

AKSIJALNI KUGLIČNI LEŽAJ OBRTNE VEZE

Goran Rakić¹, Svetislav Marković²

goran.rakic@rbkolubara.rs, svetislav.markovic@vstss.com

REZIME

Aksijalni kuglični ležaj kao deo obrtne veze je ležaj velikih dimenzija posebno konstruisan da omogući prenos aksijalnih opterećenja i kružno kretanje turbina vetrenjača, rudarskih, građevinskih i ostalih mašina. Svrha ovog rada je da se uzevši u obzir specifične uslove njegovog rada i geometriju: opterećenje, temperaturu, kinematski prečnik, brzinu obrtanja i prečnik kugle ležaja, prikažu različiti sistemi podmazivanja i značaj pravilnog izbora maziva da bi se povećao njegov radni vek.

Ključne reči: aksijalni kuglični ležaj, obrtna veza, sistemi podmazivanja, pravilan izbor maziva, ulje, mast

THRUST BALL BEARING-SLEWING BEARING

ABSTRACT

Thrust ball bearing as a part of slewing bearing is a large-sized bearing specifically designed to accommodate transfer of axial loads and oscillating movements in wind power turbines, mining, construction and other machines. The purpose of this paper, considering specific working conditions and geometry: load, temperature, pitch diameter, rotational speed and ball diameter is to present different types of lubrication systems and significance of correct choice of lubricant in order to increase its service life.

Key words: thrust ball bearing, slewing bearing, lubrication systems, correct choice of lubricant, oil, grease

1. UVOD

Rotorni bageri, odlagači, deponijske mašine koje se koriste u tehnologiji eksploatacije uglja u rudarstvu pripadaju svakako po gabaritima najvećim mašinskim konstrukcijama. Kružno kretanje i prenos sila ili momenta obavlja se preko kotrljajnog ležaja, koji je deo obrtne veze.

Obrtne veze, na nemačkom „Drehverbindung“ su, dakle, veliki ležajevi, koji se sastoje od unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena, gde po pravilu jedan od prstenova ima ozubljeni venac (u RB Kolubara su međutim, najčešća konstruktivna rešenja sa odvojenim ozubljenim vencom). Zajedno sa otvorima za pričvršćivanje na oba prstena, omogućavaju prenos sile preko jednostavnog i brzog spoja između susednih mašinskih delova. Kotrljajne staze ležaja zajedno sa kotrljajnim telima i kavezima ili odstoynim prstenovima su konstruisani tako da primaju opterećenja koja deluju pojedinačno ili kombinovano i u bilo kom smeru.

¹ AD EPS, RB „Kolubara“, Tamnava Zapad

² Fakultet Tehničkih Nauka Čačak

U srpskom jeziku se ustalila pojava da se iz nemačkog jezika prihvataju reči, pri čemu im se daje novo značenje, koje inače ne odgovara pravom značenju te reči u nemačkom jeziku. Tako je reč „Kugelbahn“, prihvaćena u upotrebi kao „Kugliban“ i ona u nemačkom ima značenje kotrljajna staza, a na srpskom u RB Kolubara se koristi u značenju veliki kuglični ležaj. Ovakvo značenje reči „Kugelbahn“, potiče upravo otuda što je u RB Kolubara najčešće slučaj da je za obrtnu vezu upotrebljen upravo kotrljajni ležaj koji najčešće prenosi isključivo aksijalnu silu ili kod nešto manjih Kuglibana ,npr. za kružno kretanje trake 2 ležaj koji prenosi i kombinovana opterećenja.

Velika kotrljajuća uležištenja karakteriše zazor uležištenja na isporuci. Ovi zazori obezbeđuju pravilan rad i dobre hodne karakteristike uležištenja. Ali, zazori se povećavaju kada uležištenja postanu starija vremenom, tako da ih je neophodno proveravati redovno. Istrošenost na zaokretnom prstenu loptastog uležištenja prouzrokuje povećani zazor i spuštanje gornje gradnje. Prva merenja se moraju uzeti u uslovima kao nov, to znači kada je mašina stavljena u rad (osnovno merenje). Buduća merenja se moraju upoređivati sa osnovnim merenjem, maksimalno dozvoljeno povećanje na originalnom zazoru uležištenja se nalazi i pokazano je u dokumentaciji dobavljača.

