

**PROCEDURE OF BROKEN MIXER SHAFT REPAIR DURING THE
PRODUCTION OF ANODE BLOCKS IN THE ALUMINIUM INDUSTRY
POSTUPAK SANACIJE POLOMLJENOG VRATILA MIKSERA U
PROIZVODNJI ANODNIH BLOKOVA U ALUMINIJUMSKOJ INDUSTRIJI**

**Milenko Perovic¹, Miodrag Jevtovic², Aleksandar Sekulić³, Dragan Radonjić³, Radenko
Pljevaljić³**

¹Privredna komore Crne Gore

²ICI doo Beograd

³Uniprom KAP Podgorica

Ključne riječi: otkaz sistema, lom u okolini ležajnog mjesta, reparaturno zavarivanje, ekonomski benefit

Sažetak

U radu je prikazan tehnološki postupak reparaturnog zavarivanja polomljenog vratila miksera koje se koristi u procesu miješanja petrol koksa i anodne smole za dobijanje anodnog bloka u elektrolizi aluminijuma. Nakon utvrđivanja hemijskog sastava i mikrostrukture osnovnog materijala vratila, detaljno su razradjeni svi elementi za tehnologiju spajanja sa novim segmentom od čelika približnog hemijskog sastava i mehaničkih osobina. Pored povratka izgubljenog integriteta i funkcije vratila, ostvarene su značajne uštede u proizvodnom smislu nastavkom kontinuiteta procesa i prestankom potrebe za nabavkom novog mašinskog dijela koji bi zahtijevao dug rok isporuke od proizvođača ovog tipa vratila.

Key words: system cancellation, breakage around the bearing location, repair welding, economic benefit

Abstract

The paper presents the technological procedure of repair welding of broken mixer shaft used in the process of pet coke and anode resin mixing for the production of anode block in the electrolysis of aluminum. Following determination of chemical composition and microstructure of basic shaft material, all elements for technology of connection with new steel segment of approximate chemical composition and mechanical characteristics have been elaborated in details. Besides the return of lost integrity and function of shaft, significant savings with reference to production have been realized by means of continuation of process and termination of need to purchase new mechanical part requiring long term of delivery by the producers of this type of shaft.

1. UVOD

Najkritičniji elementi sa aspekta održavanja tehnološkog sistema za pripremu sirovine za izradu anodnog bloka u industriji aluminijuima je mješalica čije su kućište i rotor prikazani na slici 1. Mikser mješalice čine vratilo i segmenti za miješanje koji mogu biti u obliku zavojnice ili kao zubi-„samci“ fiksirani na tačno određenom koraku u kućištu mješalice, slika 2.



Slika1 Izgled kućišta i rotora mješalice za pripremu anodne mase u otvorenom položaju [1]



Slika2 Izgled novih zuba i djelimično pohabane zavojnice

Površine koje se intenzivno habaju periodično se obnavljaju lokalnim navarivanjem, čest je i slučaj loma u korjenu zuba za miješanje, ali otkaz sistema usljed loma vratila veoma je rijedak.

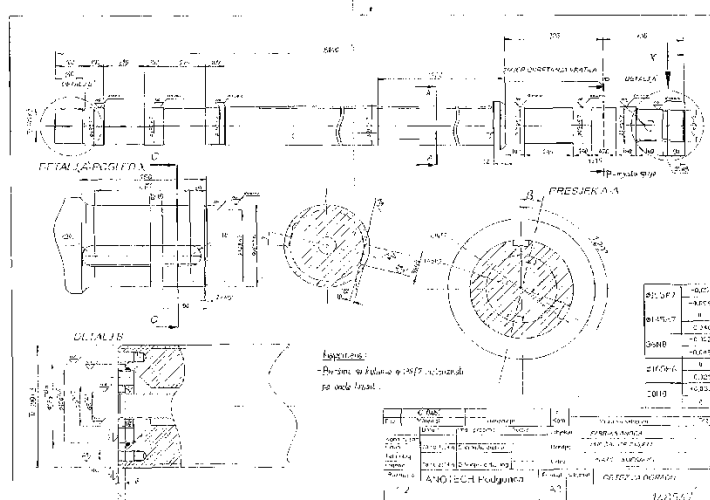
2. OPIS PREDMETA SANACIJE

Prikaz svih elemenata na vratilu za miješanje anodne mase koju čine petrol koks i anodna smola nakon izvjesnog perioda eksploatacije perioda prikazan je na slici 3.



