = 0,92$ se kot nošenja poveča, pri radialnem naleganju za 8 odstotkov, pri aksialnem naleganju pa se zmanjša za 4 odstotke.



Sl. 3. Splošni premik središča tečine pri imenskem kotu nošenja $\alpha_0 = 35^\circ$ in razmerju polmerov $S = 0,92$.



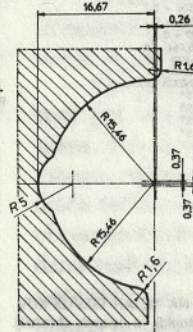
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	15.464 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.36 + 0
Polotaj tečine-radialna	0.266 + 0

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	35°
Pri radialnem nateganju	35°
Pri aksialnem nateganju	35°
Pri zosuku obroča	35°
RADIALNI RAZSTOP	0
AKSIALNI RAZSTOP	0
ZASUČNI RAZSTOP	0
PRITIS	0.97



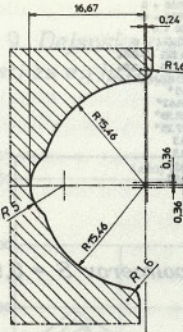
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	15.464 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.36 + -0.012
Polotaj tečine-radialna	0.266 + -0.008

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	35°
Pri radialnem nateganju	37.51°
Pri aksialnem nateganju	33.8°
Pri zosuku obroča	30.25°
RADIALNI RAZSTOP	0.1
AKSIALNI RAZSTOP	0.07
ZASUČNI RAZSTOP	0.13
PRITIS	0.97



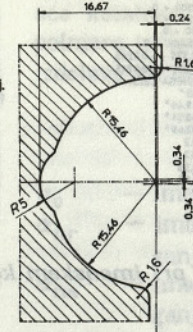
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	15.464 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.36 + -0.0195
Polotaj tečine-radialna	0.266 + -0.023

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	35°
Pri radialnem nateganju	39°
Pri aksialnem nateganju	31.6°
Pri zosuku obroča	24.75°
RADIALNI RAZSTOP	0.2
AKSIALNI RAZSTOP	0.14
ZASUČNI RAZSTOP	0.24
PRITIS	0.97



PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

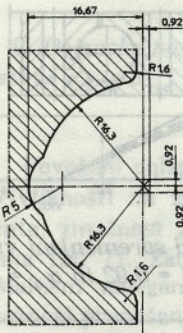
ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	15.464 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.36 + -0.038
Polotaj tečine-radialna	0.266 + -0.027

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	35°
Pri radialnem nateganju	42.5°
Pri aksialnem nateganju	31.02°
Pri zosuku obroča	20.8°
RADIALNI RAZSTOP	0.3
AKSIALNI RAZSTOP	0.22
ZASUČNI RAZSTOP	0.37
PRITIS	0.97

Sl. 4. Splošni premik središča tečine pri imenskem kotu nošenja $\alpha_0 = 35^\circ$ in razmerju polmerov $S = 0,97$.



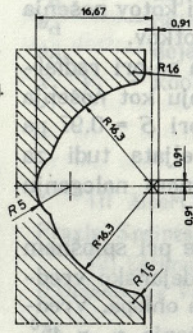
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	16.3 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.919 + 0
Polotaj tečine-radialna	0.919 + 0

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	45°
Pri radialnem nateganju	45°
Pri aksialnem nateganju	45°
Pri zosuku obroča	45°
RADIALNI RAZSTOP	0
AKSIALNI RAZSTOP	0
ZASUČNI RAZSTOP	0
PRITIS	0.92



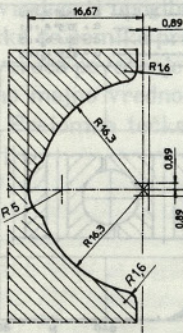
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	16.3 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.919 + -0.013
Polotaj tečine-radialna	0.919 + -0.013

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	45°
Pri radialnem nateganju	45.8°
Pri aksialnem nateganju	44.2°
Pri zosuku obroča	42.63°
RADIALNI RAZSTOP	0.1
AKSIALNI RAZSTOP	0.1
ZASUČNI RAZSTOP	0.2
PRITIS	0.92



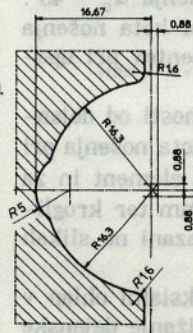
PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	16.3 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.919 + -0.0255
Polotaj tečine-radialna	0.919 + -0.0255

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	45°
Pri radialnem nateganju	44.57°
Pri aksialnem nateganju	43.43°
Pri zosuku obroča	40.45°
RADIALNI RAZSTOP	0.2
AKSIALNI RAZSTOP	0.2
ZASUČNI RAZSTOP	0.38
PRITIS	0.92



PARAMETRI LEŽAJA NA MEJAH ODSTOPKOV
Zunanja tečina (odstopki) je enakih dimenzij.