Uslovi rada ovih kotrljajnih ležajeva se razlikuju od onih u kojima uobičajeno rade kotrljajni ležajevi i predstavljaju osnovne karakteristike, u ovom primeru, velikog aksijalnog kugličnog ležaja na bagerima bitne za izbor sistema podmazivanja i vrste maziva:

1. veliki uticaj zagađenja (ugljenom prašinom i drugim nečistoćama),
2. uticaj vlage,
3. relativno male brzine kretanja,
4. relativno velika opterećenja,
5. relativno veliki specifični pritisci na kontaktima,
6. položaj ležaja u odnosu na traku 2 (da li je ispod ili je ležaj iznad trake 2)

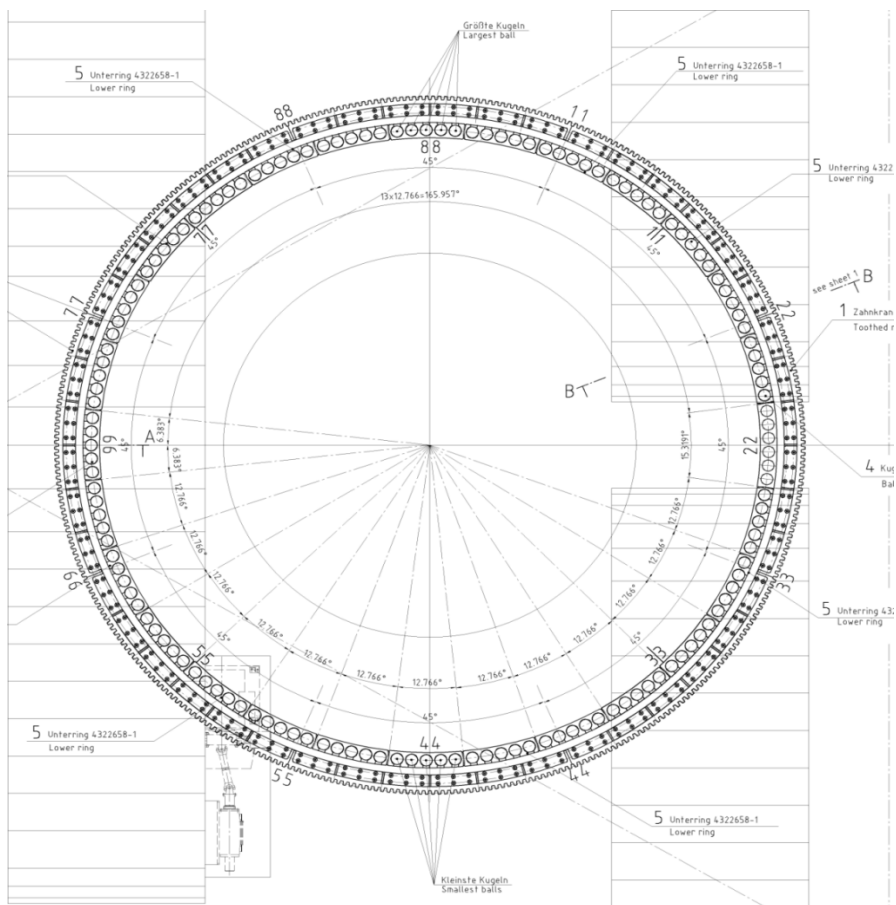
2. AKSIJALNO KUGLIČNI LEŽAJ “KUGLIBAN”

Karakterističan primer aksijalnog kugličnog ležaja obrtne veze je na bageru SchRs 1600.[1]

Gornja gradnja bagera leži i okreće se na kugličnom ležaju prečnika 11m sa 141 kuglom prečnika 200mm na Slici 1. Oba, donji i gornji kugliban su podeljeni u 8 segmenata. Okretanje se vrši pomoću dva pogona 2x75kW preko zupčastog venca. Težina gornje gradnje 1200t. Podmazivanje ležaja vrši se uljem.

Na slici 2. prikazani su kuglični žljeb (1) sa odvojenim ozubljenim vencem (2) koji su postavljeni na vrhu prstenastog rama i služe kao rotacioni zglobovi između donje i gornje gradnje. Gornje i donje sedišta kuglibana su obrađeni za odgovarajuće zaptivanje.

Na kugliban je dodat sklop za zaštitu od prašine (3).



