

Poboljšanje efikasnosti tehnoloških procesa i smanjenje upotrebe resursa u industriji livarstva primenom BAT i BREF dokumenata

ALEKSANDAR I. JOVIČIĆ, Visoka broderska škola
akademskih studija, Beograd
LAZO M. KUKOBAT, Visoka broderska škola
akademskih studija, Beograd
DRAGANA M. ĐERGOVIĆ, Visoka broderska škola
akademskih studija, Beograd

Stručni rad
UDC: 621.74:005.7
DOI: 10.5937/tehnika1906832J

U ovom radu prikazani su svi transformacioni procesi kojim se ulazi (energija, voda, ulazni materijali) pretvaraju u izlaz proizvod/odlivak kroz niz aktivnosti i pod dejstvom niza faktora.

Uzimajući u obzir podatke o najboljoj dostupnoj tehnici (BAT) koje operater postrojenja primenjuje ili planira da primeni radi smanjenja zagađenja prikazani su procesi: prijema ulaznih sirovina i materijala, pripreme materijala, topljenja materijala u pećima i priprema za livenje, izrade alata, izrade kalupa i pripreme peska, livenja, istresanja odlivaka i finalne obrade odlivaka.

Navedeni procesi su prikazani uzimajući u obzir analizu BREF dokumenata i upoređivanje postojećeg stanja, na terenu s BREF preporukama uz predlog za unapređenje, tamo gde je to neophodno, i na osnovu izrade zahteva za izdavanje integrisane (IPPC) dozvole, koji se odnosi na korišćenje najboljih dostupnih tehnika u proizvodnji sivog, čeličnog i nodularnog liva, i koji podrazumeva opis postrojenja, proizvodnog procesa i procesa rada, podatke o najboljoj dostupnoj tehnici koja je korišćena za procenu procesa, kao i upoređivanje procesa koje se obavlja u odnosu na relevantni BAT.

Ključne reči: livarstvo, tehnološki procesi, BAT, BREF dokumenta

1. STANJE LIVNICA U SRBIJI

Srpska livačka industrija već duži niz godina suočava se s veoma teškim uslovima poslovanja kako u tehnološkom, materijalnom tako i u kadrovskom smislu. Usled izmenjenih političkih i ekonomskih okolnosti došlo je do promena u privrednom ambijentu. Otklanjanje barijera u poslovanju i međunarodno povezivanje kompanija svakako zahteva značajne promene i u srpskim livnicama kako bi se što pre prilagodile zahtevima globalnog tržišta. Na- žalost, veliki broj srpskih livnica nije uspeo da se prilagodi novim okolnostima i prestale su s radom ili su značajno smanjile obim poslovanja [1, 2].

1.1. Stanje srpskih livnica u odnosu na zakonsku regulativu

Uzimajući u obzir zakonsku regulativu koja se

Adresa autora: Aleksandar Jovičić, Visoka broderska škola akademskih studija, Beograd, Bulevar vojvode Putnika 7

e-mail: aleksandar.jovicic.aj@gmail.com

Rad primljen: 04.09.2019.

Rad prihvaćen: 01.11.2019.

jednim svojim delom odnosi na livnice crne i obojene metalurgije, Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine, lako je uočiti niz prepreka s kojim će se pored svih napred navedenih problema, suočiti srpske livnice pri integraciji Republike Srbije u Evropsku uniju.

Sumirajući uzroke nastalih problema koji prethodnih godina opterećuju industriju livarstva u Srbiji, pored pomenutih tranzicionih problema i problema privatizacije, svakako treba pomenuti i probleme nastale usled zastarele opreme i tehnologija u fabrikama ali i na institutima i fakultetima, nedostatak finansijskih sredstava povezan s nepovoljnim bankarskim kreditima i kamatama, što za posledicu ima nedovoljno ulaganje u razvoj, opremu i kadrove, uz slabo organizovan marketing i nedefinisane politiku izvoza imamo nekonkurentnu industriju livarstva u pogledu cene i kvaliteta na globalnom tržištu.

