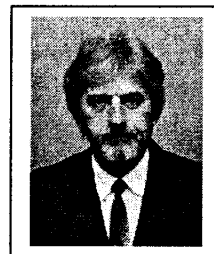


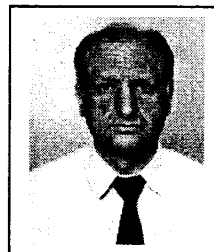
PRIMENA ZAVARIVANJA I NAVARIVANJA U REVITALIZACIJI DELOVA IZLOŽENIH HABANJU*

Dr Miomir VUKIĆEVIĆ, Sava ĐURIĆ, dr Ljubodrag ĐORĐEVIĆ**

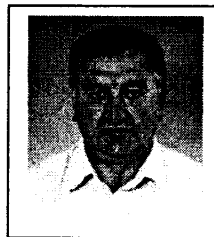
Prof. dr Miomir Vukićević, dipl. inž. maš. Rođen je 30. juna 1953. godine u Beranama, Republika Crna Gora. Osnovnu i Mašinsku tehničku školu završio je u Kraljevu. Studirao je na Odeljenju beogradskog mašinskog fakulteta u Kraljevu, a diplomirao na Mašinskom fakultetu u Beogradu 1978. g. Magistrirao je 1988. g. i doktorirao 1994. g. takođe na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Na Mašinskom fakultetu Kraljevo radi od 1980. g. počev od asistenta pripravnika, asistenta i docenta za predmete Tehnologija zavarivanja i Alati i pribori.



Sava Đurić, dipl.inž.maš. rođen je 1951. godine u Kruševcu, gde je završio osnovnu školu i gimnaziju. Diplomirao je na Mašinskom fakultetu u Beogradu. Specijalizaciju iz oblasti zavrivanja i srodnih tehnologija obavio je u Zavodu za zavarivanje Beograd. Završio je više specijalističkih kurseva u zemlji i inostranstvu iz oblasti zavarivanja i srodnih tehnologija, sistema kvaliteta i izrade zavarenih konstrukcija. Od 1976. godine radi u IMK "14.oktobar" AD Kruševac na poslovima projektovanja i izrade tehnologije, tehničko tehnološkog projektovanja kapaciteta, realizaciji naučno istraživačkih projekata i poslovima rukovođenja u Institutu IMK "14.oktobar" Kruševac. Od 2003. godine je direktor Fabrike specijalne proizvodnje doo IMK "14.oktobar" Kruševac. Autor je i rukovodilac više projekata, tri monografije i oko 250 naučno stručnih radova.



Prof. dr Ljubodrag Đorđević, rođen je 1944. godine u Stublu – Blace. Na Mašinskom fakultetu u Nišu diplomirao je 1970. godine, magistrirao 1984. i doktorirao 1990. Oblast interesovanja i izučavanja su mu problematika proizvodnog mašinstva, mašine za obradudeformisanjem. Na Mašinskom fakultetu u Kraljevu i zvanju vanrednog profesora drži predavanja iz predmeta Tehnologija mašinogradnje, šef je Katedre proizvodnog mašinstva i objavio je preko pedeset naučnih i stručnih radova u časopisima i na skupovima u zemlji i inostranstvu. Potpredsednik je Naučnog veća Instituta IMK "14. oktobar" i zamenik glavnog i odgovornog urednika IMK 14 – Istraživanje i razvoj.



Kategorija rada: STRUČNI RAD
Recenzent: Prof. dr Tihomir PANTELIĆ
UDK/UDC: 621.79:620.1
Rad primljen: 29. 08. 2003.

