**VITUS****DOBOŠASTI RAZMENJIVAČI TOPLOTE**

PROCEDURA I TOK GENERALNOG SERVISA RAZMENJIVAČA TOPLOTE

U radu je prikazana procedura i tok generalnog servisa dobošastog razmenjivača toplote VITUS posle 5 godina neprekidnog rada, bez intervencija u režimu termo ulje - voda. Inicijalni nalog za ispitivanje nastao je usled prisustva vode u ulju, što je opasna pojava. Logično mesto sumnje je razmenjivač toplote, gde se kontakt između termo ulja i vode odvija preko cevne površine razmene. Moguća mesta propuštanja su cevi, zavareni spoj cevi i cevne ploče ili sama cevna ploča. Pored procedure ispitivanja i otkrivanja mesta propuštanja, tokom servisa su sprovedeni i neophodni radovi na dovođenju razmenjivača u ispravno pogonsko stanje.

1. Tehnički parametri i dokumentacija razmenjivača toplote

Razmenjivač toplote fabričkog broja No 0519, godine izrade 2009, proizvođača PROTEUS doo iz Loznice, pune oznake VITUS RT2Sp-450v4m-Fe18U/2.6, A=33,85 m², radi u sistemu vrelog termo ulja kao energetskog fluida u Tarkett doo Bačka Palanka.

Projektni parametri: Toplotna snaga razmene: $Q = 2$ MW (2000 kW), topliji fluid – primar: Termo ulje 260/200 °C (200 °C u kontrolnom režimu), hladniji fluid – sekundar: Topla voda 90/110 °C. Radni pritisci: primar – 1 bar (otvoren sistem), sekundar – 4 bara.

Izabrani razmenjivač toplote za zadate uslove ima sledeće parametre:

Projektni uslovi		Lokacija strujanja:	Temperaturni režim	Pad pritiska	Dozv. zaprljanje	Kapacitet
Primarni fluid:	Termo ulje	Cevni registar	260/198.53 °C	12.71 kPa	0.1 m ³ K/kW	2047 kW
Sekundar. fluid:	Topla voda	Omotič	90/110.47 °C	9.79 kPa	0.25 m ³ K/kW	
Kontrolni uslovi		Lokacija strujanja:	Temperaturni režim	Pad pritiska	Dozv. zaprljanje	Kapacitet
Primarni fluid:	Termo ulje	Cevni registar	200/162.2 °C	13.05 kPa	0.1 m ³ K/kW	1156 kW
Sekundar. fluid:	Topla voda	Omotič	90/101.57 °C	9.74 kPa	0.25 m ³ K/kW	

Spoljnja površina cevnog registra $A = 33,85$ m². Dužina pravog dela cevnog registra $L = 2,6$ m.

Zapremina prostora: Primarni fluid (u cevi) - 0,153 m³, Sekundarni fluid (oko cevi) - 0,342 m³.

Karakteristike termo ulja prema INA TERMAL 32.

Razmenjivač toplote se ugrađuje horizontalno, jer se time obezbeđuje dobro odzračivanje i pražnjenje.

Konstrukcija razmenjivača toplote je zavarene izvedbe.

Spoj registarski U cevi sa cevnom pločom registra izveden je zavarivanjem.

Maksimalni proračunski ulazni parametri: Primar, temperatura 260 °C, pritisak 6 bara.

Maksimalni proračunski ulazni parametri: Sekundar, temperatura 110 °C, pritisak 6 bara.

PROIZVOD PREMA IZJAVI NARUČIOCA NA STRANI TERMO ULJA JE OTVOREN I KAO TAKAV NIJE SUD POD PRITISKOM.

Na raspolaganju je kompletna proračunska i grafička dokumentacija proizvođača.

Servis obavlja proizvođač u radionici u Loznici.

