

# Najuticajniji faktori na radni vek radijalno-aksijalnog ležaja mašina građevinske i transportne mehanizacije

Marko Nikolić<sup>1\*</sup>, Goran Bošković<sup>1</sup>, Goran Marković<sup>1</sup>, Dragan Čolović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo, Dositejeva 19, 36000 Kraljevo, Srbija

<sup>2</sup> Institut IMK 14. oktobar, Jasički put br.2, 37000 Kruševac, Srbija

*Usled široke zastupljenosti radijalno-aksijalnih ležaja velikih prečnika, a naročito kod mašina građevinske i transportne mehanizacije, javlja se potreba u pogledu sagledavanja onih faktora čiji su uticaji od presudnog značaja na njihovo ispravno i dugoročno obavljanje radne funkcije. U radu su svi takvi faktori sagledani kako kroz pojedinačne, tako i kroz zajedničke uticaje koje imaju na ležaj.*

**Ključne reči: ležaj, podmazivanje, ukjučci, obrada, krutost**

## 0. UVOD

Osnovna funkcija ležaja sastoji se u obezbeđivanju uslova za relativno kretanje obrtnih delova i za prenošenje opterećenja sa pokretnih na one koji miruju ili obratno. Pored navedene nosivosti ležaj treba da obezbedi potrebnu tačnost položaja osa obrtnih delova u stanju rotacije i da dozvoli eventualno odstupanje položaja ose rotacije koje može biti posledica odstupanja prilikom izrade ili elastičnih deformacija.

Izuzetno složena funkcija ležaja uslovlila je potrebu za primenom posebnih tehnologija za izradu, pa ih shodno tome izrađuju specijalizovani proizvođači. Jasno je da i njihova cena nije mala, posebno ako se radi o ležajima za specijalne namene kao što je na primer radijalno-aksijalni ležaj preko koga se ostvaruje veza okretnog i neokretnog dela kod mašina građevinske i transportne mehanizacije. Shodno tome neophodno je sagledati faktore koji utiču na ispravno obavljanje njegove radne funkcije, a samim tim i na njegov radni vek.

## 1. FAKTORI UTICAJA

Činjenica je da mnogi faktori utiču na vek trajanja ležaja i da su oni međusobno povezani. Kako bi uticaje svih faktora ispitali i međusobno uporedili, u tu svrhu je neophodno sprovesti opsežno ispitivanje. Pošto takvo ispitivanje iziskuje puno vremena uz učešće velikih materijalnih sredstava, na ovom nivou sagledani su samo oni faktori koji su od najvišeg značaja za ispravno i dugo (vremenski predviđeno) obavljanje funkcije ležaja pri čemu ih možemo razvrstati na sledeće:

- podmazivanje
- uslovi radne sredine ( prašina, vlaga i dr.)
- termička obrada
- deplanacija oslone površine za vezu radijalno-aksijalnog ležaja

### 1.1 Podmazivanje

Pravilno podmazivanje je od velikog značajan za pouzdan rad i sprečavanje prevremenog oštećenja ležaja. Pravilno podmazivanje ležaja mora da obezbedi stvaranje

mazivog filma između kotrljajnih elemenata, kotrljajnih staza i kaveza, kako bi se onemogućio kontakt metal-metal. Pod idealnim podmazivanjem podrazumeva se da film maziva bude stalno prisutan u odgovarajućoj debljini.

Podmazivanje ležaja je široko kategorizovano, kao i maziva koja se primenjuju. Odluka koju vrstu maziva treba primeniti, zavisi od tipa ležaja i uslova rada. Maziva obično preporučuju proizvođači ležaja i to su masti ili ulja za podmazivanje, pri čemu postoji adekvatno zaptivanje kućišta ležaja.

### Podmazivanje mašću

Oko 90 % svih uležištenja se podmazuje mašću. Mast ima prednost u odnosu na ulje zato što se lako zadržava u ležajnom prostoru, a osim toga potpomaže zaptivanje uležištenja. Kod ležaja koji imaju visoke brojeve obrtaja, prevelika količina masti izaziva povećano unutrašnje trenje, a to znači porast temperature ležaja. Zato se slobodni prostor unutar kućišta puni 30% do 50% od zapremine. Kod ležaja koji rade na malom broju obrtaja, a koji moraju da se dobro zaštite od korozije, najbolje je kućište potpuno napuniti mašću.

Mast se može definisati kao vrsta maziva u čvrstom ili polučvrstom stanju, koja sadrži zgušnjivače, a neke masti sadrže i specijalne (posebne) sastojke. Bazno ulje u masti je glavni sastojak, koji zapravo omogućava funkciju podmazivanja i sadržano je u masti u 80-90%. Za izbor maziva su od značaja viskoznost osnovnog (baznog) ulja, konzistencija, temperaturno područje primene i nosivost.

**Viskoznost osnovnog ulja** - Masti sa višom viskoznošću nema smisla primeniti kod ležaja sa malim brojem obrtaja jer se nedovoljno ulja izdvoji za podmazivanje. Zato se za male brojeve obrtaja, kada je potrebno obezbediti veću viskoznost, vrši podmazivanje uljem. Najviši dozvoljeni broj obrtaja pri kom se data mast još može primeniti zavisi od viskoznosti osnovnog ulja.