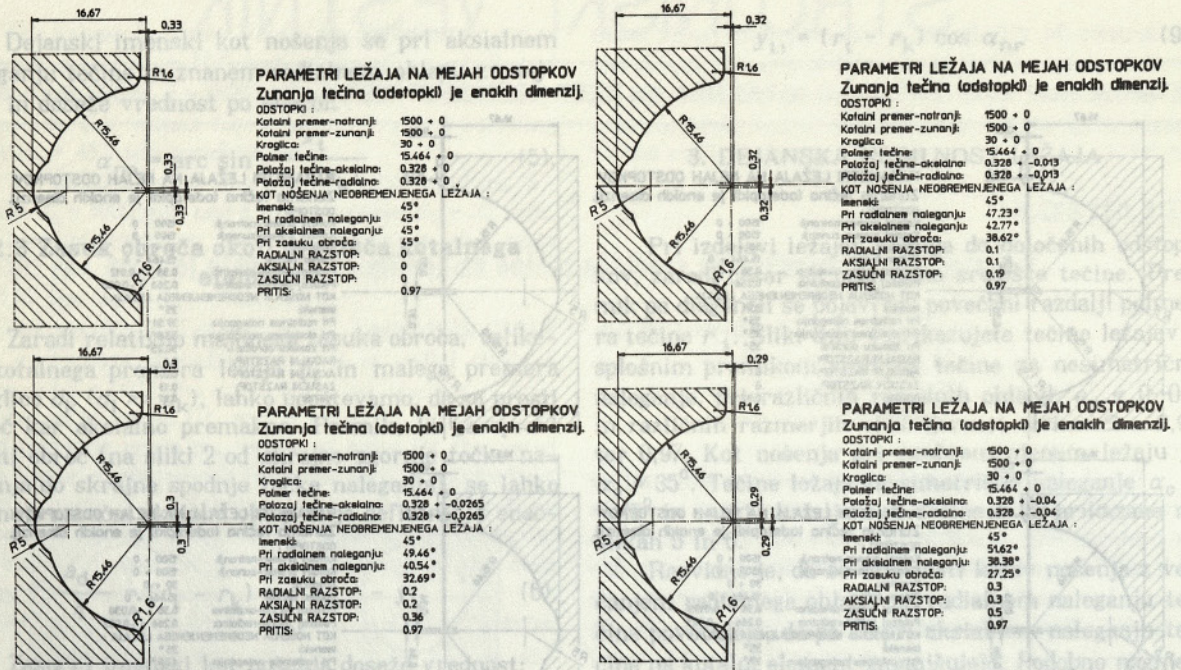
ODSTOPKI :

Katalni premer-notranji	1500 + 0
Katalni premer-zunanji	1500 + 0
Kroglica	30 + 0
Polmer tečine	16.3 + 0
Polotaj tečine-aketalna	0.919 + -0.038
Polotaj tečine-radialna	0.919 + -0.038

KOT NOŠENJA NEOBREMENJENEGA LEŽAJA :

Imensk	45°
Pri radialnem nateganju	47.32°
Pri aksialnem nateganju	42.66°
Pri zosuku obroča	38.36°
RADIALNI RAZSTOP	0.3
AKSIALNI RAZSTOP	0.3
ZASUČNI RAZSTOP	0.95
PRITIS	0.92

Sl. 5. Splošni premik središča tečine pri imenskem kotu nošenja $\alpha_0 = 45^\circ$ in razmerju polmerov $S = 0,92$.



Sl. 6. Splošni premik središča tečine pri imenskem kotu nošenja $\alpha_0 = 45^\circ$ in razmerju polmerov $S = 0,97$.