Tablica proizvoda

		PROTEUS		Loznica M.Toplice 2			
Ev.broj	0519	God.	2009	Tip	RTS2p-450v4m-Fe18U		
Klasa	IV	F (m ²)	33.85	Q (kW)	2046.5		
PRIMAR	termo ulje	t _u (°C)	260	p (bar)	6	V(m ³)	0.153
Registar		t _i (°C)	200	p _i (bar)	9	pV	0.918
SEKUND	topla voda	t _u (°C)	90	p (bar)	6	V(m ³)	0.342
Plaft		t _i (°C)	110	p _i (bar)	9	pV	2.052

2. Procedura, tok ispitivanja i servis

Procedura ispitivanja se obavlja po postupku generalnog servisa proizvođača. Ona se sastoji od više koraka, na osnovu kojih se donose odluke o daljem postupku. Krajnji cilj postupka je otklanjanje neispravnosti i dovođenje razmenjivača u pogonsku spremnost. Postupak je ilustrovan fotografijama i detaljnim opisom. Početna konstatacija je da postoji sumnja da razmenjivač propušta vodu u tok termo ulja, odnosno da voda izlazi iz prostora omotača u cevni prostor.

2.1. Vizuelna ocena stanja RT sa strane termo ulja, posle skidanja glave

Posle odvrtnja svih zavrtnjeva glave i odvajanja glave od odmotrača uočeno je sledeće:

Zaptivač sa strane termoulja se raspao i neupotrebljiv je.

U komorama glave prisutni metalni opiljci, špan i šljaka od zavarivanja.

Spoj cevi i cevne ploče, vizuelno dobro očuvan, bez deformacija, osim što je na delu cevnih završetaka prisutna abrazija na zavaru (izoštreni cevni izlazi).

U cevima generalno prisutan mulj i prljavština od termo ulja.

Zaostalo termo ulje u cevima curi i otežava osmatranje.

Za pražnjenje zaostalog termo ulja iz cevi izvršeno je podizanje zadnjeg kraja razmenjivača i povećan pad prema glavi, što omogućuje pražnjenje termo ulja, ali ne i zgusnutih delova prljavštine i šljake.

Nema korozije ni vidljivog prisustva vode na spojevima cevi ploče, koji bi se ogledali u promeni izgleda i oblika spoja, kao posledica dejstva nastale pare (abrazija na mestu curenja).

Na osnovu izgleda, može se zaključiti da je veoma mala verovatnoća da spoj cevi i cevne ploče propušta. Međutim propuštanje cevi u cevnom registru je moguće, jer unutrašnjost cevi nije vizualno dostupna. Drugi zaključak koji se može izvesti je da u sistemu termo ulja nema hvatača nečistoće (ili je izbačeno sito), tako da se metalni opiljci najviše zadržavaju u glavi i u cevima zbog pada brzine strujanja. Prisustvo metalnih opiljaka nije fiksirano, već se oni kreću u struji termo ulja i na taj način pojačavaju abraziju cevi.

Naredne slike prikazuju:

Slika br. 1 Cedenje zaostalog termoulja, posle skidanja glave razmenjivača.

Slika br. 2 Izgled cevne ploče, posle završetka cedenja.

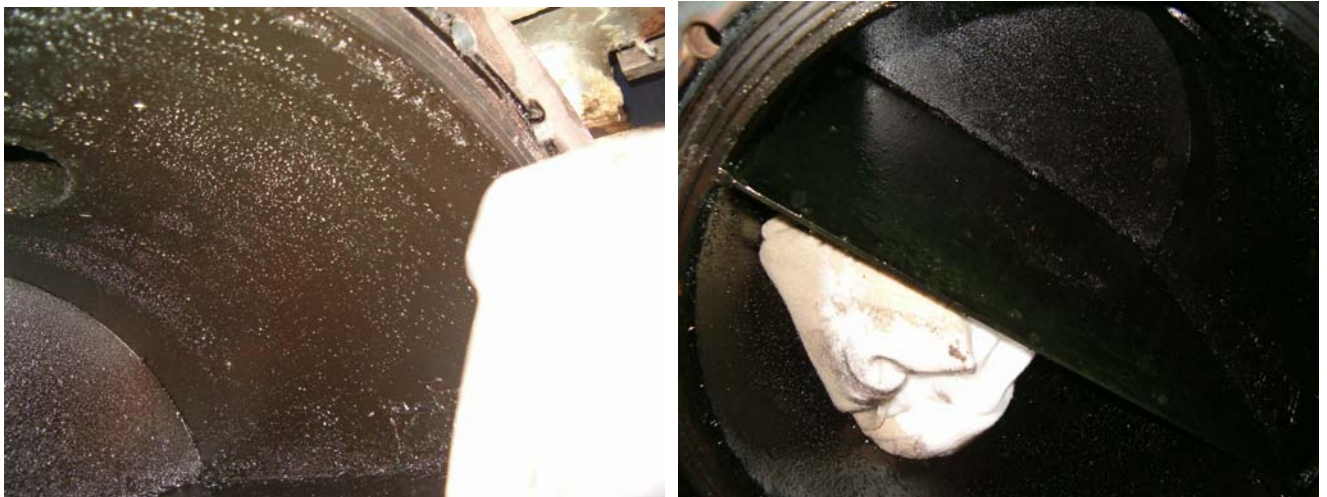
Slika br. 3 i 4 Izgled glave razmenjivača sa nataloženim metalnim opiljcima.



