Mr Petar Nikšić,
dipl. inž.

Regeneracija rezervnih delova — metode i postupci

U radu su prikazane opšte i specijalne metode regeneracije. Date su tehničke karakteristike pojedinih metoda regeneracije sa širokom primenom i najkarakterističniji predstavnici oštećenih delova. Posebno je istaknut asortiman delova i sklopova koji se regenerišu.

Uvod

Tokom eksploatacije mašina, alata i uređaja, transportnih sredstava, građevinske, medicinske i industrijske opreme; na njihovim sastavnim delovima nastaju različita oštećenja raznog položaja, oblika i veličine. Nastanak oštećenja na raznim delovima mašina, uređaja i opreme, dovodi do smanjenja njihovih eksploatacijskih mogućnosti ili do potpune nemogućnosti njihove upotrebe.

Princip obezbeđenja nesmetanog toka proizvodnje, sa što manje prekida, zastoja i otkaza, iziskuje angažovanje skupocene opreme za dijagnostiku, remont i ispitivanje, kojom rukuje posebno obučeni stručni kadar; uz korišćenje znatne količine rezervnih delova iz skladišta — što je veoma skupo i nerentabilno.

U toku dugogodišnjeg rada na remontu i održavanju sredstava specijalne namene, Tehnički remontni Zavod — Čačak je, radi smanjenja troškova na sveukupnom tehničkom održavanju pri remontu sredstava, uveo i razvio posebnu oblast opravke revitalizaciju ili regeneraciju rezervnih delova. Optimizacija zaliha rezervnih delova po asortimanu i količini u skladištima, uvođenje postupka regeneracije delova, uz

smanjene zavisnosti od uvoza i proizvođača opreme i sniženje troškova održavanja proizvodne opreme i sredstava je sve više prisutan način organizovanja modernih službi plansko-preventivnog održavanja.

U ovom radu biće prikazane metode i njihove karakteristike, mogućnosti i postupci regeneracije rezervnih delova u Tehničkom remontnom Zavodu Čačak — radi njihovog prikazivanja potencijalnim korisnicima i proširenja područja primene u današnjim uslovima proizvodnje i remonta opreme i sredstava. Saznanja iz regeneracije sve se više koriste i pri izradi novih delova radi uštede na skupim materijalima ili obradi, kao i na poboljšanju mehaničkih, antifrikcionih, antikorozivnih i drugih karakteristika.

Metode regeneracije rezervnih delova

Pod pojmom regeneracija podrazumeva se sprovođenje niza tehnoloških operacija, čiji rezultat je obnavljanje radne sposobnosti oštećenog dela, vraćanjem njegovog oblika, veličine, dimenzija i željenih karakteristika na nivo pre početka eksploatacije ili na njegove dozvoljene remontne mere i karakteristike.

Opšti tehnološki proces regeneracije oštećenih rezervnih delova sastoji se od sledećih operacija:

- čišćenja, pranja i odmašćivanja dela;
- defektacije dela;
- pripreme dela za nanošenje metalnih slojeva;
- nanošenje metalnih slojeva na deo;
- mašinske, termičke, zaštitne i završne obrade dela,
- ispitivanja, kontrole kvaliteta, homologacije, konzervacije i pakovanje.

Sopstvenim razvojem i u saradnji sa nizom inostranih i domaćih firmi, Zavod je usvojio, usavršio i razvio više tehnologija, kojima se oštećeni delovi mogu uspešno regenerisati, uz ispunjenje traženih karakteristika dela u pogledu veka trajanja, pouzdanosti i bezbednosti pri upotrebi. Uzimajući kao osnov princip nanošenja dodatnog materijala na oštećeni deo, klasifikacija metode regeneracije korišćenih u Zavodu može se shematski prikazati kao na sl. 1.

Tehničke karakteristike metoda regeneracije sa najširoom primenom i područje njihove primene sa najkarakterističnijim predstavnicima oštećenih delova prikazani su u tabeli 1.