Kako navodi Manasijević i dr. u budućnosti od livnica u Srbiji zahteva se prilagođavanje globalnom tržištu uz povećanje tehničkih sposobnosti i ekonomske efikasnosti kroz racionalizaciju i optimizaciju proizvodnje kako bi se zadovoljila rastuća

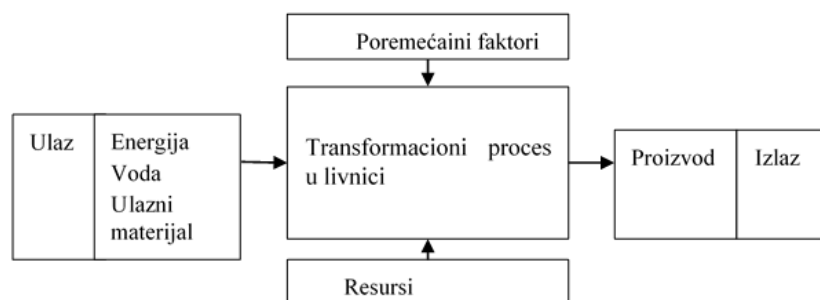
očekivanja kupaca u pogledu kvaliteta, kraćeg vremena realizacije proizvoda, manjih serija, s nižim i konkurentnim cenama [3]. Sve napred navedene prepreke, a svakako i problemi s kojima se susreću livnice u Srbiji, ukazuju na to da samo one livnice koje budu pravovremeno izvršile odgovarajuće brze, kako tehnološke tako i menadžerske promene, mogu opstati na tržištu.

Naši menadžeri kao da ništa nisu naučili iz prošlosti. U livačkoj industriji i uopšte u industriji postupali su kao menadžeri u SAD pre više od četrdeset godina. Težili su povećanju kapaciteta po svaku cenu uz minimalno i neophodno održavanje opreme. Forsirano je povećanje kapaciteta na račun proizvodnosti, povećanog utroška energije, zagađenja životne

sredine, naravno na uštrb kvaliteta, odnosno uz veliki škart. Ovakav koncept doveo je američke kompanije u vrlo nezavidnu situaciju u odnosu na konkurenciju a našu privredu, tačnije livačku industriju, ovakav koncept doveo je pred bankrot [4].

2. TEHNOLOŠKI PROCESI U INDUSTRIJI LIVARSTVA

Transformacioni proces kojim se ulaz (energija, voda, ulazni materijal) pretvara u izlaze (proizvod) odvija se kroz niz aktivnosti i pod dejstvom niza faktora. Na slici 1 je prikazana karta procesa u livnici. Za realizaciju procesa u livnicama, kao uostalom i svih procesa, neophodni su odgovarajući resursi [5]



Slika 1- Karta procesa u livnici, modifikovano prema [5]

Kako livarstvo od nastanka ljudske civilizacije ima veliki uticaj na razvoj društva tako su i različiti autori kroz istoriju, iz različitih uglova, opisivali tehnološke procese u ovoj grani industrije.

Uzimajući u obzir zakonsku regulativu koja se jednim svojim delom odnosi na livnice crne i obojene metalurgije, pre svega Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine i ostale podzakonske akte i međunarodne direktive, autori ovog rada smatraju da se upravo iz ugla navedene zakonske regulative može dati jedan novi pogled na tehnološke procese u livnicama.

2.1. Proces prijema ulaznih sirovina i materijala

Prilikom prijema i čuvanja sirovina u livnicama, neophodno je voditi računa o tome da se sirovine sortiraju prema kvalitetu, kao i da se skladište i održavaju u optimalnim uslovima. Ukoliko je izvodljivo, treba planirati u sklopu livnice uspostavljanje reciklažnog centra koji će dodatno podići nivo kvaliteta ulaznog materijala (metalnog loma).