ADRESA:
Mašinski fakultet
Dositejeva 19
36000 Kraljevo

* Rad je nastao u okviru projekta čiju realizaciju sufinansira Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije: Ev. br. projekta MIS 3.02.0192.B; Naziv projekta: "Integrisane tehnologije i informatički reinžinjeri za nove i poboljšane proizvode inovacionog preduzeća"

** Prof. dr Miomir Vukićević, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo, Sava Đurić, dipl.inž.maš., IMK "14.oktobar" AD Kruševac, prof. dr Ljubodrag Đorđević, dipl.inž.maš., Mašinski fakultet Kraljevo,

UVOD

Ogroman broj mehanizama, mašina, uređaja, opreme i postrojenja u svetu radi i bez njih se ne može zamisliti život savremenog čoveka. Njihovi delovi se kreću, rade, troše i oštećuju. Izloženi su međusobnom uticaju i uticaju radne sredine. Pod uticajem trenja, abrazije, erozije, frikcije, visoke ili niske temperature, korozije, kavitacije, visokog pritiska, udara itd, dolazi do njihovog oštećenja. Sve izraženije trošenje i trajno smanjenje svetskih resursa u pogledu materijala i energije navodi na potrebu za njihovim ekonomskim i racionalnim korišćenjem. To navodi na potrebu da se uz minimalan utrošak materijala i energije oštećene konstrukcije vraćaju u život. Umesto novih delova svrsishodno je korišćenje postojećih oštećenih delova kojima se uz primenu odgovarajućih tehnoloških osobina vraćaju prvobitne dimenzije, kvalitet i funkcionalne osobine. Uz relativno mala ulaganja postižu se ogromne uštede. ovo je posebno izraženo kod delova i postrojenja velike mase i dimenzija za čiju izradu je potrebno utrošiti velike količine materijal. Od primenjivanih tehnologija poseban značaj imaju zavarivanje i srodne tehnologije: zavarivanje, navarivanje, lemljenje, plakiranje, metalizacija, plastificiranje, oblaganje itd. Savremena tehnološka filozofija u svetu spodrazueva i smatra da nema potrebe da se baci istrošen ili pohabani deo. Za 10 do 20 % od vrednosti novog dela, najčešće, uz primenu odgovarajućih tehnologija moguće je revitalizovati postojeći deo, vratiti mu funkciju i vratiti ga u eksploataciju. Savremene tehnologije, materijali i oprema garantuju kvalitet i duže trajanje revitalizovanog dela, ponekad 100 do 900 % u odnosu na novi deo. Na ovaj način postižu se višestruki efekti:

- Postižu se uštede čak i do 80-90 % u odnosu na vrednost nabavke novog dela;
- Često revitalizovani, kritični deo, traje i nekoliko puta od novo nabavljenog dela;
- Povećava se pouzdanost mašina i sklopova;
- Zastoji u eksploataciji se svode na minimum;
- Smanjuju se nepotrebne velike zalihe rezervnih delova;

METODOLOGIJA REVITALIZACIJE DELOVA NAVARIVANJEM

Pod uticajem različitih spoljnih faktora u toku eksploatacije mašina, uređaja, opreme i postrojenja dolazi do habanja, oštećenja ili uništenja njihovih

delova i sklopova. Uzroci nastanka oštećenja mogu se podeliti u dve osnovne grupe, i to mogu biti:

Primarni uzroci u koje spadaju:

- abrazija
- pritisak
- udarci

Sekundarni uzroci u koje spadaju:

- korozija
- toplota
- erozija
- kavitacija

Pohabani ili oštećeni delovi mogu se zameniti novim rezervnim delovima ili revitalizovanim postojećim delovima. U cilju što efikasnijeg, bržeg i jeftinijeg vraćanja u funkciju mašina i uređaja razvijene su čitave teorije i modeli organizacije službi održavanja. Razmotraju se svi faktori i mogućnosti koji mogu doprineti povećanju pouzdanosti sistema, uz minimalne zastoje i efikasnu zamenu oštećenih delova. Današnja saznanja i svetska iskustva pokazuju da je revitalizacija oštećenih delova ima potpunu tehnoeкономsku opravdanost u odnosu na zamenu novim delovima, jer se na taj način smanjuju potrebe za stokovima rezervnih delova, skraćuje vreme zastoja, a troškovi višestruko snižavaju. Na primer, uporedne analize troškova koje je sprovedla firma "Castolin+Eutectic" pokazuju da je veoma isplativa revitalizacija delova.

