

UDK: 631.372:621.879

Originalni naučni rad
Original scientific paper
doi : 10.5937/PoljTeh2002028K

ANALIZA UZROKA POJAVE OTKAZA SUS MOTORA I PREDLOG ZA NJEGOVO OTKLANJANJE

Vojislav B. Krstić¹, Slavko R. Muždeka², Božidar V. Krstić^{*3}

¹ Akademija strukovnih studija Jug, Niš, R. Srbija

² Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Beograd, R. Srbija

³ Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac, R. Srbija

Sažetak: Posle nastanka otkaza motora sus preduzete su određene mere za njegovo otklanjanje. Po sprovođenju tih mera opet je došlo do pojave otkaza motora po istom mehanizmu nastanka. U radu je rasvetljena problematika nastanka neispravnosti na motoru, ustanovljene uzročno-posledične veze i predložene mere za otklanjanje uzroka pojave otkaza.

Ključne reči: motor sa unutrašnjim sagorevanjem, otkaz, održavanje.

UVOD

Na motoru Caterpillar USA tip 3126, sa brojem BEJ12686, radne zapremine 7200 cm³ i snage 168 kW (slika 1), koji je ugrađen u drobilicu za drvo proizvođača Vermeer Mfg. Company, tip BE 2000XL sa identifikacionom oznakom 1VRZ1S20171000278 (slika 2), došlo je do pojave otkaza. Usledio je pokušaj otklanjanja tog otkaza. Po završetku svih sprovedenih postupaka održavanja koji su imali za cilj vraćanje motora u ispravno stanje, došlo je vrlo brzo do ponovne pojave otkaza, i to na isti način.

Neke od dilema koje su nastale posle ponovnog otkaza motora su:

1. Šta je prouzrokovalo pojavu prvog otkaza motora;
2. Po kom mehanizmu je nastao prvi otkaz;
3. Šta je prouzrokovalo pojavu drugog otkaza motora;
4. Po kom mehanizmu je nastao drugi otkaz;
3. Da li su napravljene greške tokom eksploatacije mašine u koju je bio ugrađen motor;

* Corresponding Author. Email address: bkrstic@kg.ac.rs

4. Da li su napravljene greške tokom održavanja mašine u koju je bio ugrađen motor;
5. Da li su napravljene greške tokom popravke motora posle pojave prve havarije.

U ispitivanju predmetne problematike, i davanju odgovora na nastale dileme, autori rada su se aktivno uključili i došli do odgovora koji će biti prezentovani u radu.

Cilj rada je rasvetliti problematiku nastanka neispravnosti na konkretnom motoru, ustanoviti uzročno-posledične veza i predložiti mere za otklanjanje uzroka pojave otkaza.

OBJEKAT ISPITIVANJA

Predmet analize je pogonski motor proizvodnje Caterpillar USA tip 3126, radne zapremine 7200 cm³ i snage 168 kW (slika 2), a koji je ugrađen u drobilicu za drvo proizvođača Vermeer Mfg. Company, tip BE 2000XL (slika 1).



Slika 1. Drobilica za drvo Vermeer BC 2000XL
Figure 1. Wood crusher Vermeer BC 2000XL



Slika 2. Pogonski motor Caterpillar tip 3126
Figure 2. The Engine of Caterpillar 3126

TEHNIČKO STANJE POGONSKOG MOTORA DROBILICE VERMEER BC 2000 XL POSLE DRUGE HAVARIJE

Stanje pogonskog motora Caterpillar tip 3126, posle druge havarije, je:

- Drobilica za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tipa BE 2000XL, pre ove analize radila je 1093 časova;
- Na bloku motora nema vidnih oštećenja;
- Oštećena je bregasta osovinica na mestu šetog izduvnog ventila (slike: 5, 6);
- Pohabane su, i postoji veliki zazor između klackalice i njenog rukavca šestog izduvnog ventila koji je doveo do mogućnosti aksijalnog pomeranja klackalice (slike: 11,12);
- Oštećene su dodirne površine nosećeg dela "klackalica" i "glave" motora na delu klackalice ventila šestog cilindra (slike: 8,9,10);
- Oštećeni zu prateći delovi razvodnog mehanizma: nosač rolnice podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru polomljen (slika 16), rolnica podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru ispala i oštećena (slika 15), osovinica rolnice podizača šipke izduvnog ventila na šestom cilindru ispala i oštećena (slika 16);