Slika 3 Izgled elemenata za miješanje anodne mase i vratila miksera poslije izvjesnog vremena u radu[2]

Ovi sastavni djelovi rotora miksera montiraju se na šuplje vratilo dužine $l=8140$ mm i promjenljivog poprečnog presjeka od minimalnog prečnika $\varnothing 195$ mm do maksimalnog prečnika $\varnothing 220$ mm, slika 4.



Slika 4 Radionički crtež vratila sa kojim raspolaže korisnik opreme [2]

Osnovni materijal zupčastih segmenata i zuba je konstrukciioni niskouglenični čelik u žarenom stanju S 355 J2G3(EN 10025), dok su po kontaktnim površinama koje su u dodiru sa abrazivnim karbonskim materijalima navareni antihabajući slojevi od dominantno volfram karbida sa min.80%(W2C) tvrdoće 2500HV. Tokom eksploatacije mikser obavlja složeno(kombinovano) translato-rotorno kretanje pri čemu su svi elementi izloženi kompleksnom naponsko-deformacionom stanju karakterističnom po izraženim aksijalnim silama i momentima torzije u prisustvu jake abrazije po bokovima zuba i površinama ograničenih izvodnicama spiralnih segmenata.

To za posljedicu ima habanje zuba i zavojnica-gubitak mase na rotoru miksera u obliku širokih brazda i riseva vidljivih na slici 3 ili lom vratila u okolini rukavca koji se vidi na slici 5. Budući da je temperatura anodne smješe oko 250 stepeni Celzijusa, hladjenje se obezbjeđuje protokom kroz središte vratila ulja tipa transkal i insustrijskom vodom.

3. KARAKTERIZACIJA OSNOVNOG MATERIJALA VRATILA

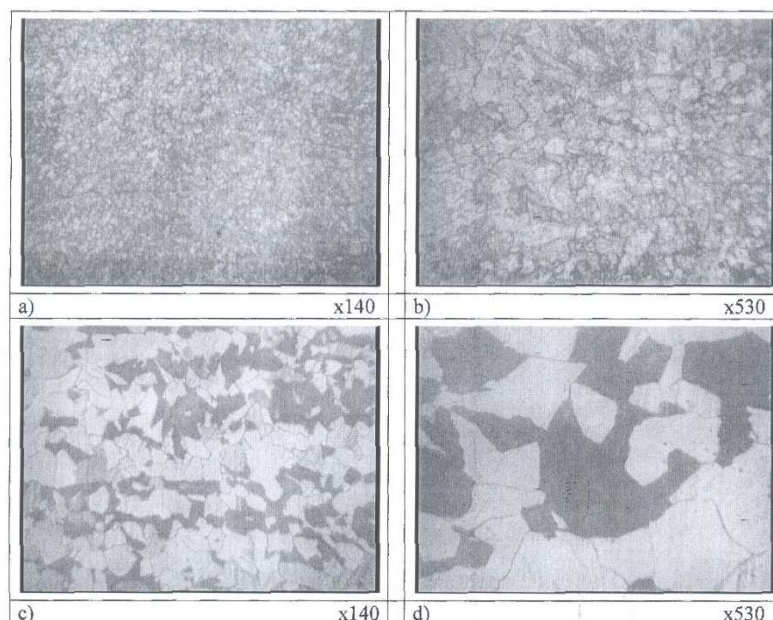
Usljed potrebe za brzom reakcijom u cilju vraćanja uzgubljene radne sposobnosti vratila, izvršena je analiza hemijskog sastava osnovnog materijala vratila, metalografska ispitivanja uzorka sa polomljenog dijela rukavca i ispitivanje tvrdoće površine i jezgra polomljenog rukavca. Pojedinačno učešće hemijskih elemenata dato je u tabeli 1., makrostruktura pri različitim uvećanjima data je na slici 6, a tvrdoća u tabeli 2[3]



Slika 5 Izgled polomljenog vratila poslije loma po rukavcu prečnika \varnothing 165 mm

Poslije standardne metalografske pripreme uzorak vratila je nagrižen u 2% nitalu. Pregledom uzoraka na svjetlosnom mikroskopu NEOPHOT 21, pri povećanjima od 100 do 1000x, izvršena je metalografska analiza.