**Konzistencija masti** - Mazive masti su razvrstane po konzistenciji, prema klasifikaciji National Lubricating Grease Institute (NLGI), u različite klase konzistencije, a

\*Kontakt adresa autora: Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Dositejeva 19, 36000 Kraljevo, Srbija, nikolic.m@mfvk.kg.ac.rs

prema DIN 51 818. Konzistencija masti za ležaje ne sme znatno da varira u temperaturnom području primene. Masti koje omekšavaju na višim temperaturama isure iz ležaja a one koje se stvrdnu na nižim temperaturama ometaju kotrljanje. Kao masti za ležaje dolaze u obzir one na bazi metalnih sapuna sa konzistencijom 1, 2 i 3.

**Antikoroziivna svojstva** - Antikoroziivna svojstva maziva zavise od vrste antikoroziivnih dodataka. Osim antikoroziivnog dejstva mast mora da bude otporna na vodu tj. da se ne ispire. Ove dve osobine imaju litijumske i kalcijumove masti koje sadrže dodatke u vidu jedinjenja olova. Iz ekoloških razloga, kako ne bi došlo do kontaminacije radne sredine, jedinjenja olova se sve više zamenjuju drugim dodacima koji pak ne daju tako dobra maziva svojstva.

**Nosivost masti** - Za visoko opterećene ležaje savetuju se masti koje imaju EP dodatke radi povećanja nosivosti. Poznato je da masti sa ovim dodacima, koji su na bazi olovnih jedinjenja, znatno produžavaju vek ležaja kada ne postoji elastohidrodinamički mazivi sloj.

Kod ležajeva kod kojih je vreme trajanja masti kraće od radnog veka ležaja, neophodno se vršiti domazivanje. Interval domazivanja zavise od više međusobno povezanih uticaja, kao što su vrsta i veličina ležaja, broj obrtaja, radna temperatura, vrsta masti, uticaji okoline, i dr. Periodičnim domazivanjem je neophodno obezbediti efikasan rad ležaja. Tokom određenog perioda vremena većina masti će konačno početi da očvršćava zbog oksidacije.

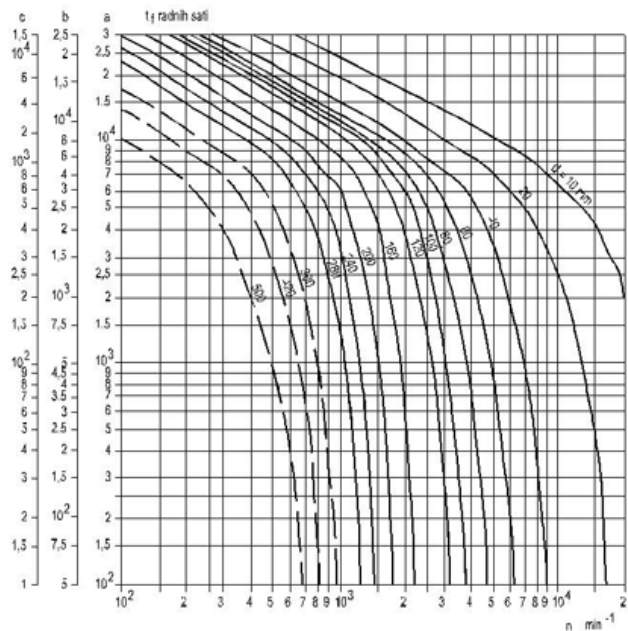
Prilikom domazivanja ležaja, potrebno je obezbediti da samo mesto na kome se obavlja domazivanjem bude čisto, kako prašina i ostali uključci iz spoljašnje sredine ne bi dospeli u unutrašnjost ležaja. Kada koristimo pištolj za domazivanje, potrebno je da on bude pravilno kalibrisan za odgovarajuću količinu masti i neophodno je proveriti da li je mast u pištolju ista kao i ona prvobitno primenjena.

Najčešće se inetrvali za domazivanje, koji se daju, baziraju na dugogodišnjim praktičnim iskustvima. Proizvođači ležaja preporuke za interval domazivanja mogu dati u tabelarnom obliku, u obliku dijagrama ili pak gotovim formulama za njegovo približno određivanje. Najčešće se intervali podmazivanja vezuju za broj radnih sati mašine na koju je ležaj instaliran.

Domazivanje se može obaviti i pre preporučenog intervala ukoliko mazivo dospe u kontakt sa vodom, prašinom ili usled produženog perioda zastoja, na primer za dizalice i građevinske mašine u toku zimskih meseci. Na slici 1. dat je dijagram intervala domazivanja.

#### Podmazivanje uljem

Podmazivanje uljem se primenjuje kod visokih brojeva obrtaja i radnih temperatura, koje ne može da podnese mast, zatim kod potrebe za odvođenjem toplote iz uležištenja i tamo gde je ulje već prisutno kao mazivo iz drugih razloga (zupčanici).



