
UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET



**KONSTUKCIONO IZVOĐENJE I NADZOR
STANJA RADNE ISPRAVNOSTI KOTRLJAJNIH
LEŽAJA**

- DIPLOMSKI RAD -

KANDIDAT
TIHOJEVIĆ R. BRANISLAVA 8276

MENTOR
Prof. Dr. VOJISLAV MILTENOVIĆ

Niš, maj 2008.

Konstrukciono izvođenje i nadzor stanja radne ispravnosti kotrljajnih ležaja

Rezime

Ležaj je mašinski element koji je predviđen samo za prenošenje sila, a ne i obrtnih momenata. On prima opterećenje od vratila ili osovine i prenosi ga na noseći deo konstrukcije bez prenošenja obrtnih momenata.

Kod kotrljajnih ležaja ova pokretljivost ostvaruje se na principu kotrljanja, a kod kliznih na principu klizanja. Kotrljajni ležaji su pogodniji od kliznih za one mašine koje se često zaustavljaju ili im se naglo menjaju opterećenje i brzina. Kotrljajni ležaji sastoje se iz prstenova ili kolutova koji su spojeni sa nepokretnim ili pokretnim delovima mašina, a između njih se nalaze kotrljajna tela.

Konstruktor se pri projektovanju neke mašinske konstrukcije najpre opredeljuje za određeni tip kotrljajnog ležaja, a zatim određuje potrebne dimenzije ležaja prema propisanom postupku. S tačke gledišta cene, mogućnosti nabavke i jednostavnosti pri ugradnji, uvek treba ići na kuglične jednorede ležaje sa radijalnim dodirom. Tek kad se pokaže da ovi ležaji ne mogu da ispune postavljene zahteve, može se ići i na druge tipove ležaja.

Da bi ležaj imao što duži radni vek i da bi što duže ispravno funkcionisao od esencijalnog značaja je:

- Podmazivanje;
- Zaptivanje;
- Pravilna ugradnja ležaja;
- Podešavanje saosnosti osovine;
- Praćenje stanja ležaja tokom rada.

SADRŽAJ:

1. UVOD	3
2. OSNOVNE KARAKTERISITIKE I PODELA KOTRLJAJNIH LEŽAJA	4
2.1. Sistem obeležavanja ležaja	5
2.2. Konstrukcioni oblici i karakteristike kotrljanih ležaja	8
2.2.1. Prsteni kuglični jednoredi ležaj sa radijalnim dodirom (oznaka 60, 62, 63, 64)	9
2.2.2. Prsteni kuglični jednoredi ležaj sa kosim dodirom (oznaka: 72, 73)	10
2.2.3. Prsteni kuglični jednoredi ležaj sa dodirom u četiri tačke (Oznaka: QJ2, QJ3)	11
2.2.4. Prsteni kuglični dvoredi ležaj sa kosim dodirom (Oznaka: 32, 33)	12
2.2.5. Prsteni kuglični dvoredi podesivi ležaj (Oznaka: 12, 22, 13, 23)	13
2.2.6. Prsteni cilindrično valjčani jednoredi ležaj (Oznaka: NU, N, NJ, NUP)	14
2.2.7. Igličasti ležaji (oznaka: NA48, NA49)	15
2.2.8. Prsteni konusno valjčani ležaj (oznaka: 302, 322, 303, 313, 323)	16
2.2.9. Prsteni bačvasti jednoredi podesivi ležaj (oznake: 202, 203, 204)	17
2.2.10. Prsteni bačvasti dvoredi podesivi ležaj (oznake: 222, 213, 223)	17
2.2.11. CARB-ležaj (oznaka: C22, C23, C30, C31, C32, C40, C60)	18
2.2.12. Kolutni kuglični jednoredi i dvoredi ležaj (oznaka: 511, 512, 513, 514, 522, 523, 524)	19
2.2.13. Kolutni konusno bačvasti podesivi ležaj (oznaka: 292, 293, 294)	19
2.3. Izbor tipa ležaja	20
2.4. Tolerancije i naleganja kod kotrljajnih ležaja	21
2.5. Nosivost i radni vek kotrljajnih ležaja	22
2.5.1. Vidovi oštećanja	22
2.5.2. Dinamička nosivost i radni vek ležaja	22
2.5.3. Ekvivalentno dinamičko opterećenje ležaja	23
2.5.4. Izbor veličine ležaja s obzirom na dinamičku nosivost	25
2.5.5. Statička nosivost ležaja	26
2.5.6. Ekvivalentno statičko opterećenje ležaja	26
2.5.7. Izbor veličine ležaja s obzirom na statičku nosivost	27
2.5.8. Granična učestanost obrtanja	27
3. PODMAZIVANJE KOTRLJAJNIH LEŽAJA	29
3.1. Uloga podmazivanja	29
3.2. Podmazivanje mastima	29
3.3. Podmazivanje uljima	30
3.4. Podmazivanje čvrstim mazivima	32
4. ZAPTIVANJE	33
4.1. Zaptivači sa dodirom zaptivnih površina	33
4.2. Zaptivači bez dodira zaptivnih površina	34
5. UGRADNJA LEŽAJA	35
6. PODEŠAVANJE SAOSNOSTI OSOVINA	44
7. ŠTA SVE TREBA PRATITI U TOKU RADA	45
8. PRAĆENJE STANJA	47
8.1. Tehnike praćenja stanja	48
8.2. Analiza vibracija	49
ZAKLJUČAK	52
LITERATURA	53

