

## PRAĆENJE I ANALIZA REZULTATA TEHNOLOŠKOG PROCESA ZAVARIVANJA

### MONITORING AND ANALYSIS OF THE WELDING PROCESS RESULTS

Goran ŠIMUNOVIĆ<sup>1)</sup>, Božo DESPOTOVIĆ<sup>2)</sup>, Ivan VRAČEVIĆ<sup>3)</sup>, Ilija SVALINA<sup>1)</sup>

**Ključne riječi:** ERP, praćenje proizvodnje, zavarivanje

**Key words:** ERP, production monitoring, welding

**Sažetak:** U radu je dan djelomični opis tehničke i tehnološke dokumentacije značajne za praćenje i analizu tehnološkog postupka zavarivanja. Prikazana je struktura postojećeg ERP sustava s karakteristikama podsustava za praćenje kvalitete. Budući da postojeći ERP sustav ne sadrži modul u kojem bi se pripremila potrebna dokumentacija, pratila i analizirala kvaliteta procesa zavarivanja, predložena je dogradnja sustava. Prikazano je nekoliko maski novog modula i izdvojena izvješća čija bi priprema klasičnim putem zahtijevala dosta vremena.

**Abstract:** The article partially describes the technical and technological documentation important for monitoring and analysis of the welding process. In this article the structure of the existing ERP system with the characteristics of subsystems for quality monitoring has been shown. Because the current ERP system does not contain a module that would prepare the necessary documentation, monitor and analyze the quality of welding process, the upgrade of the system is proposed. In the article several masks of new modules and separate reports have also been shown. It would be less time consuming when comparing to classical preparation.

---

<sup>1)</sup> Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I. Brlić-Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod

<sup>2)</sup> Austrian Energy & Environment, Đuro Đaković-Termoenergetska postrojenja d.o.o., 35000 Slavonski Brod

<sup>3)</sup> Same Deutz – Fahr žetelice d.o.o., Županja

## 1. UVOD

Praćenje proizvodnje neophodno je za kontrolu poslovanja i upravljanje proizvodnim procesom. Osim utrošenog vremena, potrebno je pratiti i kvalitetu obavljenih poslova. Utrošeno vrijeme i količinu planiranih poslova prati uglavnom operativna priprema proizvodnje, dok kvalitetu obavljenih poslova propisuje i provodi odjel Kontrole kvalitete. Kontrola kvalitete obavlja kontrolu prema zahtjevima tehničke i tehnološke dokumentacije, prati ateste zavarivača i rad zavarivača, te ateste u proizvod ugrađenih materijala.

Prikupljanje, obrada i analiza prikupljenih podataka praćenja proizvodnje i kontrole kvalitete moraju biti jednostavni, brzi i u realnom vremenu, jer bi svako zakašnjenje moglo imati negativne posljedice na proces proizvodnje [2]. Ove aktivnosti podrazumijevaju kvalitetnu pripremu projektno-konstrukcijske i tehnološke dokumentacije. Praćenje proizvodnje i kontrola kvalitete predstavljaju polazište za ispunjavanje temeljnih zahtjeva postavljenih proizvodnim poduzećima: cijena-rok-kvaliteta.

Na podizanje razine upravljanja i kontrole procesa pripreme i proizvodnje utjecala je primjena informacijskih, odnosno ERP (Enterprise Resource Planning) sustava. Primjenom ERP sustava se nastoji podjednako dobro informacijski opsluživati sve odjele i funkcije u poduzeću zadovoljavajući u potpunosti njihove informacijske potrebe [1].

Stoga je u radu prikupljena i analizirana dokumentacija za praćenje kvalitete procesa zavarivanja u promatranom poduzeću. Izvješća temeljena na ovoj dokumentaciji trebaju pokazati razinu kvalitete zavarenih spojeva, vrste grešaka zavarenih spojeva, razinu kvalitete rada pojedinih zavarivača, itd. i od presudnog su značenja za pouzdanost postrojenja u eksploataciji. Prijedlogom dogradnje novog modula u postojeći ERP sustav, u kojem bi se pripremila potrebna dokumentacija, pratila i analizirala kvaliteta procesa zavarivanja, značajno bi se unaprijedile promatrane aktivnosti.