Sl. 1. Interval domazivanja

Pri tom razlikujemo nekoliko postupaka podmazivanja:

**Uljna kupka** – Kada je moguće obezbediti da ležaj bude potopljen u ulju do određenog nivoa.

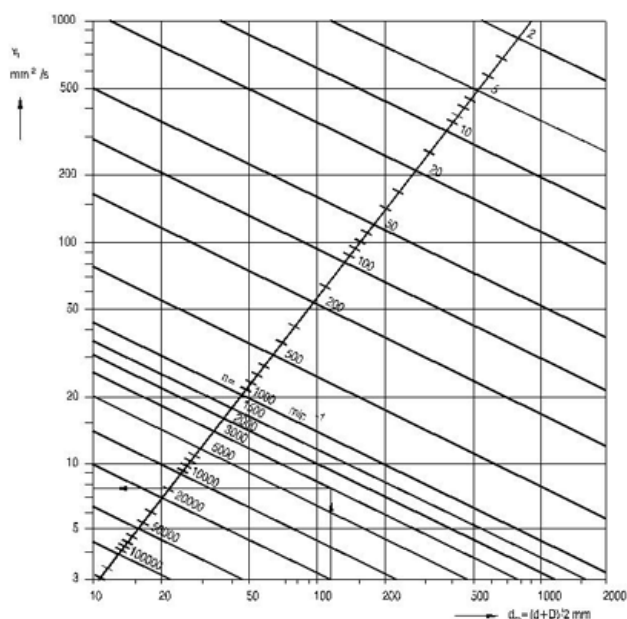
**Optočno podmazivanje** – Kod visokih brojeva obrtaja i radnih temperatura, gde ulje brže stari i gde je eventualno potrebno hlađenje, postavlja se optočno podmazivanje uljem.

**Ubrizgavanje ulja** – Kod naročito visokih brojeva obrtaja, radi obezbeđenja potrebne, ali ne velike količine ulja u ležaju, jer se time sprečava pregrevanje, ulje se ubrizgava u ležaj pod visokim pritiskom. Brzina uljne struje mora biti veća od 15 m/s da bi se savladala struja vazduha oko ležaja.

**Nauljeni vazduh** – Tačno centralno doziranom količinom ulja nauljen vazduh se dovodi do svakog ležajnog mesta. To omogućava najviše brojeve obrtaja i najniže radne temperature. Vazдушna struja, sem što hladi ležaj, stvara nadpritisak koji sprečava prodor nečistoća u uležištenju.

Viskoznost mineralnih ulja zavisi od temperature, opada sa porastom temperature. Odnos pad viskoznosti sa temperaturom izražena je indeksom viskoznosti  $v$ . Na radnoj temperaturi ležaja ulje mora da ima određenu minimalnu viskoznost da bi mogao da se formira mazivi sloj. Pošto sa porastom viskoznosti raste i zagrevanje ležaja, ovo poboljšanje je ograničeno.

Kao što kod domazivanja postoji interval domazivanja, tako i kod podmazivanja uljem postoji interval zamene ulja koji prvenstveno zavisi od radnih uslova i količine ulja. Na slici 2. prikazan je dijagram potrebne kinematske viskoznosti  $\nu_1$  koja se očitava na osnovu nominalnog prečnika ležaja i broja obrtaja.

Sl. 2. Potrebna kinematska viskoznost  $U_2$ 

Najčešće se mineralna ulja sa većim viskozitetom koriste za podmazivanje u slučajevima velikih opterećenja, malih brzina i povećane radne temperature.

#### Uloga i izbor maziva

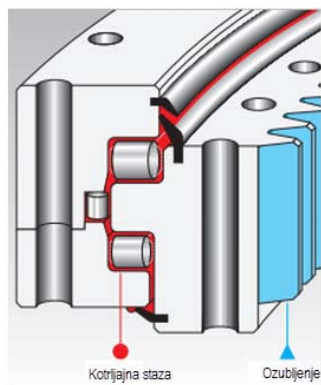
Mazivo koje se koristi mora da ima dobra vezivna svojstva. Pravilno podmazivanje i redovno održavanje su bitni preduslovi za postizanje dugog radnog veka ležaja. Uloga maziva sagledava se kroz:

- stvaranje filma maziva sposobnog da podnese opterećenje na svim kontaktnim površinama i tako smanji trenje
- smanji buku u radu
- zaštititi ležaj od korozije
- odvede toplotu iz ležaja pri velikim opterećenjima (u slučaju podmazivanja uljem).
- obezbedi odgovarajuće zaptivanje i spreči kontaminaciju

Odlučujući faktori u određivanju odgovarajuće vrste i količine maziva su:

- dizajn i veličina ležišta
- dizajn okoline ležaja
- snabdevanje mazivom
- uslovi rada.

Preporuka jednog od proizvođača ovog tipa ležaja vezana za primenu maziva u eksploatacionim uslovima, prikazana je na slici 3.



