

## EKSPLOATACIJSKA POUZDANOST REGENERIRANIH GLAVA TRAKTORSKIH MOTORA HLADNIM ZAVARIVANJEM

### REGENERATION OF ENGINE PARTS BY THE METHOD OF COLD WELDING, UNDER SEPARATE CONSIDERATION OF EXPLOITA- TIONAL RELIABILITY OF REGENERATED ENGINE HEADS

R. Emert, S. Vidaković, T. Jurić

#### SAŽETAK

Ispitivana je eksploatacijska pouzdanost regeneriranih traktorskih dijelova a posebice glave motora. Pri tome je razrađena tehnologija regeneracije glave motora, za koju se pretpostavlja da će dati najbolje rezultate. Regeneracijom je obuhvaćeno 47 glava 6 - cilindričnih motora hlađenih tekućinom. Ispitivanje je obavljeno kontinuiranim praćenjem kroz razdoblje od dvije sezone rada (oko 900 - 1100 radnih sati motora tijekom sezone).

Ispitivanjem pomoću penetracijskog sredstva utvrđeno je da se na uzorku 10 glava motora, koje su regenerirane hladnim zavarivanjem, nisu pojavile pukotine.

Kontinuiranim praćenjem na 47 regeneriranih glava motora (uvidom u radne naloge popravaka) utvrđeno je da je do "otkaza" stroja, radi ponovnog pojavljivanja pukotina, došlo na četiri motora traktora.

Analizom cijene regeneracije utvrđeno je da cijena regeneriranog dijela iznosi 4,14% u odnosu na cijenu novog dijela.

Na osnovi provedene analize ispitivanja zaključuje se da će se kvaliteta "dobar" postići tijekom eksploatacije, u osnovnom skupu s 83,5 - 99,5%, uz pouzdanost od 95%.

Testiranjem hipoteze o vjerojatnosti udjela "otkaza" utvrđuje se da regenerirane glave motora zadovoljavaju zahtjeve u 95% slučajeva uz razinu značajnosti od 5%.

*Ključne riječi:* glava motora, regeneracija hladnim zavarivanjem, pukotine, cijena, pouzdanost, vjerojatnost

## UVOD

Pri svakom popravku stroja potrebno je postići visoku efikasnost popravka, dobru kvalitetu, te nisku cijenu popravka. Regeneracija hladnim zavarivanjem uz primjenu pravilne tehnologije postupka i kvalitetnu eksploatacijsku pouzdanost upravo omogućuje gore navedene zahtjeve. Metodom hladnog zavarivanja postiže se brzo otklanjanje kvarova traktorskih elemenata nastalih uslijed pukotina glave motora, lomova kućišta motora i lomova kućišta zagona. Cijena dijelova koji su regenerirani izuzetno je povoljna u odnosu na cijenu novog dijela.

Regeneraciji se pristupa ako je:

$$\frac{C}{T_r} \leq \frac{C_n}{T_n}$$

gdje je:

$C_r$  - cijena regeneriranog dijela

$C_n$  - cijena novog dijela

$T_r$  - vrijeme trajanja regeneriranog dijela

$T_n$  - vrijeme trajanja novog dijela

Uz navedeno uzimaju se u obzir i aspekti kao smanjivanje vremena stajanja stroja, nedostatak dijela na tržištu i dr.

U slučaju uspješno provedene regeneracije na mehanički i termički opterećenoj glavi motora može se zaključiti, da se taj postupak može uspješno primijeniti i na nizu drugih dijelova kod poljoprivrednih strojeva. Metoda hladnog zavarivanja može se vrlo uspješno provoditi i na kućištu pumpi, kućištu mjenjača brzina, kućištu reduktora i hidraulika, te kućištima priključnih strojeva.