1. Uvod

Ležaji su mašinski elementi koji, u osloncima vratila i osovina, prenose opterećenja i obezbeđuju potrebnu tačnost položaja delova u relativnom kretanju. Prema vrsti relativnog kretanja radnih površina, preko kojih se prenosi opterećenje, razlikuju se dve osnovne vrste ležaja: **klizni i kotrljajni**.

Ležaj prima opterećenje od vratila ili osovine i prenosi ga na noseći deo konstrukcije bez prenošenje obrtnog momenta. Ležaji se prema tome predviđeni samo za prenošenje sila, a ne i obrtnih momenata.

U ležaju se ostvaruje veza između pokretnih i nepokretnih delova konstrukcije, odnosno između delova koji se jedan u odnosu na drugi obrću različitim ugaonim brzinama.

Koja će vrsta ležaja biti ugrađena u jednu mašinsku konstrukciju zavisi od radnih karakteristika ležaja, radnih parametara i radnih uslova konstrukcije. Svi ovi faktori mogu se svrstati u tri kategorije: **mehaničko-tehnološke, ekonomske i faktore okoline**.

Najznačajniji **mehaničko-tehnološki** faktori su karakter i intezitet opterećenja ležaja, ustaljenost relativnog kretanja, relativna brzina između površine rukavca i ležaja, dozvoljeno odstupanje od tačnog položaja, vrste maziva (mast, ulje i druge tečnost, vazduh ili neki drugi gas), gabarit ležaja itd. **Ekonomske faktori** su cena ležaja, troškovi održavanja, dužina radnog veka, učestanost i trajanje nužnih stajanja zbog zamene maziva, pregleda, popravki i dr.

Radna sredina može biti uzrok posebnih zahteva pri izboru ležaja, naročito ako je ona agresivna (korodivna, prljava i sl.) ili kad su u pitanju veoma visoke ili niske radne temperature.

Kotrljajni ležaji su pogodniji od kliznih za one mašine koje se često zaustavljaju ili im se naglo menjaju opterećenje i brzina, pošto je moment trenja pri pokretanju i pri zaustavljanju znatno manji kod kotrljajnih nego kod kliznih ležaja (izuzev kod onih sa hidrostatičkim podmazivanjem).

Prednosti primene kotrljajnih ležaja u odnosu na klizne su sledeće:

- Niža proizvodna cena i laka nabavka.
- Relativno jednostavno konstrukciono izvođenje uležištenja.
- Zadovoljavajuća nosivost za niže i srednje učestanosti obrtanja.
- Jednostavno podmazivanje i održavanje.
- Laka zamena, nema habanja rukavca.
- Manji gubici energije, što je naročito izraženo kod mašina koje se često zaustavljaju.
- Kotrljajni ležaji pri pokretanju startuju sa manjim radnim zazorom odnosno imaju tačnije vođenje (važno kod alatnih i elektro mašina).
- Ne zahtevaju posebno upuštanje do dostizanja radnog stanja

Nedostaci primene kotrljajnih ležaja u odnosu na klizne:

- Viši nivo buke i vibracija.
- Veća osetljivost na udarna opterećenja (sloj ulja kod kliznih ležaja znatno amortizuje udare).
- Kod nekih konstrukcionih izvođenja lakše je ugraditi dvodelene klizne ležaje, jer su kotrljajni ležaji jednodelni pa se ugrađuju aksijalnim pomeranjem.
- Za visoke učestanosti obrtanja ne mogu da rade tako uspešno kao klizni ležaji sa tečnim trenjem, jer im se nosivost odnosno radni vek jako smanjuje.