Mikrostruktura površinske zone uzoraka je sitnozrna feritno-perlitna, slika 6a i b dok se struktura centralne zone sastoji od krupnozrnog ferita i perlita, slika 6c i d. Na uzorku vratila izmjerena je tvrdoća po Brinelu. Srednje vrijednosti tvrdoće date su u tablici 1.



Slika 6 Mikrostruktura vratila (a) i (b) površinska zona, (c) i (d) centralna zona

Tablica 1 Tvrdoća vratila u različitim zonama

	Tvrdoća (HB)
Površinska zona	137
Centralna zona	157

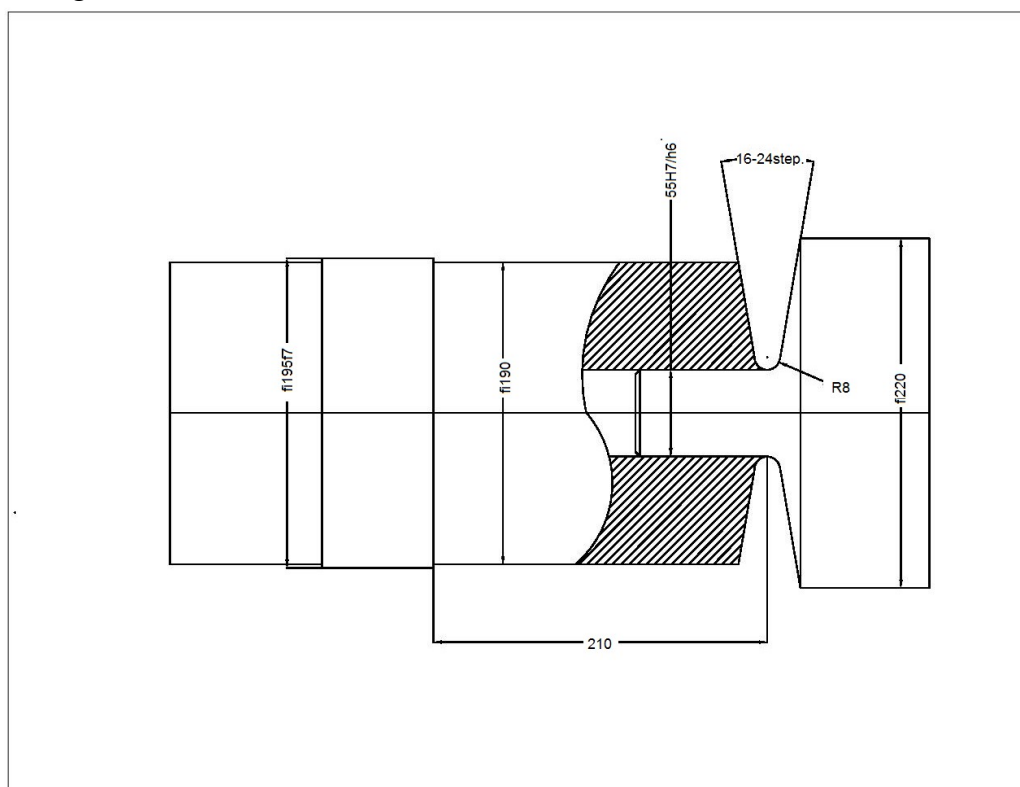
4. TEHNOLOŠKI POSTUPAK REPARATURNOG ZAVARIVANJA

U cilju da se obezbijedi pripremak u klasi kvaliteta polomljenog vratila ili boljih mehaničkih osobina,uzet je tuljak cilindričnog poprečnog presjeka prečnika $\varnothing 220$ mm i dužine 700 mm u klasi konstrukcionih niskougleničnih nelegiranih čelika S 355J2+AR(EN 10025) hemijskog sastava datog u tabeli 2.Tablična vrijednost Cek h od hemijskog sastava iznosi 0,38.