## MATERIJAL I METODE RADA

Metoda rada sastoji se u izboru karakterističnih uzoraka, odabiru optimalne tehnologije hladnog zavarivanja, te ispitivanju eksploatacijske pouzdanosti uzoraka glave motora. Da bi se dobila što bolja slika, uvid u opravdanost regeneracije i kvaliteta regeneriranih dijelova hladnim zavarivanjem, za regeneraciju i ispitivanje odabrani su uzorci koje karakteriziraju:

- visoko mehaničko i termičko opterećenje,
- visoka nabavna vrijednost,
- utjecaj na vijek trajanja ostalih dijelova u sklopu i ostalih sklopova, koji s regeneriranim dijelom čine sastavni dio,

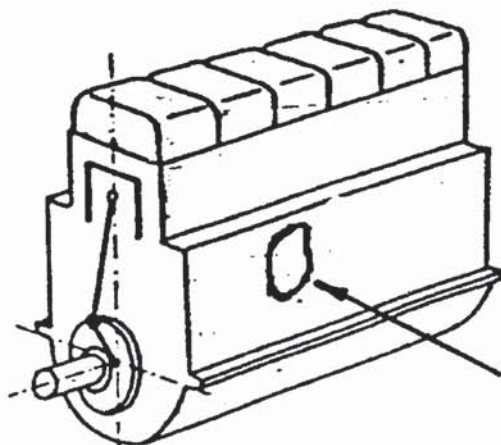
- učestalost kvara,
- da se na osnovi vrijednosti u uzorku mogu dobiti empirijski analogoni veličina vezanih za osnovni skup.

Odabrani uzorci moraju biti pogodni za utvrđivanje eksploatacijske pouzdanosti tijekom eksploatacije. Do nastajanja pukotina na kućištu motora najčešće dolazi iz subjektivnih razloga. Nastajanje pukotina javlja se pri pregrijavanju motora i smrzavanja vode u kućištu. Do loma kućišta motora najčešće dolazi radi zaribavanja motora i smrzavanja vode u kućištu. Do nastajanja pukotina na glavi motora obično dolazi pri pregrijavanju motora i radi smrzavanja vode u glavi motora. Pukotine glave motora najčešće se pojavljuju između usisnih i ispušnih ventila, a otklanjaju se metodom hladnog zavarivanja gdje temperatura glave oko vara iznosi samo 40 - 50 °C.

Na slici 1 prikazano je regenerirano kućište motora hladnim varenjem na traktoru John Deere 4440. Do loma kućišta došlo je radi zaribavanja motora.

Slika 1  
Figure 1

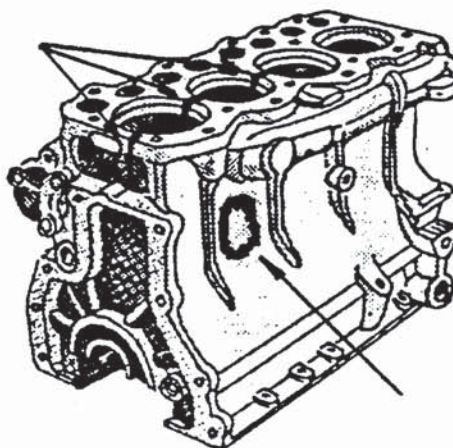
Shematski prikaz loma kućišta motora traktora  
Schematic display of tractor engine housing breach



Na slici 2 prikazano je kućište motora gdje se pojavila pukotina na kućištu cilindra, nastala pregrijavanjem motora.

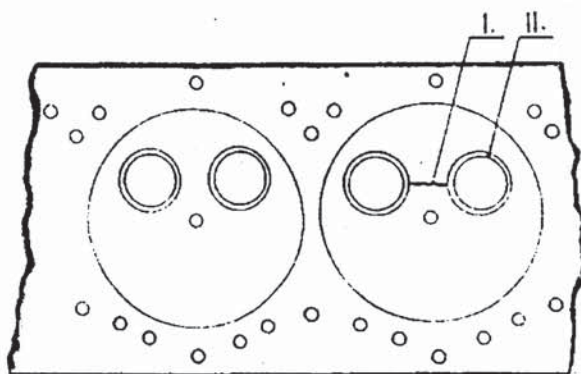
Nastala pukotina otklanja se postupkom hladnog zavarivanja. Općenito se regeneracija kućišta motora može obaviti samo u slučaju da se stvaraju vanjske pukotine. U slučaju nastanka unutarnjih pukotina, do kojih se ne može doprijeti pri postupku zavarivanja, kućište se zamjenjuje.