## 2. INFORMATIČKA PODRŠKA PRIPREMI I UPRAVLJANJU PROIZVODNJOM

U svakom je proizvodnom poduzeću bitno definirati tehničku, tehnološku i operativnu dokumentaciju, te njen sadržaj i izgled, tijek i upravljanje dokumentacijom.

Tehnička dokumentacija obuhvaća:

- proračune,
- opise i tehničke karakteristike,
- specifikacije,
- upute za izradu i kontrolu.
- sklopne crteže,
- montažne crteže,
- crteže za izradu dijelova i sklopova,
- strukturne sastavnice i sastavnice materijala,
- ...

Tehnološku dokumentaciju čine:

- tehnološki postupak (rezanja, zavarivanja i ispitivanja),
- operacijski listovi (dodatne upute za zavarivanje, toplinsku obradu),
- zahtjev za zamjenu osnovnog materijala,
- nalog za nabavu,
- rekapitulacija normiranog vremena,
- itd.

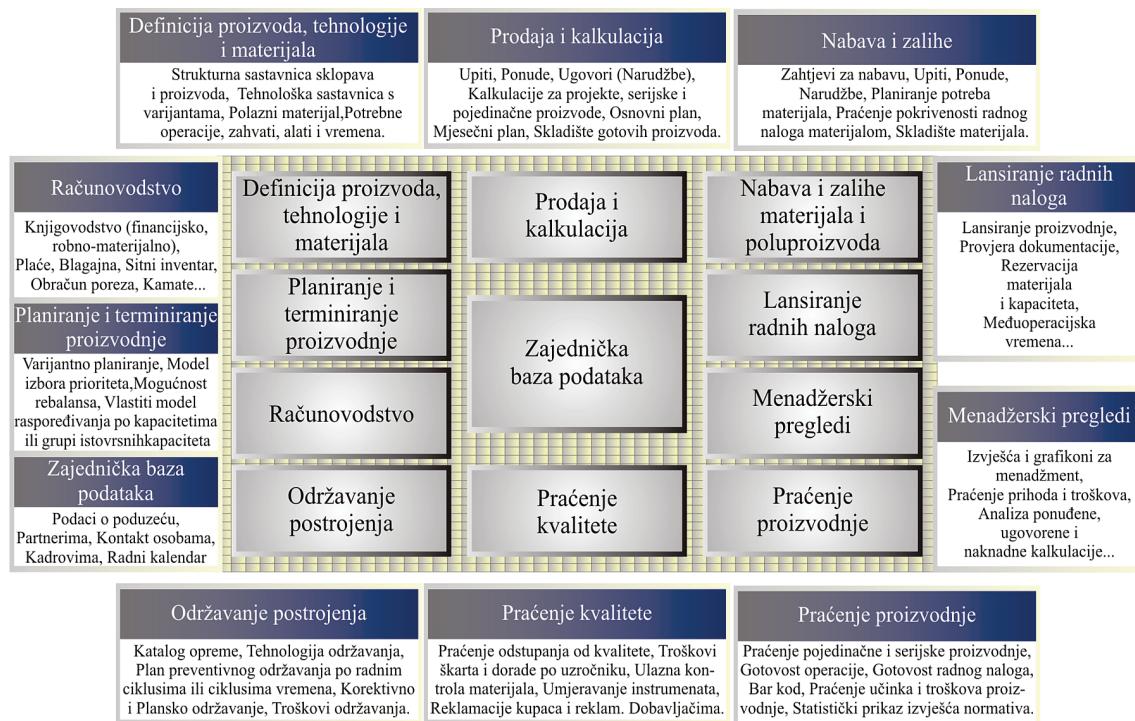
Priprema tehničke i tehnološke dokumentacije može se ubrzati i olakšati primjenom ERP sustava. Osim toga skraćuje se i vrijeme pripreme proizvodnje, povećava raspoloživost informacija, brža je izrada analiza i izvještaja, bolje uređenje tokova informacija i dokumentacije u poduzeću, jasnija je podjela odgovornosti i preciznije praćenje planiranih poslova, itd.