Tablica 2 Kemijski sastav pripremk rukavca vratila(mas%)

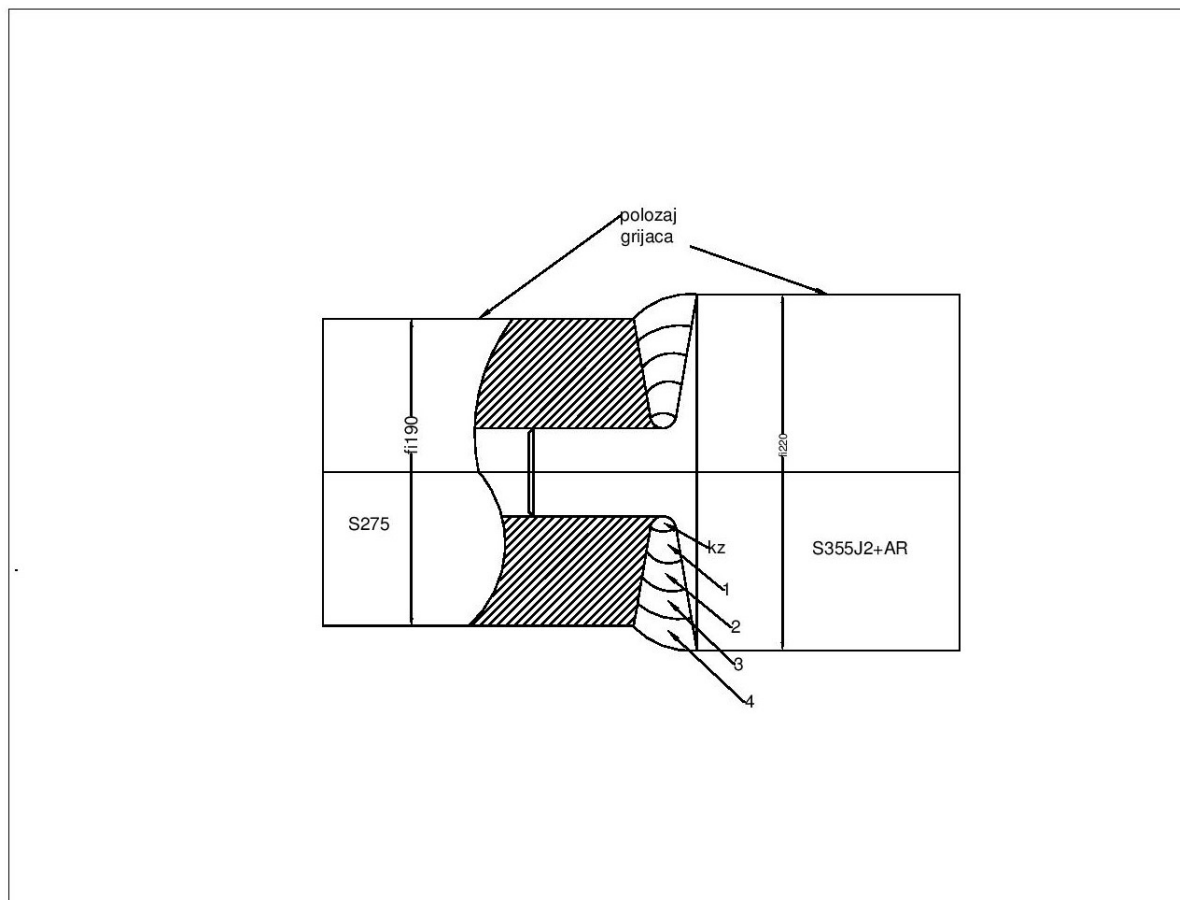
Materijal	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu
S 355J2+AR	0,18	0,25	1,11	0,019	0,022	0,03	0,02	0,004	0,029	0,02

Iako je Cek od hemijskog sastava manja od 0,45,potrebno je odrediti dimenzionalni ekvivalent i on za nominalnu debljinu pripremk,naročito zbog niske ambijentalne temperature ,prema formuli Seferiana iznosi Cek d =0,41,odnosno vrijednost temperature predgrijavanja je $T_{pr}=224$ °C .Pripremak je na univerzalnom strugu radne dužine 1500 mm,nakon izrade središnjeg gnijezda, pripremljen za zavarivanje izradom trna prečnika $\varnothing 55h6$,dužine $l= 55$ mm i sa sa polovinom "U" žljeba sa uglom na vrhu od 24 °C ,slika 7.



