



**MIKROSTRUKTURNA ISPITIVANJA DIJELOVA PARNE TURBINE I
SMJERNICE ZA POPRAVAK ZAVARIVANJEM**

**STEAM TURBINE PARTS MICROSTRUCTURAL TESTING AND REPAIR
INSTRUCTION BY WELDING**

Branko Mateša¹, Vladimir Pecić²

Ključne riječi: metalografski otisak, mikrostruktura, zavarivanje, pouzdanost

Key words: methalographycal replica, microstructures, repair welding, reliability

Sažetak: U radu je prikazan dio opsežnih istraživanja stručnjaka i znanstvenika Strojarskog fakulteta u Slavonskom Brodu glede primjene metalografskih otisaka-replika pri procjeni pouzdanosti mikrostrukture dijelova turbina. Također su izložene smjernice za produljenje vijeka trajanja dijelova popravkom zavarivanjem.

Abstract: The article show a part off extensive research mechanical faculty experts regarding methalographycal replicas application at turbina parts microstructures reliability estimation. Instructions for extension of parts life time by repair welding are shown, too.

¹ branko.matesa@zg.t-com.hr, Strojarski fakultet Slavonski Brod, Hrvatska

² vpecic@sfsb.hr, Strojarski fakultet Slavonski Brod, Hrvatska

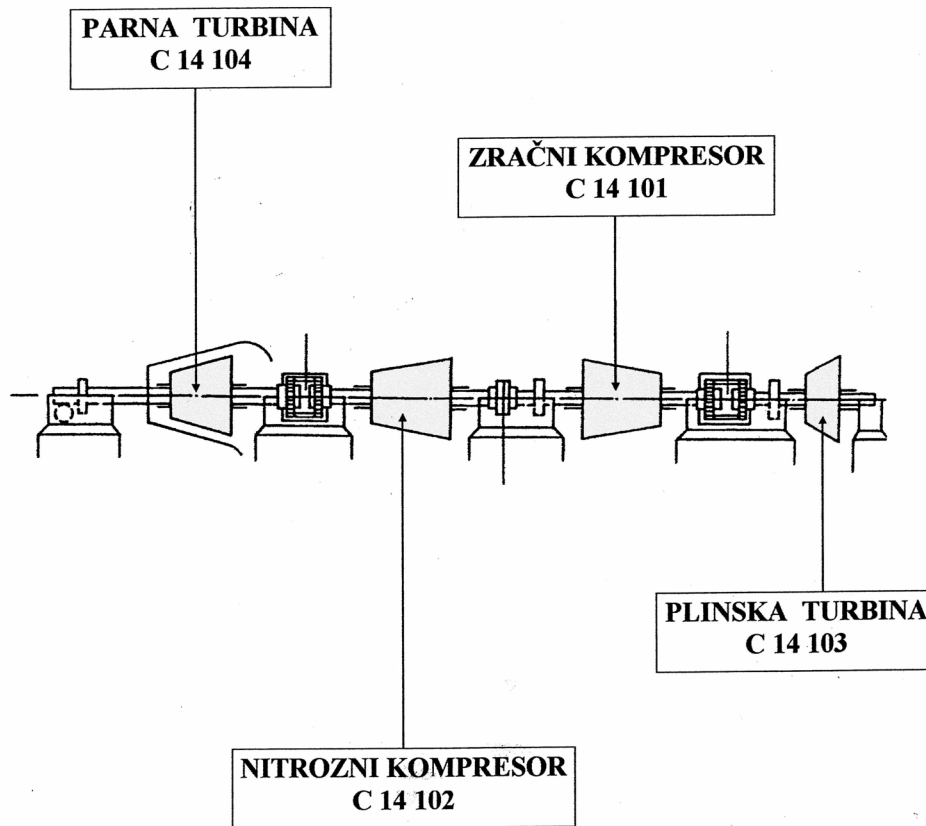
1. UVOD

Pri izboru materijala za izradbu turbinskih lopatica potrebno je imati na umu kako ona zbog znatnih centrifugalnih sila mora podnijeti visoka naprezanja i do 500 N/mm^2 . Uz navedena naprezanja zbog centrifugalnih sila koja uzrokuju puzanje potrebno je računati i na oscilacije naprezanja pri radnoj temperaturi kao i na česte temperaturne promjene (umor). Sve to od izabranog materijala zahtijeva potrebno duktilnost pri radnoj temperaturi kao i otpornost na toplinski umor površinskog sloja. Naravno da je tu i opće prisutan problem kavitacije i erozije koje uzrokuje vlažna para.