	●	Aralub HLP 2	243 K to 393 K (-30 °C to +120 °C)
	▲	Aralub MKA-Z 1	263 K to 453 K (-10 °C to +180 °C)
	●	Spheerol EPL 2	253 K to 413 K (-20 °C to +140 °C)
	▲	Mollub-Alloy 9790/2500-1	253 K to 363 K (-20 °C to +90 °C)
	●	Centoplex EP 2	253 K to 403 K (-20 °C to +130 °C)
	▲	Grafloson C-SG 0 ultra	243 K to 473 K (-30 °C to +200 °C)
	●	Lagermeister EP 2	253 K to 403 K (-20 °C to +130 °C)
	▲	Ceplattyn KG 10 HMF	263 K to 413 K (-10 °C to +140 °C)
	●	Mobilux EP 2	253 K to 393 K (-20 °C to +120 °C)
	▲	Mobilgear OGL 461	253 K to 393 K (-20 °C to +120 °C)
	●	Gadus S2 V220 2	248 K to 403 K (-25 °C to +130 °C)
	▲	Malleus OGH	263 K to 473 K (-10 °C to +200 °C)
	●	Multis EP 2	248 K to 393 K (-25 °C to +120 °C)
	▲	Ceran AD Plus	248 K to 423 K (-25 °C to +150 °C)

● Mast za podmazivanje kotrljajnih staza  
▲ Mast za podmazivanje zupčanika

Sl. 3. Preporučena maziva od strane proizvođača Thyssen Krupp-Rothe Erde.

Neke od najčešćih preporuka proizvođača ležajeva, vezane za upotrebu maziva, sagledane su u sledećem:

- U koliko se koriste maziva istog kvaliteta, ali različitih proizvođača od preporučenih, tada je najčešće potrebno dobiti potvrdu (odobrenje) za njenu upotrebu, od strane proizvođača ležaja.

- U slučaju niskih temperatura potrebno je koristiti posebna maziva.
- Ako je instaliran uređaj za automatsko podmazivanje, proizvođač maziva mora da potvrdi pumpabilnost u opsegu radnih temperatura.
- Za neprekidne rotacije pri velikim brzinama obrtanja i velikim vrednostima opterećenja,

podmazivanjem je potrebno smanjiti unutrašnje trenje, pri čemu se uvodi podmazivanje uljem, kako bi se uticalo na smanjenje temperature.

Kod mašina građevinske i transportne mehanizacije ovaj tip ležaja ima primenu kod obrtnih platformi, a usled malih brzina obrtanja, konstrukcionih i drugih razloga, najčešće se podmazivanje obavlja mašću. Pored domazivanja samog ležaja, neophodno je izvršiti i domazivanje zupčanika (ozubljenja), koji je najčešće sastavni deo ležaja ovog tipa. Ozubljenje može biti unutrašnje ili spoljašnje, posmatrano u odnosu na ležaj. Domazivanje zupčanika se obavlja posebnim mastima koje se najčešće razlikuju od masti za podmazivanje i domazivanje ležaja, a koje preporučuje proizvođač ležaja.

## 1.2 Uslovi radne sredine

Uslovi radne sredine su jedan od najznačajnijih faktora koji utiču na radni vek ležaja. U otežanim uslovima rada, usled neefikasnog zaptivanja između ležaja i spoljašnjeg okruženja, u ležaj ulaze prašina, pesak, razne vrste opiljaka, voda, otrovne hemikalije i drugo, pri čemu se radni vek ležaja smanjuje. To ne znači da se do neke granice smanjenje radnog veka iz ovog razloga ne može preduprediti ispravnim načinom rukovanja, zaptivanjem i podmazivanjem ležaja.

Prašinu, pesak, opiljke i njima slične čestice možemo svrstati u grupu čvrstih čestica, čija se razlika najpre ogleda u veličini čestica, koja se kreće od nekoliko nanometara, pa čak i do nekoliko milimetara, ali im je svakako uticaj na ležaj isti.

Prisustvo čvrstih uključaka u unutrašnjosti ležaja stvara ozbiljan problem u pogledu obavljanja ispravne funkcije i radnog veka ležaja, time što povećava habanje i može dovesti do trajnog prekida rada ležaja. Habanja koja mogu da prouzrokuju takve čestice, manifestuju se u obliku abrazije, površinskih ureza, zamora materijala, pa čak i pojave struganja u zavisnosti od mehaničkih karakteristika čestica. Čvrtste čestice imaju nepoželjan uticaj na sve mašinske elemente koji se međusobno relativno kreću.

Masti ili ulja, kao sredstva koja se koriste za podmazivanje, sadrže u sebi određeni nivo čvrstih čestica, bilo da su one potekle od unutrašnjeg habanja ili da su dospele iz spoljašnje sredine. Pojava čvrstih uključaka koji potiču iz unutrašnjosti ležaja izražena je u periodu uhodavanja istog i tada su takve čestice primarne (od većeg značaja), u pogledu uticaja na habanje, u poređenju sa česticama koje dospevaju iz spoljašnje sredine. Nakon perioda uhodavanja postepeno se smanjuje uticaj čestica koje potiču iz unutrašnjosti ležaja, a povećava uticaj čestica iz spoljašnje sredine. Ovakvo stanje kao posledicu ima postepeno smanjenje zaptivne moći elemenata za zaptivanje, koji su najčešće sastavni deo ovog ležaja.

Ukoliko se podmazivanje ležaja vrši uljem, filtracijom ulja smanjuje se koncentracija ovih uključaka, a time i habanje. Kao i kod svakog, tako i kod ovog tipa ležaja potrebno je obezbediti tanak uljni film kako bi se sprečio kontakt metal-metal, ali su uprkos tome izrazita oštećenja usled pojave čvrstih uključaka, jer su oni često veći od debljine samog uljnog filma.