ERP sustavom se nastoji ujediniti sve dijelove i funkcije poduzeća u jedinstveni sustav, koji će moći podjednako dobro informacijski opsluživati sve te dijelove i funkcije zadovoljavajući u potpunosti njihove informacijske potrebe. Pojam poduzeća u prethodnom nazivu podrazumijeva integraciju svih podataka i programskih sustava u jednom poduzeću (interna integriranost), kao i integriranost na razini više poduzeća, povezanih zajedničkim poslom u obliku virtualnih poduzeća ili integriranost s dobavljačima, kooperantima i kupcima. Dakle, težnja je integrirati poslovne, tehničke i tehnološke podatke u okviru poduzeća, integrirati gotove „inženjerske“ pakete programa u poduzećima (CAD, CAM, CAE, CAPC, CAPP, CAQ), te ostvariti integraciju s partnerima na zajedničkim projektima.

Značenje resursa je također šire nego u integriranim informacijskim sustavima. Pod pojmom resursa se ovdje podrazumijevaju svi ulazni parametri potrebni kod izrade proizvoda ili za obavljanje usluga, bez obzira na njihov knjigovodstveni značaj. Grupirani su tako da omoguće planiranje i pripremu za proizvodni ili uslužni proces, a predstavljaju osnovni, pomoćni i potrošni materijal, mjerni, rezni i stezni alat i naprave, tehničku dokumentaciju, tehnološku dokumentaciju, programe za rad NC strojeva, proizvodne ili uslužne kapacitete, kooperaciju, sredstva, proizvodne elemente kupca za ugradnju u proizvod, itd.

Zadatak ERP sustava je osigurati ove resurse za obavljanje proizvodnje ili usluga prema potrebama plana, uz određenu razinu fleksibilnosti i minimalne troškove kao i zadovoljavajuću optimalnu kvalitetu.

Na slici 1 je prikazana struktura ERP sustava razvijanog u okviru znanstvenih projekata finansiranih od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa.



Slika 1. Struktura ERP sustava

Podsustav Praćenja kvalitete obuhvaća podatke i programe koji omogućavaju praćenje odstupanja od kvalitete, praćenje pokazatelja kvalitete i dokumentacije za dobivanje i zadržavanje certifikata za kvalitetu.

Podsustav Osiguranja kvalitete sadrži sljedeće module:

- praćenje odstupanja od kvalitete - prate se sva odstupanja od kvalitete, odnosno neusklađenosti kvalitete sa zahtjevima, te dorade obavljene u cilju zadovoljavanja tražene kvalitete,
- ulazna kontrola i praćenje ugrađenog materijala - prati i povezuje ugrađeni materijal, primke s atestima i obavljenim probama, povezuje materijal koji je preko izdatnice ugrađen u proizvod, te registrira reklamacije kupaca i reklamacije dobavljačima,
- izrada plana i kontrole – obuhvaća podatke o operacijama plana kontrole, što omogućava njihov unos, promjene i tiskanje.

### **3. PRAĆENJE I ANALIZA REZULTATA TEHNOLOŠKOG PROCESA ZAVARIVANJA**

Za praćenje i analizu rezultata tehnološkog procesa zavarivanja potrebno dograditi novi modul u postojeći ERP sustav, u kojem bi se pripremila potrebna dokumentacija, pratila i analizirala kvaliteta procesa zavarivanja. Novi bi modul obuhvatio:

- dokumentaciju o kvaliteti,
- podatke o zavarivačima (opći podaci, atesti,...),
- protokole o zavarivanju,
- planove zavarivanja i toplinske obrade,
- dokumentaciju o praćenju kvalitete zavarivanja i
- veliki broj izvješća.