Kao primer, gde je odlučeno da se uđe u proces izgradnje reciklažnog centra, kada je proizvodnja premašila 2000 t odlivaka na mesečnom nivou, uzima se Livnica „Guča“. Predmetni objekat-Reciklažni centar je izgrađen a namena mu je skladištenje i priprema sekundarnih sirovina za dalji proces proizvodnje odnosno topljenja. [6] U okviru reciklažnog centra

sekundarnih sirovina mogu se obavljati sledeće operacije: doprema i istovar u okviru skladišta, razvrstavanje i sortiranje sirovina, rezanje metalnih predmeta, prikupljanje pripremljenih sirovina i skladištenje u kontejnere ispod nadstrešnice, otprema pripremljenih sirovina u pogon topionice na dalju preradu. Skladištenje ulaznih materijala treba da bude adekvatno (natkriven prostor, selekcija ulaznih materijala, sortiranje prema veličini i dodatna mehanička priprema gde je to potrebno). Svi uređaji i mašine koje rade u pripremi kaluparskih masa, vezano s kruženjem mase u celom sistemu, trebalo bi da rade u automatskom ciklusu.

Svakako, posebnu pažnju treba posvetiti skladištenju zapaljivih tečnosti i tečnih gasova, koji moraju da se skladište u posebnim objektima izgrađenim po svim važećim propisima za tu namenu. Burad s tečnostima moraju biti grupisana u određenim grupama prema zapaljivosti, s međusobnim rastojanjem od 2 m. Boce s gasovima moraju biti smeštene u određene boksove u zavisnosti od vrste i količine. S obzirom da se u livnicama za proces sinterovanja [7] koristi CO₂, kao i dizel gorivo za transportna sredstva, svakako bi se znatne uštede postigle izgradnjom gasifikacione stanice za CO₂, kao i podzemnog rezervoara za D2 i evrodizel [8].

Neophodno je i posedovanje skladišta opasnih materija uz sprovođenje svih potrebnih mera bezbednosti

u skladu s primenljivim tehničkim propisima. Prilikom skladištenja opasnih materija, posebno se vodi računa da se one skladište na pravilan način, u skladu s odgovarajućim bezbednosnim listovima (da se nekompatibilni materijali ne drže zajedno). Neophodno je da na licu mesta (tamo gde je to potrebno, u skladu s bezbednosnim listovima) budu obezbeđena sva odgovarajuća sredstva za prikupljanje prosute tečnosti. Opasne materije se moraju držati zaključane. U svakoj livnici posebna pažnja mora se posvetiti razdvajanju i sortiranju otpada. Uspostavljanjem odgovarajućih procedura za upravljanje otpadom i opasnim materijama, kao i kroz plan upravljanja otpadom, treba definisati način postupanja s otpadom [9, 10, 11, 12]. Prilikom nabavke sirovina i pomoćnih materijala, kada god je to moguće, težiti da se materijal naručuje u većim pakovanjima (kontejneri, kamioni-cisterne, džambo vreće), a kada postoje uslovi za to, robu naručivati u povratnoj ambalaži.

2.2. Proces pripreme materijala

Punjenje peći u livnicama se po pravilu vrši ručno mada treba težiti automatizaciji procesa. Materijal se mora posebno i pažljivo obrađivati, težiti da se isključivo koristi čist materijal, što manje korodirao, da nema visokolegiranih čelika: pogotovo ne čelika s visokim procentom mangana. Po pravilu treba birati što je više moguće krupnije komade od sivog i mašinskog liva pri čemu treba voditi računa da najmanje 40% uloženog materijala bude u krupnijim komadima /približan prečnik ili prostorna dijagonala trebalo bi da bude veća od 200 mm. Ukoliko se ne raspolože s ovakvom šaržom moraju se prethodno pripremiti startni blokovi, izliveni od sivog liva. Tokom postupka se mora obavezno vršiti monitoring procesa (merenje odgovarajućih parametara) i u skladu s tim, vršiti korekcije tamo gde je to potrebno (merenje temperature livenja i kontrola hemijskog sastava liva) [9, 11].