Kao što smo već ranije rekli najčešće se ovaj tip ležaja kod mašina građevinske i transportne mehanizacije podmazuje mašću, pa je samim tim i izložen većem uticaju čvrstih čestica u poređenju sa ležajima istog tipa koji se podmazuju uljem. Za razliku od ulja, mast nije moguće filtrirati, to jest nije moguće na takav način umanjiti procenat čvrstih čestica koje se nalaze u njoj. Smanjenje koncentracije čvrstih uključaka je moguće ostvariti domazivanjem i zaptivanjem ležaja. Domazivanje ležaja pored navedenih ima i tu prednost što i sama mast predstavlja zaptivno sredstvo i igra važnu ulogu u sprečavanju prodiranja čvrstih čestica iz spoljašnje sredine u unutrašnjost ležaja.

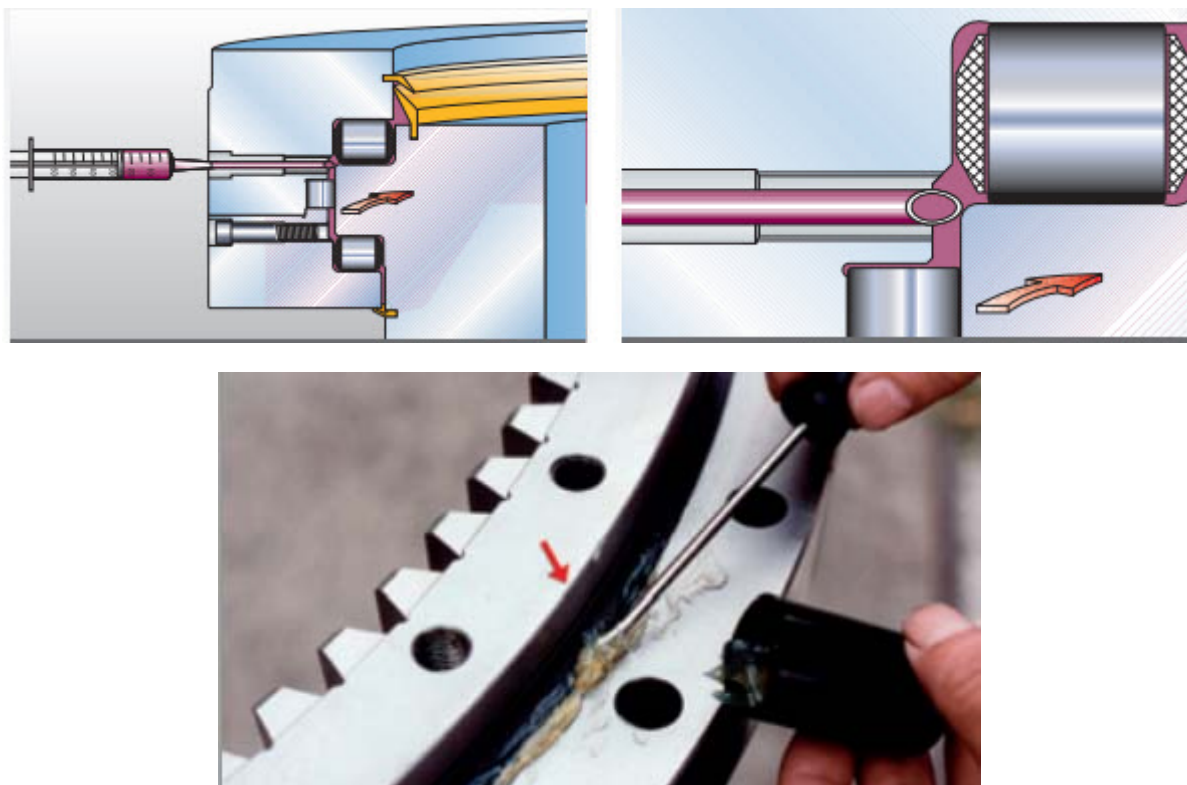
Iz razloga već pomenutih neželjenih uticaja čvrstih čestica na ležaj, neophodno je povremeno sprovoditi kontrolu procentualnog učešća čvrstih čestica, koja se obavlja uzimanjem uzorka masti iz ležaja. Na slici 4. prikazan je način uzimanja uzorka masti iz ležaja.

Količina čestica u masti izražava se u *ppm*-ima (parts per million), pri čemu ona predstavlja udeo količine čestica u zapremini masti. Osim čestica koje dospevaju iz spoljašnje sredine, unutar ležaja javljaju se i metalne čestice usled oštećenja površinskog sloja na kotrljajnim telima i kotrljajnim površinama kao posledica zamora i klizanja (kao posledica odstupanja u procesu kotrljanja) Granična vrednost metalnih čestica u masti u velikoj meri zavisi od operativnih parametara i intervala podmazivanja. U zavisnosti od primene, vrednost može biti veća i od 20.000 *ppm*-a.