Slika 2 Shematski prikaz pukotine i loma na kućištu motora traktora  
Figure 2 Schematic display of tractor engine housing breach and fissure



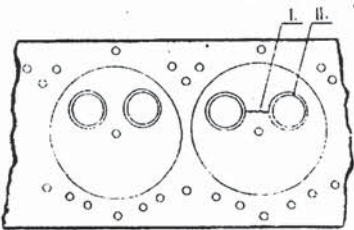
Na slici 3 prikazana je neispravna glava motora gdje se vidi pukotina između ventila nastala pregrijavanjem glave.

Slika 3 Shematski prikaz pukotine na glavi motora traktora  
Figure 3 Schematic display of engine head breach



Cijeli postupak hladnog zavarivanja glave motora sastoji se od pripreme glave, hladnog zavarivanja i završne obrade. Priprema se sastoji u pranju i odmašćivanju glave te žljebljenja pukotine prema propisanoj tehnologiji regeneracije. Nakon

pripreme obavlja se hladno varenje (kontinuirano ili postupno) vodeći računa da temperatura glave motora oko vara ne prelazi preko 150°C. U slučaju nastanka viših temperatura postupak se obustavlja te nakon što se glava ohladi ponovo nastavlja. Pri hladnom zavarivanju sličnih elemenata poljoprivrednih strojeva potrebno je također detaljno odrediti postupak i tehnologiju regeneracije, te je kvalitetno izvesti. Tehnologija regeneracije glave motora traktora John Deere 4440 prikazana je na slijedećoj tablici.

TEHNOLOGIJA REGENERACIJE		Naziv dijela: Glava motora Marka i tip stroja: JD 4440	Kat. broj; broj crteža AR 81615	Br. str. 1/2
RO REMONT		Sklop: Motor	Karakteristika oštećenja način regeneracije:	
			Pukotina na glavi koja se proteže od jednog do drugog ventila- II Zavarivanje pukot.	
Karakteristike dijela:		Uvjeti regeneracije:		Primijenjeni strojevi, uređaji:
1. Materijal: 2. Termička obrada:				Uređaj za varenje, tokarski stroj, brusil.
Red. broj	Opis operacije	Alat, uređaj, mjerna sprava	Tehmol. podaci pom. mater.	Tehnički propisi
1.	<b>Vađenje sjedišta ventila:</b> - na sjedište ventila navarimo tanak sloj materijala. Nakon što se var ohladi sjedište se lako izvadi van - II	MAG uređaj	Žica 0 0,8	
2.	<b>Žljebljenje pukotina</b> - ručnom brusilicom obavimo žljebljenje do dubine oko 8 mm - I	Ručna brusil.		

R. Emert, S. Vidaković, T. Jurić: Eksploatacijska pouzdanost regeneriranih glava traktorskih motora hladnim zavarivanjem

TEHNOLOGIJA REGENERACIJE	Naziv dijela:	Glava motora	Kataloški broj crteža Ar 81615	Br. str. 2/2
Red. broj	Opis operacije	Alat, uređaj, mjerna sprava	Tehno. podaci pom. mater.	Tehnički propisi
3.	<b>Zavarivanje pukotine</b> - ručnim elektrolučnim postupkom obavimo zavarivanje pukotine i to s dva sloja vara - I	Elektr. agregat	Elektroda-INOX 0 3,25 - struja A = 120	
4.	<b>obrada provrta</b> - na vertikalnoj glodalici pomoću noža od tvrdog metala obradimo obje rupe za sjedište ventila	Vertikalna glodalica Mikrometar	Provrta - 0 38 H7 Brzina rezanja: 50 m/min. Broj okretaja: n=250 o/min. Posmak-s = 0,08 mm	
5.	<b>Izrada sjedišta</b> - na tokarskom stroju izradimo dva sjedišta ventila - prema crtežu - II	Tokarski stroj Pomično mjerilo Mikrometar	0 38 k 6 x 0 32 x 10 (crtež) Č. 3134 Brzina rezanja: v=20 m/min. posmak-s = 02 mm Broj okretaja: 100 o/min.	
6.	<b>Ugradnja sjedišta</b> - pomoću hidrauličke prese sjedište ventila utisnemo u provrt u glavi motora - II	Hidraulička presa		
7.	<b>Brušenje</b> - na horizontalnoj brusilici prebrusimo zavareno mjesto odnosno poravnamo s glavom motora - I	Horizontalna brusilica		
8.	<b>Glodanje</b> - ručnim glodalom, posebno namijenjenim za tu svrhu doradimo samu dosjednu površinu na sjedištu ventila - II	Alat za ručno glodanje - kut 90°		