Za dijelove kućišta preporuča se primjena lijeva, za ulazno s višim tlakovima čelični lijev a dok za izradbu izlaznog dijela kućišta zadovoljava primjena sivog lijeva. Stručnjaci i znanstvenici Strojarskog fakulteta Slavonski Brod su proveli opsežna istraživanja mikrostrukturni promjena materijala turbinskog postrojenja nitratne kiseline tvornice gnojiva Petrokemija, d.d. u Kutini kao i iznijeli preporuke za moguć popravak. U radu je prikazan dio ispitivanja koja se odnose na utvrđivanje stanja mikrostrukture materijala parne turbine C 14104 pregledom metalografskih otisaka (replika). Čitav program ispitivanja odnosi se na sustavnu primjenu bezrazornog ispitivanja ultrazvučnom metodom u cilju utvrđivanja unutrašnjih (volumnih) diskontinuiteta rabeći tehniku difrakcije ultrazvučnih valova kao i magnetnu metodu rabeći ultraljubičasto osvjetljenje za otkrivanje površinskih pogriješki te primjenu metode penetrantskih tekućina. Navedena oprema je ispitivana prema planu koji je usuglašen s preporukama prethodnih izvješća te s zahtjevima naručitelja [1,2]

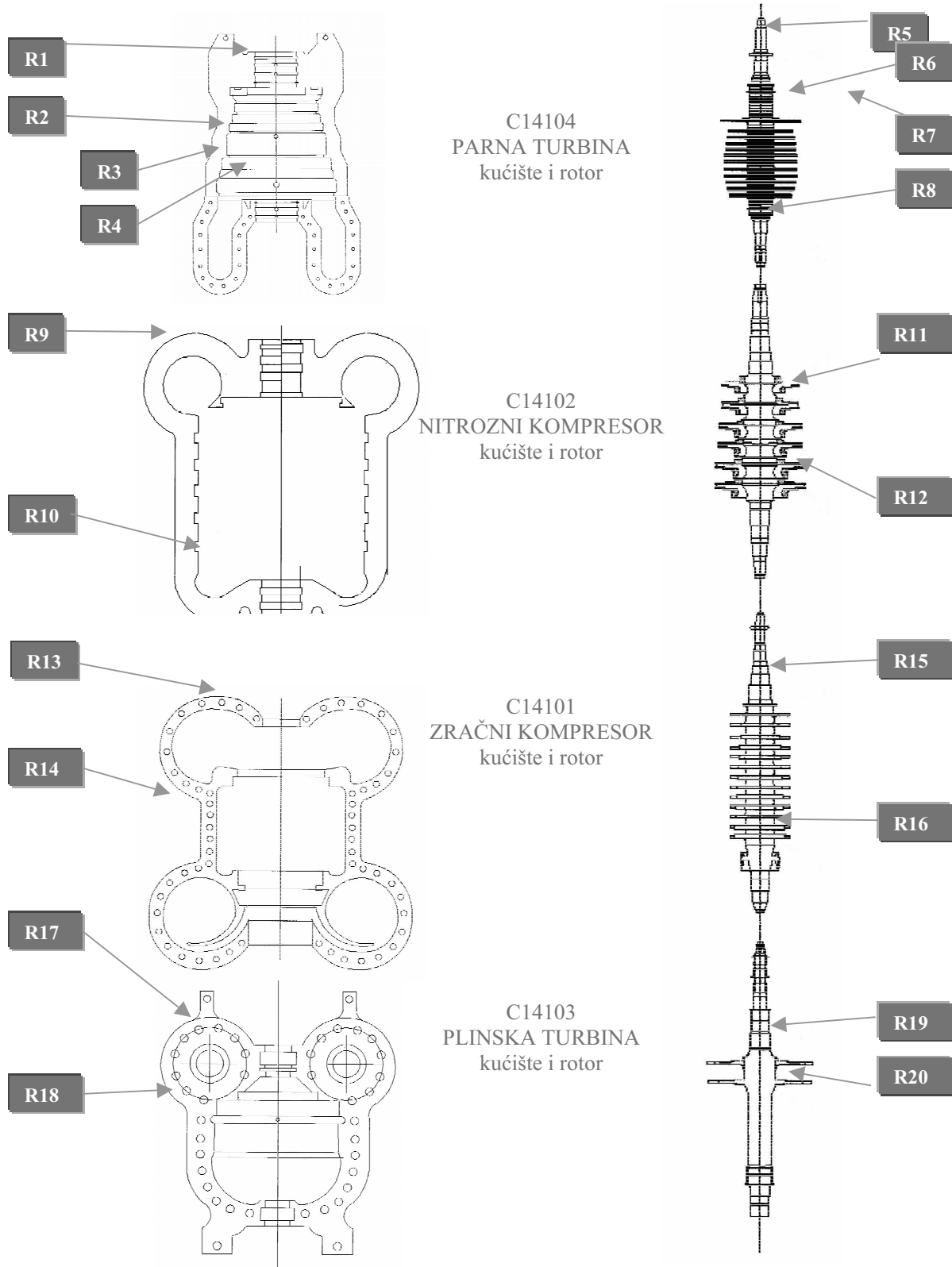
Ispitivanja su provedena metodom bez razaranja uzimanjem otisaka mikrostrukture na objektu pomoću metalografskih replika sukladno važećoj normi a analiza i snimanje karakterističnih mjesta svjetlosnim mikroskopom u laboratoriju Strojarskog fakulteta [3]. Mjesta ispitivanja na materijalu kućišta prikazana su na slici 1, dok slika 2 prikazuje mjesta ispitivanja materijala rotora turbine .