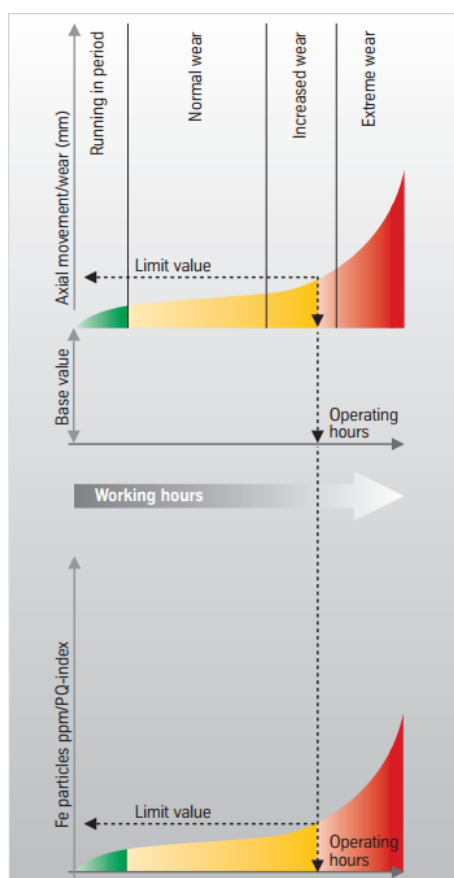
Na slici 5. prikazane su krive pohabanosti ležaja koje pokazuju povećanje habanja i povećanje metalnih čestica i PQ indeks u funkciji radnih sati.

Uticaje vlage, vode, otrovnih supstanci i njima sličnim možemo svrstati u grupu čiji se zajednički uticaj na ležaj sagledava kroz spiranje maziva iz ležaja i pojavu korozije, što dovodi do povećanog habanja istog. Ovaj neželjeni uticaj je prvenstveno moguće rešiti dobrim zaptivanjem, što je kod ovog tipa ležaja praktično nemoguće u potpunosti obezbediti, ali je svakako moguće ublažiti uz obavezno često domazivanje ležaja.

Generalno gledano za sve spoljašnje uticaje važi u principu isto, i to da je neophodno ostvariti što je moguće bolje zaptivanje i vršiti redovnu kontrolu stanja maziva kako u pogledu količine tako i u pogledu zaprljanosti (stanja u kome se mazivo nalazi).



Sl. 4. Uzimanje uzorka masti iz ležaja



Sl. 5. Krive pohabanosti

### 1.3 Termička obrada

Radijalno-aksijalni ležajevi svrstavaju se u grupu mašinskih elemenata koji mora biti u stanju da se obrće glatko dok posredstvom malih kontaktnih površina nosi veliki teret. Prema tome, materijal svakog radijalno-aksijalnog ležaja mora u osnovi da zadovolji visok stepen određenih zahteva:

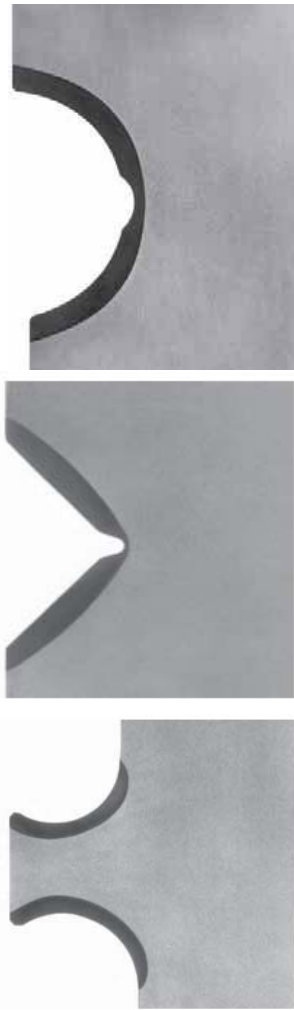
- radni vek ležaja usled kontaktnog zamora
- propisane vrednosti tvrdoće materijala
- dobra otpornost na habanje
- dimenziona stabilnost

Saglasno navedenom, određene komponente ležaja moraju se podvrgnuti procesu termičke obrade u zavisnosti od zahtevanog kvaliteta i pouzdanosti datog ležaja.

Rezultat termičke obrade komponenti radijalno-aksijalnog ležaja ogleda se u dobijanju martenzitne strukture materijala koja ima dobra mehanička svojstva.

U poslednje vreme najčešće primenjivani vid termičke obrade jeste indukciono kaljenje. Ovaj vid termičke obrade obezbeđuje dobru reproduktivnost i istovremeno i dosledan kvalitet tretiranih površina. Indukcioni kalemovi koji se koriste u procesu kaljenja prilagođavaju se raznim veličinama prečnika kotrljajnih staza.