Slika br. 1 Cedenje zaostalog termo ulja, podizanjem zadnjeg kraja razmenjivača toplote.



Slika br. 2 Izgled cevne ploče, posle završetka ceđenja.



Slika br. 3 i 4 Izgled glave razmenjivača sa nataloženim metalnim opiljcima.

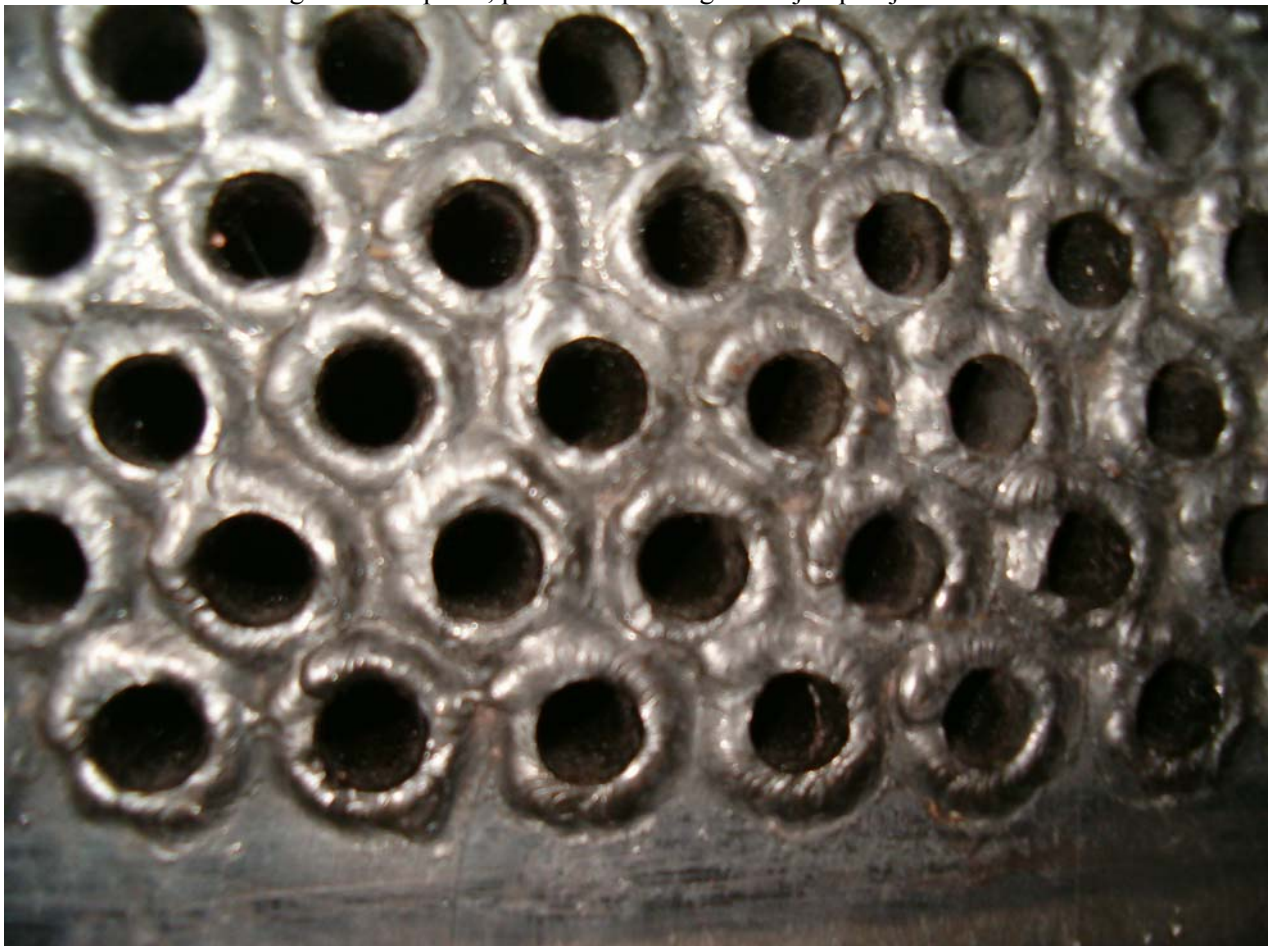
2.2 Mehaničko čišćenje i produvanje cevi registra