Svaka livnica treba da teži internoj reciklaži jednog dela otpadnog metala iz procesa (dodatak u metal za topljenje, u slučaju da zadovoljava po kvalitetu). Procentualno učešće povratnog materijala iznosi 20-40% u zavisnosti od materijala (sivi liv: 20%, nodularni liv: 30%, čelici: 40%).

2.3. Proces topljenja materijala u pećima i priprema za livenje

U livnicama čelik se može topiti kako u elektro-lučnim pećima, tako i u indukcionim pećima. Izbor između različitih tipova peći se zasniva na tehničkim kriterijumima (npr. kapacitet, vrsta/klasa čelika). Zbog prerađivačkih performansi koje poseduju elektro-lučne peći omogućavaju topljenje nižih klasa metalnog loma. Ovo predstavlja prednost u odnosu na manje zahtevnu pripremu metalnog loma, ali zahteva odgovarajuće praćenje dimnih gasova i sistem za prečišćavanje [13,

14]. Za topljenje livenog gvožđa, mogu se koristiti kupolne peći, elektro-lučne peći, indukzione i rotacione peći. [9, 12] Veoma često se za čuvanje i održavanje liva na adekvatnoj temperaturi koriste indukciono receptori. Razvojem topljenja u elektro-indukcionim pećima proširile su se mogućnosti korišćenja različitih sirovina za topljenje. Pošto se u tečno kupatilo direktno šaržira, to su moguće manje i veće eksplozije izazvane prisustvom vlage i organskih nečistoća koje se unose s materijalom. Ovaj problem se rešava sušenjem šarže a u poslednje vreme predgrevanjem koje rešava navedeni problem, takođe i povećava kapacitet topioničkih agregata. U osnovi procesa predgrevanja javlja se potreba zagrevanja šarže na temperature od 350-700°C. Ovo zagrevanje je potrebno izvršiti u što kraćem vremenskom periodu, jer je u praksi dokazano da se dugim vremenom grejanja šarže uvećava stepen oksidisanosti materijala koji se zagreva. Proces predgrevanja šarže praćen je sledećim prednostima:

- smanjuje se potrošnja električne energije (oko 120 kWh/t kod zagrevanja na 600°C);
- poboljšavaju se uslovi rada u topionici;
- povećava se kapacitet elektro-indukcionih peći za oko 20%;
- produžava se vreme trajanja obloge peći i obezbeđuju se bolji uslovi bezbednosti i zdravlja na radu pri topljenju;
- umanjuje se mogućnost unošenja izvesnih nečistoća.

Predgrevanje šarže izvodi se u skladu s režimom rada topioničkih agregata. Materijal koji se šaržira u indukcionu peć može biti predgrevan na dva načina:

- u kontejnerima gde se šarža greje pomoću brenera
- u protočnoj peći gde šarža u rastresitom stanju na vibro transporteru prolazi kroz peć.

2.4. Proces izrade alata

Prilikom izrade alata koji se koriste pri izradi livačkih kalupa preporučuje se primena CAD i CAM tehnologija (izrada na CNC mašinama) [15]. Pre pristupa neposrednoj izradi alata ove tehnologije omogućavaju da se vrši simulacija tehnološkog procesa. Nakon simulacije procesa (brzina livenja, vreme očvršćavanja, pojava lunquera i dr.), a u slučaju pojave greške u odlivku moguće je definisati uzroke greške.

Ako su greške u tehnologiji livenja, neophodno je popraviti tehnologiju livenja, a ako su greške posledica konstrukcionog oblika alata ista se konstrukciono menja. Nakon ove aktivnosti alat se izrađuje na CNC mašinama za konstruisanje (Solid Works kao 3D CAD softver). Primena informacionih tehnologija i virtualne izrade odlivaka, pored skraćivanja vremena osvajanja

proizvoda i smanjenja troškova proizvodnje, omogućava i proizvodnju kvalitetnijih odlivaka u prvom pokušaju. Primenom kompjuterske simulacije livenja bitno se utiče na produktivnost, količinu škarta i utrošak energije po kilogramu odlivka [9, 10]. Za procesiranje livenja poželjno je korišćenje softverskog sistema MAGMASoft, koji je kompatibilan sa Solid Works-om, Solid CAM-om i sličnim softverima.