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Kao osnova za istraživanje postavljena je hipoteza;

– Da će regenerirani uzorci od 10 glava motora JD 4440 izdržati bez kvara u normalnim eksploatacijskim uvjetima jednu agrotehničku sezonu. Drugim riječima eksploatacijska pouzdanost odabranih uzoraka bit će 100 %.

– U dvogodišnjem eksploatacijskom razdoblju pouzdanost 47 regeneriranih glava 6-cil. motora traktora, hlađenih tekućinom neće biti bitno manja od pouzdanosti novih dijelova.

– Cijena regeneracije neće iznositi više od 10 % cijene nove glave motora.

– Nakon jedne agrotehničke sezone ispitivane su glave motora na 10 odabranih traktora JD 4440 tzv. Difu-Therm aerosolnim sredstvom male površinske napetosti. Postupak se sastoji u tome, da se glava motora očisti i odmasti, te premaže mjeto reza sredstvom crvene boje. Radi male površinske napetosti sredstvo ulazi u eventualne pukotine. Nakon pet minuta glava se obriše i premaže bijelim sredstvom. U slučaju nastalih pukotina pojavljuju se na tom mjestu crvene niti. Ako površina ostaje bijela, glava nema pukotina.

Na tablici 1 prikazani su podaci istraživanja na 10 uzoraka.

Tablica 1

Red. broj	Matični broj traktora	Broj odrađenih sati rada	Pojava pukotina na mjestu vara DA/NE
1.	807	791	NE
2.	809	1.120	NE
3.	810	1.103	NE
4.	811	811	NE
5.	812	927	NE
6.	813	802	NE
7.	814	1.047	NE
8.	815	971	NE
9.	816	921	NE
10.	819	1.091	NE

– Kontinuiranim praćenjem 47 traktora na kojima su ugrađene regenerirane glave utvrđeni su podaci da je od 47 traktora do ponovnog nastajanja pukotine glave motora došlo kod 4 motora traktora što znači:

$$p^1 - \text{pouzdanost} = \frac{47 - 4}{47} = \frac{43}{47} = 0,915$$

$$g^1 - \text{nepouzdanost} = \frac{4}{47} = 0,085$$

– Cijena utroška rada za regeneraciju glave motora JD 4440  
Cijena rada iskazuje se u kn na bazi tečaja 1 DEM = 3,60 kn.

Tablica 2 sadrži podatke o obavljenim zahvatima, cijeni rada i materijala.

Tablica 2  
Table 2

Obavljeni zahvati  
Proceedings performed

Red. broj	Opis operacije	Kvalifikacijska struktura	Broj sati
1.	Priprema glave motora za regeneraciju	KV II	1
2.	Vađenje sjedišta ventila	KV II	0,5
3.	Žljebljenje pukotine	VKV I	1
4.	Varenje izžljebljene pukotine	VKV I	1,75
5.	Grupa obrada nakon varenja	VKV I	0,5
6.	Brušenje glave motora	VKV I	3,75
7.	Kontrola vara	VKV I	0,5

Tablica 3  
Table 3

Cijena rada  
Work cost

Kvalifik. struktura	Broj utrošenih sati	Cijena sata - kn	Ukupno kn
KV II	1,5	28,00	43,20
VKV I	7,5	39,60	296,00
SVEUKUPNO RAD			339,20



Tablica 4 Cijena materijala  
Table 4 Material cost

Red. broj	Vrsta materijala	kn/kg	Količina utrošenog materijala	Iznos kn
1.	Deterdžent za čišćenje glave	21,60	1 kg	21,60
2.	Elektroda Soudofonte B-24	289,00	0,6 kg	173,40
	UKUPNA CIJENA MATERIJALA			195,00

Sveukupna cijena regeneracije glave motora JD 4440:

Rad	339,20
Materijal	195,00
SVEUKUPNO (KUNA)	534,20

Ovako dobivenoj cijeni regeneracije glave motora dodaje se još 30% radi indirektnih troškova (skladištenje, manipulacija i ostalo), što znači

$$543,20 \times 1,3 = 694,46 \text{ kn}$$

Prodajna cijena nove glave motora iz skladišta iznosi 16.778,00 kn, što znači da je cijena regenerirane glave 4,14% od cijene nove glave motora, uz pretpostavku da se ne uzima u obzir cijena napuknute glave jer kao takva nema tržišnu vrijednost.