Stanje strujnog toka termo ulja je takvo da ne omogućava pregled mogućeg curenja pri ispitivanju, a prljavština inače utiče na kapacitet razmene toplote, pa je potrebno izvršiti čišćenje cevne ploče i unutrašnjosti cevi. Hemijsko čišćenje petrolejom (koperantska cena je oko 500 Evra) u ovom slučaju je otpalo zbog produženja roka servisa i ekoloških problema sa otpadom, koji čini smeša termo ulja i petroleja u količini oko 200 litara. Pored toga, posle ugradnje zaprljanje će se ponovo ustaliti na istom nivou, tako da je čišćenje potrebno samo radi vizualizacije u toku ispitivanja na pritisak, pa je usvojena metoda pranja cevne ploče naftom i benzinom i produvanja krajeva cevi vazduhom. Posle obavljenog čišćenja i brisanja, cevna ploča je dovoljno čista za posmatranje pri ispitivanju.

Izgled cevne ploče posle čišćenja se vidi na slikama 5 i 6.



Slika br. 5 Izgled cevne ploče, posle mehaničkog čišćenja i pranja naftom i benzinom



Slika br. 6 Detalj očišćene cevne ploče

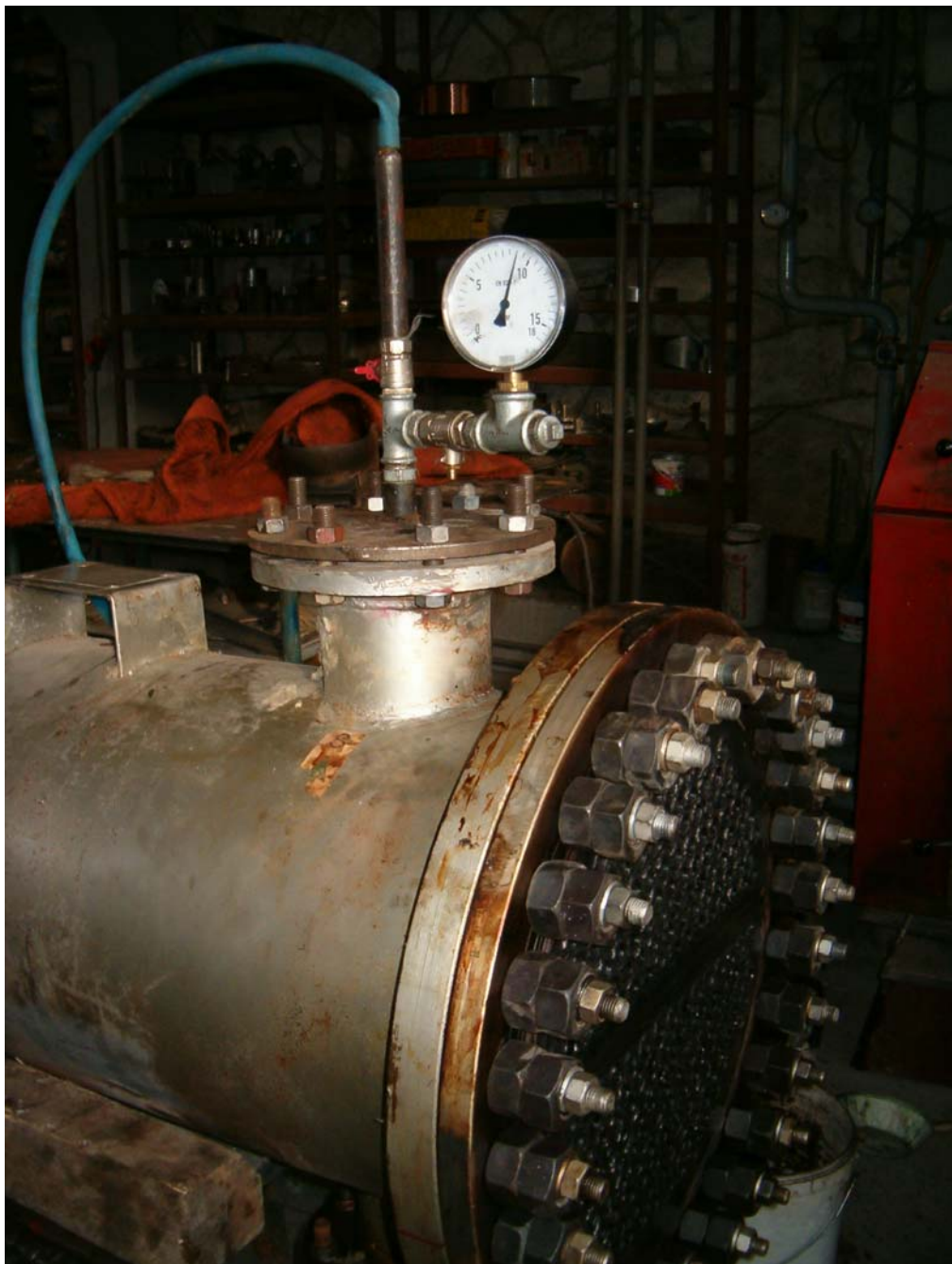
2.3. Produženo ispitivanje spoja cevi i cevne ploče HVP sa strane omotača