Slika 7 Priprema žljeba za reparaturno zavarivanje

Postojeće vratilo tokodje je pripremljeno za zavarivanje izradom polovine "U" žljeba na univerzalnom strugu sa rasponom između šiljaka od 12 000 mm i bušenjem rupe prečnika 55H7 sa čeone strane.Poslije ove tehnološke operacije ,budući da je lokacija loma preko utora za klin,bilo je potrebno na portalnoj glodalici,obilježiti tačnu poziciju novog utora za klin kao "repera" ua izradu novog utora za klin.Komparaterom je utvrđena veličina nesaosnosti ležajnih mjesta kako bi se utvrdila potreba za eventualnom korekcijom.Nakon montaže pripremk u vratilo postavljaju se Cr-Ni keramički grijači sa obje strane na udaljenosti od 150 mm od grla žljeba i izolacioni materijal da spriječi prekomjerno odvođenje toplote od mjesta zavarivanja,slika 8.



Slika 8 Način polaganja zavarenih spojeva na mjestu sanacije(KZ-korjeni zavar,1-elektroda sa bazičnom oblogom,2,3 i 4 punjena elektrodna žica)

Cio sklop se smješta na okretaljke nosivosti 5 t sa mogućnošću kontinualne promjene broja obrtaja. Programiranje režima obrade predgrijavanjem sa brzinom 100 °C u vremenu od 60 minuta do dostizanja zadate temperature predgrijavanja izvodi se na izvoru nominalne snage od 45kW na kome je i kontrolisano lagano hladjenje nakon zavarivanja sa parametrima 50°C /h do ambijentalne temperature.

Zavarivanje je izvedeno korjenim polaganjem prvog sloja višeprolaznim zavarivanjem postupkom REL (111) elektrodama sa bazičnom oblogom (E 8018-C3H4R) prečnika 3,2 mm, a popuna punjenom elektrodnom žicom (AWS A5.18) postupkom MAG(135) prečnika 1,2 mm. Parametri zavarivanja određeni su na osnovu kataloških preporuka proizvođača odabranih dodatnih materijala za zavarivanje i izabranog postupka zavarivanja[4]:

- za obloženu elektrodu sa jačinom struje zavarivanja $I=130$ A i naponom $U=28$ V
- za punjenu žicu sa jačinom struje zavarivanja $I=355$ A, naponom $U=28$ V u mješavini gasova Ar+18%CO₂

Brzinu zavarivanja primarno je određivala potreba poštovanja redosleda naizmjeničnog kružnog zavarivanja. Obje vrste dodatnog materijala posjeduju veću zateznu čvrstoću, napon tečenja i izduženje od kvalitetnijeg osnovnog materijala u sklopu. Izgled vratila sa kontrolnom spojnicom nakon reparaturnog zavarivanja prikazan je na slici 9.



Slika 9 Izgled dijela reparaturno zavarenog vratila sa kontrolnikom

5. ZAKLJUČAK

Podatak da je regenerisano vratilo već u novoj etapi životnog ciklusa eksploatacije ukazuje da je postupkom reparature opravdano očekivanje. Od dana ugradnje do sada nijesu registrovani bilo kakvi nedostaci u pogledu funkcionalnosti revitalizovanog vratila. Čak je i gruba tehno-ekonomska analiza pokazala da je cijena radova oko 30% od cijene novog vratila i reda je veličine oko 10 000 eura. Pri ovoj računici nijesu uzimani u obzir troškovi koji bi nastali zbog zastoja uzrokovanog čekanjem novog vratila sa ino tržišta, nedostatak anodnih blokova za ostvarivanje planiranog fizičkog obima proizvodnje aluminijumskih trupaca i gubitak koji bi se uslijedio u procesnoj industriji elektrolize aluminijuma.

6. LITERATURA

- [1] www.buscorpo.com
- [2] Tehnička dokumentacija ANOTECH , 2000 god
- [3] Izvjestaj o ispitivanjima br.16-16 ICM Nikšić,2016 god
- [4] www.voestalpine.com/welding