Iz sheme 1, vidljivo je kako tzv,“ turbo-set“ ili postrojenje čini parna i plinska turbina, te nitrozni i zračni kompresor. Shema 2 prikazuje cjeloviti plan ispitivanja metalografskim otiscima (replikama).



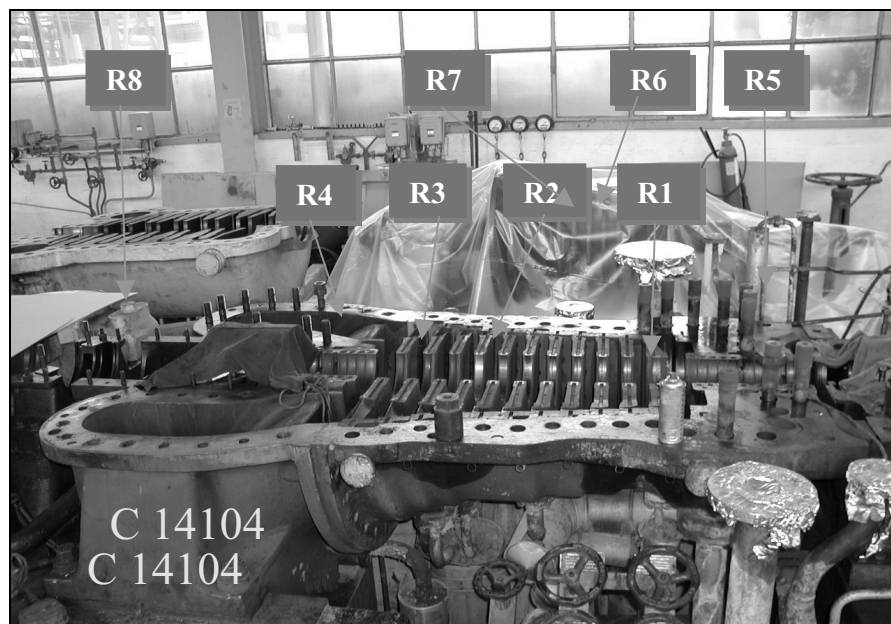
1. Shema turbinskog postrojenja

2. SHEMA PLANA ISPITIVANJA METALOGRAFSKIM REPLIKAMA



3. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA MATERIJALA PARNE TURBINE C 14104

Mjesta ispitivanja metalografskim replikama kućišta i rotora parne turbine prikazana su slikama 1 i 2.