### Pouzdanost i vjerojatnost ponašanja regeneriranih glava motora traktora

Iz rezultata istraživanja vidi se da je od ukupno 47 regeneriranih i ugrađenih glava motora tijekom eksploatacije do "otkaza" došlo na 4 glave, što znači:

$$p^1 - \text{pouzdanost} = \frac{47 - 4}{47} = 0,915$$

$$g^1 - \text{nepouzdanost} = \frac{4}{47} = 0,085$$

da bi izračunali intervalnu procjenu nepoznate vjerojatnosti "p" uz pomoć  $p^1$  služimo se formulom za procjenu vjerojatnosti:

$$P\left(p^1 - t \sqrt{\frac{p^1(1-p^1)}{n}} \leq p \leq p^1 + t \sqrt{\frac{p^1(1-p^1)}{n}}\right) = \alpha$$

gdje je  $\alpha$  nivo pouzdanosti, a "t" se određuje iz "t" - distribucije u "n-1" stupnjeva slobode iz uvjeta

$$P(\leq t \leq T \leq t) = \alpha$$

kako je n 30 (veliki uzorak) "t" se može približno uzeti iz normalne distribucije  $p^1 = 0,915$ ,  $t = 1,96$ ,  $\alpha = 0,95$ ,  $n = 47$

$$P\left(0,915 - 1,96 \sqrt{\frac{0,915(1-0,915)}{47}} \leq p \leq 0,915 + 1,96 \sqrt{\frac{0,915(1-0,15)}{47}}\right) = \alpha$$

odnosno  $P(0,835 \leq p \leq 0,995) = 0,95$

Na osnovi analize zaključuje se, da se očekuje kvaliteta "dobar" u tijeku eksploatacije u osnovnom skupu s 83,5 % - 99,5% uz pouzdanost od 95%.

Testiranjem hipoteze o vjerojatnosti udjela "otkaza" postavlja se pitanje da li regenerirane glave motora zadovoljavaju zahtjeve u 95% slučajeva uz razinu značajnosti pogreške od 5%.

Treba testirati hipotezu:

$$H_0 : p = p_0 = 0,95$$

$$H_1 : p_1 \neq p_0$$

$$\sqrt{\frac{p^1 - p_0}{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} < C_1 \quad \text{ili} \quad \sqrt{\frac{p^1 - p_0}{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} > C_2$$

$H_0$  se odbacuje, gdje je  $\emptyset(C_1) = \frac{\alpha}{2}$  i  $\emptyset(C_2) = 1 - \frac{\alpha}{2}$

U navedenom slučaju  $p^1 = 0,915$ , a  $p_0 = 0,95$ ,  $\alpha = 0,05$ ,  $n = 47$

$$\emptyset(C_1) = \frac{\alpha}{2} = 0,025$$

$$C_1 = -1,960$$

$$\emptyset(C_2) = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0,975$$

$$C_2 = 1,960$$

$$\frac{p^1 - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} = \frac{0,915 - 0,95}{\sqrt{\frac{0,95 - (1-0,95)}{47}}} = -\frac{0,035}{0,0318} = -1,1$$

Budući da je  $-1,960 < -1,1 < 1,960$  to je

$$C_1 < \frac{p^1 - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} < C_2 \text{ te se hipoteza ne odbacuje.}$$

Prema tome, regenerirane glave motora zadovoljavaju zahtjevima na razini od 95% u osnovnom skupu.