Svaka od navedenih metoda regeneracije delova prikazana u tabeli 1, ima svoje prednosti i nedostatke; tako da je jedan od osnovnih zadataka pri regeneraciji delova izbor optimalne metode, koja će obezbediti maksimalni vek trajanja dela uz minimalne troškove. Na izbor optimalne metode regeneracije nekog dela utiče mnoštvo faktora, od kojih su najznačajniji:

- karakteristike oštećenja na delu (položaj, vrsta, veličina);

— radni uslovi dela pri eksploataciji (veličina i vrsta opterećenja, način podmazivanja, karakteristike delova u kontaktu i radne sredine);

— konstrukcijsko-tehnološke karakteristike dela (geometrijski oblik i dimenzije, materijal sa mehaničko-metalografskim osobinama, tehničko stanje i način zaštite, tehnologije izrade);

— tehnološke i mehaničke karakteristike metalnih slojeva nanošenih na oštećenje površine delova, i

— troškovi regeneracije svih metoda regeneracije koje se mogu primeniti za oštećeni deo.

Na osnovu navedenih faktora, tehnološka služba u Zavodu određuje optimalnu metodu regeneracije sa proračunom očekujućeg veka trajanja dela i cenom regeneracije.

Obezbeđenje kvaliteta i ekonomičnosti regeneracije delova

Navedene metode regeneracije se primenjuju uz korišćenje savremene opreme i najkvalitetnijih dodatnih materijala svetskih i domaćih proizvođača, kao što su: »METCO«, »WELDSTEEL«, »LINCOLN«, »LOCTITE« — Sjedinjene Države: »CASTOLIN« — Švajcarska, »UTP«, »BOHLER« — Nemačka, »BEL-ZONA«, »METALOCK« — Engleska, itd. Zavod je tokom dugogodišnjeg rada uz razvoj samih metoda nanošenja dodatnih materijala na oštećeni deo, usavršio i nabavio opremu za kompletan tehnološki proces regeneracije delova. Posedujemo savremenu opremu i kadrove za sve tehnološke operacije pripreme delova i za operacije mašinske, termičke, galvanske zaštite i završne obrade delova.

Sl. 1 — Metode regeneracije primenjene u TRZ

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
1.	Ručno elektrolučno navarivanje (REL postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih kvaliteta, — čelični i specijalni liv — sivi liv — obojeni metali i njihove legure 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje čeličnih i ostalih materijala; slojem debljine 0,5—20 mm i tvrdoće 18÷65 HRC — međusobno zavarivanje čelika različitog kvaliteta — oplemenjivanje radnih površina konstrukcionih i drugih čelika (zubi bagera, delovi rudarske građevinske i prehrambene opreme) 	<ul style="list-style-type: none"> — kućišta, blokovi i poklopci motora SUS snage 0,5—1200 kW — glave motora SUS (sedište ventila) — zubi zupčanika — ožljebljenja na vratilima prečnika do 300 mm i duž. do 2000 mm — rukavci osovina i radnih valjaka prečnika do 1100 mm i dužine do 3500 mm. — alati za deformaciju i pribori
2.	Elektrolučno navarivanje pod prahom (EPP postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — nelegirani i niskolegir. čelici — niskougljenični čelici sa manje od 0,34% ugljenika 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje masivnih predmeta prečnika do 700 mm i dužine do 4000 mm, slojem debljine do 10 mm, tvrdoće od 14—40 HRC — zavarivanje brodskih limova i novih cevi debljine od 5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — laktaste osovine — doboši kvačila i kočnica — diskovi prednjih i zadnjih točkova — kućišta ležajeva — ozubljeni i ožljebljeni delovi vratila — spojnice i spojničko vratilo
3.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti aktivnog gasa CO ₂ (MAG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — nelegirani i niskolegirani čelici debljine do 10 mm — čelici za kotlovske limove i cevi tvrdoće do 60 dN/mm² — poboljšani i temperaturno otporni čelici 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje i zavarivanje raznih čeličnih konstrukcija (opčate, kotlovi, toplovodi, ...) gde se zahteva mala deformacija delova 	<ul style="list-style-type: none"> — kotlovi i toplovodi — rukavci na osovinama i radnim valjcima — gnezda ležaja — rukavci osovina i vratila i kompresora prečnika do 700 mm i dužine do 3500 mm