Zbog opasnosti mikroprodora vode na stranu termo ulja, ispitivanje izdržljivosti i nepropusnosti cevnog registra i rizičnog spoja cevi i cevne ploče sprovedi se postupkom produženog dejstva hladnog vodenog pritiska sa strane cevnog omotača (vodena strana). Pre primene ove metode se mora računski proveriti izdržljivost cevne ploče, koja se ponaša kao zatvarač (slepa prirubnica) sa demontažne strane omotača. Prema dokumentaciji je utvrđeno da ovaj spoj može izdržati hladan vodeni pritisak od 9 bara.

Omotač razmenjivača se puni vodom iz vodovoda, odzračuje i priključuje se aparataura za podizanje i merenje pritiska sa manometrom WIKA 0-16 bara, klase 1.6 EN 837-1.

a) Prolazno ispitivanje na 3 bara. Izvršeno je lagano podizanje pritiska vode pumpom Rotenberger 50 na 3 bara i zatvorene ulazne slavine. Posle stabilizacije izvršen pregled na curenje steznih površina (prirubnice i navojni spojevi) i pošto nije bilo curenja, vizuelno pregledana cevna ploča u više navrata. Rezultat je - nema curenja, pritisak stabilan. Ovo ispitivanje je trajalo 2 sata.

b) Prolazno ispitivanje na 6 bara. Izvršeno je lagano podizanje pritiska vode pumpom Rotenberger 50 na 6 bara i zatvorene ulazne slavine. Posle stabilizacije izvršen pregled na curenje steznih površina (prirubnice i navojni spojevi) i pošto nije bilo curenja, vizuelno pregledana cevna ploča u više navrata. Rezultat je - nema curenja, pritisak stabilan. Ovo ispitivanje je trajalo 2 sata.



Slika br. 7 Početno stanje pri podizanju HVP na 9 bara

c) Konačno produženo ispitivanje na 9 bara. Izvršeno je lagano podizanje pritiska vode pumpom Rotenberger 50 na 9 bara i zatvorene ulazne slavine. Posle stabilizacije izvršen pregled na curenje steznih površina (prirubnice i navojni spojevi) i pošto je došlo do curenja na zaptivaču cevne ploče i omotača izvršeno je umereno dotezanje zavrtnjeva na cevnoj ploči i ponovo podignut pritisak na 9 bara i vizuelno pregledana cevna ploča. Posle pola sata uočena je pojava vlaženja na jednom spoju u trećem donjem redu cevi, pri čemu nije bilo nikakvog uočljivog pada pritiska. Posle pregleda spoja lupom procenjeno je da spoj curi intezitetom nekoliko kapi na 10 minuta. Ispitivanje je prekinuto, voda ispražnjena i pristupljeno sanaciji spoja. Deo spoja je delimično obrušen, a zatim zavaren istim postupkom kao pri izradi razmenjivača.