Slika 1. Mjesta ispitivanja na kućištu replikama R1;R2;R3 i R4

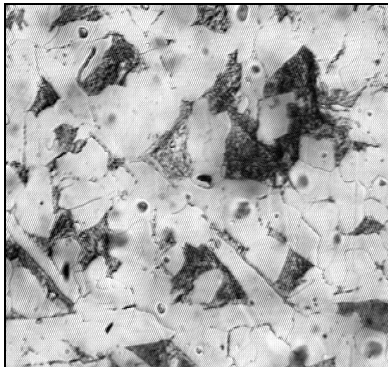


Slika 2. Mjesta ispitivanja na rotoru replikama R5;R6;R7 i R8

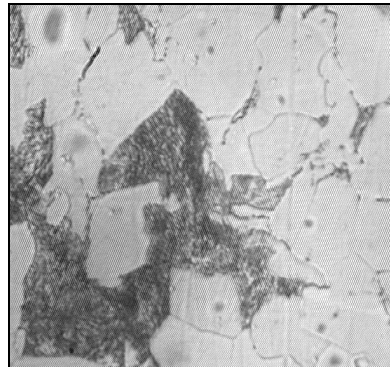
KUČIŠTE

Ulazno - Mikrostrukture otiska-replika R1, i R3 (slike 3 ,4 te 5 i 6) čini feritno-perlitna faza s procesom koagulacije perlita (čelični lijev).

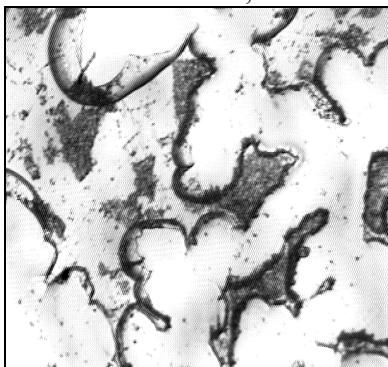
Izlazno - Replika R4 (slike 7 i 8) ima perlitnu osnovu s uloženim listićavim grafitom (sivi lijev).



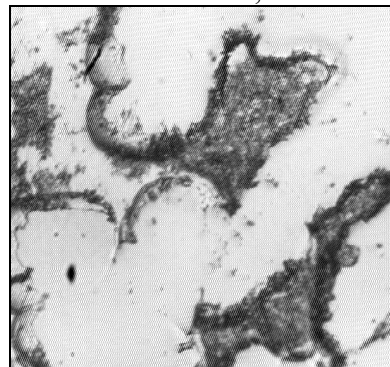
Slika 3. R1- 250:1, 3% Nital



Slika 4. R1- 450:1, 3% Nital



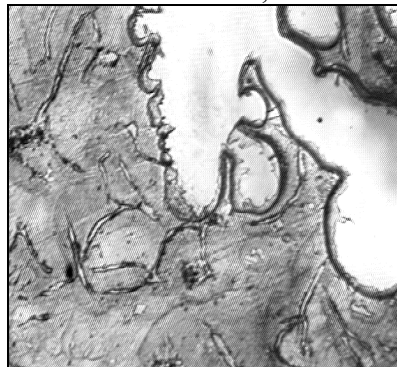
Slika 5. R3- 250:1, 3% Nital



Slika 6. R3- 450:1, 3% Nital



Slika 7. R4- 250:1, 3% Nital



Slika 8. R4- 450:1, 3% Nital

ROTOR

Vratilo Rotor - Slikama 9 i 10 prikazano je mjesto ispitivanja replika R5 i R8 a slikama 11, 12, 13 i 14 prikazana je poboljšana mikrostruktura materijala vratila rotora. Strukturu čini martenzitno-bainitna osnovica (martenzit popuštanja) s izlučenim i fino raspoređenim karbidima.



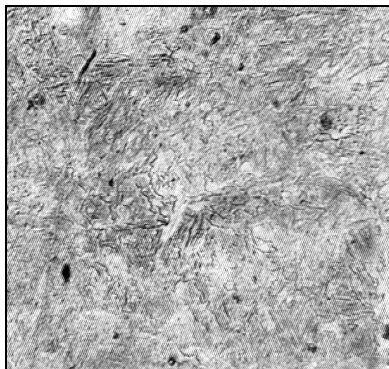
Slika 9.

Mjesto ispitivanja R5 na vratilu rotora

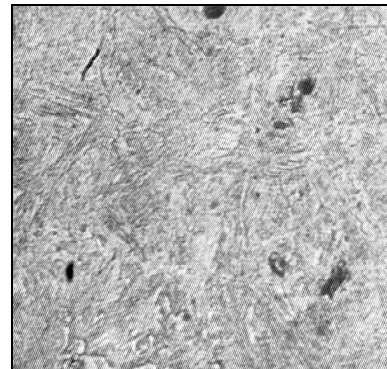


Slika 10.