## DISKUSIJA

Na osnovi rezultata istraživanja kvalitete (radioničkom metodom) i eksploatacijske pouzdanosti glava motora regeneriranih metodom hladnog varenja može se zaključiti da tijekom jedne sezone rada, na mjestima hladnog vara, nije došlo do oštećenja niti poroznosti vara. U tijeku dvije sezone eksploatacijska pouzdanost je zadovoljavajuća a cijena mnogo niža od nabavne cijene glave motora. Bitno je napomenuti da se regeneracija mora obavljati točno po definiranoj tehnologiji. Tehnologija se tijekom istraživanja modificira, te se u serijsko obavljanje regeneracije polazi tek nakon zadovoljavajućih rezultata na uzorcima. Uspješna regeneracija glave motora jamči i uspješnu regeneraciju sličnih strojnih dijelova mehanički i termički opterećenih kao npr. kućišta zagona traktora, kombajna i priključnih strojeva.

## ZAKLJUČAK

U radu je prikazana tehnologija regeneracije glave motora, istraživana eksploatacijska pouzdanost, cijena regeneracije, te pouzdanost i vjerojatnost ponašanja regeneriranih glava motora traktora. Na osnovi podataka iz istraživanja može se zaključiti:

- primijenjena tehnologija regeneracije daje dobre rezultate pri hladnom zavarivanju kućišta i glave motora,
- eksploatacijska pouzdanost tijekom jedne sezone na 10 uzoraka glave motora iznosi 100 %.

- eksploatacijska pouzdanost nakon dvije sezone visoka je, te odgovara pouzdanosti novih glava motora,
- cijena regeneracije iznosi manje od 5% od nabavne cijene glave motora,
- pouzdanost i vjerojatnost ponašanja regeneriranih glava motora traktora zadovoljava postavljene zahtjeve,
- efikasnost popravka u znatnoj se mjeri poboljšava,
- zalihe rezervnih dijelova se primjenom regeneracije smanjuju.

## SUMMARY

We tested the exploitational reliability of regenerated tractor parts, in particular engine heads. For that purpose we worked out a special regeneration technology for engine heads that, we presumed, would give best results. We regenerated 47 heads of fluid cooled 6-cylindrical engines. The research was performed, continuously, during two working seasons (900-1,100 working hours during the season). The testing with penetrating medium showed, on a sample of 10 engine heads regenerated by cold welding method, no fissures.

By permanent observation of 47 regenerated engine heads (inspection of working orders) we found out that four tractor engines became troubled by reason of reappearance of fissures.

The cost of a regenerated part is 4,14% in relation to a new one.

According to the results of the research we drew a conclusion that the result "good", during the exploitation, will be attained in 83.5 - 99.5% of the basic group, with 95% reliability.

By testing the fail participation plausibility hypothesis we found out that regenerated engine heads meet the requierments in 95% at the significance level of 5%.

*Key words:* engine head, regeneration, cold welding, fissures, price, reliability, plausibility.

## LITERATURA:

**Hártman V.**, 1982: "Alkatrészfelujítási technológiák" I i II, MEM Müszaki intézet Gödölő, (Tehnologija regeneracije rezervnih dijelova)

**Méljkuti Cs.**, 1976: "Ajánlás, a traktorok karbantartási rendszerére", MEM Müszaki intezet Gödölő, (Preporuke o održavanju traktora)

**Németh T.**, 1979: "Regenerációs előkészítése", Budapest (Priprema regeneracije)

**Skok S.**, 1975: "Matematičke i statističke metode u prometnom inženjerstvu", VŠCS Zagreb,

R. Emert, S. Vidaković, T. Jurić: Eksploatacijska pouzdanost regeneriranih glava traktorskih motora hladnim zavarivanjem

---

**Zelenović D., Todorović D.**, 1982: "Efektivnost sistema u mašinstvu", Novi Sad,  
xxxx Interweld - Uputstvo za rukovanje - prijevod  
xxxx Metco - Uputstvo za rukovanje - prijevod  
xxxx "Remont", "Belje", Tehnička dokumentacija 1975. - 1990.

**Adresa autora** - *Author's address:*

dr. Rudolf Emert, docent  
Stjepan Vidaković dipl. inž.  
mr. Tomislav Jurić  
Poljoprivredni fakultet u Osijeku  
Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Primljeno: 5.6.1994.