Slika 1. „Kugliban“-Aksijalni kuglični ležaj [1]

Kugle su vođene u kavezima koji klize po donjim segmentima prstena slika 3.

Jedan od gornjih segmenata prstena se može otvoriti radi lake zamene pojedinačne kugle slika 2.

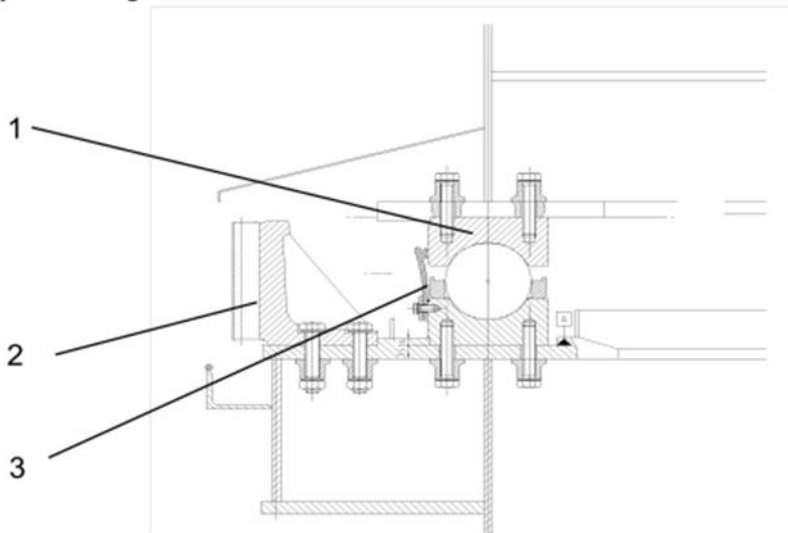
3. PODMAZIVANJE STAZA LEŽAJA

Ispravno podmazivanje i redovno održavanje su važni za dugi radni vek velikih aksijalnih ležajeva.

Mazivo mora da obavlja sledeće funkcije [2]:

- obrazuje dovoljni sloj maziva na kontaktnim površinama, koji je u stanju da izdrži opterećenja,
- izvrši zaptivanje spoljašnjosti ležaja (podmazivanje mašču) i time spreči prodor čvrstih i tečnih zagađivača,

- priguši buku na stazama,
- zaštiti ležaj od korozije,
- odvodi toplotu sa kotrljajnih ležaja, koji su izloženi teškim radnim uslovima (podmazivanje uljem).



Slika 2. Presek kuglibana i ozubljenog venca [1]



Slika 3. Kavez sa kuglama

3.1 Izbor vrste i zadovoljavajućih karakteristika maziva

Veliki aksijalni ležaj Kugelbahn može biti podmazan sa uljem ili sa mašću. Odlučujući faktori za tip maziva i nepohodne količine maziva su: tip i veličina ležaja, okruženja ležaja, dovoda maziva, radnih uslova.

Prilikom odabira masti, neophodno je uzeti u obzir sledeće:

opseg radne temeprature, tip masti, konzistenciju, parametar brzine, ponašanje u prisustvu vode, svojstva pritiska, kompatibilnost, rok trajanja.

Jedna od osnovnih pretpostavki prilikom proračuna očekivanog radnog veka ležaja je da će ležaj biti podmazan propisno. Ovo znači da će odgovarajuće mazivo u odgovarajućoj količini dospeti u ležaj u odgovarajuće vreme. Svim ležajevima je potrebno adekvatno podmazivanje za pouzdan rad. Mazivo razdvaja kotrljajne elemente (kotrljajna tela), kavez i kotrljajne staze, kako u kotrljajnoj, tako i u kliznoj oblasti kontakta. Bez efikasnog podmazivanja, kontakt metal-metal dešava se između kotrljajnih tela i staza i drugih kontaktnih površina, izazivajući oštećenje ovih površina.

3.1.1 Kada se podmazuje uljem

Generalno, u sistemima koji trajno rade pod visokim temperaturama, preporučuje se upotreba ulja, obzirom da se može instalirati cirkulacioni sistem koji će pomoći rashlađivanju celog uređaja. Šta više, u određenim slučajevima, podmazivanje uljem umesto mastima, može se pokazati bolje i u konstruktivnom smislu, kada se centralizuje sistem podmazivanja za više delova, ili za celu mašinu.

Većina sistema podmazivanja ležajeva koji su bazirani na uljnom filmu su cirkulacioni sistemi, u kojima se jedno ulje koristi kroz dug vremenski period. Takvi sistemi su izloženi i kontaminaciji koja nastaje sakupljanjem vlage. U ovakvim slučajevima, ulje koje je odabrano za podmazivanje trebalo bi da ispuni sledeće uslove:

- Ima hemijsku stabilnost kako bi bilo otporno na oksidaciju i stvaranje taloga,
- Štiti od korozije i rđe,
- Odvaja se od vode, odnosno, ne meša se sa vodom,
- Zadržava kontrolu viskoziteta pri upotrebi u sistemima u kojima se može dogoditi prodor vode,
- Bude otporno na penušanje.

3.1.2 Kada se podmazuje mastima

Podmazivanje ležajeva mastima je bolje od podmazivanja uljima kada ležajevi rade pri umerenim brojevima obrtaja, pri kojima se ne stvaraju previše visoke temperature. Tipični primeri za podmazivanja mastima su:

- Transportne trake kod kojih se javljaju udarna opterećenja,
- Turbine u vetroparkovima gde primena centralnog uljnog rezervoara nije praktična,

- Primena na mestima gde su trenje i kohezione sile značajne.

Takođe, masti treba primenjivati na mestima na kojima dolazi da prodora prljavštine, zbog čega ih treba koristiti kod uređaja kojima treba zaštita od prašine i različitih isparenja. Na kraju, podmazivanje mastima se preporučuje u sistemima koji traže dug rad bez održavanja.

Efekat stepena filtriranja maziva na radne karakteristike ležaja se lako uočavaju, ali iskustvo pokazuje da je filtriranje do veličine čestica od $25\mu\text{m}$ korisno, dok filtriranje do 2-3 μm finoće ne postiže važna poboljšanja. [3]

Kao i kod podmazivanja uljem, određene karakteristike treba imati u vidu prilikom odabira masti, kako bi odabrana mast bila:

- Dovoljnog viskoziteta kako bi obezbedilo adekvatno formiranje i održavanje uljnog filma u ležaju, ali ne i prekomernog, kako se ne bi izazvali gubici zbog povećanog trenja.
- Dobrih karakteristika pri niskim temperaturama, pogotovo u situacijama kada ležajevi moraju biti podmazivani na niskim ambijentalnim temperaturama

Maziva za ležaj obrtno veze koja se obično preporučuju od strane proizvođača su masti ili ulja za mali broj obrtaja i kontinualan rad, pri čemu je za ležaj obezbeđeno adekvatno zaptivanje. Pri malim ugaonim brzinama može se desiti da masti ne mogu da obezbede elastohidrodinamičko podmazivanje, a na režim podmazivanja utiču neravnine površina. U ovim uslovima mora biti izabrano odgovarajuće ulje ili mast. Kod velikih ležaja obrtnih veza hrapavost površine je ravnomerna od 1 do $1,5\mu\text{m}$. Faktor smanjenja radnog veka obrtno veze je funkcija parametra sloja λ . Da se umanjuje efekat hrapavosti mora se izabrati klasa viskoznosti odgovarajućeg baznog ulja ISO VG za mast. Pravilno podmazivanje može povećati radni vek ležaja obrtno veze i u funkciji je od opterećenja, temperature, srednjeg prečnika, ugaone brzine i prečnika kugle. Parametar sloja λ je u funkciji od hrapavosti i minimalnog sloja debljine.[4]

4. SISTEMI PODMAZIVANJA “KUGLIBANA”

Cirkulacioni sistemi za podmazivanje uljem su sistemi sa kontinuiranim dovođenjem ulja ležajevima, zupčanicima ili drugim elementima. Ulje iz rezervoara potiskuje se pumpom do elemenata koji se podmazuju, a zatim vraća nazad u rezervoar.

Centralni sistemi za podmazivanje su sistemi sa povremenim dovođenjem ulja ili masti ležajevima i drugim elementima. Mazivo se iz rezervoara do mesta podmazivanja potiskuje pumpom preko razvodnih elemenata. Mazivo koje je obavilo funkciju podmazivanja izbacuje se u okolinu.

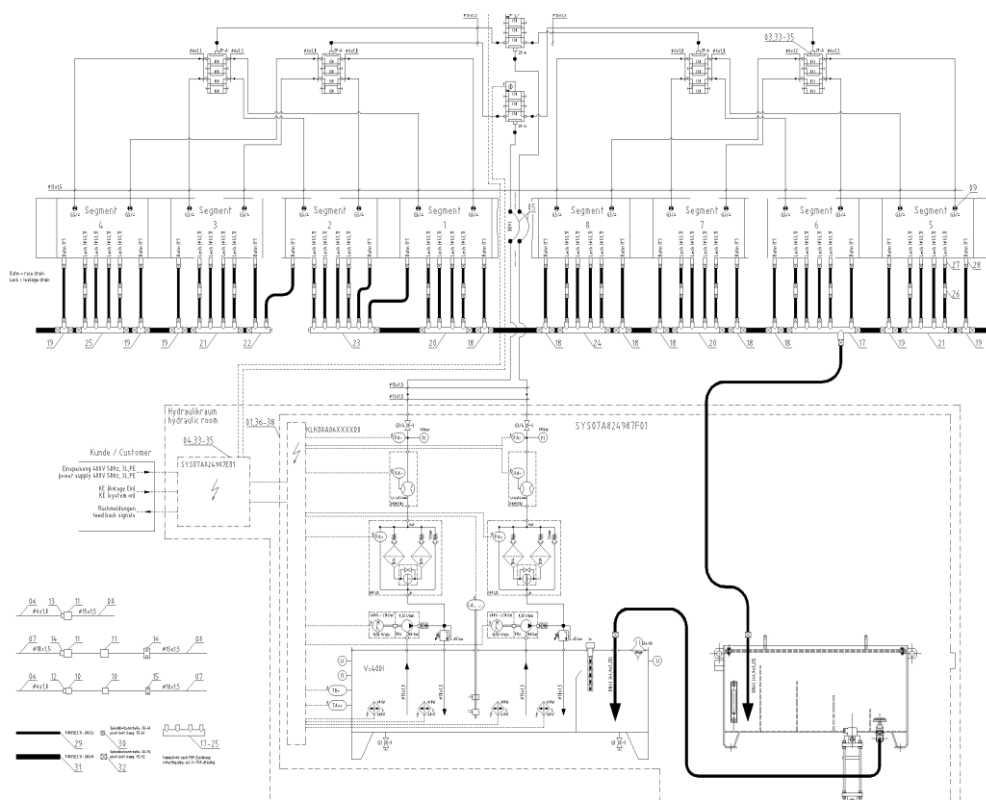
Doziranje maziva se vrši u intervalima čija dužina zavisi od konstrukcije i uslova rada elemenata koji se podmazuju. Dele se na višelinjske, jednolinjske sa dozirnima ventilima, progresivne i dvolinjske [5].

4.1 Podmazivanje “kuglibana” cirkulacionim sistemom za podmazivanje uljem

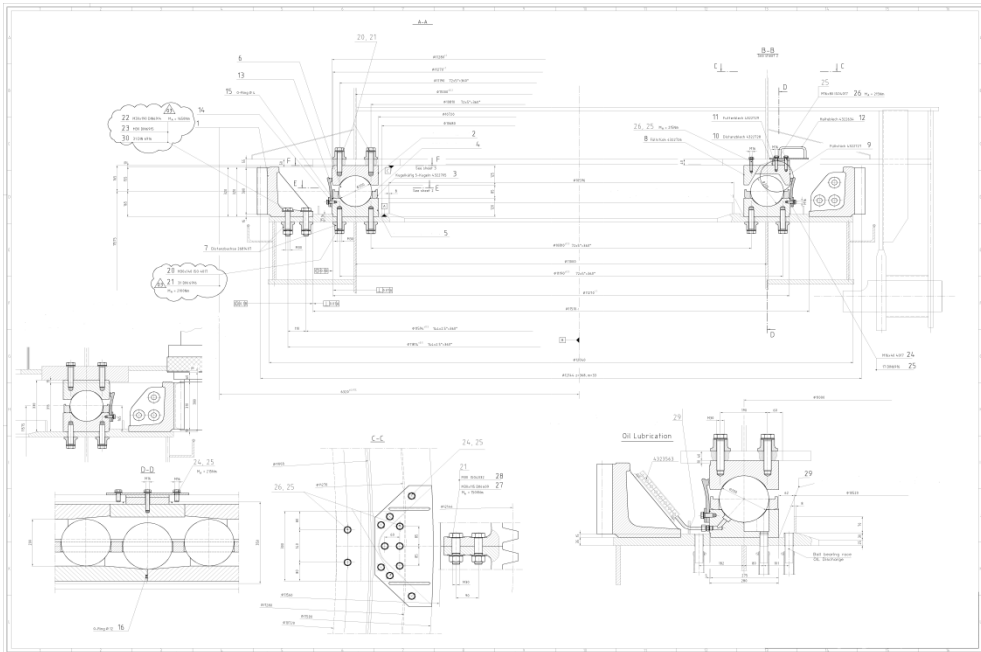
Proizvođač bagera je ponudio rešenje podmazivanja glavnog kugličnog ležaja uljem sa cirkulacionim sistemom. Sveže ulje se sa dve pumpe dovodi kroz filtere do sistema dozatora. Svaki dozator je povezan sa 4 segmenta ležaja, tako da u slučaju da jedan dozator otkáže, dostavljanje ulja je i dalje obezbeđeno, umesto 16 imaće 8 mesta za dovod ulja 1 mesto po segmentu Slika 4.

Svaki od 8 segmenata donjeg prstena ležaja ima dve konekcije za sveže ulje i jednu konekciju za povratni protok prikazanih na slici 5. i 6.

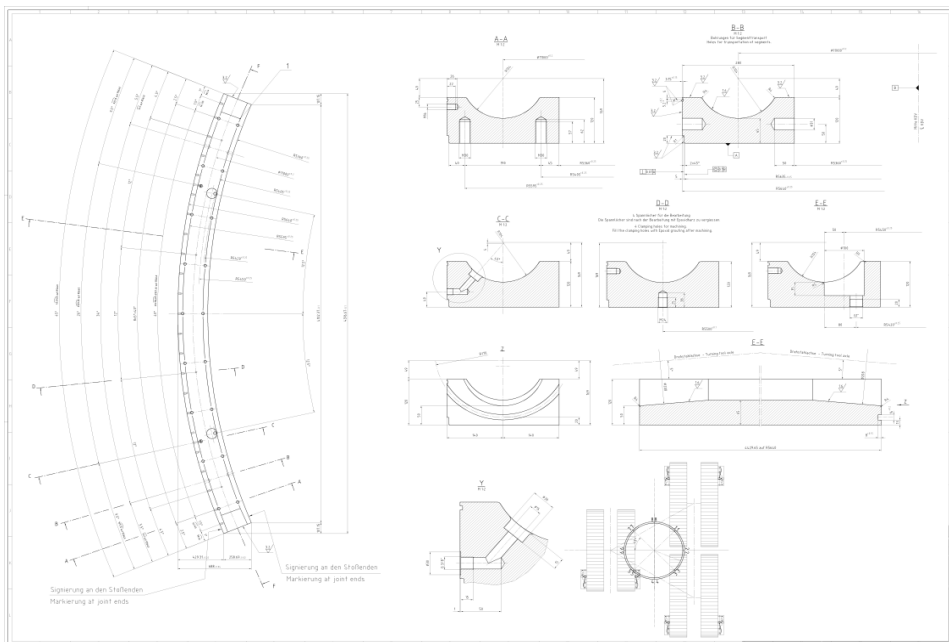
Podmazivanje mora biti izvedeno pre i posle produženih perioda isključivanja iz funkcije. Ovo je složen cirkulacioni sistem, koji zahteva održavanje: redovnu zamenu ulja, zamenu filterskih elemenata, povratni vodovi moraju se održavati-čistiti, jer u slučaju zaprljanosti ulje se neće vraćati u rezervoar, a samim tim rezervoar ostaje bez ulja i kugliban bez podmazivanja. Pumpe se zaustavljaju i mora se sipati novo ulje, a uzrok otkloniti.



Slika 4. Instalacija cirkulacionog sistema za podmazivanje uljem [1]



Slika 5. Mesta za dovod ulja [1]



Slika 6. Segmenti staze sa kanalima za dovođenje ulja i povratnim kanalom za vraćanje ulja [1]

4.2 Podmazivanje “kuglibana” centralnim višeliniskim sistemom za podmazivanje mašću

Centralni višelinijski sistemi za podmazivanje sa potpunim gubitkom omogućavaju da pouzdano podmazivanje bude postignuto sa izuzetno malim količinama masti. Mnogo je jednostavniji, jeftiniji i lakši za održavanje u odnosu na cirkulacioni sistem za podmazivanje uljem.

Na slici 7. je višelinijaska pumpa za podmazivanje ZP5000 sa 16 izlaza proizvođača DELIMON. Jedna višelinijaska pumpa i cevna instalacija do podmaznih mesta je sve što je potrebno za efikasno podmazivanje mašću.

Mane višelinijaskog sistema podmazivanja su:

Može doći do blokiranja protoka masti jednog voda podmaznog mesta i samim tim do povećanja pritiska, što za posledicu ima oštećenje pumpnog elementa i ostajanje voda oštećenog pumpnog elementa bez masti, što se manifestuje smanjenjem količine masti koja se dovodi u ležaj. Poželjna je ugradnja ventila za ograničenje pritiska na svaki od 16 vodova za podmazivanje.



Karakteristike pumpe ZP5000:

16 podmaznih mesta,
radni pritisak: 160 bar,
protok maziva: $0,6 \div 1,69 \text{ cm}^3/\text{min}$,
Zapremina rezervoara 20kg.

Slika 7. Pumpa višeliniskog sistema za podmazivanje mašću [6]

5. ZAKLJUČAK

Kotrljajni ležaji su jedni od najrasprostranjenih mašinskih elemenata. Gotovo da nema mašine, aparata ili uređaja, a da u svojoj konstrukciji ne sadrže veći ili manji broj kotrljajnih ležaja.

Ulje ili mast kao mazivo kotrljajnih ležaja obezbeđuju nekoliko funkcija. Jedna od glavnih funkcija je odvajanje površina staza i kotrljajnih elemenata sa elastohidrodinamičkim slojem. U mnogim primenama uslovi su takvi da se potpuno odvajanje površina ne postiže, što znači da se neki dodir hrapavosti dešava. Pošto površine staza nisu idealno glatke i savršene, postojeće hrapavosti mogu imati veću visinu nego generisani elastohidrodinamički sloj i proći kroz sloj da bi došli u dodir sa suprotnom površinom. Kada se ovo desi, druga funkcija maziva je da spreči ili umanjí oštećenje površina usled ovog kontakta.

Dejstvo aditiva u mazivima pomaže u zaštiti površina reagujući sa površinama i obrazujući slojeve, koji štite od prekomernog oštećenja.

Podmazivanje mastima je preporučljivo za zaštitu ležaja od nečistoća i koristi se u svim situacijama pri malim brzinama, dok se podmazivanje uljem preporučuje za odvođenje toplote, naročito za hidrodinamičke ležajeve koji rade pri velikim brzinama. Zbog toga se na površinskim kopovima za podmazivanje velikih aksijalnih kotrljajnih ležaja obrtné veze pretežno koriste masti, koje pored uloge podmazivanja, ostvaruju i ulogu zaptivanja ležaja. Pored toga višeliniski sistemi za podmazivanje mašću su jednostavniji, jeftiniji i lakši za održavanje u odnosu na cirkulacione sisteme za podmazivanjem uljem.

Samo pod idealnim uslovima kotrljajni ležaji mogu da ostvare sve svoje projektovane karakteristike.

Iz svega navedenog sledi da je bez podmazivanja kotrljajnih ležaja rad mašine nemoguć (odnosno kratak je radni vek), a u slučaju otkaza sistema podmazivanja troškovi održavanja se značajno uvećavaju, imajući u vidu da zamena npr. oštećene staze i kaveza dovodi do zastoja rada bagera, koji zbog ugradnje nove, može da potraje i do nedelju dana. Zato se obrtna veza smatra za strateški deo i zbog složenosti procesa nabavke potrebno je imati u rezervi.

6. LITERATURA

- [1] Tehnička dokumentacija RB Kolubara, pogon Tamnava Zapad 2010.
- [2] Wälzlager, Schaeffler KG, 2006.
- [3] Gabriel Praporgescu, Sorin Mihailescu, „Study The Possibility of Lubrication for Rolling Bearings“, Annals of the University of Petrosani, Mechanical Engineering, 14 (2012)
- [4] Rezmires Daniel, et al., „Slewing Bearing Lubrication&Maintenance“, Buletinul INSTITUTULUI POLITEHNIC, 2010.
- [5] Vladimir Savić, „Tribologija i podmazivanje“ IKOS, Novi Sad, 1995.
- [6] Katalog BIJUR DELIMON, 2010.