Izvršeno je ponovno punjenje vodom, odzračivanje i lagano podizanje pritiska na 9 bara i zatvaranje ulazne slavine. Pošto u narednih sat vremena vizuelno nije uočeno nikakvo curenje, ispod mogućih mesta curenja postavljen je novinski papir i sistem ostavljen pod pritiskom preko noći u produženom trajanju od 12 sati. Sledeći dan prilikom provere pritiska, uočen je porast pritiska na 9,3 bara, što je posledica porasta temperature vazduha. Pristupljeno je završnom pregledu spojeva lupom i dodatnim osvetljenjem svih spojeva od strane dva različita izvršioca. Rezultat je nema - curenja, pritisak stabilan.

Na slikama br. 7,8 i 9 prikazan je tok završnog ispitivanja na HVP.



Slika br. 8 Detaljni pregled cevne ploče lupom posle produženog ispitivanja na HVP



Slika br. 9 Detalj cevne ploče pri pregledu sa mestom popravke zavarenog spoja.

2.4. Demontaža cevnog registra i pregled omotača i registra sa vodene strane

Demontaža cevnog registra nije potrebna zbog ispitivanja propustljivosti, ali je neophodna zbog zamene zaptivača na cevnoj ploči i pregleda stanja cevi i zaprljanosti sa vodene strane. Zaptivač se mora zameniti zbog starosti i zbog nemogućnosti kasnije zamene u pogonskim uslovima. Izvršeno je pražnjenje vode iz omotača od prethodnog ispitivanja, obeležavanje montažnog spoja na prirubnicama i cevnoj ploči (kirnerisanjem) i odvrnuti svi vijci na cevnoj ploči.

Vađenje cevnog registra iz omotača kod dobrog dobošastog razmenjivača je uvek skopčano sa teškoćama, jer su tolerancije segmentnih pregrada i omotača male zbog eliminisanja lekažnog strujanja, pa u zavisnosti od vrste i temperatura fluida dolazi do dilatacija cevnog snopa i «zapečenja» na mestima uske tolerancije dijafragme i segmentnih pregrada sa omotačem. To je i u ovom postupku bio slučaj, što je zahtevalo produženo vreme operacije i upotrebu specifičnih alata i povećanu paznju da ne dođe do plastičnih deformacija cevnog registra. Posle potpunog vađenja registra iz omotača, izvršen je detaljni pregled stanja površina razmene i zaprljanosti na vodenoj strani. Usled termičkih dilatacija došlo je do delimične deformacije podužne dijafragme, bez posebnog značaja. Može se konstatovati:

- Prisustvo stvrdnutih muljnih i peskovitih naslaga na cevnom registru i donjoj zoni omotača, znatno više u zadnjem kraju razmenjivača. Vidljivih naslaga kamenca nema. Unutrašnjost omotača je veoma solidna, bez kratera, deformacija i korozije. Ovakva situacija je posledica rada s omekšanom a nefiltriranom muljevitom (peskovitom) vodom, pri čemu lepljenje čvrstih čestica mulja i peska nastaje u zoni srednjih temperaturnih

razlika. Očvrsnuti sloj je porozan i može se mehanički ukloniti, ali ne potpuno po dubini cevnog snopa. Izvršeno je mehaničko čišćenje, pri čemu je po slobodnoj proceni uklonjeno 75 do 100 kg zamuljenih ili čvrstih naslaga. Stanje pristupačnih cevi registra je veoma zadovoljavajuće, bez prisustva korozije. Ovim čišćenjem doći će do poboljšanja performansi razmene toplote, što će se odraziti na brzinu zagrevanja vode, pa se mora obratiti pažnja na sistem regulisanja da u startu ne dođe do pregrevanja na sekundarnoj strani. Na slikama br. 10,11 i 12 se vidi stanje površina posle vađenja cevnog registra.



Slika br. 10 Potpuno demontirani RT 0519: Omotač, cevni registar i glava.