Na slikama 2 do 4 prikazane su maske novog modula-Praćenje rada zavarivača u okviru podsustava Praćenja kvalitete.

*Dokumentacija o kvaliteti* sadrži osnovne podatke vezane uz proizvod, kao što su: naziv projekta, podaci o kupcu, broju naloga, proizvodnom broju, serijskom broju, nazivu proizvoda, nazivu dijela, pripadajuće norme, itd. *Dokumentacija o kvaliteti* obuhvaća i *Popis dokumentacije* vezane uz proizvodni broj (crtež, plan zavarivanja i toplinske obrade, izvještaji različitih ispitivanja, itd.). Na *Popisu dokumentacije* se nalaze još i podaci o naručitelju, dobavljačima, itd.

*Plan zavarivanja i toplinske obrade* je jedan od najvažnijih dokumenata pri analizi i praćenju rezultata tehnološkog procesa rada zavarivača i zavarivanja općenito. Plan zavarivanja obuhvaća podatke kao: naziva dijela, revizija, proizvodni broj, broj crteža, broj zavara, tip zavara (može biti montažni ili radionički), osnovni materijal 1 i osnovni materijal 2, oznaka postupka, dodatni materijal, predgrijavanje (da ili ne) i toplinska obrada (ako postoji), te broj WPS-a (upute za zavarivanje).

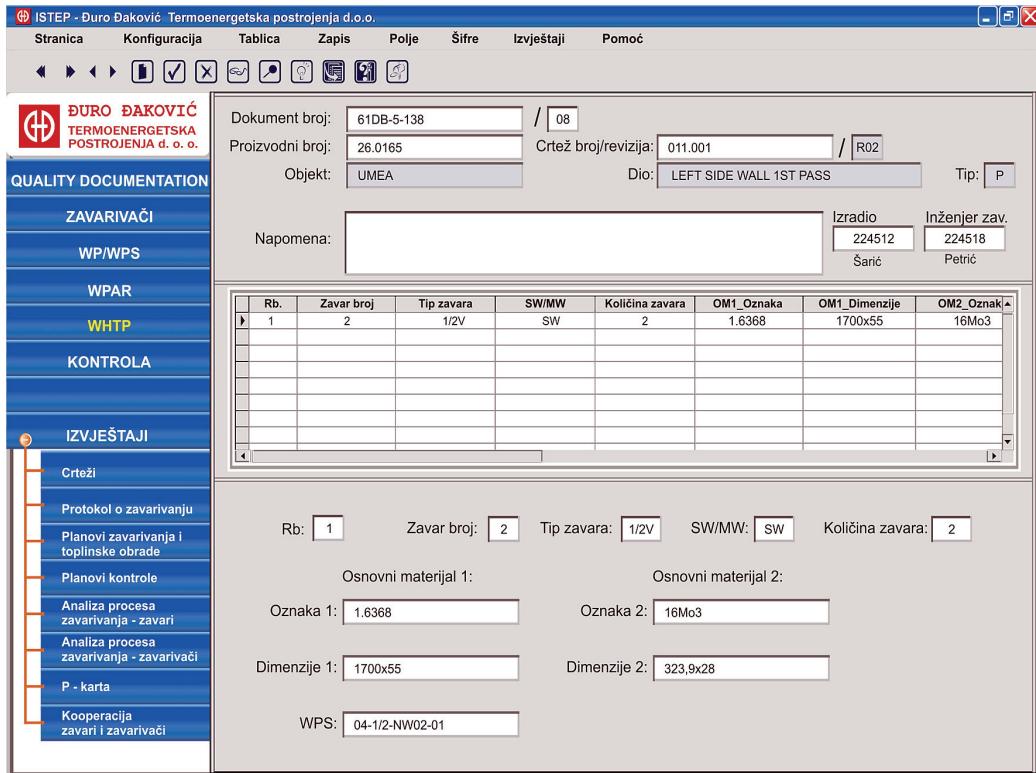
*Protokol zavarivanja* za određeni period obuhvaća podatke kao što su: broj dokumenta, proizvodni broj, broj crteža, naziv objekta, naziv dijela, žig zavarivača (identifikacijska oznaka zavarivača), broj zavara, broj WPS-a, dodatni materijal (oznaka, promjer, šarža), itd.



5. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje SBZ 2009  
**ROBOTIZACIJA I AUTOMATIZACIJA U ZAVARIVANJU I OSTALIM TEHNIKAMA**  
Slavonski Brod, 11. - 13. studeni 2009.

Slika 2. Maska za definiranje uputa za zavarivanje [3]

Slika 3. Maska za definiranje protokola zavarivanja [3]



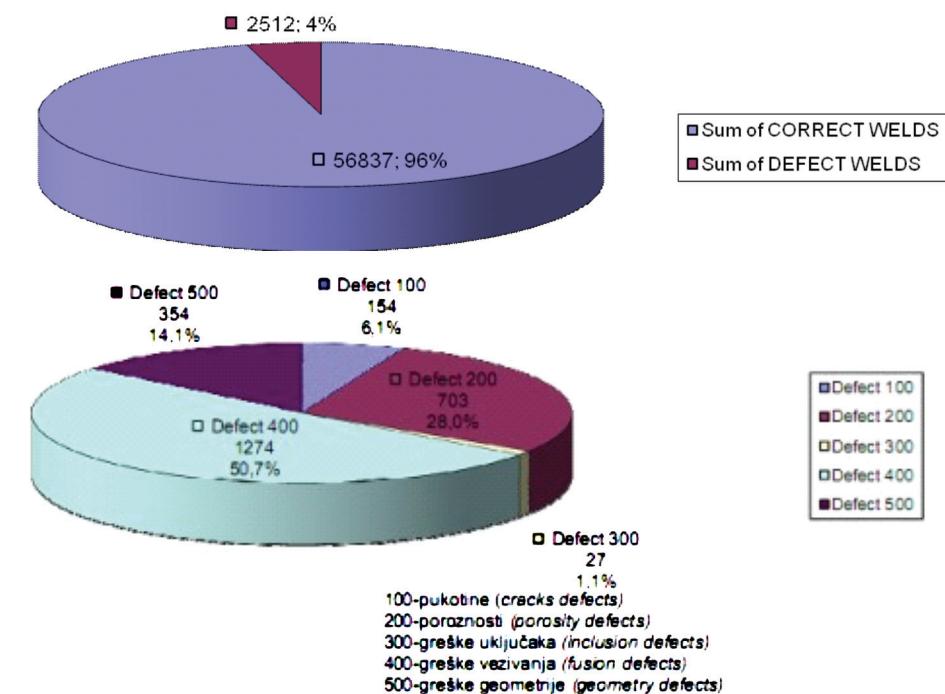
Slika 4. Maska za definiranje planova zavarivanja [3]

Za analizu rezultata tehnološkog procesa rada zavarivača potrebno je sustavno, kroz spomenuti modul, prikupljati podatke o kvaliteti zavarenih spojeva iz prethodno spomenute dokumentacije. Za promatrano poduzeće bi od izuzetnog značenja bilo, u realnom vremenu iz modula-Praćenje rada zavarivača u okviru podsustava Praćenja kvalitete, dobiti i analizirati slijedeće izvještaje:

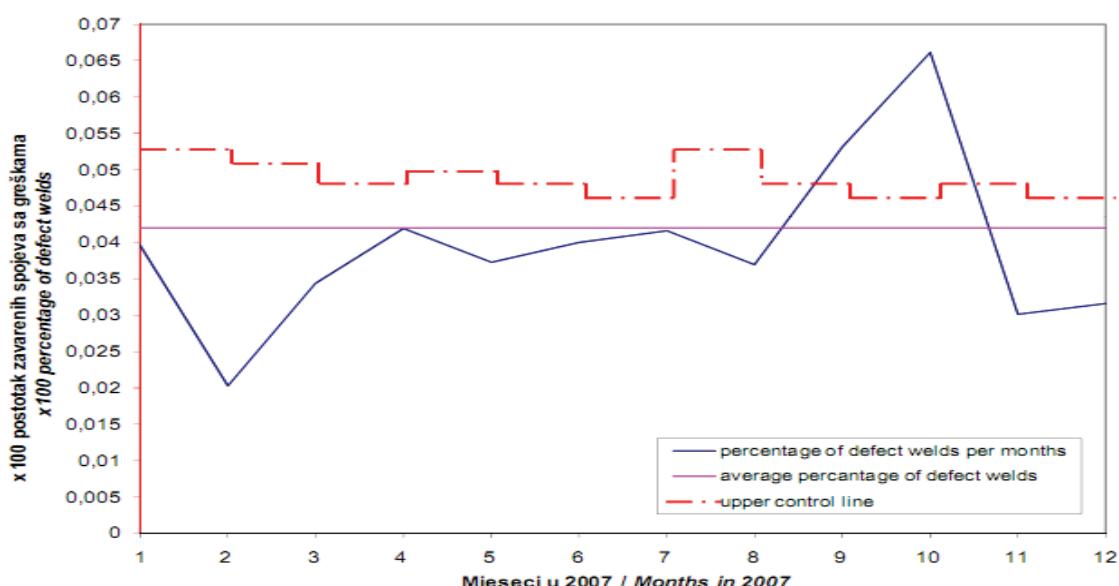
- odnos dobrih i loših zavara (za objekt ili za sve objekte),
- vrste grešaka zavarenih spojeva (za objekt ili za sve objekte) i obuhvaća:
  - greške tipa pukotina,
  - greške tipa poroznosti (pojavljuju se najčešće kod TIG, REL i EPP membranskog zavarivanja),
  - greške tipa uključaka,
  - greške vezivanja (pojavljuju se najčešće kod TIG zavarivanja, na cijevnim zidovima i cijevnim zmijama),
  - greške geometrije zavara (najčešće kod EPP membranskog zavarivanja).
- PIE-karta- daje uvid u postotni odnosno broj zavara koji su izvedeni bez greške i zavare s greškom koje su se morale popravljati (slika 5),
- P-karta - daje uvid u prosječan broj popravaka za promatrani vremenski period, kontrolu i stabilnost procesa zavarivanja (slika 6),
- histogram prihvatljivih i neprihvatljivih zavarenih spojeva (u promatranom vremenskom periodu)
- usporedba postupka zavarivanja koja daje postotak popravaka zavarenih spojeva za svaki postupak zavarivanja,
- usporedba tvrtki prema izvedenim zavarenim spojevima koja uspoređuje kooperantske tvrtke koje sudjeluju u postupcima zavarivanja,

- usporedba zavarivača - histogrami se rade posebno za operatere kod različitih postupaka zavarivanja: TIG zavarivači, REL zavarivači, EPP zavarivači, TIG-automatski (fridolin), TIG-automatski (magnatech), itd. (slika 7),
- itd.