Sl. 6. Neke od tretiranih površina radialno-aksijalnih ležajeva

#### 1.4 Deplanacija oslone površine za vezu radialno-aksijalnog ležaja

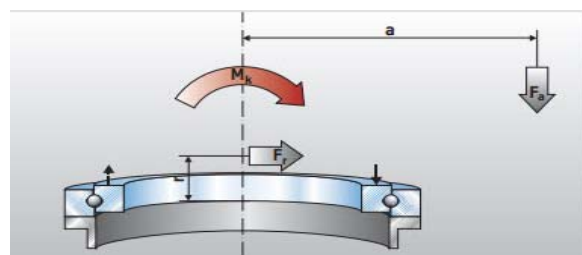
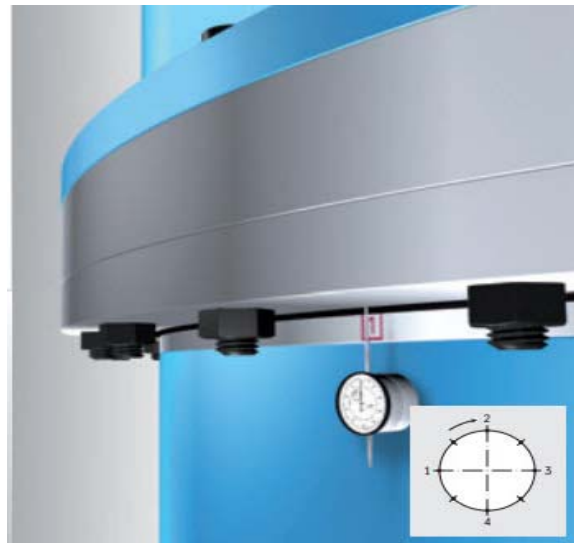
Različiti radni i konstruktivni uslovi podstakli su razvoj raličitih tipova konstrukcija veza okretnog i neokretnog dela mašina građevinske i transportne mehanizacije, a sve u svrhu adekvatnog obavljanja radnih zadataka istih. Tako danas razlikujemo dva osnovna tipa konstrukcija oslonog dela, a reč je o „H“ i „X“ tipovima konstrukcija, koja nalaze primenu kod mašina kao što su: bageri, građevinske stubne dizalice, autodizalice i portalne dizalice. Put do nastanka i razvoja ovih konstrukcijskih rešanja bio je podvrgnut uticajima različitih radnih i konstruktivnih zahteva, a neki od njih su:

- potrebno je obezbediti odgovarajuću krutost konstrukcije, kako bi deplanacija površine na koju se oslanja radialno-aksijalni ležaj bila što manja

- gabaritne mere konstrukcije moraju biti u određenim granicama, radi izvođenja neometan transporta mašina ili njihovih segmenata
- jednostavno održavanje i dugotrajna antikorozivna zaštita, tako da stvara što manje troškove
- konstrukcija treba da je što jednostavnija i laka i da zahteva mali utrošak materijala pri izradi i dr.

Realno je u isto vreme teško uskladiti sve prethodno navedene zahteve, međutim treba težiti takvom konstrukcijskom rešenju koje će obuhvatiti što je moguće veći broj ovih zahteva. Nedostatak ovih konstrukcionih rešanja je nedovoljna krutost, koja se dalje održava kroz nepovoljnu raspodelu opterećenja unutar samog ležaja.

Usled neravnina površine oslanjanja, u toku rada bagera, nije moguće ostvariti potpun kontakt između guseničnog hodnog stroja i površine oslanjanja tako da dolazi do pojave uvijanja noseće konstrukcije, koje dalje izaziva deplanaciju oslone površine konstrukcije za vezu radialno-aksijalnog ležaja. Dug vek i funkcionalnost ovih ležaja u mnogome zavisi od krutosti oslone površine za vezu ležaja.



Sl. 7. Merenje zazora usled nagiba – deplanacije

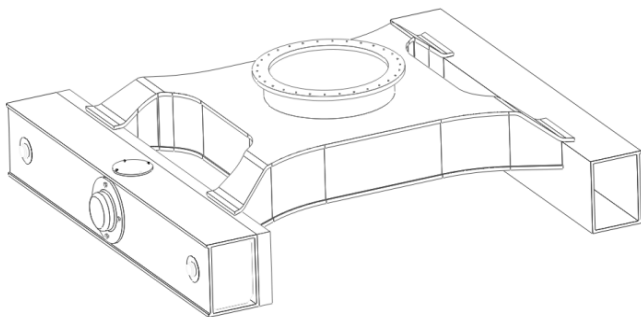
U radu [5] je kroz analitičko definisanje zavisnosti krutosti i uticaja odnosa geometrijskih parametara konstrukcije pokazano da se izborom geometrijskih veličina noseće konstrukcije radijalno-aksijalnog ležaja može uticati na povećanje krutosti konstrukcije.

Međutim i pored tako definisanog odnosa ne može se obezbediti krutost pri kojoj bi deplanacija oslone površine bila manja od dozvoljene [5]. Došlo se i do zaključka da na efekat povećanja krutosti oslone površine za vezu radijalno-aksijalnog ležaja bitno utiče krutost cilindričnog nosača. Povećanje krutosti ovog nosača moguće je ostvariti definisanjem potrebne visine i debljine zida nosača.

U nastavku su date relacije za određivanje potrebne visine i debljine nosača. Takođe je i primenom metode konačnih elemenata izvršena analiza nosećeg rama, pri čemu je kao model korišćeno izvedeno rešenje. U radu je predstavljen i nov oblik noseće konstrukcije radijalno-aksijalnog ležaja, a koje bi skoro u potpunosti omogućilo sprečavanje pojave deplanacije oslone površine za vezu ležaja. Na ovaj način ostvarila bi se bolja prilagodljivost mašine stazi po kojoj se kreće, odnosno kontakt svih točkova sa stazom [5].