Ako se uporede troškovi revitalizacije i ugradnje oštećenih delova:

$$UTRZ = T_{dr} + T_{dm} + T_{zr} + T_e$$

UTRZ - Ukupni troškovi za reparaturu zavarivanjem

T_{dr} - Troškovi dodatnih radova: demontaže, predgrevanja, dorade posle zavarivanja, montaže

T_{dm} - Troškovi dodatnog materijala

T_{zr} - Troškovi zavarivavačkih radova

T_e - Troškovi upotrebljene energije (gasa ili/i struje)

sa troškovima nabavke i ugradnje novih delova

$$UTD = T_m + T_{rd} + T_{zp}$$

UTD - Ukupni troškovi ugradnje novog rezervnog dela

T_m - Troškovi dodatnih radova: demontaže, priprema za ugradnju, montaža

T_{rd} - Troškovi nabavke novog rezervnog delova

T_{zp} - Troškovi stajanja mašina, troškovi zastoja u proizvodnji

konkretni primeri pokazuju višestruke uštede i odnos troškova se kreće u granicama

$$UTRZ : UTD = 1 : 5 - 1 : 50 \text{ i više.}$$

Zahvaljujući razvoju novih materijala, tehnologija i opreme, često, radni vek revitalizovanih delova bude duži od radnog veka novih delova.

Zbog ovoga je potpuno opravdana potreba za definisanjem redosleda aktivnosti, algoritma, odnosno modela efikasne revitalizacije oštećenih delova i vraćanje u funkciju opreme u veoma kratkom roku, uz svodenje na minimum vremena zastoja, snižavanje troškova održavanja i obezbeđenje pouzdanosti sistema. Jedan od najčešćih redosleda aktivnosti, proveren i u IMK "14.oktobar" AD Kruševac je:

- Demontaža uređaja
- Defektaža pohabanih i oštećenih delova
- Ispitivanje kvaliteta oštećenog dela za doradu/izradu
- Utvrđivanje uslova rada
- Definisanje oblika i dimenzija zavora/navara
- Izbor optimalnog tehnološkog postupka zavarivanja/navarivanja
- Definisanje tehnološkog postupka zavarivanja/navarivanja
- Izvođenje zavarivanja/navarivanja, uključujući i kontrolu kvaliteta
- Izvođenje termičke obrade zavarenog spoja / navara (po potrebi)
- Izvođenje mašinske obrade zavarenog spoja / navara (po potrebi)
- Kontrola, ugradnja i funkcionalno ispitivanje

Demontaža uređaja vrši se prema propisanim tehničkim uslovima i uputstvima proizvođača i važećim tehničkim preporukama i normama.

Defektaža pohabanih i oštećenih delova vrši se na osnovu tehničke dokumentacije proizvođača i dozvoljenih odstupanja i oštećenja, pohabanosti.

Ispitivanje kvaliteta materijala oštećenog dela za doradu/izradu vrši se u zavisnosti od raspoloživih tehnoloških mogućnosti nadležne tehničke i kontrolne laboratorije u cilju definisanja kvaliteta osnovnih i dodatnih materijala za izradu novog ili doradu starog, oštećenog pohabanog dela.

Utvrđivanje uslova rada uređaja, dela zbog adekvatnog konstruktivno-tehnološkog rešenja izrade ili dorade oštećenog dela.

Definisanje oblika i dimenzija zavora/navara zavisno od konstruktivnog rešenja, izbora polaznog osnovnog materijala i tehnoloških uslova i mogućnosti definišu se oblik i dimenzije zavora/navara.

Izbor optimalnog tehnološkog postupka zavarivanja/navarivanja vrši se na osnovu tehnoloških zahteva i raspoloživih tehničkih mogućnosti i uslova rada

Definisanje tehnološkog postupka zavarivanja/navarivanja vrši se u skladu sa projektnim, konstruktivnim i tehnološkim zahtevima i proizvodnim uslovima, pri čemu se jednaka pažnja posvećuje pripremi zavarivanja, izvođenju zavarivanja i kontroli procesa.

Izvođenje zavarivanja / navarivanja, uključujući i kontrolu kvaliteta se vrši prema propisanom tehnološkom postupku uz striktno poštovanje zahteva vezanih za pripremu osnovnih i dodatnih materijala za zavarivanje, opreme i pribora za zavarivanje i kontrolu procesa zavarivanja uključujući po potrebi i predgrevanje za zavarivanje.

Izvođenje termičke obrade zavarenog spoja / navara (po potrebi) ako to kvalitet osnovnih materijala, postupka zavarivanja i konstrukcija zahtevaju.

Izvođenje mašinske obrade zavarenog spoja / navara (po potrebi) ako kvalitet i konstrukcija to zahtevaju.

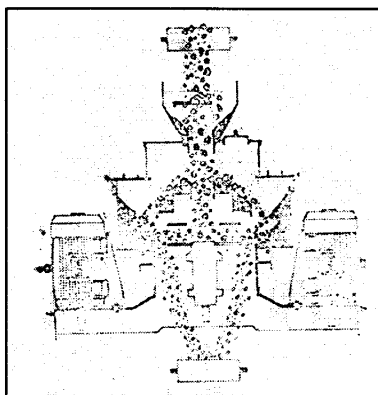
Kontrola, ugradnja i funkcionalno ispitivanje se izvode posle dovođenja u ispravno stanje svih revitalizovanih delova.

Ovaj redosled aktivnosti garantuje kvalitetnu i uspešnu revitalizaciju delova, uz optimizaciju troškova u konkretnim uslovima i efikasno vraćanje u funkciju sistema obezbeđujući mu pouzdan rad bez novih zastoja usled loše izvedenih radova

REVITALIZACIJA DROBILICE

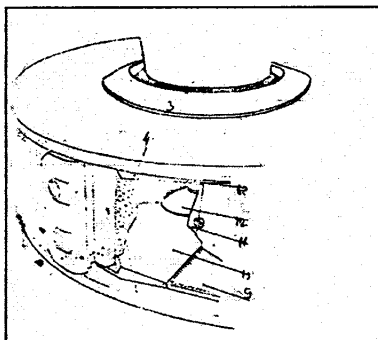
Mašine, oprema i alati u kamenolomima, rudarskoj industriji i topionicama, posebno čeličanama izloženi su ogromnim opterećenjima i jakom habanju i oštećenjima. Delovi rude, koksa, prašina, pepeo i druge čestice ulaze svuda i izazivaju abraziju na svim pokretnim delovima, ležajevima osovina i ventilatora. Velike drobilice i mlinovi za kamen, rude, koks i ugalj zbog udaraca i abrazije se habaju. Prisutno je i koroziono dejstvo kiselina, mulja i vruće pare.

Droblilica u kamenolomu "Šumice" u Raškoj služi za sitnjenje materijala, kamena krupnoće komada kamena od 50 do 100 mm na krupnoću zrna 3 do 5 mm. Materijal se doprema pomoću trakastog transportera do levka drobilice, drobi se na sitnije komade i odvozi pomoću drugog trakastog transportera (Slika 1.)



Slika 1. Poprečni presek drobilice pogonjene sa dva elektromotora

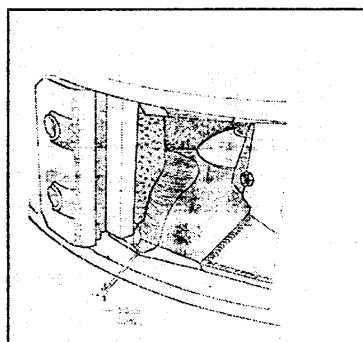
Usled stalnih udara i trenja materijala koji se sitni, drobi dolazi do istrošenja delova rotora prikazanog na Slici 2. Materijal se dovodi kroz cev za punjenje-2, sitni usled udara unutar rotora i usitnjen odvodi kroz distribucioni otvor između tela rotora-1 i distribucione ploče-12. Habanju su najviše izložene gornja-4 i donja-9 ploča, distribuciona ploča i delovi tela rotora-1.



Slika 2. Izgled preseka rotora drobilice

S obzirom da su udarna dejstva i abrazija sastavni deo procesa rada drobilice, konstantno je prisutno habanje i istrošenje ploča i potreba za njihovom

zamenom. S obzirom na cenu materijala i nabavku novih ploča analizirane su druge mogućnosti za održavanje u funkcionalno stanje drobilice. Uz uključanje stručnjaka Mašinskog fakulteta iz Kraljeva, Instituta IMK "14.oktobar" iz Kruševca i službe održavanja kamenoloma "Šumice" iz Raške, a na osnovu iskustva u sličnim slučajevima, predloženo je navarivanje istrošenih delova. Na slici 3. je šematski prikazan izgled detalja rotora drobilice sa potrebnim dodacima za navarivanje.



Slika 3. Šematski prikaz detalja rotora drobilice

Da bi se izvršila provera predloženih tehnoliških rešenja, koja su uzela u obzir tehnološke mogućnosti u konkretnim uslovima, kao što su raspoloživa oprema, mogućnost nabavke i cena osnovnih i dodatnih materijala, izvršene su tehnološke probe, koje su dokazale potpunu opravdanost predloženih rešenja.

Protokol proba navarivanja
Kamenolom "Šumnik" Raška
Osnovni materijal ploča: Č 0361

Tabela 1. Parametri navarivanja

Red. broj	Tip elektrode	Prečnik elektrode (mm)	Normalni uslovi	Na povišenoj temperaturi	Primedba
			Iz(A)		
1 (*)	EVB 50	4	180	160	Međusloj
	EDUR 600		160	170	Završni sloj
2 (**)	OK 67.45 ESAB (E18/8/6)		170	170	Međusloj
	EDUR 600		170	160	Završni sloj
3 (***)	EDUR 600		160	160	Završni sloj

Leva polovina ploče navarivana je na normalnim uslovima
Desna polovina ploče navarivana je na povišenoj temperaturi

Redni broj ploče definisan je brojem tačaka utisnutih na poledini ploče.

Leva ili desna polovina ploče utvrđuje se u odnosu na utisnutu tačku na vrhu ploče.

Navarivanje pri normalnim uslovima izvedeno je na otvorenom prostoru zbog položaja primenjene opreme za zavarivanje. Temperatura je bila iznad 10°C. Vetra i promaje nije bilo.

Navarivanje na povišenim temperaturama izvedeno je na istom radnom mestu, s tim da su ploče prethodno predgrevane. Predgrevanje je izvođeno

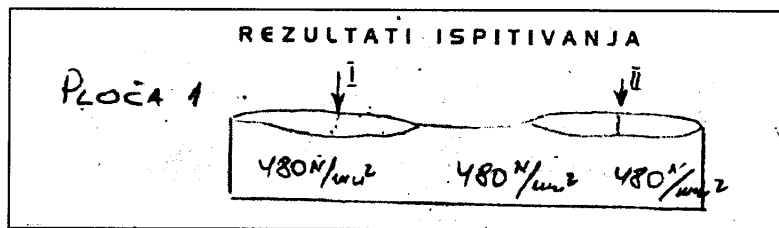
gasnim plamenikom do temperature 180°C, a potom je vršeno navarivanje prvog sloja.

Usled zavarivanja nastale su blage deformacije ploča.

Stoga je pri navarivanju rotora drobilice bilo potrebno definisati plan navarivanja kako bi se deformacije svele na minimum.

Izveštaj tehničke laboratorije IMK "14.oktobar" AD Kruševac broj 65 o rezultatima ispitivanja izvedenih proba potvrdio je dobar kvalitet izvedenih navara, a kao primer dati su rezultati ispitivanja ploče 1 (slika 4, tabele 2, 3, 4 i 5).

Ploča 1 (*)



Slika 4. Skica navara na pločama

Tabela 2. Visina navara

Red. broj	Leva strana ploče (bez predgrevanja)	Desna strana ploče (sa predgrevanjem)
01.	2,5-3,0 mm	3,0-4,5 mm

Tabela 3. Površinska tvrdoća navara

Red. broj	Ploča	Površinska tvrdoća (HRC)	Trdoća po preseku (HRC)
01.	1 (*)	46-52	45-51
02.	2 (**)	48-50	45-48
03.	3 (***)	48-50	45-48

Tabela 3. Tvrdoća po preseku (makro)

	I	II
1.	45 HRC	45 HRC
2.	46 HRC	46 HRC
3.	45 HRC	51 HRC
4.		51 HRC

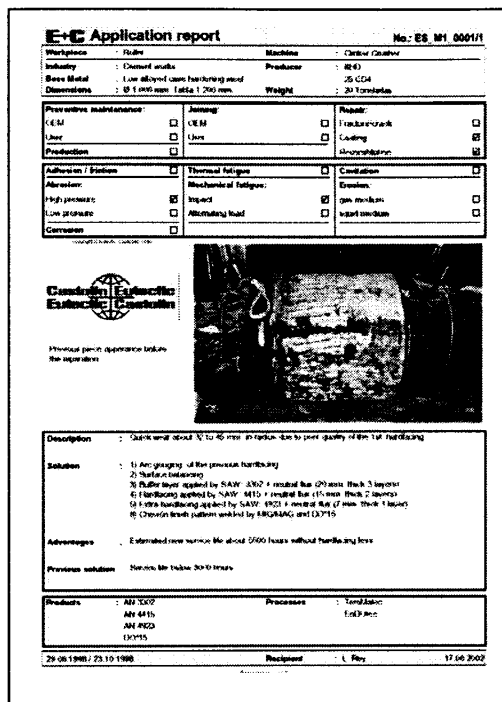
Tabela 4. Tvrdoća po preseku (mikro)

Red. broj	I			II		
	Dubina (mm)	HV1	HRC	Dubina (mm)	HV1	HRC
01.	0,15	290	29	0,15	571	53
02.	0,30	453	45	0,30	571	53
03.	0,45	515	49	0,45	482	47
04.	0,60	482	47	0,60	453	45
05.	0,75	453	45	0,75	482	47
06.	0,90	453	45	0,90	467	46
07.	1,05	498	49,5	1,05	467	46
08.	1,20	467	46	1,20	453	45
09.	1,35	482	47	1,35	515	49
10.	1,50	439	44	1,50	533	50
11.	1,65	467	46	1,65	498	49,5
12.	1,80	482	47	1,80	533	50
13.	1,95	482	47	1,95	613	55
14.	2,10	467	46	2,10	533	50
15.	2,25	467	46	2,25	498	49,5
16.	2,40	170		2,40	558	52
17.	2,55	170		2,55	467	46,5
18.	2,70	170		2,70	467	46,5
19.	2,85	170		2,85	185	
20.	3,00	170		3,00	185	

Tvrdoću Poldijevom metodom je bilo nemoguće izmeriti za ove vrednosti tvrdoće.

Prema propisanoj i proverenoj tehnologiji vršeno je navarivanje oštećenih i pohabanih delova drobilice. Navari su obrađivani na mere brušenjem, jer s obzirom na tvrdoću navara druge vrste obrade nisu dolazile u obzir. Uz višestruko nižu cenu u odnosu na nabavku novih, originalnih delova, u veoma kratkom roku, drobilica je vraćana u funkciju, a radni vek revitalizovanih delova je nešto duži od radnog veka novih delova. Sve ovo u potpunosti je opravdalo predloženi način revitalizacije delova navarivanjem.

Imajući u vidu da se u praksi ponavljaju ili pojavljuju slični slučajevi habanja i oštećenja delova svrsiskodno je formirati banku podataka o primerima iz prakse, kao što rade firme u svetu, na primer, "Castolin+Eutectic" (slika 5), kako bi se u budućnosti što efikasnije reagovalo. Na slici 5. data je tehnološka karta, tehnološki postupak, rešenja revitalizacije navarivanjem dela, valjka od nisko legiranog čelika, u jednoj cementari. Navarivanjem su se postigle značajne uštede, a radni vek valjaka je produžen. Ovakav pristup ima višestruki značaj i efekte. Pored ubrzanja rešavanja narednog sličnog problema omogućava i edukaciju kadrova u oblasti održavanja sistema i analizu uspešnosti rešenja.



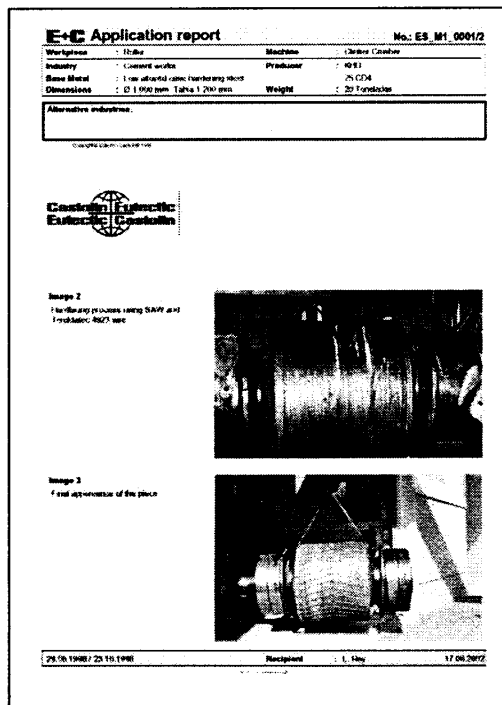
Slika 5.a Tehnološki postupak i izgled dela pre reparacije

ZAKLJUČAK

Revitalizacija delova i sklopova ima potpunu opravdanost, posebno kad je reč o velikim i skupim postrojenjima i objektima, kod kojih je došlo do havarije, ili oštećenja usled habanja i dejstva radne sredine na pojedine radne delove. U takvim slučajevima, posebno, imaju veliku primenu i značaj zvarivanje i srodne tehnologije. Njihovom primenom se revitalizuju delovi i komponente, vraća im se funkcionalna sposobnost i prvobitne karakteristike, a radni vek im se produžava čak i preko dužine radnog veka novog dela. Uštede koje se postižu na ovaj način su višestruke i u potpunosti opravdaju njihovu primenu. Predloženi model aktivnosti na revitalizaciji delova i sklopova je proveren višestruko u praksi. Svršishodno je, a informacione tehnologije to omogućavaju da se formiraju biblioteke, baze podataka, tehnoloških rešenja primenjivanih u praksi u službama remonta i održavanja kako bi se koristila pri rešavanju novih tehnoloških problema revitalizacije oštećenih i pohabanih sličnih delova i sklopova.

LITERATURA

1. Kraut B., Strojarski priručnik, Tehnička knjiga, Zagreb, 1988.
2. Wasserman R., Kakao se štede milioni reparaturnim zavarivanjem, RTB Bor, Institut za bakar Bor, INDOK centar, Bor, 2003.
3. Živčić M., Zavarivanje i srodni postupci, Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske, Zagreb, 1966.
4. Živčić M., Remenar I., Zavarivanje. Tehnološke podloge i unapređenje, Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske, Zagreb, 1972.
5. Živčić M., Zavarivanje i srodni postupci. Elektrolučno zavarivanje, Društvo za tehniku zavarivanja Hrvatske, Zagreb, 1980.
6. Jaruga I., Živčić I., Gracin M., Reparaturno zavarivanje, Autorsko izdanje, Zagreb, 1994.
7. Tehnička dokumentacija IMK "14.oktobar" AD Kruševac
8. Propektni materijali i dokumentacija proizvoača opreme i dodatnih materijala za zavarivanje i sečenje



Slika 5.b Izgled dela posle reparacije

REZIME: U radu je učinjen pokušaj da se da doprinos definisanja modela organizacije radova i aktivnosti na održavanju i revitalizaciji delova i komponenti. Akcenat je dat primeni zavarivanja i srodnih tehnologija u revitalizaciji pohabanih i oštećenih delova. Iskustva i praksa su pokazali da se primenom savremenihtehnologija i materijala postižu izvaredni rezultati. revitalizovani delovi imaju iste, ili čak i bolje osobine od novih, originalnih delova uz znatno niža ulaganja od cene novih delova. Dat je primer revitalizacije rotora drobilice navarivanjem.

Ključne reči: revitalizacija, zavarivanje, navarivanje, osnovni materijal, dodatni matereijal, funkcionalnost, ekonomičnost, ušteda

WELDING AND SURFACING APPLICATION IN REVITALIZATION OF THE PARTS EXPOSED TO THE WEARING

Summary: This paper is representing the contribution attempt to define the work organization model for maintenance and revitalization of parts and components. Note is given to the welding and related technologies application in revitalization of the damaged and worn parts. Practice experience has shown that by the modern technology and materials application we can achieve extraordinary results. Revitalized parts have the same, even better characteristics than the new, original parts with significantly lower investment comparing with the new parts prices. Given example is the surface welding of the crusher rotor.

Key words: revitalization, welding, surface welding (surfacing), base material, fill material, functionality, economically, saving