ZAKLJUČAK

Ležaj je mašinski element čiji je zadatak da omogući relativno kretanje obrtnih delova uz istovremeno prenošenje opterećenja između njih i obezbeđenje tačnosti njihovog položaja. Primena kotrljajnih ležaja je znatno veća u odnosu na primenu kliznih ležaja. To je pre svega uslovljeno visokim stepenom standardizacije i masovnom proizvodnjom.

Ostale prednosti su: niža proizvodna cena, relativno jednostavno konstrukciono izvođenje uležištenja, jednostavno podmazivanje i održavanje, laka zamena, manji gubici energije.

Kada ležaj otkáže tada najčešće dolazi do nepredviđenog zastoja celog mašinskog sistema. Svaki sat prekida rada koji je prouzrokovan preranim otkazom nekog od ležajeva može značiti skup zastoj u proizvodnji posebno ako se radi o skupim postrojenjima projektovanim za neprekidan rad.

Kvalitet ležaja, sam za sebe, ne može da garantuje rad bez problema, jer postoje i drugi faktori koji imaju uticaja na njegov rad.

Mašine moraju uvek da budu u vrhunskom operativnom stanju. Da bi se to ostvarilo, jedan od zahteva je i vrhunsko operativno stanje ležajeva. Ležajevi moraju da budu ugrađeni bez geometrijskih odstupanja i zaštićeni od previsokih temperatura, vlage i kontaminacije.

Za produženje radnog veka ležaja neophodno je poštovanje uputstva o podmazivanju i praćenje njegovih radnih parametara. Primarni zadatak podmazivanja je da smanji habanje dodirnih površina na mestu kontakta kotrljajnih tela sa ostalim delovima ležaja, takođe podmazivanje ima i ulogu zaštite radnih površina od korozije, smanjenje buke, odvođenje toplote i zaštite od prodora spoljašnje nečistoće.

Kvalitet zaptivki bitno utiče na radni vek ležaja. Zadatak zaptivanja je da spreči isticanje maziva iz ležaja i prodor spoljašnje nečistoće u ležaj ili u prostor gde se on nalazi. Izbor načina zaptivanja vrši se prema radnim uslovima, zahtevanom radnom veku ležaja, vrsti maziva, načinu podmazivanja i učestanosti obrtanja ležaja.

Da bi se sprečilo prerano oštećenje ležajeva neophodno je određeno znanje i iskustvo o tehnici njihove ugradnje i odgovarajući alati. Obzirom na funkciju ležaja neophodno je obezbediti uslove za prenošenje radijalnih i aksijalnih sila sa vratila na oslonce i obrnuto. Radijalno učvršćivanje se postiže izborom odgovarajućeg naleganja između vratila i unutrašnjeg prstena i između spoljašnjeg prstena i kućišta. Za prenošenje aksijalnih sila neophodno je aksijalno učvršćivanje vratila u osloncima.

Postoje različite metode ugradnje: mehanička, hidraulička, metoda ubrizgavanja ulja i metoda grejanja ležaja i to ugradnja na cilindrično sedište, konično sedište čauru za izvlačenje i čauru za pritezanje. Ako je ležaj relativno mali mogu se koristiti i jednostavniji mehanički alati tj. ugrađuje se na hladno uz korišćenje prese ili čaure i čekića. Veliki ležajevi se lakše ugrađuju uz pomoć ubrizgavanja ulja, hidraulike ili grejanjem.

Praćenje stanja omogućava predviđanja trenutka kada će doći do zastoja ležaja, što se može iskoristiti za izbegavanje skupih zastoja proizvodnje. SKF nudi ne samo celu liniju visoko preciznih i pouzdanih mernih instrumenata, već i prateću programsku podršku za brzu i tačnu obradu rezultata merenja. Praćenje stanja može se obavljati kontinuuano ili periodično.

LITERATURA

1. Miltenović,V. : **Mašinski elementi** - oblici, proračun, primena - Mašinski fakultet Niš, 2002.
2. Mitrović,R. : **Kotrljajni ležaji** - zavod za nastavna sredstva, Beograd 2004.
3. SKF : **Katalog standarnih ležajeva**, 1996
4. SKF : **SKF Priručnik za održavanje ležajeva**, 1998
5. SKF : **SKF Maintenance and Lubrication Products**, Netherlands, 2001