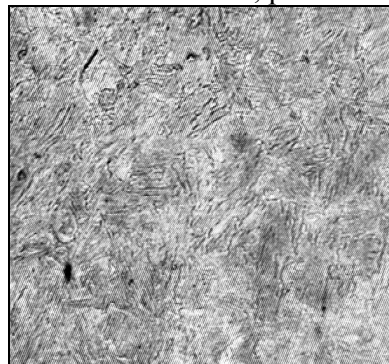
Mjesto ispitivanja R8 na vratilu rotora



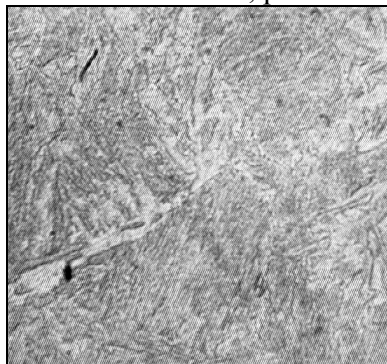
Slika 11. R5- 250:1, po Adleru



Slika 12. R5- 450:1, po Adleru

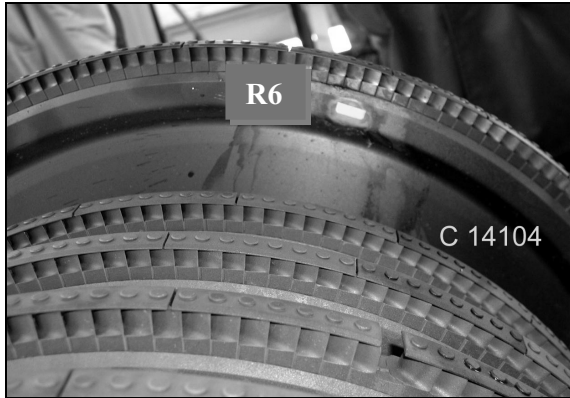


Slika 13. R8- 250:1, po Adleru



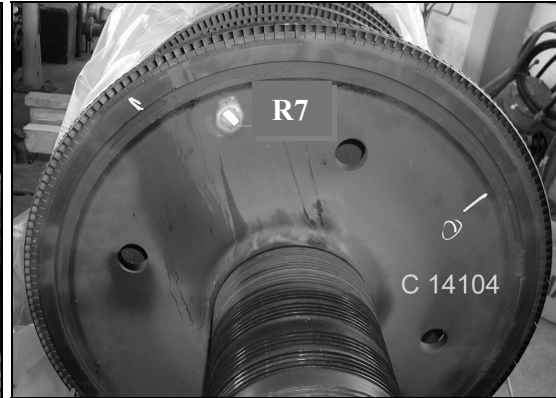
Slika 14. R8- 450:1, po Adleru

Kolo (disk) rotora – Slikama 15 i 16 prikazano je mjesto ispitivanja replika R6 i R7. Izgled mikrostrukture prikazan je slikama 17, 18, 19 i 20. Kola rotora izrađena su iz legiranog čelika. Struktura je poboljšana, homogena sitnozrnata.



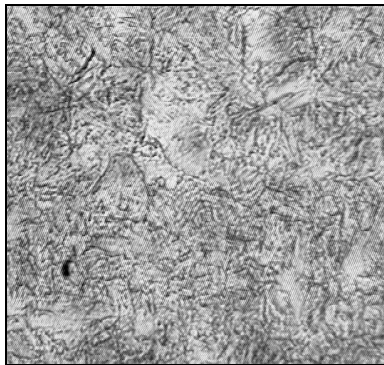
Slika 15.

Mjesto ispitivanja R6 na vratilu rotora

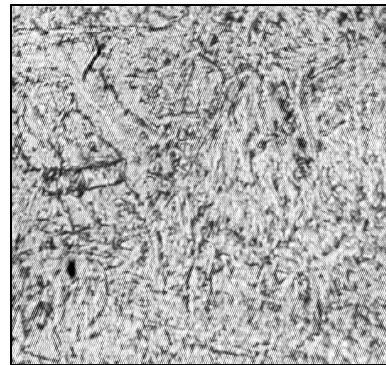


Slika 16.