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
4.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti inertnog gasa organa (MTG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — aluminijum, bakar, i njihove legure debljine do 20 mm — visokolegirani i nerđajući čelici debljine do 10 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje delova tipa poklopaca, kućišta itd., slojem debljine do 20 mm — navarivanje i zavarivanje aluminijumskih i bakarnih legura sa sadržajem silicijuma, montaža cinka, olova itd. 	<ul style="list-style-type: none"> — glave i korita motora SUS od aluminijuma i njegovih legura — kućišta ležajeva
5.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti inertnog gasa organa (TIG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — Al, Cu, Mg, Ni, Ti, Zn, Be i njihove legure debljine veće od 0,5 mm — ugljeni i legirani čelici debljine veće od 0,5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje raznih mašinskih delova od teško zavarivanih čelika i visokolegiranih čelika — navarivanje obojenih legura — navarivanje bronzе i mesinga na čelik 	<ul style="list-style-type: none"> — alati od prohranskog i br-zoreznog čelika — karteri i delovi od Al legura — klipovi hidrauličnih sistema
6.	Hlandna gasna metalizacija žicom	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih vrsta — čelični, sivi i specijalni liv — obojeni metali i njihove legure 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci osovina prečnika do 1000 mm i dužine do 3500 mm tvrdoće od 14—50 HRC i debljine sloja 0,25—3 mm — vučni bubnjevi za izvlačenje bakarne žice prečnika do 1200 mm i dužine do 2500 mm — dve vrste rukavaca za ležajevе, čaure, klipovi,... — nanošenje na osnovni materijal sloja materijala različite vrste 	<ul style="list-style-type: none"> — gnezda ležaja na blokovima motora SUS — otvori u kućištima različitog tipa — vučni bubnjevi za žicu — ležajevi kolenaстиh osovina prečnika do 200 mm i dužine do 2100 mm — nanošenje bronzе i mesinga na klipove i klipnjače hidrauličnih sistema prečnika do 300 mm i dužine do 2600 mm

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
7.	Hladna gasna metalizacija prahom	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstrukcioni čelici — čelični, sivi i specijalni liv 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci kolena- stih vratila kompresora pre- čnika do 600 mm i dužine do 2100 mm, slojem debljine 0,25— —1,5 mm i tvr- doće do 400HV10 — pokretni i kliz- ni spojevi ma- šinskih delova — hidraulični kli- povi 	<ul style="list-style-type: none"> — kolenasto vrati- lo kompresora i motora SUS — rukavci osovina i vratila — valjci u papir- noj i tekstilnoj industriji preč- nika do 700 mm i dužine do 3500 mm
8.	Topla gasna metalizacija pra- hom	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstruk- cioni čelici, — otkovci od svih materijala 	<ul style="list-style-type: none"> — metalizacija bre- gastih vratila prečnika do 200 mm i dužine do 1500 mm, slo- jem od 0,1—1,5 mm tvrdoće do 65 HRC — nabacivanje bronzе na čelike — tvrdi nanosi na nerđajućim če- licima i livenom gvožđu — reparacija ce- mentiranih i kaljenih povr- šina 	<ul style="list-style-type: none"> — bregasta vratila motora SUS — puževi, ekstru- deri za gumu i plastiku i za- vojne površine — izduvne grane i blokovi motora — zubi zupčanika
9.	Topla gasna metalizacija meta- lokeramikom	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih vrsta — odlivci od čeli- ka, sivog i spe- cijalnog liva 	<ul style="list-style-type: none"> — oplemenjivanje radnih habaju- ćih površina na raznim delovi- ma — zaštita delova od koroziје u agresivnoj, ki- seloj i baznoj sredini 	<ul style="list-style-type: none"> — vratila muljnih i potapajućih pumpi — lopatice venti- latora — potisne ploče — specijalne for- me alata za ob- radu deformaci- jom

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
10.	Regeneracija tečnim metalom	<ul style="list-style-type: none"> — sve vrste čelika — čelični i sivi liv — sve vrste obojenih metala i njihovih legura 	<ul style="list-style-type: none"> — popravka oštećenja usled istrošenosti, pukotina, loma na blokovima motora, kućištima prenosnika, vratilima, klipovima — popravka oštećenja usled korozije i kovitacije 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci osovina i vratila — pukotine na blokovima motora — klipovi, cilindri — radna kola pumpi
11.	Tvrdo sjajno hromiranje	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstrukcioni čelici tvrdoće do 50 HRC — čelični, sivi i specijalni liv 	<ul style="list-style-type: none"> — klipnjače i cilindri u hidrauličnim sistemima prečnika do 500 mm i dužine do 2600 mm — rukavci ležaja na osovinama, slojem 0,05—0,5 mm i tvrdoće do 58 HRC — košuljice motora SUS — složene forme alata za plastiku i vulkanizaciju 	<ul style="list-style-type: none"> — klipnjače, klipovi i cilindri hidro-pneumatskih sistema — osovine klipova motora SUS — radne površine valjaka u grafičkoj industriji — rukavci bregastih osovina i radilica