- Sedište izduvnog ventila na šestom cilindru ne postoji - ispalo je (slika 14);
- Polomljen je šesti izduvni ventil na dva mesta - kod pečurke ventila i kod osigurača u zadnjem delu ventila (slike: 18, 19, 20);
- Deformisan je podizač izduvnog ventila šestog cilindra (slika 17);
- Oštećene su lopatice turbine motora polomljenih isitnjenim delovima (slika 22);
- Oštećeno je čelo klipa šestog cilindra (slika 14);
- Oštećen je brizgač šestog cilindra na prednjem delu (slike: 22, 23).
- Klipnjača klipa šestog cilindra nije oštećena (slika 21).
- Zupčanik bregastog vratila nije oštećen (slika 3).



Slika 3. Bregasta osovina, osovina klackalica sa klackalicama i nosač rolnica motora Caterpillar tip 3126 -celokupan izgled
Figure 3. Camshaft, rocker arm with swingarms and Caterpillar 3126 engine roller bearing - overall layout



Slika 4. Blok pogonskog motora proizvodnje Caterpillar tip 3126 - pogled sa boka
Figure 4. Caterpillar production engine block - side view



Slika 5. Bregasta osovina pogonskog motora Caterpillar tip 3126
Figure 5. Caterpillar 3126 Camshaft - Overall



Slika 6. Bregasta osovina motora Caterpillar 3126- oštećenje brega šestog izduvnog ventila-pogled odozgo
Figure 6. Caterpillar 3126 Camshaft - Six Exhaust Valve Camshaft Damage - Top View



Slika 7. Oštećene površine nosača klackalica koje dodiruju glavu iznad šestog cilindra motora Caterpillar

Figure 7. The damaged surfaces of the rocker arms that touch the head above the sixth cylinder



Slika 8. Površine nosača klackalica koje dodiruju glavu motora proizvođače Caterpillar

Figure 8. The rocker arm surfaces that touch the Caterpillar 3126 engine head



Slika 9. Oštećena treća površina nosača klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra, motora proizvođače Caterpillar 3126

Figure 9. The damaged third surface of the rocker arm that touches the head above the sixth cylinder, Caterpillar 3126 engine



Slika 10. Oštećena treća površinu nosača klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra motora

Figure 10. The damaged third surface of the rocker arm that touches the head above the sixth cylinder, motor engine



Slika 11. Neoštećena druga površinu nosača klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra, motora Caterpillar 3126 - radi upoređenja sa oštećenom površinom

Figure 11. A intact second surface of the rocker arm that touches the head above the sixth cylinder, Caterpillar 3126 engine - for comparison with the damaged surface



Slika 12. Klackalica koja dodiruje glavu iznad šestog cilindra motora drobilice za drvo - povećan zazor koji omogućuje i aksijalno pomeranje i klaćenje klackalice šestog izduvnog ventila

Figure 12. The rocker arm that touches the head above the sixth cylinder of the wood crusher - enlarged clearance allowing both axial movement and rocking of the rocker of the sixth exhaust valve



Slika 13. Oštećeno ležište rolnice koja usmerava kretanje šipke podizača šestog izduvnog ventila motora
Figure 13. A damaged roll bearing that directs the choke of the sixth exhaust valve of the engine



Slika 14. Oštećena glava motora, oštećeno sedište ventila i polomljen izduvni ventil na šestom cilindru motora
Figure 14. View of damaged engine head, damaged valve seat and broken exhaust valve on sixth engine cylinder

Figure 14. View of damaged engine head, damaged valve seat and broken exhaust valve on sixth engine cylinder



Slika 15. Oštećena rolnica koja usmerava kretanje šipke podizača šestog izduvnog ventila motora drobilice
Figure 15. The damaged roll directing the chalk rod lift of the sixth exhaust crusher engine of a wood shredder