Slika br. 11 Talog mulja u omotaču RT 0519.



Slika br. 12 Detalj taloga mulja na cevnom registru, u zoni ravnog danca.

2.5. Izbor i priprema novih zaptivača na glavi razmenjivača

Postojeći zaptivači su se raspali pri demontaži i neupotrebljivi su, mada treba konstatovati da je stari zaptivač očuvao svoju funkciju tokom celog produženog ispitivanja na HVP od 9 bara. U periodu izrade razmenjivača koristili su se klingerit azbestni materijali za zaptivanje, koji su sada zabranjeni u Srbiji - Pravilnik o ograničenju i zabrani proizvodnje, stavljanja u promet i korišćenja hemikalija (Službeni glasnik RS br 90/2013 – EU direktiva 1999/77/EC od 1.1.2005) pa se moraju koristiti neazbestni zaptivači. Prema vrsti fluida, njihovoj temperaturi i radnom pritisku, izvršen je izbor sledećih materijala za zaptivače.

Na strani termo ulja: TEADIT GE 1520 grafit, impregniran metalnom mrežom, sledećih tehničkih podataka:

- Raspon temperatura: - 240°C do 450°C, para do 650°C, u neoksidirajućoj atm. do 800°C.
- Raspon pH: 0-14
- Pritisak: do 140 bar
- sadržaj ugljenika: > 98 %
- kompresibilnost: 30 - 40 %, oporavak: 15 - 30%.



Slika br. 13 i 14 Ploča zaptivača Gambit AF-300 i isečen zaptivač Teadit GE 1520

Na vodenoj strani: GAMBIT AF-300, na bazi kevlar materijala nemenjen za paru i vodu:

- Maksimalna temperatura: do 320°C.
- Trajna temperatura: do 280°C.
- Trajna temperatura pod dejstvom pare: do 220°C.
- Pritisak: do 100 bar

Zaptivači su isečeni na meru prema originalnim dimenzijama po crtežu i ugrađeni pri ponovnoj montaži i sklapanju razmenjivača toplote. Debljina zaptivača je 3 mm.

Na slikama br. 13 i 14 su prikazani zaptivači na vodenoj i termouljnoj strani.

2.6. Ponovna montaža cevnog registra u omotač

Montaža cevnog registra u omotač posle čišćenja je obavljena uobičajenim postupkom uz mnogo manje teškoća nego demontaža, pri čemu se vodilo računa da ne dođe do zakretanja registra u omotaču i da položaj ostane prvobitni, što obezbeđuje da registar «dobro legne» i isključuje pojavu eventualnih naprezanja kontaktnih površina (dijafragma i pregrade). Ponovno stezanje spoja omotača i registra je izvršeno bez glave radi kontrolne provere izdržljivosti i nepropusnosti spoja cevi i ploče, kao i nepropusnosti novog zaptivača. Kontrolno ispitivanje je neophodno, jer je cevni registar izložen velikim silama pri demontaži.



Slika br. 15 Detaljni pregled cevne ploče lupom posle kontrolnog ispitivanja na HVP – 9 bara

2.7. Kontrolno ispitivanje izdržljivosti i nepropusnosti sa vodene strane posle ponovne montaže registra

Kontrolno ispitivanje spoja cevi i cevne ploče vrši se standardnim postupkom na 9 bara. Izvršeno je punjenje vodom, odzračivanje i lagano podizanje pritiska na 9 bara i zatvaranje ulazne slavine. Kontrolom u narednih sat vremena vizuelno uz pomoć lupe nije uočeno nikakvo curenje. Radi mogućih skrivenih grešaka i stabilizacije napona, dejstvo pritiska je produženo u naredna 2 sata. Ispod mogućih mesta curenja postavljen je novinski papir, radi otkrivanja eventualnog curenja van vizuelnog nadzora, pri čemu nisu uočene nikakve promene. Rezultat je - nema curenja, pritisak stabilan. Sistem je rasterećen i voda ispražnjena iz omotača.

Na slici br. 15 prikazan je detaljni pregled cevne ploče lupom pri kontrolnom ispitivanju na HVP od 9 bara.