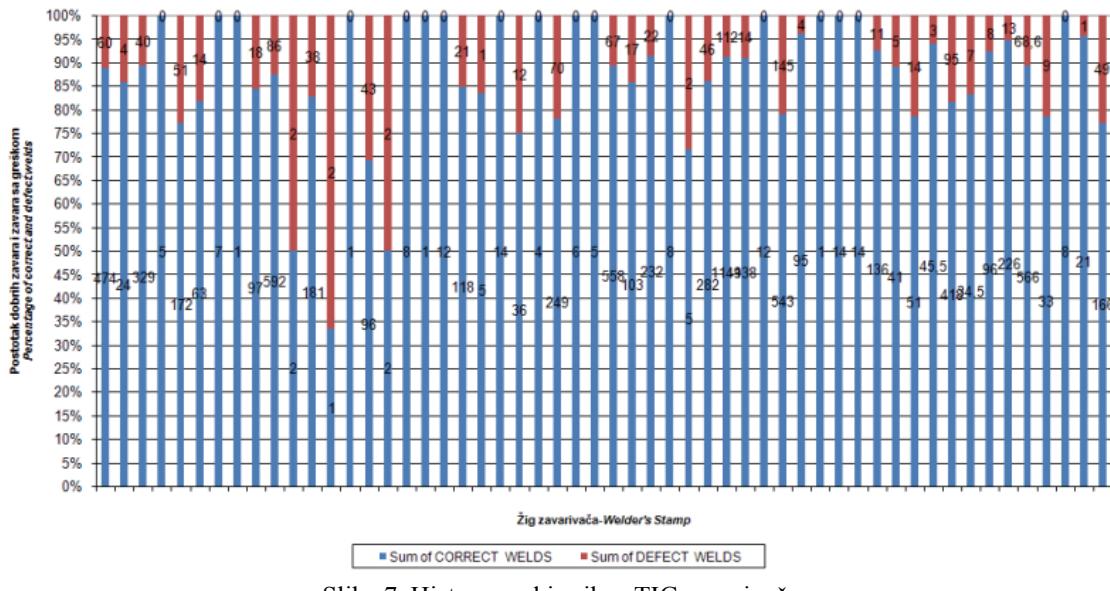
Nabrojani izvještaji osnova su za poduzimanje aktivnosti u smislu podizanja razine kvalitete zavarenih spojeva i rada zavarivača.



Slika 5. "PIE-karta" - udio dobrih zvara i zvara s greškama i udjeli vrsta grešaka u zavarenim spojevima



Slika 6. "P-karta" procesa zavarivanja



Slika 7. Histogramski prikaz TIG zavarivača

#### 4. ZAKLJUČAK

Općenito bi se moglo reći da je praćenje proizvodnje neophodno za kontrolu poslovanja i upravljanje proizvodnim procesom, te da se osim utrošenog vremena, prati i kvaliteta obavljenih poslova. Prikupljanje, obrada i analiza prikupljenih podataka praćenja proizvodnje i kontrole kvalitete moraju biti jednostavni, brzi i u realnom vremenu, jer bi svako zakašnjenje moglo imati negativne posljedice na proces proizvodnje.

Budući postojeći ERP sustav ne sadrži modul u kojem bi se pripremila potrebna dokumentacija, pratila i analizirala kvaliteta procesa zavarivanja, predložena je dogradnja sustava, a prikazano je i nekoliko maski novog modula.

Primjenom novog modula povećat će se raspoloživost informacija, ubrzati izrada analiza i izvještaja i preciznije pratiti planirani poslovi, te podjednako dobro informacijski opsluživati svi odjeli i funkcije u poduzeću zadovoljavajući na taj način u potpunosti nijihove informacijske potrebe s podacima o kvaliteti zavarenih spojeva na promatranim objektima i kvaliteti rada zavarivača.

#### 5. LITERATURA

- [1] Majdandžić, Niko; Šimunović, Goran; Despotović, Božo; Mileusnić, Nenad. *PROGRAMSKA PODRŠKA TEHNOLOGIJI ZAVARIVANJA*, Znanstveno-stručno savjetovanje, Ekonomski I kvalitativni aspekti visokoučinskih postupaka zavarivanja, Slavonski Brod, 2001, str.109-118.
- [2] Samardžić, Ivan; Barbarić, Ladislav; Maglić, Leon, "RAČUNALOM PODRŽANO PRAĆENJE KVALITETE ZAVARENIH SPOJEVA NA ZAVARENIM KONSTRUKCIJAMA", Zbornik radova 3. međunarodnog savjetovanja proizvodnog strojarstva CIM '95, Cebalo, Roko (ur.), Hrvatska udruga proizvodnog strojarstva, Zagreb, 1995, pp C43-50
- [3] Vračević, Ivan. PRAĆENJE I ANALIZA REZULTATA TEHNOLOŠKOG PROCESA / diplomski rad. Slavonski Brod : Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 26.09. 2008, 67 str.