Figure 15. The damaged roll directing the chalk rod lift of the sixth exhaust crusher engine of a wood shredder



Slika 16. Oštećena osovinica rolnice koja usmerava kretanje šipke podizača šestog izduvnog ventila motora drobilice za drvo
Figure 16. A damaged roll axis that directs the chalk rod lift of the sixth exhaust crusher engine of a wood shredder

Figure 16. A damaged roll axis that directs the chalk rod lift of the sixth exhaust crusher engine of a wood shredder



Slika 17. Oštećeno – polomljeno stablo (obostrano) izduvnog ventila na šestom cilindru pogonskog motora
Figure 17. Damage view - broken on both sides of the exhaust valve tree on the sixth cylinder of the drive engine

Figure 17. Damage view - broken on both sides of the exhaust valve tree on the sixth cylinder of the drive engine



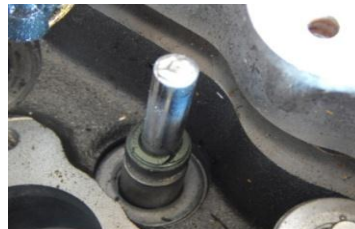
Slika 18. Oštećen - polomljen deo stabla izduvnog ventila na šestom cilindru sa svojim osiguračem u svom repnom delu pogonskog motora
Figure 18. A damaged - broken part of the exhaust valve tree on the sixth cylinder with its fuse in its tail section of the drive engine

Figure 18. A damaged - broken part of the exhaust valve tree on the sixth cylinder with its fuse in its tail section of the drive engine



Slika 19. Deformisana i nedeformisana šipka podizača izduvnog ventila na šestom cilindru motora

Figure 19. Deformed exhaust valve pickup rod on engine sixth cylinder next to undeformed



Slika 20. Vodica izduvnog ventila na šestom cilindru motora sa delom polomljenog stabla

Figure 20. Exhaust valve guide on a six cylinder engine with part of a broken tree



Slika 21. Klip i klipnjača šestog cilindra motora drobilice za drvo

Figure 21. Piston and piston rod of a six-cylinder wood shredder engine



Slika 22. Oštećene lopatice turbine motora drobilice za drvo

Figure 22. Damaged wood shredder turbine engine blades



Slika 23. Brizgač - injektor šestog cilindra motora drobilice za drvo

Figure 23. Injector - injector of the sixth cylinder of the crusher engine for wood



Slika 24. Oštećen brizgač - injektor šestog cilindra motora drobilice za drvo

Figure 24. Damaged Injector - Six Cylinder Engine Injector for Wood Crusher

REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

Do konstatovane havarije na istom motoru Caterpillar USA tip 3126, došlo je u kratkom vremenskom roku zbog:

- Posle nastanka prve havarije, nije izvršena potrebna detaljna analiza uzroka nastanka havarije;

- Nije izvršeno rastavljanje svih delova motora posle prve havarije i nisu otklonjeni svi uzroci koji su doveli do pojave prve havarije;

Na nastalu havariju drobilice za drvo uticali su brojni uzroci: neadekvatno održavanje, velika opterećenja pri radu, dotrajalost mašine,

U želji da se zaključak donese isključivo na osnovu objektivno utvrđenih i na nauči i struci zasnovanih činjenica [1,2,3,4], izvršena je detaljna analiza uzročno-posledičnih veza [1]. U istoj nameri, detaljno je snimljeno postojeće stanje predmetnog motora i drobilice za drvo u koju je on bio ugrađen. Izvršena je i kompletna detaljna analiza uzročno-posledičnih veza u radu drobilice za drvo i motora u njoj [1,2,3] i na osnovu svega toga daje se zaključak i mišljenje:

1. Drobilica za drvo proizvođača Vermeer Mfg. Company, tip BE 2000XL sa identifikacionom oznakom 1VRZ1S20171000278 (proizvedena posle 2007 godine, prema podacima iz identifikacione oznake mašine, broj 7 na desetoj poziciji). Broj časova rada drobilice za drvo, na dan 18.05.2019.god. je 1093 časova rada (slika 5).