2.5. Proces izrade kalupa i priprema peska

Za pripremu peska i kalupa najefikasnije je da se obezbedi kontinualni, automatski sistem za regeneraciju i pripremu peska (stanica za pripremu peska). Istrošena kaluparska masa se meša sa svežim količinama novog peska, dodaju se i ostale komponente za pripremu kaluparske mase i nakon više faza, prelazi u deo procesa za izradu kalupa. Sveži pesak služi za osveženje mase. Njegova procentualna potrošnja zavisi od tehnologije livenja i iznosi 2-6% količine povratne mase.

Ukoliko se otpadni livački pesak ne regeneriše, u automatskom postrojenju za pripremu peska, može predstavljati veliki problem vlasnicima livnica. Livenje u jednokratnim kalupima obuhvata proizvodnju pešćanih kalupa s bentonitnom mešavinom ili nekom drugom vezivnom hemikalijom i proizvodnju pešćanih jezgara s hemikalijama kao vezivnim sredstvom. U skladu sa težnjom za smanjenje otpada i njegovim trajnim odlaganjem primarna je regeneracija bentonitne mešavine.

U vezi s primenom najbolje dostupnih tehnika su i odnosi regeneracije peska koji se kreću u granicama od 90-94% pa čak i do 98%. Ulivanjem, hlađenjem i istresanjem iz kalupa nastaju emisije prašine, isparavanja organskih jedinjenja i drugi organski produkti. Najbolje dostupne tehnike predviđaju zatvoreno ulivanje i hlađenje i omogućavaju ekstrakciju izduva za serijske linije, za livenje kao i zatvaranje opreme za istresanje iz kalupa i tretiranje izduvnih gasova vlažnim ili suvim odstranjivanjem prašine. Zbog različite prirode procesa, proizvodnja odlivaka u trajnim kalupima zahteva drugačiju usmerenost po pitanju zaštite životne sredine u odnosu na livenje u jednokratnim kalupima.

Kao medijum koristi se voda. Emisije u vazduh se javljaju u vidu uljane magle a ne kao kod jednokratnih kalupa u vidu prašine i produkata sagorevanja [9,10]. U praksi, potrebno je da u livnicama bude instaliran kontinualni, automatski sistem za regeneraciju i pripremu peska.

kaluparsku masu treba mešati sa svežim količinama novog peska uz dodavanje ostalih komponenti za pripremu kaluparske mase i nakon više faza, treba preći u deo procesa izrade kalupa. Sveži pesak treba da služi za osveženje mase. Njegova procentualna

potrošnja zavisi od tehnologije livenja i iznosi 2-6% količine povratne mase.

2.6. Proces livenja

Proces livenja podrazumeva upotrebu, potrošnju, kombinaciju i mešanje različitih vrsta materijala. Najbolje dostupne tehnike u industriji livarstva zahtevaju od livnica smanjenje potrošnje sirovina i pospešuju sakupljanje i reciklažu ostataka [9,12].

Proces livenja, pri automatskom livenju, se sastoji iz:

- transporta tečnog gvožđa izlivenog iz peći za topljenje;
- ulivanja tečnog gvožđa u livnu peć;
- pripreme kalupne mešavine u automatskom postrojenju pripreme peska;
- transporta kalupne mešavine do kaluparske mašine;
- izrade kalupa;
- livenja u kalupe pomoću livne peći;
- transporta i hlađenja kalupa s odlivenim kompletima (odlivci s ulivnim sistemom);
- istresanja odlivenih kompleta;
- transporta istrešene (povratne) kalupne mešavine nazad u odeljenje pripreme peska a odlivenih kompleta u odeljenje čistionice;
- čišćenja (peskarenja) odlivenih kompleta u protočnom uređaju;
- odlamanja delova ulivnog sistema;
- brušenja, obrublivanja i po potrebi brušenja odlivaka;
- kontrole odlivaka, pakovanja i otpreme.