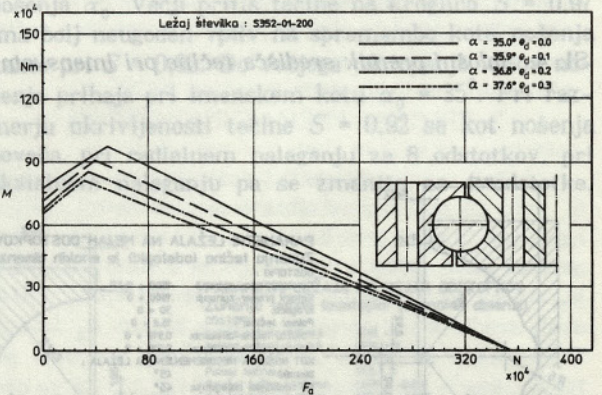
Vrednosti se pri $S = 0,97$ povečajo, pri radialnem naleganju za 20 odstotkov, pri aksialnem naleganju pa se znižajo do 12 odstotkov. Kadar je imenski kot nošenja $\alpha_0 = 45^\circ$, se vrednosti kota nošenja za skrajni meji ukrivljenosti pri $S = 0,92$ v obeh primerih naleganja povečata ali zmanjšata za 6 odstotkov. Če se pojavi večji pritis $S = 0,97$, se vrednosti kotov nošenja spremenijo v obeh primerih do 15 odstotkov.

V primeru zasuka prostega obroča se pri radialnem kakor tudi pri aksialnem naleganju kot nošenja poveča, pri $S = 0,92$ za 15 odstotkov, pri $S = 0,97$ pa za 40 odstotkov. Enaki vrednosti veljata tudi za zmanjšanje kota nošenja pri simetričnem naleganju tečine na kroglico $\alpha_0 = 45^\circ$.

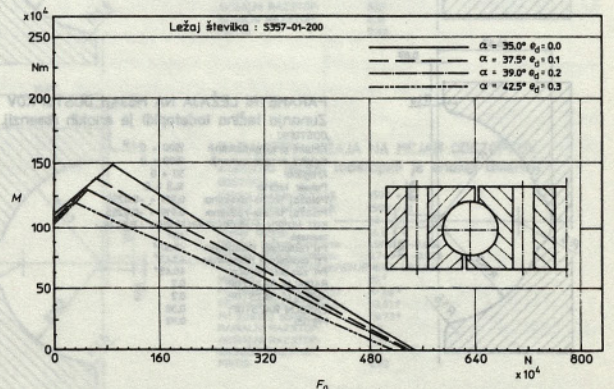
S spremembo radialnega ohlapa se pri splošnem odkliku središča tečine vpliva tudi na dejansko vrednost aksialnega in zasučnega aksialnega ohlapa. Vrednosti so večje pri imenskem kotu nošenja $\alpha_0 = 45^\circ$. Povečanje ohlapa vpliva ob spremembi kota nošenja tudi na število aktivnih kotalnih elementov pri upogibni obremenitvi ležaja.

Dejanska nosilnost ležaja v odvisnosti od dejanskega radialnega ohlapa in imenskega kota nošenja pri aksialnem naleganju tečine na kotalni element in za ležaj s kotalnim premerom $d_1 = 1500$ mm ter kroglicami s premerom $d = 30$ mm, so prikazani na slikah od 7 do 10.

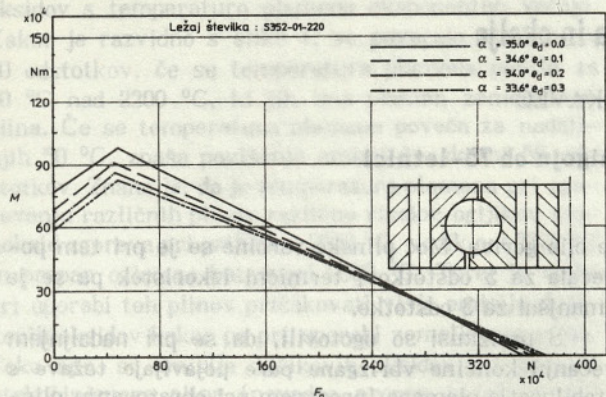
Povečan radialni in s tem tudi aksialni ohlap v ležaju vpliva v vsakem primeru na znižanje dejanske nosilnosti ležaja. Vrednosti so pri razmerju ukrivljenosti tečine $S = 0,97$ in $\alpha_0 = 35^\circ$ po absolutni vrednosti večje.