2. Drobilica za drvo proizvođača Vermeer Mfg. Company tip BE 2000XL sa identifikacionom oznakom 1VRZ1S20171000278 ima fabrički ugrađen motor Caterpillar USA tip 3126, sa brojem BEJ12686, radne zapremine 7200 cm³ i snage 168 kW.

3. Redosled nastanka havarije motora Caterpillar USA tip 3126, je:

Usled povećanja zazora u sklopu klackalica izduvnog ventila šestog cilindra i osovine klackalica (slika 12), ali i usled nedovoljno zategnutih zavrtnjeva koji pritežu klizne ležajeve klackalice sa glavom motora (vidljive su velike neravnine usled habanja tih površina na slikama: 7,8,9,10) došlo je do većeg aksijalnog pokretanja - klačenja klackalice (što se nije smelo dozvoliti).

To aksijalno kretanje klackalice, uz rotaciono kretanje (koje je jedino dozvoljeno u ovom sklopu) dovelo je do pucanja zadnjeg dela izduvnog ventila na šestom cilindru zajedno sa svojim osiguračem (slika 18).

Usled pucanja zadnjeg dela izduvnog ventila na šestom cilindru zajedno sa svojim osiguračem, šipka podizača izduvnog ventila šestog cilindra nije bila u stanju da da podiže zadnji kraj klackalice ovog ventila jer je došlo do pojave velikih otpora njegovom kretanju, te je zbog toga došlo do njenog krivljenja (slika 17).

Usled krivljenja šipke podizača izduvnog ventila šestog cilindra došlo je do pucanja kliznog ležišta osovinice na kojoj se nalazi rolnica koja ima zadatak "vođenja" ove šipke (slike: 17).

Posle pucanja kliznog ležišta osovinice na kojoj se nalazi rolnica koja ima zadatak "vođenja" šipka podizača izduvnog ventila šestog cilindra, došlo je do ispadanja osovinice rolnice (slika 16) iz ležišta, i same rolnice (slika 15) sa osovinice i do njihovog upadanja u prostor između bloka motora i brega izduvnog ventila šestog cilindra što je dovelo do velikog oštećenja ovog brega (slike: 5,6,7), jer je motor i dalje radio (tada sa pet cilindara), a bregasto vratilo se okretalo sve do konačnog isključivanja mašine jer se ono okreće - pogoni preko svog zupčanika (slike: 5) koji nije oštećen.

Veliko oštećenje brega izduvnog ventila šestog cilindra (slike: 5,6,7), ali i rolnice (slika 15) i njene osovinice (slika 16), upućuju na zaključak da drobilica za drvo, posle havarije, nije odmah isključena.

Sve što se dalje dogodilo, po pitanju havarije ovog motora, posledica je prethodno navedenih pojava i događaja.

Pošto je motor i dalje radio sa pet cilindara, brizgač-injektor je i dalje ubacivao gorivo, koje nije moglo da se pali, u šesti cilindar motora i to je dovelo do pojave gustog dima iz izduvnog sistema drobilice.

Pošto se izduvni ventil nije zaglavio (kao kad se dogodila prvi put havarija na ovom motoru), on je krenuo prema klipom i u direktnom kontaktu sa klipom polomljena je njegova pećurka (slike 14,18,19), što pri normalnom radu motora nikada do toga ne bi moglo da dođe. Pri tom je došlo i do loma sedišta ovog ventila (slika 14).

Polomljeni delovi pećurke izduvnog ventila šestog cilindra, kao i delovi sedišta ovog ventila, izazvali su oštećenje vrha injektora-brizgača (slika 22,23), ali i čela klipa šestog cilindra (slika 14) i skoro neprimetno oštećenje cilindra u gornjem delu što ne utiče na dalju upotrebnu vrednost šestog cilindra.

Polomljeni delići sedišta ventila i pećurke ventila uleteli su u prostor turbine i izazvali njeno oštećenje (slika 22).