Ovako postavljen proizvodni proces livenja koji se predlaže za primenu potpuno je automatizovan i pogodan za proizvodnju odlivaka od sivog i nodularnog liva u velikim serijama.

Najvažniji uređaji (intezivna mešalica za pripremu kalupne mešavine, mašina za izradu kalupa i livna peć) rade u automatskom režimu. Transport materijala u tehnološkom procesu je takođe potpuno automatizovan.

Da bi se u potpunosti sprovela automatizacija procesa u livnicama prethodno je potrebno izvršiti analizu sledećih kriterijuma:

- troškova nabave opreme, kalibrisanja, programske podrške i održavanja;
- pouzdanosti i raspoloživosti pri ispadu sklopova ili greškama u programskoj podršci;
- fleksibilnosti pri modifikacijama, - usklađenosti delova procesa i optimizaciju celokupnog procesa jednostavnost rukovanja i održavanja.

2.7. Proces istresanja odlivaka

Doliveni kalupi se transporterima prenose, uz istovremeno hlađenje, do istresne rešetke, na kojoj se odlivci s ulivnim sistemom istresaju iz kalupa. Istrešeni (povratni) pesak propada kroz rešetku i sistemom transportera s gumenom trakom prenosi se do hladnjaka u odeljenju pripreme peska i posle hlađenja skladišti u bunkerima do ponovne upotrebe.

2.8. Proces finalne obrade odlivaka

Istrešeni odliveni kompleti (odlivci i delovi ulivnog sistema) prenose se dalje u odeljenje čistionice, do uređaja za peskarenje, tj. za čišćenje mlazom metalne sačme. Odlivci se prenose na operaciju brušenja, obrubljivanja i po potrebi bušenja. Gotovi odlivci se kontrolišu, pakuju i na kraju otpremaju kupcu [16].

3. ZAKLJUČAK

Poznato je da su livnice jedan od najvećih i najopasnijih zagađivača. Pri radu livnice dolazi do emisije u vazduh mnogobrojnih štetnih i opasnih materija od kojih su najopasniji teški metali. Teški metali (kadmijum, olovo, nikl, arsen...) su dokazano otrovni i kancerogeni. Pored toga nastaju i značajne količine otpadnih voda i otpada (šljaka, otpadni pesak, otpadni metal, mulj, metalna i nemetalna prašina...).

U ovom radu u obzir su uzeti podaci o najboljoj dostupnoj tehnici (BAT) koje operater postrojenja treba da primeni radi smanjenja zagađenja u procesima prijema ulaznih sirovina i materijala, pripreme materijala, topljenja materijala u pećima i priprema za livenje, izrade alata, izrade kalupa i pripreme peska, livenja, istresanja odlivaka i finalne obrade odlivaka.

Kao primer primene BAT može se uzeti projekat Svetske banke „International finance corporation“ (IFC), čiji je cilj bio integrisan pristup kontroli zagađivanja: svođenje na minimum potrošnje sirovina i energije; sprečavanje ili smanjenje emisija u vazduh, vodu i zemljište, vodeći računa o upravljanju otpadom, sproveden u Industrijskom kombinatu livnica doo „Guča“ 2011. godine.[17]

Navedeni procesi su prikazani uzimajući u obzir analizu BREF dokumenata i upoređivanje postojećeg stanja, na terenu s BREF preporukama uz predlog za unapređenje, tamo gde je to neophodno, i na osnovu izrade zahteva za izdavanje integrisane (IPPC) dozvole, koji se odnosi na korišćenje najboljih dostupnih tehnika u proizvodnji sivog, čeličnog i nodularnog liva, i koji podrazumeva opis postrojenja, proizvodnog procesa i procesa rada, podatke o najboljoj dostupnoj tehnici koja je korišćena za procenu procesa, kao i upoređivanje procesa koje se obavlja u odnosu na relevantni BAT u livnicama.