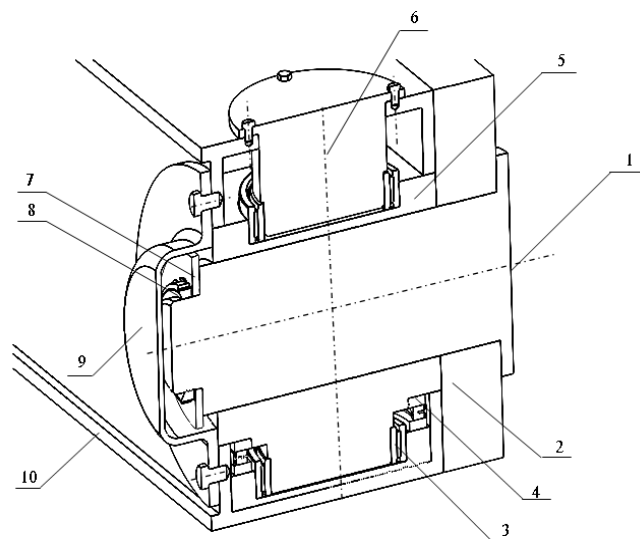
Rešenje je izvedeno zglobnom vezom koja je smeštena u centralnom delu podužnog nosača, dok se na krajevima istog nalaze osovine, koje obrazuju klizne parove.

Na slici 8. prikazano je novo varijantno rešenje oslanjanja nosećeg rama, rok je na slici 9. prikazana zglobna veza centralnog dela podužnog nosača.



Sl. 8. Nova varijanta oslanjanja nosećeg rama

Na osnovu prethodno izloženog vidimo da deplanacija površine za vezu radijalno-aksijalnog ležaja ima veliki značaj na ispravno i vremenski predviđeno obavljanje radne funkcije ležaja i da razvojem novih rešenja, kao što je novo rešenje predstavljeno u radu [5], uticaj ove neželjene pojave možemo umanjiti ili potpuno eliminisati.



Sl. 9. Zglobna veza centralnog dela podužnog nosača;  
1. Centralna osovina, 2. Ploča sa vođicama, 3. Aksijalni ležaj, 4. Radijalni ležaj, 5. Čaura, 6. Gornji poklopac, 7. Graničnik, 8. Navrtka sa osiguračem, 9. Poklopac, 10. Podužni nosač

## 2. ZAKLJUČAK

U radu su samo ukratko sagledani efekti najznačajnijih faktora na vek trajanja ležaja i predstavljene mere koje umanjuju ili u potpunosti eliminišu njihove neželjene uticaje. Ovo bi mogao biti predmet nekih opsežnijih istraživanja, u kojima bi se analitičkim i eksperimentalnim putem opisali i dokazali njihovi pravi uticaji. Jako je važno, što je u ovom radu do neke i urađeno, sagledati i uticaje kombinacija ovih faktora, kao i sveobuhvatan (zajednički) uticaj na dati problem. Tek na osnovu konkretnih rezultata možemo pristupiti iznalaženju takvog rešenja, koje će na najbolji način umanjiti ili u potpunosti eliminisati date neželjene uticaje i tako omogućiti nesmetan i ispravan rad ležaja, uz niže troškove održavanja.

## 3. LITERATURA

- [1] <http://www.thyssenkrupp-rotheerde.com/>
- [2] <http://www.skf.com/>
- [3] [http://www.rusainc.com/pdf/Slewing\\_bearings.pdf/](http://www.rusainc.com/pdf/Slewing_bearings.pdf/)
- [4] <http://www.ina.de/>
- [5] M. Gašić, M. Savković, G. Marković, N. Zdravković, *Research and development of carrying structure of radial-axial bearing of construction and transport mechanization machines*, KOD, Palić 2010, pp 41-48
- [6] M. Gašić, M. Savković, G. Marković, *Supplement to development of new solution of bond between revolving and nonrevolving parts of construction and mechanization machines*, IMK 14 Research and development, 2009
- [7] M. Gašić, M. Savković, G. Marković, N. Zdravković, M. Nikolić, *Construction performances of building and transport mechanization revolving support*, International Conference - Heavy Machinery HM

- 2011, Vrnjačka Banja 2011, B Sesion, pp 49-54,  
ISBN 978-86-82631-58-3
- [8] <http://www.slideshare.net/MarkoRistic83/uticaj-kontaminirajuih-estica-na-smanjenje-radnog-veka-kotrljajnih-leaja-pregled-istraivanja/>
- [9] REZMIREȘDANIEL\*, BOCĂNEȚVASILE\*,  
MONFARDINI ALFREDO\*\*, RACOCEA

CRISTINA\*\*\*, RACOCEA CEZAR\*\*\*, *Slewing bearing lubrication & maintenance*, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi“ din Iași, Tomul LVI (LX), Fasc. 4A, 2010, Secția CONSTRUCȚII DE MAȘINI

***Napomena:*** U radu je prikazan deo rezultata istraživanja na projektu TR 35038, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.