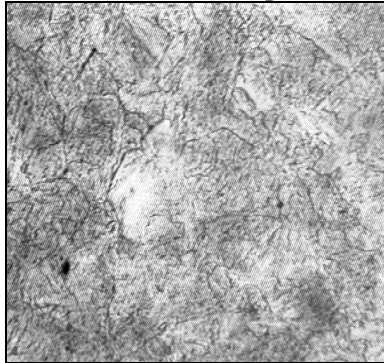
Mjesto ispitivanja R7 na vratilu rotora



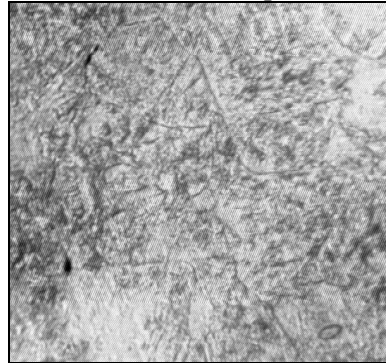
Slika 17. R6- 250:1, po Adleru



Slika 18. R6- 450:1, po Adleru



Slika 19. R7- 250:1, po Adleru



Slika 20. R7- 450:1, po Adleru

4. SMJERNICE ZA POPRAVAK DIJELOVA PARNE TURBINE

Pri pristupanju popravku oštećenja dijelova turbinskog postrojenja tipa erozije, korozije ili pukotina uslijed toplinskog umora potrebno je držati se osnovnih smjernica. Posebno ističe se kako je kod manjih diskontinuiteta koji su dimenzijski unutar proračunskog dodatka dovoljno fino izbrušavanje i poliranje, a što istovremeno povisuje otpornost općoj koroziji i umoru. Kod većih diskontinuiteta potrebno je pristupiti navarivanju a što je naročito izraženo pri tzv.

stelitiranju tvrdim Co-slitinama dijelova lopatica rotora dok pri pojavi znatnih dimenzija pukotine, zahtijeva se njeno potpuno uklanjanje i popravak zavarivanjem. U slučaju da pukotine prelaze $2/3$ debljine, nikakvo parcijalno rješenje se ne preporuča nego potpuno uklanjanje pukotine i naknadno zavarivanje uz sve mjere postizanja poželjne mikrostrukture i sniženja napetosti kao što su predgrijavanje i naknadna toplinska obradba. Posebno se navedeno odnosi na popravke dijelova lijevanih kućišta jer je duktilnost takvog materijala nakon dugog rada upitna te nema sposobnosti zaustavljanja rasta pukotine.

Također se zbog znatnije relaksacije napetosti kao i zadržavanja dimenzija-izbjegavanja minimalnih deformacija (posebno bitno kod dosjednih površina i provrta) preporuča izvođenje potpune toplinske obradbe čitavog dijela po mogućnosti u elektrootpornoj peći s preciznom kontrolom brzine zagrijavanja i hlađenja [4,5,6].

Naravno da čitav postupak uklanjanja oštećenja kao i popravka zavarivanjem treba biti kontroliran metodama bez razaranja.

U cilju utvrđivanja brzine širenja pukotine i procjene vijeka trajanja kao i utvrđivanja pouzdanosti opreme u radu, manje pukotine je moguće utvrditi metodama bez razaranja, izmjeriti te izložiti stalnom nadzoru u zadanom roku.

5. ZAKLJUČAK

Tijekom planiranog zastoja postrojenja za proizvodnju nitratane kiseline provedena su ispitivanja opreme trubo-seta sa svrhom sustavnog praćenja te procijene pouzdanosti rada postrojenja u narednom periodu.

Vizualnim pregledom na mjestu otiska-replika R3 i R4 zapažena su površinska oštećenja, mikroskopskim pregledom utvrđeno je da su prisutna oštećenja lokalne površine kućišta kavitacijskog i erozijskog tipa. Ti procesi svojstveni su dugotrajnom djelovanju izlaznih parametara (temperatura, brzina strujanja) medija – pare s lopaticama rotora.

Iz rezultata ispitivanja materijala kućišta i rotora parne turbine vidljivo je da su prisutna manja (površinska) oštećenja te ih je potrebno sanirati finim izbrušavanjem. Budući da na ispitanim mjestima nisu uočene znatnije promjene-transformacije i mikroprocesu u strukturi, izgled mikrostrukture upućuju da će uz propisan i kontroliran proces materijali kućišta i rotora funkcijski zadovoljiti u narednom periodu.

6. LITERATURA

1. Izvješće SF-SB, br. 215/97, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1997.
2. Izvješće SF-SB, br. 1479/04, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 2004.
3. *** Standard ISO 3057-1974 (E)(1998), ISO 3058-1974 (E) (1998), HRN C.A7.091
4. Mateša, Branko: *Smjernice za popravak kućišta parne turbine C14104*, Petrokemija, 2004.
5. Novosel, Mladen; Krumes, Dragomir: *Posebni čelici*, Strojarski fakultet, Slavonski
6. Brod, 1998.
7. Lukačević, Zvonko: *Zavarivanje*, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, 1998.