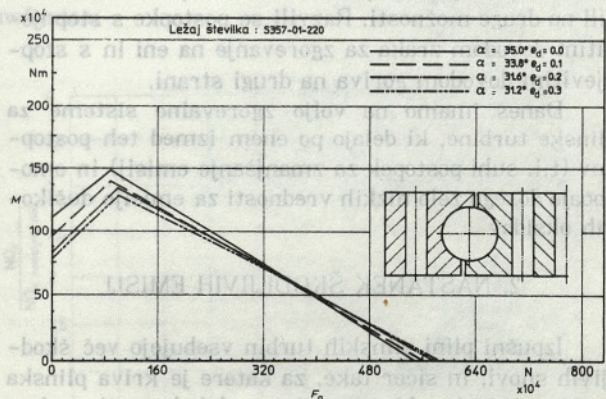
Sl. 7. Dejanska nosilnost ležaja pri spremenjeni vrednosti za e_d in α_r ter konstanti $S = 0,92$ in $\alpha_0 = 35^\circ$.



Sl. 8. Dejanska nosilnost ležaja pri spremenjeni vrednosti za e_d in α_r ter konstanti $S = 0,97$ in $\alpha_0 = 35^\circ$.



Sl. 9. Dejanska nosilnost ležaja pri spremenjeni vrednosti za e_d in α_{na} ter konstanti $S = 0,92$ in $\alpha_0 = 35^\circ$.



Sl. 10. Dejanska nosilnost ležaja pri spremenjeni vrednosti za e_d in α_{na} ter konstanti $S = 0,97$ in $\alpha_0 = 35^\circ$.

Povečani ohlap vpliva pri konstantnem razmerju ukrivljenosti na znižanje vrednosti največjega momenta, zmožnost za prenašanje aksialne sile ostane enaka (sl. 7). Zaradi zmanjšanja kota nošenja pri aksialnem naleganju tečine na kroglico se poveča zmožnost prenašanja aksialne sile in delno tudi znižajo vrednosti upogibnega momenta (sl. 9, 10), prelomna točka se pomika proti desni. Radialno naleganje tečine povzroča povečanje kota naleganja, kar vpliva na znižano mejno vrednost momenta in aksialne sile (sl. 7, 8). Prelomna točka mejne nosilnosti se pomika proti levi.

4. SKLEP

Velikost dejanskega ohlapa v enorednih aksialnih krogličnih ležajih vpliva na dejanski imenski kot nošenja α_0 in nosilnost ležajev.

Kot nošenja α_0 se spremeni pri radialnem kakor tudi pri aksialnem naleganju tečine na kotalni element. Pri obremenitvah ležaja z aksialno silo in upogibnim momentom prihaja pri splošnem odmiku središča tečine do zmanjšanja kota nošenja, pri radialnih obremenitvah pa do njegovega povečanja. Hkrati je dana tudi možnost nadzora dejanskih sprememb kota nošenja dejanskega aksialnega in zasučnega aksialnega ohlapa pri poljubni legi središča tečine glede na središče kotalnega elementa. Ta je posledica odstopanja polmera tečine r_t , ki je lahko vzrok za nenatančnost izdelave ali dovoljene tolerance.

OPREDELITVE

- α_0 — imenski kot nošenja,
- α_{nr} — imenski kot nošenja pri radialnem naleganju tečine,
- α_{na} — imenski kot nošenja pri aksialnem naleganju tečine,
- α_{naz} — zasučni imenski kot nošenja,
- S — razmerje polmerov kroglice in tečine,
- r_t — polmer tečine,
- r_k — polmer kotalnega elementa,
- d_k — premer kotalnega elementa,
- d_l — kotalni premer ležaja,
- e_d — dejanski radialni ohlap,
- a_d — dejanski aksialni ohlap,
- a_{d1} — dejanski zasučni ohlap,
- x_t, y_t — koordinati za lego središča tečine z ohlapom.

LITERATURA

- 11 Albert. M.-Köttritsch. H.: Wälzlager Theorie und Praxis. Springer-Verlag. Wien. New York. 1987.
- 12 Eschman-Hassbargen-Weigand: Die Wälzlagerpraxis. R.Oldenbourg Verlag. München. Wien. 1978.

Naslov avtorjev: doc. dr. Ivan Prebil, dipl. inž.

Samo Zupan, dipl. inž., oba

Fakulteta za strojništvo, Murnikova 2
Ljubljana