Na pojavu otkaza-havarije motora nije uticala glava motora. Obrazloženje je:

- Gornji deo stabla izduvnog ventila (slike: 18,19) ostalo u svojoj vođici (slika 20), bez ikakvih problema je izvučen iz svoje neoštećene vođice.

Na tom delu nije oštećeno ni stablo ventila niti njegova vođica.

Prethodno navedene činjenice upućuju na zaključak da nije bilo neophodno zameniti vođicu izduvnog ventila šestog cilindra i da njeno nezamenjivanje nije doprinelo pojavi havarije motora.

- Da je glava motora bila oštećena (naprsila) na čelo klipa bi dospela tečnost za hlađenje, tako da bi čelo klipa imalo sasvim drugu boju-plavičastu, a došlo bi i do njegovog nagorevanja, kao i nagorevanja cilindra motora. U konkretnom slučaju do toga nije došlo (slika 21) jer čelo klipa ima čistu-fabričku boju, a na cilindru nema nikakvih termičkih promena.

Prethodni opis upućuje na zaključak da nije bilo neophodno sprovesti tzv. hidro-test glave motora, i da glava motora nije doprinela da dođe do havarije motora.

U zaključku ovog rada može se navesti da odgovornost za nastalu havariju motora "Caterpillar" USA tip 3126, broj motora BEJ12686, koji je ugrađen u drobilicu za drvo proizvođača "Vermeer Mfg. Company" tip BE 2000XL, sa identifikacionom oznakom 1VRZ1S20171000278, treba pripisati serviseru koji nije utvrdio uzrok pojave prve neispravnosti na motoru, a samim tim nije ni sproveo potrebne postupke održavanja motora (prvenstveno podešavanje razvodnog mehanizma motora).

Istraživanjem uzroka pojave havarije motora "Caterpillar" USA tip 3126, došlo se do zaključka da pri sprovođenju postupaka održavanja motora neophodno je pravilno sprovesti postupke utvrđivanja tehničkog stanja motora (primenom objektivnih dijagnostičkih metoda), lokalizovati neispravnost, izvršiti detaljnu analizu uzročno-posledičnih veza, a potom pristupiti otklanjanju nastale neispravnosti.

U konkretnom slučaju nije se postupilo po tehničko-tehnološkim pravilima, tako da je iz tog razloga došlo do pojave havarije motora, i drugi put, na isti način, i po istom mehanizmu, i sa istim posledicama.

LITERATURA

- [1] Krstić B., 2009. *Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora*, Mašinski fakultet u Kragujevcu. Kragujevac, str. 488.
- [2] Krstić B., Lazić V., Krstić V., 2010. : Some views of future strategies of maintenance of motor vehicles, *Tractors and power machines*. Vol.15, No.1, pp.42-47 .
- [3] Krstić B., Krstić I., 2007. Mathematical models of automatization process of giving diagnosis motor vehicles, *Tractors and power machines*. Vol.12, No.4., pp.129-136.
- [4] Krstić B., Lazić V., Nikolić R., Raičević V., Krstić I., Jovanović V., 2009. Optimal strategy for preventive maintenance of the motor vehicles clutch. *Journal of the Balkan Tribological Association*. Vol.15, No 4. pp.611-619.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF IC ENGINE FAILURE AND PROPOSAL FOR ITS REMOVAL

Vojislav B. Krstić¹, Slavko R. Muždeka², Božidar V. Krstić³

¹ Academy of Professional Studies South , Niš, R.of Serbia

² Belgrade University of Defense, Military Academy, Belgrade, R. of Serbia

³ Faculty of Engineering University of Kragujevac, Kragujevac, R. of Serbia

Abstract: After the failure of the internal combustion IC engine, certain measures were taken to eliminate it. Following the implementation of these measures, motor failure again occurred following the same mechanism of occurrence. The problem of occurrence of malfunction on the motor is explained in the paper, the cause and effect relationships are established, and the proposed measures for eliminating the cause of failure occurrence.

Key words: engine, failure, maintenance

Prijavljen: 23.12.2019.
Submitted:
Ispravljen: 15.02.2020.
Revised:
Prihvaćen: 25.04.2020.
Accepted: