UDK: 629.11:631.372:621.879

Originalni naučni rad
Original Scientific paper
doi:10.5937/PoljTeh2102038K

ISTRAŽIVANJE UTICAJA KVALITETA REZERVNIH DELOVA NA RAD REMONTOVANOG DIZEL MOTORA

Vojislav B. Krstić¹, Božidar V. Krstić^{*2}

¹Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Prištini,
Kosovska Mitrovica, Republika Srbija

²Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu,
Kragujevac, Republika Srbija

Sažetak: Pri remontovanju motora sa unutrašnjim sagorevanjem, ugradjivan je komplet rezervnih delova: kolenasto vratilo-zamajac. Posle remontovanja pristupilo se ispitivanju motora na probnom stolu. Posle kratkog vremena rada došlo je do pojave havarije motora. Pristupilo se ponovnom remontovanju, sa drugim kompletom rezervnih delova: kolenasto vratilo - zamajac. Posle kratkog vremena rada došlo je do ponovne pojave oštećenja motora, i to po istom mehanizmu nastanka. Cilj rada je prikaz rezultata analize uzroka nastalih oštećenja ispitivanih dizel motora velikih snaga.

Ključne reči: motor, održavanje, otkaz.

UVOD

Pri remontovanju dizel motora neophodno je imati na raspolaganju adekvatne rezervne delove, kako po pitanju njihovih konstruktivnih karakteristika, tako i po pitanju njihovog kvaliteta.

Firma koja se bavi remontovanjem motora, prema zakonskoj proceduri, ipostavila je zahtev za nabavku rezervnih delova dobavljaču i potpisala sa njim ugovor o isporuci

---

*Autor za kontakt. E-mail adresa: bkrstic@kg.ac.rs

u kome su precizirani i uslovi koje moraju da zadovolje rezervni delovi (da delovi moraju biti novi i nekorisćeni, da se isporučuju kao gotov proizvod i da u potpunosti odgovaraju fabričkim brojevima, oznakama, i standardima, da budu isporučena u originalnim pakovanjima i u originalnoj ambalaži).

Ugovorom o isporuci rezervnih delova je takodje bilo precizirano da isporučilac, prilikom isporuke rezervnih delova, mora da dostavi tehničku dokumentaciju kojom se dokazuju njihove tehnički deklarirane karakteristike.

Pri dopremanju tri kompleta rezervnih delova (kolenasto vratilo i zamajac), od strane dobavljača, komisija za prijem istih, ustanovila je:

- Da delovi nisu novi i nekorisćeni;
- Da u potpunosti ne odgovaraju fabričkim brojevima, oznakama, i standardima;
- Da, uz dopremljene rezervne delove, nije dostavljena tehnička dokumentacija kojom se dokazuju njihove tehnički deklarirane karakteristike;
- Da postoje odstupanja geometrijskih parametara rezervnih delova od onih koji su propisani tehničkom dokumentacijom proizvođača.

I pored prethodno navedenog činjeničnog stanja, dopremljeni rezervni delovi su preuzeti jer se dobavljač obavezao da će sve nedostatke otkloniti.

Pristupilo se ugradnji jednog kompleta rezervnih delova (kolenastog vratila broj 90325/76700 i zamajca broj 80254/174684), pri remontovanju predmetnog motora.

Posle ugradnje prethodno navedenih rezervnih delova u predmetni motor, motor je postavljen na probni sto radi provere funkcionalnosti i kvaliteta obavljenog remonta.

Pri proveru funkcionalnosti i kvaliteta obavljenog remonta predmetnog motora na opitnom stolu došlo je do pojave havarije istog, i to posle 4,5 minuta rada pri 800o/min.

Firma koja je vršila remontovanje motora ispostavila je zahtev za rešavanje reklamacije dobavljaču predmetnih rezervnih delova.

Izvršeno je merenje kružne ekscentričnosti, kao i merenje neuravnoteženosti predmetnih rezervnih delova i pri tom ustanovljeno da svi rezervni delovi ne zadovoljavaju uslove standarda ISO 1940 po pitanju kružne ekscentričnosti, kao i po pitanju neuravnoteženosti.

Iako su predmetni rezervni delovi isporučeni kao novi i nekorisćeni, i kao delovi koji zadovoljavaju sve uslove standarda ISO 1940, i tehničke karakteristike, a pošto se ustanovilo da to nije tako, i da je došlo do havarije pri ispitivanju motora na probnom stolu, pristupilo se "dovodjenju nameni" svih predmetnih rezervnih delova.

Pošto je dobavljač rezervnih delova garantovao da su delovi "privedeni nameni", pristupilo se ugradnji drugog kompleta rezervnih delova (kolenasto vratilo broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817).

Posle ugradnje prethodno navedenih rezervnih delova (drugi komplet) u predmetni motor, motor je postavljen na probni sto radi provere funkcionalnosti i kvaliteta obavljenog remonta.

Pri proveru funkcionalnosti i kvaliteta obavljenog remonta predmetnog motora, sa drugim kompletom rezervnih delova, na opitnom stolu, došlo je do pojave havarije istog, i to posle 4 sata rada bez opterećenja, na isti način, i po istom mehanizmu nastanka havarije predmetnog motora kao i pri remontovanju sa prvim kompletom rezervnih delova.

Pošto izvršilac radova "dovodjenja nameni" predmetnih rezervnih delova, i dobavljač istih, nisu garantovali ugradnju trećeg kompleta rezervnih delova (kolenasto vratilo broj 26121/176849 i zamajca broj 52714/17495), nije se pristupilo remontovanju predmetnog motora sa ovim kompletom.

U radu je pažnja poklonjena analizi kvaliteta remontovanja dvanaestocilindričnog dizel motora D 12A-525 specifične konstrukcije i namene, sa aspekta ugradjenih rezervnih delova: kolenastih vratila i pripadajućih zamajaca.

Kao rezultat rada autori ovoga rada, na rešavanju kompleksnog zadatka remontovanja dvanaestocilindričnog dizel motora D 12A-525 specifične konstrukcije i namene, i to prvenstveno sa aspekta sa aspekta rezervnih delova, nastali su brojni rezultati istraživanja predmetne problematike. U radu je dat samo jedan deo tih rezultata, a koji se odnosi prvenstveno na istraživanja autora o uticaju kvaliteta rezervnih delova na proces remontovanja dizel motora, kao i rezultati istraživanja uzroka nastalih oštećenja zbog korišćenja neadekvatnih rezervnih delova.

OBJEKAT ISTRAŽIVANJA

Predmet istraživanja uticaja kvaliteta rezervnih delova pri remontovanju dvanaestocilindričnog dizel motora D 12A-525 specifične konstrukcije i namene (slika 1), su sledeća tri kompleta kolenasto vratilo motora i zamajac:

- Sklop kolenastog vratila broj 90325/76700 (slike 5, 6) i zamajca broj 80254/174684 (slike 7,8). Ovo je sklop sa kojim je pri prvom ispitivanju motora D 12A-525 na probnom stolu došlo do havarije;
- Sklop kolenastog vratila broj 11682/17445 (slike 9,10,16) i zamajca broj 23645/17817 (slike 11,12,13,14,15). Ovo je sklop sa kojim je pri drugom ispitivanju motora D 12A-525 na probnom stolu došlo do havarije;
- Sklop kolenastog vratila broj 26121/176849 (slike 17,18) i zamajca broj 52714/17495 (slike 19,20,21,22) Ovo je sklop sa kojim nije vršeno ispitivanje motora D 12A-525 na probnom stolu.

Dvanaestocilindrični dizel motor D 12A-525 (V12) (slika 1) ima sledeće tehničke karakteristike: zapremina radnog prostora motora 38880cm^3 , maksimalna snaga motora 386kW, maksimalni obrtnoi momenta 2150Nm (u opsegu od 1200 do 1400o/min).

Motor koji se remontuje

Slika 1. Pogonski motor D 12A-525
- pogled sa boka
Figure 1. Engine D 12A-525 - side view

Slika 2. Davač pritiska na opitnom stolu i ispitivanom motoru
Figure 2. Pressure sensor on the test bench and engine

Probni sto na kome se ispituje kvalitet remontovanog motora

Slika 3. Opitni sto -pogled sa čela
Figure 3. Experimental table-front view

Slika 4. Opitni sto - pogled odozgo
Figure 4. Experimental table-top view

Rezervni delovi (komplet broj 1): kolenasto vratilo 90325/76700 i zamajac 0254/174684

Slika 5. Kolenasto vratilo 90325/76700
-pogled na broj kolenastog vratila
i na klinove
Figure 5. Crankshaft 90325/76700
-view of crankshaft number and pins

Slika 6. Kolenasto vratilo 90325/76700
bez pokretnih masa
Figure 6. Crankshaft 90325/76700
-view of a complete crankshaft without
moving masses

Slika 7. Zamajac 80254/174684
- oznaku zamajca i oštećenja zubaca
Figure 7. Flywheel 80254 /174684
- a flywheel marking and tooth damage

Slika 8. Zamajac 23645/17817
-strana koja se spaja sa kolenastim vratilom
Figure 8. Flywheel 23645/17817 -view of the
flywheel from the side that connects
to the crankshaft

Rezervni delovi (komplet broj 2): kol.vratilo 11682/17445 i zamajac 23645/17817

Slika 9. Kolenasto vratilo 11682/17445
- oznaka i broj
Figure 9. Crankshaft 11682/17445
-a mark and crankshaft number

Slika 10. Kolenasto vratilo 11682/17445
Figure 10. Crankshaft 11682/17445

Slika 11. Zamajac 23645/17817
-pogled na oznaku
Figure 11. Flywheel 23645/17817
-view of the mark

Slika 12. Zamajac 23645/17817
-pogled sa strane kojom se spaja sa
kolenastim vratilom
Figure 12. Flywheel 23645/17817
-view of the flywheel from the side that
connects to the crankshaft

Slika 13. Zamajac 23645/17817
-pogled na broj zamajca
Figure 13. Flywheel 23645/17817
-view of flywheel marking and tooth damage

Slika 14. Zamajac 23645/17817
-pogled na oznaku zamajca
Figure 14. Flywheel 23645/17817
- view of flywheel marking and tooth damage

Slika 15. Zamajac 23645/17817
-pogled na otvore za klinove i zavrtnjeve
Figure 15. Flywheel 23645/17817
-view of the holes for pins and screws

Slika 16. Kolenasto vratilo 11682/17445
-pogled na oznaku - broj kol.vratila
Figure 16. Crankshaft 11682/17445
-view of the mark - crankshaft number

Rezervni delovi (komplet br.3): kolen. vratilo 26121/176849 i zamajac 52714/17495

Slika 17. Kolenasto vratilo 26121/176849
Figure 17. Crankshaft 26121/176849

Slika 18. Zamajac 52714/17495 i kolenasto
vratilo 26121/176849
Figure 18 Flywheel 52714/17495 and Crankshaft
26121/176849

Slika 19. Zamajac 52714/17495
-pogled na oznaku zamajca
Figure 19 Flywheel 52714/17495
- view of the mark

Slika 20. Zamajac 23645/17817
-pogled na zamajac sa strane kojom se spaja sa
kolenastim vratilo,
Figure 20. Flywheel 52714/17495
-view of the flywheel from the side that connects
to the crankshaft

*Slika 21. Zamajac 52714/17495
- pogled na oznaku zamajca i na oštećene
zupce zamajca
Figure 21 Flywhel 52714/17495
- view of the mark and tooth damage*

*Slika 22. Zamajac 52714/17495
- pogled na oznaku zamajca i na oštećene
zupce zamajca
Figure 22. Flywhel 52714/17495
- view of the mark and tooth damage*

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Ispitivanje remontovanog dizel motor D 12A-527 u koji je bio ugrađen prvi komplet rezervnih delova (kolenasto vratilo 90325/76700 i zamajac 80254/174684)

U ovom delu rada dat je prikaz tehničkog stanja, kolenastog vratila (90325/76700) sa odgovarajućim zamajcem (80254/174684), koji su namenjeni za ugradnju u dvanaestocilindrični dizel motor D 12A-527 specifične konstrukcije i namene (slika 1).

Pri ispitivanju motora D 12A-527 (slike: 1, 2), u koji je bio ugrađen sklop: kolenasto vratilo broj 90325/76700 i zamajac broj 80254/174684, došlo je vrlo brzo, posle 4,5 minuta rada motora na "praznom hodu" i pri broju obrtaja od 800 o/min, do havarije, uz pojavu belog dima.

Posle demontaže motora utvrđeno je da je došlo do:

- Oštećenja ležaja kolenastog vratila pored zamajca, na mestu gde motor trpi najveće opterećenje (slike 29, 30);
- Topljenja belog metala i zapušivanja otvora za podmazivanje ležaja kolenastog vratila pored zamajca (slika 24);
- Oštećenja povratnika ulja (slika 24);
- Izrazito vidljivih tragova termičkog preopterećenja delova kolenastog vratila (slika 24).

Svi, prethodno navedeni efekti nastale havarije upućuju na zaključak da ugrađeni rezervni delovi nisu bili kvalitetni, da nije postajala uparenost delova kolenasto vratilo-zamajac, da komplet kolenasto vratilo-zamajac nisu uravnoteženi.

Usled postojanja velike neuravnoteženosti sklopa: kolenasto vratilo - zamajac, (što je kasnije potvrdila, u svom zvaničnom izveštaju, i firma zadužena da utvrdi stanje kolenasto vratilo i zamajaca sa aspekta stanja izbalansiranosti istih, došlo je do nastanka teškog oštećenja motora.

Došlo je do skidanja belog metala sa ležajeva i zapušenja otvora za podmazivanje na najopterećenijem rukavcu kolenastog vratila (slike: 23,24); Pojava oštećenja povratnika ulja (slika 23); Došlo je do termičkog naprezanja rukavca i ležajeva (slika 23); Došlo je do oštećenja radioaksijalnog ležaja (slika 23); Došlo je i do pojave belog dima.

U procesu demontaže motora uočeno je "zaribavanje" motora na mestu radijalno-aksijalnog ležaja kolenastog vratila i oštećenje povratnika ulja (slika 23).

Tehničko stanje sklopa kolenasto vratilo-zamajac, a koji je bio ugrađen u motoru koji je ispitivan na probnom stolu, i na kome je došlo do prve havarije pri ispitivanju:

1. Delovi sklopa kolenastog vratila broj 90325/76700 i zamajca broj 80254/174684, nisu novi, nisu nekorisćeni, ne odgovaraju fabričkim brojevima, oznakama i standardima.

O tačnosti prethodne tvrdnje, govori tehničko stanje delova ovih sklopova:

- Pohabani i deformisani zupci na zupcima zamajaca (slike: 8,11,12, 13,14,19,20, 21,22);

- Postojanje izražene korozije na površinama rezervnih delova (slike: 5,7,8,9,12,15,16,17,20,21,22,32);

2. Postoji neuparenost zamajaca i kolenastog vratila .

O tačnosti prethodne tvrdnje, govori činjenica nepostojanje verodostojne tehničke dokumentacije ("pasoša uparenosti") kojom se dokazuju "uparenost" ovog sklopa.

3. Ne odgovaraju dimenzije otvora na zamajcu i klinova na kolenastim vratilima (slike: 15,16,17,20,21,31,32).

4. Postoji nedozvoljeno odstupanje radijalnog "bacanja"- ekscentričnosti kolenastog vratila u odnosu na preporučeno od strane proizvođača (slike: 39, 40,41,42).

5. Postoji odstupanje u dimenzijama prečnika otvora na zamajcima i kolenastih vratila.

- Prečnici otvora na zamajcima i klinova na kolenasto vratiloma, u velikoj meri odstupaju od definisanih mera tehničkom dokumentacijom (slike: 15,16,31,32);

- Otvori na zamajcima i prečnici klinova na kolenasto vratiloma, sa kojima čine sklop, nisu u toleranciji H/h (to je i nemoguće kada su prečnici otvora na zamajcima i prečnici klinova na kolenasto vratiloma neodgovarajući).

6. Postoji oštećenje rukavca kolenastog vratila (slika 23,24).

7. Postoji oštećenje ležajeva motora (slika 25,26,27,28,29,30).

9. Postoji oštećenje (začepljenje) otvora za podmazivanje na rukavcu kolenastog vratila (slika 24).

Slika 23. Kolenasto vratilo 90325/76700
-pogled na termički oštećen ležaj pov. ventila i
prvog rukavca kolenastog vratila
Figure 23. Crankshaft 90325/76700
-view of thermally damaged non-return valve
bearing and first crankshaft sleeve

Slika 24. Kolenasto vratilo 90325/76700
-pogled na zapušenom otvoru dovoda maziva
prvog rukavca kolenastog vratila
Figure 24. Crankshaft 90325/76700
- view of the clogged lubricant supply port of
the first crankshaft sleeve

Slika 25. Pogled na ležajeve kolenastog vratila 90325/76700 motora

Figure 25. View of 90325/76700 engine crankshaft bearings

Slika 26. Pogled na ležajeve kolenastog vratila 90325/76700

Figure 26. View of 90325/76700 engine crankshaft bearings

Slika 27. Pogled na ležajeve kolenastog vratila 90325/76700

Figure 27. View of crankshaft bearings 90325/76700

Slika 28. Pogled na ležajeve kolenastog vratila 90325/76700

Figure 28. View of crankshaft bearings 90325/76700

Slika 29. Pogled na oštećen ležaj kolenastog vratila 90325/76700

Figure 29. View of damaged crankshaft bearing 90325/76700

Slika 30. Pogled na neoštećen ležaj kolenastog vratila 90325/76700

Figure 30. View of undamaged crankshaft bearing 90325/76700

Slika 31. Zamajac 80254/174684
-pogled na otvore za klinove i zavrtnje
kolenastog vratila

Figure 31. Flywheel 80254/174684
-view of the openings for the crankshaft pins
and screws

Slika 32. Kolenasto vratilo 90325/76700
Figure 32. Crankshaft 90325/76700

Ispitivanje remontovanog dizel motor D 12A-527 u koji je bio ugradjen drugi komplet rezervnih delova (kolenasto vratilo 11682/17445 i zamajac 23645/17817)

U ovom delu rada dat je prikaz tehničkog stanja, kolenastog vratila (11682/17445) sa zamajcem (23645/17817), a koji su namenjeni za ugradnju u dvanaestocilindrični dizel motor D 12A-527 specifične konstrukcije i namene (slika 1).

Pre remontovanja predmetnog motora sa drugim kompletom rezervnih delova (kolenastog vratila broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817, izvršeno je merenje kružne ekscentričnosti i merenje neuravnoteženosti predmetnih sklopova.

Uvidom u rezultate merenja, i upoređivanjem tih rezultata sa standardom ISO 1940, uočeno je da na sva tri ispitivana kompleta: kolenasto vratilo-zamajac, da je granica zaostalog debalansa i kružne ekscentričnost višestruko veća od propisanih vrednosti.

Izvršena je dorada na zamajcima i kolenastim vratilima, sa ciljem dovođenja istih u dozvoljeni zaostali debalans i kružnu ekscentričnost.

U izveštaju firme koja je izvršila radove navodi se da je uradjeno sledeće: korekcija (proširivanje otvora na zamajcima za dosed klinova usled nekontrolisanog kontakta), navarivanje, mašinska dorada dosednih tolerisanih prečnika na zamajcima motora i ispravljanje kolenastih vratila.

Izvršeno je brušenje i poliranje rukavca zbog postojanja ovalnosti i koničnosti rukavca većih od 0,02mm konstatovanih pri prijemu kolenastih vratila, i zbog postojanja ekscentričnosti veće od 0,06 mm (kako je propisano dokumentacijom proizvođača).

Nakon izvršene mašinske obrade kolenastih vratila, izvršena je kontrola i uočena neusaglašenost po pitanju naleganja kolenastih vratila i zamajaca na dosednim klinovima.

S tim u vezi treba imati u vidu i činjenicu da prilikom balansiranja kolenastih vratila i zamajca, izvršeno je nedopustivo veliko proširivanje rupa na sva tri predmetna zamajca motora za dosed klinova na kolenasto vratiloma. Prečnici otvora na zamajcima su veći od prečnika klinova na kolenasto vratiloma i po 5mm, iako sklop klin na kolenastom vratilu-otvor na zamajcu mora da bude u tolerantnom polju H/h.

Zbog neophodnosti remontovanja motora D12A-525, a prema radnom nalogu, pristupilo se montaži motora D12A-525 sa kolenastim vratilom broj 11682/17445 i zamajcem broj 23645/17817.

Slika 33. Kolenasto vratilo 11682/17445 - pogled na termički oštećen ležaj povratnog ventila i prvi rukavac kolenastog vratila

Figure 33. Crankshaft 11682/17445-view of the thermally damaged non-return valve bearing and the first crankshaft sleeve

Slika 34. Kolenasto vratilo 11682/17445 - pogled na deo kolenastog vratila sa pokretnim masama

Figure 34. Crankshaft 11682/17445-view of the crankshaft section

Slika 35. Kolenasto vratilo 11682/17445 - pogled na oštećeni prvi rukavac kolenastog vratila i zapušeni otvor za dovod maziva

Figure 35. Crankshaft 11682/17445 -view of the damaged first crankshaft arm and clogged lubricant supply port

Slika 36. Zamajac 23645/17817 - pogled na oznaku-broj zamajca
Figure 36. Flywheel 23645/17817 - view of the mark

Slika 37. Kolenasto vratilo 11682/17445 - pogled na zapušenom otvoru dovoda maziva prvog rukavca kolenastog vratila
Figure 37. Crankshaft 11682/17445 - view of the clogged lubricant supply opening of the first crankshaft arm

Slika 38. Pogled na neoštećeni ležaj kolenastog vratila 11682/17445
Figure 38. View of undamaged crankshaft bearing

Tokom ispitivanja remontovanog motora (sa kolenastim vratilom broj 11682/17445 i zamajcem broj 23645/17817), a tokom povećanja broja obrtaja posle razradnog režima od 4 sata i rashlađivanja u režimu rada bez opterećenja, pri povećanju broja obrtaja došlo je do neuobičajenih vibracija u motoru, pada pritiska ulja, povećanja temperature, pojave gustog belog dima, curenja ulja,...

Nakon demontaže predmetnog motora, a posle pojave prethodno opisanog otkaza, utvrđeno je da su nastala identična oštećenja na motoru kao i pri ispitivanju ovog motora sa kolenastim vratilom broj 90325/76700 i zamajac broj 80254/174684.

Uočeni su isti otkazi: Oštećenja motora na mestu radijalno-aksijalnog ležaja kolenastog vratila i oštećenje povratnika ulja; Došlo je do skidanja belog metala sa ležajeva i zapušnja otvora za podmazivanje na najopterećenijem rukavcu kolenastog vratila (slike:33,34);

Došlo je do oštećenja povratnika ulja (slika 33); Došlo je do termičkog naprezanja rukavca i ležajeva (slika 33); Došlo je do oštećenja radioaksijalnog ležaja; Došlo je i do pojave belog dima.

3.2. Merenje ekscentričnosti i odstupanja od dozvoljenog standarda

Slika 39. Merenje radijalne ekscentričnosti
Figure 39. Measurement of radial eccentricity

Slika 40. Merenje radijalne ekscentričnosti
Figure 40. Measurement of radial eccentricity

Slika 41. Merenje radijalne ekscentričnosti
Figure 41. Measurement of radial eccentricity

Slika 42. Merenje radijalne ekscentričnosti
Figure 42. Measurement of radial eccentricity

UZROCI I POSLEDICE NASTALIH OŠTEĆENJA MOTORA PRI ISPITIVANJU SA UGRAĐENIM DELOVIMA

1. Delovi predmetnih sklopova: sklop kolenastog vratila broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684, sklop kolenastog vratila broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817, sklop kolenastog vratila broj 26121/176849 i zamajca broj 52714/17495, nisu novi, već korišćeni delovi.

Na zupcima svih predmetnih zamajaca (sa brojevima: 80254/174684, 23645/17817; 52714/174495), vidljivi su tragovi eksploatacije ovih zamajaca, i to sa velikim oštećenjima i deformacijama njegovih zubaca, što jasno upućuje na zaključak da svi predmetni zamajci, ne samo da ne odgovaraju predmetnim kolenasto vratiloma (sa brojevima: 90325/76700, 11682/17445, 26121/176849, respektivno), već su i deformisani i oštećeni, što znači da nisu novi.

2. Delovi predmetnih sklopova (kolenasto vratilo - zamajac) nisu "upareni", i ne odgovaraju jedan drugome. "Pasoši uparenosti kolenastog vratila i zamajca" nisu originalni.

Prema važećim homologacionim propisima, delovi za prvu ugradnju moraju biti homologovani, kao i delovi koji služe u procesu održavanja kao rezervni delovi, a to znači da zadovoljavaju određene tačno definisane homologacijske propise i standarde. Delovi za prvu ugradnju, kao i delovi za održavanje, moraju biti u istom kvalitetu. Nepostojanje originalnih pasoša uparenosti predmetnih sklopova, odnosno njihovih vernih kopija, a što je propust dobavljača i isporučioća predmetnih sklopova, kao i verovanje korisnika da će ovi ključni dokumenti biti naknadno dostavljeni od strane dobavljača, doveli su do dileme pri odlučivanju po pitanju prijema pristiglih sklopova, a potom i do ugradnje sklopova u motor i njihovom ispitivanju, kada je dolazilo do havarije, na isti način, i po istom mehanizmu dva puta.

3. Priložene kopije "Pasoša uparenosti" predmetnih sklopova (kolenasto vratilo i zamajaca) nisu verodostojni i ne odgovaraju stvarnom stanju stvari. Nisu priložene ni overene kopije originala "Pasoša uparenosti", koje bi eventualno mogle biti "zamena" za originalne "Pasoše uparenosti". U praksi, uz ovakve sklopove, obavezno se dostavljaju originalni pasoši uparenosti sklopova: rukavac- zamajci. To je obaveza proizvođača.

4. Na zamajcima jasno se vidi da su vršene korekcije njihovih oznaka (slike: 15,26,28), što je posebno "interesantan" detalj koji mnogo govori o "uparenosti" sklopova: kolenasto vratilo - zamajac. Korekcije oznaka na zamajcima nisu smele da se vrše, i ovaj "detalj" zaslužuje posebnu pažnju.

5. Do havarije, koja je nastala pri ispitivanju motora D12A 525 na probnom stolu, uz poštovanje precizno definisane procedure, kada je u motor ugrađen sklop koji čini kolenasto vratilo broj broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684 (sa ovim sklopom je došlo do pojave prve havarije motora), došlo je isključivo zbog neuravnoteženosti i nepostojanja određene geometrije i zadovoljenja određenih geometrijskih parametara i rasporeda masa sklopa kolenasto vratilo-zamajac, a što je kasnije i potvrđeno od strane firma koja je preuzela obavezu da to proveriti.

6. Do havarije, koja je nastala pri ispitivanju motora D12A 525 na probnom stolu, uz poštovanje precizno definisane procedure, kada je u motor ugrađen sklop kolenastog vratila broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817 (sa ovim sklopom je došlo do pojave druge havarije motora), došlo je isključivo zbog neuravnoteženosti i nepostojanja

određene geometrije i zadovoljenja određenih geometrijskih parametara i rasporeda masa (neuravnoteženosti) sklopa kolenasto vratilo-zamajac.

Do ove (druge) havarije motora, kada je u njemu bio ugrađen sklop rukavac-zamajac: došlo je iz istih razloga kao i pri pojavi prve havarije, i to po istom mehanizmu, i na isti način kao pri pojavi prve havarije.

Uzrok pojave ove havarije je, kao i pri pojavi prve havarije, neuravnoteženost sklopa rukavac-zamajac.

7. Pri montaži sklopova u motor D12A 525, a koji su predmet analize u ovom radu, ugrađivao pravilno, po precizno definisanoj proceduri, i profesionalno pristupio procesu ispitivanja ovog motora na probnom stolu sa sklopom kolenasto vratilo-rukavac (kolenasto vratilo broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684), a potom i sa sklopom kolenasto vratilo-rukavac (kolenasto vratilo broj 11682/17445 i zamajac broj 23645/17817).

8. Rezervni delovi (kolenasto vratilo i rukavci), nisu zadovoljavali propisane uslove, i po tom osnovu nisu trebali da budu preuzeti od strane korisnika. To je i predložila, sa punim pravom, i to u prvom koraku pri prijemu, i komisija za prijem. Suština je da na osnovu nepostojanja originalnih pasoša uparenosti predmetnih sklopova, odnosno verodostojnih dokumenata koji potvrđuju da priložene kopije pasoša uparenosti su verne originalu, predmetni sklopovi su trebali da budu vraćeni dobavljaču.

9. Merna i kontrolna oprema, koja se koristi u firmi, koja je preuzela obavezu da analizirane rezervne delove privede nameni, nije baždarena i kalibrisana, što je po postojećim propisima obavezno. Korišćenje takve merne i kontrolne opreme izaziva opravdanu sumnju u njenu tačnost, ali i opravdanost upotrebe. Za svaki kontrolni i merni uređaj mora da postoji važeći dokument (uverenje o ispravnosti i etaloniranju) koji je izdala ovlašćena akreditovana laboratorija.

10. Merna i kontrolna oprema, koja je korišćena u firmi koja je vršila ispitivanje motora sa rezervnim delovima koji su predmet ove analize, je baždarena i kalibrisana, što je po postojećim propisima obavezno.

Korišćenje takve merne i kontrolne opreme omogućuje tačnost pri merenju i kontrolisanju, ali i opravdanost upotrebe te opreme.

Za svaki kontrolni i merni uređaj postoji važeći dokument (uverenje o ispravnosti i etaloniranju) koji je izdala ovlašćena akreditaciona laboratorija.

Firma koja je vršila ispitivanje motora poseduje uverenja o ispravnosti i etaloniranju celokupne merne i opitne opreme, koju koristi.

11. Firma koja je preuzela obavezu da sklopove koji su predmet ove analize, "privede nameni", odnosno da ih dovede u takvo tehničko stanje da oni zadovoljavaju potrebne i dovoljne uslove za ugradnju u predmetne motore, to nije uradila.

Nedostaci na sva tri predmetna sklopa: rukavci - zamajac (sklop kolenastog vratila broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684, sklop kolenastog vratila broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817 i sklop kolenastog vratila broj 26121/176849 i zamajca broj 52714/17495) nisu otklonjeni u ovoj firmi, posle nastanka prve havarije pri ispitivanju na probnom stolu predmetnog motora D12A 525 sa sklopom kolenastog vratila broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684.

Merenjem je utvrđeno da escentričnost na četvrtom rukavcu kolenastog vratila broj 11682/17445 ima vrednost 0,16 mm. Dozvoljeno je od strane proizvođača da može biti maksimalno 0,06 mm.

Merenjem je utvrđeno da ne postoji usaglašenost prečnika otvora na zamajcima i prečnika klinova na kolenastim vratilima, i to na svim sklopovima koji su predmet ove analize, a kako je propisao proizvođač.

Posebno treba imati u vidu da je sklop klin na kolenastom vratilu i njemu odgovarajućeg otvora na zamajcu mora biti u tolerantnom polju H/h.

Nedopustiva je tvrdnja, da dimenzije klinova i njihovih dosednih otvora nisu bitne.

Merenjem je utvrđeno da ne postoji usaglašenost geometrijskih parametara rezervnih delova, koji čine predmetne sklopove, sa propisanim od strane proizvođača. Ne postoji usaglašenost stanja uravnoteženosti predmetnih sklopova sa postojećim standardom.

Posebno je pitanje pravilnog uzimanja, i na pravilan način, u obzir pri uravnotežavanju predmetnih sklopova, funkcije i delovanja pokretnih masa - tegova za uravnotežavanje koji su sastavni deo kolenasto vratilo (slike 10, 18).

Tačnost uravnotežavanja ovakvih složenih sistema, i realizovanih postupaka "privođenja nameni" sklopova koji su predmet ove analize, nije obavljen na primeren način, a saglasno predmetnoj problematiki i postojećim standardima.

12. Probni sto, na kome su ispitivani predmetni motori D12 sa sklopom kolenastog vratila broj 90325/7600 i zamajca broj 80254/174684, kada je došlo do havarije pri prvom ispitivanju predmetnog motora, i sa sklopom kolenastog vratila broj 11682/17445 i zamajca broj 23645/17817, kada je došlo do havarije pri drugom ispitivanju predmetnog motora, ima ugrađen kalibrisani davač (slika 2), koji osigurava minimalni pritisak od 6 bara tokom ispitivanja motora, što garantuje normalno podmazivanje ispitivanih motora.

Ukoliko bi pritisak u predmetnom motoru, a pri ispitivanju na opitnom stolu, a sa ugađenim sklopovima koji su predmet analize, pao ispod vrednosti od 6 bari, probni sto bi prestao sa funkcionisanjem (to je iz sigurnosnih razloga).

13. Proverom celokupne dokumentacije (radni nalozi, trebovanja, prateći listovi, mikrometražni kartoni, lista zamenjenih materijala, defektacione liste, i sagledavanjem kompletne predmetne problematike, moglo se zaključiti da je ispitivanje predmetnog motora, od strane tužioca, obavljeno profesionalno i uz poštovanje svih protokola i preporuka proizvođača.

14. Tokom analize, utvrđeno je da sklop kolenastog vratila broj 26121/176849 i zamajca broj 52714/17495, ne zadovoljavaju potrebne i dovoljne uslove za ugradnju u predmetni motor, te ukoliko bi se ugradili u motor i pristupilo se ispitivanju, došlo bi do pojave havarije, po istom mehanizmu, kao i pri ispitivanju prethodna dva sklopa koja su ranije ugrađivana u ovaj motor pri ispitivanju, kada je došlo do prve, odnosno druge havarije.

15. Greške i nepravilnosti ne treba pripisivati firmi koja je vršila remontovanje predmetnih motora, a koja se držalo svih propisanih procedura ispitivanja, koristila adekvatnu ispitnu, mernu i kontrolnu opremu, i nije imao propusta u radu sa sklopovima koji su predmet ove analize.

Naručilac rezervnih delova (firma koja je remontovala motore), opravdano je od isporučioa tražio: da rezervni delovi moraju biti novi, nekorisćeni, da se isporučuju kao gotovi proizvodi, da u potpunosti odgovaraju fabričkim brojevima, oznakama i standardima iz tehničke specifikacije, da budu isporučena u originalnim pakovanjima i originalnoj ambalaži.

Isporučilac, prilikom isporuke rezervnih delova bio je dužan da dostavi tehničku dokumentaciju kojom se dokazuju tehnički deklarirane karakteristike analiziranih rezervnih delova.

16. Sagledavajući detaljno i temeljno celokupnu predmetnu problematiku, može se zaključiti da su propusti nastali:

- Na strani dobavljača iz sledećih razloga: Nabavka starih korišćenih rezervnih delova; Nabavka nekompatibilnih kolenasto vratilo i zamajaca bez obaveznih dokaza o kompatibilnosti istih (bez originalnih "pasoša" uparljivosti);
- Na strani firme koja nije uspeła da otkloni neispravnosti (odnosno privede nameni) sklopove koji su predmet ove analize (a za koje je prvo utvrdila da ne odgovaraju nameni), a koje je, u dogovoru sa naručiocem i dobavljačem, prihvatila.

ZAKLJUČAK

Od kvaliteta rezervnih delova u velikoj meri zavisi kvalitet remontovanih dizel motora.

Posle remontovanja dizel motora izrazito velike snage, obrtnog momenta i zapremine motora, došlo je do pojave otkaza delova koji su ugrađeni kao novi, a pri ispitivanju na probnom stolu.

Nakon ponovne ugradnje novih rezervnih delova, došlo je do ponovljene pojave otkaza motora po istom mehanizmu i sa istim posledicama.

U radu su dati rezultati istraživanja kvaliteta delova koji se koriste pri remontovanju dizel motora. Prikazana je analiza uzroka pojave havarija dizel motora, kao i izgled predmetnih rezervnih delova pre i posle remontovanja motora.

Posle ugradnje rezervnih delova: kolenastog vratila broj 90325/76700 (slike 5, 6) i zamajca broj 80254/174684 (slike 7, 8) u motor D 12A-525 (slika 1), motor je postavljen na probni sto (slika 3 i slika 4) radi provere funkcionalnosti i kvaliteta obavljenog remonta.

Posle vrlo kratkog vremena rada (4,5 minuta), i to bez opterećenja, i pri 800 min⁻¹, došlo je do pojave havarije motora. Pristupilo se demontaži motora i analizi uzroka pojave havarije.

Kompleti kolenasto vratilo-zamajac upućeni su u firmi koja je konstatovala da postoji višestruka neuravnoteženost rezervnih delova: kolenasto vratilo-zamajac, i koja je pristupila "dovodjenju nameni" istih.

Posle dovodjenja sprovedenih postupaka korekcije rezervnih delova ("dovodjenju nameni" istih), pristupilo se remontovanju motora D 12A-525 ugradnjom drugog kompleta rezervnih delova: kolenasto vratilo (slike 9,10,16)-zamajac (slike 11,12,13,14,15), kod koga su sprovedeni korektivni postupci i njihovo uravnotežavanje.

Motor je postavljen na probni sto i pristupilo se, prema precizno definisanoj proceduri, otpočinjanju procesa ispitivanja motora. Na probnom stolu, došlo je do havarije motora posle 4 sata rada bez opterećenja, i to po istom mehanizmu nastanka.

Posle demontaže motora utvrđena su ista oštećenja kao i pri prvom ispitivanju.

Sa trećim kompletom (slike 17,18) kolenasto vratilo-zamajac (slike 19,20,21,22, 23,24) nije vršen remont motora jer je konstатовano da po kvalitetu ne odgovaraju ugradnji u motor koji je potrebno remontovati.

Može se konačno zaključiti, da odgovornost za nastala oštećenja, do kojih je došlo tokom ispitivanja motora D 12A-525, treba pripisati, dobavljaču rezervnih delova.

LITERATURA

- [1] Krstić V., Krstić B., Muždeka S., 2020. Analiza uzroka pojave otkaza motora sus i predlog za njegovo otklanjanje, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLV, No 2., pp.28-36
- [2] Manjeet Singh, Surinder Singh Thakur, Rupinder Chandel. 2021. Tehnicko i eksploataciono ispitivanje traktorskih frontalnih masina za orezivanje u voćnjaku mandarina, Časopis Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLVI, No 1, pp.7-21.
- [3] Okechukwu Oduma, Chineze G. Okeke, Brendan E. Eje, Goziechukwu Inekwe, Daniel C. Nnadi. 2020. Jednostavne regresijske veze za procenu performansi izabranih priključaka opreme u jugoistočnoj Nigeriji. Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587. Vol. XLV, No 1., pp.51-64.
- [4] László Magó.2019. Pametna rešenja poljoprivredne opreme za sigurno upravljanje na daljinu. Poljoprivredna tehnika. ISSN 0554-5587, Vol. XLIV, No 4., pp.17-26.
- [5] Zlata Bracanović, Velimir Petrović, Branka Grozdanić, Đuro Borak. 2018. Karakteristike powershift menjača kod poljoprivrednih traktora, Poljoprivredna tehnika. ISSN 0554-5587, Vol. XLIII, No. 3., pp.45-56.
- [6] Popović Slobodan, Laban Bogdan, Popović Vera, Jovin Slobodanka, Grublješić Željko. 2018. Management services with respect to the new approach pvc packaging in the agricultural enterprises with agro-ecological aspects, Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIII, No 3., pp.38-44.
- [7] Zlata Bracanović, Velimir Petrović, Branka Grozdanić, Đuro Borak. 2018. Kritički osvrt na domaće poljoprivredne traktore IMR sa aspekta primene elektroopreme. Poljoprivredna tehnika, ISSN 0554-5587, Vol. XLIII, No 3., pp.45-56.
- [8] Krstić V. 2020. Uzroci i manifestacije otkaza motora sus i načini njihovog otklanjanja, VI. konferencija „Održavanje 2020“. Zenica, BiH, 20 - 21 novembar.
- [9] B. Krstić. 2009. Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, str. 488.
- [10] B. Krstić, V. Lazić, V. Krstić. 2010. Some views of future strategies of maintenance of motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.15, No.1., pp.42-47.
- [11] B. Krstić, I. Krstić. 2007. Mathematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, Tractors and power machines, Vol.12, No.4., pp.129-136.
- [12] B. Krstić, V. Lazić, R. Nikolić, V. Raičević, I. Krstić, V. Jovanović. 2009. Optimal strategy for preventive maintenance of the motor vehicles clutch. Journal of the balkan tribological association", Vol.15, No 4., pp. 611-619.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF SPARE PARTS QUALITY ON THE WORK OF A REPAIR DIESEL ENGINE

Vojislav B. Krstić¹, Božidar V. Krstić²

¹ Faculty of Technical Sciences University of Priština, K. Mitrovica, R.Serbia

² Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Kragujevac, R.Serbia

Abstract: When repairing the internal combustion Diesel engine, a set of spare parts was installed : crankshaft-flywheel. After the overhauol, the engine was tested on a test bench. After a very short time of operation, an engine failure occurred. Re-overhaul was started, with another set of spare parts: crankshaft-flywheel.

After a short time of operation, there were recurrences of engine failures, according to the same mechanisms of occurrence.

Key words: *motor, maintenance, failure*

Prijavljen: 25.01.2021.

Submitted:

Ispravljen: 12.05.2021.

Revised:

Prihvaćen: 17.05.2021.

Accepted: