

# METODOLOGIJA PRIMENE ZAVARIVANJA U ODRŽAVANJU

**Mr Aleksandar Marić, dipl.inž.maš.**  
Fakultet za industrijski menadžment, Kruševac

**Sava Đurić, dipl.inž.maš.**  
Institut IMK „14.oktobar“, Kruševac

**Mr Predrag Dašić, dipl.inž.maš.,**  
Viša tehničko tehnološka škola, Kruševac

*Zavarivanje i srodne tehnologije imaju veliku primenu u revitalizaciji pohabanih i oštećenih delova u različitim oblastima, donoseći pri tome velike uštede. U radu je dat prikaz jedne od mogućih metodologija primene ovih tehnologija za popravku oštećenih delova i konstrukcija. Primena ove metodologije u konkretnim uslovima dala je pozitivne rezultate i stoga može poslužiti kao model za primenu zavarivanja u održavanju.*

*Ključne reči: revitalizacija, zavarivanje, lemljenje, metodologija*

## 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, plakanje, metalizacija, plastificiranje, oblaganje itd. Savremena tehnološka filozofija u svetu podrazumeva 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 [2]. 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 tehnoekonomsku 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 [2].

Ako se uporede troškovi revitalizacije i ugradnje oštećenih delova:

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

gde su,

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 zavarivačkih radova

$T_e$  - Troškovi upotrebene energije (gasa ili/ i struje)

sa troškovima nabavke i ugradnje novih delova:

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

gde su:

UTD - Ukupni troškovi ugradnje novog rezervnog dela

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

$T_{rd}$  - Troškovi nabavke novog rezervnog delova

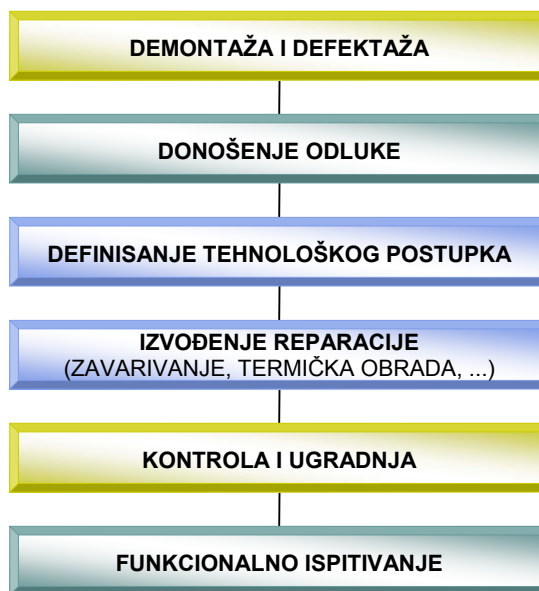
$T_{zp}$  - Troškovi stajanja mašina, troškovi zastoja u proizvodnji

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

UTRZ : UTD = 1: 5 - 1: 50 i više [2].

Zahvaljujući razvoju novih materijala, tehnologija i opreme, često, radni vek revitalizovanih delova bude duži od radnog veka novih delova. Ovo potvrđuju iskustva mnogih firmi koje se bave reparacijom u svetu i u zemlji (E+C, ICI Beograd, IMK "14.oktobar" AD Kruševac, "Avalon partners" Beograd, Zavod za zavarivanje Beograd itd).

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 svođenje na minimum vremena zastoja, snižavanje troškova održavanja i obezbeđenje pouzdanosti sistema. Na Slici 1. je dat grafički prikaz predloženog modela izvođenja reparacije delova zavarivanjem i navarivanjem koji je proveren i u praksi.



Slika 1: Grafički prikaz modela

Jedan od najčešćih redosleda aktivnosti, proveren i u praksi, je sledeći:

- Demontaža uređaja
- Defektaža pohabanih i oštećenih delova
- Ispitivanje kvaliteta oštećenog dela za doradu/izradu
- Utvrđivanje uslova rada
- Definisanje oblika i dimenzija zavara/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 za zavarivanje, 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.

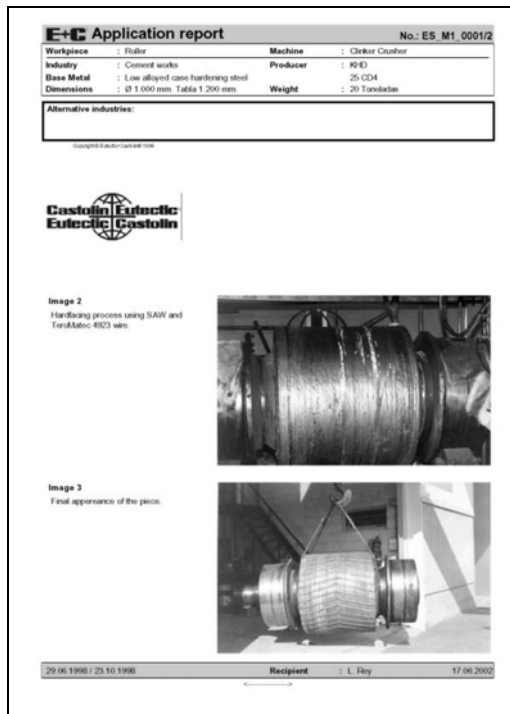
*Kontrola, ugradnja i funkcionalno ispitivanje* se izvode posle dovođenja u ispravno stanje svih revitalizovanih delova.

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 i proveren je u praksi, pa može poslužiti kao model pri primeni zavarivanja / navarivanja u održavanju [7].

Imajući u vidu da se u praksi ponavljaju ili pojavljuju slični slučajevi habanja i oštećenja delova svrsishodno je formirati banku podataka o primerima iz prakse kako bi se u budućnosti što efikasnije reagovalo. To je model koji koriste mnoge uspešne firme u svetu koje se bave održavanjem i primenom reparaturnog zavarivanja i navarivanja. Na primer, "Castolin+Eutectic" iz Švajcarske / Austrije ili AVALON PARTNERS i ICI iz Beograda. Na slikama 2 i 3 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.

E+C Application report		No.: ES_M1_0001/1	
Workplace	: Filter	Machine	: Clicker Crusher
Industry	: Cement works	Producer	: KHD
Base Metal	: Low alloyed case hardening steel		: 25 CD4
Dimensions	: Ø 1.000 mm, Total 1.200 mm	Weight	: 20 Tons/each
Preventive maintenance:	<input type="checkbox"/> OEM <input type="checkbox"/> User <input type="checkbox"/> Production	Joining:	<input type="checkbox"/> OEM <input type="checkbox"/> User
		Repair:	<input type="checkbox"/> Fracture/crack <input type="checkbox"/> Coating <input type="checkbox"/> Reconstitution
Adhesion / friction	<input type="checkbox"/>	Thermal fatigue	<input type="checkbox"/>
Abrasion:	<input type="checkbox"/> High pressure <input type="checkbox"/> Low pressure <input type="checkbox"/> Corrosion	Mechanical fatigue:	<input type="checkbox"/> Impact <input type="checkbox"/> Alternating load
		Erosion:	<input type="checkbox"/> gas medium <input type="checkbox"/> liquid medium
			
Previous piece appearance before the operation: 			
Description	: Quick wear about 32 to 40 mm, in radius due to poor quality of the 1st hardfacing		
Solution	: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Air gauging of the previous hardfacing</li> <li>2) Surface balancing</li> <li>3) Buffer layer applied by SAW: 3002 + neutral flux (20 mm, thick 3 layers)</li> <li>4) Hardfacing applied by SAW: 4415 + neutral flux (15 mm, thick 2 layers)</li> <li>5) Extra hardfacing applied by SAW: 4923 + neutral flux (7 mm, thick 1 layer)</li> <li>6) Chevin finish pattern welded by MIG/MAG and DC/PS</li> </ol>		
Advantages	: Estimated new service life about 5500 hours without hardfacing loss		
Previous solution	: Service life below 3000 hours		
Products	: AN 3002 AN 4415 AN 4923 DC/PS	Processes	: TIG/MIG Eutectic
29.06.1998 / 23.10.1998		Recipient	: L. Day
			: 17.06.2002

Slika 2: Tehnološki postupak i izgled dela pre reparacije



Slika 3: Izgled dela posle 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 [2], [6]. 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 [2]. Uštede koje se postižu na ovaj način su višestruke i u potpunosti opravdaju njihovu primenu. Predloženi redosled aktivnosti na revitalizaciji delova i sklopova je proveren višestruko u praksi, u IMK "14.oktobar" AD Kruševac, na primer. Svrishodno 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 [2]. [7]. Ovo može postati metodologija primene zavarivanja i navarivanja pri održavanju oštećenih delova ili konstrukcija.

## 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 proizvođača opreme i dodatnih materijala za zavarivanje i sečenje

## METHODOLOGY FOR APPLYING WELDING IN MAINTENANCE

*The welding and similar technologies have great application in revitalisation of worn-out and damage parts in different areas, with big savings. In this paper a review of one possible methodology for application technologies for repair damage items and constructions is given. The application of this methodology under real condition has demonstrated positive results and therefore it may recommended as a model for welding procedures in maintenance.*

*Key words: revitalisation, welding, solder, methodology*