LITERATURA

- [1] <http://www.pks.rs/>, dostupno: jul 2015.
- [2] Radiša R, Gulišija Z, Use of concurrent engineering by development and optimisation of echnology of metal casting, paper in journal *Tehnika* No. 4, Serbia, Belgrade, September 2006.
- [3] Manasijevic S, Pavlović-Aćimović Z, Radiša R, *Optimizacija parametara livenja klipova korišćenjem softverskog paketa Magmasoft*, MJoM Metalurgija-Journal of Metallurgy, Beograd, oktobar 2008.
- [4] Filipović J, Đuričić M, *Osnove kvaliteta*, FON Beograd, 2009.
- [5] Đuričić M, Aćimović-Pavlović Z, Đuričić R, *Tehnologija procesnog pristupa-osnova za unapređenje procesa u metalurgiji*, MJoM, Vol 13, No 3, 2007.
- [6] Snežana Azanjac-Jovanović, *Glavni projekat Reciklažnog centra Guča*, Projektni biro Čačak, Čačak 2013.
- [7] Г. В. Самсонов, *Конфигурационные представления электроного строения в физическом материаловедении*, Наукова Думка, Киев, 1977.
- [8] Reference document on Best Available Techniques on Emissions from Storage, July, 2006.
- [9] Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries industry, May 2005.
- [10] Reference document on Best Available Techniques in Waste treatment Industries, August 2006.
- [11] Radni plan postrojenja za upravljanje otpadom, Sirmium Steel d.o.o., Topionica i livnica čeličnih gredica, Inovacioni centar Tehnološko – metalruškog fakulteta, Beograd 2011.
- [12] Studija o proceni uticaja na životnu sredinu projekta *Rekonstrukcije i dogradnje livnice – proizvodna linija Disamatik*, Akcionarsko društvo „Radijator“ Zrenjanin, Prokonsting, Kikinda, 2011.
- [13] Zrnić Đ, Prokić M, Milović P, *Projektovanje livnica*, Univerzitet u Beogradu, Beograd 1997.
- [14] *Tehnološki projekat livnice sivog liva „Guča“*, Tehnološko-metarluški fakultet Univerziteta u Beogradu, Miloš N. Tomović, Beograd 1978.
- [15] Radomir Slavković, Ivan Milićević, *Programsko upravljanje mašinama, Programiranje mašina alatki sa primerima*, Tehnički fakultet Čačak, 2010.
- [16] Zoran Anišić, *Proizvodne tehnologije II, tehnologija livenja*, Subotica 2003.
- [17] Aleksandar Jovičić, *Unapređenje ključnih indikatora performansi poslovanja u industriji livarstva*, doktorska disertacija, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, 2016.

SUMMARY

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND REDUCING THE USE OF RESOURCES IN THE FOUNDRY INDUSTRY BY APPLYING BAT AND BREF DOCUMENTS

This paper illustrates all the transformation processes by which inputs (energy, water, input materials) are converted into a product / casting output through a series of activities and under the influence of a number of factors.

Taking into account the Best Available Technique (BAT) data that a plant operator applies or plans to apply to reduce pollution, the following processes are presented: receiving raw materials and other materials, preparing materials, melting materials in furnaces and preparing for casting, tool making, mold making and sand preparation, casting, casting of castings and finishing of castings.

The above processes are presented taking into consideration the analysis of BREF documents and comparison of the current situation, in the field with the BREF recommendations with a proposal for improvement, where necessary, and on the basis of the preparation of request for issuing an integrated (IPPC) permit, related to the use of the best available techniques in the production of gray, steel and ductile casting, which includes a description of the plant, production process and work process, information on the best available technique used to evaluate the process, and a comparison of the processes performed with respect to the relevant BAT.

Key words: *foundry, technological processes, BAT, BREF documents*