2.8. Montaža glave razmenjivača i završetak servisa

Na glavi razmenjivača posle pregleda nisu potrebne nikakve intervencije, osim čišćenja od metalnih opiljaka i mulja. Ubačen je novi grafitni zaptivač i izvršeno pritezanje zavrtnjeva istom silom kao pri ispitivanju. Ispitivanje na HVP sa strane termo ulja je nepotrebno, jer na glavi razmenjivača nisu vršene intervencije koje bi trebalo ispitati. Eventualno zaostala voda u cevima posle ispitivanja mogla bi predstavljati problem u kontaktu sa vrelim termo uljem prilikom puštanja u rad razmenjivača toplote. Glava razmenjivača je ofarbana posle montaže termotpornom bronzom, jer je prethodni premaz u zoni ulaza vrelom termo ulja.

Servis završen i razmenjivač je spreman za isporuku, što se vidi na slici br. 16.



Slika br. 16 Razmenjivač toplote posle završetka servisa, spreman za isporuku.

3. Zaključno razmatranje i napomene

Posle sprovedene procedure ispitivanja razmenjivača toplote i obavljenih servisnih radova, može se zaključiti da je aparat doveden u stanje isporuke novog razmenjivača i da je izdržao kompletnu proceduru ispitivanja novog razmenjivača. Ipak se predmetni razmenjivač ne može smatrati novim, niti može imati garancije kao nov, iz razloga što materijal nije nov i što je u pogonu izložen uticaju povišene temperature (do 260 °C) neprekidno 5 godina. Prema stanju i izgledu ugrađenog materijala, može se očekivati rad u istim pogonskim uslovima narednih 5 godina, posle čega bi trebalo ponovo obaviti generalni servis.

Glavno pitanje posle izvedenih ispitivanja je da li je ispitno propuštanje na 9 bara jednog spoja cevi i ploče uzrok pojave vode u termo ulju. Na žalost, izvedena ispitivanja ne mogu dati pouzdani odgovor. Naime, upotrebljeni materijali mogu izdržati temperature minimalno do 300 °C i u proračunu čvstoće delovi aparata su dimenzionisani prema čvrstoći materijala na 260 °C, a vizuelnim pregledom je utvrđeno da nijedan nosivi deo razmenjivača nema nikakvih oštećenja ni deformacija u radnim uslovima. Međutim, glavni problem je odgovor na pitanje, da li nepropustljivost spoja na pritisku ispitivanja u hladnom stanju na povišenim temperaturama i radnom pritisku postaje propustljiv sa vodene strane. Definitivan odgovor bi se mogao utvrditi pri ispitivanju na povišenim temperaturama i radnim pritiscima, što nije moguće izvesti vodom (to bi bila para), već vrelim termo uljem sa vodene strane. Dakle, potrebno je dovesti vrelom ulje od 260 °C u omotač, pod pritiskom od 4 bara (radni pritisak vodene strane) i posmatrati propustljivost spojeva na cevnoj ploči.

Ipak, imajući u vidu prethodno iskustvo u periodu besprekornog rada aparata, koji je izdržao produženo ispitivanje kao u prjektnim uslovima, analogijom se može zaključiti da će ponovo raditi besprekorno. Opravdano se može postaviti pitanje, da li se mikropropustljivost na 9 bara (nekoliko kapi na 10 minuta) uopšte manifestuje pri radnim uslovima, ili je prisustvo vode u termo ulju posledica propustljivosti nekog drugog kontakta vode i termo ulja. Zato je neophodna povratna informacija o daljem radu razmenjivača toplote posle ugradnje u realne pogonske uslove.

Pri ponovnoj ugradnji servisiranog razmenjivača toplote obratiti pažnju na sledeće:

1. Razmenjivač u sistem ugraditi, kao što je bio, indent-tablica okrenuta gore.
2. Kontrolisati posle ugradnje razmenjivača i postizanju pogonskih parametara, curenje na prirubnicama glave (vode, termo ulja ili obafluida). Ukoliko nastane curenje, isto se otklanja naknadnim dotezanjem zavrtne glave unakrsnim redosledom.
3. Posle obavljenog servisa, daje se atest na dejstvo hidrauliškog pritiska hladne vode.
4. Garancija na izvedene radove i ugrađeni materijal daje se u trajanju od 6 meseci.

Milan Rikalovic dipl.maš.inž.