Zavod ima savremeno opremljene laboratorije za određivanje i kontrolu hemijskog sastava, mehaničkih karakteristika i metalografskih osobina osnovnog materijala dela i nanošenog metalnog sloja. Posebna pažnja je posvećena defektoskopskim ispitivanjima bez razaranja, tako da se u Zavodu primenjuju enegrantska, magnetna, ultrazvučna i rendgenska kontrola kvaliteta regenerisanih delova, opremom za ispitivanje bez razaranja rukuju naši specijalisti koji poseduju domaće i međunarodne ateste i ovlašćenja.

Za sve postupke regeneracije Zavod izdaje odgovarajuće garancije (ateste, sertifikate i sl.).

Ekonomičnost regeneracije oštećenih delova, u uslovima moguće izrade ili nabavke novog dela, ocenjuje se pomoću koeficijenta cene (K_c) koji se računa kao

$$K_c = \frac{C_n - C_r}{C_n}$$

gde je:

C_n — cena izrade ili nabavke novog dela i

C_r — cena regeneracije oštećenog istog takvog dela.

Smatra se ekonomski opravdana regeneracija ako je $K_c \geq 0,4$. Zavodska iskustva pokazuju da je $K_c = 0,4 - 0,9$ što znači da se cena regenerisanog oštećenog dela kreće 10% do 60% od cene novog istog takvog dela.

Opravdanost i ekonomičnost regeneracije oštećenog dela utvrđujemo najčešće sagledavanjem sledećih pokazatelja:

- odnosa cene novog i regenerisanog dela;

- mogućnosti obezbeđenja novog dela;

- potrebnog vremena za regeneraciju dela, i

- pouzdanosti veka trajanja regenerisanog dela u odnosu na novi deo.

O ekonomskoj opravdanosti regeneracije upoznajemo Vas pri razmatranju mogućnosti regeneracije i navedenih pokazatelja, na bazi Vašeg zahteva.

Asortiman delova i sklopova koji se regenerišu

Asortiman delova i sklopova koji se regenerišu u Zavodu je veoma raznovrstan, počev od vitalnih do najjednostavnijih delova u određenim sklopovima i agregatima mašina i opreme, i može se podeliti u sledeće karakteristične grupe:

- motori SUS (blok, korito ulja, kolenasto i bregasto vratilo klipnjače, klipovi, osovine, čaure, ...);

- menjači i multiplikatori stepena prenosa (zupčanici, sinhrona poluge, vratila, osovine, doboši, čaše, ručice, ...);

- sistemi za upravljanje i zaustavljanje (pogonski točkovi, laktaste osovine i torziona vratila, poluge, čaure, doboši, kočione trake, ...);

- ventilatori (osovine, rotori, lopatice, diskovi, ...);

- hidraulični i pneumatski sistemi (klipovi, klipnjače, cilindri, ventili, razvodnici, pumpe, ...);

- alati za: vulkanizaciju, plastiku, obradu deformisanjem, kovanje i live-nje;

- valjci u papirnoj, grafičkoj industriji i u željezarama;

- delovi mašina alatki, presa, specijalnih mašina i uređaja;

- delovi opreme u procesnoj industriji, farmaceutskoj i hemijskoj industriji;

- delovi građevinskih i rudarskih mašina (zubi bagera, kašike utovarivača, raonici, članci i osoviničnice guseničnog platna, zupčasti točkovi, ...).

Pregled najkarakterističnijih delova sa najčešćim oštećenjima prikazan je u tabeli 2 (str. 26—30).

Zaključak

Mogućnosti regeneracije delova i sklopova metodama koje se izvode u Zavodu su veoma široke, tako da skoro nema oblasti svakodnevne proizvodnje ili održavanja u kojoj se neka od registrovanih metoda ne može primeniti.

U Zavodu se trenutno planira i radi na uvođenju novih metoda kao što su:

- plazma tehnologija;

- mrežasto hromiranje;

- hemijska prevlaka nikla po KANIGEN-B postupku;

- lasersko površinsko otvrđavanje;

- jonska implantacija površine metala, i

- prevlačenje metala postupcima PVD i CVD.

Naziv i skica dela	Najčešća oštećenja
<p>BLOK MOTORA</p>	<ul style="list-style-type: none"> — pukotine, razne — proširena gnezda ležaja radilice i bregaste osovine — oštećenja navojnih otvora
<p>GLAVA MOTORA</p>	<ul style="list-style-type: none"> — pukotine, razne — neravnost nalegajuće površine — pohabanost sedišta ventila — oštećenja navojnih otvora
<p>RADILICA MOTORA</p>	<ul style="list-style-type: none"> — iskrivljenost — istrošenost rukavaca i čeonih naslona — pohabanost žljebova rukavca
<p>BREGASTO VRATILO</p>	<ul style="list-style-type: none"> — iskrivljenost — istrošenost rukavaca i bregova

KARTER MOTORA

- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja radilice i bregaste osovine
- oštećenje navojnih otvora

LAKTASTE OSOVINE

- istrošenost rukavaca

KUĆIŠTA (RAZNA)

- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja
- oštećenja navojnih otvora

Naziv i skica dela	Najčešća oštećenja
<p data-bbox="247 315 605 354">KUČIŠTA (RAZNA)</p>	<ul data-bbox="1256 367 1645 583" style="list-style-type: none"> — pukotine, razne — proširena gnezda ležaja — oštećenja navojnih otvora
<p data-bbox="247 1343 673 1382">POGONSKA VRATILA</p>	<ul data-bbox="1256 1374 1698 1505" style="list-style-type: none"> — iskrivljenost — pohabanost rukavaca i žljebova
<p data-bbox="247 1895 677 1934">SPOJNIČKA VRATILA</p>	<ul data-bbox="1256 1986 1680 2091" style="list-style-type: none"> — pohabanost žljebova — iskrivljenost

Naziv i skica dela	Najčešća oštećenja
<p>KOČIONI DOBOŠI</p>	<ul style="list-style-type: none"> — istrošenost radne površine
<p>OZUBLJENI VENCI</p>	<ul style="list-style-type: none"> — oštećenje ozubljenja, mestimična pohabnost — kotrljanja staze
<p>ZUPČANICI</p>	<ul style="list-style-type: none"> — oštećenja zubaca, mestimična — pohabanost žljeba za klin

Naziv i skica dela	Najčešća oštećenja
<p>SPOJNICE</p>	<ul style="list-style-type: none"> — oštećenja ozubljenja, mestimična — pohabanost žljebova
<p>VALJCI ZA PAPIRNU INDUSTRIJU</p>	<ul style="list-style-type: none"> — istrošenost rukavaca i radnih površina
<p>EKSTRUDERI</p>	<ul style="list-style-type: none"> — istrošenost zavojne površine i rukavaca

Literatura:

- [1] M. A. Elizavetin, E. A. Satelj »Tehnologiĉeskie sposobi povišenja dolgoveĉnosti mašin«, Mašinostroenie, Moskva, 1969. god.;
- [2] G. L. Petrov »Teorija svoroĉnih procesov« Mašinostroenie Moskva, 1977. god.;
- [3] Ž. Avramović, D. Jovanović »Terotehnologija u industriji ĉelika«, Nauĉna knjiga Beograd 1988. god.;
- [4] V. A. Vinokurov »Svaroĉnie deforma ii i neprjaženija«, Mašinostroenie, Moskva, 1978. g.;
- [5] Standardi: JUS, DIN, GOST, ISO.
- [6] DVS — Merkblatt-1.
- [7] Prospekti i propagandni materijal firmi: CASTOLIN, METCO, WELDSTEEL, LOCTITE, LINCOLIN, UTP, BOHLER, BELZONA, METALOCK, OERLIKON, YUWELD, FEP.
- [8] Upustva, interni standardi i katalozi Tehniĉkog Remontnog Zavoda Ćaĉak.